

编号：BG-ZFFB24220142

核技术利用建设项目

深圳市人民医院宝安医院

核技术利用建设项目

环境影响报告表

(报批稿)

深圳市建筑工务署工程设计管理中心

2025年10月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

深圳市人民医院宝安医院

核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：深圳市建筑工务署工程设计管理中心

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：深圳市福田区沙头街道深南大道6011-8号

深铁置业大厦 7-9 楼

邮政编码：518020

联系人：罗酉飞

电子邮箱：

联系电话：

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	w797u8		
建设项目名称	深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	深圳市建筑工务署工程设计管理中心		
统一社会信用代码	12440300MB7C7977X4		
法定代表人 (签章)	肖遇春		
主要负责人 (签字)	罗酉飞		
直接负责的主管人员 (签字)	罗酉飞		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	中辐环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91330000MA27U0414T		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
任卫	2013035230350000003510230392	BH006708	任卫
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
叶绿	表9-表10	BH008104	叶绿
任卫	表1-表8	BH006708	任卫
杨小环	表11-表14	BH006711	杨小环

环评项目负责人职业资格证书（复印件）



## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	48
表 3 非密封放射性物质 .....	49
表 4 射线装置 .....	51
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	55
表 6 评价依据 .....	56
表 7 保护目标与评价标准 .....	59
表 8 环境质量和辐射现状 .....	75
表 9 核医学科环境影响分析 .....	84
表 10 放疗科环境影响分析 .....	195
表 11 介入手术项目环境影响分析 .....	265
表 12 普通放射诊断项目 .....	318
表 13 辐射安全管理 .....	349
表 14 结论与建议 .....	358
表 15 审批 .....	363
附件 1 委托书 .....	364
附件 2 责任主体说明 .....	365
附件 3 项目基础资料确认函 .....	367
附件 4 可行性研究报告的批复 .....	368
附件 5 辐射安全许可证 .....	372
附件 6 项目选址咨询报告 .....	399
附件 7 原有核技术利用项目环评批复 .....	404
附件 8 原有核技术利用项目环保验收批复及验收意见 .....	416
附件 9 辐射工作人员培训情况统计表 .....	430
附件 10 辐射环境现状检测报告 .....	439
附件 11 直线加速器类比项目监测资料 .....	453
附件 12 辐射安全管理制度 .....	463
附件 13 辐射事故应急预案 .....	484
附件 14 图纸确认说明 .....	494

表 1 项目基本情况

建设项目名称	深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目				
建设单位	深圳市建筑工务署工程设计管理中心				
法人代表	肖遇春	联系人	罗酉飞	联系电话	██████████
注册地址	深圳市福田区沙头街道深南大道 6011-8 号深铁置业大厦 7-9 楼				
项目建设地点	深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)	50000	项目环保投资(万元)	3000	投资比例(环保投资/总投资)	6.00%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			建筑面积(m <sup>2</sup> )	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input checked="" type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

### 1.1 项目建设背景介绍

#### (1) 本项目建设单位

深圳市建筑工务署工程设计管理中心(本项目建设单位,以下简称“深圳工务署工程设计管理中心”)是深圳市政府直属行政管理类事业单位,主要负责市政府投资建设工程项目的设计管理工作。

#### (2) 本项目运营单位

深圳市人民医院(以下简称“医院”)始建于 1946 年,前身是宝安县医院,1979 年伴随深圳经济特区成立更名为深圳市人民医院。1994 年被评为深圳首家“三级甲等”医院,1996 年经国务院侨办批准成为暨南大学医学院第二附属医院。伴随着经济特区的成长,深圳市人民医院已发展成为一个功能齐全、设备先进、人才结构合理、技术力量雄厚,集医疗、教学、科研、保健为一体的深圳市最大的现代化综合性医院。

### **(3) 深圳市人民医院宝安医院简介**

由于深圳市优质医疗资源存在分布不均衡、结构不合理，宝安区优质市属医疗资源严重匮乏，深圳市人民政府拟在宝安区沙井片区内新建一所市属大型综合医院，项目依托深圳市人民医院的人才和技术力量，实行一体化管理，作为深圳市人民医院的一个院区，命名为深圳市人民医院宝安医院（以下简称“宝安医院”）。项目建设将补齐宝安区市属优质医疗资源短板，推动深圳市优质医疗资源扩容。该项目将采用分期建设模式，一期规划 2000 张床位，按照 200 张感染床位+1800 张“平急结合”床位设置。

宝安医院选址于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，总用地面积为 11 万平方米，总建筑面积为 47 万平方米。2023 年 2 月 10 日，深圳市发展和改革委员会出具了《深圳市发展和改革委员会关于深圳市人民医院宝安医院可行性研究报告的批复》，批复文号：深发改[2023]97 号（见附件 1）。

### **(4) 本项目建设单位及运营单位责任说明**

本项目属于市政府投资建设工程项目，根据《印发深圳市建筑工务署职能配置内设机构和人员编制的规定》（深府办〔2004〕72 号）和《关于调整市建筑工务署体制的通知》（深编〔2012〕52 号）等相关规定，由深圳市建筑工务署工程设计管理中心负责项目的牵头建设，因此，本项目以**深圳市建筑工务署工程设计管理中心作为本次核技术利用项目的建设单位**。作为建设阶段责任主体，负责建设期间的环境保护和辐射安全管理工作，落实项目施工期、设备安装调试阶段各项污染防治措施。项目建设完成后，由运营单位（**深圳市人民医院**）为主体申请领取辐射安全许可证，由运营单位负责核技术利用项目运营期的辐射工作人员的培训、个人剂量监测、辐射工作场所监测、辐射安全管理制度的制定与落实等辐射安全管理工作（见附件 2）。

### **(5) 项目常规环评手续介绍**

根据《深圳市区域空间生态环境评价管理办法（试行）》及相关法律法规，深圳市人民医院宝安医院项目属于 8411（综合医院）行业，位于人居敏感评价区（R04）单元，按照《深圳市区域空间生态环境评价重点项目环境影响审批名录》属于清单管理类建设项目，无需开展环境影响评价，已完成清单登记（见附件 6）。

## **1.2 建设内容及规模**

本次核技术利用项目按具体情况可分为核医学科、放疗科、介入手术、普通放射诊断共四个子项目，本报告表分项进行描述和分析。

宝安医院内建筑物主要为2层发热门诊楼（高11.1m）、7层感染性疾病防治楼（高34.0m）、4层门诊综合楼（分南区、北区，高22.65m）、5层医技楼（分南区、北区，高28.2m）、13层住院楼综合楼（A塔、B塔、C塔，高61.75m）、18层行政科教综合楼（99.6m）、10层规培楼（高47.55m）。其中医技楼为裙楼，住院楼综合楼为塔楼，位于医技楼上方；除行政科教综合楼和规培楼外，其它建筑设整体连通的两层地下室。医院总平面图见图1.2-1。

本次拟在医技楼地下二层开展核医学科项目和放疗科项目；在医技楼南区一层、二层、四层开展介入手术项目；在医技楼南区一层、四层、医技楼北区一层、住院楼综合楼A塔九层、门诊综合楼南区一层、二层、四层、门诊综合楼北区一层、三层、发热门诊楼一层、感染性疾病防治楼一层、规培楼二层开展普通放射诊断项目。

### 1.2.1 核医学科项目

在医技楼地下二层设核医学科，开展核医学诊疗项目，建设1个乙级非密封放射性物质工作场所。建设2间PET/CT机房、1间SPECT/CT机房及相关配套功能用房。在PET/CT机房内分别安装使用1台PET/CT（最大管电压均为140kV，最大管电流均为1000mA，均属III类射线装置），外购放射性核素氟-18、铜-64、镓-68、锆-89连同购置锗镓发生器制备的镓-68开展PET正电子显像诊断，配套使用3枚放射源锗-68或7枚钠-22（均属于V类放射源）或使用放射性核素氟-18用于PET/CT设备校准；在SPECT/CT机房内安装使用1台SPECT/CT（最大管电压为140kV，最大管电流为1000mA，属III类射线装置），使用放射性核素锝-99m、碘-131、镭-177开展SPECT/CT显像诊断；设置1间甲亢留观室，使用放射性核素碘-131开展甲亢治疗；设置1间甲测室，使用放射性核素碘-131开展甲功测定；设置1间敷贴治疗室，使用放射性核素磷-32和1枚铯-90（铯-90）放射源（属于V类放射源）开展敷贴治疗；同时，使用放射性核素铯-89、镭-223、镭-225开展核素门诊治疗。建设1间骨密度机房，在机房内安装使用1台骨密度仪（最大管电压为150kV，最大管电流为10mA，属III类射线装置）用于放射诊断。配套建设2套专用衰变池用于放射性废液处理。

核医学科使用的放射源活度、使用场所及贮存方式与地点等内容详见表2 **放射源**，使用的非密封放射性物质理化性质、日等效最大操作量、年最大用量、使用场所及贮存方式与地点等内容详见表3 **非密封放射性物质**，使用的射线装置技术参数内容详见表4 **射线装置**。核医学工作场所等级的计算依据及计算过程详见表9中9.1.7。

核医学科建设内容及规模见下表，平面布局图见图1.2-2。

表 1.2-1 核医学科建设内容及规模一览表

工作场所及等级	所在位置	项目	辐射源项		规模	
核医学科 乙级非密封放射性物质工作场所	医技楼 地下二 层	PET/CT 诊断	非密封放射性物质	使用 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$	最多 65 人/天 ( $^{18}\text{F}$ 不超过 50 人/天, 其余每种核素不超过 5 人/天), 每年开展 300 天, 19500 人/年	
			射线装置	使用 PET/CT (最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA, 属 III 类射线装置)	2 台	
			校准物	使用 $^{68}\text{Ge}$ 密封源 (属于 V 类放射源), $1.11 \times 10^8 \text{Bq} \times 3$ 枚	3 枚	三者 选一
				使用 $^{22}\text{Na}$ 密封源 (属于 V 类放射源), $1.48 \times 10^7 \text{Bq} \times 7$ 枚	7 枚	
				使用非密封放射性物质 $^{18}\text{F}$ , $7.4 \times 10^7 \text{Bq/次}$	每月 2 次	
		$^{68}\text{Ga}$ 制备	锗镓发生器	最大活度 $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$	1 次/天, 每年开展 300 天, 300 次/年	
		SPECT/ CT 诊断	非密封放射性物质	使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$	最多 30 人/天 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 不超过 30 人/天, $^{131}\text{I}$ 不超过 10 人/天, $^{177}\text{Lu}$ 不超过 5 人/天, $^{131}\text{I}$ 和 $^{177}\text{Lu}$ 不同时开展), 每年开展 300 天, 9000 人/年	
			射线装置	SPECT/CT (最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA, 属 III 类射线装置)	1 台	
		核素门诊	非密封放射性物质	使用 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$	每种核素 5 人/天, 每年开展 300 天, 1500 人/年	
		敷贴治疗	非密封放射性物质	使用 $^{32}\text{P}$	30 人/天, 每年开展 300 天, 9000 人/年	
			放射源	使用 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 密封源: $1.48 \times 10^9 \text{Bq/枚}$ (出厂活度) (属于 V 类放射源)	1 枚, 30 人/天, 每年开展 300 天, 9000 人/年	
		甲功测定	非密封放射性物质	使用 $^{131}\text{I}$	30 人/天, 每年开展 300 天, 9000 人/年	
		甲亢治疗		使用 $^{131}\text{I}$	20 人/天, 每年开展 300 天, 6000 人/年	
放射诊断	射线装置	骨密度仪 (最大管电压 150kV, 最大管电流 10mA, 属 III 类射线装置)	60 人/天, 每年开展 300 天, 18000 人/年			

### 1.2.2 放疗科项目

在医技楼地下二层设放疗科开展放疗科项目，建设4间直线加速器机房、1间磁共振加速器机房、1间后装治疗机房和1间CT模拟定位机房。在各直线加速器机房内分别安装使用1台医用电子直线加速器（最大X射线能量均为10兆伏，最大电子束能量均为18兆电子伏，4台设备均属II类射线装置）用于放射治疗，每台设备配套CBCT系统（最大管电压为150千伏，最大管电流为1000毫安，属III类射线装置）用于放射治疗图像引导复定位；在磁共振加速器机房内安装使用1台磁共振加速器（最大X射线能量为7.2兆伏，无电子束治疗，属II类射线装置）用于放射治疗；在后装治疗机房内安装使用1台后装治疗机（内含1枚铱-192放射源，最大装机活度 $5.55E+11Bq$ ，属III类放射源）用于放射治疗；同时在CT模拟定位机房内安装使用1台CT模拟定位机（最大管电压为150千伏，最大管电流为1000毫安，属III类射线装置）用于放射诊断定位。

放疗科建设内容及规模见表1.2-2，平面布局图见图1.2-3。

表 1.2-2 放疗科建设内容及规模一览表

工作场所名称	所在位置	机房名称	设备名称	数量(台)
放疗科	医技楼地下二层西部	直线加速器机房	电子直线加速器（属II类射线装置）， FFF模式10MV X射线 距靶1米处最大剂量率： $1.44 \times 10^9 \mu Gy/h$ ； FFF模式6MV X射线 距靶1米处最大剂量率： $8.40 \times 10^8 \mu Gy/h$ ； 电子线最大能量：18MeV， 电子线最大输出剂量率： $6.00 \times 10^8 \mu Gy/h$ ； 锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）（属III类射线装置）： 150kV，1000mA	4
		磁共振加速器	X射线最大能量7.2MV，距靶1米处最大剂量率： $8.65 \times 10^8 \mu Gy/h$ ；	1
		后装治疗机房	后装治疗机内含1枚 $^{192}Ir$ 放射源（最大装机活度 $5.55 \times 10^{11} Bq$ ，属III类放射源）	1
		CT模拟定位机房	CT模拟定位机（属III类射线装置）， （最大管电压150kV，最大管电流1000mA）	1

### 1.2.3 介入手术项目

拟在医技楼南区一层介入中心建设4间DSA介入室（DSA介入室1-DSA介入室4）、1间CT室及配套辅助用房，在各介入手术室内分别安装使用1台数字减影血管造影装置（最大管电压均为125千伏，最大管电流均为1000毫安，均属II类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗；在CT室内安装使用1台CT机（最大管电压为150千伏，最大管电流为1300毫安，属III类射线装置），用于放射诊断。

拟在医技楼南区二层内镜中心建设 1 间 ERCP 机房及配套辅助用房,在机房内安装使用 1 台 ERCP 专用 X 射线机(最大管电压为 150 千伏,最大管电流为 1000 毫安,操作方式包括同室操作和隔室操作,按照II类射线装置管理)用于经内镜逆行胰胆管造影手术中的诊疗。

拟在医技楼南区四层手术中心建设 2 间 DSA/CT 复合手术室(OR.20~OR.21)、1 间 DSA/MRI 复合手术室(OR.22)、2 间 DSA 手术室(OR.26~OR.27)、1 间 CT 室(CT 室 1)及配套辅助用房。

拟在 DSA/CT 复合手术室(OR.20)内新增安装使用 1 台数字减影血管造影装置(最大管电压为 125 千伏,最大管电流为 1000 毫安,属II类射线装置)用于介入手术中的放射诊疗,在 CT 室 1 内安装使用 1 台 CT 机(最大管电压为 150 千伏,最大管电流为 1300 毫安,属III类射线装置),用于放射诊断。DSA/CT 复合手术室(OR.20)和 CT 室 1 之间设置连通防护门,当 DSA/CT 复合手术室(OR.20)内患者需要进行 CT 诊断时,患者可通过连通门进入 CT 室 1 进行放射诊断,辐射工作人员隔室操作;当连通防护门关闭时,DSA/CT 复合手术室(OR.20)和 CT 室 1 可独立使用。

拟在 DSA/CT 复合手术室(OR.21)内新增安装使用 1 台数字减影血管造影装置(最大管电压为 125 千伏,最大管电流为 1000 毫安,属II类射线装置)用于介入手术中的放射诊疗和 1 台室内滑轨 CT(最大管电压为 150 千伏,最大管电流为 1300 毫安,属III类射线装置)用于手术过程中的放射诊断,手术室内设置滑轨,DSA 和 CT 共用同一手术床,复合手术需要时,DSA 的 C 形臂离开手术床,CT 机沿滑轨移动至手术室床开展放射诊断工作,滑轨 CT 不与 DSA 同时出束,辐射工作人员隔室操作。

拟在 DSA/MRI 复合手术室(OR.22)内新增安装使用 1 台数字减影血管造影装置(最大管电压为 125 千伏,最大管电流为 1000 毫安,属II类射线装置)用于介入手术中的放射诊疗,DSA/MRI 复合手术室和 MRI 手术室之间设置连通防护门,患者可通过连通门进入 MRI 手术室内进行诊断。

拟在 2 间 DSA 手术室(OR.26~OR.27)内分别安装使用 1 台数字减影血管造影装置(最大管电压均为 125 千伏,最大管电流均为 1000 毫安,均属II类射线装置)用于介入手术中的放射诊疗。

介入手术项目建设内容及规模一览表见表 1.2-3。

表 1.2-3 介入手术项目建设内容及规模一览表

所在位置	设备名称	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	数量 (台)	拟使用机房名称	备注	位置图示
医技楼南区一层介入中心	DSA	125	1000	II类	1	DSA 介入室 1	双管头	图 1.2-6
	DSA	125	1000	II类	4	DSA 介入室 2-4	单管头	
	CT	150	1300	III类	1	CT 室	介入中心使用	
医技楼南区二层内镜中心	ERCP 专用机	150	1000	II类	1	ERCP 机房	单管头	图 1.2-7
医技楼南区四层手术中心	DSA	125	1000	II类	2	DSA 手术室 (OR.26-OR.27)	单管头	图 1.2-9
	DSA	125	1000	II类	1	DSA/CT 复合手术室 (OR.20)	单管头	
	CT	150	1300	III类	1	CT 室 1	会参与 OR.20 的复合手术	
	DSA	125	1000	II类	1	DSA/CT 复合手术室 (OR.21)	单管头	
	滑轨 CT	150	1300	III类	1		/	
	DSA	125	1000	II类	1	DSA/MRI 复合手术室 (OR.22)	单管头	

#### 1.2.4 普通放射诊断项目

拟在医技楼南区一层、四层、医技楼北区一层、住院楼综合楼 A 塔九层、门诊综合楼南区一层、二层、四层、门诊综合楼北区一层、三层、发热门诊楼一层、感染性疾病防治楼一层、规培楼二层相关科室开展普通放射诊断项目，安装使用 CT、DR、胃肠机等共 51 台医用 III 类射线装置，具体建设内容如下：

(1) 拟在医技楼南区一层放射科建设 6 间 CT 机房、6 间 DR 机房、1 间乳腺机房、1 间胃肠机房和 1 间骨密度机房，分别安装使用 6 台 CT (最大管电压为 150kV，最大管电流为 1300mA)、6 台 DR (最大管电压为 150kV，最大管电流为 1250mA)、1 台乳腺机 (最大管电压为 50kV，最大管电流为 500mA)、1 台数字胃肠机 (最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA) 和 1 台骨密度仪 (最大管电压为 150kV，最大管电流为 10mA)；

(2) 拟在医技楼南区四层手术中心建设 8 间防辐射手术室(OR.12-13、OR.16-19、OR.24、OR.28)，各手术室内安装使用 1 台移动 C 臂机 (最大管电压为 125kV，最大管电流为 500mA)；

(3) 拟在医技楼南区四层手术中心建设 1 间防辐射复合手术室 (OR.23) 和 1 间

CT室2，在防辐射手术室内安装使用1台移动C臂机（最大管电压为125kV，最大管电流为500mA），在CT室2内安装使用1台CT（最大管电压为150kV，最大管电流为1300mA），2间机房之间设连通防护门，当防辐射复合手术室（OR.23）患者手术时需要进行CT诊断时，患者可通过连通门转移至CT室2内开展放射诊断工作，辐射工作人员隔室操作；连通防护门关闭时，防辐射复合手术室（OR.23）和CT室2可独立使用。

（4）拟在医技楼北区一层第二影像科建设2间CT机房、2间DR机房和1间乳腺机房，分别安装使用2台CT（最大管电压为150kV，最大管电流为1300mA）、2台DR（最大管电压为150kV，最大管电流为1000mA）和1台乳腺机（最大管电压为50kV，最大管电流为500mA）；

（5）拟在住院楼综合楼A塔九层建设1间呼吸镜室，安装使用1台移动C臂机（最大管电压为125kV，最大管电流为500mA）；

（6）拟在门诊综合楼南区一层急诊科建设1间DR机房和1间CT机房，分别安装使用1台DR（最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA）、1台CT（最大管电压为150kV，最大管电流为1300mA）；

（7）拟在门诊综合楼南区一层急救科建设1间DR机房，安装使用1台DR（最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA）；

（8）拟在门诊综合楼南区一层骨与运动学科建设1间DR机房，安装使用1台DR（最大管电压为150kV，最大管电流为1250mA）；

（9）拟在门诊综合楼南区二层碎石中心建设1间碎石机房，安装使用1台碎石机（最大管电压为125kV，最大管电流为200mA）；

（10）拟在门诊综合楼南区四层口腔科建设1间口腔CBCT机房、1间全景机房和1间牙片机房，分别安装使用1台口腔CBCT（最大管电压为120kV，最大管电流为30mA）、1台牙科全景机（最大管电压为120kV，最大管电流为30mA）和1台口内牙片机（最大管电压为70kV，最大管电流为10mA）；

（11）拟在门诊综合楼北区一层体检中心建设1间CT机房、2间DR机房、1间骨密度机房和1间乳腺机房，分别安装使用1台CT（最大管电压为150kV，最大管电流为1300mA）、2台DR（最大管电压为150kV，最大管电流为1000mA）、1台骨密度仪（最大管电压为150kV，最大管电流为10mA）和1台乳腺机（最大管电压为50kV，最大管电流为500mA）；

(12) 拟在门诊综合楼北区三层VIP体检中心建设1间CT机房和1间骨密度机房, 分别安装使用1台CT(最大管电压为150kV, 最大管电流为1300mA)和1台骨密度仪(最大管电压为150kV, 最大管电流为10mA);

(13) 拟在发热门诊楼一层建设1间DR机房和1间CT机房, 分别安装使用1台DR(最大管电压为150kV, 最大管电流为1250mA)和1台CT(最大管电压为150kV, 最大管电流为1300mA);

(14) 拟在感染性疾病防治楼一层建设1间DR机房和1间CT机房, 分别安装使用1台DR(最大管电压为150kV, 最大管电流为1250mA)和1台CT(最大管电压为150kV, 最大管电流为1300mA);

(15) 拟在规培楼二层建设1间DR机房, 安装使用1台DR(最大管电压为150kV, 最大管电流为1250mA)。

综上, 普通放射诊断项目共使用16台DR、14台CT、10台移动C臂机、3台乳腺机、3台骨密度仪、1台数字胃肠机、1台碎石机、1台口腔CBCT、1台牙科全景机、1台口内牙片机, 合计51台射线装置, 均属于III类射线装置。建设内容及规模一览表见表1.2-4。

表 1.2-4 普通放射诊断项目建设内容及规模一览表

所在建筑	楼层	机房名称	设备名称	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	类别	数量(台)	图示
医技楼南区	一层放射科	CT 机房 1~6	CT	150	1300	III类	6	图 1.2-6
		DR 机房 1~6	DR	150	1250	III类	6	
		乳腺机房	乳腺机	50	500	III类	1	
		胃肠机房	数字胃肠机	150	1000	III类	1	
		骨密度机房	骨密度仪	150	10	III类	1	
	四层手术中心	OR.12-13、OR.16-19、OR.24、OR.28	移动C臂机	125	500	III类	8	图 1.2-9
		OR.23	移动C臂机	125	500	III类	1	
CT室2		CT	150	1300	III类	1		
医技楼北区	一层第二影像科	CT 机房 1~2	CT	150	1300	III类	2	图 1.2-11
		DR 机房 1~2	DR	150	1250	III类	2	
		乳腺机房	乳腺机	50	500	III类	1	
住院楼综合楼A塔	九层	呼吸镜室	移动C臂机	125	500	III类	1	图 1.2-15
门诊综	一层急诊	CT 机房	CT	150	1300	III类	1	图

所在建筑	楼层	机房名称	设备名称	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	数量 (台)	图示
合楼南区	科	DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	1.2-6
	一层急救科	DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	
	一层骨与运动学科	DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	图 1.2-6
	二层碎石中心	碎石机房	碎石机	125	200	Ⅲ类	1	图 1.2-7
	四层口腔科	口腔 CBCT 机房	口腔 CBCT	120	30	Ⅲ类	1	图 1.2-9
		全景机房	牙科全景机	120	30	Ⅲ类	1	
		牙片机房	口内牙片机	70	10	Ⅲ类	1	
门诊综合楼北区	一层体检中心	CT 机房	CT	150	1300	Ⅲ类	1	图 1.2-11
		DR 机房 1-2	DR	150	1250	Ⅲ类	2	
		骨密度机房	骨密度仪	150	10	Ⅲ类	1	
		乳腺机房	乳腺机	50	500	Ⅲ类	1	
	三层 VIP 体检中心	CT 机房	CT	150	1300	Ⅲ类	1	图 1.2-13
		骨密度机房	骨密度仪	150	10	Ⅲ类	1	
发热门诊楼	一层	CT 机房	CT	150	1300	Ⅲ类	1	图 1.2-17
		DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	
感染性疾病防治楼	一层	CT 机房	CT	150	1300	Ⅲ类	1	图 1.2-18
		DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	
规培楼	二层	DR 机房	DR	150	1250	Ⅲ类	1	图 1.2-19
合计							51	/



图 1.2-1 医院建成总平面图



图 1.2-2 医院建成效果图

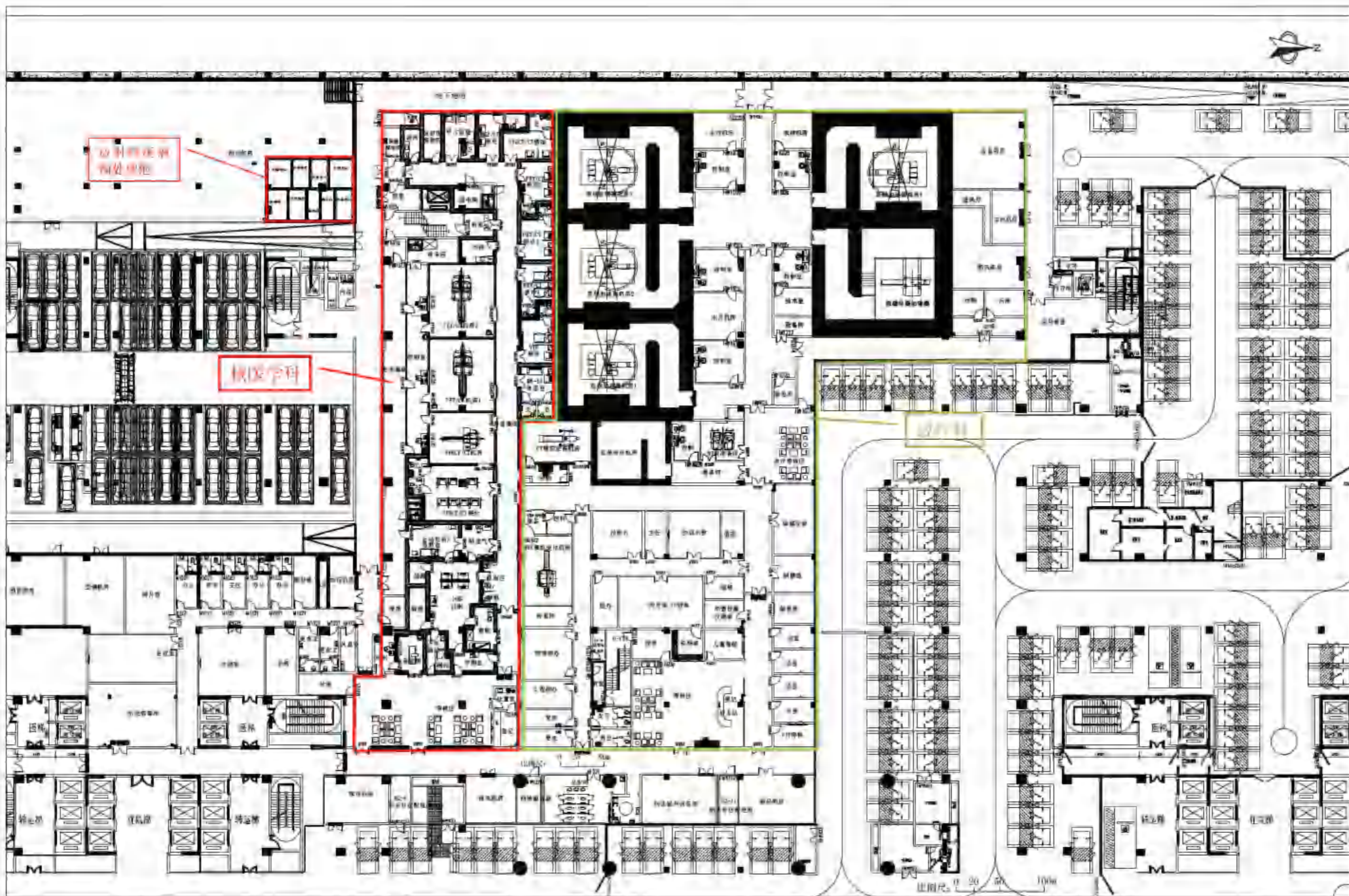


图 4.2.3 医技楼地下二层平面布局图(局部)

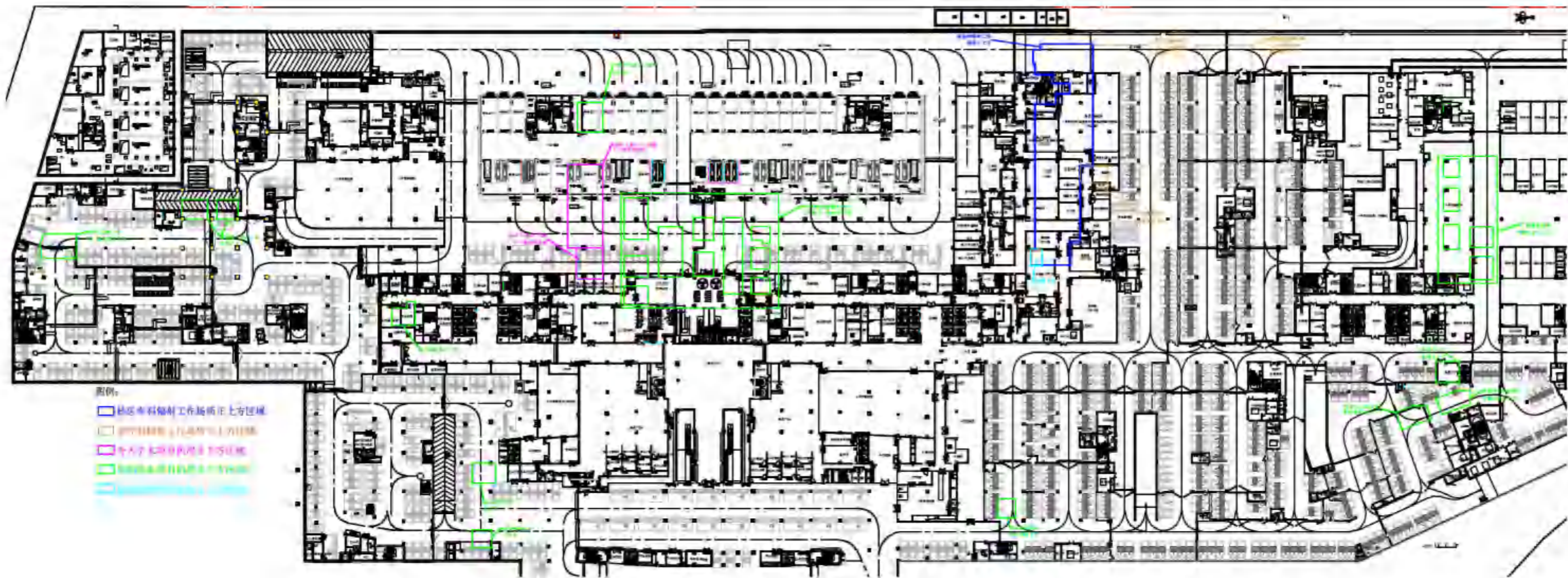


图 1.2-4 医院地下一层平面布局图



图 1.2-5 医院地下一层夹层平面布局图



图 1.2-6 医技楼南区及门诊综合楼南区一层平面布置图

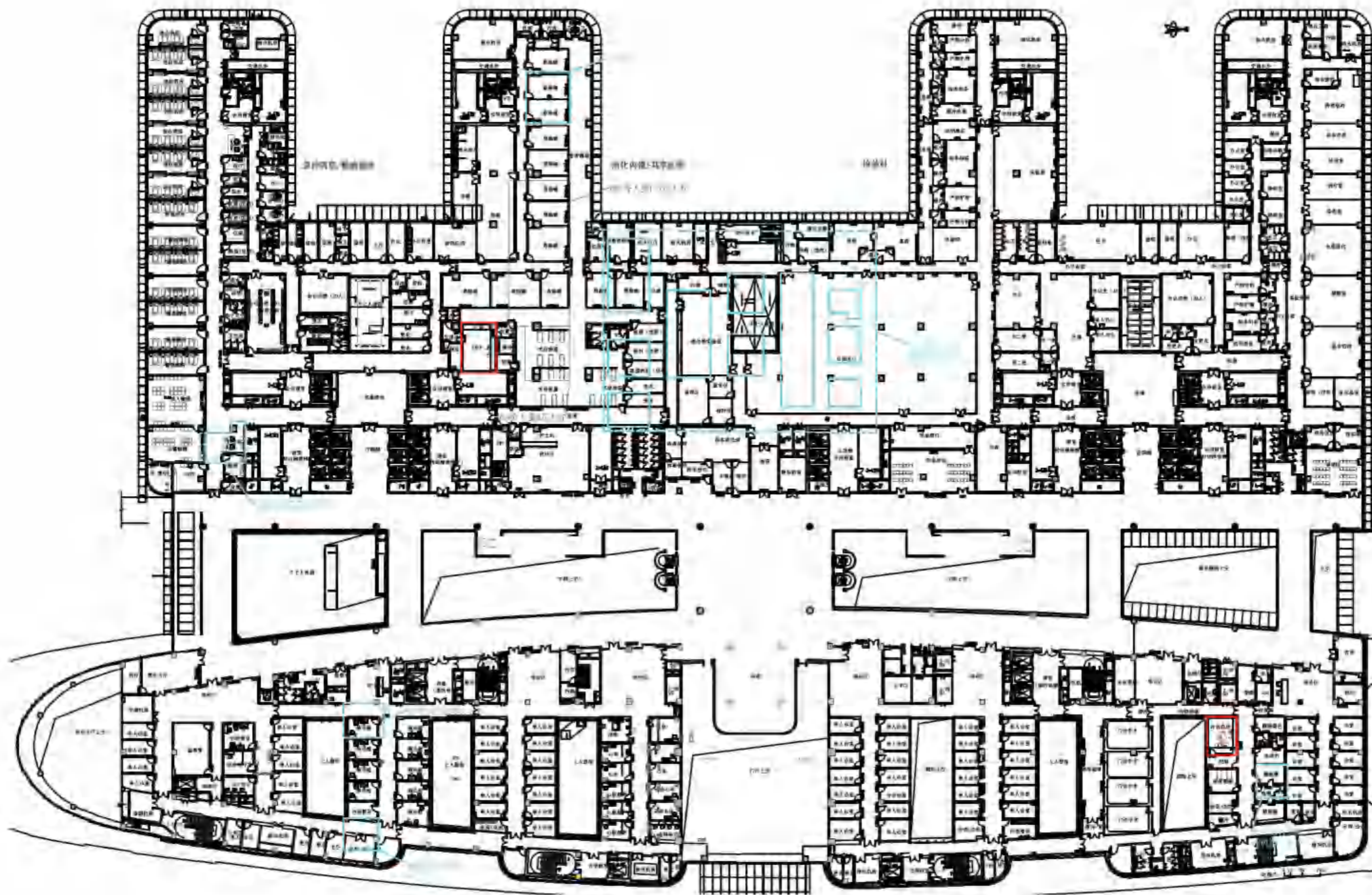


图 1.2-7 医技楼南区及门诊综合楼南区二层平面布局图



图 1.2-8 医技楼南区及门诊综合楼南区三层平面布局图

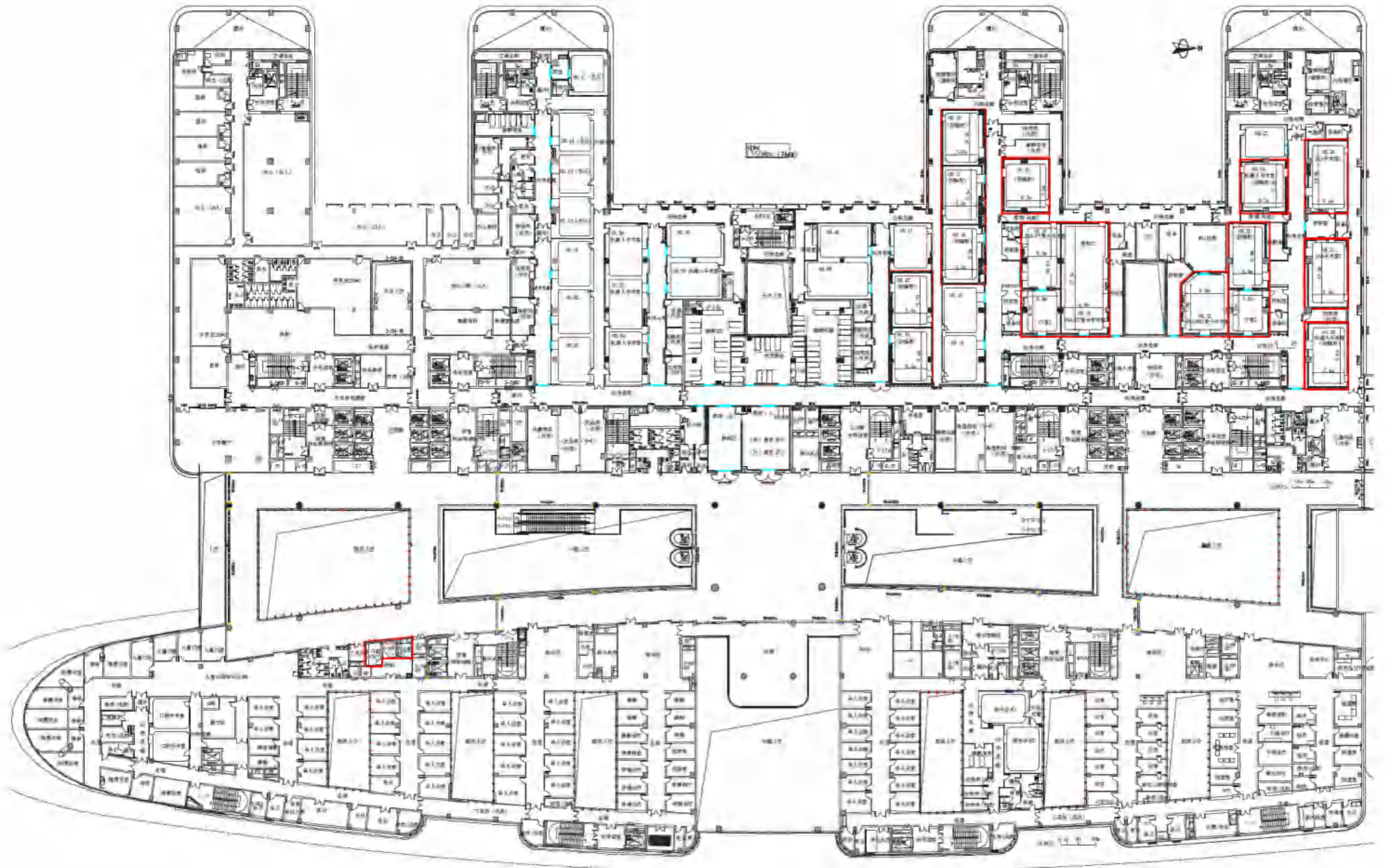


图 1.2-9 医技楼南区及门诊综合楼南区四层平面布局图

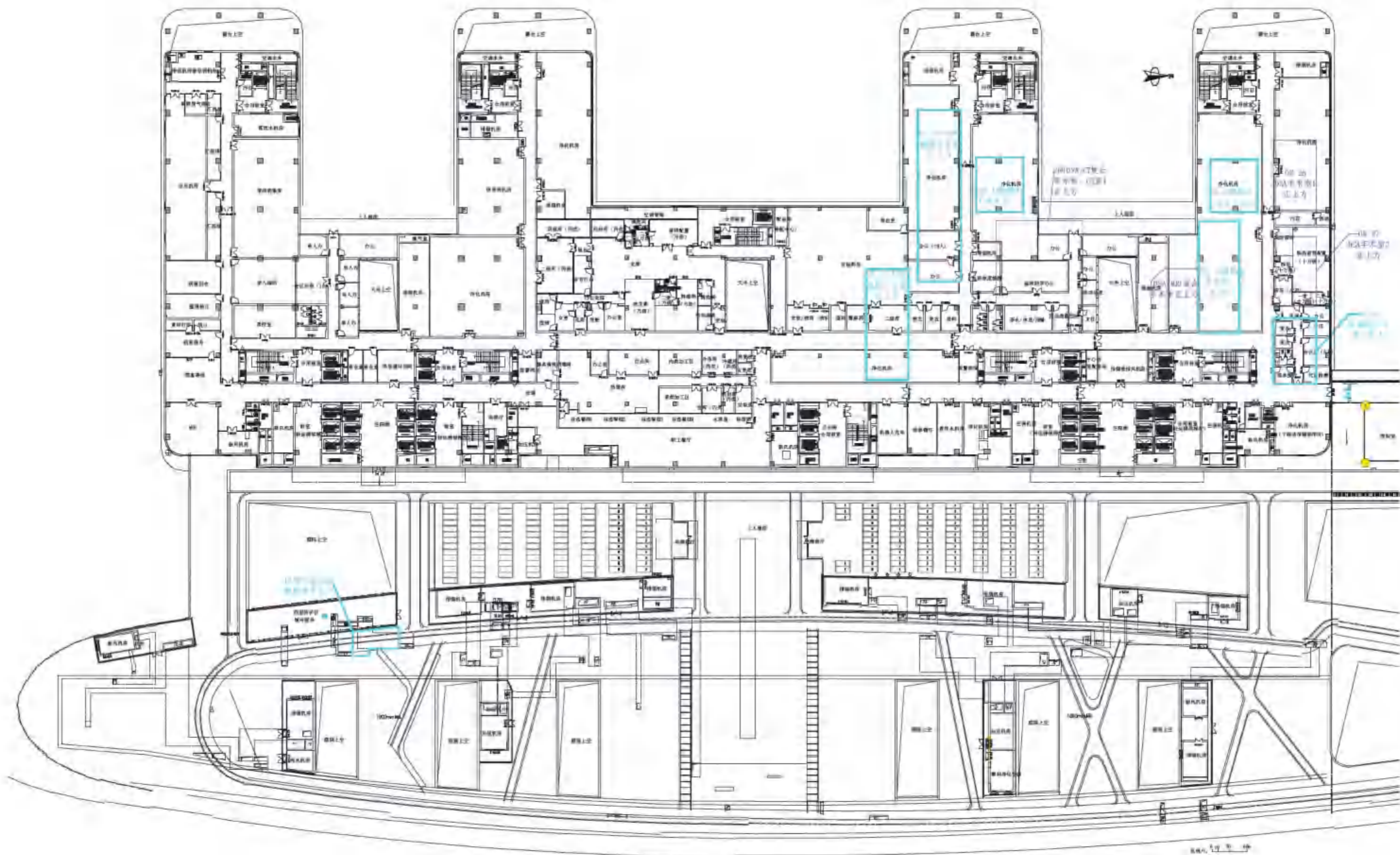


图 1.2-10 医技楼南区及门诊综合楼南区五层平面布局图



图 1.2-11 医技楼北区及门诊综合楼北区一层平面布局图



图 1.2-12 医技楼北区及门诊综合楼北区二层平面布局图

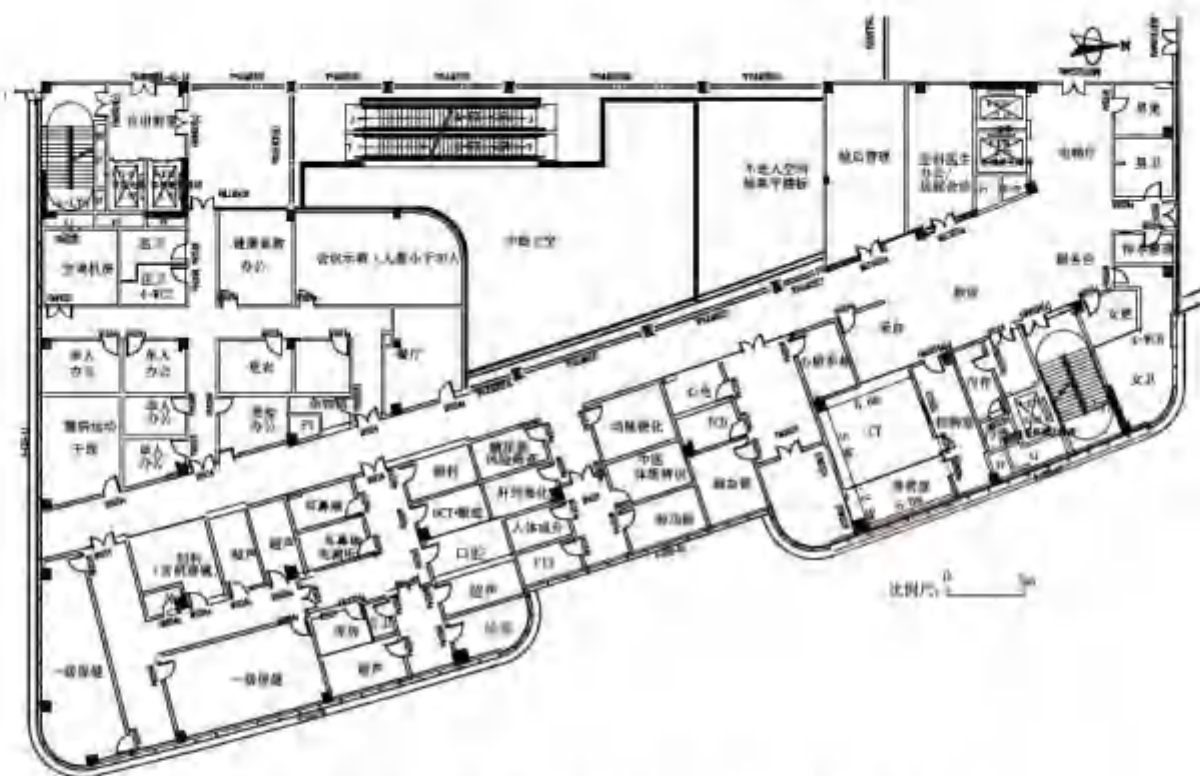


图 1.2-13 门诊综合楼北区三层平面布局图 (CT机和骨密度仪)

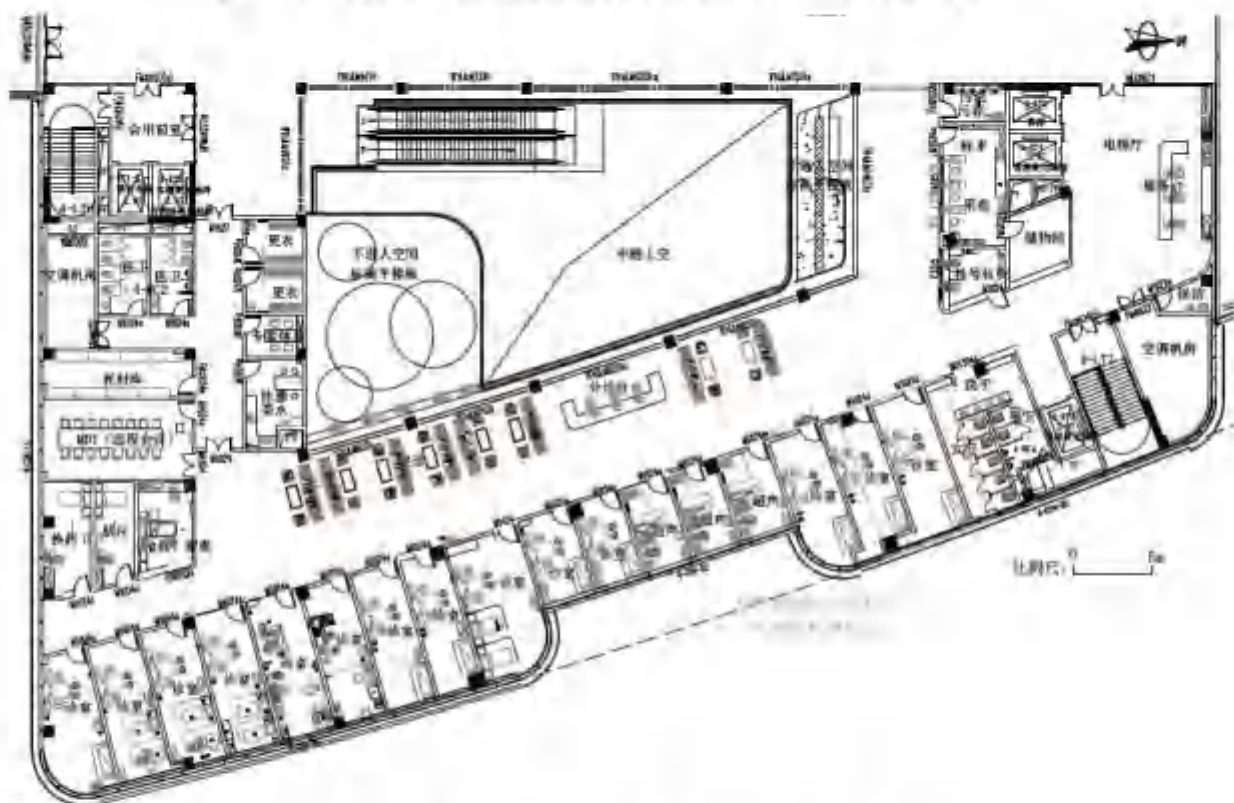


图 1.2-14 门诊综合楼北区四层平面布局图



图 1.2-15 住院综合楼 A 塔九层平面布局图 (北侧局部)



图 1.2-16 住院综合楼 A 塔八层、十层平面布局图 (北侧局部)



图 1.2-17 发热门诊楼一层、二层平面布局图



图 1.2-18 感染性疾病防治楼一层、二层平面布局图

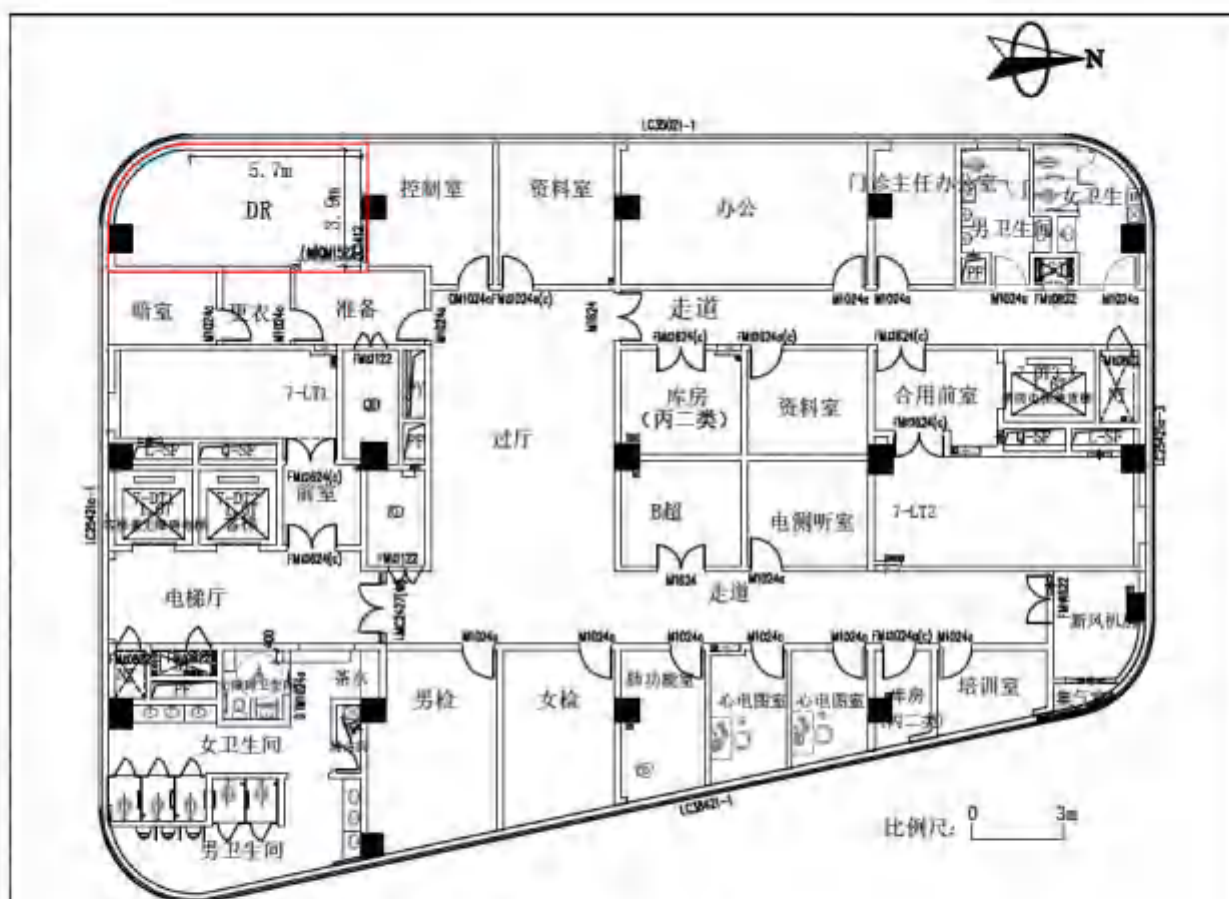


图 1.2-19 规培楼二层平面布局图

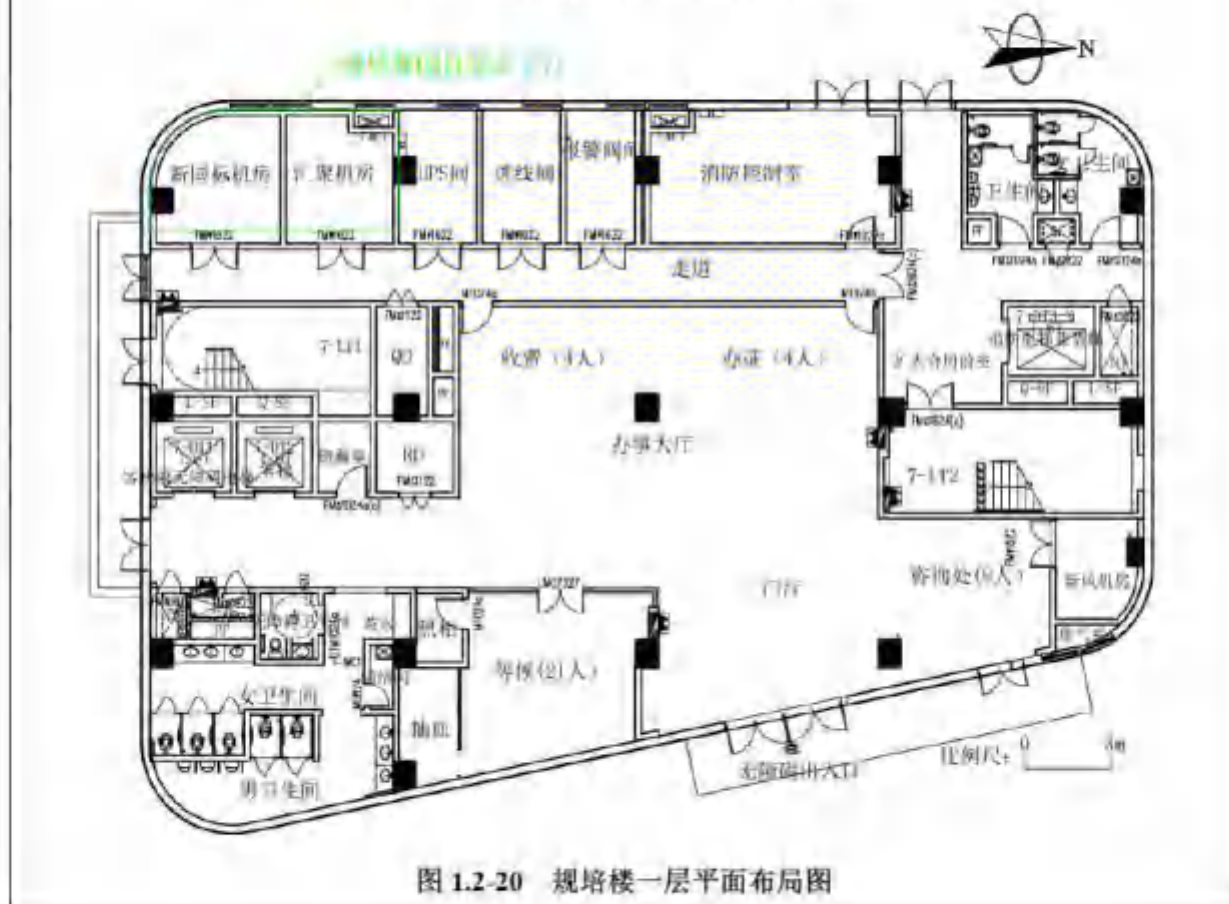


图 1.2-20 规培楼一层平面布局图

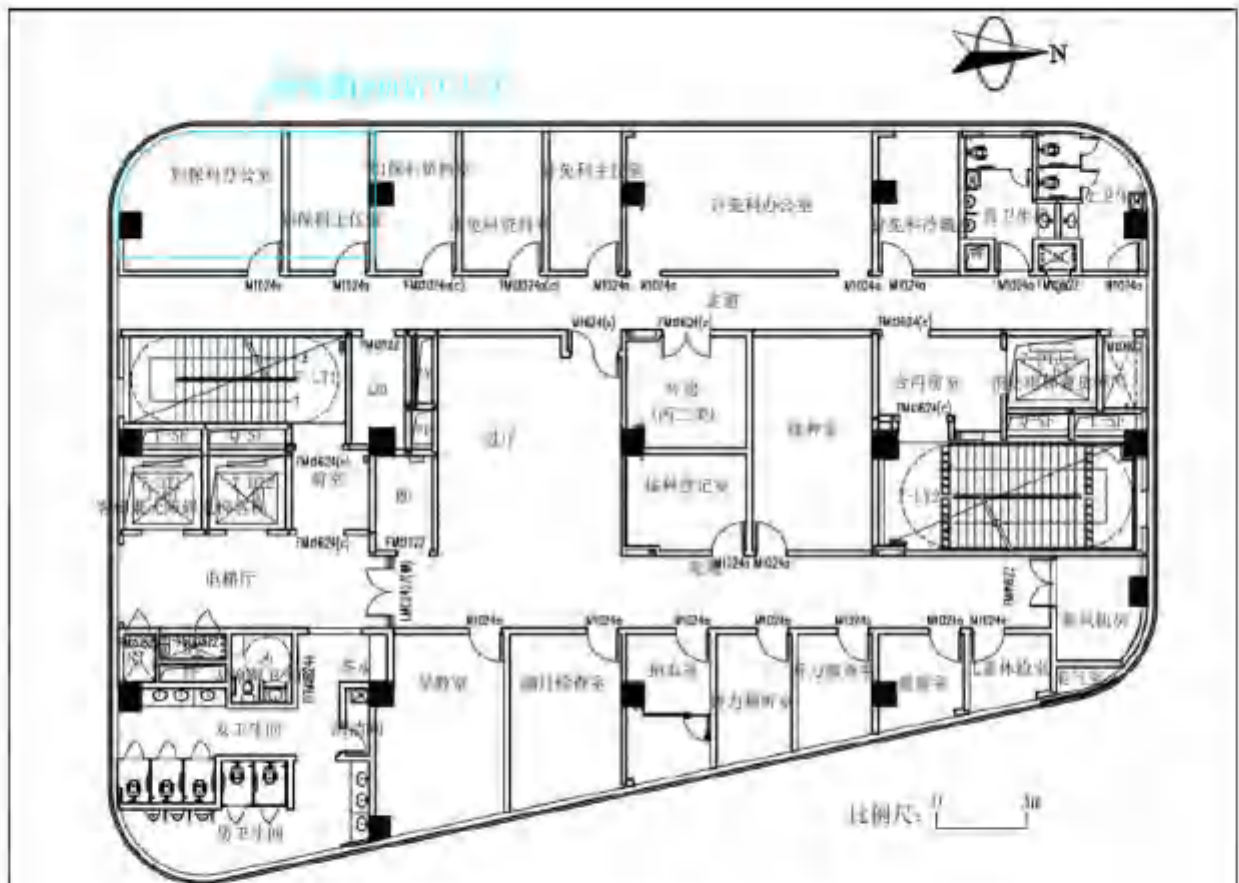


图 1.2-21 规培楼三层平面布局图

## 1.3 目的和任务由来

### 1.3.1 评价目的

(1) 对辐射活动场所周边环境进行辐射现状水平监测，掌握辐射活动场所的辐射环境现状水平；

(2) 评价拟建设的辐射防护设施及措施的可行性及有效性；

(3) 分析项目运行过程中产生的辐射影响，预测辐射工作人员和公众所受的年有效剂量，是否满足标准要求；

(4) 分析本项目是否满足国家和地方生态环境主管部门对核技术利用建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

### 1.3.2 任务由来

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，项目建设前，应组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。

由 1.2 建设内容及规模可知，本次环评内容包括使用Ⅲ类、V 类放射源，使用Ⅱ类、

III类射线装置及乙级非密封放射性物质工作场所。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号），本项目包含“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用III类放射源；使用II类射线装置；乙级非密封放射性物质工作场所”，建设前应编制环境影响报告表。

受建设单位委托，中辐环境科技有限公司环评技术人员进行了资料收集、现场调查及委托环境辐射现状监测等工作，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中环境影响报告表的内容和格式，编制了本项目的环境影响报告表。为更清晰、连贯性地分析相关内容，报告表9~表12分别按核医学科、放疗科、介入手术项目、普通放射诊断项目环境影响分析设置，对核医学科、放疗科、介入手术项目、普通放射诊断项目分别按照HJ10.1-2016导则要求进行相关项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析内容编制。

## **1.4 区域环境及保护目标**

### **1.4.1 项目周边环境概述**

#### **1.4.1.1 地理位置**

深圳市人民医院宝安医院选址位于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，场地东侧为深圳市宝安区卫生服务中心沙井分中心和宝安大道，隔路为空地；南侧为蚝乡路，隔路为塋岗社区和觉园新村；西侧为中亚硅谷二号馆、中亚硅谷三号馆、中亚硅谷会议中心，北侧拟建新颜路，隔路为绿化地和上蠓河。本次核技术利用项目辐射工作场所屏蔽体边界外直线距离200m范围内无中小学、幼儿园，地理位置见图1.4-1。



图 1.4-1 项目地理位置图



图 1.4-2 项目地理位置卫星图

#### 1.4.1.2 项目选址合理性分析

**(1) 核医学科选址：**核医学工作场所位于医技楼地下二层西侧，配套建设的两套衰变池设置于医院西侧地下，衰变池配套的预处理装置设置于核医学场所西南侧室内。核医学科放射性废气总排放口设置于核医学科所在建筑屋顶，放射性废气汇集至排风井后通过风机抽至屋顶排放，排放口高度高于周边其它建筑，同时远离周边高层建筑。放射性固体废物间设置在核医学科场所内，放射性废物可就近收集后在废物间内暂存衰变，满足解控要求后通过电梯转运出去。核医学科涉及的辐射场所是地下二层的辐射工作场所以及衰变池。核医学工作场所位置及评价范围示意图见图 1.4-3。

核医学科选址满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)规定的“集中在无人长期居留的建筑物的一端”和《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中规定的“尽可能做到相对独立布置或集中设置”的要求。

核医学工作场所周围 50 米评价范围内无居民区、学校、行政办公区域等敏感目标，200 米范围内无中小学、幼儿园等学校。辐射工作场所设置了相应的物理隔离，设置相对独立的放射性药物送药路径、患者路径、医务人员路径，患者和医务人员分别设置单独的出入口，便于对患者相对集中管理，也可避免无关人员通过。核医学科患者出口位于场所西南侧，患者离开核医学科后乘坐专用电梯到达地面一层，穿过电梯合用前室后到达室外，离开医院，出口周围无人群密集区域。场所周围和楼上环境无毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并与非辐射工作场所有明确的分界隔离，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)规定的“设置相应物理隔离，设有单独的人员、物流通道”选址要求。

综上所述，核医学科的设置满足辐射防护相关标准的要求，核医学科工作场所选址合理。

**(2) 放疗科选址：**放疗科工作场所选址考虑对周边环境的辐射影响，采取了足够的屏蔽防护措施，对环境和人员的影响满足相应标准要求。所有机房均位于医院用地红线范围内，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑内。

本项目放疗科机房所在位置相对独立，集中设置在医技楼地下二层最西侧，为建筑的最底层，下方为岩土层；上方为停车场、库房区域，科室同层东侧和北侧为停车场；南侧为核医学科相关用房；西侧为岩土层，周围没有人员长期居留场所，相邻区域避开了儿科、产科等特殊敏感场所及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。周围 50 米评价范围内主要为住院楼综合楼 B 塔和 C 塔、医技楼北区和南区、中亚硅谷二号

馆和二号馆，无居民区、学校、行政办公区域等敏感目标，放疗科工作场所所在位置及评价范围示意图见图 1.4-4，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中关于放射治疗工作场所选址的要求，选址合理。

### **（3）介入手术项目选址：**

拟建介入手术项目辐射工作场所分别位于医技楼南区一层、二层、四层。在一层介入中心拟建 4 间 DSA 介入室，在二层内镜中心拟建 1 间 ERCP 机房，在四层中心手术部拟建 2 间 DSA 手术室、2 间 DSA/CT 复合手术室和 1 间 DSA/MRI 复合手术室。机房周围 50 米范围内无居民区、学校等环境敏感目标；机房四周、上方及下方避开敏感人群长时间停留场所。在满足使用需求的情况下尽量集中布置，减小影响范围，便于辐射安全管理，同时结合机房所在层各功能科室的布置使医疗流程流畅进行，便于患者诊疗，因此本项目整体选址从满足医疗流程和考虑周围环境影响方面考虑是合理的。介入手术项目机房所在位置及评价范围示意图见图 1.4-5。

### **（4）普通放射诊断项目选址：**

拟在发热门诊楼一层、感染性疾病防治楼一层、门诊综合楼南区一层、二层、门诊综合楼北区一层、医技楼负二层、南区一层、四层、医技楼北区一层、住院楼综合楼 B 塔九层、规培楼二层建设普通放射诊断机房，根据医院科室的建设规划进行布置，以满足科室的使用需求，同时保证医疗流程的顺畅，便于患者诊疗；在此基础上，机房尽量集中布置，减小影响范围，便于辐射安全管理。机房周围 50 米范围内无居民区、学校等环境敏感目标，机房四周、上方及下方避开敏感人群长时间停留场所。因此本项目选址是合理的。普通放射诊断项目机房所在位置及评价范围示意图见图 1.4-6。

本次核技术利用项目总评价范围示意图见图 1.4-7。

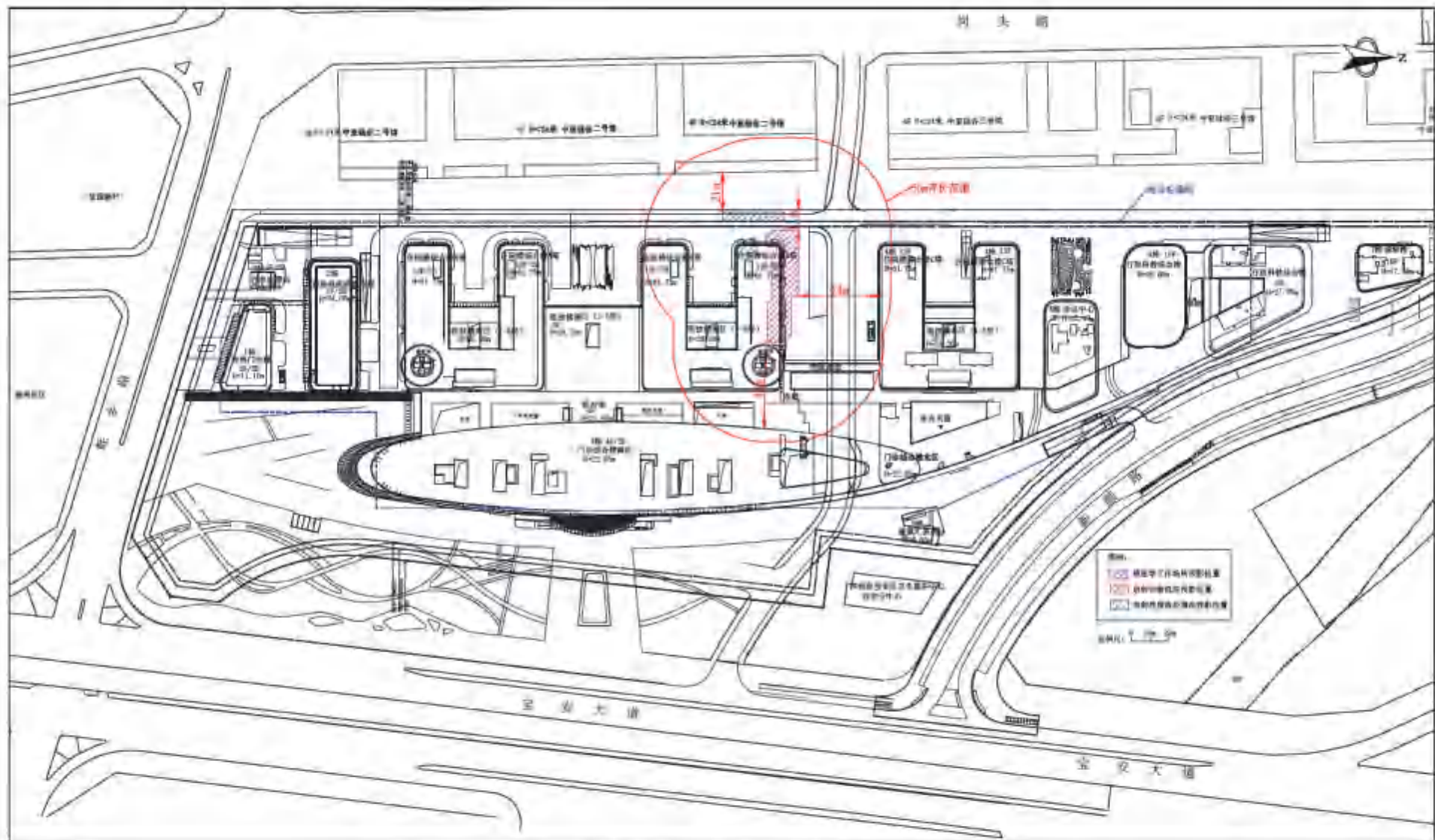


图 1.4.3 核医学科工作场所位置及评价范围

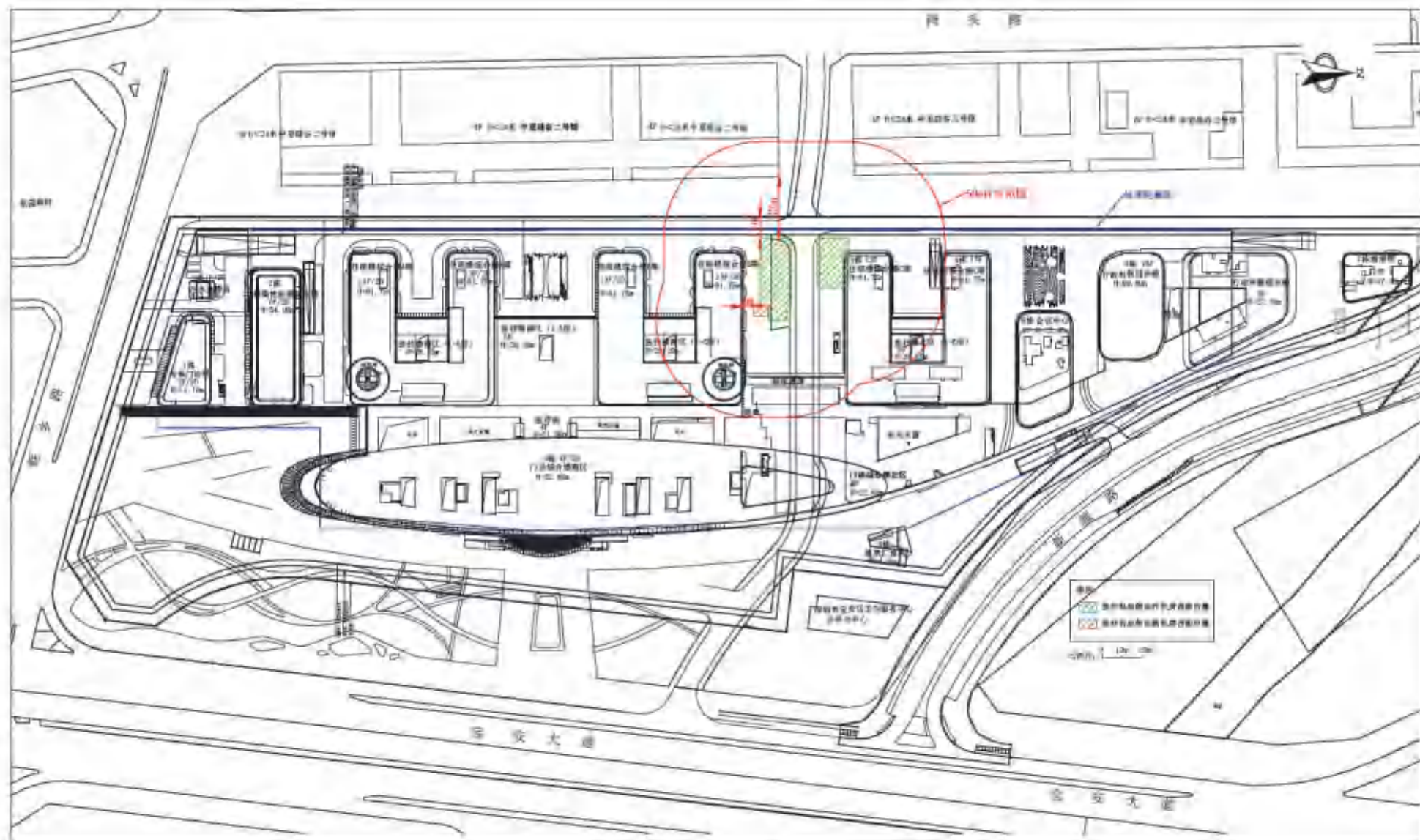


图 1.4-4 放疗科辐射工作场所位置及评价范围

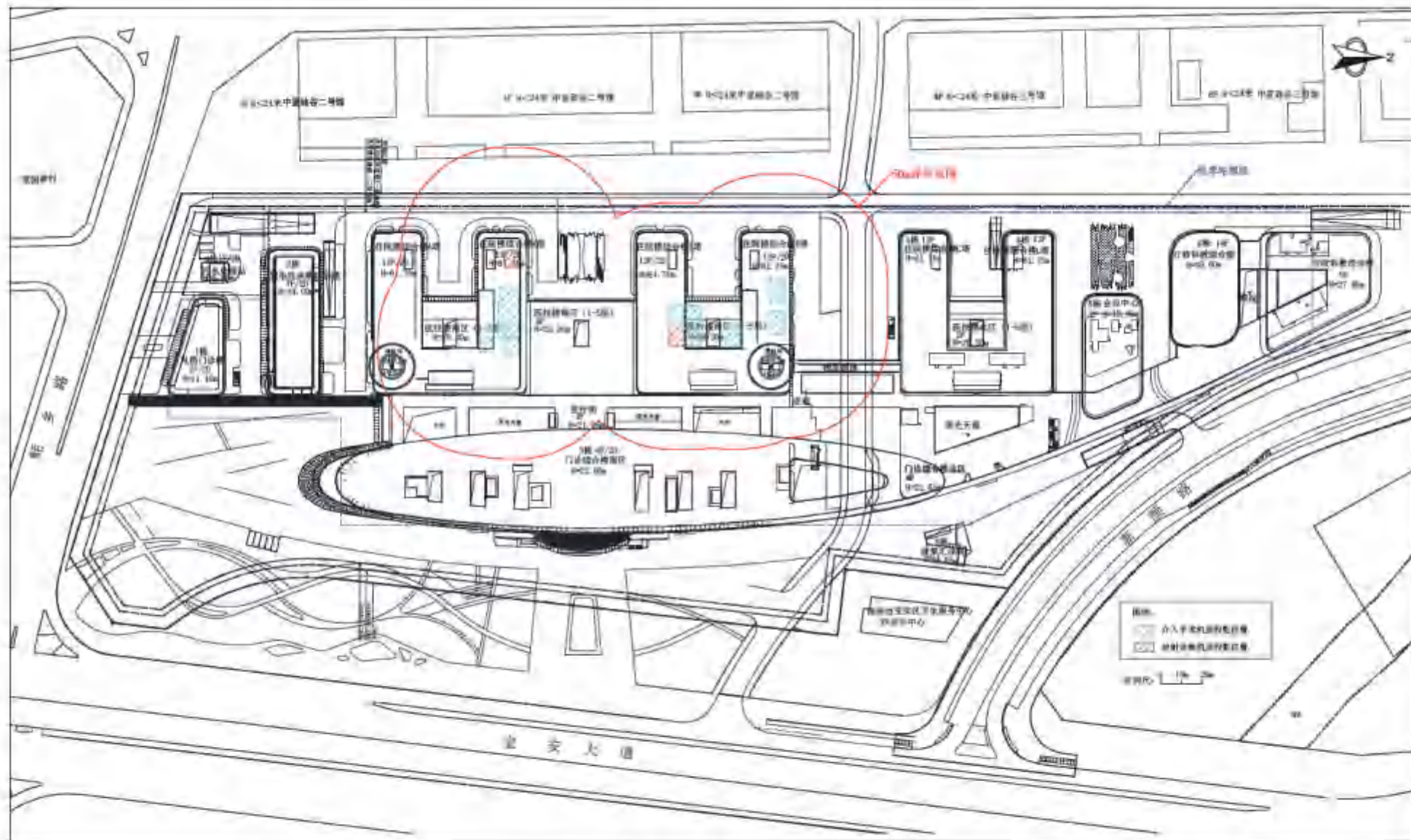


图 1.4.5 介入手术项目机房位置及评价范围

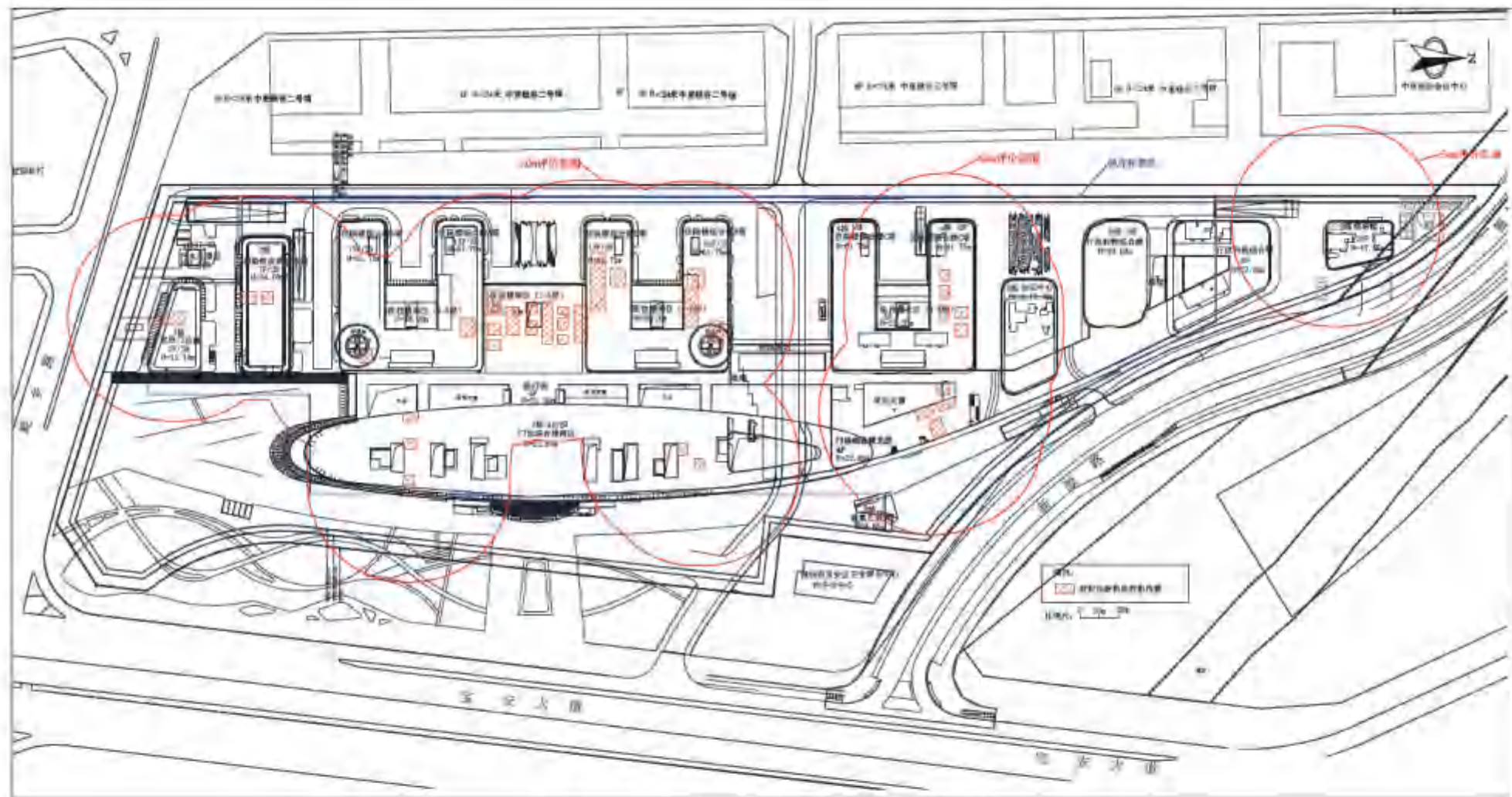


图 1.4-6 普通放射诊断项目机房位置及评价范围

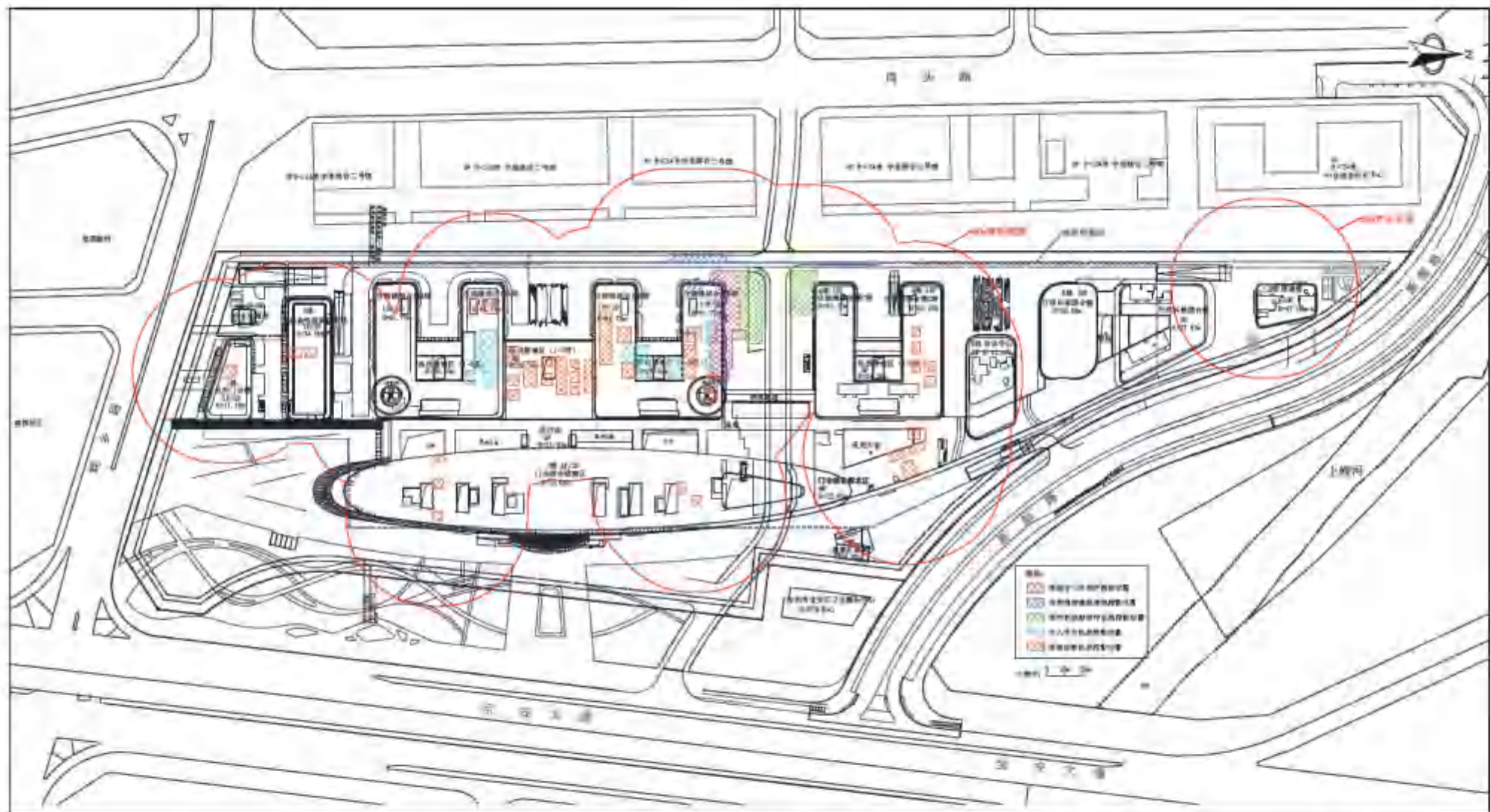


图 1.4-7 医院总平面布局及周围环境关系图

### 1.4.2 环境保护目标

根据图 1.4-7 可知，本项目拟建辐射工作场所 50m 范围内主要包括医院内部区域、医院内部和外部道路及西侧的中亚硅谷二、三号馆、会议中心，无居民区、学校、行政办公区等环境敏感目标，因此，本项目环境保护目标为医院内部区域、医院四周道路及西侧的中亚硅谷二、三号馆、会议中心，人员分布主要为本项目工作场所内辐射工作人员、医院内其他医患人员、院外流动人员及中亚硅谷二、三号馆、会议中心的公众人员，具体见表 7.2-1。

### 1.5 原有核技术利用项目回顾性分析

#### 1.5.1 原有核技术利用项目许可情况

深圳市人民医院现持有辐射安全许可证（见附件 2），证书编号：粤环辐证[B9046]，许可种类和范围：使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。发证日期：2025 年 08 月 07 日，有效期至：2026 年 04 月 28 日。

医院原有核技术利用项目的环评批复及备案、竣工环保验收文件见附件 3、附件 4。原有核技术利用项目许可及环保手续履行情况见表 1.5-1~表 1.5-3，由表可知，医院原有核技术利用项目的环保手续较齐全，有 2 台近期新增的Ⅲ类射线装置暂未验收，均已进行许可登记。

表 1.5-1 医院已许可的放射源一览表

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
1	Ge-68	V	3.5E+6*1	使用	粤环审[2021]30 号	2022 年 3 月自主验收	院本部
2	Ge-68	V	5.5E+7*1	使用	粤环审[2021]30 号	2022 年 3 月自主验收	
3	Sr-90	V	1.28E+9*1	使用	粤环审[2018]55 号	2021 年 3 月自主验收	
4	Sr-90	V	1.28E+9*1	使用	备案号：202544030300000019		
5	Sr-90	V	1.48E+9*1	使用			
6	Sr-90	V	1.48E+9*1	使用			
7	Ir-192	Ⅲ	3.7E+11*1	使用	粤环审[2018]55 号	2021 年 7 月自主验收	

表 1.5-2 医院已许可的非密封放射性物质一览表

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
1	核医学科	乙级	Sr-89	使用	粤环审[2018]55 号	2022 年 3 月自主验收	院本部
2			P-32	使用	粤环审[2018]55 号	2022 年 3 月自主验收	
3			Tc-99m	使用	粤环审[2018]55 号	2022 年 3 月自主验收	
4			I-131	使用	粤环审[2018]55 号	2022 年 3 月自主验收	

5	内科住院大楼一层 PET 中心	乙级	Re-188	使用	粤环深审[2023]55号	尚未投用。暂未验收
6			Ra-223	使用	粤环深审[2023]55号	尚未投用。暂未验收
7			Zr-89	使用	粤环审[2021]30号	2022年3月自主验收
8			Ga-68	使用	粤环审[2021]30号	2022年3月自主验收
9			Ga-68	生产	粤环深审[2023]55号	尚未投用。暂未验收
10			F-18	使用	粤环审[2021]30号	2022年3月自主验收
11			Cu-64	使用	粤环审[2021]30号	2022年3月自主验收
12			Ge-68 (Ga-68)	使用	粤环深审[2023]55号	尚未投用。暂未验收
13			Ac-225	使用	粤环深审[2023]55号	尚未投用。暂未验收
14	外科楼1楼介入科2-CT机房	乙级	I-125	使用	粤环审[2015]426号	粤环审[2017]533号

表 1.5-3 医院已许可的射线装置一览表

序号	装置名称	类别	数量	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
1	上海联影 uCT 760 CT 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
2	迈瑞 Digeye 780 DR 机	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部
3	飞利浦 Brilliance CT 16 CT 机	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部
4	易优视 EOS X 射线采集系统	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		院本部
5	赛福徕 New Tom Giano 口腔 CBCT	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
6	意大利 NewTom VGi (VG11062S) 口腔 CBCT 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
7	Planmeca ProX 牙片机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
8	意大利 New Tom VGi 口腔 CBCT 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
9	意大利 NewTom Giano 口腔 CBCT 机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		院本部
10	Planmeca ProX 牙片机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
11	西门子 AXIOM Aristos/TX MX DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
12	飞利浦 Brilliance i-CT256 螺旋 CT	III	1	使用	深环批[2015]300122号	深环验收[2017]3001号	院本部
13	西门子 Ysio DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
14	西门子 AXIOM AristosMX/VX DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
15	深圳普迪 UROTOP-I 碎石机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
16	岛津 SONIAL VISION SAFIRE 17 数字胃肠机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
17	豪洛捷 Selenia Dimensions 数字乳腺机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
18	Horizon-W 全身骨密度仪	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		院本部
19	西门子 Artis One 小平板心脏专用 DSA 机	II	1	使用	粤环审[2017]254号	2018年1月自主验收	院本部
20	飞利浦 Allura Xper FD20 DSA 机	II	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部

序号	装置名称	类别	数量	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
21	迈瑞 MobiEye 700 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
22	迈瑞 MobiEye 700P 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
23	迈瑞 MobiEye 700P 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
24	GE opnia CT680 Quannum CT 机	III	1	使用	粤环审[2017]254 号	2018 年 1 月自主验收	院本部
25	联影 uCT710 60 排 CT	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		院本部
26	联影 uCT 960+ 320 排 CT	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		院本部
27	飞利浦 Brilliance CT Big Bore 16 排 CT	III	1	使用	粤环审[2022]9015 号	2023 年 7 月自主验收	院本部
28	联影 uhanry 770 80 排 CT	III	1	使用	粤环深审[2023]40 号	2025 年 9 月自主验收	院本部
29	飞利浦 Azurion 7 B20 双球管 DSA	II	1	使用	粤环审[2022]9015 号	2023 年 7 月自主验收	院本部
30	联影 uAngio 960 DSA	II	1	使用	粤环深审[2023]40 号	2025 年 9 月自主验收	院本部
31	迈瑞 MobiEye 700P 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
32	飞利浦 UNIQ FD20 DSA 机	II	1	使用	粤环审[2020]260 号	2022 年 8 月自主验收	院本部
33	美国 NeuroLogica Corporation NL4000 多排移动 CT 机	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
34	豪洛捷 Horizon-A 双能 X 射线骨密度仪	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		院本部
35	西门子 SOMATOM Definition AS 大孔径 CT 定位机	III	1	使用	备案号: 202144030300000027		院本部
36	迈尔思 Metri Scan 局部骨密度仪	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
37	深圳新元素 XYSSU1-6X 碎石机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
38	飞利浦 ALLura Centron DSA 机	II	1	使用	粤环审[2018]55 号	2019 年 9 月自主验收	龙华分院
39	豪洛捷 Multicare Platinum 乳腺机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
40	INTR 口内牙片机	III	1	使用	备案号: 202044030300000019		龙华分院
41	赛福佳 NewTami GIANO 口腔 CT	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
42	深圳迈瑞 MobiEye 700T 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
43	深圳迈瑞 MobiEye 700T 移动 DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
44	通用 Senographic Pristina 乳腺机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		龙华分院
45	联影 uCT710 60 排 CT	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		龙华分院
46	西门子 Somatom Emotion 16 CT 机	III	1	使用	2005 年 7 月 1 日审批	粤环审[2010]21 号	龙华分院
47	飞利浦 Ingenuity core128 CT 机	III	1	使用	深环批[2015]300122 号	深环验收[2017]3002 号	龙华分院
48	蓝韵品牌 DR2800F DR	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		龙华分院
49	迈瑞 Digeye760A DR 机	III	1	使用	2005 年 7 月 1 日审批	粤环审[2010]21 号	龙华分院
50	意大利 OPERA-T90fpe 数字胃肠机	III	1	使用	深环批[2015]300122 号	深环验收[2017]3002 号	龙华分院

序号	装置名称	类别	数量	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
51	HiRes3D-Plus 口腔 CBCT	III	1	使用	粤环深审(2023)65号	暂未验收	龙华分院
52	SIRAY 日内牙片机	III	1	使用	粤环深审(2023)65号	暂未验收	龙华分院
53	瑞典斯威麦克 BIPLANAR 500e 移动 G 臂机	III	1	使用	备案号: 20254403000100000052		龙华分院
54	GE BrivoOCE 715 C 臂机	III	1	使用	备案号: 20254403000100000052		龙华分院
55	美国 GE Innova IGS 5 DSA 机	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2022年3月自主验收	院本部
56	GE Discovery PET/CT710 Clarity PET/CT 机	III	1	使用	粤环审[2021]30号	2022年3月自主验收	院本部
57	安科锐 Onrad TOMO 机	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2021年7月自主验收	院本部
58	瓦里安 TRUEBEAM 医用直线加速	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2021年7月自主验收	院本部
59	医科达 Axesse 医用直线加速器	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2021年7月自主验收	院本部
60	瓦里安 EDGE 直线加速器	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2019年9月自主验收	院本部
61	医科达 SYNERGY 直线加速器	II	1	使用	粤环审[2018]55号	2019年9月自主验收	院本部
62	GE Discovery NM/CT670 Pro SPECT/CT 机	III	1	使用	粤环审[2018]55号	2022年3月自主验收	院本部
63	豪洛捷公司 Horizon-Wi 全身骨密度仪	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
64	西门子 Cios Select Diamond 移动 C 臂机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		院本部
65	GE OEC One 移动 C 臂机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		院本部
66	上海联影 uCT 760 CT 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
67	SOMATOM Force 双源 96 排 CT	III	1	使用	备案号: 202544030300000017		院本部
68	美国 GE OEC 9900 Elite 移动 C 臂机	III	1	使用	备案号: 202444030300000021		院本部
69	深圳圣诺 Navigator Star Care 乳腺机	III	1	使用	备案号: 202544030300000017		院本部
70	迈瑞 Digeye760 DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
71	西门子 SOMATOM Definition AS CT 机	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
72	西门子 Artis zee ceiling DSA 机	II	1	使用	粤环审[2015]426号	粤环审[2017]533号	院本部
73	深圳普康 HK.ESWL-VI 体外碎石机	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部
74	GE OEC 9900 Elite 移动式 C 臂机	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
75	GE OEC 9900 Elite 移动式 C 臂机	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
76	GE Brivo OEC850 C 型臂 X 射线机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
77	GE OEC Fluorostar Compact D 移动 C 臂机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
78	GE OEC Fluorostar Compact D 移动 C 臂机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
79	GE OEC 9900 Elite 移动 C 臂机	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		院本部
80	西门子 SIREMOBIL Compact LC 臂机	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部

序号	装置名称	类别	数量	活动种类	环评情况	验收情况	所在院区
81	西门子 SIREMOBIL Compact LC 臂机	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部
82	GE OEC Fluorostar compact D 移动C臂机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
83	瑞典斯威麦克 BIPLANAR-500e G臂机	III	1	使用	备案号: 202144030300000027		院本部
84	普朗 O-arm 1000 移动式C臂机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
85	CE OEC Elite MiniView 移动C臂机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
86	安健 DT 570 DR 机	III	1	使用	备案号: 202444030300000017		院本部
87	GE Lmar iDXA 骨密度仪	III	1	使用	深环批[2013]300115号	深环验收[2017]3001号	院本部
88	西门子 Ysio DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	院本部
89	迈瑞 MobiEye 700P 移动DR机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
90	迈瑞 MobiEye 700P 移动DR机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
91	深圳迈瑞 DigiEye 680T DR 机	III	1	使用	备案号: 202144030300000053		院本部
92	迈瑞 MobiEye 700P 移动DR机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		院本部
93	深圳迈瑞 DigiEye 680T DR 机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		一门诊
94	迈瑞 Digeeye760 DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	一门诊
95	安健 Angell-DR-A-F DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	一门诊
96	迈尔思 METRISCAN Memi Scan 局部骨密度仪	III	1	使用	备案号: BAHG201700159		一门诊
97	飞利浦 Philips CT 6000 CT 机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		坂田院区
98	赛福保 New Tom Giano 口腔 CBCT	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		坂田院区
99	法国赛特力 X-mind DC 口内牙片机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		坂田院区
100	豪洛捷 Horizon-W 双能骨密度仪	III	1	使用	备案号: 202144030300000053		坂田院区
101	迈尔思 MetriScan 局部骨密度仪	III	1	使用	备案号: 202144030300000053		坂田院区
102	西门子 MAMMOMAT Inspiration 乳腺 DR 机	III	1	使用	2005年7月1日审批	粤环审[2010]21号	坂田院区
103	深圳迈瑞 DigiEye 680T DR 机	III	1	使用	备案号: 201944030300000043		坂田院区
104	深圳迈瑞 DigiEye 680T DR 机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		坂田院区
105	南京普爱 PLX7100A 移动C臂机	III	1	使用	备案号: 202244030300000038		坂田院区

### 1.5.2 原有核技术利用项目回顾性评价

#### (1) 辐射安全与环境保护管理机构

医院在原有核技术利用项目运行时已成立辐射安全与环境保护管理机构,并根据人员变动情况及时调整管理机构组成人员,明确了相关工作内容和职责,能够满足原有核技术利用项目运行过程中辐射防护管理和监督的要求。

## (2) 辐射安全管理相关规章制度

医院依照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，已制定了一套辐射安全管理制度，在原有核技术利用项目运行过程中落实和执行，原有核技术利用项目多年来运行状况较好，未曾发生过辐射事故。

## (3) 辐射工作人员培训情况

深圳市人民医院已开展核技术利用项目多年，医院现有辐射工作人员 399 人。根据生态环境部发布的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(2019 年，第 57 号) 及《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号) 的相关要求，医院已于 2021 年 10 月和 2023 年 3 月自主组织了仅从事Ⅲ类射线装置使用的辐射工作人员的培训考核工作，219 名相关辐射工作人员考核合格。另外，有 166 名其他辐射工作人员已在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台培训并考核合格，目前尚有 14 名新增人员未报名参加考核。医院将尽快组织安排未参加考核的辐射工作人员参加相应的考核工作，对于未考核的仅从事Ⅲ类射线装置使用的辐射工作人员，医院将自行组织安排考核，确保所有辐射工作人员培训考核合格后上岗，对于考核不合格的人员，医院将根据情况暂停其从事辐射工作。

若有新增辐射工作人员，将按其计划从事的辐射工作类别组织培训和考核，考核合格后方可上岗；核技术利用项目运行过程中，将根据辐射工作人员考核合格成绩单日期，及时进行再培训(考核合格后，成绩有效期为 5 年)。医院辐射工作人员培训情况的相关资料见附件 9。

## (4) 开展辐射监测工作的情况

①个人剂量监测：现有辐射工作人员均已进行个人剂量监测，根据医院提供已出具的 2024 年度四个周期的辐射工作人员个人剂量监测报告，院本部所有辐射工作人员年有效剂量（连续四个周期累计）均不超过 5mSv 的年有效剂量约束值，满足剂量管理要求。但存在个别工作人员将个人剂量计遗落在辐射工作场所内导致受到额外照射的情况，对此医院应进一步提高和加强辐射工作人员的辐射安全意识，同时加强辐射工作人员个人剂量计佩戴的监督管理、工作人员间互检，日常工作中对剂量计佩戴情况进行检查，由科室安排专人进行剂量计的收发，尽可能避免由于工作过程中佩戴不规范和其它疏忽情况导致的个人剂量超过调查水平的现象发生。

②工作场所和环境辐射水平监测：根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，医院每年委托有资质单位对核技术利用建设项目辐射工作场所防护性能

及设备性能进行 1 次年度常规检测，监测报告存档，医院原有核技术利用项目辐射工作场所周围剂量当量率监测结果均能满足标准要求，工作场所放射防护设施屏蔽效果能够达到防护要求。

#### （5）放射性三废治理措施

医院放射性三废主要产生于医院核医学科，包括核医学科运行过程中产生的含放射性核素的废液、核医学科活性区域产生的废气及核素诊疗过程中产生的含放射性核素的固体废物、废弃放射源。核医学科产生的放射性废液集中收集到相应的衰变池内暂存衰变，满足解控要求后排放，同时做好台账记录，医院定期委托检测单位对衰变池废液进行抽样检测，根据最近一次检测结果，放射性废液中总  $\alpha$  放射性未检出，总  $\beta$  放射性为 0.309Bq/L，能满足总  $\beta$  放射性不大于 10Bq/L 的排放要求；核医学工作场所设置独立的机械排风系统和过滤净化装置，将可能含放射性核素的废气经收集处理后由所在建筑屋顶集中高空排放；核医学工作场所内设置有专门的放射性废物间，工作过程产生的含放射性核素的固体废物按核素半衰期长短分类收集于铅废物桶，并定期转移至废物间内的衰变桶封存，在表面粘贴废物所含核素、收集时间等相关信息；按标准要求储存衰变相应的时间、经监测满足标准要求后，清洁解控按医疗废物进行处理，对放射性固体废物处理的相关信息记录并存档，记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、出库时间等相关信息；废旧放射源将由供源单位回收或交有资质的城市放射性废物库进行收储。原有核技术利用项目放射性三废均已采取相应的防治措施，处理达标后排放，或移交有资质的单位处理。在运行过程中医院定期开展辐射监测工作，控制放射性物质的照射，保障环境安全。

#### （6）年度评估报告情况

医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位放射性同位素和射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向管理部门提交上一年度评估报告。

综上回顾分析，医院原有核技术利用项目包含核医学科、放疗科、介入诊疗、普通放射诊断等，项目均已安全稳定运行多年，医院设有放射安全与防护管理领导小组，落实了机构的成员及其职责，已经制定了一系列基本规章制度和操作规程，运行过程中未曾发生过辐射事故。原有核技术利用项目辐射防护设施运行、维护、检测工作开展情况较好，放射性三废采取了相应的防治措施，射线装置运行正常。但存在辐射工作人员未参加辐射安全与防护考核与个人剂量计佩戴管理不规范的情况，医院应尽快组织安排相

关人员参加考核，加强并规范辐射工作人员管理，提高辐射安全意识，规范佩戴个人剂量计。

## 1.6 本项目与原有核技术利用项目的依托关系说明

### (1) 主体工程（建筑）依托关系说明

深圳市人民医院宝安医院位于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，深圳市人民医院本部院区在深圳市罗湖区翠竹街道东门北路 1017 号，两个院区相互独立，直线距离约 21km。本次评价的核技术利用项目均位于宝安医院，为新建院区，不存在依托原有工程的情况。

### (2) 辐射源依托关系说明

本次核技术利用项目涉及到的射线装置、密封放射源、放射性核素均为新购，与院本部不存在依托关系。

### (3) 辐射工作人员依托关系说明

宝安医院建成后，将根据情况从院本部调配或新增辐射工作人员，调配的辐射工作人员不从事原辐射工作。根据情况合理安排工作量，辐射工作人员受照剂量不会超过剂量约束值要求。

### (4) 辐射监测仪器依托关系说明

宝安医院建成后，将按要求新增配备辐射监测仪器，包括便携式 X- $\gamma$  辐射监测仪、个人剂量报警仪、活度计及  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染仪等监测仪器，与院本部不存在依托关系。

### (4) 辐射安全管理制度依托关系说明

院本部原已制定辐射安全管理制度，符合医院实际运行情况，同时制定有辐射事故应急预案，原有制度基本满足目前核技术利用项目开展的需要。本项目将依托使用原有的制度，将本项目的相关内容纳入原有管理制度体系中，同时根据院区实际情况成立适用的辐射安全与环境保护管理机构和辐射事故应急领导小组，在设备型号确定后对制度进一步细化和补充，对原有辐射安全管理制度如《操作规程》《监测方案》等进行完善。只要在日常工作中严格落实，能够满足核技术利用项目的管理需求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	<sup>68</sup> Ge	1.11×10 <sup>8</sup> /1.11×10 <sup>8</sup> ×3 枚	V类	使用	PET/CT 校准	医技楼地下二层核医学科	贮存在设备间中的储源柜内	新购, 与 <sup>18</sup> F 校准三者选一
2	<sup>22</sup> Na	1.04×10 <sup>8</sup> /1.48×10 <sup>7</sup> Bq×7 枚	V类	使用	PET/CT 校准	医技楼地下二层核医学科	贮存在设备间中的储源柜内	
3	<sup>192</sup> Ir	5.55×10 <sup>11</sup> /5.55×10 <sup>11</sup> ×1 枚	III类	使用	放射治疗	医技楼地下二层放疗科后装治疗机房	后装治疗机内	新购
4	<sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y	1.48×10 <sup>9</sup> /1.48×10 <sup>9</sup> ×1 枚	V类	使用	敷贴治疗	医技楼地下二层核医学科	固态密封源贮存在储源室中的保险柜内	新购
5	以下空白							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途	操作方式	贮存方式与地点	使用场所	备注
1	$^{18}\text{F}$	液态, 低毒, 半衰期 109.8min	使用	6.18E+10	6.18E+07	1.55E+13	PET 诊断	很简单操作	暂存于储源室内的保险柜内	医技楼地下二层核医学科	外购
2	$^{18}\text{F}$	液态, 低毒, 半衰期 109.8min	使用	9.84E+08	9.84E+05	1.18E+10	PET/CT 校准	很简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购
3	$^{68}\text{Ga}$	液态, 低毒, 半衰期 68.3min	使用	4.71E+09	4.71E+06	1.18E+12	PET 诊断	很简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购/自产
4	$^{64}\text{Cu}$	液态, 低毒, 半衰期 12.7h	使用	1.85E+09	1.85E+07	4.63E+11	PET 诊断	简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购
5	$^{89}\text{Zr}$	液态, 中毒, 半衰期 78.41h	使用	9.25E+08	9.25E+07	2.31E+11	PET 诊断	简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购
6	$^{68}\text{Ga}$	液态, 低毒, 半衰期 68.3min	生产	1.67E+09	1.67E+07	6.10E+11	PET 诊断	简单操作	暂存于分装室内		/
7	$^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$	固态, 半衰期 271d, 中毒	使用	1.85E+09	1.85E+06	1.85E+09	$^{68}\text{Ga}$ 药物制备	贮存	暂存于分装室内		外购
8	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态, 低毒, 半衰期 6.02h	使用	2.78E+10	2.78E+07	6.94E+12	SPECT 诊断	很简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购
		气态/液态, 低毒, 半衰期 6.02h	使用	3.70E+09	3.70E+08	1.11E+12	SPECT 诊断 (肺通气)	很简单操作	液态暂存于储源室内的保险柜内		
9	$^{131}\text{I}$	液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	1.85E+09	1.85E+08	4.62E+11	甲状腺显像	简单操作	暂存于储源室内的保险柜内		外购
		液态, 中毒, 半衰期 8.02d	使用	5.55E+06	5.55E+05	1.66E+08	甲功测定	简单操作	暂存于储源室内的保险柜内	外购	
		液态, 中毒,	使用	7.40E+09	7.40E+08	7.40E+12	甲亢治疗	简单操作	暂存于储源室内的	外购	

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量(Bq)	日等效最大操作量(Bq)	年最大用量(Bq)	用途	操作方式	贮存方式与地点	使用场所	备注
		半衰期 8.02d							保险柜内		
10	<sup>89</sup> Sr	液态, 中毒, 半衰期 50.53d	使用	9.25E+08	9.25E+07	2.31E+11	癌症治疗	简单操作	暂存于储源室内的 保险柜		外购
11	<sup>223</sup> Ra	液态, 极毒, 半衰期 11.44d	使用	3.70E+07	3.70E+08	9.25E+09	癌症治疗	简单操作	暂存于储源室内的 保险柜		外购
12	<sup>225</sup> Ac	液态, 极毒, 半衰期 10d	使用	3.70E+07	3.70E+08	9.25E+09	癌症治疗	简单操作	暂存于储源室内的 保险柜		外购
13	<sup>32</sup> P	液态, 中毒, 半衰期 14.26d	使用	2.22E+08	2.22E+07	6.66E+10	敷贴治疗	简单操作	暂存于储源室内的 保险柜		外购
		以下空白									

注: 日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

## 表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	活动 种类	额定电流 (mA) /最大输出 剂量率	用途	工作场所	备注
1	医用电子直 线加速器	II	4	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 18MeV	使用	10MV X 射线 FFF 模式 距靶 1 米处最大剂量 率: $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ; 6MV X 射线 FFF 模式 距靶 1 米处最大剂量 率: $8.40 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ; 电子线最大输出剂量 率: $6.00 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ; 每台加速器集成 1 套锥形束 计算机断层扫描系统 (CBCT): 最大管电压 150kV, 最大管电流 1000mA, 属 III 类射线装置	放射 治疗	医技楼地下二层放疗科 直线加速器机房 1~4	新购
2	磁共振加速 器	II	1 台	待定	电子	X 射线: 7.2MV 无电子束治疗模式	使用	距靶 1 米处最大剂量率: $8.65 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	放射 治疗	医技楼地下二层放疗科 磁共振加速器机房	新购

(二) X射线机, 包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
核医学科项目									
1	PET/CT	III	2	待定	140	1000	显像诊断	医技楼地下二层核医学科 PET/CT 机房 1~2	新购
2	SPECT/CT	III	1	待定	140	1000	显像诊断	医技楼地下二层核医学科 SPECT/CT 机房	新购
3	骨密度仪	III	1	待定	150	10	放射诊断	医技楼地下二层核医学科骨密度机房	新购
放疗科项目									
4	CT 模拟定位机	III	1	待定	150	1000	放射治疗的 诊断定位	医技楼地下二层放疗科 CT 模拟定位机房	新购
介入手术项目									
5	DSA	II	1	待定	125	1000	放射诊疗	医技楼南区一层介入中心 DSA 介入室 1	新购、双 管头
6	DSA	II	8	待定	125	1000	放射诊疗	医技楼南区一层介入中心 DSA 介入室 2~4 医技楼南区四层手术中心 DSA 手术室 (OR.26~OR.27)、DSA/CT 复合手术室 (OR.20~OR.21)、DSA/MRI 复合手术室 (OR.22)	新购、单 管头
7	ERCP 专用 X 射 线机	II	1	待定	150	1000	放射诊疗	医技楼南区二层内镜中心 ERCP 机房	新购
8	滑轨 CT	III	1	待定	150	1300	放射诊断	医技楼南区四层手术中心 DSA/CT 复合手术室 (OR.21)	新购
9	CT	III	2	待定	150	1300	放射诊断	医技楼南区一层介入中心 CT 室 医技楼南区四层手术中心 CT 室 1	新购
放射诊断项目									
10	CT	III	14	待定	150	1300	放射诊断	发热门诊楼一层 CT 机房	新购

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
								感染性疾病防治楼一层 CT 机房 门诊综合楼南区一层急诊科 CT 机房 门诊综合楼北区一层体检中心 CT 机房 门诊综合楼北区三层 VIP 体检中心 CT 机房 医技楼南区一层放射科 CT 机房 1-6 医技楼北区一层第二影像科 CT 机房 1-2 医技楼南区四层手术中心 CT 室 2	
11	DR	Ⅲ	16	待定	150	1000	放射诊断	发热门诊楼一层 DR 机房 感染性疾病防治楼一层 DR 机房 门诊综合楼南区一层急诊科 DR 机房 门诊综合楼北区一层体检中心 DR 机房 1-2 医技楼南区一层放射科 DR 机房 1-6 医技楼北区一层第二影像科 DR 机房 1-2 规培楼二层 DR 机房 门诊综合楼南区一层急救科 DR 机房 门诊综合楼南区一层骨与运动学科 DR 机房	新购
12	移动 C 臂机	Ⅲ	10	待定	150	1000	放射诊断	医技楼南区四层手术中心 OR.12-13、OR.19、OR.24、OR.28 住院楼综合楼 A 塔九层呼吸镜室	新购
13	碎石机	Ⅲ	1	待定	125	200	放射诊断	门诊综合楼南区二层碎石中心碎石机房	新购
14	数字胃肠机	Ⅲ	1	待定	150	1000	放射诊断	医技楼南区一层放射科胃肠机房	新购
15	乳腺机	Ⅲ	3	待定	50	600	放射诊断	门诊综合楼北区一层体检中心乳腺机房 医技楼南区一层放射科乳腺机房	新购

序号	名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
								医技楼北区一层第二影像科乳腺机房	
16	骨密度仪	III	3	待定	150	10	放射诊断	门诊综合楼北区一层体检中心骨密度机房	新购
								门诊综合楼北区三层VIP体检中心骨密度机房	
								医技楼南区一层放射科骨密度机房	
17	口腔 CBCT	III	1	待定	120	30	放射诊断	门诊医技楼南区四层口腔科口腔 CBCT 机房	新购
18	牙科全景机	III	1	待定	120	30	放射诊断	门诊医技楼南区四层口腔科全景机房	新购
19	牙片机	III	1	待定	70	10	放射诊断	门诊医技楼南区四层口腔科牙片机房	新购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科 放射性废液	液态	$^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 等	/	/	/	总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 活度浓度 $< 10\text{Bq/L}$	核医学科 衰变池	贮存衰变满足 HJ1188-2021 相关要求后， 排入医院污水处理站做进 一步消毒处理
核医学科 放射性固废	固态	沾染放射性核素的 一次性注射器、一 次性水杯、棉签、 滤纸等	/	/	1320kg	/	放射性废物 间暂存	贮存衰变满足 HJ1188-2021 相关要求后， 按一般医疗废物处理
		废活性炭等	/	/	/			
核医学科 放射性废气	气态	$^{131}\text{I}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$	/	/	/	/	/	专用排风管道送至屋顶， 由活性炭过滤后排放
废旧发生器	固态	$^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$	/	/	/	/	/	由发生器供应单位回收
废旧放射源	固态	$^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$	/	/	/	/	/	由放射源供应单位回收或 送交广东省城市放射性废 物库处置
		$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	/	/	/	/	/	
		$^{192}\text{Ir}$	/	/	/	/	/	由放射源供应单位回收
直线加速器 废靶件	固态	/	/	/	/	/	/	由加速器供应单位回收
废气	气态	$\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、放射性 废气、铅烟	/	/	/	/	/	专用排风管道送至屋顶排 放

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为  $\text{mg/L}$ ，固体为  $\text{mg/kg}$ ，气态为  $\text{mg/m}^3$ ；年排放总量用  $\text{kg}$ 。

2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（ $\text{Bq/L}$  或  $\text{Bq/kg}$  或  $\text{Bq/m}^3$ ）和活度（ $\text{Bq}$ ）。

## 表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过; 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订), 2015 年 1 月 1 日施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日通过, 中华人民共和国主席令第七十七号公布, 自 2003 年 9 月 1 日起施行; 2016 年 7 月 2 日第一次修正; 2018 年 12 月 29 日第二次修正);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号), 2003 年 10 月 1 日施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订, 自 2017 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, (2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改, 2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日, 国家环境保护总局令第 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(8) 《关于发布&lt;放射源分类办法&gt;的公告》(国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号), 自 2005 年 12 月 23 日起施行;</p> <p>(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号), 自 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(10) 《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;的公告》(环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号), 自 2018 年 1 月 1 日施行;</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(中华人民共和国生态环境部令第 16 号), 自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p>
------	--

	<p>(12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(公告 2019 年第 57 号);</p> <p>(13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)</p> <p>(14) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日发布;</p> <p>(15) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(国家环保总局，环发[2006]145 号);</p> <p>(16) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，中华人民共和国生态环境部辐射源安全监管司，辐射函[2023]20 号，2023 年 9 月 11 日发布;</p> <p>(17) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4 号);</p> <p>(18) 《深圳市建设项目环境影响评价审批和备案管理名录(2021 年版)》(深环规〔2020〕3 号)，自 2020 年 12 月 28 日起施行;</p> <p>(19) 《广东省未成年人保护条例》(1989 年 2 月 24 日广东省第七届人民代表大会常务委员会第六次会议通过，2008 年 11 月 28 日广东省第十一届人民代表大会常务委员会第七次会议修订)。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(4) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(5) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021);</p> <p>(6) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020);</p> <p>(7) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021);</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020);</p> <p>(9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(11) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T</p>

	<p>201.1-2007);</p> <p>(12) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011);</p> <p>(13) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分: <math>\gamma</math> 射线源放射治疗机房》(GBZ/T 201.3-2014);</p> <p>(14) 《建设项目职业病危害放射防护评价规范 第 2 部分: 放射治疗装置》(GBZ/T 220.2-2009);</p> <p>(15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023);</p> <p>(16) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021)。</p>
其他	<p>(1) 辐射安全许可证;</p> <p>(2) 医院原有核技术利用项目环保相关手续文件;</p> <p>(3) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年 7 月第 1 版);</p> <p>(4) 《辐射防护手册》, 李德平、潘自强;</p> <p>(5) 《辐射防护导论》, 方杰;</p> <p>(6) 《放射防护实用手册》, 赵兰才、张丹枫;</p> <p>(7) NCRP Report No. 51 Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100-MeV Particle Accelerator Facilities;</p> <p>(8) 建设单位提供的其它相关技术资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

参考《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)中对于报告书项目的评价范围规定“乙级非密封放射性物质工作场所项目的评价范围取半径 50m 的范围,放射源和射线装置应用项目的评价范围,通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”,结合本项目特点,确定评价范围为核技术利用项目工作场所周围 50m 的区域(不同工作场所重合区域时取最大范围),具体评价范围示意图见图 1.4-7。

### 7.2 保护目标

根据前述项目周边环境关系情况可见,核技术利用项目工作场所周边 50m 范围内主要保护目标为医院内部区域、医院四周道路及西侧的中亚硅谷二、三号馆、会议中心,人员分布主要为本项目工作场所内辐射工作人员、医院内其他医患人员、院外流动人员及中亚硅谷二、三号馆、会议中心的公众人员。本项目环境保护目标列举如下。

表 7.2-1 本项目周围环境保护目标一览表

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计	
医技楼地下二层核医学科	核医学科内分装室、敷贴室、甲测室及机房控制室等	场所内	/	职业, 16 人	
	放疗科区域	北侧	相邻	公众, 20 人	
	等候区、护士站、CT 模拟定位机房	东侧	相邻	公众, 20 人	
	通道	南侧	相邻	流动人员	
	地下通道	西侧	相邻	流动人员	
	岩土层	正下方	相邻	/	
	地下车道、加压机房、库房、报警阀间、工具间、设备冷库、剂量控制室、维修办公室、办公室、维修间、输液库、走道、验货区、特殊药品库、中药库等	正上方	相邻	公众, 20 人; 流动人员	
辅助房间、放疗科、停车场等	四周	0-50m	公众, 100 人; 流动人员		
医技楼地下二层放疗科	直线加速器机房 1~3	控制室	北侧	相邻	职业, 6 人
		水冷机房	北侧	相邻	公众, 3 人
		后装治疗机房、CT 模拟定位机房、控制室	东侧	相邻	公众, 6 人
		核医学科	南侧	相邻	公众, 16 人
		走廊	西侧	相邻	流动人员

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计	
医技楼 南区一 层介入 中心	岩土层	正下方	相邻	/	
	封闭夹层、停车场、智慧仓储库 房、配电间、物流机器人中控室 及维修间	正上方	相邻	流动人员	
	直线加速器 机房 4、磁共 振加速器机 房	设备用房、新风机房、污洗间、 洁具间	北侧	相邻	公众, 6 人
		走廊	东侧	相邻	流动人员
		控制室	南侧	相邻	职业, 4 人
		技术室	南侧	相邻	公众, 4 人
		水冷机房、设备间	南侧	相邻	公众, 2 人
		走廊	西侧	相邻	流动人员
		岩土层	正下方	相邻	/
		封闭夹层、停车场	正上方	相邻	流动人员
	后装治疗机 房	控制室	北侧	相邻	职业, 2 人
		准备室	北侧	相邻	公众, 2 人
		走廊	东侧	相邻	流动人员
		CT 模拟定位机房控制室	南侧	相邻	公众, 1 人
		直线加速器机房 1	西侧	相邻	公众, 2 人
		岩土层	正下方	相邻	/
	CT 模拟定位 机房	封闭夹层、夹层上方为停车场、 维修间、配电间	正上方	相邻	流动人员
		后装治疗机房	北侧	相邻	公众, 1 人
		控制室	东侧	相邻	职业, 1 人
		核医学科患者通道	南侧	相邻	流动人员
		碘-131 休息室卫生间、直线加速 器机房 1	西侧	相邻	公众, 3 人
		岩土层	正下方	相邻	/
	核医学科、辅助房间、停车场等	计量控制室、走廊、设备冷库及 维修间	正上方	相邻	流动人员
			0-50m	四周	公众, 100 人; 流动人员
	DSA 介入室 1~3	DAS 介入室内	/	/	职业, 15 人
		患者走廊	北侧	相邻	流动人员
		CT 室、控制室	东侧	相邻	公众, 2 人
		控制廊	南侧	相邻	职业, 6 人
		仪器库、设备间	西侧	相邻	公众, 2 人
		等候车厅、排烟机房、AGV 取 车区、车道、等候落客区	正下方	相邻	公众, 10 人
胃肠镜室、走廊、洗镜室		正上方	相邻	公众, 15 人; 流动人员	
DSA 介入室 4		DAS 介入室内	/	/	职业, 5 人
		患者走廊	北侧	相邻	流动人员
		缓冲间	东侧	相邻	流动人员
		控制室	南侧	相邻	职业, 2 人
		设备间、走廊	南侧	相邻	流动人员
	DAS 介入室 3	西侧	相邻	公众, 6 人	

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计	
	等候落客区、停车场、第三方值班室	正下方	相邻	流动人员	
	术后恢复区	正上方	相邻	公众, 8人	
	CT室	患者走廊	北侧	相邻	流动人员
		控制室	东侧	相邻	职业, 1人
		更衣间	东侧	相邻	流动人员
		污物走廊	南侧	相邻	流动人员
		库房、备用间	西侧	相邻	流动人员
		停车场、排风机房	正下方	相邻	流动人员
	胃肠镜室	正上方	相邻	公众, 4人	
放射科、急诊科、院内外道路、中亚硅谷二号馆等	四周	0-50m	公众, 200人		
医技楼南区二层内镜中心	ERCP机房内	/	/	职业, 4人	
	处置室、缓冲间、物资室	北侧	相邻	公众, 3人	
	楼梯	东侧	相邻	流动人员	
	控制室、医生准备室	南侧	相邻	职业, 2人	
	患者走廊	西侧	相邻	流动人员	
	走道、卫浴、更衣、缓冲、控制室	正下方	相邻	公众, 2人	
	女更、走廊	正上方	相邻	公众, 5人	
	急诊病房、内镜中心、检验科等	四周	0-50m	公众, 100人	
医技楼南区四层手术中心	OR.20-OR.21机房内	/	/	职业, 10人	
	控制室	北侧	相邻	职业, 2人	
	设备间	北侧	相邻	公众, 1人	
	洁净走廊	东侧	相邻	流动人员	
	控制室	南侧	相邻	职业, 3人	
	设备间	南侧	相邻	公众, 2人	
	污物走廊	西侧	相邻	流动人员	
	仪器库、谈话间、餐厅、护长办、办公、更衣室、值班室、ICU净化机房、新风机房、走廊	正下方	相邻	公众, 15人; 流动人员	
	净化机房、办公、临床药学办公、茶水/休息/用餐、药品质量控制室、排烟机房、血药浓度检测、卫生间、走廊、上人屋面	正上方	相邻	公众, 20人; 流动人员	
	OR.22-OR.23 (1间 DSA/MRI 复合手术室、1间防辐射手术室)、CT室2	OR.22-OR.23机房内	/	/	职业, 10人
		控制室	北侧	相邻	职业, 1人
		设备间、库房、气瓶间	北侧	相邻	公众, 2人
		洁净走廊	东侧	相邻	流动人员
		控制室	南侧	相邻	职业, 2人
		MRJ机房	西侧	相邻	公众, 2人
一次性物品库、包装灭菌区、低温灭菌间、质控室、缓冲		正下方	相邻	公众, 5人	
排烟机房、净化机房		正上方	相邻	公众, 2人	
OR.26-OR.27 (2间 DSA)	OR.26-OR.27机房内、控制室	/	/	职业, 10人	
	污物走廊	北侧	相邻	流动人员	

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计
手术室)	OR 库房	东侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	南侧	相邻	流动人员
	设备间、气瓶间	西侧	相邻	流动人员
	去污区、包装灭菌区	正下方	相邻	公众, 4人
	净化机房、污存、发放留样、拆包、库房、一更、肠内营养配置	正上方	相邻	公众, 6人
OR.12-OR.13 (2间防辐射手术室)	污物走廊	北侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	东侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	南侧	相邻	职业, 4人; 流动人员
	OR.11 手术室	西侧	相邻	公众, 3人
	病房、洁净走廊、护士站、ICU 大厅、治疗室	正下方	相邻	公众, 15人; 流动人员
	住院药房、二级库、走廊、净化机房	正上方	相邻	公众, 5人; 流动人员
OR.16-OR.18 (3间防辐射手术室)	洁净走廊	北侧	相邻	职业, 6人; 流动人员
	OR.15 手术室	东侧	相邻	公众, 3人
	污物走廊	南侧	相邻	流动人员
	污物走廊	西侧	相邻	流动人员
	病房、洁净走廊	正下方	相邻	公众, 20人; 流动人员
	办公室、会议室、净化机房	正上方	相邻	公众, 30人; 流动人员
OR.19 (防辐射手术室)	污物走廊	北侧	相邻	流动人员
	库房	东侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	南侧	相邻	职业, 2人; 流动人员
	麻醉库房	西侧	相邻	流动人员
	医卫、值班室、走廊	正下方	相邻	公众, 6人; 流动人员
	净化机房	正上方	相邻	流动人员
OR.24 (防辐射手术室)	洁净走廊	北侧	相邻	职业, 2人; 流动人员
	库房	东侧	相邻	流动人员
	污物走廊	南侧	相邻	流动人员
	OR.25 手术室	西侧	相邻	公众, 3人
	洁具间、去污区	正下方	相邻	公众, 5人
	净化机房	正上方	相邻	流动人员
OR.28 (防辐射手术室)	污物走廊	北侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	东侧	相邻	流动人员
	洁净走廊	南侧	相邻	职业, 3人; 流动人员
	OR 库房	西侧	相邻	流动人员
	无菌区	正下方	相邻	公众, 5人
	更衣间、标本接收、代谢检测、	正上方	相邻	公众, 10人

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计	
	会议室、主任办				
	手术中心等	四周	0-50m	公众, 100 人	
发热门诊楼一层	CT 机房、DR 机房	走廊	北侧	相邻	流动人员
		走廊	东侧	相邻	流动人员
		库房、室外	南侧	相邻	公众, 2 人
		控制室	西侧	相邻	职业, 2 人
		地下停车场	正下方	相邻	流动人员
		留观病房、走廊、缓冲间	正上方	相邻	公众, 5 人; 流动人员
感染性疾病防治楼一层	CT 机房、DR 机房	控制室	2 间机房 中间	相邻	职业, 2 人
		走廊	北侧	相邻	流动人员
		影像等候区	东侧	相邻	公众, 10 人
		室外	南侧	相邻	流动人员
		透析大厅、一脱更衣间	西侧	相邻	公众, 10 人
		地下停车场	正下方	相邻	流动人员
		负压病房、病患通道、医护通道	正上方	相邻	公众, 4 人; 流动人员
门诊综合楼南区一层 急诊科	CT 机房	控制廊	北侧	相邻	职业, 1 人
		准备间	东侧	相邻	公众, 1 人
		患者走廊	南侧	相邻	流动人员
		影像候诊、新风机房	西侧	相邻	公众, 10 人
		地下停车场	正下方	相邻	流动人员
		肺功能检查室、走廊	正上方	相邻	公众, 2 人; 流动人员
	DR 机房	控制廊	北侧	相邻	职业, 1 人
		走道	东侧	相邻	流动人员
		患者走廊	南侧	相邻	流动人员
		设备间	西侧	相邻	公众, 1 人
		地下停车场	正下方	相邻	流动人员
		休息/会议示教室、走廊、污洗暂存	正上方	相邻	公众, 6 人; 流动人员
门诊综合楼南区一层 急救科	DR 机房	弱电井	北侧	相邻	公众, 1 人
		物资室	东侧	相邻	公众, 1 人
		抢救 A 区	南侧	相邻	公众, 2 人
		控制室	西侧	相邻	职业, 1 人
		走道	西侧	相邻	流动人员
		加压机房、无线通讯机房	正下方	相邻	公众, 2 人
		护士站、走廊、配液室	正上方	相邻	公众, 4 人; 流动人员
门诊综合楼南区一层 骨与运动学	DR 机房	清创缝合室	北侧	相邻	公众, 2 人
		无菌治疗室	东侧	相邻	公众, 2 人
		走道	南侧	相邻	流动人员
		控制室	西侧	相邻	职业, 1 人
		地下停车场	正下方	相邻	流动人员
		膀胱镜、洗镜、储镜室	正上方	相邻	公众, 4 人

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计	
门诊综合楼南区二层碎石中心	碎石机房	走道	北侧	相邻	流动人员
		控制室	东侧	相邻	职业, 1人
		临空	南侧	相邻	/
		污物通道	西侧	相邻	流动人员
		单人诊室、专家诊室	正下方	相邻	公众, 4人
		多普勒检查室	正上方	相邻	公众, 4人
门诊综合楼南区四层口腔科	牙片机房、全景机房、口腔CBCT机房	弱电井	北侧	相邻	公众, 1人
		控制室	东侧	相邻	职业, 3人
		抢救室	南侧	相邻	公众, 3人
		走廊	西侧	相邻	流动人员
		超声室、UPS	正下方	相邻	公众, 5人
		屋面	正上方	相邻	公众, 1人
门诊综合楼北区一层体检中心	CT机房	电梯	北侧	相邻	公众, 10人
		控制室	东侧	相邻	职业, 3人
		走廊	南侧	相邻	流动人员
		走廊	西侧	相邻	流动人员
		特需门厅	正下方	相邻	公众, 1人
		诊室、男检区	正上方	相邻	公众, 6人
	DR机房2、乳腺机房	走廊	北侧	相邻	流动人员
		走廊	东侧	相邻	流动人员
		走廊	南侧	相邻	流动人员
		控制室	西侧	相邻	职业, 3人
		地下车道	正下方	相邻	流动人员
		心脏彩超、仪器存放间、走廊	正上方	相邻	公众, 4人; 流动人员
	DR机房1、骨密度机房	走廊	北侧	相邻	流动人员
		走廊	东侧	相邻	流动人员
		门诊门厅	南侧	相邻	公众, 20人
		控制室	西侧	相邻	职业, 2人
		地下车道	正下方	相邻	流动人员
		超声室、经颅多普勒、走廊	正上方	相邻	公众, 5人
门诊综合楼北区三层VIP体检中心	CT机房、骨密度机房	控制室	北侧	相邻	职业, 2人
		临空	东侧	相邻	/
		患者候诊区	南侧	相邻	公众, 10人
		心脏彩超、采血处	西侧	相邻	公众, 10人
		超声室、走廊	正下方	相邻	公众, 8人; 流动人员
		诊室、女卫	正上方	相邻	公众, 6人
医技楼南区一层放射科	6间CT机房、6间DR机房、1间乳腺机房、1间胃肠机房、1间骨密度机房	控制室、医生走廊	机房之间	相邻	职业, 12人
		患者走廊、设备间	机房之间	相邻	公众, 20人
		患者走廊	北侧	相邻	流动人员
		走廊、更衣间、注射抢救室	东侧	相邻	公众, 20人
		走廊	南侧	相邻	流动人员
		控制室、医生走廊	西侧	相邻	职业, 15人
		设备间	西侧	相邻	公众, 1人

项目	关注场所名称	方位	距离	人员类别及数量估计
	车道、等候落客区、地下停车场、补风机房、空调机房、排烟机房、智慧停车候梯厅、配电间	正下方	相邻	流动人员
	特需胃肠镜、胃肠镜、纯水机房、仪器室、耗材间、高值耗材间、术前准备区、走道、微生物实验室、细菌分析室、不上人屋面、检验大厅	正上方	相邻	公众，50人
医技楼 北区一 层第二 影像科	设备间、UPS间	机房之间	相邻	公众，2人
	控制廊	北侧	相邻	职业，2人
	注射/抢救室	东侧	相邻	公众，2人
	患者走廊	南侧	相邻	流动人员
	设备间	西侧	相邻	公众，1人
	5号变配电房、地下车道	正下方	相邻	流动人员
	诊室、平车轮椅存放处	正上方	相邻	公众，6人
	控制室	机房之间	相邻	职业，3人
	患者走廊	北侧	相邻	流动人员
	更衣室	东侧	相邻	公众，1人
	医护走道	南侧	相邻	流动人员
	医护走道	西侧	相邻	流动人员
	5号变配电房	正下方	相邻	公众，1人
	设备库、评定1室、抢救室、康复等候区、走廊	正上方	相邻	公众，10人； 流动人员
住院楼 综合楼 九层	医护走廊	北侧	相邻	流动人员
	呼吸镜室	东侧	相邻	公众，3人
	患者走廊	南侧	相邻	流动人员
	控制室	西侧	相邻	职业，3人
	缓冲间	西侧	相邻	公众，2人
	呼吸ICU单人病房、走廊	正下方	相邻	公众，1人； 流动人员
	标准病房	正上方	相邻	公众，5人
普通放射机房	发热门诊楼、感染性疾病防治楼、门诊综合楼、医技楼、住院楼综合楼、会议中心	四周	0~50m	公众，500人
规培楼 二层	控制室	北侧	相邻	职业，1人
	暗室、更衣室、准备间	东侧	相邻	公众，6人
	临空	南侧	相邻	/
	临空	西侧	相邻	/
	新国标机房、汇聚机房	正下方	相邻	公众，2人
	妇保科办公室、妇保科主任室	正上方	相邻	公众，6人
	规培楼、行政科教综合楼、院内外道路、中亚硅谷三号馆、中亚硅谷会议中心等	四周	0~50m	公众，100人； 流动人员
50m评价范围内	医院内部建筑楼、院内道路、院外道路、中亚硅谷二号馆、三号馆、会议中心等	四周	21~50m	公众，1000人； 流动人员

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002):

表 7.3-1 剂量限值的相关内容

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制,使之不超过下述限值: a)由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)20mSv; b)任何一年中的有效剂量,50mSv;
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值: a)年有效剂量,1mSv; b)特殊情况下,如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv,则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv;

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021):

4.4.2.1 一般情况下,职业照射的剂量约束值不超过5 mSv/a;

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过0.1 mSv/a。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021):

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求:

a) 一般情况下,从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为5mSv/a。

b) 公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

综上所述,本次核技术利用项目取职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a,取公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。

### 7.3.2 表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中表B11的规定,对于工作场所的放射性表面污染,应满足表7.3-2的控制水平。

表 7.3-2 核医学科工作场所放射性表面污染控制水平(单位: Bq/cm<sup>2</sup>)

表面类型		α放射性物质		β放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 <sup>-1</sup>	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 <sup>-1</sup>	4×10 <sup>-1</sup>	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-2</sup>	4×10 <sup>-1</sup>

<sup>1</sup> 该区内的高污染子区除外

### 7.3.3 辐射剂量率控制水平

#### (1) 核医学科

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)和《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函〔2023〕20号)中相关规定,本项目核医学科辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平详见表 7.3-3。

表 7.3-3 核医学科辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

场所	位置	剂量率控制水平 <sup>1</sup> (μSv/h)
核医学科	控制区外人员可到达处,距屏蔽体外 30cm 处	2.5
	控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处	2.5 (人员居留因子≥1/2)
		10 (人员居留因子<1/2)
	放射性药物合成和分装的箱体,通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位	2.5
	放射性药物合成和分装的箱体等设备外表面 30cm 处非正对人员操作位	25
固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道外表面 30cm 处	2.5	

#### (2) 放疗科

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021),不同场所的居留因子见表 7.3-4。

表 7.3-4 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围	
全居留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、移动式电子加速器的相邻手术室与诊室、咨询台、有人护理的等候室以及周边建筑中的驻留区
部分居留	1/4	1/2~1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的患者检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然居留	1/16	1/8~1/40	1/8: 各治疗室门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的等候室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场、车辆自动卸货区域、楼梯、无人看管的电梯

6.1.4 剂量控制应符合以下要求:

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时,距治疗室顶外表面 30cm 处和

在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ :

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子 (可依照附录 A 选取), 由以下周剂量参考控制水平 ( $\dot{H}_c$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$ :

机房外辐射工作人员:  $\dot{H}_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ;

机房外非辐射工作人员:  $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$ :

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ;

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射, 以年剂量  $250 \mu\text{Sv}$  加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面  $30\text{cm}$  处的剂量率参考控制水平可按  $100 \mu\text{Sv/h}$  加以控制 (可在相应位置处设置辐射告示牌)。

直线加速器机房、磁共振加速器机房和后装治疗机房关注点处的剂量参考控制水平分别见表 10.5-3、表 10.5-14。

### (3) 介入手术和普通放射诊断项目

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020):

#### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

##### 6.3.1 机房的辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ; 测量时, X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间;

b) CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ;

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量当量率应不大于  $25 \mu\text{Sv/h}$ , 当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估, 应不大于  $0.25\text{mSv}$ ;

### 7.3.4 放射性废物的管理

#### (1) 放射性废液

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021):

### 7.3.3 放射性废液排放

#### 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）：

#### 一、关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条款规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALlmin (9E+5 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10AILmin (9E+06 贝可)。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存时间不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

#### （2）放射性固废

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

### 7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于 0.08Bq/cm<sup>2</sup>、 $\beta$  表面污染小于 0.8Bq/cm<sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对  $\beta$  和  $\gamma$  发射体以及低毒性  $\alpha$  发射体应小于 4 Bq/cm<sup>2</sup>、其他  $\alpha$

发射体应小于  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

### (3) 放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)：

6.3.4 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号)：

#### 三、关于独立通风要求

核医学标准第 6.3.4 节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

## 7.3.5X 射线设备机房防护要求

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7.3-5 的规定。

表 7.3-5 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>a</sup> (m <sup>2</sup> )	机房内最小单边长度 <sup>b</sup> (m)
CT 机 (不含头颅移动 CT)	30	4.5
双管头或多管头 X 射线设备 <sup>a</sup> (含 C 形臂)	30	4.5
单管头 X 射线设备 <sup>b</sup> (含 C 形臂，乳腺 CBCT)	20	3.5
透视专用机 <sup>c</sup> 、碎石定位机、口腔 CBCT 卧位扫描	15	3.0
乳腺机、全身骨密度仪	10	2.5

牙科全景机、局部骨密度仪、 口腔 CBCT 坐位扫描/站位扫描	5	2.0
口内牙片机	3	1.5

<sup>a</sup>双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。

<sup>b</sup>单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个管球各安装在 1 个房间内。

<sup>c</sup>透视专用机指无诊断床、标称管电流小于 5 mA 的 X 射线设备。

<sup>d</sup>机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

<sup>e</sup>机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

## 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7.3-6 的规定。

表 7.3-6 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
标称 125 kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125 kV 及以下的摄影机房	2.0	1.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
口腔 CBCT、牙科全景机房（有头颅摄影）	2.0	1.0
透视机房、骨密度仪机房、口内牙片机房、牙科全景机房（无头颅摄影）、碎石机房、模拟定位机房、乳腺摄影机房、乳腺 CBCT 机房	1.0	1.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7.3-7 的要求。

## 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 $\mu$ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25 mSv。

### 7.3.6 本次核技术利用项目控制要求及限值要求汇总

本次评价的核技术利用项目控制要求及限值要求见表 7.3-7 至表 7.3-11。

表 7.3-7 核医学科项目控制要求及控制限值

项目名称	机房要求	控制区屏蔽体外	工作场所的放射性表面污染			放射性废液	放射性废气	放射性固废
			位置	控制区	监督区			
核医学科项目	PET/CT 机房、SPECT/CT 机房最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> ，最小单边长度不小于 4.5m；骨密度机房最小有效使用面积不小于 10m <sup>2</sup> ，最小单边长度不小于 2.5m	控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h；放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等屏蔽结构外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h	工作台、设备、墙壁、地面	β 放射性物质不大于 4×10 <sup>3</sup> Bq/cm <sup>2</sup> ；α 放射性物质（极毒性）不大于 4Bq/cm <sup>2</sup>	β 放射性物质不大于 4Bq/cm <sup>2</sup> ；α 放射性物质（极毒性）不大于 4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup>	a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放； b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天）	产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境	(1) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 0.08Bq/cm <sup>2</sup> 、β 表面污染小于 0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理； (2) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 0.08Bq/cm <sup>2</sup> 、β 表面污染小于 0.8Bq/cm <sup>2</sup> 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
			工作服、手套、工作鞋	β 放射性物质不大于 4Bq/cm <sup>2</sup> ；α 放射性物质（极毒性）不大于 4×10 <sup>-1</sup> Bq/cm <sup>2</sup>				
标准依据	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)			《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	

表 7.3-8 放疗科项目控制要求及控制限值

项目名称	机房要求		控制区外 30cm 处		
	放射治疗机房		放射治疗机房	CT 模拟定位机房	
放疗科项目	放射治疗机房应有足够的有效使用空间, 以确保放射治疗设备的临床应用需要	臭氧的最高容许浓度为 0.3mg/m <sup>3</sup>	最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 4.5m	周围剂量当量率不大于参考控制水平, 见表 10.5-3、表 10.5-14	周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h
			机房屏蔽防护铅当量不小于 2.5mmPb		
			设置动力通风装置		
标准依据	《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)	《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 及其第一号修改单 (国卫通 (2022) 14 号)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)	《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

表 7.3-9 介入手术项目控制要求汇总

项目名称	DSA 机房和 ERCP 机房要求	DSA/CT 复合手术室 (DSA、CT 在同一个机房使用)	控制区外关注点处
介入手术项目	最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 3.5m (单球管); 最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 4.5m (双球管);	最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 4.5m	a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h; b) CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h; c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h
	DSA 机房屏蔽防护铅当量不小于 2.0mmPb、ERCP 机房屏蔽防护有用线束方向铅当量 3mmPb, 非有用线束方向铅当量 2mmPb	DSA/CT 复合手术室屏蔽防护铅当量不小于 2.5mmPb	
	设置动力通风装置		
标准依据	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)		

表 7.3-10 普通放射诊断项目控制要求汇总

项目名称	机房要求							控制区外关注点处
	CT 机房	DR 机房、数字胃肠机房	乳腺机房、骨密度机房	C 臂机房	碎石机房	牙科全景机房、口腔 CBCT 机房	口内牙片机房	
普通放射诊断项目	最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 4.5m	最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 3.5m	最小有效使用面积不小于 10m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 2.5m	最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 3.5m	最小有效使用面积不小于 15m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 3.0m	最小有效使用面积不小于 5m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 2.0m	最小有效使用面积不小于 3m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 1.5m	a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h; b) CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h; c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序 (如 DR、CR、屏片摄影) 机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h。
	机房屏蔽防护铅当量不小于 2.5mmPb	有用线束方向铅当量 3.0mmPb, 非有用线束方向铅当量 2.0mmPb	机房屏蔽防护铅当量不小于 1.0mmPb	机房屏蔽防护铅当量不小于 2.0mmPb	机房屏蔽防护铅当量不小于 1.0mmPb	有用线束方向铅当量 2.0mmPb, 非有用线束方向铅当量 1.0mmPb	机房屏蔽防护铅当量不小于 1.0mmPb	
	设置动力通风装置, 并保持良好的通风							
标准依据	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)							

表 7.3-11 剂量约束值要求

项目名称	职业照射剂量约束值	公众照射剂量约束值
核技术利用项目	5mSv/a	0.1mSv/a
标准依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目位于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，项目地理位置图见图 1.4-1。现场调查时项目现场照片见图 8.1-1。



图 8.1-1 项目现状照片

### 8.2 监测因子和监测方案

#### 8.2.1 环境现状评价的对象

拟建场址及评价范围内环境辐射现状水平。

本项目核医学辐射工作场所使用非密封放射性物质和 X 射线机开展工作，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，X 射线机（包括 CT 机）在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30cm 处的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率进行一次监测；应用非密封放射性物质启用前需监测  $\gamma$  辐射、土壤、地表水和底泥。由于本项目拟设配套的衰变池对产生的放射性废液进行处理，处理后排入医院污水处理站，不直接排入地表水，因此不对地表水、底泥进行现状监测。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）：如应用核素难以分析，可用总放替代，除了  $^{131}\text{I}$ ，本项目拟使用的其它核素较难分析，因此本项目对土壤中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  和

$^{131}\text{I}$ 放射性活度浓度进行检测分析。

#### 8.2.1.1 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

(1) 监测单位：广东合诚建安检测有限公司

(2) 监测日期：2025年1月3日

(3) 监测条件：温度：19.8℃，相对湿度：60.1%，天气：晴，气压：100.9kPa，

风速：0.15m/s

(4) 监测依据：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

(5) 监测仪器：监测仪器相关信息见表 8.2-1。

表 8.2-1 X- $\gamma$  辐射监测仪器相关信息

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
出厂编号	171520（主机）+176673（探头）
能量范围	38keV~7MeV（带保护罩）
测量范围	0.01 $\mu\text{Sv/h}$ ~10mSv/h（主机）；1nSv/h~99.9 $\mu\text{Sv/h}$ （探头）
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2024H21-20-5074964002
检定有效期	2024年02月01日~2025年01月31日

#### 8.2.1.2 土壤放射性

(1) 监测因子：土壤总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 和 $^{131}\text{I}$ 放射性活度浓度

(2) 监测单位：广东省核工业地质局辐射环境监测中心

(3) 送/采样日期：2025年1月6日

(4) 监测依据：《水质总 $\beta$ 放射性的测定厚源法》(HJ899-2017)、《水质总 $\alpha$ 放射性的测定厚源法》(HJ898-2017)、《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》(GB/T16145-2022)

(5) 监测仪器：多路低本底 $\alpha\beta$ 测量仪（低本底 $\alpha/\beta$ 测量仪）、高纯锗 $\gamma$ 谱仪

表 8.2-2 土壤放射性活度浓度监测仪器相关信息

仪器名称	多路低本底 $\alpha\beta$ 测量仪
仪器型号	PAB-6000 IV
生产厂家	武汉谱晰科技有限公司
测量能量范围	200keV~10MeV

$\alpha/\beta$ 交叉性能	$\alpha$ 进入 $\beta$ 道 $\leq 1\%$ , $\beta$ 进入 $\alpha$ 道 $\leq 0.5\%$
检定单位	广东省计量科学研究院 (华南国家计量测试中心)
检定证书编号	YLZ202322081
检定有效期	2023 年 12 月 15 日~2025 年 12 月 14 日
仪器名称	高纯锗 $\gamma$ 谱仪
仪器型号	GEM-C7080-LB-C-DSPEC-jr2.0
生产厂家	ORTEC
测量能量范围	50keV~3MeV
能量分辨率	$\leq 1.9\text{keV}$
相对效率	$\geq 76\%$
校准单位	广东省计量科学研究院 (华南国家计量测试中心)
校准证书编号	YLZ202305073A
校准有效期	2023 年 4 月 3 日~2025 年 4 月 2 日

### 8.3 监测点位和监测结果

$\gamma$  辐射空气吸收剂量率: 根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)、《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 有关布点原则, 结合项目评价范围、平面布局情况和检测点的可到达性进行布点。分别布设在拟建场址及周边相邻区域、评价范围内人员流动较大的关注区域。现状监测点的布设覆盖了整个项目评价范围, 并且在不同方位布点, 能够反映项目拟建位置环境辐射现状水平, 监测点位布置合理。具体监测布点示意图见图 8.3-1。

土壤: 为了解本项目拟建非密封放射性物质工作场所所在场址的土壤辐射环境水平, 参照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 相关要求, 在本项目拟建核医学科上风向和下风向分别布设采样点进行采样分析, 具体监测布点示意图见图 8.3-1。

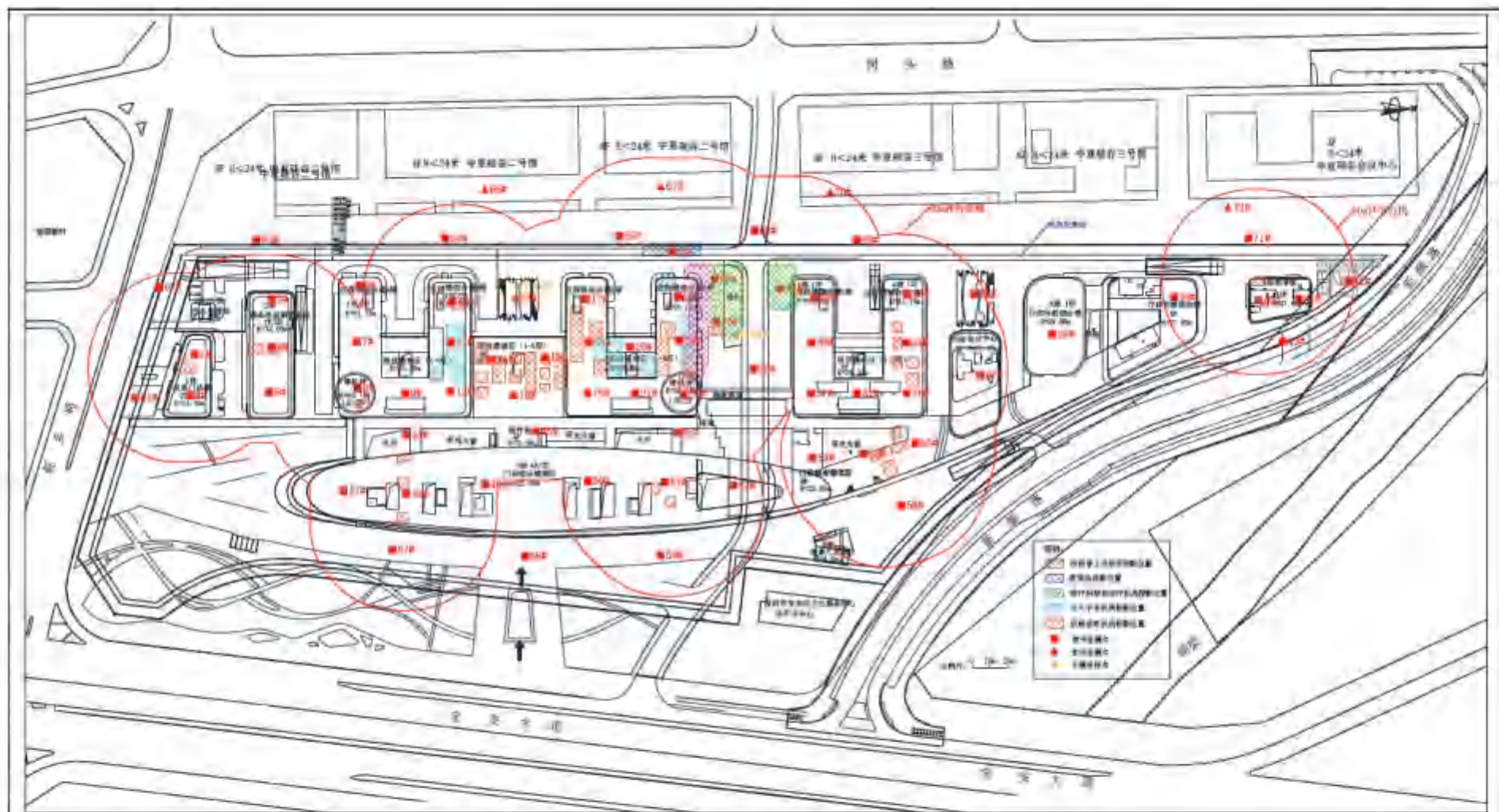


图 8.3-1 拟建项目所在场址及周边环境监测点位示意图

### 8.3.1 质量保证措施

#### 8.3.1.1 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测

①结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内、评价范围内和边界处布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

②监测仪器每年经有资质的计量部门检定合格或校准后方可使用。

③每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人批准。

#### 8.3.1.2 土壤监测

①建立质量管理体系，保证其检测活动独立、公正、科学、诚信。

②健全的各项管理制度，包括检测质量考核制度、制样人员奖惩制度、安全管理制度、档案管理制度、防止弄虚作假管理制度等。

③按照相关标准质控规范作为工作依据，实施各项内部质控措施。

④按照《合格评定化学分析方法确认和验证指南》（GB/T 27417-2017）和《环境监测分析方法标准制订技术导则》（HJ 168-2020）等相关标准方法要求，完成对所选用分析测试方法的检出限、测定下限、精密度、准确度、线性范围等方法特性指标的确认工作，且选用方法已获得资质认定。

⑤加强样品检测过程的质量管理工作。对检测人员依据分析测试方法技术规定，进行技术培训，讲解检测的方法选择、确认、检测步骤、注意事项、试剂和设备保证等，培训后进行考核。实验室严格按照相关质量保证与质量控制技术规定的要求开展样品检测和质量控制。严格执行三级检查制度，并做好质量记录。

⑥成立数据审核、报告编制和数据上报的质量管理小组，加强数据审核、报告编制和数据上报过程的质量管理工作。

⑦在完成对样品进行分析测试时，将分别按平行样不少于10%和质样（含标准样品、加标回收和统一监控样）不少于2%的比例对检测样品进行精密度与准确度的内部质量控制，确保检测质量满足相关规范和文件的要求。

⑧按照相关质量保证与质量控制技术规定制定单位内部质量控制措施，做好空白试验、定量校准、精密度控制和准确度控制等工作，并做好异常样品的复检工作。

### 8.3.2 监测结果

本项目 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果详见表 8.3-1。

表 8.3-1 本项目环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率现状监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)		地面介质	备注
		平均值	标准差		
1#	拟建发热门诊楼区域西部	108	3	泥土	室外道路
2#	拟建发热门诊楼区域东部	107	2	泥土	室外道路
3#	拟建感染性疾病防治楼区域西部	102	3	泥土	室外道路
4#	拟建感染性疾病防治楼区域中部	106	3	泥土	室外道路
5#	拟建感染性疾病防治楼区域东部	109	3	泥土	室外道路
6#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域西部	108	3	泥土	室外道路
7#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域中部	109	2	泥土	室外道路
8#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域东部	112	3	泥土	室外道路
9#	拟建住院综合楼 A 塔东侧区域中部	112	3	泥土	室外道路
10#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域西部	110	4	泥土	室外道路
11#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域中部	109	4	泥土	室外道路
12#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域东部	109	3	泥土	室外道路
13#	拟建医技楼南区建筑外西侧	108	3	泥土	室外道路
14#	拟建医技楼南区中间区域偏南	106	3	泥土	室外道路
15#	拟建医技楼南区中间区域偏北	108	2	泥土	室外道路
16#	拟建医技楼南区中间区域偏东	106	3	泥土	室外道路
17#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域西部	112	2	泥土	室外道路
18#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域中部	114	2	泥土	室外道路
19#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域东部	116	3	泥土	室外道路
20#	拟建住院综合楼 B 塔中间区域西部	114	3	泥土	室外道路
21#	拟建住院综合楼 B 塔中间区域东部	112	3	泥土	室外道路
22#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域西部	111	3	泥土	室外道路
23#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域中部	112	3	泥土	室外道路
24#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域东部	114	3	泥土	室外道路
25#	拟建核医学场所、放疗科南侧机房所在区域西部	114	4	泥土	室外道路

26#	拟建核医学场所、放疗科南侧机房所在区域东部	115	3	泥土	室外道路
27#	拟建放疗科北侧机房所在区域	115	4	泥土	室外道路
28#	拟建医院内部道路	109	2	泥土	室外道路
29#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域西部	110	3	泥土	室外道路
30#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域中部	110	3	泥土	室外道路
31#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域东部	112	4	泥土	室外道路
32#	拟建住院综合楼 C 塔中间区域东部	115	2	泥土	室外道路
33#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域西部	116	3	泥土	室外道路
34#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域中部	117	4	泥土	室外道路
35#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域东部	114	4	泥土	室外道路
36#	拟建会议中心建筑外西侧	114	2	泥土	室外道路
37#	拟建会议中心所在区域	115	3	泥土	室外道路
38#	拟建行政科教综合楼所在区域南部	117	3	泥土	室外道路
39#	拟建行政科教综合楼所在区域北部	120	3	泥土	室外道路
40#	拟建规培楼所在区域南部	120	3	泥土	室外道路
41#	拟建规培楼所在区域北部	123	2	泥土	室外道路
42#	拟建规培楼建筑外北侧	117	3	泥土	室外道路
43#	拟建规培楼建筑外东侧道路边界	119	3	泥土	室外道路
44#	拟建医疗街所在区域南部	120	2	泥土	室外道路
45#	拟建医疗街所在区域中部	117	3	泥土	室外道路
46#	拟建医疗街所在区域北部	115	3	泥土	室外道路
47#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部偏南	115	3	泥土	室外道路
48#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部中间	116	3	泥土	室外道路
49#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部偏北	115	3	泥土	室外道路
50#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部偏南	114	2	泥土	室外道路
51#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部中间	116	3	泥土	室外道路
52#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部偏北	113	3	泥土	室外道路
53#	拟建门诊综合楼北区所在区域南部	112	3	泥土	室外道路
54#	拟建门诊综合楼北区所在区域中部	110	3	泥土	室外道路
55#	拟建门诊综合楼北区所在区域北部	111	2	泥土	室外道路

56#	拟建门诊综合楼北区建筑外东侧道路	107	3	泥土	室外道路
57#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路南部	110	3	泥土	室外道路
58#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路中部	110	2	泥土	室外道路
59#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路北部	111	3	泥土	室外道路
60#	拟建衰变池所在位置	115	2	泥土	室外道路
61#	拟建医院南侧院外道路边界偏东	114	4	水泥地	室外道路
62#	拟建医院南侧院外道路边界偏西	112	3	水泥地	室外道路
63#	中亚硅谷二号馆东侧道路偏南	110	4	水泥地	室外道路
64#	中亚硅谷二号馆东侧道路中部	110	3	水泥地	室外道路
65#	中亚硅谷二号馆东侧道路偏北	110	3	水泥地	室外道路
66#	中亚硅谷二号馆中部室内	143	2	水泥地	室内楼房
67#	中亚硅谷二号馆北部室内	143	3	水泥地	室内楼房
68#	中亚硅谷二号馆东北侧道路交叉口	111	3	水泥地	室外道路
69#	中亚硅谷三号馆东侧道路偏南	116	4	水泥地	室外道路
70#	中亚硅谷三号馆南部室内	138	4	水泥地	室内楼房
71#	中亚硅谷三号馆东侧道路偏北	117	3	水泥地	室外道路
72#	中亚硅谷三号馆北部室内	140	4	水泥地	室内楼房

注：1、测量时探头垂直距离地面 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值；

3、在测量环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率时，监测结果  $\dot{D}$  按公式进行宇宙射线响应的扣除：

$$\dot{D} = C_f (E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c)$$

式中： $\dot{D}$ ——环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果；

$C_f$ ——仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出，本次使用仪器校准因子为 1.06；

$E_f$ ——仪器检验源效率因子， $E_f = A_0/A$ ，其中  $A_0$ 、 $A$  分别是检定时和测量当天检验源的净计数，如仪器无检验源，则该值取 1，本次监测使用仪器效率因子取 1；

$\dot{X}$ ——现场监测时仪器  $n$  次读数的平均值， $n \geq 10$ ；仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数为 1.20Sv/Gy；

$\mu_c$ ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

$\dot{X}_c$ ——测点处仪器对宇宙射线的响应值，本项目使用的监测仪器已于 2024 年 3 月 9 日在广东省河源市万绿湖湖面进行宇宙射线的响应值检测，检测结果为 34nSv/h（换算系数取 1.20Sv/Gy），未经仪器校准因子校准，由于测点与广东省河源市万绿湖的海拔高度差别  $\leq 200\text{m}$ ，经度差别  $\leq 5^\circ$ ，纬度差别  $\leq 2^\circ$ ，可以不进行修正。

本项目核医学场所上下风向的土壤放射性活度浓度监测结果详见表 8.3-2。

表 8.3-2 本项目土壤放射性活度监测结果

分析编号	样品名称	送/采样编号	检测项目	计量单位	检测结果	探测下限
2025TR0004	拟建核医学工作场所东北侧(上风向)	T-01#	碘-131	Bq/kg	<0.8	0.8
			总 $\alpha$	Bq/kg	633	45.1
			总 $\beta$	Bq/kg	1.49E+03	111
2025TR0005	拟建核医学工作场所西南侧(下风向)	T-02#	碘-131	Bq/kg	<0.7	0.7
			总 $\alpha$	Bq/kg	605	46.0
			总 $\beta$	Bq/kg	1.20E+03	111

#### 8.4 环境现状调查结果评价

由表 8.3-1 的监测结果可知, 本项目拟建辐射工作场所及周围环境扣除仪器对宇宙射线响应值后室外道路  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率为 102nGy/h~123nGy/h, 室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率为 138nGy/h~143nGy/h。根据《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社, 2015 年 7 月第 1 版), 深圳市  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围: 扣除仪器对宇宙射线响应值后室外道路  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率为 101.5~127.8nGy/h, 室内  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率为 127.4~153.1nGy/h。可见, 本项目拟建场址及周围环境的  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率与当地天然辐射正常水平相当。

由表 8.3-2 可知, 土壤中碘-131 放射性活度浓度均小于探测下限, 总  $\alpha$  放射性活度浓度分别为 633Bq/kg、605Bq/kg, 总  $\beta$  放射性活度浓度分别为  $1.49 \times 10^3$ Bq/kg、 $1.20 \times 10^3$ Bq/kg。参考《深圳市土壤中总  $\beta$  总  $\alpha$  放射性水平》(刘祖森、汤凌全, 环境科学, 1987 年第 2 期), 深圳市土壤中总  $\alpha$  放射性均值为  $(4.39 \pm 2.04) \times 10^{-8}$ Ci/kg, 即  $1624.3 \pm 754.8$ Bq/kg。深圳市土壤中总  $\beta$  放射性均值为  $(2.02 \pm 1.14) \times 10^{-8}$ Ci/kg, 即  $747.4 \pm 421.8$ Bq/kg。可见, 本项目拟建场址周边土壤环境的总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性活度浓度与当地正常水平范围相当。

## 表 9 核医学科环境影响分析

本章节介绍核医学科相关环境影响分析内容,核医学工作场所拟建地点位于医技楼地下二层西部,开展 PET/CT 诊断、SPECT/CT 诊断、 $^{68}\text{Ga}$  核素制备、核素门诊治疗、甲功测定、甲亢治疗、敷贴治疗相关诊疗项目。由于骨密度机房为普通放射诊断机房,不涉及放射性药物操作使用,因此在表 12 章节进行统一分析。

非密封放射性物质的来源及分装情况: $^{68}\text{Ga}$  可用锗镓发生器制备,当制备用量不能满足使用需求时,将选择外购成品药物;其它放射性药物均为外购成品,到医院后进行简单分装或直接注射、口服;敷贴治疗部分通过非密封放射物质简单制作和外购成品敷贴源进行,医院根据临床诊疗所需药物的使用量,向有相关资质的供应商订购放射性药物。供应商在约定的时间内,根据提前预订告知的放射性药品种类、活度和数量生产放射性药物,药瓶外采用防护罐屏蔽,经表面污染和外表面辐射剂量检测合格后,将铅罐置于专用运输外包装箱后配送至医院。

### 9.1 核医学科设备和工艺分析

#### 9.1.1 PET 诊断项目 ( $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ )

##### 9.1.1.1 设备组成及工作原理

PET (Positron Emission Tomography, 正电子发射断层扫描) 的工作原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂,示踪人体内特定生物物质的生物活动,采用多层、环形排列于发射体周围的探头,由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子,然后将获得的信息,通过计算机处理,以解剖影像的形式及其相应的生理参数,显示靶器官或病变组织的状况,借此诊断疾病,又称为代谢显像,是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。

PET 扫描系统主要由扫描仪、显像、电子橱、操作工作站、分析工作站和影像硬拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架,扫描视野位于支架的中央,由探测器、射线屏蔽装置等组成。

PET/CT 是将 PET 和 X 线计算机断层扫描 (Computer Tomography, CT) 组合而成的多模式成像系统,是目前全球最高端的医学影像设备,同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体,使两种成像技术优势互补, PET 图像提供功能和代谢等分子信息, CT 提供精细的解剖和病理信息,通过融合技术,一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变的信息。

近年来随着正电子药物及相关扫描设备的应用，也出现了使用核素  $^{18}\text{F}$  进行校准的情况，液体放射源可以随用随取，活度较准，避免固体放射源随时间活度衰减进而影响有源质控效率的问题；而且，装配有 PET 的用户使用  $^{18}\text{F}$  也较便利，无需额外进行许可申请。

本项目 PET 显像用设备暂未定型号，经与项目相关单位沟通，本次评价按非密封放射性物质  $^{18}\text{F}$  和放射源两种校准方式二选一的情况进行考虑。

本项目拟使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  共 4 种放射性药物开展 PET/CT 诊断项目，不同的放射性药物性质不同，对不同疾病的筛查诊断效果有所不同，但这 4 种放射性药物均为正电子药物，在辐射管理上要求相同，可进行统一管理，其对患者带来的效益远大于管理上带来的损失。

#### 9.1.1.2 工作流程及产污环节

##### (1) 校准流程（放射源和 $^{18}\text{F}$ 二选一）

##### ①放射源校准

本项目 PET/CT 的校准放射源拟使用 3 枚  $^{68}\text{Ge}$  放射源或 7 枚  $^{22}\text{Na}$  放射源，属于 V 类放射源，购于有资质单位销售厂家，放射源在进场时带有 50mm 铅罐进行屏蔽，放射源的运输、装源、更换过程均由厂家负责，并由厂家承担相应过程中的辐射安全防护责任。放射源外面有不锈钢包壳，并存放在 50mm 铅当量铅罐。在设备间设一个金属笼，设置双人双锁，将放置放射源的铅罐存放在金属笼中。校准时由 PET 技师进行存取、转移。校准时，技师将校准源从设备间取出放到 PET/CT 诊断床上，在控制室隔室进行校准质控操作（CT 不曝光），扫描结果都通过后结束质控，将校准源送回设备间的金属笼双锁存放，工作流程见图 9.1-1。

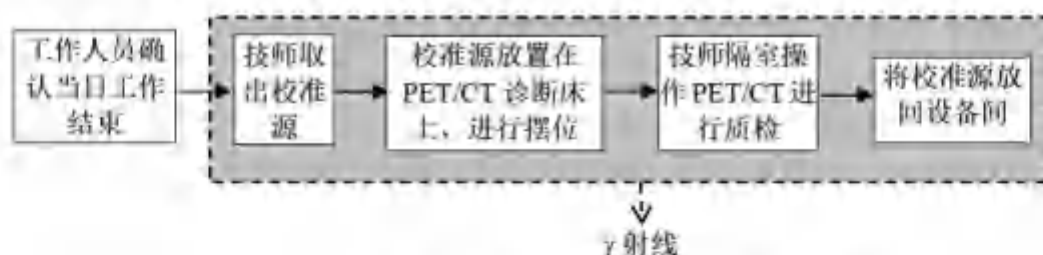


图 9.1-1 校准源校准流程和产污环节分析示意图

##### ② $^{18}\text{F}$ 核素校准

本项目 PET/CT 拟用放射性物质  $^{18}\text{F}$  校准，校准常规为每月两次，参考上海联影医疗科技有限公司提供的资料，校准过程主要分两部分：一是模体准备；二是 PET 扫描。

①模体准备：技师提前在 PET/CT 机房安装模体工装凹槽。护士先在手套箱内制作模体（模体使用后，经衰变去污后可重复使用），模体内含有 2mCi 的  $^{18}\text{F}$  溶液，单次制作时间为 10 分钟。制作完成后，护士将模体从手套箱转移到 PET/CT 机房放入提前安装好的工装凹槽内，单次用时 1.5 分钟。

②PET 扫描：技师在 PET/CT 机房的控制室隔室进行校准质控操作，整个过程 CT 不曝光，单次校准质控时间为 30 分钟。

$^{18}\text{F}$  药物校准流程和产污环节分析见图 9.1-2。

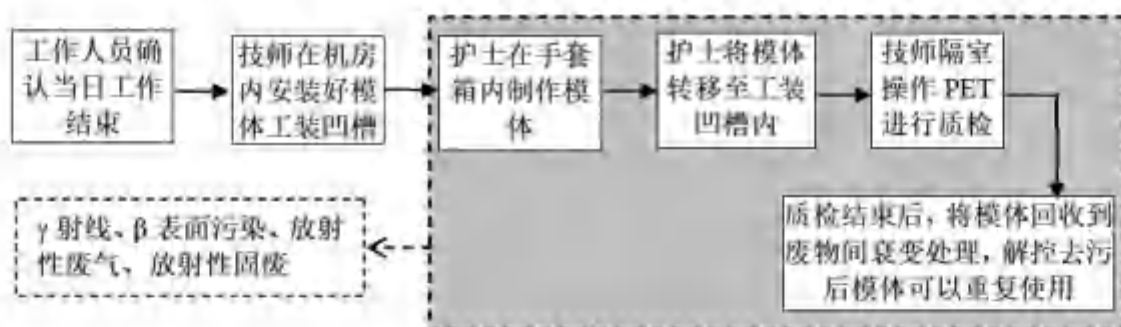


图 9.1.2  $^{18}\text{F}$  药物校准流程和产污环节分析示意图

## (2) 诊断规划

计划安装 2 台 PET/CT 开展 PET 诊断项目，使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  放射性药物进行显像诊断， $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  诊断的最大单人给药量为 10mCi， $^{89}\text{Zr}$  诊断的最大单人给药量为 5mCi。

每周工作 6 天，每年工作 300 天，每日最多诊断 65 人，其中  $^{18}\text{F}$  诊断患者不超过 50 人/天， $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  每种核素不超过 5 人/天。

## (3) 工作流程

订药：本次拟开展的 PET 诊断项目使用含  $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  的放射性药物均为外购成品药物， $^{68}\text{Ga}$  为使用锗镓发生器制备或外购成品药物，工作人员根据临床诊断所需用药物量、病人预约情况，提前一天向放射性药物供应单位订购，在约定的时间由药物供应单位按核素种类以单独货包的形式运送至核医学科，根据患者数量， $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  药物每日最多送药 1 次，使用  $^{18}\text{F}$  的患者半天内无法全部完成诊断检查时，则分 2 次送药，本次评价按患者满负荷情况考虑。核医学科安排专人接收放射性药物，经确认无误完成相关交接、登记手续后，放入储源室的保险柜内或直接放入分装手套箱内。

分装注射：注射前，由护士将药物转移至分装室的手套箱内或直接进行药物分装，转移过程时间很短、且有铅罐等有效密封和屏蔽，该过程辐射影响微弱。注射时护士手

持带钨合金屏蔽套的注射器，在有屏蔽的 PET 注射台为患者注射。

**诊断：**注射后的患者进入相应 PET/CT 候诊室休息（一般注射药物后候诊时间为 30~90min），待药物充分代谢后，医护人员通过语音呼叫，指导患者进入相应机房。一般情况下，医护人员语音提示摆位，必要时进入机房指导，随后离开机房进入控制室，隔室操作设备对患者进行 PET/CT 扫描诊断，PET/CT 每次扫描约 15min。扫描完成后，患者离开机房，根据医生指导，按需在 PET/CT 留观室留观，一般留观时间约 10~20min，无碍后乘坐核医学科专用电梯离开。

#### **（4）废物处理措施**

核医学科采用预约制度，根据患者预约情况按需定药，一般情况下无药物残留。若存在药物未使用，将药物存放在原安瓿瓶中，作为固体废物收集在废物衰变桶内衰变处理；使用后的空药物储罐由生产单位回收；使用后的体模作为固体废物收集在废物衰变桶内衰变处理；含有核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液的安瓿瓶、注射器和棉签作为放射性固体废物收集在专用废物衰变桶内；处理意外倾洒的含放射性核素的其他废液的吸水垫或吸水纸，也作为放射性固体废物收集在专用的废物衰变桶内；废旧放射源由放射源供应单位回收或送交广东省城市放射性废物库处置；诊断患者给药后候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池暂存衰变。 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$  分装产生的放射性废气通过专用排风管收集经活性炭过滤装置处理后在屋顶排放。

PET 诊断项目工作流程与产污环节分析见图 9.1-3。

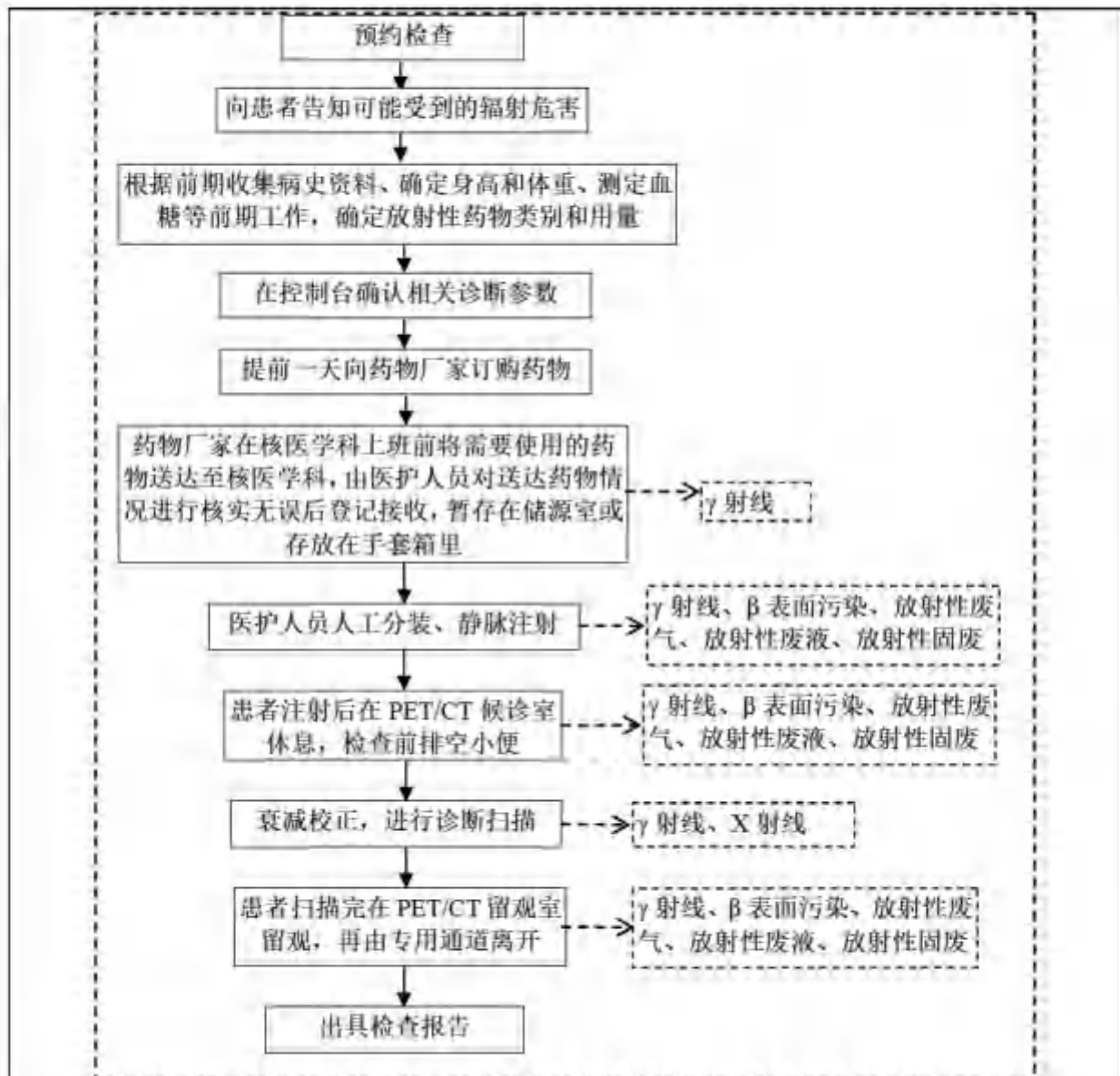


图 9.1-3 PET 诊断工艺流程及产污环节分析示意图

### 9.1.2 SPECT 诊断项目 ( $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ )

#### 9.1.2.1 设备组成及工作原理

SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography, 单光子发射型计算机体层显像) 是一种利用放射性核素的检查方法, 其使用药物进行诊断的基本原理是: 受检者接受放射性药物, 核素在特定的器官或组织发射出光子 ( $\gamma$  射线), 穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对  $\gamma$  射线进行准直, 通过闪烁体将  $\gamma$  射线能力转换为光信号, 再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大, 得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小, 再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是: 除了显示脏器形态结构外, 更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

$^{99m}\text{Tc}$  为纯  $\gamma$  光子发射体，方便易得，几乎可用于人体各重要脏器的形态和功能显像，是显像检查中最常用的放射性核素。使用  $^{99m}\text{Tc}$  进行诊断的基本原理是：受检者注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物， $^{99m}\text{Tc}$  在特定的器官或组织发射出能量 140keV 的光子 ( $\gamma$  射线)，穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。

$^{131}\text{I}$  显像是利用甲状腺组织摄取和浓聚  $^{131}\text{I}$  的能力，患者服用  $^{131}\text{I}$  药物，显像仪器 (SPECT) 探测发射的  $\gamma$  射线分布情况，可观察甲状腺或有甲状腺功能组织的位置、形态、大小及功能状态。此外，分化型甲状腺癌 (如乳头状癌、滤泡状癌) 及其转移灶在一定程度上也保留了摄取碘的能力，因此也可以通过  $^{131}\text{I}$  显像来发现可能存在的转移病灶。

$^{177}\text{Lu}$  在衰变过程中释放 3 种不同能量的  $\beta$  射线，还会释放少量  $\gamma$  射线，可用于 SPECT/CT 以观测放射性药物在体内的分布和代谢情况，可以帮助估计正常组织和肿瘤组织辐射剂量，以明确放射性核素在体内的分布，对未来个体化精准治疗提供一定指导。患者在进行  $^{177}\text{Lu}$  治疗后 24h 或 48h 会进行 SPECT/CT 检查，可使用中能准直器对 208 keV 能峰进行成像，也可同时添加 113 keV 能峰进行双能峰成像。

#### 9.1.2.2 工作流程及产污环节

##### (1) 诊断规划

SPECT 诊断项目安装使用 1 台 SPECT/CT 设备，使用放射性核素  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  进行显像诊断。 $^{99m}\text{Tc}$  肺通气的最大单人给药量为  $3.7\times 10^8\text{Bq}$  (10mCi)，除此之外，其它  $^{99m}\text{Tc}$  诊断的最大单人给药量为  $9.25\times 10^8\text{Bq}$  (25mCi)、 $^{131}\text{I}$  显像的最大单人给药量为  $1.85\times 10^8\text{Bq}$  (5mCi)。

每周工作 6 天，每年工作 300 天，每日一共最多诊断 30 人，其中常规  $^{99m}\text{Tc}$  显像诊断日最大接诊人数为 20 人、 $^{99m}\text{Tc}$  肺通气显像日最大接诊人数为 10 人、 $^{99m}\text{Tc}$  肾脏动态显像日最大接诊人数为 10 人、 $^{99m}\text{Tc}$  心肌灌注显像日最大接诊人数为 10 人， $^{131}\text{I}$  显像诊断日最大接诊量为 10 人。

本项目拟开展的  $^{177}\text{Lu}$  显像诊断对象为  $^{177}\text{Lu}$  治疗后患者，患者在总院或其它医院进行  $^{177}\text{Lu}$  治疗后 24h 或 48h 后可提前预约到核医学科进行 SPECT 显像诊断，无需进

行  $^{177}\text{Lu}$  注射给药。治疗时最大给药量为  $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$  (200mCi)。 $^{177}\text{Lu}$  治疗患者显像诊断日最大接诊量为 5 人,每周最多开展 3 天,不和  $^{131}\text{I}$  显像同时开展。根据《 $^{177}\text{Lu}$ -Dotatae 治疗神经内分泌瘤患者对环境辐射安全的研究进展》(同位素,2022 年 2 月第 35 卷第 2 期),患者体内  $^{177}\text{Lu}$  药量主要通过肾脏排泄清除,清除率在 24h 达 58%,48h 内达 65%,按患者 24h 后进行 SPECT 显像考虑,此时体内  $^{177}\text{Lu}$  药量为  $3.11 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

## (2) 工作流程

**订药:** 工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数,提前一天向供药单位订购放射性药物,供药单位在约定的时间送达药品,经确认无误完成相关交接、登记手续后,将药物于储源室的药物保险柜内或直接放入分装手套箱内。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  均为外购单支成品药物,送药厂家根据患者用量进行分装,医院无需再分装。

### 注射/给药:

**注射:**  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  为单支成品药物,工作人员注射前无需额外分装,根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020),应对外购的按人份分装的放射性药物活度进行抽样检测。给药前,抽取 10%支数的药物,利用在手套箱内的活度计测活,确定药物活度实测值与期望值的偏差不大于  $\pm 10\%$  后,为患者注射。

**常规显像:** 使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物进行常规显像时,医护人员在分装室的 SPECT 注射台的屏蔽下为患者注射药物。

**心肌灌注显像:** 医护人员将药物转移到运动负荷/抢救室,在立式注射防护车的屏蔽下为运动后的患者注射药物。

**肾脏动态显像:** 患者进入 SPECT/CT 机房,技师先指导患者在 SPECT/CT 机房内摆位,护士把药物从分装室转移到 SPECT/CT 机房内(按照分装室和 SPECT/CT 机房之间的路程,转移时间按 30s 考虑),然后再在立式注射防护车的屏蔽下为患者注射药物。

**$^{99\text{m}}\text{Tc}$  肺通气:** 给药前,医务人员根据患者用药量分装  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物,转移到肺通气室;然后把液态放射性药物  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  装入肺通气室的锡气发生器中并由仪器自动完成制药,患者在医务人员指导下缓慢吸入雾化的放射性药物  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,吸入时间一般为 3-5min。在吸入过程中,需要医务人员指导、协助、观察,同时手持使用辐射剂量监测仪监测患者背部的剂量率,一般达到  $20-50 \mu\text{Sv/h}$  才算满足给药要求。

**$^{131}\text{I}$  服药:**  $^{131}\text{I}$  药物给药前,医务人员将  $^{131}\text{I}$  药物进行抽样测活后,将对应患者的单支药物转移到服碘窗口,在屏蔽窗的防护下将药物转移到一次性水杯中,再指导患者服

下药物。

### 诊断:

常规显像、心肌灌注显像： $^{99m}\text{Tc}$  显像患者注射药物后，进入 SPECT/CT 候诊室内休息一段时间后（一般为 40min~3h），根据医护人员指导进入 SPECT/CT 机房，医护人员进行语音提示摆位，必要时进入机房指导摆位后，离开 SPECT/CT 机房进入控制室，隔室操作对患者实施扫描诊断。扫描完成后，患者离开机房，根据医生指导，按需在 SPECT/CT 留观室留观，无碍后核医学科专用电梯离开。

肾脏动态显像：患者注射  $^{99m}\text{Tc}$  药物后，待医护人员退出 SPECT/CT 机房后进入控制室，隔室操作对患者实施扫描诊断。扫描完成后，患者离开机房，根据医生指导，按需在 SPECT/CT 留观室留观，无碍后核医学科专用电梯离开。

$^{99m}\text{Tc}$  肺通气显像：给药后患者进入 SPECT/CT 候诊室内休息，待放射性物质代谢至肺各个部位时，医生通过语音呼叫患者进入 SPECT/CT 机房，经医生进行语音提示摆位，必要时进入机房指导，随后离开 SPECT/CT 机房进入控制室，隔室操作对患者实施 SPECT 扫描诊断。扫描结束后，患者离开机房，根据医生指导，按需在 SPECT/CT 留观室留观，无碍后核医学科专用电梯离开。

$^{131}\text{I}$  全身显像：患者服药后直接离开核医学科，24 小时或者 48 小时后再回到核医学科  $^{131}\text{I}$  休息室候诊，根据预约优先进行扫描，正常情况不需要在场所内留观，若需要时，分时段和甲亢患者错开在甲亢留观室留观。

$^{177}\text{Lu}$  显像： $^{177}\text{Lu}$  治疗患者 24 小时或者 48 小时后来核医学科  $^{131}\text{I}$  休息室候诊，不与  $^{131}\text{I}$  显像患者同时候诊，根据预约优先进行扫描，一般不需要在场所内留观。

SPECT/CT 诊断项目的工作流程与产物环节详见图 9.1-4 至图 9.1-8。

### (3) 废物处理措施

核医学科采用预约制度，根据患者预约情况按需定药，一般情况下无药物残留。若存在药物未使用，将药物存放在原安瓿瓶中，作为固体废物收集在废物衰变桶内衰变处理；使用后的空药物储罐由生产单位回收； $^{99m}\text{Tc}$  患者在给药过程产生的沾染放射性药物的棉签、注射器、吸气罩以及处理含放射性药物的其他废液的吸水垫等废物，收集在专用的固体废物衰变桶内； $^{131}\text{I}$  患者服药后的一次性杯子丢入专用废物衰变桶中； $^{99m}\text{Tc}$  给药后患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入至衰变池暂存衰变； $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  显像诊断患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入至衰变池暂存衰变；肺通气使用的  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物在封闭的锡气发生器内雾化，一

般不会产生泄露的  $^{99m}\text{Tc}$  废气，使用放射性药物过程中产生的放射性废气通过专用排风管收集经活性炭过滤装置处理后在屋顶排放。

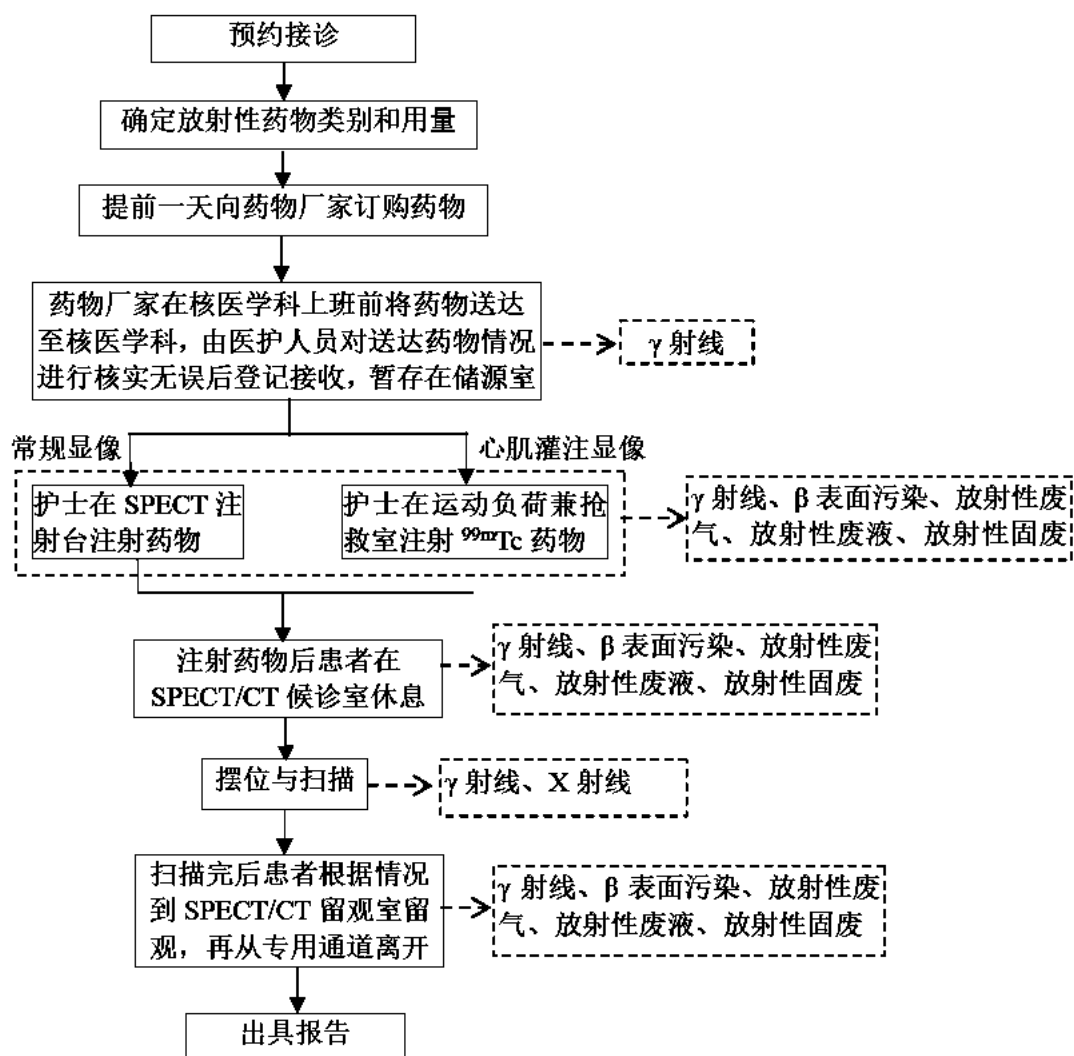


图 9.1-4 使用  $^{99m}\text{Tc}$  药物的 SPECT/CT 诊断工作流程及产污环节分析示意图

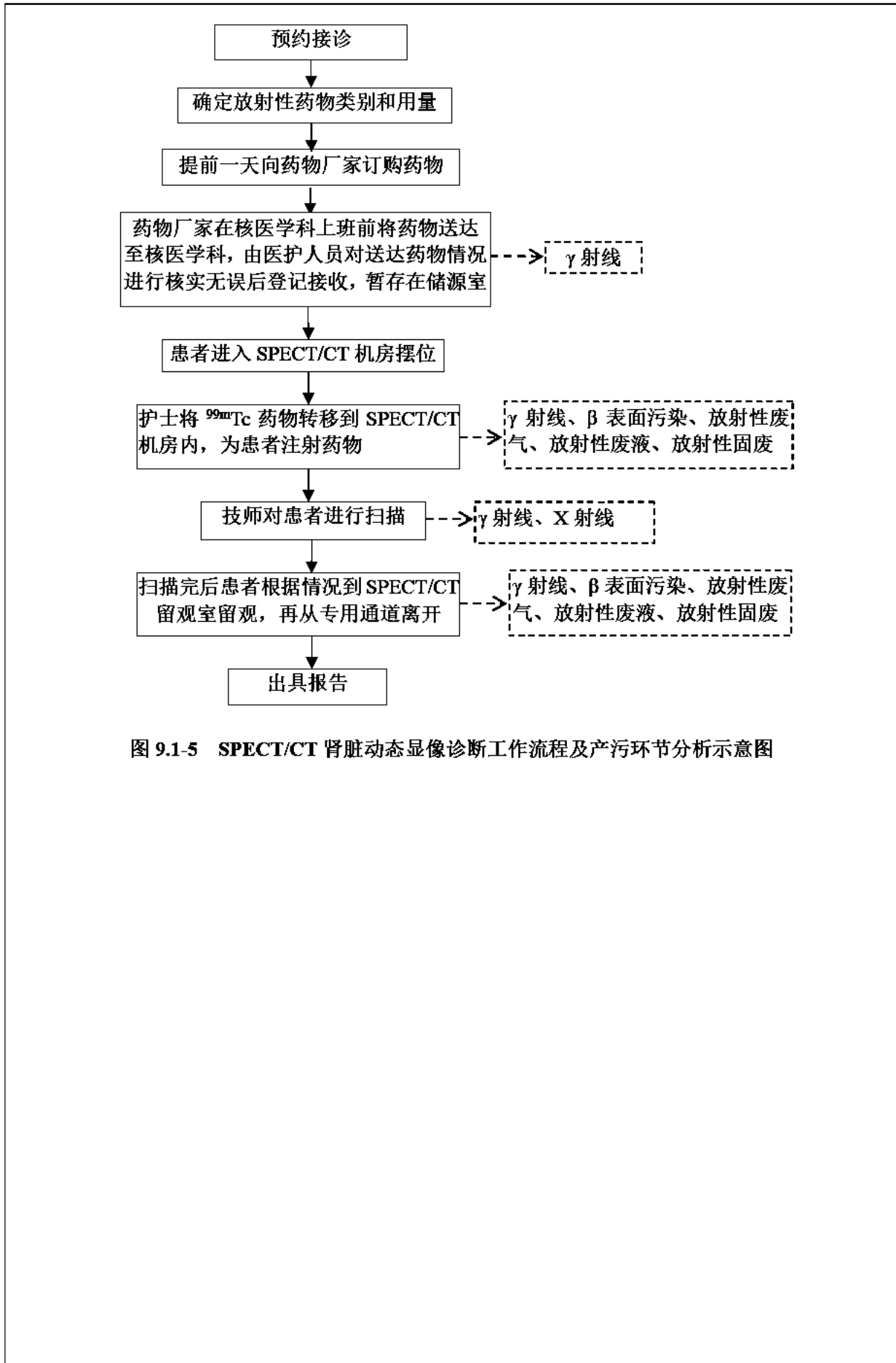


图 9.1-5 SPECT/CT 肾脏动态显像诊断工作流程及产污环节分析示意图

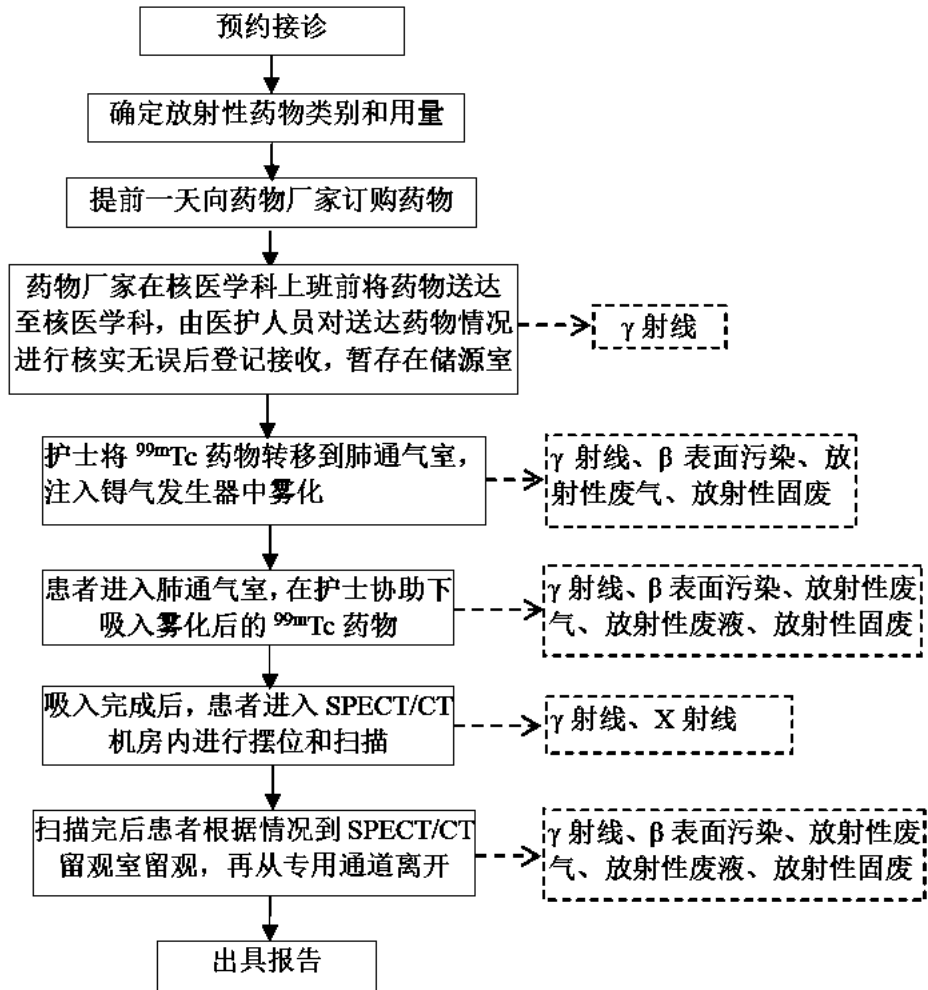


图 9.1-6  $^{99m}\text{Tc}$  肺通气显像诊断工作流程及产污环节分析示意图

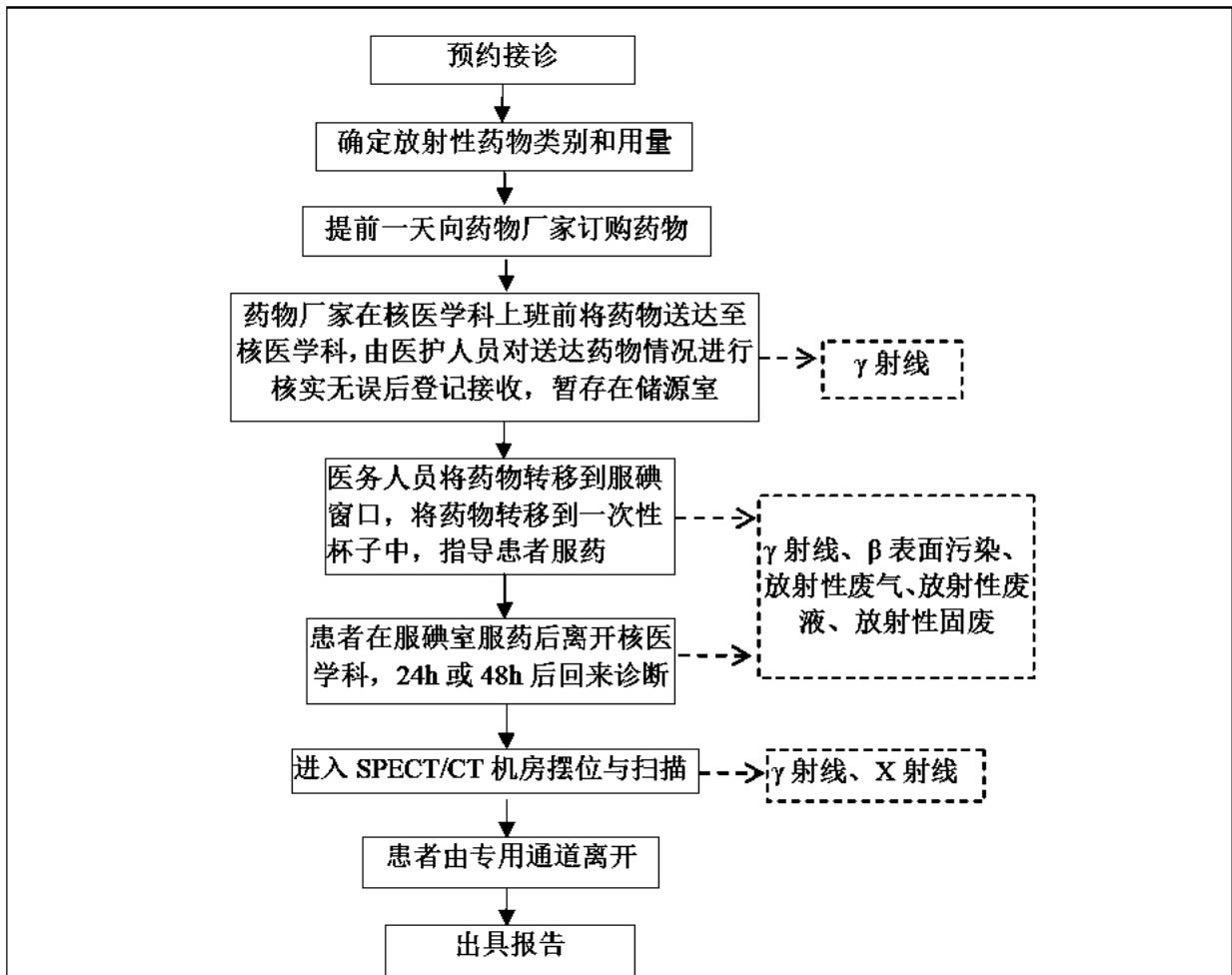


图 9.1-7 使用  $^{131}\text{I}$  药物的 SPECT/CT 诊断工作流程及产污环节分析示意图

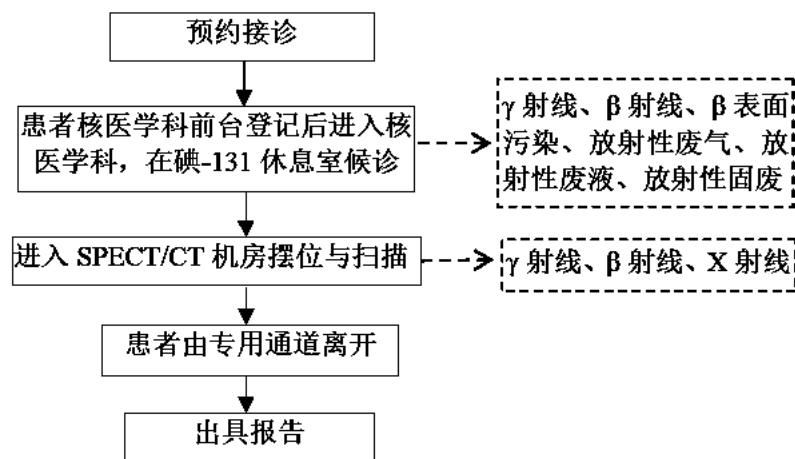


图 9.1-8  $^{177}\text{Lu}$  治疗患者的 SPECT/CT 诊断工作流程及产污环节分析示意图

### 9.1.3 甲亢治疗及甲功测定项目 ( $^{131}\text{I}$ )

#### 9.1.3.1 工作原理

##### (1) 甲亢治疗项目

$^{131}\text{I}$  衰变时发射  $\beta$  射线和  $\gamma$  射线，其中起治疗作用的主要是  $\beta$  射线。当  $^{131}\text{I}$  被甲状

腺细胞摄取后，它在甲状腺组织内衰变并发射  $\beta$  射线， $\beta$  射线的能量会破坏甲状腺细胞的 DNA，使细胞受到损伤，进而抑制甲状腺细胞合成甲状腺激素，还可导致部分甲状腺细胞死亡，使甲状腺组织体积缩小，减少甲状腺激素的分泌，从而使甲亢症状得到缓解或治愈。

## (2) 甲功测定项目

碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚  $^{131}\text{I}$ ，因此，病人口服的  $^{131}\text{I}$  药剂大都聚集在甲状腺内。在体外用探测器在颈部测量甲状腺对  $^{131}\text{I}$  的摄取速度和摄取量，即吸碘率。利用不同时间段患者摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性碘治疗提供了可靠的数据。

### 9.1.3.2 工作流程及产污环节

(1) 诊疗规划：使用核素  $^{131}\text{I}$  进行甲亢治疗和甲功测定，甲亢治疗最大单人给药量  $3.70 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi)、甲功测定最大单人给药量为  $1.85 \times 10^5 \text{Bq}$  (0.005mCi)。

每周工作 6 天，每年工作 300 天，甲亢治疗单日最大诊疗人数为 20 人，甲功测定单日最大诊断人数为 30 人。

## (2) 工作流程

**订药：**工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位根据每名患者用药量分装成单支药物，做好标记，在约定的时间将药物送至核医学科，经医务人员确认无误完成相关交接、登记手续后，将药物放置在储源室的药物保险柜内。本项目  $^{131}\text{I}$  为单支药物，整体以货包的形式送达。

## 服药：

开展甲亢治疗时，工作人员应对外购的按人份分装的放射性药物活度进行抽样检测。给药前，抽取 10% 支数的药物，利用在手套箱内的活度计测活，确定药物活度实测值与期望值的偏差不大于  $\pm 10\%$  后，为患者给药。工作人员将对应患者的单支药物转移到服碘窗前，将药物转移到一次性水杯中，指导患者服下药物。接受  $^{131}\text{I}$  诊疗的患者到达服碘窗口处进行服药。

开展甲功测定时，工作人员将药物放在分装室的手套箱内，转移到一次性水杯中。工作人员把分装好的甲测药物转移到甲测室，甲测患者进入甲测室服药。

## 给药后诊疗：

甲亢患者服药后在甲亢留观室留观约 30 分钟，留观结束后离开。为减少病患之间

的相互影响，甲亢患者在服药过程中，通过时间管控，确保核医学科内没有其他同时给药的患者。

甲功测定患者服药后离开核医学科，2h、4h 和 24h 后返回甲测室进行诊断。

$^{131}\text{I}$  相关治疗项目工作流程详见图 9.1-8。

### **(3) 废物处理措施**

核医学科采用预约制度，根据患者预约情况按需定药，一般情况下无药物残留。若存在药物未使用，将药物存放在原安瓿瓶中，作为固体废物收集在废物衰变桶内衰变处理；含有放射性药物残留液的一次性纸杯以及处理含放射性药物的其他废液的吸水垫等废物均按规定以放射性废物丢入指定的放射性废物衰变桶中；留观期间的排泄物等放射性污水单独收集至衰变池暂存衰变；使用  $^{131}\text{I}$  诊疗过程中产生的放射性废气通过专用排风管收集经活性炭过滤装置处理后在屋顶排放。

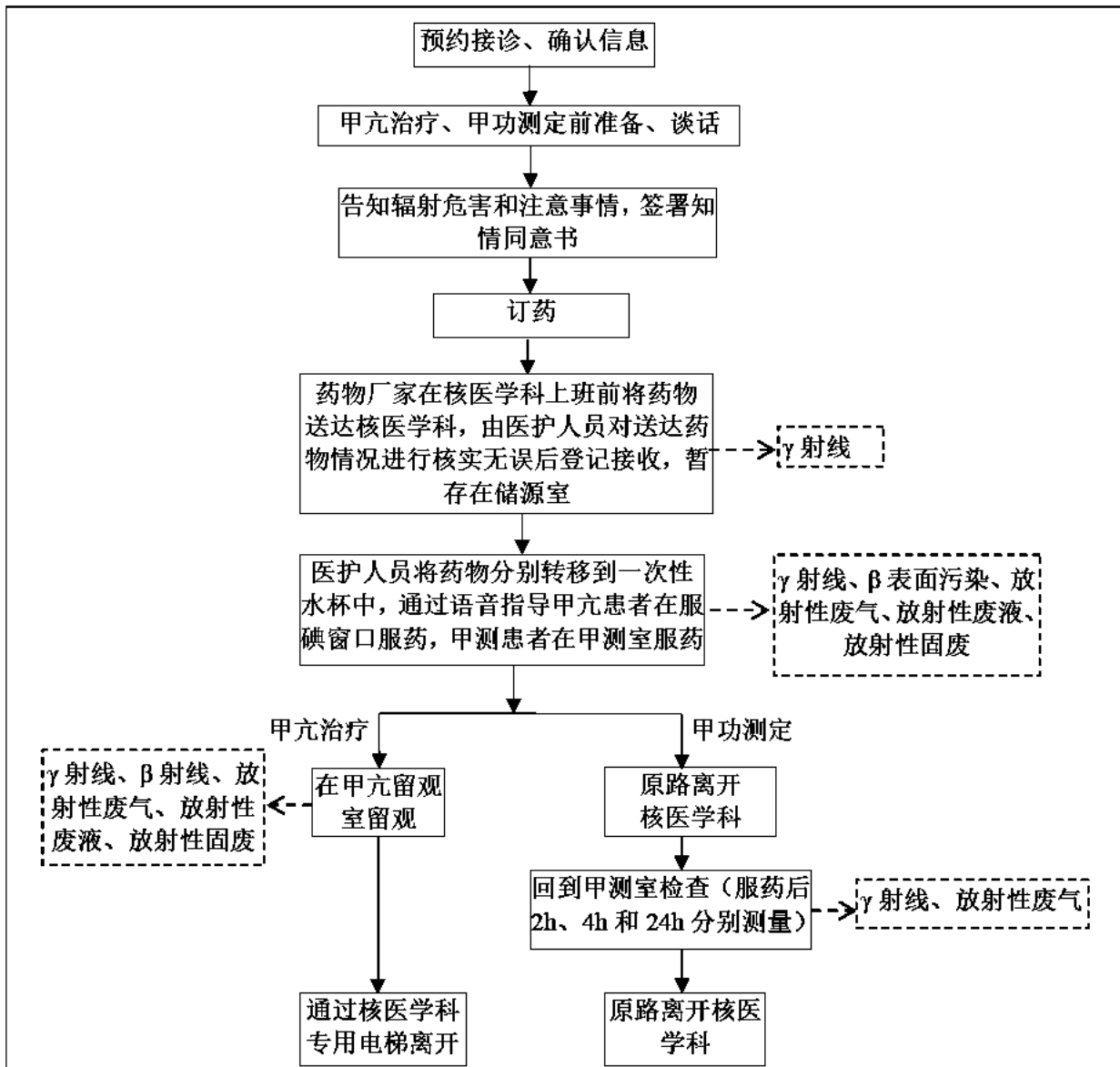


图 9.1-8  $^{131}\text{I}$  诊疗项目工作流程及产污环节分析示意图

### 9.1.4 敷贴治疗项目 ( $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ )

#### 9.1.4.1 工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌时，通过某些放射性同位素（如  $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ ）的敷贴照射，让敷贴器充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯  $\beta$  射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。本项目使用的  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源及  $^{32}\text{P}$  敷贴器为纯  $\beta$  放射性核素， $^{32}\text{P}$  核素衰变释放的  $\beta$  射线，最大能量为 1.71MeV，在皮肤组织中的最大射程为 9.5mm，在诊疗时病人的身体完全能够阻挡这种能量的  $\beta$  射线。且  $^{32}\text{P}$  药物状态为液态，

理化性质稳定，不易挥发，不产生放射性气溶胶。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  衰变时释放  $\beta$  射线， $\beta$  射线在人体组织内的射程仅有几毫米，通过  $\beta$  射线对病变部位的电离辐射生物效应，可达到治疗的目的，并且减少对其它组织的损伤。 $^{90}\text{Sr}$  的衰变子体是  $^{90}\text{Y}$ ， $^{90}\text{Sr}$  衰变释放最高 0.546MeV 的  $\beta$  射线， $^{90}\text{Y}$  衰变释放 2.27MeV 的  $\beta$  射线；0.6MeV 与 2.5MeV 的  $\beta$  射线在皮肤组织中的最大射程分别为 2.46mm 和 14.3mm；在诊疗时病人的身体完全能够阻挡这两种能量的  $\beta$  射线，因此，在评价时可以不考虑  $\beta$  射线的影响。但当  $\beta$  粒子被源周围物质阻止时，会产生韧致辐射，即产生贯穿能力较强的 X 射线，需采用一定的防护措施。所以，敷贴治疗项目的主要污染因子是韧致辐射。

#### 9.1.4.2 工作流程及产污环节

##### (1) 诊断规划

本项目拟使用  $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  开展敷贴治疗项目， $^{32}\text{P}$  敷贴器单人最大使用活度为  $7.4\times 10^6\text{Bq}$  (0.2mCi)， $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源初始最大活度为  $1.48\times 10^9\text{Bq}$  (40mCi)。计划每周工作 6 天，每年工作 300 天，每日最多治疗 60 人 ( $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  各 30 人)。

##### (2) 工作流程

**订药：**由于  $^{32}\text{P}$  敷贴器需要在使用前进行制作，医院需要根据预约情况提前订药，在约定的时间由药物供应单位将药物运送至核医学科， $^{32}\text{P}$  为外购药物，药物状态为液态，密封于内层有机玻璃、外层铅的铅罐中以单个货包的形式送达，核医学科安排专人接收药物，采取必要的防护措施，经确认无误完成相关交接、登记手续后，暂存在核医学科储源室的药物保险柜内。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源为外购成品敷贴源，从有生产、销售资质的正规厂家购买，装于内层有机玻璃、外层铅的铅罐中，不使用时贮存在敷贴室的金属笼中，设双人双锁，严格按照放射源进行管理，使用时医护人员需戴有机玻璃眼镜或面罩将敷贴源从金属笼取出实施治疗。

**制作  $^{32}\text{P}$  敷贴器：**医务人员将铅罐从储源室取出，放到分装室的有机玻璃手套箱中后，依次打开铅罐盖和有机玻璃盖，然后直接在铅罐中用水将  $^{32}\text{P}$  药物配比成比活度为  $1.11\times 10^8\text{Bq/mL}$  的治疗浓度，盖好盖子后将铅罐放回储源室，在后续  $^{32}\text{P}$  敷贴器制作中直接按照病变形状面积随时取药，在分装室的有机玻璃手套箱中进行制作  $^{32}\text{P}$  敷贴器。 $^{32}\text{P}$  敷贴器制作方法如下：①采用优质滤纸按病变形状要求剪成规格大小及形状不同的纸片，作为  $^{32}\text{P}$  溶液的支持物，滤纸上画有格子；②用生理盐水分别将不同大小与形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加  $^{32}\text{P}$  溶液的毫升数；③将铅罐从储源室取出，在分装

室的有机玻璃手套箱中进行  $^{32}\text{P}$  敷贴器的制作，装有  $^{32}\text{P}$  溶液的铅罐只有放到有机玻璃手套箱中才允许被打开；④用 1mL 注射器吸取预先计算好的混有色剂的  $^{32}\text{P}$  溶液，按每张滤纸的吸水量分格滴加  $^{32}\text{P}$  溶液，通过颜色的深浅来调整  $^{32}\text{P}$  活度的分布均匀性；⑤调整色剂均匀分布后，用优质塑料薄膜与胶布等套封，保证其密封性。在胶布上注明敷贴器的名称、制作日期、放射性活度等，使用表面污染检测仪检测表面无放射性污染后即可使用。

**治疗：**医务人员提前了解患者瘤、痣、疤痕疙瘩等需要治疗部位的形状和情况，进而确定采用的敷贴治疗方案，根据病人预约情况安排治疗。治疗前，医生先根据敷贴治疗的适应症和禁忌症，对具有正当理由的患者开具敷贴治疗申请单，并预约登记，医生根据病情制定治疗方案：

$^{32}\text{P}$  敷贴：治疗时，辐射工作人员提前制成  $^{32}\text{P}$  敷贴器，通过传递窗转移至敷贴室，医务人员将敷贴器摆放至患者治疗部位后，在不接触患者皮肤的面用 3mm 厚的橡皮泥覆盖屏蔽。治疗结束后医务人员收回敷贴器，患者离开敷贴室，禁止患者将敷贴器带出敷贴室，治疗期间不产生放射性废液。工作人员清点敷贴器，将使用后的废敷贴器放入装有专用塑料袋的放射性废物桶中，及时转送至放射性废物间进行衰变处理，暂存超过 10 个半衰期经监测符合标准要求后按一般医疗废物处理，并做好记录。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴：患者在敷贴室接受治疗，医护人员根据患者病变区域的大小，厚薄及部位的不同，确定每次照射时间； $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源是固定敷贴器，一般有圆形和方形，操作时由辐射工作人员首先用橡皮圈在疤痕疙瘩附近固定遮盖，凸出疤痕位置，然后按下敷贴器。治疗过程均由专业医护人员操作，治疗完毕，将敷贴源放回铅箱、贮存在金属笼内。

$^{32}\text{P}$  敷贴治疗项目的工作流程详见图 9.1-9， $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴治疗项目的工作流程详见图 9.1-10。

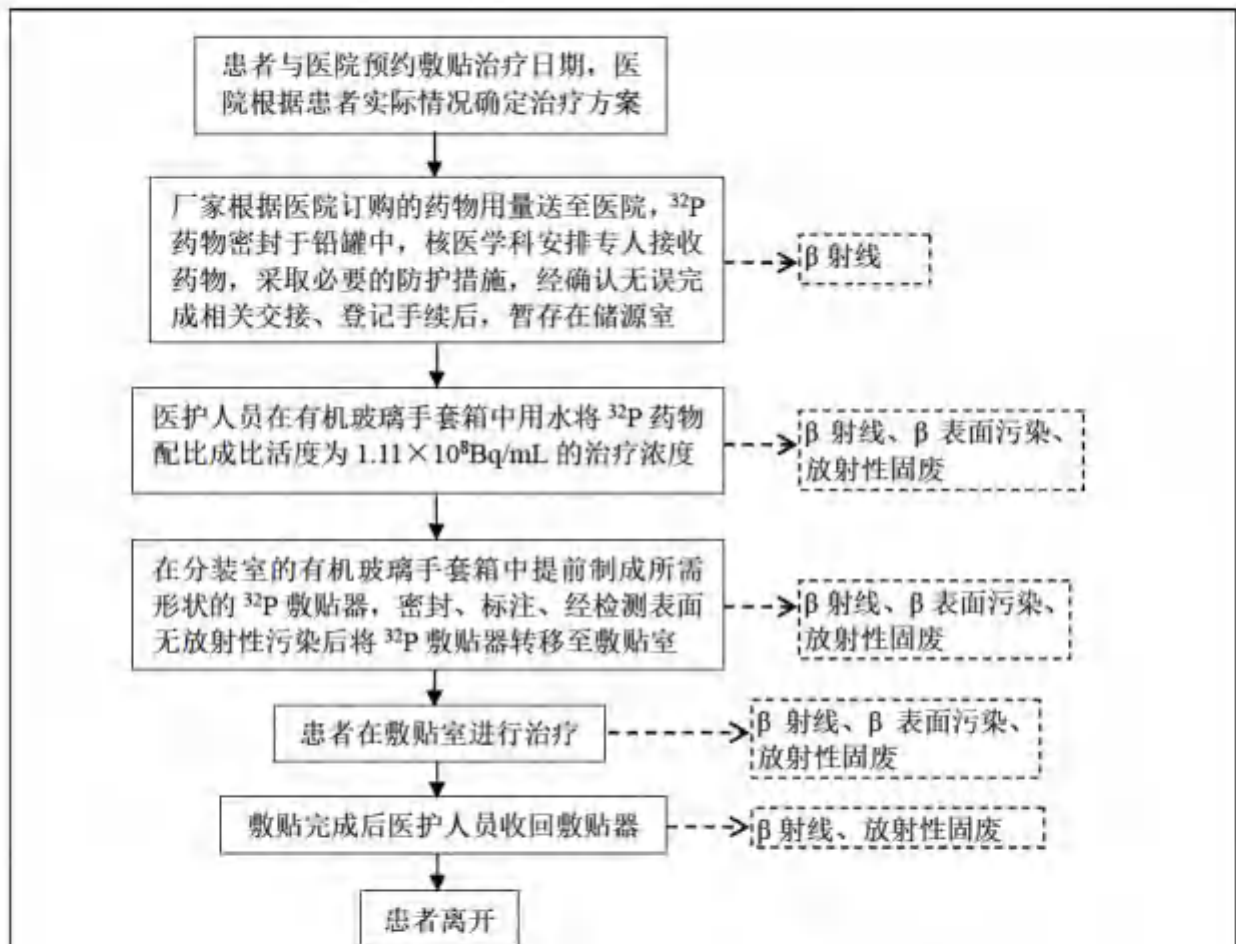


图 9.1-9 <sup>32</sup>P 敷贴治疗工艺流程及产污环节

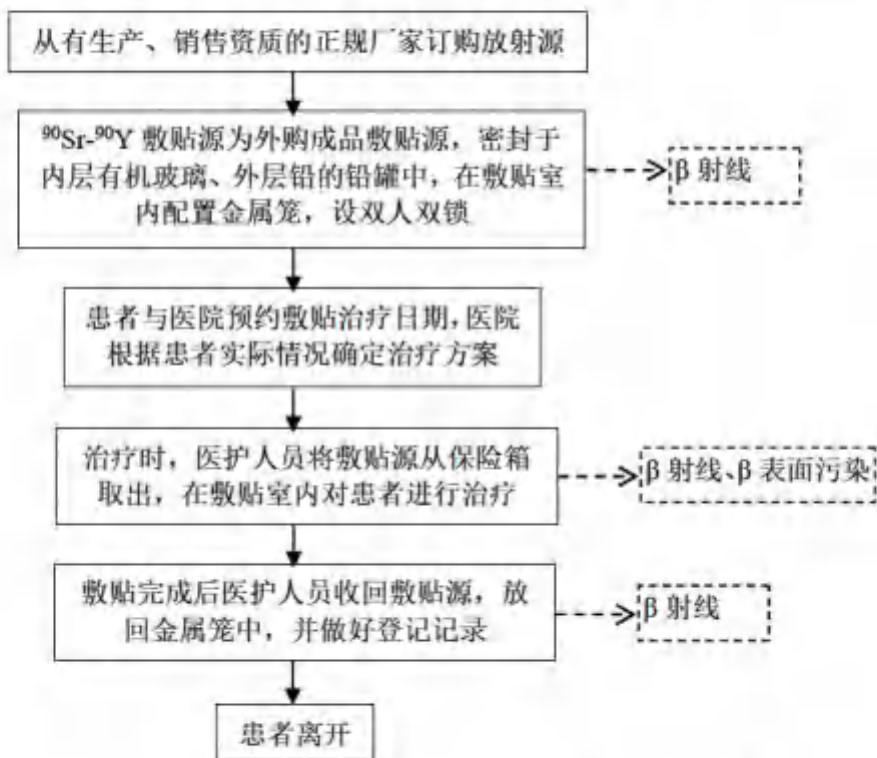


图 9.1-10 <sup>90</sup>Sr-<sup>90</sup>Y 敷贴治疗工艺流程及产污环节

### (3) 废物处理措施

使用后的敷贴器由医护人员回收放置在装有塑料袋的放射性废物桶中进行衰变处理，使用后的滤纸也放在放射性废物桶中进行衰变处理。使用后的 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 放射源放回铅罐，将铅罐放回敷贴室金属笼内，设双人双锁。不再使用的废旧 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 放射源，按要求返回生产出售方或送交城市放射性废物库。

## 9.1.5 锗镓发生器

### 9.1.5.1 工作原理

锗镓发生器属于色谱柱(Chromatographic column)型发生器，基本部件是活化氧化铝柱、淋洗系统和用于保护工作人员的辐射屏蔽套。 $^{68}\text{Ga}$ 由活化氧化铝柱内 $^{68}\text{Ge}$ 不断裂变产生，并不被活化氧化铝柱吸附，当加入适当的淋洗剂时， $^{68}\text{Ga}$ 便以 $^{68}\text{GaO}_4^-$ 的形式被淋洗出来，称之为“挤奶”。为了使用方便，一套锗镓发生器除基本部件外，常附加子体核素溶液接收瓶(即负压瓶)和一定量的淋洗剂(0.05~0.15mol/L的HCl溶液)。由于母体核素的不断衰变就不断地产生子体核素，因而核素发生器可以反复淋洗制得子体核素。典型发生器的内部结构见图9.1-9。

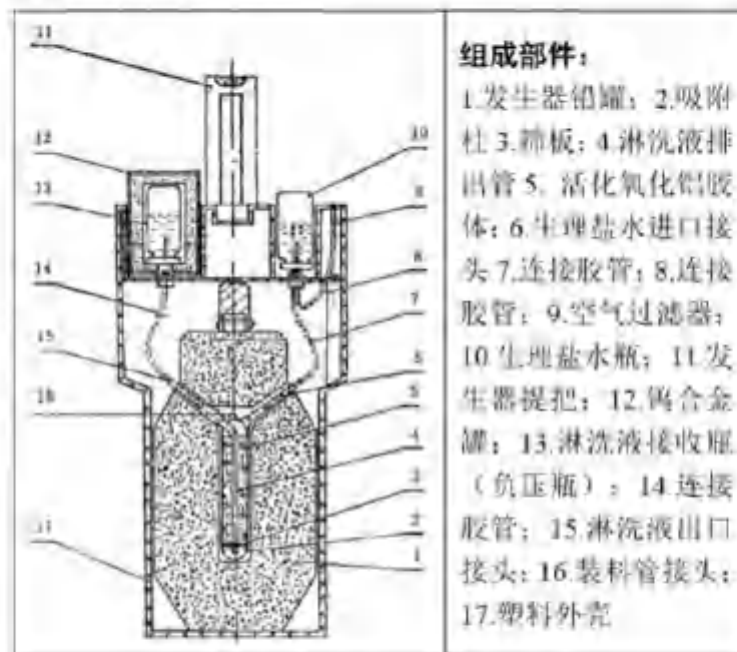


图 9.1-11 典型发生器的内部结构图

本项目锗镓发生器规格为 1.85GBq (50mCi)， $^{68}\text{Ga}$  最大淋洗活度为  $1.67 \times 10^9 \text{Bq}$  (45mCi)，但伴随 $^{68}\text{Ge}$ 母体的衰变，每次淋洗量会有所递减，发生器在通风柜中进行淋洗合成。发生器的预期质保时间取决于使用频率、洗脱的体积等因素，根据厂家提供的数据，发生器的合理质保期为 12 个月。实际工作中，医院根据使用情况，及时更换

新的发生器，废旧锗镓发生器由厂家回收。

### 9.1.5.2 工作流程及产污环节

#### (1) 生产规划

锗镓发生器每天淋洗一次，每次淋洗制备  $^{68}\text{Ga}$  的时间为 15min/次，每人份药物分装时间为 1min/次。

#### (2) 操作流程

①订药：根据患者的需要进行预订，然后制定制药计划，进行制药。

②检查药盒完整性：负责标记操作的工作人员在淋洗操作前检查待标记药盒的完整性，主要内容为检查药盒是否破损、过期，厂家药品名是否不符。经检查合格后，放入防护罐中用 75%酒精棉球消毒瓶口 2 遍，盖上盖子备用。

③ $^{68}\text{Ga}$  淋洗：工作人员位于通风柜前对发生器进行淋洗操作，操作时穿戴有铅衣、手套等相关防护用品，一般为自动淋洗操作。具体的淋洗操作如下：准备：开负压瓶、0.9%生理盐水瓶，把负压瓶装入铅制的防护罐。消毒：用 75%酒精擦拭负压瓶、0.9%生理盐水瓶。淋洗：先把 0.9%盐酸瓶插入发生器的双针，然后把外有防护罐的负压瓶插入发生器的单针，直至 0.9%盐酸被吸干，1 分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋洗过程约需 5min。 $^{68}\text{Ge}$  装在锗镓发生器柱子里，淋洗柱外用壁厚约 20mm 铅当量的铅罐，在整个使用过程中  $^{68}\text{Ge}$  都保持在发生器柱子里，使用后的柱子随铅罐包装一同回收至发生器生产厂家， $^{68}\text{Ge}$  也随包装被完全转移。据厂家提供资料显示，在装有  $1.85 \times 10^9 \text{Bq}$  (50mCi) 的锗镓发生器铅罐表面的  $\gamma$  剂量率小于 0.1mSv/h。有铅罐屏蔽的锗镓发生器放置在 50mm 铅当量防护厚度的通风柜内，整个制药过程均在通风柜内进行，经过 20mm 铅当量的铅罐及 50mm 铅当量防护厚度的通风柜屏蔽后，发生器内的  $^{68}\text{Ge}$  对职业工作人员影响可满足要求，而在整个制药过程中，公众不能进入分装室，而在非工作期间，工作人员将分装室上锁，公众仍然无法进入分装室，因此经屏蔽后，发生器内的  $^{68}\text{Ge}$  对公众人员没有影响。

④标记：淋洗产物收集于预先放置的屏蔽容器中，用于标记的冻干药盒提前经完整性检查后放置在对应位置，合成模块自动吸取淋洗液进行标记，标记过程为 30min。

⑤质检：标记药物瓶取约 37MBq (1mCi) 的药品在分装室内进行质控检验，检验合格后方可用于临床。

⑥分装给药：标记药物转移到手套箱内进行分装，采用注射方式对受检者进行给药，

注射药物时，工作人员在铅玻璃窗后从铅罐内吸取药物进行注射。

### (3) 废物处理措施

锶发生器使用时及药物分装、质检时产生的一次性手套、注射器、负压瓶以及可能产生的少量吸水纸（垫）或去污毛巾、一次性注射器、有机玻璃盒子等收集在专用的固体废物衰变桶内；废旧发生器由供货商直接更换回收处理，不在医院暂存。药物淋洗及其它药物使用过程中可能产生的少量放射性废液沾污，优先考虑通过吸水纸（垫）或毛巾擦拭转入放射性固体废物处理。使用放射性药物过程中产生的放射性废气通过专用排风管收集经活性炭过滤装置处理后在屋顶排放。

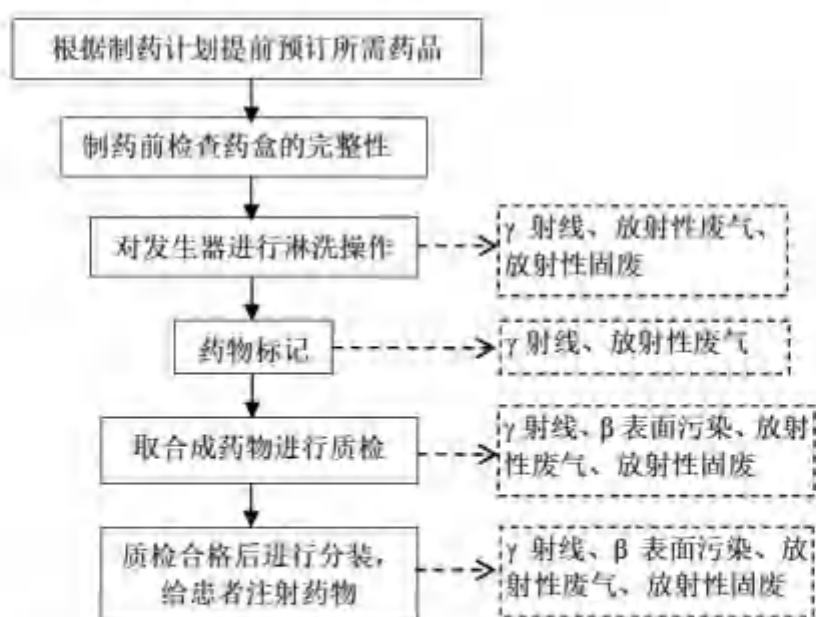


图 9.1-12 锶发生器制药工艺流程及产污环节

## 9.1.6 门诊治疗 ( $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ )

### 9.1.6.1 工作原理

$^{89}\text{Sr}$  通过高度选择性聚集在病变部位的放射性核素所发射出的射程很短的  $\beta$  粒子，对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，达到抑制或破坏病变组织的目的，其有效射程很短，因而邻近正常组织和全身辐射吸收剂量很低，从而达到止痛和破坏肿瘤的目的。 $^{89}\text{Sr}$  是纯  $\beta$  射线体，不伴  $\gamma$  射线，其发射的  $\beta$  射线能量较高，对病变组织进行集中照射，在骨组织内的射程约为 3mm，在病灶骨中的浓聚能保持很长时间。在转移灶的摄取高于正常骨 2-25 倍，这样，对病灶骨就有足够的照射剂量，而对病灶骨以外、周围的正常组织照射很少，不致引起不可逆的骨髓损伤。

$^{223}\text{Ra}$  核素标记的放射性药物为液态，物理半衰期为 11.4d，衰变时主要发射的  $\alpha$  射

线能量为 5.716MeV (52.6%) 和 5.607MeV (25.7%)。α 粒子的高线性能量传递能够使邻近的肿瘤细胞的双链 DNA 断裂，这与细胞能通过修复机制快速修复 β 粒子造成的单链脱氧核糖核酸断裂相比具有明显优势，用于骨转移癌的治疗，目前主要应用药物类型为氯化镭<sup>[223Ra]</sup>。

<sup>225</sup>Ac 核素标记的放射性药物为液态，是一种新型的靶向 α 粒子疗法药物，物理半衰期为 9.9d，在衰变过程中释放 α 粒子，利用 α 粒子在组织中射程短、使用过程易防护等特点，患者给药后在不伤害健康细胞的情况下“打击”癌细胞，用于黑色素瘤、前列腺癌等的晚期治疗，目前主要应用和研究的药物类型有 <sup>225</sup>Ac-DOTA-MC1RL、<sup>225</sup>Ac-PSMA 等。

#### 9.1.6.2 工作流程及产污环节

##### (1) 治疗规划

本项目拟使用放射性核素 <sup>89</sup>Sr、<sup>223</sup>Ra、<sup>225</sup>Ac 开展核素门诊治疗项目，其中 <sup>89</sup>Sr 治疗的最大单人给药量为 5mCi，<sup>223</sup>Ra 和 <sup>225</sup>Ac 治疗的最大单人给药量为 0.2mCi。

每周工作 6 天，每年工作 300 天，每种核素每日最多治疗 5 人。

##### (2) 工作流程及产污环节

**订药：**根据医院提供的资料，患者需提前预约治疗。医院根据病人预约情况，提前订药，药物由供药商按人份分装好后送达，治疗时无需再分装。交接后放在储源室暂存。

**注射：**用于治疗的药物是直接进行静脉注射，工作人员将单支成品药物取出在注射窗集中对患者进行注射，避开其它诊疗患者给药时间，注射完成后即可离开核医学工作场所。门诊治疗患者与 SPECT 显像诊断患者共用 1 个注射窗，在注射窗旁粘贴相关指示说明，门诊治疗患者较少，通过预约、时间管控，完全能够避免核素门诊患者与其它诊疗患者的交叉，同时避免核素门诊患者受到其它核素不必要的照射，注射前工作人员将仔细核对患者姓名、用药种类和用药量等相关信息，确认无误后方可注射。

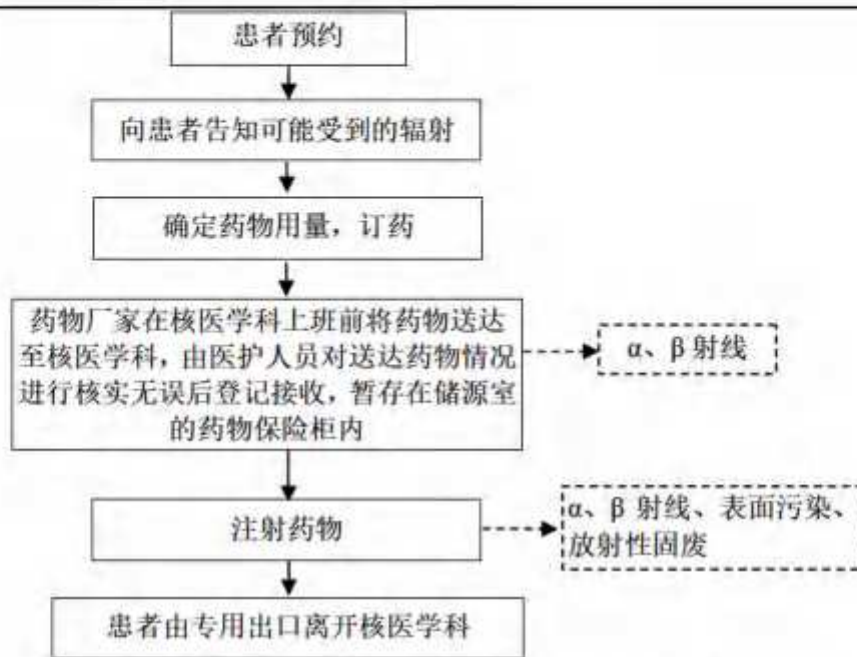


图 9.1-13 核素门诊治疗工艺流程及产污环节

### (3) 废物处理措施

工作人员注射完毕后产生的一次性注射器、棉签等，放入专用放射性废物铅桶内。患者注射后立即离开核医学工作场所，不产生放射性废液。

#### 9.1.7 人员配置情况

本项目核医学科岗位设置情况、各项目工序操作时间及辐射工作人员年受照时间统计于下表。

表 9.1-1 核医学科岗位设置情况、各项目工序操作时间及辐射工作人员年受照时间

岗位	人员配置(名)	工序	涉及核素类型	工作时间						
				单次操作时间(min)	日操作次数(次)	年操作天数(天)	年操作次数(次)	年受照时间(h)	单名辐射工作人员的受照时间(h)	
化学师	1	PET 显像诊断项目	淋洗、标记	$^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ 、 $^{68}\text{Ga}$	15	1	300	300	75.0	75.0
			质检	$^{68}\text{Ga}$	2	1	300	300	10.0	10.0
护士	4名护士轮岗	PET 显像诊断项目	分装	$^{18}\text{F}$	1	50	300	15000	250.0	62.5
				$^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$	1	15	300	4500	75.0	18.8
			注射	$^{18}\text{F}$	0.5	50	300	15000	125.0	31.3
				$^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$	0.5	15	300	4500	37.5	9.4
			模体制作	$^{18}\text{F}$	10	2	24	48	8.0	2.0
			模体转移	$^{18}\text{F}$	1.5	2	24	48	1.2	0.3
			校准	$^{68}\text{Ge}$	10	2	24	48	8.0	2.0
			SPECT 显像诊断项目	抽样测活	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	3	300	900	15.0
		抽样测活		$^{131}\text{I}$	1	1	300	300	5.0	1.3
		窗口注射		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (常规)	0.5	20	300	6000	50.0	12.5
		注射车后注射		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (动态显像和心肌灌注显像)	1	20	300	6000	100	25.0
		指导吸入		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (肺通气)	4	10	300	3000	200.0	50.0
		药物转移		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (肺通气+动态显像+心肌灌注)	0.5	30	300	9000	75.0	18.8
		核素门诊治疗项目	注射	$^{90}\text{Sr}$	1	5	300	1500	25.0	6.3
注射	$^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$		1	10	300	3000	50.0	12.5		

岗位	人员配置(名)	工序	涉及核素类型	工作时间								
				单次操作时间(min)	日操作次数(次)	年操作天数(天)	年操作次数(次)	年受照时间(h)	每名辐射工作人员的受照时间(h)			
		甲功测定	甲测药物分装	$^{131}\text{I}$	1	30	300	9000	150.0	37.5		
			药物转移到甲测室	$^{131}\text{I}$	0.5	30	300	9000	75.0	18.8		
		甲亢治疗	抽样测活	$^{131}\text{I}$	1	20	300	600	10.0	2.5		
			指导服药	$^{131}\text{I}$	1	20	300	6000	100.0	25.0		
		敷贴治疗项目	制备敷贴器	$^{32}\text{P}$	2	30	300	9000	300.0	75.0		
			给药	$^{32}\text{P}$	1	30	300	9000	150.0	37.5		
			给药	$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	1	30	300	9000	150.0	37.5		
		技师	5名技师轮岗	PET 显像诊断项目	摆位	$^{18}\text{F}$	1	5	300	1500	25.0	5.0
						$^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$	1	1.5	300	450	7.5	1.5
扫描	$^{18}\text{F}$				15	50	300	15000	3750.0	750.0		
	$^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$				15	15	300	4500	1125.0	225.0		
校准扫描	$^{18}\text{F}$			30	2	24	48	24.0	4.8			
SPECT 显像诊断项目	摆位			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	3	300	900	15.0	3.0		
				$^{131}\text{I}$	1	1	300	300	5.0	1.0		
				$^{177}\text{Lu}$	1	1	150	150	2.5	0.5		
	扫描			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	15	30	300	9000	2250	450		
				$^{131}\text{I}$	15	10	300	3000	750	150		
				$^{177}\text{Lu}$	15	5	150	750	187.5	37.5		

注：SPECT 显像诊断项目每天患者合计不超过 30 人。

### 9.1.6 核医学科非密封放射性物质使用量汇总说明

本项目拟使用的非密封放射性核素包括  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  和  $^{32}\text{P}$ ， $^{177}\text{Lu}$  不涉及非密封放射性核素的使用操作。根据核素特性可知， $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  和  $^{32}\text{P}$  半衰期较长，可不考虑药物衰变量。拟使用的  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  半衰期很短，药物分装、注射需一定时间，因此拟使用的  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  药物的日实际最大操作量需考虑到药物衰减量。

根据科室提供的诊疗规划，若需要外购  $^{68}\text{Ga}$  药物时，每日送药一次，提前 1 小时送达核医学科，每日最大诊断患者数为 5 名，根据诊疗规划和放射性核素的衰变规律，即  $N=N_0 \times e^{-\lambda t}$ ， $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$  进行药物所需初始活度核算， $^{68}\text{Ga}$  药物每日所需送达初始量计算结果见下表。

表 9.1-2 本项目  $^{68}\text{Ga}$  药物所需送达初始量核算结果一览表

核素名称	患者序号	衰变时间 (min)	所需操作量(Bq)	送达初始量 (Bq)	合计 (Bq)	
$^{68}\text{Ga}$	1	60	3.70E+08	6.80E+08	4.71E+09	
	2	75	3.70E+08	7.92E+08		
	...					
	5	120	3.70E+08	1.25E+09		

由表 9.1-2 可知，核医学科每日接诊 5 名  $^{68}\text{Ga}$  诊断患者所需的  $^{68}\text{Ga}$  药物初始送达量为  $4.71 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

外购  $^{18}\text{F}$  药物每日送药 2 次，上午、下午各送药 1 次，均按提前 1 小时送达核医学科，保守考虑  $^{68}\text{Ga}$  诊断结束后开展  $^{18}\text{F}$  诊断，则单台 PET/CT 设备接诊情况为上午 5 名  $^{68}\text{Ga}$  患者+10 名  $^{18}\text{F}$  患者、下午 15 名  $^{18}\text{F}$  患者，则单台 PET/CT 设备接诊 25 名  $^{18}\text{F}$  诊断患者所需  $^{18}\text{F}$  药物初始送达量核算结果见下表。

表 9.1-3 单台 PET/CT 设备接诊 25 名  $^{18}\text{F}$  诊断患者所需  $^{18}\text{F}$  药物初始送达量核算结果一览表

时段	核素	患者序号	衰变时间 (min)	所需操作量(Bq)	送达初始量 (Bq)	合计 (Bq)	
上午	$^{18}\text{F}$	1	135	3.70E+08	8.68E+08	1.38E+10	
		2	150	3.70E+08	9.54E+08		
		...					
		10	270	3.70E+08	2.03E+09		
下午	$^{18}\text{F}$	1	60	3.70E+08	5.40E+08	1.71E+10	
		2	75	3.70E+08	5.94E+08		
		...					
		15	270	3.70E+08	2.03E+09		

由表 9.1-3 可知, 2 台 PET/CT 设备同时运行时, 下午用药量最大, 单次送药量最大为  $1.71 \times 10^{10} \text{Bq} \times 2 = 3.42 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。

单台 PET/CT 设备接诊 25 名  $^{18}\text{F}$  诊断患者所需的  $^{18}\text{F}$  药物初始送达量为  $3.09 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。核医学科满负荷运行时, 每日最多接诊 50 名  $^{18}\text{F}$  诊断患者, 所需  $^{18}\text{F}$  药物初始送达量为  $3.09 \times 10^{10} \text{Bq} \times 2 = 6.18 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。除此以外, PET/CT 设备可能使用  $^{18}\text{F}$  药物进行校准, 频率为每月两次, 因此每月的其中两天除了购置患者诊断所需  $^{18}\text{F}$  药物外, 还需要购置校准所需的  $^{18}\text{F}$  药量  $7.40 \times 10^7 \text{Bq}$ 。PET/CT 设备校准安排在当天上午接诊完毕以后, 药物衰变时间按 5 小时考虑, 可算得校准 1 台 PET/CT 设备所需要的  $^{18}\text{F}$  药物送达量为  $4.92 \times 10^8 \text{Bq}$ 。本项目拟配备 2 台 PET/CT, 则所需  $^{18}\text{F}$  送达量为  $9.84 \times 10^8 \text{Bq}$ 。每年校准 24 次, 则年校准最大操作量为  $2.36 \times 10^{10} \text{Bq}$ 。

根据医院规划的日最大接诊人数、单人最大用药量, 核算本项目核素使用量如下:

表 9.1-4 本项目核素使用量一览表

序号	核素名称	用途	单人最大用量 (Bq)	诊疗人数 (人)	日实际最大操作量 (Bq)		年最大诊疗患者数/年最大操作次数	年最大操作量 (Bq)	
						合计:			合计:
1	$^{18}\text{F}$	PET 诊断	3.70E+08	50	6.18E+10		15000	1.85E+13	合计: 1.85E+13
		PET 校准	7.40E+07	/	9.84E+08	6.28E+10	48 次	2.36E+10	
2	$^{68}\text{Ga}$	PET 诊断	3.70E+08	5	4.71E+09		1500 人	1.41E+12	
		制备	/	/	1.67E+09		300 次	5.01E+11	
3	$^{64}\text{Cu}$	PET 诊断	3.70E+08	5	1.85E+09		1500 人	5.55E+11	
4	$^{89}\text{Zr}$	PET 诊断	1.85E+08	5	9.25E+08		1500 人	2.78E+11	
5	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	SPECT 诊断 (常规)	9.25E+08	20	1.85E+10	合计: 2.78E+10	6000 人	5.55E+12	合计: 8.33E+12
		SPECT 诊断 (肾脏动态显像)	9.25E+08	10	9.25E+09		3000 人	2.78E+12	
		SPECT 诊断 (心肌灌注显像)	9.25E+08	10	9.25E+09		3000 人	2.78E+12	
		SPECT 诊断 (肺通气)	3.70E+08	10	3.70E+09		3000 人	1.11E+12	
7	$^{131}\text{I}$	全身显像	1.85E+08	10	1.85E+09	合计: 9.26E+09	3000 人	5.55E+11	合计: 2.78E+12
		甲功测定	1.85E+05	30	5.55E+06		9000 人	1.67E+09	
		甲亢治疗	3.70E+08	20	7.40E+09		6000 人	2.22E+12	
8	$^{89}\text{Sr}$	癌症治疗	1.85E+08	5	9.25E+08		1500 人	2.78E+11	
9	$^{223}\text{Ra}$	癌症治疗	7.40E+06	5	3.70E+07		1500 人	1.11E+10	
10	$^{225}\text{Ac}$	癌症治疗	7.40E+06	5	3.70E+07		1500 人	1.11E+10	

11	$^{32}\text{P}$	敷贴治疗	7.40E+06	30	2.22E+08	9000 人	6.66E+10
12	$^{177}\text{Lu}$	SPECT 诊断	3.11E+09 (体内药量)	5	/	750 人	/

注：① $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  日实际最大操作量包括核素衰变的量；

②SPECT 显像诊断患者总人数不超过 30 人/天，使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  进行 SPECT 显像诊断的患者同样不超过 30 人/天。

### 9.1.7 核医学科工作场所分级

#### (1) 计算公式

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(18871-2002)附录 C 非密封源工作场所的分级规定，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

#### (2) 判定依据

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)附录 A，发生器淋洗在母体(液态)状态时操作方式为“贮存”，子体(液态)状态时为“简单操作”，医疗机构使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  (液态)相关活动视为“很简单操作”，核素治疗使用  $^{131}\text{I}$  (液态)相关活动视为“简单操作”。锗镓发生器在不使用时操作方式为“贮存”，在制备药物时为“简单操作”；其它放射性药物  $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{32}\text{P}$  的相关活动均视为“简单操作”。使用液体  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  为“很简单操作”，操作修正因子为 10。

根据《辐射防护手册》(第三分册)P143 中对操作类型的具体方式举例：“很简单操作：例如少量稀溶液的合并、分装或稀释，污染不严重的器皿和工具等的洗涤等”，并给出不同物理状态核素的操作方式修正因子：核素状态为液态，操作方式修正因子取 10，核素状态为气态，操作方式修正因子取 0.1。本项目  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  肺通气显像拟将液态放射性药物  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  装入雾化器雾化，状态为气体，因此，使用过程的操作方式视为“很简单操作”，操作方式修正因子取 0.1。

本项目  $^{177}\text{Lu}$  治疗患者在核医学场所内进行 SPECT 显像诊断过程中，不涉及放射性药物的注射给药， $^{177}\text{Lu}$  治疗患者的 SPECT 显像诊断不属于非密封放射性药物操作，因此不考虑其对场所分级的影响。

#### (3) 本项目分级核算结果及场所等级判定

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 非密封放射性物质工作场所的分级规定，对本项目核医学科使用的各放射性核素日等效最大操作量进行计算。由于 SPECT 诊断项目每天诊断人数最多为 30 人，根据表 9.1-4 不同用途的放射性药物用量情况及操作方式修正因子、毒性组别修正因子，按最保守的情况计算核

医学工作场所日等效最大操作量，即每天使用  $^{99m}\text{Tc}$  放射性药物（液态）进行显像诊断患者 10 人，肺通气显像患者 10 人，使用  $^{131}\text{I}$  放射性药物进行显像诊断患者 10 人，具体计算结果见下表。

表 9.1-5 核医学工作场所日等效最大操作量

核素种类	用途	毒性分组	毒性组别修正因子	操作方式	操作修正因子	日实际最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)
$^{18}\text{F}$	PET 诊断	低毒	0.01	很简单操作	10	$6.18\text{E}+10$	$6.18\text{E}+07$
$^{18}\text{F}$	PET 校准	低毒	0.01	很简单操作	10	$9.84\text{E}+08$	$9.84\text{E}+05$
$^{68}\text{Ga}$	PET 诊断 (外购)	低毒	0.01	简单操作	1	$4.71\text{E}+09$	$4.71\text{E}+07$
$^{68}\text{Ga}$	淋洗生产	低毒	0.01	简单操作 (制备)	1	$1.67\text{E}+09$	$1.67\text{E}+07$
$^{64}\text{Cu}$	PET 诊断	低毒	0.01	简单操作	1	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+07$
$^{89}\text{Zr}$	PET 诊断	中毒	0.1	简单操作	1	$9.25\text{E}+08$	$9.25\text{E}+07$
$^{68}\text{Ge}$ ( $^{68}\text{Ga}$ )	贮存	中毒	0.1	贮存	100	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+06$
$^{99m}\text{Tc}$	SPECT 诊断 (其它类型)	低毒	0.01	很简单操作	10	$9.25\text{E}+09$	$9.25\text{E}+06$
	SPECT 诊断 (肺通气)	低毒	0.01	很简单操作	0.1	$3.70\text{E}+09$	$3.70\text{E}+08$
$^{131}\text{I}$	全身显像	中毒	0.1	简单操作	1	$1.85\text{E}+09$	$1.85\text{E}+08$
$^{131}\text{I}$	甲功测定	中毒	0.1	简单操作	1	$5.55\text{E}+06$	$5.55\text{E}+05$
$^{131}\text{I}$	甲亢治疗	中毒	0.1	简单操作	1	$7.40\text{E}+09$	$7.40\text{E}+08$
$^{89}\text{Sr}$	癌症治疗	中毒	0.1	简单操作	1	$9.25\text{E}+08$	$9.25\text{E}+07$
$^{223}\text{Ra}$	癌症治疗	极毒	10	简单操作	1	$3.70\text{E}+07$	$3.70\text{E}+08$
$^{225}\text{Ac}$	癌症治疗	极毒	10	简单操作	1	$3.70\text{E}+07$	$3.70\text{E}+08$
$^{32}\text{P}$	敷贴治疗	中毒	0.1	简单操作	1	$2.22\text{E}+08$	$2.22\text{E}+07$
合计							$2.40\text{E}+09$

注：日等效最大操作量=实际日最大操作量×毒性组别修正因子÷操作修正因子。

核医学科非密封性放射性物质工作场所的日等效最大操作量约为  $2.40 \times 10^9 \text{Bq}$ ，在  $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$  之间，因此，本项目核医学工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

### 9.1.8 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)对核医学工作场所具体分类办法，日操作最大量放射性核素的加权活度等于计划的日操作最大活度与该核素毒性权重因子的积除以操作性质修正因子所得的商。

本项目核医学工作场所为一个乙级非密封放射性物质工作场所，按照各核素日操作最大活度以及各核素毒性权重因子、操作性修正因子核算加权活度，以进行场所的辐射防护设计，核算见下表。

表 9.1-6 核医学科核素加权活度

场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度 (MBq)	加权活度 (MBq)	总加权活度 (MBq)	工作场所分类
分装室	$^{18}\text{F}$	1	1	6.28E+04	6.28E+04	4.12E+06	I
	$^{68}\text{Ga}$	1	1	6.38E+03	6.38E+03		
	$^{64}\text{Cu}$	100	1	1.85E+03	1.85E+05		
	$^{89}\text{Zr}$	100	1	9.25E+02	9.25E+04		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	1	2.78E+04	2.78E+04		
	$^{131}\text{I}$	100	1	9.26E+03	9.26E+05		
	$^{89}\text{Sr}$	100	1	9.25E+02	9.25E+04		
	$^{223}\text{Ra}$	100	1	3.70E+01	3.70E+03		
	$^{225}\text{Ac}$	100	1	3.70E+01	3.70E+03		
	$^{32}\text{P}$	100	1	2.22E+02	2.22E+04		
敷贴室	$^{32}\text{P}$	100	1	2.22E+02	2.22E+04	2.22E+04	II
运动负荷兼抢救室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	9.25E+03	9.25E+02	9.25E+02	II
肺通气室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	3.70E+03	3.70E+02	3.70E+02	II
PET/CT 机房 1-2	$^{18}\text{F}$	1	10	9.25E+03	9.25E+02	1.04E+04	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	10	1.85E+03	1.85E+02		
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	9.25E+02	9.25E+03		
SPECT/CT 机房	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	1.85E+04	1.85E+03	1.76E+05	I
	$^{131}\text{I}$	100	10	1.85E+03	1.85E+04		
	$^{177}\text{Lu}$	100	10	1.56E+04	1.56E+05		
SPECT/CT 候诊室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	2.78E+04	2.78E+03	2.78E+03	II
碘-131 休息室	$^{131}\text{I}$	100	10	1.85E+03	1.85E+04	1.56E+05	I
	$^{177}\text{Lu}$	100	10	1.56E+04	1.56E+05		
VIP 候诊室	$^{64}\text{Cu}$	100	10	1.85E+03	1.85E+04	2.78E+04	II
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	9.25E+02	9.25E+03		
PET/CT 候诊室 1/2/3	$^{18}\text{F}$	1	10	5.55E+03	5.55E+02	9.81E+03	II
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	9.25E+02	9.25E+03		
PET/CT 留观室	$^{18}\text{F}$	1	10	1.85E+04	1.85E+03	2.98E+04	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	10	1.85E+03	1.85E+02		
	$^{64}\text{Cu}$	100	10	1.85E+03	1.85E+04		
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	9.25E+02	9.25E+03		
SPECT/CT 留	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	2.78E+04	2.78E+03	2.13E+04	II

场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度(MBq)	加权活度(MBq)	总加权活度(MBq)	工作场所分类
观察	$^{131}\text{I}$	100	10	$1.85\text{E}+03$	$1.85\text{E}+04$		
甲亢留观室	$^{131}\text{I}$	100	1	$7.40\text{E}+03$	$7.40\text{E}+05$	$7.40\text{E}+05$	I
甲测室	$^{131}\text{I}$	100	1	5.55	$5.55\text{E}+02$	$5.55\text{E}+02$	II
污洗间	$^{18}\text{F}$	1	10	$6.28\text{E}+01$	$6.28\text{E}+00$	$2.98\text{E}+02$	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	10	6.38	$6.38\text{E}-01$		
	$^{64}\text{Cu}$	100	10	1.85	$1.85\text{E}+01$		
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	$9.25\text{E}-01$	$9.25\text{E}+00$		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$2.78\text{E}+01$	$2.78\text{E}+00$		
	$^{131}\text{I}$	100	10	9.26	$9.26\text{E}+01$		
	$^{89}\text{Sr}$	100	10	$9.25\text{E}-01$	$9.25\text{E}+00$		
	$^{223}\text{Ra}$	100	10	$3.70\text{E}-02$	$3.70\text{E}-01$		
	$^{225}\text{Ac}$	100	10	$3.70\text{E}-02$	$3.70\text{E}-01$		
	$^{32}\text{P}$	100	10	$2.22\text{E}-01$	$2.22\text{E}+00$		
$^{177}\text{Lu}$	100	10	$1.56\text{E}+01$	$1.56\text{E}+02$			
固废间	$^{18}\text{F}$	1	10	$6.28\text{E}+01$	$6.28\text{E}+00$	$2.98\text{E}+02$	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	10	6.38	$6.38\text{E}-01$		
	$^{64}\text{Cu}$	100	10	1.85	$1.85\text{E}+01$		
	$^{89}\text{Zr}$	100	10	$9.25\text{E}-01$	$9.25\text{E}+00$		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	10	$2.78\text{E}+01$	$2.78\text{E}+00$		
	$^{131}\text{I}$	100	10	9.26	$9.26\text{E}+01$		
	$^{89}\text{Sr}$	100	10	$9.25\text{E}-01$	$9.25\text{E}+00$		
	$^{223}\text{Ra}$	100	10	$3.70\text{E}-02$	$3.70\text{E}-01$		
	$^{225}\text{Ac}$	100	10	$3.70\text{E}-02$	$3.70\text{E}-01$		
	$^{32}\text{P}$	100	10	$2.22\text{E}-01$	$2.22\text{E}+00$		
$^{177}\text{Lu}$	100	10	$1.56\text{E}+01$	$1.56\text{E}+02$			
储源室	$^{18}\text{F}$	1	100	$6.28\text{E}+04$	$6.28\text{E}+02$	$1.42\text{E}+04$	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	100	$6.38\text{E}+03$	$6.38\text{E}+01$		
	$^{64}\text{Cu}$	100	100	$1.85\text{E}+03$	$1.85\text{E}+03$		
	$^{89}\text{Zr}$	100	100	$9.25\text{E}+02$	$9.25\text{E}+02$		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	100	$2.78\text{E}+04$	$2.78\text{E}+02$		
	$^{131}\text{I}$	100	100	$9.26\text{E}+03$	$9.26\text{E}+03$		
	$^{89}\text{Sr}$	100	100	$9.25\text{E}+02$	$9.25\text{E}+02$		
	$^{223}\text{Ra}$	100	100	$3.70\text{E}+01$	$3.70\text{E}+01$		
	$^{225}\text{Ac}$	100	100	$3.70\text{E}+01$	$3.70\text{E}+01$		
	$^{32}\text{P}$	100	100	$2.22\text{E}+02$	$2.22\text{E}+02$		
放射性废物间	$^{18}\text{F}$	1	10	$6.28\text{E}+01$	$6.28\text{E}+00$	$2.98\text{E}+02$	II
	$^{68}\text{Ga}$	1	10	6.38	$6.38\text{E}-01$		

场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度 (MBq)	加权活度 (MBq)	总加权活度 (MBq)	工作场所分类
	<sup>64</sup> Cu	100	10	1.85	1.85E+01		
	<sup>89</sup> Zr	100	10	9.25E-01	9.25E+00		
	<sup>99m</sup> Tc	1	10	2.78E+01	2.78E+00		
	<sup>131</sup> I	100	10	9.26	9.26E+01		
	<sup>89</sup> Sr	100	10	9.25E-01	9.25E+00		
	<sup>223</sup> Ra	100	10	3.70E-02	3.70E-01		
	<sup>225</sup> Ac	100	10	3.70E-02	3.70E-01		
	<sup>32</sup> P	100	10	2.22E-01	2.22E+00		
	<sup>177</sup> Lu	100	10	1.56E+01	1.56E+02		

注：1.加权活度=（计划最大日操作量×核素的毒性权重因子）×操作性修正因子；  
2.按照《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 附录 G 的分类依据，加权活度>50000MBq 的属于 I 类工作场所；加权活度 50MBq~50000MBq 的属于 II 类工作场所；加权活度<50MBq 的属于 III 类工作场所；  
3.污洗间药物活度按每天每种核素最大用药量的千分之一考虑；  
4.固废间、放射性废物间的 <sup>32</sup>P 药物活度按单人最大用药量考虑，其余每种核素按每天最大用药量的千分之一考虑。

由上表可知，本项目核医学科工作场所含有 I 类、II 类工作场所，保守按照 I 类考虑。根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对临床核医学工作场所具体分类办法，拟采取的辐射防护措施与标准要求对照情况见下表。

表 9.1-8 工作场所室内表面及装备要求拟采取的防护措施符合性分析

标准要求		拟采取的措施	是否满足要求
结构屏蔽	需要	核医学科内的分装室、运动负荷/抢救室、肺通气室、碘-131 休息室、VIP 候诊室、PET/CT 候诊室、SPECT/CT 候诊室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室等功能用房均设置了实体屏蔽结构，经核算，屏蔽满足 HJ1188 周围剂量当量率限值要求。	满足
地面	室内地面与墙壁衔接处应无缝	分装室、运动负荷/抢救室、肺通气室、碘-131 休息室、VIP 候诊室、PET/CT 候诊室、SPECT/CT 候诊室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室等功能用房地面做 PVC 材料的光滑塑胶地面，核医学科功能用房地面与墙壁的连接处均采用圆弧设计，保证连接处无缝隙。	满足
表面	易清洗	分装室内的工作台面和注射/给药台表面拟采用不锈钢等易清洗材料，设备的表面、工作台台面等平整光滑、易于清洗、去污。	满足
分装柜	需要	医院拟新增 4 个手套箱。	满足
通风	I: 特殊的强制通风	核医学科通风整体按照场所要求进行通风设计；拟配备的手套箱设立单独排风管道，安装独立风机，设置止回阀，保证通风效果。	满足

管道	下水道宜短，大水流管道宜有标记，以便维修检测。	衰变池预处理设施位于核医学科西南侧地下室，衰变池设于核医学科西侧室外地下，地埋式设置，废水分别在核医学科的集水井汇集后再排入预处理设施，预处理后再排至衰变池暂存衰变。大水流管道处将按要求设有标记，以便维修检测。放射性废液管道经专用水井走管至地下衰变池。	满足
盥洗与去污	洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制和去污设备	洗手盆均拟设置感应式或脚踏式等手部非接触开关控制，并各配备一套去污工具。	满足

### 9.1.9 人流和物流路线规划分析

本项目核医学工作场所规划了工作人员、患者、放射性药物和放射性废物的流动路线，有利于避免放射性物质和人员的交叉污染，减少对相关人员的辐射影响。

#### (1) 核医学科患者入口、出口设置

核医学科在东侧设置总入口，方便就诊人员由东侧的电梯厅进入；根据核医学诊疗流程，给药后患者向西单向流动，在核医学科西侧设专用出口电梯（向上仅通达地面一层），患者由专用电梯通往一层，直接出室外离开医院，避免了患者进入其他诊疗区与人员产生交叉污染，出口路径不经过人员密集区，相邻区域无人员长停留的场所，因此本项目核医学科患者进、出口设置合理。

**单向门和门禁控制系统：**在核医学工作场所的出入口设置单向门和门禁控制系统，患者只能从入口进、出口离开，控制患者单向流动，核医学患者按照就诊序号，通过接诊叫号后进入核医学场所，未叫号的患者不能进入核医学场所控制区，患者进入核医学后根据工作人员的语音对讲系统引导及场所内的引导标识进行就诊，患者在核医学场所内单向流动，不能原路返回，避免患者间的交叉影响。北侧与放疗科之间的门为常闭的消防门，特殊情况方可开启。同时，在核医学场所内设置视频监控系统，以便工作人员更好地为患者提供引导服务。通过上述措施杜绝无关人员进入核医学工作场所，控制患者接诊的秩序，避免患者之间的影响，同时核医学接诊的工作人员及时提醒公众不靠近核医学门诊入口，避免受到辐射影响。

#### (2) 药物运输路线

医院使用的放射性药物除了<sup>68</sup>Ga可使用发生器生产外，其它均为外购，由供药单位上班前将药物送至医院核医学科，运输过程中尽量避免与无关人员近距离接触，由工作人员核对放射性药物信息量，与供药单位办理交接手续并存档，将药物暂存在储源室内。

①供药单位送药路线：供药单位把药物从医技楼南区一层西侧乘坐核医学电梯送入

核医学科（采用医院上班前送达及临时管控措施，确保运输时入口及运输路径附近没有无关人员）→沿着核医学科患者走廊、穿过分装注射室到达储源室，登记接收→送药人员离开核医学科。

②运动负荷兼抢救室内送药路线：分装注射室内的工作人员根据运动负荷兼抢救室内患者的情况，通过运动负荷兼抢救室与分装注射室之间的连通门及时将药物转移到运动负荷兼抢救室内，为患者注射。

③肺通气室内药物：分装注射室与肺通气室之间设有连通门，工作人员将药物通过连通门转移到肺通气室内。

④甲测室内药物：甲测室与分装注射室之间设有连通门，工作人员将药物从分装注射室通过连通门转移到甲测室内。

⑤敷贴治疗药物： $^{32}\text{P}$  敷贴器在分装注射室内制备完成后，工作人员通过敷贴室与分装注射室之间的连通门将药物转移到敷贴室内； $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源储存在敷贴室内的保险箱内，需要使用时由工作人员取出，使用结束后再放回保险箱，并做好取用的登记记录。

⑥SPECT/CT 机房内药物：由工作人员穿过分装注射室北侧的防护门，再沿着患者走廊，从 SPECT/CT 机房北侧防护门进入机房，将药物用推车转移到 SPECT/CT 机房内。

### （3）污物路线

本项目核医学科放射性同位素操作过程中产生的放射性固体废物在各产生点（如分装室、敷贴室、注射/给药处等）就近设置放射性废物桶，每天工作结束后转移至固废间集中暂存，待废物桶存满后打包将放射性固体废物转移至放射性废物间暂存衰变，满足衰变时间要求后解控清运，作为医疗废物进行处置，在非工作时间从放射性废物间通过核医学科出口电梯转移出核医学场所。

### （4）工作人员路线

医务人员进入核医学控制区前，设置有卫生通过、淋浴间，设置铅衣存放处和洗手池、专用的表面污染监测、去污洗消和存放衣物等功能场所。在卫生通过间穿好防护服，再进入控制区。当返回清洁区时，必须清洁完毕、表面污染监测达标后再原路返回。

工作人员路径见图 9.1-11 蓝色双向箭头，可避免医生因不同核素的使用发生交叉污染，有 8 条不同的人流路径：

①SPECT/CT 机房/PET/CT 机房控制室工作人员：从核医学科东南侧进入→经过走

廊进入控制室→摆位时进入 SPECT/CT 机房/PET/CT 机房→工作完成后原路返回离开。

②放射性药物分装、注射人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间，进入分装注射室，工作完成后通过卫生通过间离开，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，检测达标更衣后离开。

③<sup>68</sup>Ga 药物制备人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间，进入分装注射室，在分装注射室内使用锗镓发生器进行制备 <sup>68</sup>Ga 药物，并对制备的药物进行质检；工作完成后通过卫生通过间离开，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，监测达标更衣后离开。

④运动负荷兼抢救室人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间、分装注射室，进入运动负荷兼抢救室，工作结束后原路返回，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，监测达标更衣后离开。

⑤肺通气室人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间、分装注射室，进入肺通气室，工作结束后原路返回，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，监测达标更衣后离开。

⑥甲测人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间、分装注射室，再进入甲测室，工作结束后原路返回，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，监测达标更衣后离开。

⑦敷贴治疗人员：工作人员从核医学科东侧穿过卫生通过间，进入分装注射室，<sup>32</sup>P 敷贴治疗人员在分装注射室内制备 <sup>32</sup>P 敷贴器，再进入甲测室进行敷贴治疗工作，工作结束后原路返回，离开前需进行表面污染监测，并进行必要的去污措施，监测达标更衣后离开。

⑧<sup>99m</sup>Tc 动态扫描床旁注射人员：工作人员从核医学科东侧进入后，经过卫生通过间进入分装室，使用推车将患者需要注射的药物转移至 SPECT/CT 机房，工作人员经过分装注射室北侧的防护门，再沿着患者走廊到达 SPECT/CT 机房，从 SPECT/CT 机房北侧防护门进入，工作结束后原路返回，离开前需进行表面污染检测，并进行必要的去污措施，检测达标更衣后离开。每名患者按叫号顺序进入核医学科内的 SPECT/CT 机房，通过时间管控，保证工作人员在转移药物和返回的过程中不与患者交叉污染。

#### **(5) 患者路径**

①PET 诊断患者路径：根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记和确认信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示，由东侧核医学科患者专用单向入口进入注射区

到 PET 注射窗口接受注射→注射完成后，根据工作人员语音指导及路线指示进入相应的 PET/CT 候诊室候诊→候诊完成后，根据语音呼叫系统提示进入 PET/CT 机房进行扫描检查→扫描完成后 PET 患者根据工作人员语音指导及路线指示进入 PET/CT 留观室留观→留观结束后乘坐核医学专用电梯离开。

### ②SPECT 诊断患者路径：

**<sup>99m</sup>Tc 患者路径：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示，由东侧核医学科患者专用单向入口进入注射区到 SPECT 注射窗口接受注射（肺通气患者到肺通气室给药、部分患者到运动负荷/抢救室注射、动态显像患者直接到 SPECT/CT 机房床旁注射）→接受注射/给药后的患者到 SPECT/CT 候诊室候诊→候诊完成后，根据语音呼叫系统提示进入 SPECT/CT 机房进行扫描检查→扫描完成后，SPECT 患者到 SPECT/CT 留观室留观→留观结束后乘坐核医学专用电梯离开。

**<sup>131</sup>I 患者路径：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示到达注射区的碘服窗口→服药后沿着患者通道到达核医学出口、乘坐核医学专用电梯离开→根据约定时间 24 小时/48 小时后再回到核医学科前台登记→根据现场诊疗情况，由工作人员指导患者进入碘-131 休息室候诊→根据语音呼叫系统提示进入 SPECT/CT 机房进行扫描检查→结束后乘坐核医学专用电梯离开。

**<sup>177</sup>Lu 患者路径：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据现场诊疗情况，由工作人员指导患者进入碘-131 休息室候诊→根据语音呼叫系统提示进入 SPECT/CT 机房进行扫描检查→结束后乘坐核医学专用电梯离开。不与 <sup>131</sup>I 显像同时开展。

**③甲亢治疗患者路线：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示到达注射区的碘服窗口服药→服药后沿着患者通道进入甲亢留观室留观→留观结束后乘坐核医学专用电梯离开。

**④癌症门诊治疗患者路线：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示到达注射区的 SPECT 窗口服药→服药后沿着患者通道到达核医学出口、乘坐核医学专用电梯离开。

**⑤甲测患者路径：**根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示进入甲测室服药→服药后原路返回离开核医学科→间隔 2h、4h 和 24h 后返回，从甲测室东侧门口进入进行诊断→诊断结束后原路返回离开。

⑥**敷贴治疗患者路线**：根据预约时间在核医学科东侧的护士站登记信息→根据工作人员指导、语音呼叫系统提示进入敷贴室→治疗完成后从原路返回离开核医学科。

核医学科的人流和物流路线规划示意图见图 9.1-11。根据上述核医学科人员、物流路径规划可知，规划了相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径，且医务人员和患者均设有独立的出入口和通道；患者路线能够保证沿核医学工作程序的相关功能房间单向流动，注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉；同时工作人员根据实际情况安排患者轮流进入核医学场所给药，给药后的患者要及时引导进入相应房间休息候诊或离开，避免给药后患者在患者走廊逗留，并根据不同诊疗项目患者情况，需服用  $^{131}\text{I}$  药物患者、门诊治疗患者可分别集中一段时间优先进行给药或等其他诊断患者给药结束后再安排给药。患者通过管控轮流给药，给药前，工作人员详细核对患者的个人信息及给药量，经过护士站登记、就诊的叫号、给药前的信息确认等多重核对，可有效避免就诊过程的医疗差错，保证临床安全。放射性药物和废物运输设置专用路线，通过采取时间、空间交通管控措施，确保放射性药物运输时运输路线无人员通过，可实现放射性药物与人员路线不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道尽可能短捷。综上所述，本项目核医学科的人员、物流路径规划满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于人员路径的要求，路径设置较为合理。

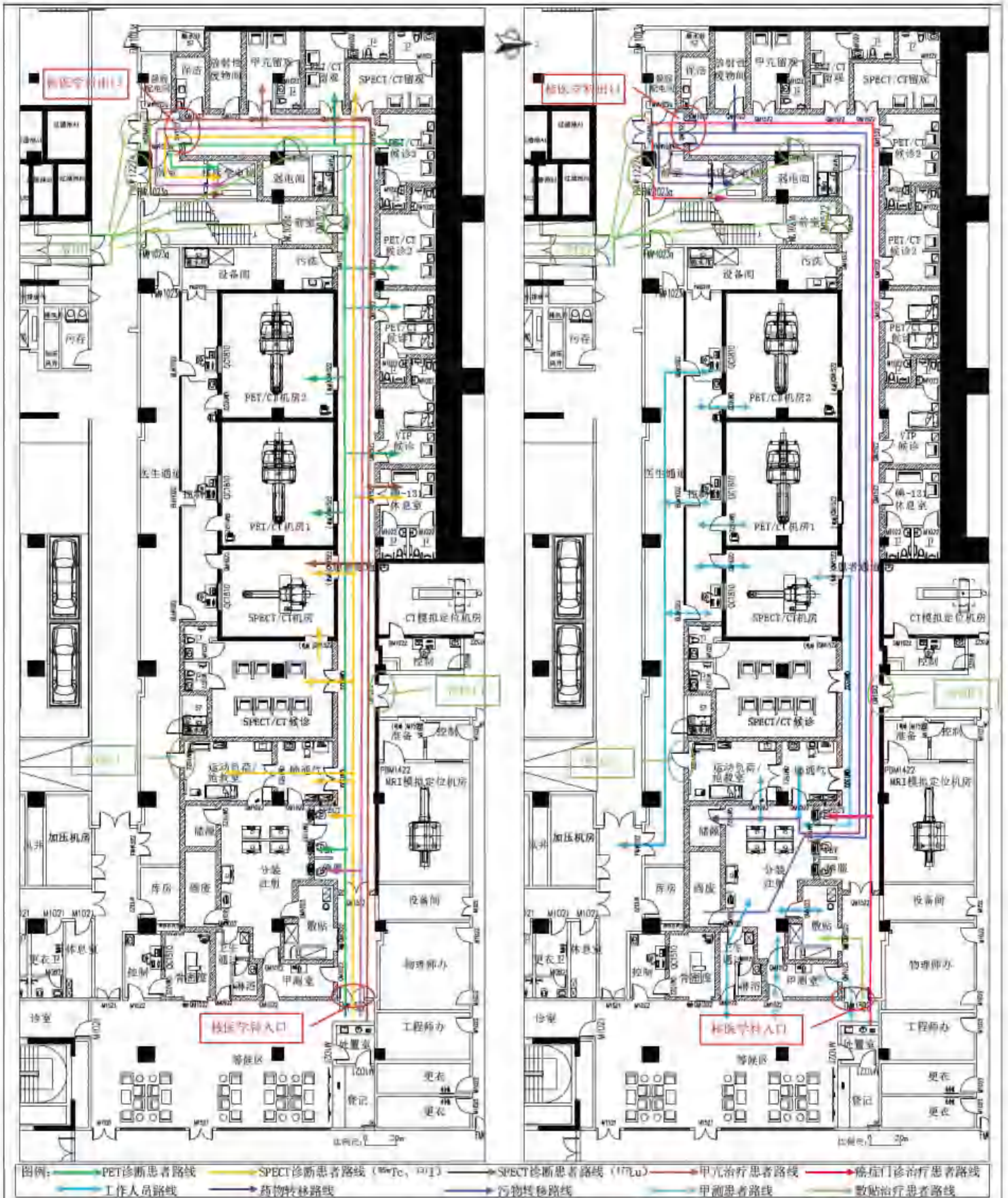


图 9.1-11 核医学科路径规划图

## 9.2 核医学科污染源项描述

### 9.2.1 放射性同位素与射线装置基本参数

#### (1) 非密封放射性核素

本项目拟使用非密封放射性核素的有关参数见下表。

表 9.2-1 非密封放射性核素的参数属性

核素名称	状态	半衰期	毒性级别	主要衰变方式	主要射线和能量 (MeV)	活动种类及用途
$^{18}\text{F}$	液态	109.8min	低毒	EC、 $\beta^+$	$\gamma$ 0.511	使用，显像诊断
$^{64}\text{Cu}$	液态	12.7h	低毒	EC、 $\beta^+$ 、 $\beta^-$	$\gamma$ 0.511	使用，显像诊断
$^{68}\text{Ga}$	液态	68.3min	低毒	EC、 $\beta^+$	$\gamma$ 0.511	使用，显像诊断
$^{89}\text{Zr}$	液态	78.41h	中毒	EC、 $\beta^+$	$\gamma$ 0.511、0.909	使用，显像诊断
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态	6.02h	低毒	IT	$\gamma$ 0.140	使用，显像诊断
$^{131}\text{I}$	液态	8.02d	中毒	$\beta^-$	$\gamma$ 0.365	使用，甲测、甲亢治疗、显像诊断
$^{89}\text{Sr}$	液态	50.53d	中毒	$\beta^-$	$\beta$ 1.488	使用，癌症治疗
$^{223}\text{Ra}$	液态	11.44d	极毒	$\alpha$	$\alpha$ 5.8713	使用，癌症治疗
$^{225}\text{Ac}$	液态	9.92d	极毒	$\alpha$	$\alpha$ 5.830	使用，癌症治疗
$^{32}\text{P}$	液态	14.3d	中毒	$\beta^-$	$\beta$ 1.71	使用，敷贴治疗
$^{177}\text{Lu}$	液态	6.73d	中毒	$\beta^-$	$\gamma$ 0.2084, $\beta$ 0.2058	使用，显像诊断

注：以上数据来源于《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)、《 $\gamma$ 射线屏蔽参数手册》、《辐射安全手册》(第三分册)。

#### (2) 射线装置

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号),PET/CT 和 SPECT/CT 包含在医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置类型中,医用 X 射线计算机断层扫描(CT)装置属于Ⅲ类射线装置,因此,本项目核医学科拟使用的 2 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT 属于Ⅲ类医用射线装置。

表 9.2-2 射线装置的配置情况

射线装置名称	数量 (台)	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	活动种类及用途
PET/CT	2	Ⅲ	140	1000	使用，显像诊断
SPECT/CT	1	Ⅲ	140	1000	使用，显像诊断

### (3) 放射源

敷贴治疗源：使用  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源敷贴治疗，放射源的污染因子包括  $\beta$  射线、韧致辐射。根据本项目拟用  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  最大活度和《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）， $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  属于 V 类放射源，有关参数见表 9.2-3。

校准源：若使用放射源  $^{68}\text{Ge}$  校准，则放射源的污染因子为  $\gamma$  射线；使用放射源  $^{22}\text{Na}$  校准，则放射源的污染因子主要为  $\beta$  射线。根据放射源活度和《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），该 PET 项目拟配置的校准源（密封源）均属于 V 类放射源。PET/CT 配套放射源的主要相关参数见表 9.2-3。

表 9.2-3 放射源的相关属性

放射源	状态	活度及数量 (Bq)	毒性级别	主要衰变方式	主要射线和能量/MeV	半衰期	用途
$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	固态	$1.48 \times 10^9 \times 1$ 枚	高毒	$\beta^-$	$\beta 0.546$	28.5a	敷贴治疗
$^{68}\text{Ge}$	固态	$1.11 \times 10^8 \times 1$ 枚	中毒	EC	$\gamma 0.51$	288d	PET/CT 校准
$^{68}\text{Ge}$	固态	$5.55 \times 10^7 \times 2$ 枚	中毒	EC	$\gamma 0.51$	288d	PET/CT 校准
$^{22}\text{Na}$	固态	$1.48 \times 10^7 \times 7$ 枚	低毒	$\beta^+$	$\beta 0.544$	2.60a	PET/CT 校准

### 9.2.2 环境影响因子分析

由核医学工作流程分析可知，射线外照射将伴随核素在核医学诊疗项目整个开展过程中，包括供药、分装、注射（服药）等过程。受诊患者注射（服药）放射性药物后，本身短时间内也成为一个“辐射体”，随着患者的移动，将对周围环境造成辐射影响，排泄物也成为放射性污染物。在诊疗过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物。核医学项目主要污染因素和辐射影响如下：

#### (1) $\gamma$ 射线贯穿辐射

①本项目使用的核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  在发生衰变时产生的  $\gamma$  射线，在进行药物交接、分装、注射（服药）等操作时，在周围停留的操作人员和患者可能受到核素释放出的  $\gamma$  射线外照射影响。

②患者注射/口服放射性药物后，本身短时间内是一个辐射体（源），对周围的环境可能造成外照射影响。

③进行 SPECT/CT、PET/CT 扫描时，受诊病人身体中的放射性核素产生的  $\gamma$  射线将对操作人员造成外照射影响。经过机房的屏蔽，射线可能仍有一定的泄漏，环境影响途径为外照射。

## **(2) $\beta$ 射线**

进行 SPECT 显像诊断的  $^{177}\text{Lu}$  患者和在门诊治疗使用的  $^{89}\text{Sr}$ 、敷贴治疗使用的  $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  会产生  $\beta$  射线， $\beta$  射线穿透力很弱，在组织内穿透距离很短。当  $\beta$  粒子被源周围物质阻止时，会产生轫致辐射（本质为 X 射线）。

## **(3) $\alpha$ 射线**

门诊治疗使用的核素  $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  均会产生  $\alpha$  射线， $\alpha$  射线在空气或其它物质中射程较短，使用过程中戴好口罩、手套等防护用品，增大操作距离即可防止  $\alpha$  射线造成的影响，主要防止造成内照射。

## **(4) X 射线**

使用 SPECT/CT 和 PET/CT 开机扫描时会产生 X 射线，对操作人员及周围环境造成辐射影响。

## **(5) 放射性表面污染**

放射性药物的生产、使用等活动过程中，不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

## **(6) 放射性固体废物**

主要是放射性药物操作使用过程中沾染放射性药物的固体废物，包括一次性注射器、棉签、滤纸、手套、一次性水杯等，核医学科废气处理系统定期更换的废活性炭也应作为放射性固体废物管理。

## **(7) 废旧放射源**

$^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$  校准源和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴治疗源使用一定年限不再使用后，产生报废旧放射源，由放射源供应单位回收或送交广东省城市放射性废物库处置。

## **(8) 放射性废液**

患者注射/服用放射性药物后产生的排泄物及冲洗水等含有放射性核素的废液，核医学科工作人员完成放射性药物操作后清洗去污的废液，核医学科工作场所清洗及应急洗消产生的可能含放射性核素的废液。

## **(9) 放射性废气**

放射性药物在操作过程中会发生微量挥发，服用了放射性药物的患者也可能会呼出带有放射性的废气。放射性废气将设置专用排风管道汇集后经活性炭过滤处理，高于屋顶排放。

### 9.2.3 放射性三废源项情况

表 9.2-5 放射性三废源项汇总表

辐射源项	产生的污染因子	源强
核医学科	放射性废液	排入 A 衰变池废液含有 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ，废液产生量为 $4.95\text{m}^3/\text{week}$ ；排入 B 衰变池废液含有 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 和 $^{90\text{m}}\text{Tc}$ ，废液产生量为 $7.52\text{m}^3/\text{week}$ 。
	放射性废气	各种放射性药物操作、患者给药后呼出产生放射性废气，经活性炭吸附处理设施处理后高空排放。
	放射性固体废物	放射性固体废物含有 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{90\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ，年产生量为 $1320\text{kg}$ ，活性炭过滤装置也需暂存满相应天数后，作普通医疗废物处理；废 $^{68}\text{Ge}$ 校准源最多 3 枚，单枚初始最大活度 $1.11 \times 10^8\text{Bq/枚}$ ；废 $^{22}\text{Na}$ 校准源最多 7 枚，单枚初始最大活度 $1.48 \times 10^7\text{Bq/枚}$ ；废旧 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴源最多 1 枚，初始最大活度 $1.48 \times 10^9\text{Bq}$ 。

## 9.3 核医学科项目辐射安全与防护

### 9.3.1 工作场所布局分析及分区情况

#### (1) 工作场所布局分析

核医学工作场所布局场所按照生态环境部相关标准和临床核医学放射卫生防护标准设计，根据不同的功能设置“非限制区、监督区、控制区”，非限制区设置护士站、给药前候诊区、常规诊室、办公场所等。

整个核医学科辐射工作场所北侧为放疗科相关用房（直线加速器机房 1-3、CT 模拟定位机房、MRI 模拟定位机房、设备间、主任办、物理师办），北侧与放疗科之间的门为常闭的消防门，特殊情况方可开启，SPECT/CT 机房与 MRI 模拟定位机房最近距离约 8m，两间机房内的设备中心点距离约 18m；东侧为核医学科等候区、护士站；南侧为通道、停车场；东南侧为核医学科配套办公区；西侧为地下通道；正下方为岩土层；正上方为地下车道、加压机房、库房、报警阀间、工具间、设备冷库、剂量控制室、维修办公室、办公室、维修间、输液库、走道、验货区、特殊药品库、中药库等。核医学科平面布局见图 9.3-1，上层相邻布局见图 9.3-2。

患者在核医学科东侧非限制区的护士站登记后，根据指示从核医学科东侧进入核医学科；核医学科辐射工作场所布局遵循活性区和非活性区分开、人员路线独立的原则，相关配套功能房间齐全，能够保证工作程序沿相关功能房间单向展开，能够满足医务人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人

员受到不必要的外照射。

核医学工作场所，放射性废气通过专用排放管道排入排风井，放射性废液通过专用管道收集至衰变池，放射性固废由专用的放射性废物间暂存，因此放射性三废不会流入其他场所。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中对于核医学科的具体平面布局要求，对本项目设计情况进行对照分析，具体情况见下表。

表 9.3-1 本项目平面布局设计情况与标准对照情况

《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	本项目情况	符合性 分析
5.2.1 同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	本项目核医学科按照诊疗流程设计相应功能用房的布局，使得患者就诊路径比较合理。控制区集中设置，高活室集中在一端，防止交叉污染。 储源室及固废间面积已尽可能减小，拟设置给药后候诊室为患者提供给药后专门休息场所，可以限制给药后患者的活动空间。	符合
5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	拟设置独立的工作人员路线，患者路线通过预约、时间管控分开，工作人员通道和患者通道分开，可以减少给药后患者对其他人员的照射，药物运输路线采用医院上班前送达及临时管控措施，废物路线在非工作时间从放射性废物间转移出核医学场所，相对独立，且放射性药物和放射性废物运送通道较为短捷。 拟设置的路线满足注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷，便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	符合
5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	本项目核医学科控制区的入口拟设置门锁权限控制系统、出口拟设置单向门，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。 为集中管理给药后患者，减小其对其他未给药患者的影响，控制区内设置 PET/CT 候诊室、SPECT/CT 候诊室、碘-131 休息室、甲充留观室，以上功能用房内均设有给药后患者的专用卫生间。 控制区的出入口（分装室出口）已设立卫生缓冲区，卫生缓冲区内配有医护人员使用的防护用品、表污仪，设置淋浴间；患者入口设置合适的储物柜。分别为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设	符合

	施和表面污染监测设备。	
放射诊断放射防护要求（GBZ130-2020）	本项目情况	符合性分析
6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	PET/CT 和 SPECT/CT 设备有用线束不朝向照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	符合
6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗均采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室（含楼上、楼下）及周围场所的人员防护与安全。	符合
6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。	PET/CT 和 SPECT/CT 机房均设有单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长均满足设备的布局要求。	符合

核医学科工作场所布局遵循活性区和非活性区分开、人员路线独立的原则，相关配套功能房间齐全，能够保证工作程序沿相关功能房间单向展开，能够满足医务人员及病人均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，核医学科在东侧设置总入口，方便就诊人员由核医学科东侧的电梯厅进入；在核医学科西侧设置患者专用出口电梯，患者由专用电梯通往一层，直接从专用通道离开到室外，室外道路非医院主干道，一层出口位于医技楼西侧，远离医院就诊入口，并设置管控以避免无关人员逆向进入。因此核医学工作场所满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）关于布局的要求，布局合理。

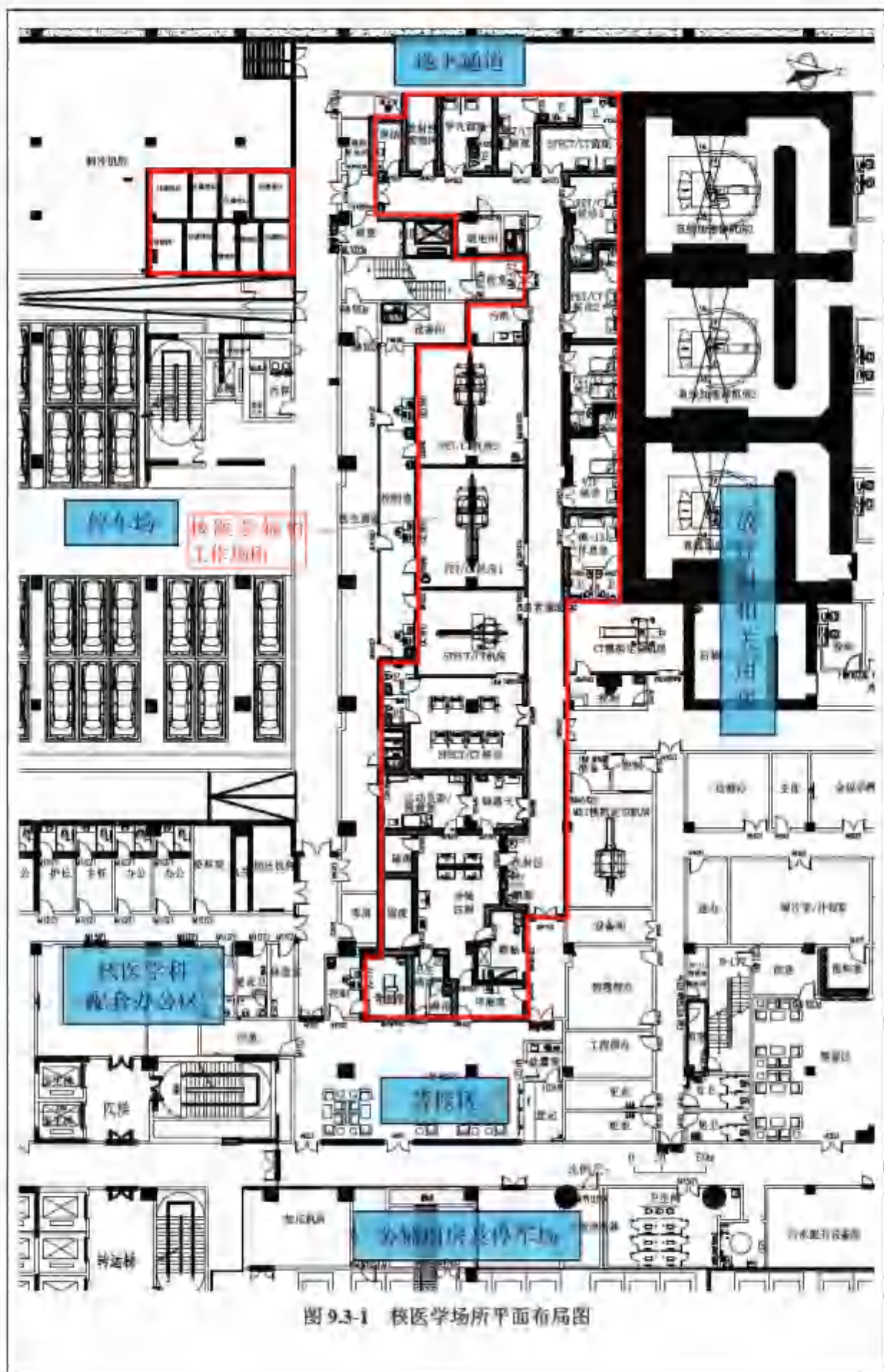


图 9.3-1 校医学场所平面布局图

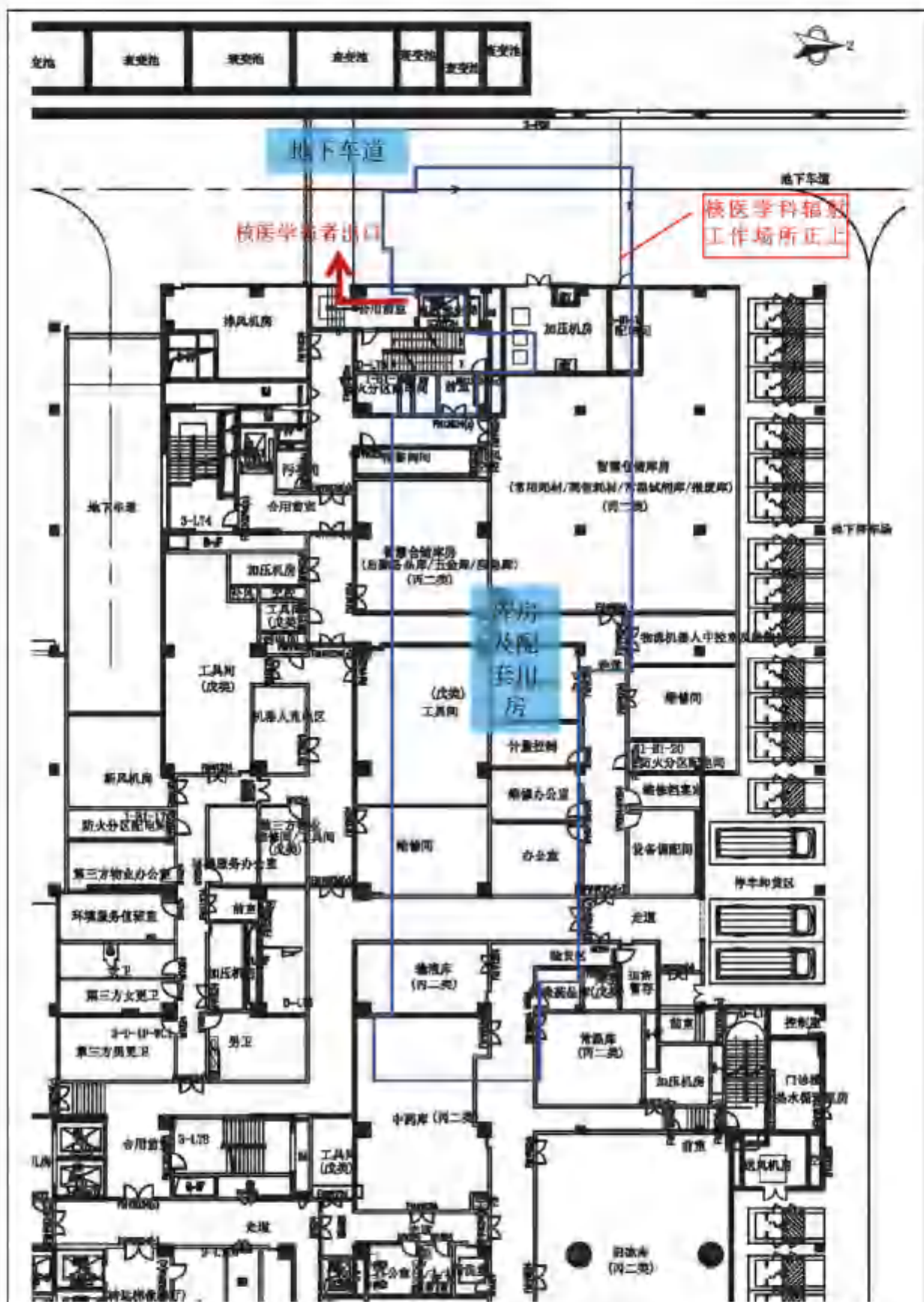


图 9.3-2 核医学科辐射工作场所正上方平面布局图

## (2) 工作场所分区情况

为了便于加强管理,切实做好辐射安全防护工作,按照《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》(GB18871-2002)的要求,在辐射工作场所内划出控制区和监督区,在项目运营期间采取分区管理措施。

**控制区划分原则:**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散,以及在一定程度上预防或限制潜在照射,要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志,并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序(如进入控制区的工作许可证)和实体屏蔽(包括门锁和联锁装置)限制进出控制区,放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区划分原则:**未被确定为控制区,正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施,但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴表明监督区的标牌;并定期检查工作状况,确认是否需要防护措施和安全条件,或是否需要更改监督区的边界。

对于卫生通过间分区要求,《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求划为监督区。

本项目核医学场所具体分区情况见下表:

表 9.3-2 核医学科分区管理一览表

分区情况	房间	管控要求
控制区	衰变池、分装注射室、储源室、固废间、运动负荷/抢救室、碘-131 休息室、3 间 PET/CT 候诊室、1 间 SPECT/CT 候诊室、2 间 PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、甲亢留观室、PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、污洗间、敷贴室、甲测室、放射性固体废物间等区域	出、入口设置单向门禁、张贴电离辐射警告标志,严格限制人员进出控制区
监督区	卫生通过间、控制室、设备间、控制区相邻区域以及控制区外防护门外 30cm 处等区域	入口设置警戒线标明监督区,并定期检查其辐射剂量率水平



### 9.3.2 辐射防护屏蔽设计

核医学科位于医技楼地下二层，下方为岩土层，不需要附加防护。核医学辐射工作场所辐射防护屏蔽设计方案如表 9.3-2 所示。

表 9.3-2 核医学科各功能用房辐射防护屏蔽设计方案

功能用房	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
分装注射室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
	PET 注射窗	50mmPb
	SPECT 注射窗	50mmPb
	服碘窗口	50mmPb
储源室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
固废间	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
卫生通过间、淋浴更衣室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 2mm 铅板
肺通气	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 6mm 铅板
运动负荷/抢救室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
甲测室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	普通洁净门
敷贴室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	普通洁净门
SPECT/CT 候诊室	墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 6mm 铅板
SPECT/CT 机房	墙体	250mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土

功能用房	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
功能用房	防护门	内衬 6mm 铅板
	观察窗	6mmPb
	墙体	250mm 混凝土
PET/CT 机房 1、2	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
	观察窗	10mmPb
	墙体	240mm 实心砖
污洗间	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 6mm 铅板
	墙体	240mm 实心砖
碘-131 休息室	东侧墙体	250mm 混凝土
	北侧墙体	1700mm 混凝土
	西、南侧墙体	240mm 实心砖
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
VIP 候诊室	东、西、南侧墙体	240mm 实心砖
	北侧墙体	1700mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
PET/CT 候诊室 1~3	东、西、南侧墙体	240mm 实心砖
	北侧墙体	1700mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
SPECT/CT 留观室	东、南侧墙体	240mm 实心砖
	西侧墙体	300mm 混凝土
	北侧墙体	1700mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 6mm 铅板
PET/CT 留观室	东、南、北侧墙体	240mm 实心砖
	西侧墙体	300mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
甲亢留观室	东、南、北侧墙体	240mm 实心砖
	西侧墙体	300mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
保洁间、放射性废物间	东、南、北侧墙体	240mm 实心砖
	西侧墙体	300mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板
患者走廊	北侧墙体(与放疗科相邻)	250mm 混凝土

功能用房	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
	北侧墙体（与直加机房相邻）	1700mm 混凝土
	南侧墙体（与核医学科机房共用）	250mm 混凝土
	顶棚	350mm 混凝土
	地面	110mm 混凝土
	防护门	内衬 10mm 铅板

注：1、实心砖密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅板密度不小于 11.3g/cm<sup>3</sup>。  
2、相邻场所共用墙体时，按防护要求较高的进行施工。

对于 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房，还需考虑 PET/CT/和 SPECT/CT 设备运行时产生的 X 射线的辐射屏蔽。PET/CT 和 SPECT/CT 相当于放射诊断的 X 射线 CT 机，属于 III 类射线装置，因此对于 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房的 X 射线屏蔽要求按照 CT 要求。

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的 C.1.2 中（式 C.1）及（式 C.2）进行等效铅当量厚度的计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 9.3-1})$$

式中：

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子；

$\alpha$ ——不同屏蔽物质对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

$\beta$ ——不同屏蔽物质对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

$\gamma$ ——不同屏蔽物质对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

X——铅厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 9.3-2})$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ ——铅对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

$\beta$ ——铅对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

$\gamma$ ——铅对 140kV 管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数，见表 9.3-3；

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子。

表 9.3-3 铅、混凝土、砖对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压 (kV)	铅			混凝土			砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
140 (CT)	2.009	3.990	0.3420	0.03360	0.01220	0.5190	/	/	/

根据式 (9.3-1)，计算得 350mm 混凝土屏蔽透射因子 B 为  $4.31 \times 10^{-6}$ ，将 B 代入式(9.3-2)，得 350mm 混凝土折算为 4.6mmPb；同理可得 250mm 混凝土折算为 3.0mmPb。

本评价项目的 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房设计参数与《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求对照，见表 9.3-4。

表 9.3-4 机房设计参数与标准对照

项目	屏蔽体	设计方案	设计总铅当量 (mmPb)	标准要求 (mmPb)	是否满足
PET/CT 机房 (针对 X 射线)	四周墙体	250mm 混凝土	3.0	2.5	满足
	顶棚	350mm 混凝土	4.6		满足
	地板	岩土层	/		满足
	防护门	内衬 10mm 铅板	10.0		满足
	观察窗	10mmPb 铅玻璃	10.0		满足
SPECT/CT 机房 (针对 X 射线)	四周墙体	250mm 混凝土	3.0	2.5	满足
	顶棚	350mm 混凝土	4.6		满足
	地板	岩土层	/		满足
	防护门	内衬 6mm 铅板	6.0		满足
	观察窗	6mmPb 铅玻璃	6.0		满足

核医学科的墙体采用实心砖墙或混凝土的形式，顶棚采用混凝土结构楼板形式，地板下方为岩土层，不需要附加防护，采用以上形式的防护措施，既做到选材最优亦能够保证满足核医学科核素屏蔽防护的性能需求和射线装置空间利用需求，亦能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中对 CT 机房的屏蔽防护要求。

### 9.3.3 辐射防护设施及用品

表 9.3-5 本项目拟配置的防护设施和防护用品一览表

序号	种类名称	设置场所	数量	铅当量 (mmPb)
1	正电子药物手套箱	分装注射室	1 个	正面: 65mmPb, 其他面: 50mmPb
2	敷贴通风橱	分装注射室	1 个	10mm 有机 玻璃
3	单光子药物手套箱	分装注射室	1 个	20
4	碘-131 专用手套箱	分装注射室	1 个	50
5	锝发生器药物制备 通风橱	分装注射室	1 个	50
6	转运铅罐	储源室	8 个	50
7	<sup>90</sup> Sr- <sup>90</sup> Y 敷贴放射源金 属笼	敷贴室	1 个	/
8	校准源金属笼 (PET/CT 设备需要用校准源时 设置)	设备间	1 个	/
9	铅防护套	分装注射室	2 个 (SPECT 用)	5
			1 个 ( <sup>89</sup> Zr 用)	15
			2 个 (PET 用)	8
			2 个 (碘给药用)	8
10	脚踏式废物衰变桶	分装注射室、运动负荷/抢救 室、肺通气室、注射区、碘-131 休息室、VIP 候诊室、3 间 PET/CT 候诊室、SPECT/CT 候诊室、甲测室、PET/CT 留 观室、甲亢留观室、 SPECT/CT 留观室、敷贴室、 固废间、放射性废物间	20 个	10
11	立式注射防护车	分装注射室	1 个	5
12	铅防护衣、铅橡胶颈 套、铅橡胶帽子、铅防 护眼镜	卫生通过间	5 套	0.5
		控制室	5 套	0.5
13	废物衰变箱	放射性废物间	11 个	20
14	去污工具组	污洗间	2 套	/
15	铅屏风	碘-131 休息室、PET/CT 候诊 室 1-3、SPECT/CT 候诊室、 PET/CT 留观室、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室	5 个	10
			6 个	4
16	长柄操作工具	分装注射室	1 个	/

序号	种类名称	设置场所	数量	铅当量 (mmPb)
17	一次性专用口罩、手套、帽子	分装注射室	若干	/
18	吸水滤纸、纱布	分装注射室	若干	/
19	一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂 and 硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子	卫生通过间	各1套	/
20	制作 <sup>32</sup> P敷贴器的专用工具	分装注射室	2套	/
21	活度计	分装注射室	3个	/
22	α、β表面污染仪	卫生通过间	1台	/
23		敷贴室	1台	/
24	个人剂量报警仪	核医学科场所内	2台	/
25	便携式X-γ剂量率仪	核医学科场所内	1台	/
26	辐射剂量监测报警仪	核医学科入口、出口	各设置1个探头	/

本项目拟配置的防护设施和防护用品均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求，可以满足医院拟开展核技术利用项目运行的要求。除此以外，通过制度规范辐射工作人员的操作，包括放射性核素的管理、使用，放射性污染物的处理和患者的活动限制等。

### 9.3.4 辐射安全与防护措施

核医学科工作场所安全措施与标准符合性分析见表 9.3-6、表 9.3-7。

表 9.3-6 核医学科工作场所安全措施与标准符合性分析

《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	本项目情况	是否符合要求
6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	手套箱、服碘/注射窗的表面、工作台台面等拟采用不锈钢表面的一体产品，保证操作面平整光滑； 室内地面铺设防渗塑胶地板、在墙面施工至离地至少 50cm，能够保证地面与墙壁衔接处无接缝，	符合

	易于清洗、去污。	
6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行,丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽,给药后患者等候室内、核医学治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体,以减少对其他患者和医护人员的照射。	本项目场所级别为乙级,拟配置4个手套箱,用于操作和制备放射性核素。 拟为药物操作人员配备铅衣、铅眼镜等防护用品,并拟配备注射器防护套、注射防护车等防护用品。 PET/CT候诊室、SPECT/CT候诊室、碘-131休息室和留观室内拟设置有足够屏蔽厚度的铅屏风,以减少对其他患者和医护人员的照射。	符合
6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器,从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测,如表面污染水平超出控制标准,应采取相应的去污措施。	卫生通过间内拟设有洗涤去污设施和表面污染检测仪器,从控制区离开的人员和物品可以利用监测仪器进行表面污染监测,如表面污染水平超出控制标准,使用去污设施进行去污。	符合
6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内,定期进行辐射水平监测,无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账,及时登记,确保账物相符。	本项目核医学科设置储源室,并拟配置专门的金属笼用于贮存放射性物质,分别在设备间和敷贴室设置金属笼用于贮存设备的校准源和敷贴放射源,金属笼设双人双锁,防护门设置门锁,在防护门上设置电离辐射标志、警示语句,无关人员不会进入储源室。 医院制定监测计划,计划每月进行一次辐射水平监测。 医院拟安排专人管理,建立放射性物质台账,及时登记,确保账物相符。	符合
6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器,容器表面应张贴电离辐射标志,容器在运送时应有适当的固定措施。	拟配备专用的药物转运铅罐、金属笼等贮存和转运容器,表面张贴规范的电离辐射标志,在转运时采取药箱盛装等固定措施,防止药物翻倒和跌落。	符合
6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	PET/CT、SPECT/CT机房门框上方拟设置工作状态指示灯,灯箱处设置警示语句。	符合
《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	本项目情况	是否符合要求
6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置,其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	PET/CT机房、SPECT/CT机房均拟设置观察窗和监控装置,设置的位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风。	PET/CT机房、SPECT/CT机房拟设置动力通风装置,可以保持良好的通风。	符合
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志;机房门上方应有醒目的工作状态指示灯,灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句;候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	PET/CT机房、SPECT/CT机房的防护门上拟粘贴电离辐射警告标志;患者防护门上方拟设置醒目的工作状态指示灯,灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 在给药前患者候诊区设置放射防护注意事项告知栏。	符合
6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置;推拉式机房门应设有曝光时关闭	PET/CT机房、SPECT/CT机房控制室门为平开门,拟设置自动闭门装置;PET/CT机房、	符合

机房门的管理措施:工作状态指示灯能与机房门有效关联。 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	SPECT/CT机房患者防护门为电动推拉门,拟设置防夹装置及防护门关闭时设备才能曝光的管理措施,防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。在设备曝光前电动推拉门均由工作人员在控制室内操控关闭,防护门不关闭到位,设备不能曝光出束。	
6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。	PET/CT、SPECT/CT装置的根据机房的布局来安放,利于操作者观察受检者。	符合
6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。	PET/CT 机房, SPECT/CT 机房出入口设置在机房侧边,属于散射辐射相对低的位置。	符合

表 9.3-7 敷贴治疗工作场所安全措施与《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)对照情况

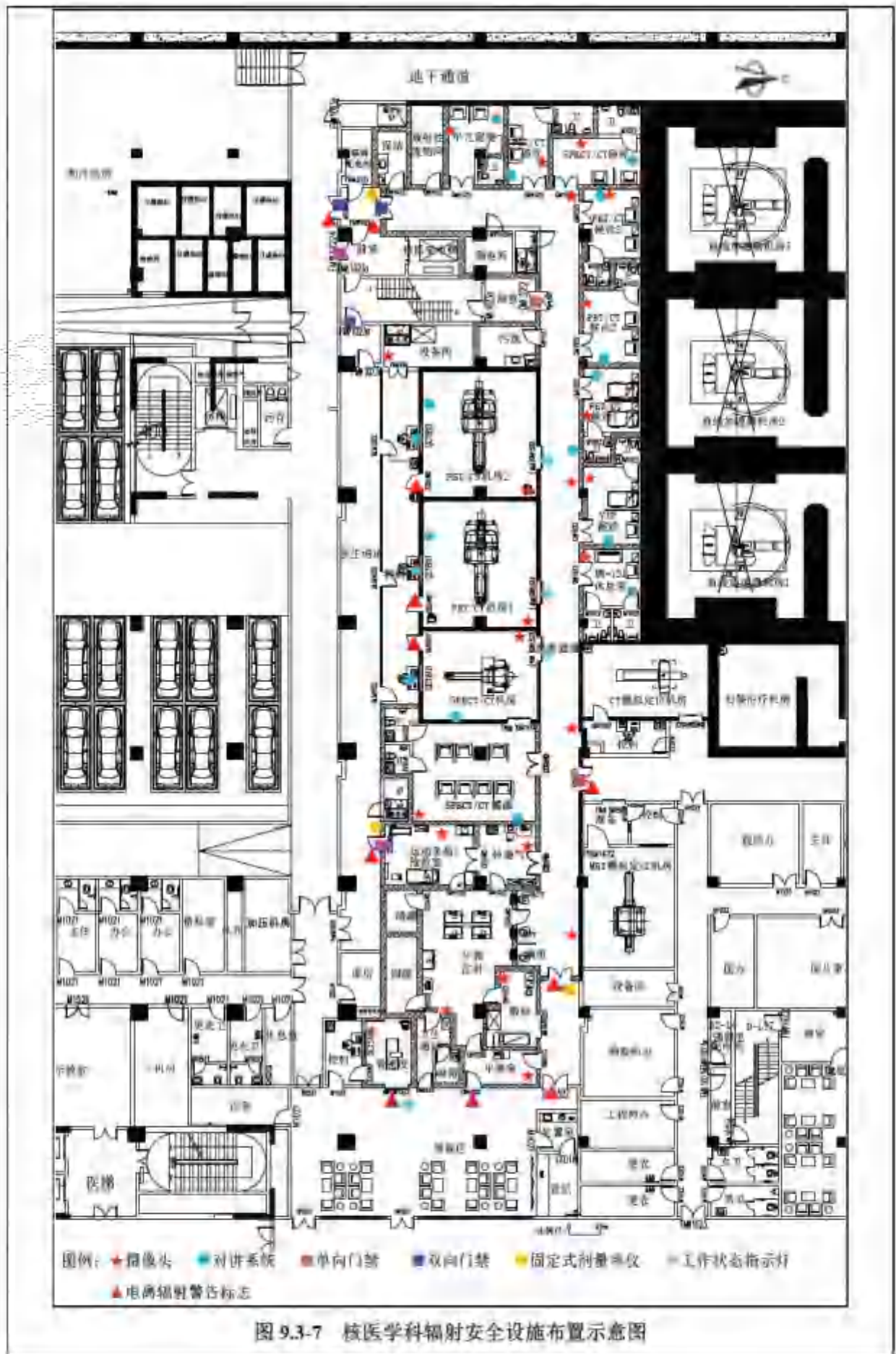
《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)要求	本项目辐射安全措施	评价
<b>敷贴治疗器的放射防护要求</b>		
通风系统独立设置,应保持核医学工作场所良好的通风条件,合理设置工作场所的气流组织,遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计,保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染,保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置,风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置,排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。	敷贴治疗工作场所内控制区的通风系统独立,不与其他非辐射工作区域通排风系统交叉。 $^{32}\text{P}$ 制作拟配置的手套箱设有专用的排风装置,顶壁安装活性炭过滤装置;风速不低于 0.5m/s;敷贴治疗工作场所排气口,设置在住院楼综合楼 B 塔屋顶,高于屋顶 2 米处排放,安装专用过滤装置,环境空气影响可接受。	符合
放射性核素应选用半衰期较长、 $\beta$ 射线能量较高,不伴生 $\gamma$ 辐射或仅伴生低能 $\gamma$ 辐射的放射性核素,例如 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 和 $^{32}\text{P}$ 敷贴器。	本项目拟使用 $^{32}\text{P}$ 敷贴器和 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 放射源开展敷贴治疗。	符合
自制敷贴器的处方剂量应根据病变性质和病变部位确定,根据处方剂量和面积大小确定所用放射性核素活度。	自制的 $^{32}\text{P}$ 敷贴器先由医生根据患者病变性质和病变部位确定处方和面积,再确定所用的放射性核素活度。	符合
眼科用敷贴器可根据病变需要做成不同形状(如圆形、船形、半圆形)或开有上述不同形状的窗的防护套来适应治疗不同角膜、结膜病变的需要。	在需要进行眼科敷贴时,根据病变需要做成不同形状或开有不同形状的防护套来治疗不同的病变。	符合
废弃商品敷贴器应按放射性废源管理,自制敷贴器可根据核素的性质按放射性废物管理。	废弃的 $^{32}\text{P}$ 敷贴器将收集至放射性废物间暂存衰变,暂存满十个半衰期后按一般医疗废物处理。	符合
<b>自制<math>^{32}\text{P}</math>敷贴器的特殊防护要求</b>		
$^{32}\text{P}$ 敷贴器的制作单位应配备活度计及 $\beta$ 表面污染仪,并具有制作 $^{32}\text{P}$ 敷贴器的专用工具。	手套箱里配备活度计和制作 $^{32}\text{P}$ 敷贴器的专用工具;敷贴治疗室配备 $\beta$ 表面污染仪。	符合
$^{32}\text{P}$ 敷贴器的制作间,其墙壁,地面及工作台面应铺易去除污染的铺料。	在手套箱内进行制作 $^{32}\text{P}$ 敷贴器,工作台面铺设医疗专用防渗塑胶板等饰面,确保表面平整光滑,室内地面、墙壁铺设防渗PVC地胶,保证地面与墙壁衔接处无接缝,易于清洗、去污。	符合
$^{32}\text{P}$ 敷贴器制作时应在通风橱内操作,制作者应戴乳胶手套。	工作人员在手套箱内制作 $^{32}\text{P}$ 敷贴器,并戴乳胶手套。	符合
自制 $^{32}\text{P}$ 敷贴器应保证不直接接触患者皮肤。	使用玻璃纸或塑料薄膜对皮肤进行覆盖, $^{32}\text{P}$ 敷贴器不直接接触患者皮肤。	符合

实施治疗时，应由医护人员操作，在不接触患者或受检者皮肤的一面用不小于3mm厚的橡皮覆盖屏蔽。	由医护人员对患者进行敷贴治疗，不接触患者皮肤的一面用3mm厚的橡皮覆盖屏蔽。	符合
自制的 <sup>32</sup> P敷贴器，应对其数量、活度，使用情况等进行登记。	每次治疗对敷贴器数量、活度，使用情况等进行登记。	符合
<b>敷贴治疗设施的放射防护要求</b>		
敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。	本项目设有专用的敷贴室，与诊断室、登记候诊室分开设置。治疗室面积为13.5m <sup>2</sup> ，使用面积满足治疗要求。	符合
治疗室内高1.5m以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。	敷贴室内1.5m以下的墙面及地面铺设防渗PVC地胶，保证地面与墙壁衔接处无接缝，易于清洗、去污，且易更换。	符合
治疗室内患者座位之间应保持1.2m的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。	治疗室内拟设置座位间隔为1.2米。	符合
治疗室内应制定敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配有β表面污染仪等检测仪器。	敷贴室内将在墙上张贴敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配备1台β表面污染仪。	符合
<b>敷贴治疗中的放射防护要求</b>		
实施敷贴治疗前，应详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积，并发给具有患者姓名、性别、年龄、住址、诊断和照射次数等项目的治疗卡。	工作人员在进行敷贴治疗前，对使用辐射源的信息及治疗方案进行详细登记，给患者发放具有个人相关信息的治疗卡	符合
每次治疗前，先收回患者的治疗卡，再给予实施敷贴治疗。治疗完毕，先如数收回敷贴器再发给治疗卡，由工作人员收回敷贴器放回贮源箱内保存。	在治疗前，由工作人员对患者的治疗卡进行核对登记；治疗结束后由工作人员收回敷贴器再发回治疗卡。 <sup>32</sup> P废敷贴器回收放至废物桶。	符合
实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。	患者均在敷贴室内接受敷贴治疗，治疗结束后由工作人员回收敷贴器。	符合
实施治疗时，应用不小于3mm厚的橡皮泥或橡胶板等屏蔽周围的正常组织。对颜面部部位的病变，屏蔽其周围正常皮肤；对其他部位的病变，则在病变周围露出正常皮肤不大于0.5cm，并在周围已屏蔽的皮肤上覆盖一张玻璃纸或塑料薄膜，再将敷贴器紧密贴在病变部位。	在实施治疗前，确定病变部位，使用橡皮泥或橡胶板对周围的正常组织进行屏蔽，露出的正常皮肤不大于0.5cm，并在周围已屏蔽的皮肤上覆盖一张玻璃纸或塑料薄膜，再将敷贴器紧贴病变部位进行治疗。	符合
敷贴治疗时，照射时间长的可用胶布等固定，请患者或陪同人员协助按压敷贴器，照射时间短的可由治疗人员亲自按压固定敷贴器，有条件者可利用特制装置进行远距离操作。	根据治疗方案，敷贴治疗时间较长时将优先考虑使用胶布进行固定，或让患者自行按压敷贴器，照射时间短的由治疗人员亲自按压固定，并使用长柄镊子或其它工具进行远距离操作。	符合
敷贴器应定期进行衰变校正，以调整照射时间。每次治疗时应有专人使用能报警的计时器控制照射时间。治疗过程中应密切观察治疗反应和病变治疗情况，及时调整照射剂量，防止产生并发症。	每次治疗将配有一个能报警的计时器，设置倒计时，并跟患者对应进行标记；治疗过程中医务人员密切观察患者治疗情况。	符合
敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具。	在敷贴治疗中，医务人员将穿戴有机玻璃眼镜，并使用长柄镊子或其它工具远距离操作。	符合
敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面。不应将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放	在敷贴器使用过程中，要做好相应的保护措施，避免损坏源窗面； <sup>32</sup> P废敷贴器回收	符合

于干燥处。

放至废物桶。

除上表拟采取的相关防护措施外，拟在核医学场所控制区内每个房间设置监控系统，实现无死角实时监控；并在医务人员工作区和患者停留区域设置对讲系统，便于医务人员和患者之间的沟通；在核医学场所及相关场所出入口设置双向门禁，部分设置单向门禁，对控制区进行管控，避免无关人员进入；在核医学场所患者出入口及运动负荷/抢救室南侧防护门外设置固定剂量仪监测探头，对场所外剂量率进行实时监测，以便及时发现剂量率超标并采取措施。核医学科辐射工作场所拟设置的相关辐射安全设施布置示意图见图 9.3-7。



根据上述对照分析结果可知,本项目核医学工作场所采取的辐射安全与防护措施基本符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)以及《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的相关要求。

**小结:** 本项目核医学科辐射工作场所布局遵循活性区和非活性区分开、人员路线独立的原则,相关配套功能房间齐全,能够保证工作程序沿相关功能房间单向展开,能够满足医务人员及患者均具有独立的出入口和流动路线,能够有效防止交叉污染,避免公众、工作人员受到不必要的外照射。辐射防护屏蔽设计满足屏蔽防护性能的需求和空间利用需求。防护用品配备满足标准相关要求,也可以满足医院拟开展核技术利用项目运行的要求。因此,本项目辐射安全与防护设计较合理。

## 9.4 核医学科放射性三废处理方案

前文 9.2 节已对项目污染源项进行分析，本章节重点对核医学放射性三废的处理方案进行描述和分析，放射性三废预测计算在 9.5.2.5 节中。

### 9.4.1 液态放射性废物

核医学工作场所的上水拟配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。采取合理的限水措施，核医学科控制区内所有马桶均为节水马桶，在满足患者基本生活需求和医疗需求的情况下限制用水量，避免无节制用水，并加强对医务人员和患者的宣传教育，从源头减少放射性废液产生。根据项目涉及放射性核素半衰期相对长短情况，设置两套衰变池，每套衰变池前期各设有一套预处理池，本报告将其编号为 A、B，A 衰变池废液含有  $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ，B 衰变池废液主要含有  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{32}\text{P}$  正常情况不产生废液，通常在发生洒落等事故状态下产生少量废液，该部分废液通过吸水垫吸取转为放射性固体废物管理。

#### （1）衰变池选址合理性

核医学科放射性废液处理池分为预处理池和衰变池。本项目衰变池选址于医技楼西侧道路下方，即医院西侧道路下方，地埋式布置，与核医学科场所水平距离约 5m；但由于西侧靠近医院边界，空间有限，衰变池选址所在位置涉及有很多室外管道及管井，无法扩大选址范围，拟将预处理池选址于核医学科场所南侧，位于地下二层室内，距离核医学工作场所边界约 3m，为钢筋混凝土结构，同时可以解决地下二层的防火分区问题。

本次拟设置 2 套预处理池，分别配套衰变池使用，每套预处理池设有 2 个过滤池和 2 个沉渣池，为一备一用。设有 A、B 两套槽式衰变池，均为钢筋混凝土结构，衰变池四周及下方均为岩土层，上方为院内道路，不属于人员密集区。结合项目实际情况和可利用空间，衰变池选址满足《核医学废水处理技术规范》（DB4403/T 574-2025）关于选址的要求，衰变池选址较合理。

#### （2）衰变池设计

本项目共设置 2 套预处理池和 2 套衰变池，衰变池均为槽式衰变池。A 衰变池由 4 个相同规格的池子并联（单个池子的有效容积为  $4.1 \times 6.775 \times 2.5 = 69.4\text{m}^3$ ）组成；B 衰变

池由 3 个相同规格的池子并联（单个池子的有效容积为  $4.1 \times 3 \times 2.5 = 30.75\text{m}^3$ ）组成。根据报告 9.5.2.5 节分析内容可知，衰变池容积可满足废液的衰变需求。

本项目每套预处理池包括 2 个沉渣池和 2 个过滤池，放射性废液进入沉渣池后，经过沉淀后，上层清液排入过滤池，再使用潜污泵将废液抽排至衰变池进行储存衰变。沉渣池主要是储存患者排出的粪便以及废液中的其它沉渣，过滤池用于暂时储存过滤后的废液。A 衰变池和 B 衰变池均配套 1 套预处理池，沉渣池内沉渣存积 1 年后，进行封闭，使用另一个沉渣池。待一个沉渣池封存时间满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的所含核素半衰期大于 24h 的和含碘-131 核素的放射性固废暂存时间要求后，利用核医学科配备的便携式 X- $\gamma$  剂量率监测仪对沉渣池辐射剂量率进行监测，满足所处环境本底水平，可安排相关专业污泥处理单位过来清掏。

废液处理流程：废液管道控制阀门同时设置电磁阀和手动阀门。放射性废液经管道排入沉渣池，在沉渣池内过滤后，再进入过滤池，当过滤池内的废液达到最高水位时，启动潜污泵将废液抽排至对应的衰变池。衰变池的每个池子均设置液位传感器，可编程控制器采集到每个衰变池的液位情况来控制相应的电磁阀开闭状态。当某一液位到设定水位时，将触发自动关闭该池子的阀门，开启第二个池子的进水阀门，控制中心可以显示每个衰变池的液位情况及每个电磁阀的开闭状态。一般情况下用电磁阀自动控制，当需要对衰变池检修和维护时使用手动阀门。废液经污水提升装置（采用一体化设备，一用一备）提升至第一格衰变水池，当第一格衰变水池废液到达控制液位时关闭第一格进水阀门并打开第二格进水阀门，放射性废液流入第二格衰变水池进行暂存，以此类推，当最后一格衰变水池到达控制液位时，衰变池中废液暂存时间满足衰变时间和解控要求进行排放。

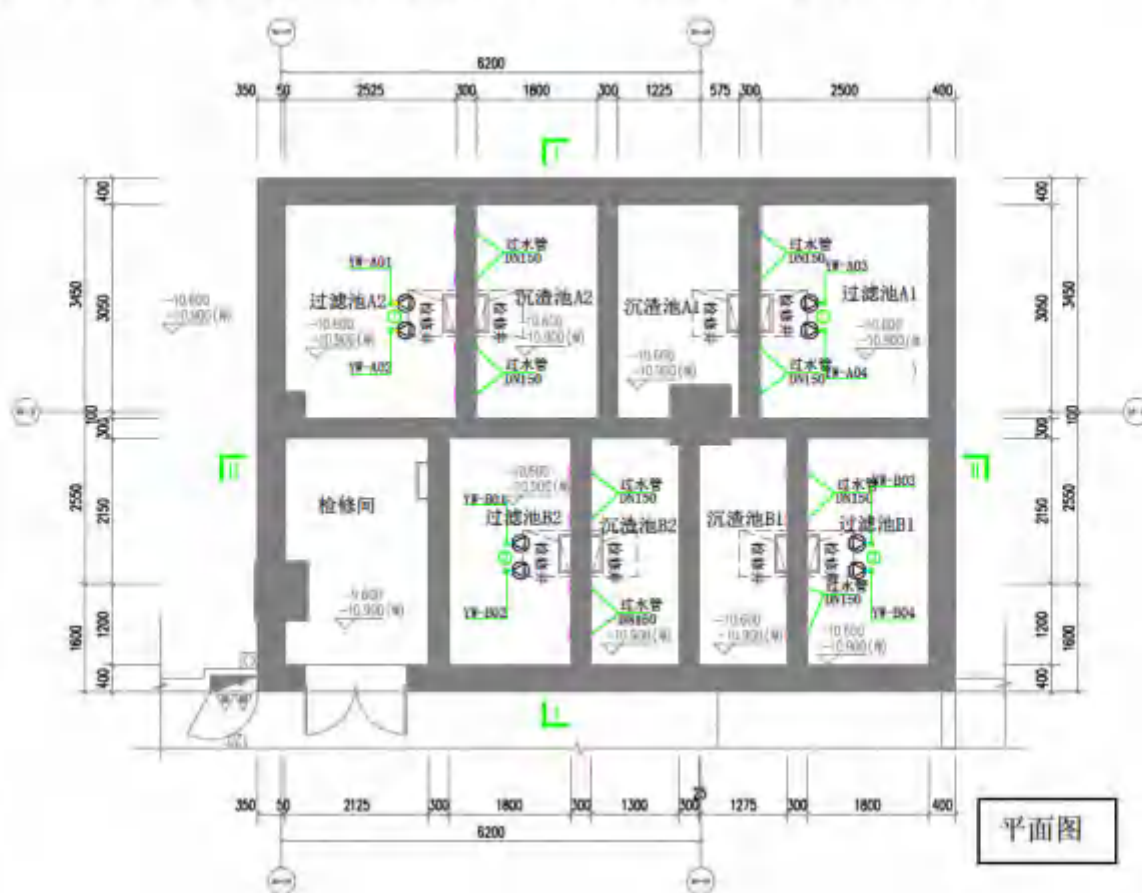
衰变池安全措施：衰变池体为混凝土结构，池体坚固，池体表面作防渗防腐处理且内壁光滑，保证衰变池中的废液不向外泄漏，并设置防雨水倒灌措施。衰变池设置了监测取样口，可进行取样监测。衰变池设置液位感应器（液位计），与衰变池进水端的污水泵（污水提升泵）进行液位联锁控制，在液位达到最高警戒液位时作出预警，自动关闭进水阀门和污水提升泵，可防止废液溢出以及防止超压。核医学科内设置有废水暂存与排放监控系统，可以实时显示废水暂存时间。衰变池的设计见图 9.4-1 至图 9.4-3。

事故工况放射性废水处理：本项目拟建的衰变池除收集正常工况下产生的放射性废液及处理专用卫生间排出的病人排泄物外，还考虑了事故工况下产生的放射性废液，同时做为处理事故工况下废水的处理设施。一旦发生因分装操作不小心或病人注射出现失

误而使标记物溶液倾洒等事故工况时，按操作规程，应先用药棉、吸水纸等从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区，然后再用水冲洗，冲洗水排入衰变池。

医院拟安排专人负责放射性废液的暂存和处理事情，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生日期、排放时间以及排放前监测结果等信息。

综上所述，本项目放射性废液的收集和贮存基本能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学废水处理技术规范》（DB4403/T 574-2025）和《核医学废水衰变贮存装置辐射安全技术要求》（DB4403/T 575-2025）标准要求。



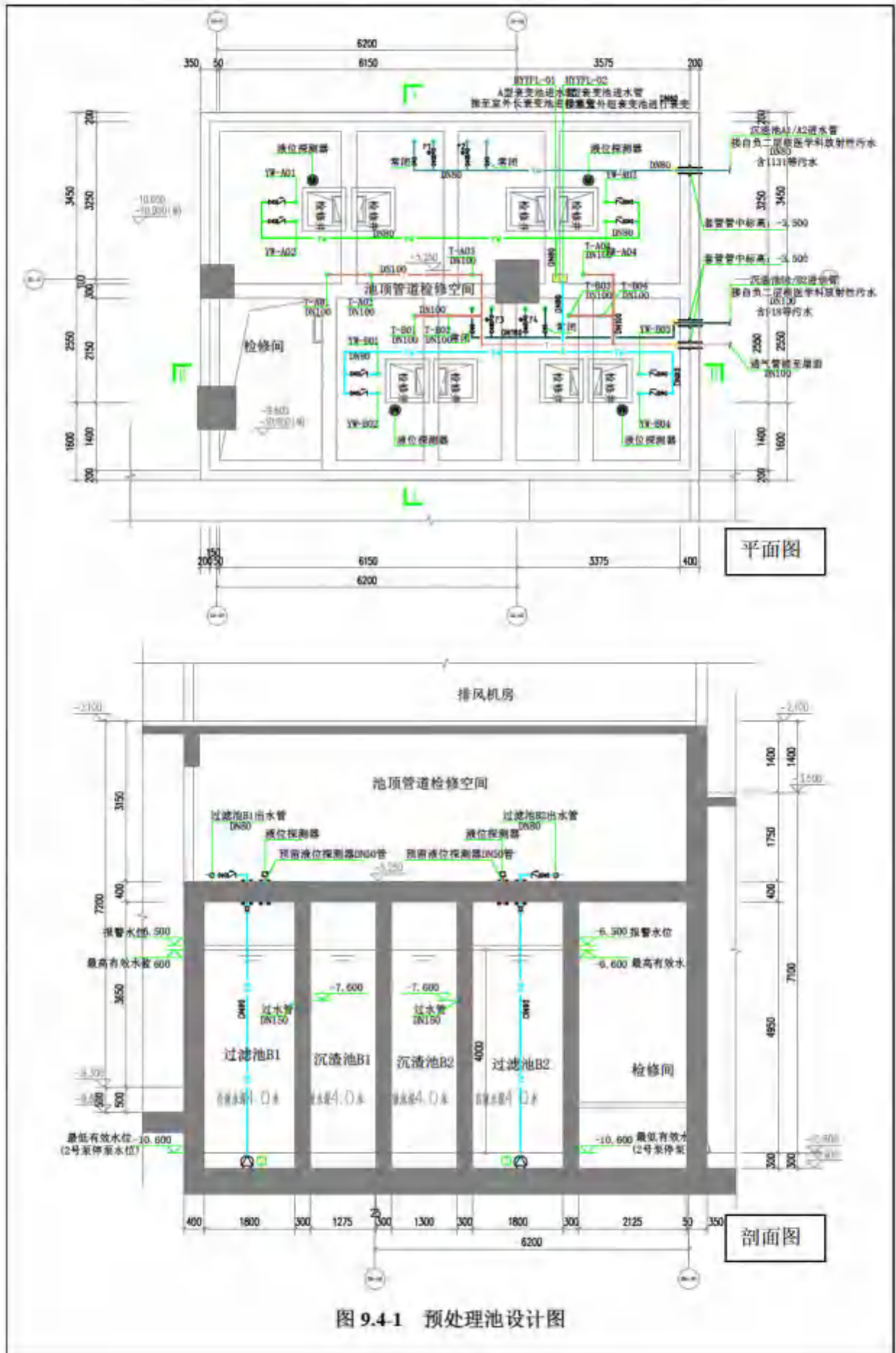


图 9.4.1 预处理池设计图

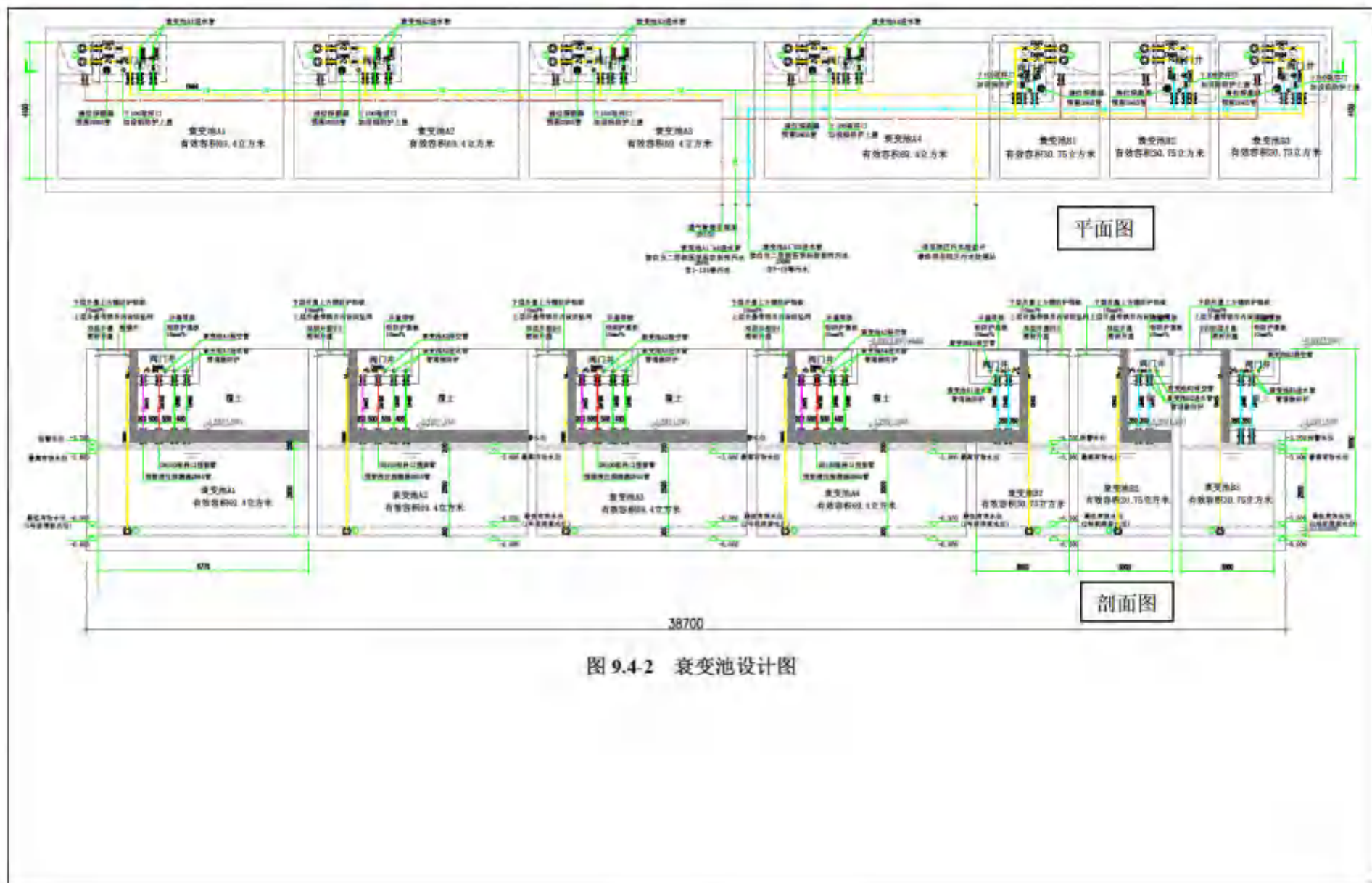


图 9.4.2 衰变池设计图

### (3) 放射性废液管线设计

核医学科场所内放射性废液管道均铺设在地板垫层内，废液汇集至集水井后在天花上方走管至预处理池，裸露的排水管均外包铅皮，人员无法靠近，经污水提升装置将废液提升至预处理池进行预处理；废液经预处理后再抽排至衰变池进行衰变处理，排水管从预处理池引出后上至负一层夹层，在快速车道上方走管至室外，穿过土层汇入衰变池，排水管穿过的区域为空调机房、地下室快速车道和土层，空调机房为一般人员不可达区域，快速车道非行人逗留区域，不会对人员产生明显影响。核医学科废液管线设计走向图见图 9.4-3。

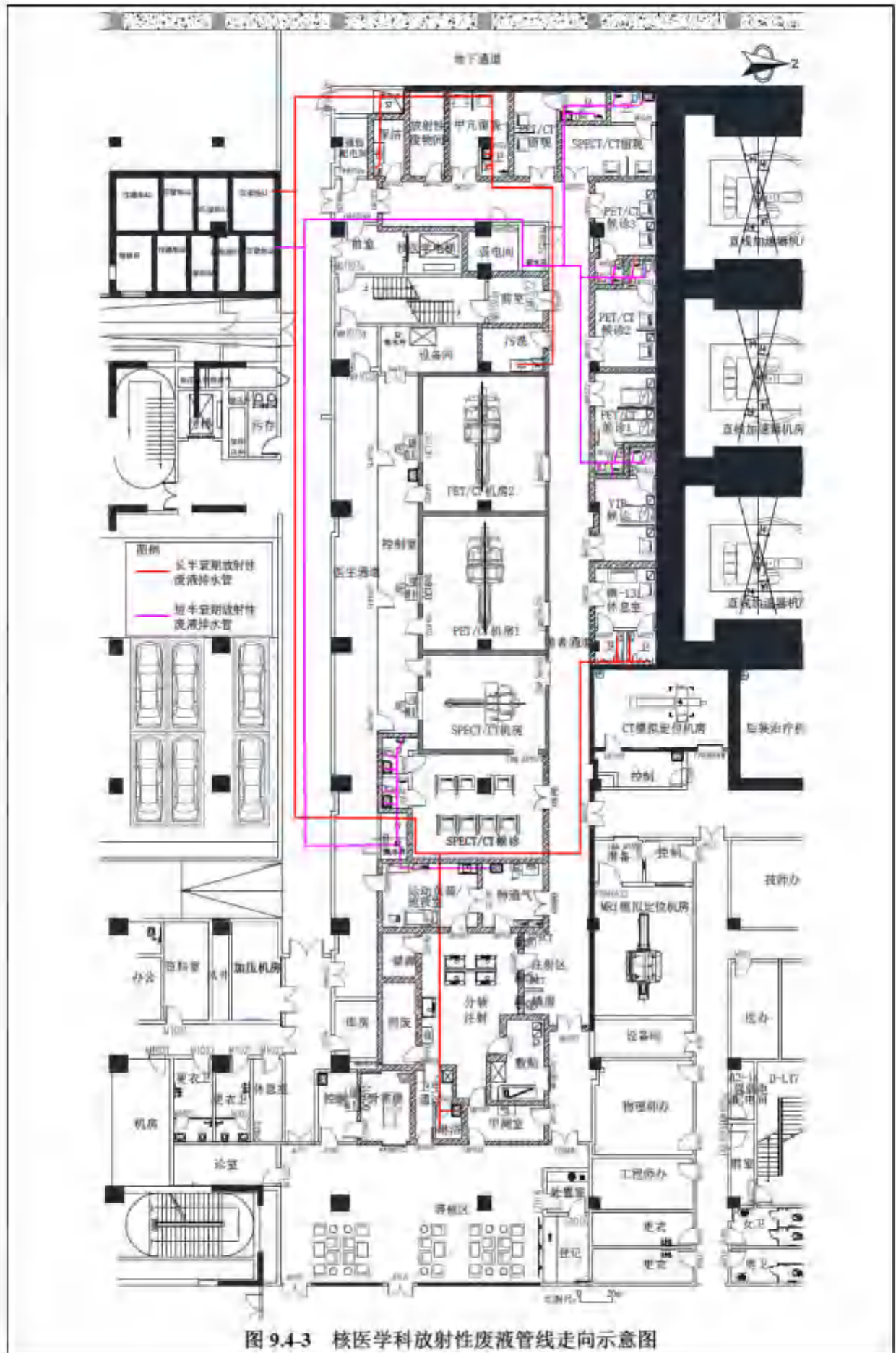


图 9.4.3 核医学科放射性废液管线走向示意图

## 9.4.2 气态放射性废物

核医学工作场所通风设计秉持着气流流向自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，核医学科场所设计了多套排风系统，每套排风系统设有独立风机，管道接口处均设置止回阀，可防止放射性气体逆向回流，且排风量大于进风量，可保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染，保证场所内的通风良好。

放射性废气和常规气体排风分开管理，核医学内机房控制室、设备间等非核素诊疗场所的排风管线不接入放射性废气处理系统。

①核医学科的各类手套箱设有独立排风管道，手套箱拟采用隔离式密封洁净圆弧角不锈钢内腔，密封性能良好，可有效防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。顶壁装有放射性气体过滤净化器，并设有止回阀，不存在回流现象。排风管道设置独立风机，保证工作时风速不小于0.5m/s，手套箱连接通风管道，在核医学专用风井向上至塔楼屋顶排出，排气口高于建筑物屋顶2米，高空排放。

②固废间、放射性废物间设一套独立排风系统。

③敷贴室、甲测室、肺通气室、运动负荷/抢救室、分装注射室、注射区、SPECT/CT候诊室、碘-131休息室、SPECT/CT机房、2间PET/CT机房、VIP候诊室、PET/CT候诊室1~3、PET/CT留观室、SPECT/CT留观室、甲亢留观室、患者走廊、储源室及配套的卫生间、污洗间等设有一套独立排风系统。

④并在肺通气室内设一套独立排风系统。

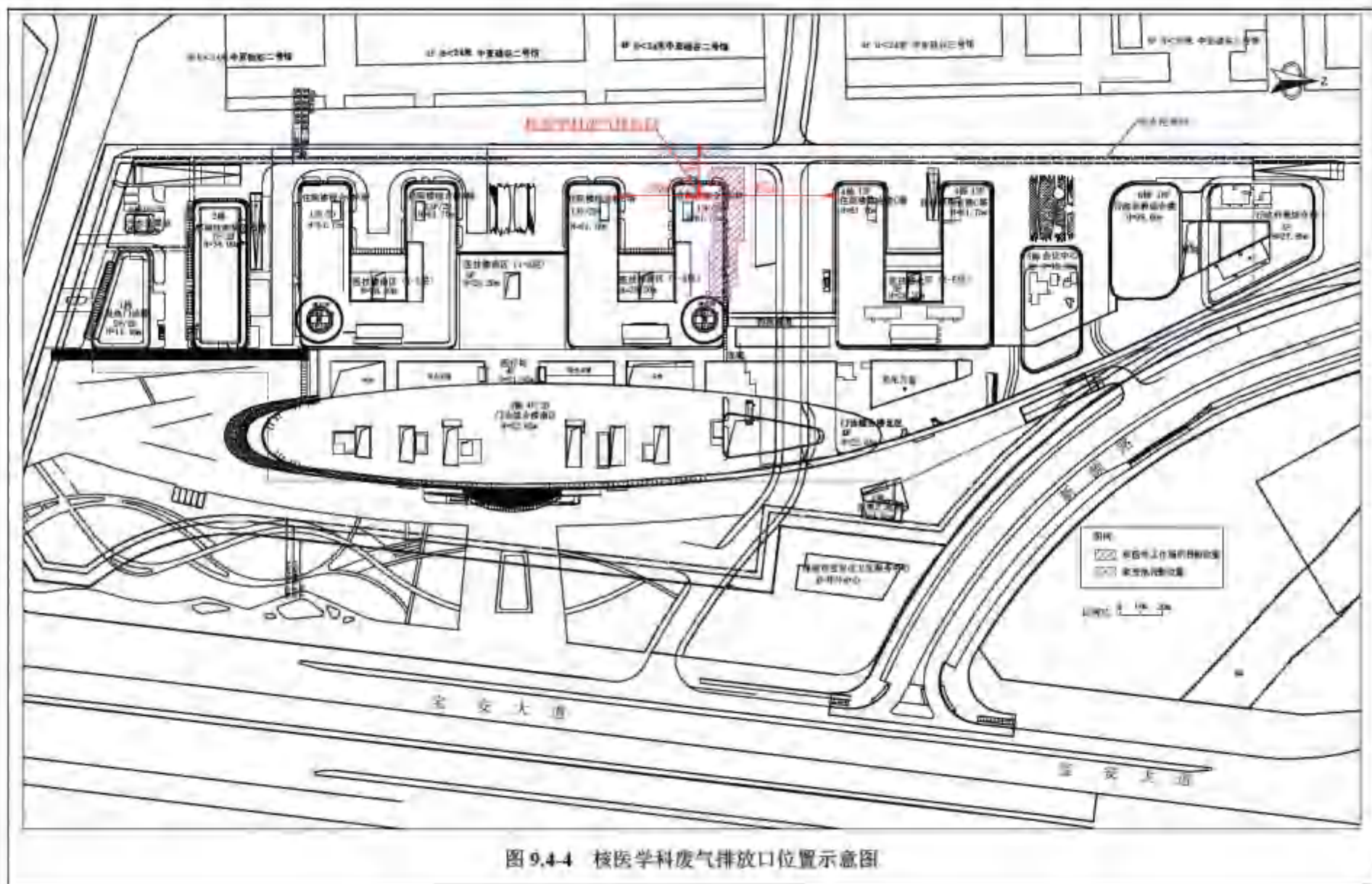
排风管线在核医学科场所西侧的排风井汇集，沿着风井引至所在建筑塔楼的顶部排放，高于屋面2米处，排放口距地高度约63m。核医学科废气排放口具体位置见图9.4-4。

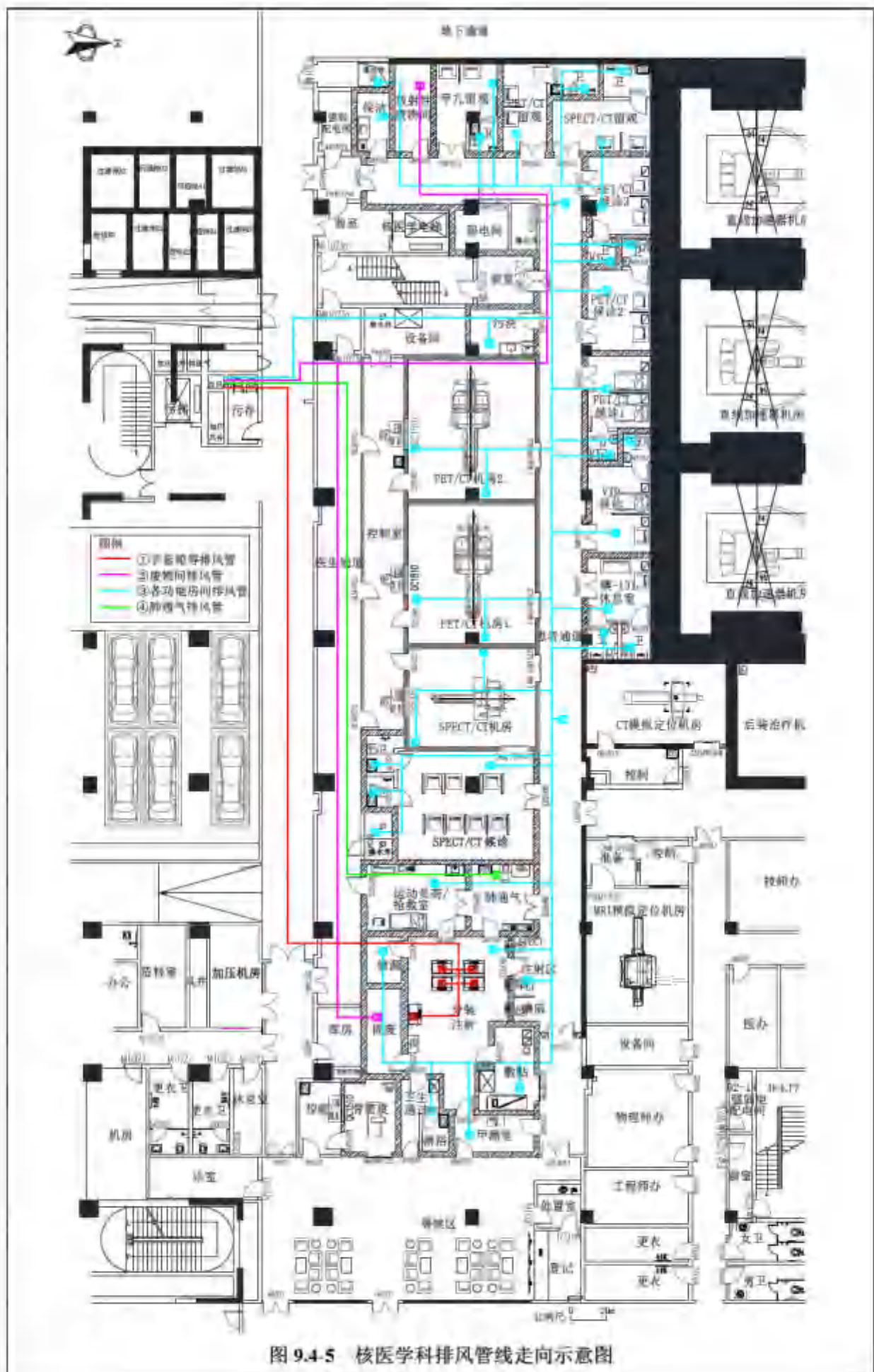
放射性废气排放前经高效活性炭过滤吸附装置过滤，在过滤装置前后分别设置采样口，通过采样前后压差、气流速度的记录判断活性炭的有效性及其过滤效果，并定期更换活性炭吸附装置，排风管线设计合理，核医学科排风管线走向设计见图9.4-5。核医学科排风管道汇集后沿核医学科专用风井走管向上，直至住院楼综合楼塔楼的天面，高于屋顶2米排放。综合楼排风口周边无其他更高层建筑。

排风口端口进行了防雨、防鸟、防虫设计，由于排放口位置较高，应注意日常维修时高空作业的风险，做好防范措施。综上，本项目核医学科放射性废气处理方案满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于气态放射性废物管理的要求。

依据设计单位提供资料，在建筑屋面预留活性炭过滤装置安装位置，活性炭过滤装

置设置于风机前端，使得核医学科废气经过活性炭过滤后方可排放，在活性炭过滤装置前后应设置废气监测取样孔。活性炭过滤装置将根据深圳地区的气候及温湿度的情况，医院定期对活性炭过滤装置的有效性进行检查（每季度至少检查一次），使用压差计定期检测废气过滤前后的压差，天气潮湿或接诊患者次数较多的季节应增加检查次数，及时更换失效的活性炭过滤装置（更换周期不能超过厂家推荐的使用时间），以保证良好的过滤效果。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。





### 9.4.3 放射性固废

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要有使用后的注射器、棉签、滤纸、纸杯、一次性手套以及其它可能受放射性污染的物品等，这些放射性固体废物按污染水平及暂存时间进行分类收集。

核医学科的工作场所设置 1 间固废间和 1 间放射性废物间，处理产生的放射性固体废物，固废间设计在靠近分装室的位置，用于放射性废物的收集和短时间暂存，废物移动路径较短；放射性废物间设计在靠近核医学科出口位置，废物桶内存满放射性废物后，将转移到放射性废物间进行暂存衰变，方便废物的转移。放射性废物间内设有专用废物衰变箱以分类暂存固体放射性废物，核医学科衰变废物箱的铅当量为 20mmPb，不同类别废物应分开存放，废物衰变箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。固废间和放射性废物间均设有独立动力排风系统，采取了适当屏蔽措施，防护门设置门锁，以防止丢失；防护门上设置电离辐射警告标志，并根据消防要求设置防火措施。放射性废物间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

核医学科工作场所设置衰变废物桶（铅当量为 10mmPb），废物桶外设置电离辐射标志，废物桶内放置专用塑料袋直接收纳废物。对于废注射器、碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，预先装入硬纸盒或其他包装材料中进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物间，不同类别废物应分开存放，废物衰变箱表面注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

$^{68}\text{Ge}$ 、 $^{22}\text{Na}$  校准源和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴放射源属于密封放射源，放射源报废后拟由放射源供应单位回收或送交广东省城市放射性废物库贮存。

核医学工作场所废气排放口及手套箱顶部更换下来的废活性炭过滤器按放射性固体废物处理。

所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物（ $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）暂存时间超过 30 天；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物（ $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ）暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；含  $^{131}\text{I}$  核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。使用核医学科配备便携式 X- $\gamma$  剂量率仪和  $\alpha$ 、 $\beta$  污染监测仪对废物进行监测，自行监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

综上所述，本项目固体放射性固体废物收集和贮存措施满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

## 9.5 核医学场所环境影响分析

### 9.5.1 建设阶段对环境的影响

本次评价内容为医院拟开展的核技术利用项目运行期对环境的辐射影响，本项目涉及的辐射工作场所建设施工过程主要为非辐射类影响，在项目的建设过程中，建设单位应采取污染防治措施，减轻对周边环境的影响。

(1) 施工扬尘主要产生于施工过程中粉状物料运输、暂存，属无组织排放，在施工过程中应对施工现场实行合理化管理，使砂石料、水泥统一堆放，用苫布遮盖，并尽量减少搬运环节，搬运时做到轻举轻放，防止包装袋破裂。

(2) 施工期废水主要来自施工过程的物料拌和用水，本项目所在场地的生活、卫生设施和排水管网完善，施工人员的生活污水将通过生活、卫生设施排入管网，物料拌和用水随物料用于建筑施工，通过自然蒸发耗散。

(3) 本项目施工建设阶段的噪声主要来自场地施工、建筑装修、设备安装等阶段，对周围环境影响随着施工结束而消除。建设阶段应加强环保措施，尽可能采取有效的降噪措施，避免在同一时间集中使用大量的动力机械设备，加强对施工噪声的治理，合理安排施工时间：22:00-6:00 禁止施工作业。

(4) 固体废物主要为施工人员的生活垃圾和建筑垃圾。施工期的生活垃圾和建筑垃圾应分别堆放，及时清运或定期运至环卫部门指定的地点合理处理处置。

辐射工作场所只有在建成后，使用放射性核素、放射源和射线装置过程才会产生射线，建设阶段不会对周围环境产生电离辐射影响。前期相关设备的安装、调试由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试；由于设备在安装和调试时，辐射工作场所各屏蔽防护措施已建设完成，经过屏蔽体屏蔽和距离衰减后对环境的辐射影响能够达标。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物，并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

### 9.5.2 运行阶段辐射环境的影响

本项目拟开展 PET/CT 诊断 ( $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ge}$ )、SPECT/CT 诊断 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ )、甲功测定 ( $^{131}\text{I}$ )、甲亢治疗 ( $^{131}\text{I}$ )、核素门诊治疗 ( $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ )、敷贴治疗 ( $^{32}\text{P}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ ) 项目，根据污染源项分析可知，对外环境的影响主要是核医学科使用相关核素产生的  $\alpha$ 、 $\beta$  射线、 $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染、 $\gamma$  射线外照射、韧致辐射。此外，还应考虑 PET/CT 和 SPECT/CT 的 X 射线外照射。

本项目根据核素特性，结合工艺流程，运行阶段工作场所辐射水平分析分“ $\gamma$ 射线和 X 射线辐射影响分析”、“韧致辐射影响分析”、“ $\alpha$ 、 $\beta$  射线、 $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染影响分析”三部分进行分析。

### 9.5.2.1 $\gamma$ 射线和 X 射线辐射影响分析

本项目使用  $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  正电子药物，根据表 9.5-2 中可知，对于注射药物后的患者，患者 1 米处剂量率，注射  $^{89}\text{Zr}$  的患者影响最大，因此对于涉及 PET 诊断项目的场所主要以  $^{89}\text{Zr}$  进行分析评价，当场所的屏蔽防护措施满足使用  $^{89}\text{Zr}$  的辐射安全防护要求，同样可以满足使用其他正电子核素的要求。

本项目 SPECT 诊断使用  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ ，甲亢和甲测均使用  $^{131}\text{I}$ ，辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的分装和给患者注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的  $\gamma$  射线引起的辐射照射。当患者注射/口服了放射性药物之后，患者又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自患者身体的射线辐射。 $^{177}\text{Lu}$  患者也是一个活动的辐射体，在进行 SPECT 诊断过程中也会产生  $\gamma$  射线。

本项目 PET 诊断使用放射源  $^{68}\text{Ge}$  或者放射性物质  $^{18}\text{F}$  校准，两者均产生  $\gamma$  射线。由于  $^{68}\text{Ge}$  活度低且在屏蔽状态下使用，相较于  $^{18}\text{F}$ ， $^{68}\text{Ge}$  不需要经过人工制作模体，减少了工作人员操作核素的步骤和时间，正常状态下相对于  $^{18}\text{F}$  等正电子核素而言，其外照射危害可以忽略。

#### (1) 计算依据及公式

将放射性药物和注射后的患者视为“点状辐射源”，根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录 I 中工作场所的屏蔽计算公式 (I.1)，进行公式转换可得经防护材料屏蔽后关注点的  $\gamma$  辐射剂量率计算公式 9.5-1。

$$H_r = A \cdot K_\gamma \cdot R^{-2} \cdot 10^{-(X/TVL)} \quad (\text{式 9.5-1})$$

式中：

$H_r$ —— $\gamma$  辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$A$ ——放射性药物的活度， $\text{MBq}$ ；

$K_\gamma$ ——周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ；

$R$ ——距放射源的距离， $\text{m}$ ；

$X$ ——屏蔽层的厚度， $\text{mm}$ ；

$TVL$ ——什值层， $\text{mm}$ 。

$$H_{r1} = H_{r0} \times 2^{-t/T} \quad (\text{式 9.5-2})$$

式中:

$H_{t_0}$ ——衰变前核素的量, MBq;

$H_{t_1}$ ——衰变后核素的量, MBq;

$t$ ——经历衰变的时间(min);

$T$ ——核素的半衰期(min)。

本项目拟使用核素的种类及用量情况和相关参数见表 9.5-1。

表 9.5-1 本项目拟使用核素的用量及相关参数

核素	最大单人给药量 (MBq)	(裸源)周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	裸源 1 米剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	患者体内周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	患者 1 米剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
$^{18}\text{F}$	370	0.143	52.9	0.092	34.0
$^{64}\text{Cu}$	370	0.029	10.7	0.0187	6.9
$^{68}\text{Ga}$	370	0.134	49.6	0.086	31.8
$^{89}\text{Zr}$	185	0.194	36.1	/	36.1
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	925	0.0303	28.0	0.0207	19.1
$^{131}\text{I}$	185 (SPECT 显像)	0.0595	11.0	0.0583	10.8
	370 (甲亢)	0.0595	22.0	0.0583	21.6
	0.185 (甲测)	0.0595	1.10E-02	0.0583	1.08E-02
$^{177}\text{Lu}$	3110 (体内药量)	0.00517	9.56E-04	0.0027	5.00E-04

注: ① $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 的(裸源)周围剂量当量率常数和患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处周围剂量当量率源自《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020);

② $^{89}\text{Zr}$ 的(裸源)周围剂量当量率常数源自《辐射安全手册》(潘自强著);

③ $^{177}\text{Lu}$ 的(裸源)周围剂量当量率常数和患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处周围剂量当量率源自《 $^{177}\text{Lu}$ -Dotatoc 治疗的放射防护评估》(中国辐射卫生, 2021 年 12 月第 30 卷第 6 期)。

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)可查得本项目相关核素的什值层参数,  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 的什值层可根据 NCRP151 中核素能量与什值层的关系图(图 9.5-1)查得,  $^{89}\text{Zr}$ 产生的  $\gamma$  射线最大能量为 0.909MeV,  $^{177}\text{Lu}$ 产生的  $\gamma$  射线最大能量为 0.2084, 可查得对应的什值层, 具体参数见表 9.5-2。

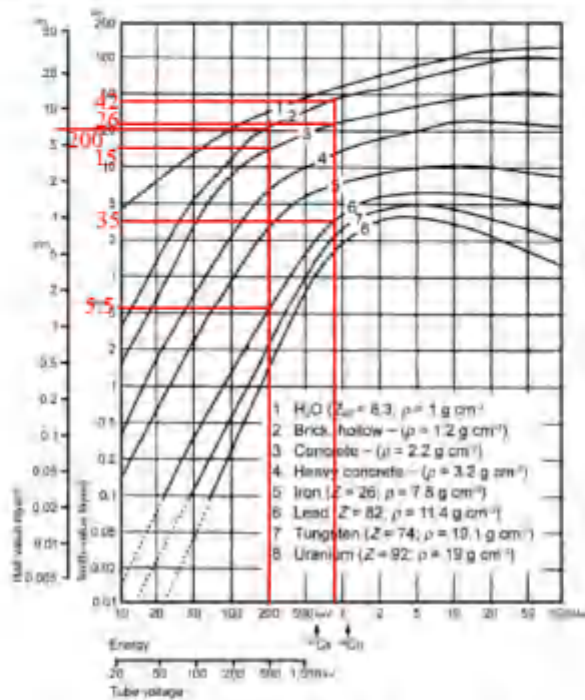


图 9.5-1 核素能量与半值层关系图

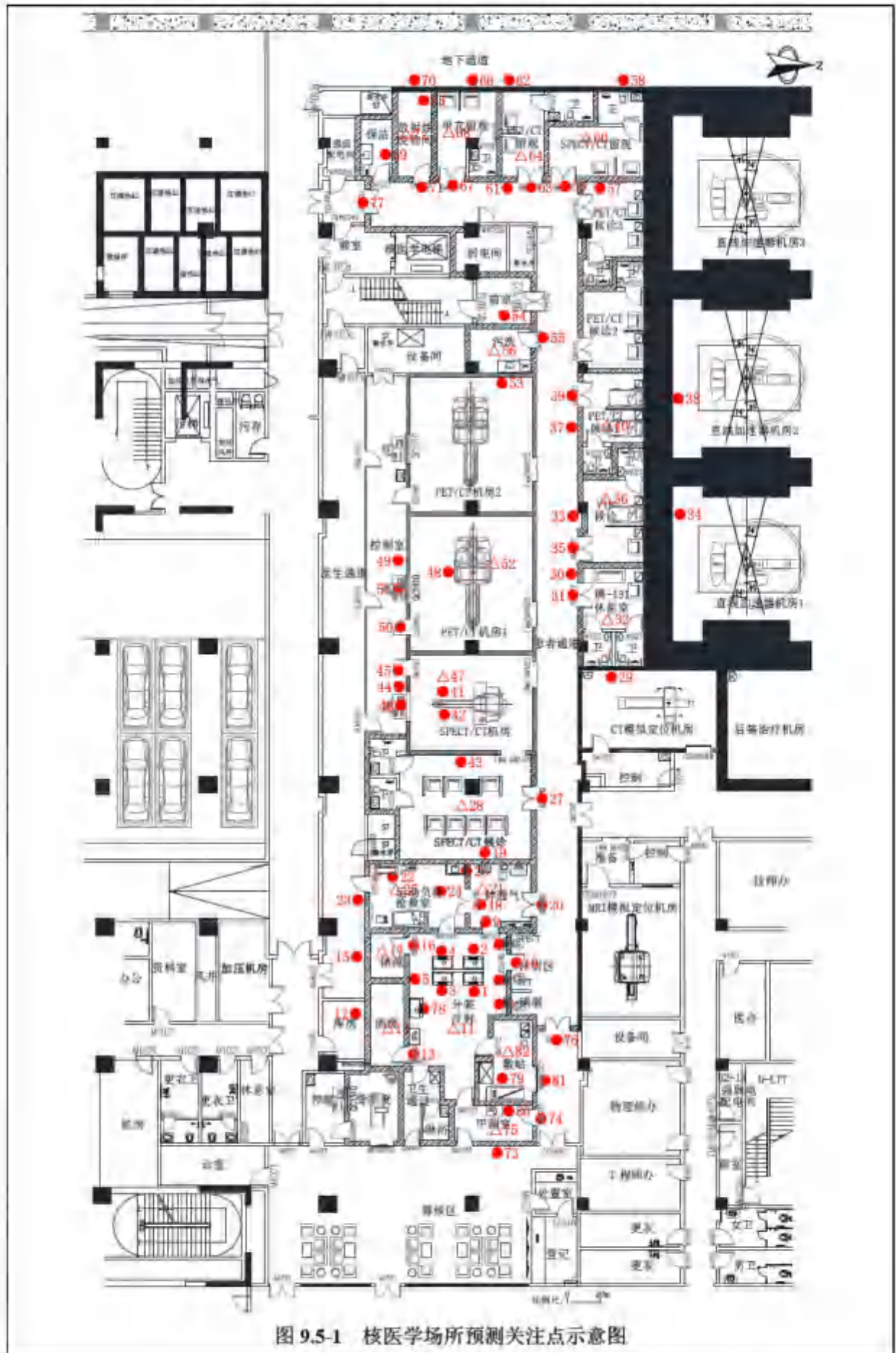
表 9.5-2 辐射屏蔽计算参数

核素	TVL (mm)		
	铅 (11.3g/cm <sup>3</sup> )	混凝土 (2.35g/cm <sup>3</sup> )	砖 (1.65g/cm <sup>3</sup> )
<sup>18</sup> F	16.6	176	263
<sup>68</sup> Ga	16.6	/	/
<sup>89</sup> Zr	35	260	420
<sup>99m</sup> Tc	1	110	160
<sup>131</sup> I	11	170	240
<sup>177</sup> Lu	5.5	150	200

注：①<sup>89</sup>Zr、<sup>177</sup>Lu 的半值层源自 NCRP151。

## (2) 关注点的选取

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中对核医学场所的剂量率控制限值要求，关注点主要设置在药物操作位、控制区内部各房间的屏蔽体外 30cm 处、距顶棚上方地板 30cm 处。对于四面墙体屏蔽相同的房间，在源点至关注点最近的一侧屏蔽体或剂量率限值要求较低的一侧屏蔽体设置关注点；计算 PET/CT 候诊室、SPECT/CT 候诊室等设有床位/座位的功能用房时，取床位/座位中点作为源点；计算 PET/CT 机房和 SPECT/CT 机房外关注点时，选取机房中心点作为源点；计算其他功能用房外关注点时，取房间中点作为源点。3 间 PET/CT 候诊室屏蔽防护设计一致，均为双人间，PET/CT 候诊室 1 面积尺寸最小，因此选取 PET/CT 候诊室 1 为代表进行剂量率估算，能代表其它 PET/CT 候诊室的屏蔽体外剂量率的情况。关注点示意图 9.5-1。



### (3) 计算说明

偏保守估算，SPECT/CT 候诊室按 7 名  $^{99m}\text{Tc}$  患者同时候诊考虑；碘-131 休息室按 2 名  $^{131}\text{I}$  患者同时候诊考虑；SPECT/CT 留观室按 2 名  $^{131}\text{I}$  患者同时留观考虑；PET/CT 留观室按 2 名  $^{89}\text{Zr}$  患者或  $^{18}\text{F}$  患者同时留观考虑；甲亢留观室按 2 人同时留观；VIP 候诊室、PET/CT 候诊室 1~3 按照 2 名  $^{89}\text{Zr}$  患者或  $^{18}\text{F}$  患者同时候诊考虑；运动负荷兼抢救室按每次 1 名  $^{89}\text{Zr}$  病人停留考虑；肺通气室分别按每次 1 名  $^{99m}\text{Tc}$  病人停留考虑。

时间衰变：PET 诊断场所主要以  $^{18}\text{F}$  和  $^{89}\text{Zr}$  进行分析评价，注射  $^{18}\text{F}$  药物的 PET 患者用药后至少候诊 30min 后进行扫描，PET/CT 机房均考虑 30min 药物衰变，衰变因子为  $0.5^{30/109.8}=0.827$ ，计算得  $^{18}\text{F}$  患者在 PET/CT 机房源强为 306MBq；PET 留观室考虑 45min 的药物衰变，衰变因子为  $0.5^{45/109.8}=0.753$ ，计算得  $^{18}\text{F}$  患者在 PET 留观室源强单人为 279MBq。由于  $^{89}\text{Zr}$  半衰期为 78.43h，因此忽略注射  $^{89}\text{Zr}$  药物的 PET 患者用药后候诊、设备扫描时间药物量衰减，其余关注点也均不考虑时间衰变。

污洗间、固废间和放射性废物间源强按日最大给药量 1‰转移至废物衰变桶中考虑。

### (4) 预测结果

由表 9.5-2 可知，本项目拟使用的正电子核素中， $^{89}\text{Zr}$  的裸源周围剂量当量率常数最大，但  $^{18}\text{F}$  的患者单人最大用量是  $^{89}\text{Zr}$  的两倍，计算时，分别计算  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$  的辐射影响，当屏蔽措施同时满足  $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$  使用时的防护要求，也同样可以满足使用其它正电子核素的要求。由于  $^{18}\text{F}$  的每日总用量至少是其他正电子药物的 5 倍，且每日都开展，因此计算人员剂量时以每日均开展  $^{18}\text{F}$  和  $^{89}\text{Zr}$  的情况进行计算。

根据表 9.5-1 和表 9.5-2 可知， $^{131}\text{I}$  显像患者的 1m 处剂量率远大于  $^{177}\text{Lu}$  患者，且  $^{131}\text{I}$  的什值层大于  $^{177}\text{Lu}$ ，因此碘-131 休息室按 2 名  $^{131}\text{I}$  患者同时候诊考虑，当屏蔽措施满足  $^{131}\text{I}$  使用时的防护要求，也同样可以满足  $^{177}\text{Lu}$  的要求。同样，SPECT/CT 机房使用  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  三种放射性核素，由于使用  $^{177}\text{Lu}$  时辐射影响小于  $^{131}\text{I}$ ，因此对使用  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$  进行计算，机房外关注点结果取  $^{131}\text{I}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$  的计算结果的较大值进行预测分析。

辐射工作场所剂量率估算见表 9.5-3

表 9.5-3 辐射工作场所辐射剂量率计算结果

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注	
							计算结果	合计/较 大值	最终值			
1	正电子药物 手套箱人员 操作位 (1)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	65mmPb 手套箱 +50mmPb 铅罐	1.18E-07	0.5	2.31E-03	2.79E-02	2.38E+00	<2.5	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大 值相加	
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	65mmPb 手套箱	1.21E-04	0.5	2.56E-02					
		$^{89}\text{Zr}$ : 925	925	65mmPb 手套箱 +50mmPb 铅罐	5.18E-04	0.5	3.74E-01	2.38E+00				
		$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	65mmPb 手套箱	1.39E-02	0.5	2.01E+00					
	正电子药物 手套箱非正 对人员操作 位 (1)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	50mmPb 手套箱 +50mmPb 铅罐	9.46E-07	0.5	1.85E-02	2.25E-01	6.38E+00	<10	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大 值相加	
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	50mmPb 手套箱	9.73E-04	0.5	2.06E-01					
		$^{89}\text{Zr}$ : 925	925	50mmPb 手套箱 +50mmPb 铅罐	1.39E-03	0.5	1.00E+00	6.38E+00				
		$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	50mmPb 手套箱	3.73E-02	0.5	5.38E+00					
	分装注 射室	$^{18}\text{F}$ 模体制作 位 (1)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	65mmPb 手套箱 +50mmPb 铅罐	1.18E-07	0.5	2.31E-03	5.35E-02	5.35E-02	<2.5	/
			$^{18}\text{F}$ : 740	740	65mmPb 手套箱	1.21E-04	0.5	5.12E-02				
	模体转移 (1)	$^{18}\text{F}$ : 740	740	50mmPb 铅罐	9.73E-04	1	1.03E-01		1.03E-01	<2.5	/	
	2	单光子手套 箱测活位 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925	925	20mmPb 手套箱	1.00E-20	0.5	1.12E-18		1.12E-18	<2.5	/
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转 移 (1)		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925	925	8mm 铅防护套	1.00E-08	1	2.80E-07		2.80E-07	<2.5	/	
3	甲测药物分 装位 (1)	$^{131}\text{I}$ : 37	37	50mmPb 手套箱	2.85E-05	0.5	2.51E-04	2.52E-04	2.52E-04	<2.5	/	
		$^{131}\text{I}$ : 0.185	0.185	50mmPb 手套箱	2.85E-05	0.5	1.25E-06					
	$^{131}\text{I}$ 药物测活 位 (1)	$^{131}\text{I}$ : 370	370	50mmPb 手套箱	2.85E-05	0.5	2.51E-03		2.51E-03	<2.5	/	
	甲测药物转 移 (1)	$^{131}\text{I}$ : 0.185	0.185	8mm 铅防护套	1.87E-01	1	2.06E-03		2.06E-03	<2.5	/	

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
							计算结果	合计/较大值	最终值		
4	钴源发生器通风橱外 (1)	$^{68}\text{Ga}$ : 1670	1670	20mmPb 发生器+50mmPb 通风橱	6.07E-05	0.5	5.43E-02		5.43E-02	<2.5	/
5	质控操作位 (1)	$^{68}\text{Ga}$ : 37	37	10mmPb 铅屏+0.5mmPb 铅衣	2.33E-01	0.5	4.62E+00		4.62E+00	/	/
6	SPECT 注射位 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925	925	50mmPb 注射窗+5mmPb 铅套	1.00E-55	0.5	1.12E-53		1.12E-53	<2.5	/
7	PET 注射位 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	50mmPb 注射窗+15mmPb 铅套	1.39E-02	0.5	2.01E+00		2.01E+00	<2.5	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	50mmPb 注射窗+8mmPb 铅套	3.21E-04	0.5	6.79E-02				
8	碘给药位 (1)	$^{131}\text{I}$ : 370	370	50mmPb 注射窗+8mmPb 铅套	5.34E-06	0.5	4.70E-04		4.70E-04	<2.5	/
9	西墙外 30cm 运动负荷/抢救室 (1/16)	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	15mmPb 铅套+240mm 实心砖	1.00E-01	2.4	6.26E-01	6.26E-01	6.26E-01	<10	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	8mmPb 铅套+240mm 实心砖	4.03E-02	2.4	3.70E-01				
10	防护门外 30cm 注射区 (1/16)	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	15mmPb 铅套+10mm 铅门	1.93E-01	2.5	1.11E+00	1.11E+00	1.11E+00	<10	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	8mmPb 铅套+10mm 铅门	4.12E-02	2.5	3.49E-01				
11	顶棚上方距地 30cm 走道 (1/5)	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	15mmPb 铅套+350mm 混凝土	1.68E-02	6.5	1.43E-02	1.43E-02	1.43E-02	<2.5	取 $^{18}\text{F}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 370	370	8mmPb 铅套+350mm 混凝土	3.38E-03	6.5	4.23E-03				
12	南墙外 30cm 库房 (1/16)	$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8	10mm 铅废物桶+240mm 实心砖	3.06E-02	1.6	1.07E-01	1.19E-01	1.19E-01	<2.5	/
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		1.39E-01	1.6	9.79E-03				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8		3.16E-12	1.6	1.04E-12				
		$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26		1.23E-02	1.6	2.65E-03				
		$^{177}\text{Lu}$ : 15.6	15.6		9.59E-04	1.6	3.02E-05				
13	北防护门外 30cm 分装注	$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8	10mm 铅废物桶+5mm 铅门	6.24E-02	2	1.40E-01	1.54E-01	1.54E-01	<2.5	/
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		2.68E-01	2	1.21E-02				

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
							计算结果	合计/较 大值	最终值		
14	射室 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8	10mm 铅废物桶 +350mm 混凝土	1.00E-20	2	2.11E-21	6.58E-04	6.58E-04	<2.5	
		$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26		1.52E-02	2	2.09E-03				
		$^{177}\text{Lu}$ : 15.6	15.6		1.52E-02	2	3.06E-04				
	$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8	2.56E-03		6.5	5.44E-04					
	$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925	2.33E-02		6.5	9.95E-05					
顶棚上方距 地 30cm 输液 库 (1/16)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8	6.58E-14	6.5	1.31E-15						
	$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26	1.08E-03	6.5	1.41E-05						
	$^{177}\text{Lu}$ : 15.6	15.6	7.05E-05	6.5	1.35E-07						
15	南墙外 30cm 医生通道 (1/5)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	50mmPb 铅罐 +50mmPb 铅箱 +240mm 实心砖	1.16E-07	1.6	2.22E-04	2.65E-02	2.65E-02	<2.5	
		$^{89}\text{Zr}$ : 925	925		3.73E-04	1.6	2.63E-02				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27800	27800		3.16E-102	1.6	1.04E-99				
		$^{131}\text{I}$ : 9260	9260		8.11E-11	1.6	1.75E-08				
16	储源室 防护门外 30cm 分装注 射室 (1)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	50mmPb 铅罐 +50mmPb 铅箱 +10mm 铅门	2.36E-07	1.7	3.99E-04	4.53E-02	4.53E-02	<2.5	
		$^{89}\text{Zr}$ : 925	925		7.20E-04	1.7	4.49E-02				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27800	27800		1.00E-110	1.7	2.91E-108				
		$^{131}\text{I}$ : 9260	9260		1.00E-10	1.7	1.91E-08				
17	顶棚上方距 地 30cm 维修 间 (1/16)	$^{18}\text{F}$ : 34200	34200	50mmPb 铅罐 +50mmPb 铅箱 +350mm 混凝土	9.71E-09	6.5	1.12E-06	2.68E-04	2.68E-04	<2.5	
		$^{89}\text{Zr}$ : 925	925		6.26E-05	6.5	2.67E-04				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27800	27800		6.58E-104	6.5	1.31E-102				
		$^{131}\text{I}$ : 9260	9260		7.08E-12	6.5	9.23E-11				
18	运动负 荷/抢救 室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射位 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925	925	5mmPb 铅车 +5mmPb 铅套 +0.5mmPb 铅衣	3.16E-11	0.5	3.54E-09	3.54E-09	<2.5	
19		南墙外 30cm 医生通道 (1/5)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	2.68E-01	2.9	1.15E+00	1.15E+00	<2.5	

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注	
							计算结果	合计/较 大值	最终值			
20	防护门外 30cm 医生通 道 (1/5)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	10mm 铅门	5.18E-01	3.8	1.29E+00	1.29E+00	<2.5	/		
21	顶棚上方距 地 30cm 办公 室、维修间 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	350mm 混凝土	4.51E-02	6.5	3.85E-02	3.85E-02	<2.5	/		
22	指导给药位 (1)	$^{99m}\text{Tc}$ : 370	370	0.5mmPb 铅衣	1.00E+00	0.5	4.48E+01	1.42E+01	/	/		
23	西墙外 30cmSPECT/ CT 候诊室 (1/16)	$^{99m}\text{Tc}$ : 370	370	240mm 实心砖	3.16E-02	0.7	7.23E-01	7.23E-01	<10	/		
24	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{99m}\text{Tc}$ : 370	370	6mm 铅门	1.00E-06	2.6	1.66E-06	1.66E-06	<10	/		
25	顶棚上方距 地 30cm 维修 间 (1/16)	$^{99m}\text{Tc}$ : 370	370	350mm 混凝土	6.58E-04	6.5	1.75E-04	1.75E-04	<2.5	/		
26	SPECT/ CT 候诊 室	东墙外 30cm 运动负荷/抢 救室 (1/16)	$^{99m}\text{Tc}$ : 925, 体内	240mm 实心砖	3.16E-02	925	3.2	5.91E-02	3.50E-01	3.50E-01	<10	/
						925	2.7	8.30E-02				
						925	2.7	8.30E-02				
						925	3.2	5.91E-02				
						925	5.3	2.15E-02				
						925	5.1	2.33E-02				
						925	5.4	2.07E-02				
27	防护门 30cm 患者通道 (1/5)	$^{99m}\text{Tc}$ : 925, 体内	6mm 铅门	1.00E-06	925	3.1	1.99E-06	7.38E-06	7.38E-06	<10	/	
					925	4.2	1.09E-06					
					925	5.3	6.82E-07					
					925	6.5	4.53E-07					

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注	
							计算结果	合计/较 大值	最终值			
			925		1.00E-06	3.1	1.99E-06					
			925		1.00E-06	5.2	7.08E-07					
			925		1.00E-06	6.4	4.67E-07					
28	顶棚上方距地 30cm 工具间、维修办公室、计量控制室 (1)	$^{99m}\text{Tc}$ : 925 $\times$ 7, 体内	6475	350mm 混凝土	6.58E-04	6.5	2.09E-03	2.09E-03	<2.5	/		
29	东墙外 30cmCT 模拟定位机房 (1/4)	$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185	250mm 混凝土	3.38E-02	1.7	1.26E-01	1.40E-01	1.40E-01	<2.5	/	
			185		3.38E-02	5.1	1.40E-02					
30	南墙外 30cm 患者通道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	1.00E-01	2.3	2.04E-01	2.79E-01	1.26E+00	<10	考虑相邻 VIP 候诊室的叠加影响	
			185		1.00E-01	3.8	7.47E-02					
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	2.68E-01	4.1	5.75E-01	9.78E-01				
			185		2.68E-01	4.9	4.03E-01					
31	防护门外 30cm 患者通道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185	10mm 铅门	1.23E-01	2.5	2.12E-01	3.09E-01	1.07E+00	<10	考虑相邻 VIP 候诊室的叠加影响	
			185		1.23E-01	3.7	9.69E-02					
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	2.68E-01	4.6	4.57E-01	7.65E-01				
			185		2.68E-01	5.6	3.08E-01					
32	顶棚上方距地 30cm 通道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 185 $\times$ 2, 体内	370	350mm 混凝土	8.73E-03	6.5	4.46E-03	4.46E-03	<2.5	/		
33	VIP 候诊室	南墙外 30cm 患者通道 (1/5)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	2.68E-01	3.3	8.88E-01	1.44E+00	1.53E+00	<10	考虑相邻碘-131 休息室的叠加影响
				185		2.68E-01	4.2	5.48E-01				
			$^{18}\text{F}$ : 370, 体内	370		1.22E-01	3.3	3.81E-01	6.16E-01			
				370		1.22E-01	4.2	2.35E-01				
			$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185		240mm 实心砖	1.00E-01	4.4	5.57E-02			

关注点 编号	位置描述(居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注			
							计算结果	合计/较 大值	最终值					
34	北墙外 30cm 直线加速器 机房 I (1/4)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	1700mm 混凝土	1.00E-01	5.9	3.10E-02	2.18E-06	2.16E-06	<2.5	考虑相邻碘 -131 休息室的 叠加影响			
			185		2.89E-07	3	1.16E-06							
			185		2.89E-07	3.2	1.02E-06							
			370		2.19E-10	3	8.28E-10							
		$^{18}\text{F}$ : 370, 体内	370	1700mm 混凝土	1.00E-10	5.3	3.84E-11	7.54E-11						
			370		1.00E-10	5.4	3.70E-11							
			$^{131}\text{I}$ : 185, 体内		185	10mm 铅门	5.18E-01					3.7	1.37E+00	2.66E+00
					185		5.18E-01					3.8	1.29E+00	
防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{18}\text{F}$ : 370, 体内	370	10mm 铅门 +240mm 实心砖	2.50E-01	3.7	6.22E-01	1.21E+00							
		370		2.50E-01	3.8	5.89E-01								
	$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185	10mm 铅门 +240mm 实心砖	1.23E-02	2.9	1.58E-02	2.21E-02							
		185		1.23E-02	4.6	6.27E-03								
36	顶棚上方距 地 30cm 库房 (1/16)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	350mm 混凝土	4.51E-02	6.5	3.85E-02	3.85E-02	3.85E-02	<2.5	/			
		$^{18}\text{F}$ : 370, 体内	370		1.03E-02	6.5	8.30E-03							
37	PET/CT 候诊室 1	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖 (PET/CT 候诊室 2)	2.68E-01	3.2	9.44E-01	2.10E+00	2.10E+00	<10	考虑相邻 PET/CT 候 诊室 2 的叠 加影响			
			185		2.68E-01	3.7	7.06E-01							
			185		2.68E-01	5.9	2.78E-01							
			185		2.68E-01	7.5	1.72E-01							
		$^{18}\text{F}$ : 370, 体内	370	240mm 实心砖	1.22E-01	3.2	4.06E-01	9.02E-01						
			370		1.22E-01	3.7	3.03E-01							
			$^{18}\text{F}$ : 370, 体内		370	240mm 实心砖 (PET/CT 候诊室 2)	1.22E-01					5.9	1.19E-01	
					370		1.22E-01					7.5	7.38E-02	
38	北墙外 30cm	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	1700mm 混凝土	2.89E-07	3.1	1.08E-06	2.98E-06	2.98E-06	<2.5	考虑相邻			

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果(μSv/h)			控制要求 (μSv/h)	备注			
							计算结果	合计/较大值	最终值					
	直线加速器 机房 2 (1/4)	<sup>89</sup> Zr: 185, 体内	185	10mm 铅门	2.89E-07	3.6	8.04E-07	2.13E-09			PET/CT 候 诊室 2 的叠 加影响			
			185		2.89E-07	3.8	7.22E-07							
			185		2.89E-07	5.3	3.71E-07							
			370		2.19E-10	3.1	7.76E-10							
			370		2.19E-10	3.6	5.75E-10							
			370		2.19E-10	3.8	5.16E-10							
		<sup>18</sup> F: 370, 体内	370	240mm 实心砖	2.19E-10	5.3	2.65E-10							
			370		5.18E-01	3.1	1.94E+00							
			185		5.18E-01	3.7	1.37E+00							
			185		2.68E-01	4.6	4.57E-01							
			185		2.68E-01	5.9	2.78E-01							
			370		2.50E-01	3.1	8.86E-01							
39	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	<sup>89</sup> Zr: 185, 体内	370	10mm 铅门	2.50E-01	3.7	6.22E-01	1.82E+00	4.05E+00	<10	考虑相邻 PET/CT 候 诊室 2 的叠 加影响			
			370		2.50E-01	3.1	8.86E-01							
			370		1.22E-01	4.6	1.96E-01							
			370		1.22E-01	5.9	1.19E-01							
			370		1.22E-01	4.6	1.96E-01							
			370		1.22E-01	5.9	1.19E-01							
		40	顶棚上方距 地 30cm 库房 (1/16)	<sup>89</sup> Zr: 185×2, 体 内	370	350mm 混凝土	4.51E-02	6.5	7.70E-02	7.70E-02		7.70E-02	<2.5	/
				<sup>18</sup> F: 370×2, 体 内	740		1.03E-02	6.5	1.66E-02					
		41	动态显像注 射位 (1)	<sup>99m</sup> Tc: 925	925	5mmPb 铅车 +5mmPb 铅套 +0.5mmPb 铅衣	3.16E-11	0.5	3.54E-09	3.54E-09		<2.5	/	
		42	SPECT/ CT 机房	摆位点 (1)	<sup>99m</sup> Tc: 925, 体内	925	0.5mmPb 铅衣	3.16E-01	1	6.05E+00		6.05E+00	/	/
					<sup>131</sup> I: 185, 体内	185		9.01E-01	1	9.72E+00		9.72E+00	/	/
					<sup>177</sup> Lu: 3110, 体 内	3110		8.11E-01	1	6.81E+00		6.81E+00	/	/
43	东墙外 30cm SPECT/CT 候 诊室 (1/16)	<sup>99m</sup> Tc: 925, 体内	925	250mm 混凝土	5.34E-03	3.4	8.84E-03	3.15E-02	3.15E-02	<10	取 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>131</sup> I 剂量率 较大值			
		<sup>131</sup> I: 185, 体内	185		3.38E-02	3.4	3.15E-02							

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
							计算结果	合计/较大值	最终值		
44	南墙外 30cm 控制室 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	250mm 混凝土	$5.34\text{E-}03$	4.2	$5.80\text{E-}03$	$2.07\text{E-}02$	$2.07\text{E-}02$	$<2.5$	取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 剂量率较大值
		$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185		$3.38\text{E-}02$	4.2	$2.07\text{E-}02$				
45	防护门外 30cm 控制室 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	6mm 铅门	$1.00\text{E-}06$	4.4	$9.89\text{E-}07$	$1.59\text{E-}01$	$1.59\text{E-}01$	$<2.5$	取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 剂量率较大值
		$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185		$2.85\text{E-}01$	4.4	$1.59\text{E-}01$				
46	观察窗外 30cm 控制室 (1)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	6mmPb	$1.00\text{E-}06$	4.2	$1.09\text{E-}06$	$1.74\text{E-}01$	$1.74\text{E-}01$	$<2.5$	取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 剂量率较大值
		$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185		$2.85\text{E-}01$	4.2	$1.74\text{E-}01$				
47	顶棚上方距 地 30cm 工具 间、设备冷库 (1/16)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	350mm 混凝土	$6.58\text{E-}04$	6.5	$2.98\text{E-}04$	$2.23\text{E-}03$	$2.23\text{E-}03$	$<2.5$	取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 剂量率较大值
		$^{131}\text{I}$ : 185, 体内	185		$8.73\text{E-}03$	6.5	$2.23\text{E-}03$				
48	摆位点 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	0.5mmPb 铅衣	$9.68\text{E-}01$	1	$3.49\text{E+}01$	$3.49\text{E+}01$	/	/	/
		$^{18}\text{F}$ : 306, 体内	306		$9.33\text{E-}01$	1	$2.63\text{E+}01$				
49	南墙外 30cm 控制室 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	250mm 混凝土	$1.09\text{E-}01$	4.2	$2.23\text{E-}01$	$2.23\text{E-}01$	$2.23\text{E-}01$	$<2.5$	取 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 306, 体内	306		$3.80\text{E-}02$	4.2	$6.06\text{E-}02$				
50	防护门外 30cm 控制室 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	10mm 铅门	$5.18\text{E-}01$	4.7	$8.46\text{E-}01$	$8.46\text{E-}01$	$8.46\text{E-}01$	$<2.5$	取 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 306, 体内	306		$2.50\text{E-}01$	4.7	$3.19\text{E-}01$				
51	观察窗外 30cm 控制室 (1)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	10mmPb	$5.18\text{E-}01$	4.2	$1.06\text{E+}00$	$1.50\text{E+}00$	$1.50\text{E+}00$	$<2.5$	取 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 306, 体内	306		$2.50\text{E-}01$	4.2	$3.99\text{E-}01$				
		$^{18}\text{F}$ : 740	740		$2.50\text{E-}01$	4.2	$1.50\text{E+}00$				
52	顶棚上方距 地 30cm 库房 (1/16)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	350mm 混凝土	$4.51\text{E-}02$	6.5	$3.85\text{E-}02$	$3.85\text{E-}02$	$3.85\text{E-}02$	$<2.5$	取 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{18}\text{F}$ 剂量率较大值
		$^{18}\text{F}$ : 306, 体内	306		$1.03\text{E-}02$	6.5	$6.86\text{E-}03$				
53	东墙外 30cm 患者走廊 (1/5)	$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8	250mm 混凝土	$3.80\text{E-}02$	1.9	$9.45\text{E-}02$	$1.07\text{E-}01$	$1.07\text{E-}01$	$<10$	/
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		$1.09\text{E-}01$	1.9	$5.45\text{E-}03$				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8		$5.34\text{E-}03$	1.9	$1.25\text{E-}03$				

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
							计算结果	合计/较 大值	最终值		
54	西墙外 30cm 前室 (1/16)	$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26	240mm 实心砖	3.38E-02	1.9	5.16E-03	3.40E-01	3.40E-01	<2.5	/
		$^{177}\text{Lu}$ :15.6	15.6		2.15E-02	1.9	4.80E-04				
		$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8		1.22E-01	1.9	3.03E-01				
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		2.68E-01	1.9	1.34E-02				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8		3.16E-02	1.9	7.37E-03				
55	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26	6mm 铅门	1.00E-01	1.9	1.53E-02	5.08E-01	5.08E-01	<10	/
		$^{177}\text{Lu}$ :15.6	15.6		6.31E-02	1.9	1.41E-03				
		$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8		3.30E-01	2.5	4.74E-01				
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		5.91E-01	2.5	1.71E-02				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8		1.00E-08	2.5	1.35E-09				
56	顶棚上方距 地 30cm 库房 (1/16)	$^{131}\text{I}$ : 9.26	9.26	350mm 混凝土	1.87E-01	2.5	1.65E-02	2.52E-03	2.52E-03	<2.5	/
		$^{177}\text{Lu}$ :15.6	15.6		3.51E-02	2.5	4.53E-04				
		$^{18}\text{F}$ : 62.8	62.8		1.03E-02	6.5	2.19E-03				
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925	0.925		4.51E-02	6.5	1.93E-04				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8	27.8		6.58E-04	6.5	1.31E-05				
57	东墙外 30cm PET/CT 候诊 室 3 (1/16)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	240mm 实心砖	3.16E-02	1.1	5.00E-01	6.25E-01	6.25E-01	<10	/
			925		3.16E-02	2.2	1.25E-01				
58	SPECT/ CT 留观 室 西墙外 30cm 地下通道 (1/16)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	300mm 混凝土	1.87E-03	1.6	1.40E-02	1.53E-02	2.58E-01	<2.5	考虑相邻 PET/CT 留 观室的叠加 影响
			925		1.87E-03	5.3	1.27E-03				
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	300mm 混凝土	7.02E-02	3.6	1.95E-01	2.43E-01			
			185		7.02E-02	7.3	4.75E-02				

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注		
							计算结果	合计/较 大值	最终值				
59	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925, 体内	925	6mm 铅门	1.00E-06	2.3	3.62E-06	4.76E-06	3.78E-01	<10	考虑相邻 PET/CT 留 观室的叠加 影响		
			925		1.00E-06	4.1	1.14E-06						
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	925	6mm 铅门 +240mm 实心砖	1.81E-01	3.9	2.28E-01	3.78E-01					
			925		1.81E-01	4.8	1.50E-01						
60	顶棚上方距 地 30cm 地下 通道 (1/16)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 925 $\times$ 2, 体内	1850	350mm 混凝土	6.58E-04	6.5	5.96E-04		5.96E-04	<2.5	/		
61	东墙外 30cm 患者走廊 (1/5)	$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	240mm 实心砖	2.68E-01	2.5	1.55E+00	2.15E+00	2.75E+00	<10	考虑相邻甲 九留观室的 叠加影响		
			185		2.68E-01	4	6.04E-01						
			$^{18}\text{F}$ : 279, 体内		279	1.22E-01	2.5	5.01E-01				6.97E-01	
					279	1.22E-01	4	1.96E-01					
		$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	240mm 实心砖	1.00E-01	2	5.39E-01	6.03E-01					
			370		1.00E-01	5.8	6.41E-02						
			$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内		185	300mm 混凝土	7.02E-02	2.3				4.79E-01	6.54E-01
					185		7.02E-02	3.8				1.75E-01	
$^{18}\text{F}$ : 279, 体内	245	1.97E-02	2.3	8.39E-02	1.15E-01								
	245	1.97E-02	3.8	3.08E-02									
62	西墙外 30cm 地下通道 (1/16)	$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	300mm 混凝土	1.72E-02	2.5	5.94E-02	8.51E-02	7.39E-01	<2.5	考虑相邻甲 九留观室的 叠加影响		
			370		1.72E-02	3.8	2.57E-02						
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	10mm 铅门	5.91E-01	2.6	3.15E+00	4.48E+00					
			185		5.91E-01	4	1.33E+00						
$^{18}\text{F}$ : 279, 体内	279	3.30E-01	2.6		1.25E+00	1.78E+00							
	279	3.30E-01	4		5.29E-01								
63	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	10mm 铅门 +240mm 实心砖	1.23E-02	2.6	3.92E-02	4.63E-02	4.53E+00	<10	考虑相邻甲 九留观室的 叠加影响		
			370		1.23E-02	6.1	7.13E-03						
		$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	350mm 混凝土	4.51E-02	6.5	7.70E-02	7.70E-02					
			185		4.51E-02	6.5	7.70E-02						
64	顶棚上方距 地 30cm 地下	$^{89}\text{Zr}$ : 185 $\times$ 2, 体 内	370	350mm 混凝土	4.51E-02	6.5	7.70E-02	7.70E-02	7.70E-02	<2.5	/		

关注点 编号	位置描述(居留因子)	活度(MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注	
							计算结果	合计/较 大值	最终值			
	通道(1/16)	$^{18}\text{F}$ : 279×2, 体内	558		1.03E-02	6.5	1.25E-02					
65	甲亢留 观室	南墙外 30cm 放射性废物 间(1/16)	$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	240mm 实心砖	1.00E-01	1.3	1.28E+00	1.58E+00	1.58E+00	<10	/
370			1.00E-01	2.7		2.96E-01						
66		西墙外 30cm 地下通道 (1/16)	$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	300mm 混凝土	1.72E-02	1.1	3.07E-01	4.22E-01	5.23E-01	<2.5	考虑相邻 PET/CT 留 观室的叠加 影响
				370		1.72E-02	1.8	1.15E-01				
			$^{89}\text{Zr}$ : 185, 体内	185	300mm 混凝土 +240mm 实心砖	1.88E-02	3.2	6.62E-02	1.01E-01			
				185		1.88E-02	4.4	3.50E-02				
67	防护门外 30cm 患者通 道(1/5)	$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370	10mm 铅门	1.23E-01	5.3	9.45E-02	1.82E-01	1.85E-01	<10	/	
370			1.23E-01		5.5	8.77E-02						
68	顶棚上方距 地 30cm 地下 通道(1/16)	$^{131}\text{I}$ : 370×2, 体内	740	350mm 混凝土	8.73E-03	6.5	8.91E-03	8.91E-03	<2.5	/		
69	南墙外 30cm 保洁间(1/16)		$^{18}\text{F}$ : 62.8×30	1884	20mm 铅废物箱 +240mm 实心砖	7.63E-03	1.7	7.11E-01	9.43E-01	9.43E-01	<10	/
			$^{89}\text{Zr}$ : 0.925×40	37		7.20E-02	1.7	1.80E-01				
			$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8×30	834		3.16E-22	1.7	2.76E-21				
			$^{131}\text{I}$ : 9.26×180	1666.8		1.52E-03	1.7	5.22E-02				
			$^{177}\text{Lu}$ : 15.6×180	2808		1.46E-05	1.7	7.33E-05				
70	放射性 废物间	西墙外 30cm 地下通道 (1/16)	$^{18}\text{F}$ : 62.8×30	1884	20mm 铅废物箱 +300mm 混凝土	1.23E-03	3.4	2.87E-02	4.26E-02	6.81E-02	<2.5	考虑相邻甲 亢留观室的 叠加影响
			$^{89}\text{Zr}$ : 0.925×40	37		1.88E-02	3.4	1.17E-02				
			$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8×30	834		1.87E-23	3.4	4.09E-23				
			$^{131}\text{I}$ : 9.26×180	1666.8		2.61E-04	3.4	2.24E-03				
			$^{177}\text{Lu}$ : 15.6×180	2808		2.31E-06	3.4	2.90E-06				
			$^{131}\text{I}$ : 370, 体内	370		300mm 混凝土	1.72E-02	5.3				
		370		1.72E-02	5.5		1.23E-02					

关注点 编号	位置描述 (居留因子)	活度 (MBq)	活度	屏蔽措施	衰减因子	距离 (m)	预测结果( $\mu\text{Sv/h}$ )			控制要求 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	备注
							计算结果	合计/较 大值	最终值		
71	防护门外 30cm 患者通 道 (1/5)	$^{18}\text{F}$ : 62.8×30	1884	20mm 铅废物箱 +10mm 铅门	1.56E-02	3.2	4.10E-01	5.26E-01	5.26E-01	<10	/
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925×40	37		1.39E-01	3.2	9.79E-02				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8×30	834		1.00E-30	3.2	2.47E-30				
		$^{131}\text{I}$ : 9.26×180	1666.8		1.87E-03	3.2	1.81E-02				
		$^{177}\text{Lu}$ :15.6×180	2808		3.51E-06	3.2	4.98E-06				
72	顶棚上方距 地 30cm 地下 通道 (1/16)	$^{18}\text{F}$ : 62.8×30	1884	20mm 铅废物箱 +350mm 混凝土	6.41E-04	6.5	4.09E-03	6.47E-03	6.47E-03	<2.5	/
		$^{89}\text{Zr}$ : 0.925×40	37		1.21E-02	6.5	2.07E-03				
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ : 27.8×30	834		6.58E-24	6.5	3.94E-24				
		$^{131}\text{I}$ : 9.26×180	1666.8		1.33E-04	6.5	3.12E-04				
		$^{177}\text{Lu}$ :15.6×180	2808		1.07E-06	6.5	3.68E-07				
73	东墙外 30cm 等候区 (1/16)	$^{131}\text{I}$ : 0.185	0.185	240mm 实心砖	1.00E-01	1.6	4.30E-04	4.30E-04	<2.5	/	
74	甲测室 门外 30cm 患 者通道 (1/5)	$^{131}\text{I}$ : 0.185	0.185	普通门	1.00E+00	2.9	1.31E-03	1.31E-03	<2.5	/	
75	顶棚上方距 地 30cm 验货 区 (1/2)	$^{131}\text{I}$ : 0.185	0.185	350mm 混凝土	8.73E-03	6.5	2.27E-06	2.27E-06	<2.5	/	
76	核医学入口	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	10mm 铅门	5.18E-01	3.5	1.53E+00	1.53E+00	<2.5	/	
77	核医学出口	$^{89}\text{Zr}$ : 185	185	10mm 铅门	5.18E-01	9.3	2.16E-01	2.16E-01	<2.5	/	

由上表估算结果可知,核医学工作场所控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所(人员居留因子 $<1/2$ )的实体屏蔽体外关注点剂量率最大值为 $4.53\mu\text{Sv/h}$ (位于PET/CT留观室防护门外30cm处,患者通道),控制区内工作人员经常性停留的场所(人员居留因子 $\geq 1/2$ )的剂量率最大值为 $1.61\mu\text{Sv/h}$ (储源室防护门外30cm,分装注射室),控制区外人员停留场所的剂量率最大值为 $1.53\mu\text{Sv/h}$ (核医学入口防护门外30cm,走廊),均满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)标准的“控制区内房间防护门、观察窗和墙

壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv/h}$ ”的要求，同时符合《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）的要求。

本项目对手套箱正面、手套箱非正对面、注射窗分别进行预测，手套箱设备正面外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大值为  $2.38\mu\text{Sv/h}$ ，非正对面周围剂量当量率最大值为  $6.38\mu\text{Sv/h}$ ，注射窗外表面 30cm 处的周围剂量当量率最大值为  $2.01\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“放射性药物分装柜、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于  $25\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

## (2) PET/CT 和 SPECT/CT 机房剂量率叠加分析

对于 PET/CT 机房、SPECT/CT 机房，还需考虑 PET/CT、SPECT/CT 运行时产生的 X 射线的辐射屏蔽。参考西门子厂家提供的 CT 周围的剂量率分布情况，1m 处的杂散辐射为 0.052 $\mu$ Gy/mAs（垂直）和 0.051 $\mu$ Gy/mAs（水平），CT 扫描不超过 300mA，故 1m 处的杂散辐射剂量率为 56160 $\mu$ Sv/h（垂直）和 55080 $\mu$ Sv/h（水平）。其他型号设备的 CT 散射辐射水平基本均处于相同水平。

机房外关注点计算公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

$$H = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \quad (\text{式 9.5-4})$$

式中：

$H$ ——预测点处的透射辐射剂量率， $\mu$ Sv/h；

$H_0$ ——距靶 1m 处初级 X 射线束造成的空气比释动能率， $\mu$ Sv/h；

$d$ ——靶点距关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽透射因子，参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2 中式（C.1）及表 C.2 的相关参数进行计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 9.5-5})$$

式中：

$B$ ——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$X$ ——屏蔽厚度。

查《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 表 C.2，可知铅对管电压为 140kV（CT）X 射线辐射衰减的有关的拟合参数  $\alpha=2.009$ 、 $\beta=3.990$ 、 $\gamma=0.3420$ ；混凝土对管电压为 140kV（CT）X 射线辐射衰减的有关的拟合参数  $\alpha=0.0336$ 、 $\beta=0.01220$ 、 $\gamma=0.519$ 。剂量率叠加预测结果为屏蔽体外 30cm 的  $\gamma$  射线剂量率与 X 射线剂量率之和，计算结果见表 9.5-4。

表 9.5.4 PET/CT 和 SPECT/CT 机房剂量率叠加预测结果

关注点	H <sub>0</sub> ( $\mu\text{Sv/h}$ )	机房屏蔽	减弱因子	距离 (m)	X 射线剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\gamma$ 射线剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	叠加剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
PET/CT 机房 I							
墙外 30cm 处	55080	3.0	1.28E-04	4.2	4.00E-01	2.23E-01	6.23E-01
防护门外 30cm 处	55080	10	7.70E-11	4.7	1.92E-07	8.46E-01	8.46E-01
观察窗外 30cm	55080	10	7.70E-11	4.2	2.40E-07	1.50	1.50E+00
顶棚上方距地面 30cm 处	56160	4.6	4.30E-06	6.5	5.72E-03	3.85E-02	4.42E-02
SPECT/CT 机房							
墙外 30cm 处	55080	3.0	1.50E-05	3.4	6.10E-01	3.15E-02	6.42E-01
防护门外 30cm 处	55080	6	2.45E-07	4.4	6.97E-04	1.59E-01	1.60E-01
观察窗外 30cm	55080	6	2.45E-07	4.2	7.65E-04	1.74E-01	1.75E-01
顶棚上方距地面 30cm 处	56160	4.6	4.30E-06	6.5	5.72E-03	2.23E-03	7.95E-03

根据上述预测结果可见, PET/CT 和 SPECT/CT 机房防护门、观察窗、屏蔽墙外 30cm 楼下、楼上关注点处叠加剂量率均小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 和《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求。摆位时设备不开机, 故 X 射线对摆位人员无影响。

#### 9.5.2.2 韧致辐射影响分析

敷贴治疗项目使用的  $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  (放射源) 均为纯  $\beta$  放射性核素。对于敷贴治疗工作场所的辐射影响, 主要为敷贴治疗使用的  $^{32}\text{P}$  衰变释放的  $\beta$  射线, 最大能量为  $1.71\text{MeV}$ , 在皮肤组织中的最大射程为  $9.5\text{mm}$ ;  $^{90}\text{Sr}$  的衰变子体是  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  衰变释放最高  $0.546\text{MeV}$  的  $\beta$  射线,  $^{90}\text{Y}$  衰变释放  $2.27\text{MeV}$  的  $\beta$  射线, 这两种能量的  $\beta$  射线在皮肤组织中的最大射程分别为  $2.46\text{mm}$  和  $14.3\text{mm}$ , 在诊疗时病人的身体完全能够阻挡这种能量的  $\beta$  射线, 因此, 在评价时可以不考虑  $\beta$  射线的影响。当  $\beta$  粒子被源周围物质阻止时, 会产生韧致辐射 (本质为 X 射线), 韧致辐射的影响是不可忽视的。因此, 本次敷贴治疗项目将重点考虑制备  $^{32}\text{P}$  敷贴器和使用  $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源进行治疗时的韧致辐射的影响。

$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  放射源中  $^{90}\text{Sr}$  核素与其子体  $^{90}\text{Y}$  核素的活度相等, 而  $^{90}\text{Y}$  核素衰变的  $\beta$  射

线能量较高，且用于治疗几乎全是子体  $^{90}\text{Y}$  衰变为  $^{90}\text{Zr}$  过程中发射的 2.27MeV 的  $\beta$  射线，因此本次评价主要考虑  $^{90}\text{Y}$  的影响。

$\beta$  射线与物质作用会产生韧致辐射，根据《辐射防护导论》第 133 页中的公式计算韧致辐射，见下式 9.5-6， $^{32}\text{P}$  和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  产生的韧致辐射经屏蔽后的辐射剂量率情况见表 9.5-6。

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} A \cdot Z_e \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot q \cdot \eta \quad (\text{式 9.5-6})$$

式中：

$H_r$ ——距离屏蔽层源  $r$  米处的辐射剂量率，Gy/h；

$A$ ——放射源活度，Bq；

$Z_e$ ——屏蔽材料的有效原子序数，取自《辐射防护导论》表 4.4；

$E_b$ ——韧致辐射的平均能量  $E_b$  是入射  $\beta$  粒子的最大能量的 1/3，即  $E_b = E_{max}/3$ ， $E_{max}$  取自《辐射防护导论》表 4.1， $^{32}\text{P}$  为 1.711MeV，则  $E_b = 0.570$ ； $^{90}\text{Y}$  为 2.284MeV，则  $E_b = 0.761$ ；

$r$ ——参考点与屏蔽层的距离，m；

$\mu_{en}/\rho$ ——平均能量为  $E_b$  的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $\text{m}^2/\text{kg}$ ，取自《辐射防护导论》附表 1；

$q$ ——参考点所在区域相应的居留因子；

$\eta$ ——透射比，根据《辐射防护导论》附表 11 查得屏蔽厚度所对应的衰减倍数  $K$  的值， $1/K$  即为  $\eta$ 。

表 9.5-5 核素所致韧致辐射剂量率

关注点编号	核素及位置描述	源活度 A (Bq)	屏蔽物质原子序数 $Z_e$	$E_b$ (MeV)	距离 $r$ (m)	$\mu_{en}/\rho$ ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	$q$	$\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
78	$^{32}\text{P}$ 敷贴器制作操作位	1.48E+08	5.85	0.570	0.5	2.953E-03	1	1	1.52E-01	
79	敷贴治疗操作位	$^{32}\text{P}$	7.40E+06	7.36	0.570	1.0	2.953E-03	1	1	2.39E-03
		$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	1.48E+09	7.36	0.761	1.0	2.882E-03	1	1	8.32E-01
80	敷贴室东侧墙外 30cm	$^{32}\text{P}$	1.48E+07	7.36	0.570	1.0	2.953E-03	1/2	1	2.39E-03
		$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	1.48E+09	7.36	0.761		2.882E-03	1/2	1	4.16E-01
81	门外 30cm	$^{32}\text{P}$	1.48E+07	7.36	0.570	1.2	2.953E-03	1/5	1	6.64E-04
		$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	1.48E+09	7.36	0.761		2.882E-03	1/5	1	1.16E-01
82	顶棚上方距地 30cm	$^{32}\text{P}$	1.48E+07	7.36	0.570	6.5	2.953E-03	1/16	1	7.08E-06
		$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$	1.48E+09	7.36	0.761		2.882E-03	1/16	1	1.23E-03

由估算结果可知， $^{32}\text{P}$  敷贴器制作（设手套箱）操作位处辐射剂量率为  $1.52 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ， $^{32}\text{P}$  敷贴治疗操作位处辐射剂量率为  $2.39 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ， $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴治疗操作位处辐射剂量率为  $8.32 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备外表面 30cm 人员操作位的周围剂量当量率小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的标准要求。

敷贴治疗工作场所屏蔽体外表面 30cm 处的剂量率最大值为  $4.16 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 9.5.2.3 核素门诊治疗辐射水平分析

本次拟使用  $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  开展核素门诊，其中  $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  核素衰变发射  $\alpha$  射线，其  $\alpha$  粒子发射半径小于  $100 \mu\text{m}$ （不到 10 个细胞直径），因此在发生外照射时， $\alpha$  射线在空气或其它物质中射程较短，一张薄纸就能挡住  $\alpha$  射线，因此，工作人员通过穿戴一次性乳胶手套、口罩等就可避免  $\alpha$  射线照射。上述放射性药物治疗均为核医学门诊治疗，利用原有工作场所采取时间空间管控措施即可开展，不需要额外增加场所和功能房间，工作人员在操作过程中应严格按照操作规程操作、穿戴一次性乳胶手套、口罩等，做好内照射防护，新增使用上述放射性药物使用后不会对周围环境造成附加的辐射影响。

$^{89}\text{Sr}$  主要产生  $\beta$  射线，最大能量为  $1.488 \text{MeV}$ ，相对于 X、 $\gamma$  射线穿透力较弱，核医学科普通应用只要戴上手套和眼罩（或面罩），用镊子或其它夹具操作，手不接触  $\beta$  源，就能达到  $\beta$  射线防护要求。 $\beta$  粒子穿过周围物质时产生韧致辐射（本质为 X 射线），其穿透能力比  $\beta$  粒子强得多，因此应用  $\beta$  源时不能忽视对韧致辐射的防护。屏蔽  $\beta$  粒子应选用低原子序数的材料以减少韧致辐射，外面用高原子序数的材料屏蔽韧致辐射。 $\beta$  射线与物质作用会产生韧致辐射，其穿透能力比  $\beta$  粒子强得多，因此不能忽视对韧致辐射的防护。

根据式 9.5-6 计算注射  $^{89}\text{Sr}$  药物时屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率，屏蔽物质取普通玻璃的有效原子序数 10.6，计算结果见表 9.5-6。

表 9.5-6  $^{89}\text{Sr}$  韧致辐射剂量率

核素	源活度 A (Bq)	屏蔽物质原子序数 $Z_e$	$E_b$ (MeV)	距离 r (m)	$\mu_{em}/\rho$ ( $\text{m}^2/\text{kg}$ )	$q$	$\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
$^{89}\text{Sr}$	1.85E+08	10.6	0.707	0.5	2.953E-03	1	1	5.30E-01

由估算结果可知，核素门诊使用的核素  $^{89}\text{Sr}$  距屏蔽体 0.3m 处韧致辐射影响最大，

剂量率为  $0.53\mu\text{Sv/h}$ , 满足屏蔽体外表面  $30\text{cm}$  处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的标准要求。

#### 9.5.2.4 衰变池周围环境影响分析

本项目衰变池存放放射性废液时, 衰变池屏蔽体外  $30\text{cm}$  处的剂量率估算模式按体源模式。根据《辐射防护导论》可知, 本项目计算公式如下: 假设核素在衰变池废液中

均匀分布, 则某一小体积元物质所致屏蔽体外剂量率计算公式:  $d\dot{D} = \frac{A_s \times dV \times \Gamma}{r^2} e^{-\mu y} \times B$ ,

整个体积物质所致屏蔽体外剂量率计算公式:  $\dot{D} = \iiint \frac{A_s \times \Gamma}{r^2} e^{-\mu y} \times B dx dy dz$ 。式中,  $A_s$  为放射性物质比活度,  $\text{MBq/m}^3$ ;  $A_s = A_{\text{总}}/V$ 。

当衰变池单个池子注满放射性废液时,  $A_{\text{总}}$  取值为衰变池内所含核素的总活度。根据表 9.5-10 可知, A 衰变池中含有的  $^{177}\text{Lu}$  核素保守均按  $^{131}\text{I}$  考虑,  $A_{\text{总}}$  取值为:  $^{131}\text{I} = 8.86 \times 10^5 \text{MBq}$ ; B 衰变池中  $A_{\text{总}}$  取值分别为:  $^{18}\text{F} = 2.22 \times 10^4 \text{MBq}$ 、 $^{68}\text{Ga} = 2.22 \times 10^3 \text{MBq}$ 、 $^{64}\text{Cu} = 2.22 \times 10^3 \text{MBq}$ 、 $^{89}\text{Zr} = 1.43 \times 10^3 \text{MBq}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc} = 7.66 \times 10^4 \text{MBq}$ 。 $\mu$  是物质对  $\gamma$  射线的线减弱系数,  $\text{m}^{-1}$ ,  $\mu = (\mu/\rho) \times \rho$ ,  $\mu/\rho$  可由《辐射防护导论》附表 1 查得。B 为屏蔽物质的透射因子,  $B = 10^{-d/\text{TVL}}$ ; d 为屏蔽物质厚度  $\text{mm}$ , 衰变池池体四周和底部均为岩土层, 顶部采用  $400\text{mm}$  钢筋混凝土结构+覆土, 检修井采用双层密封井盖, 下层井盖上方铺  $10\text{mm}$  铅板防护; TVL 为屏蔽物质对应的什值层厚度  $\text{mm}$ ,  $\Gamma$  为空气比释动能率常数。

r 为体积元距关注点的距离, m; d 为屏蔽物质厚度, m。A 衰变池的 4 格池子规格相同, B 衰变池的 3 格池子规格相同, 取 A 衰变池和 B 衰变池一格池子的池体底部东南角 (屏蔽体内侧) 为原点建立直角坐标系, 北面为 x 正方向, 西面为 y 正方向, 向上为 z 的正方向, 则点 (a, b, c) 距关注点的距离平方  $r^2 = (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2$ 。取衰变池人员可到达的顶部上方  $30\text{cm}$  处和检修井井盖上方  $30\text{cm}$  处作为关注点进行计算。A 衰变池顶部上方  $30\text{cm}$  处和检修井井盖上方  $30\text{cm}$  处关注点坐标分别为 (3.39, 2.05, 6.30)、(0.50, 3.60, 6.30), B 衰变池顶部上方  $30\text{cm}$  处和检修井井盖上方  $30\text{cm}$  处关注点坐标分别为 (1.50, 2.05, 6.30)、(0.68, 3.60, 6.30)。从偏保守角度考虑, 本项目不考虑废液自身对射线的吸收, 即  $e^{-\mu y} = 1$ , 则计算公式变为  $\dot{D} = A_s \times \Gamma \times B \times \iiint \frac{1}{r^2} dx dy dz$ , A 衰变池计算顶部上方  $30\text{cm}$  处关注点的积分区域为  $0 \leq x \leq 6.8$ ,  $0 \leq y \leq 4.1$ ,  $0 \leq z \leq 2.8$ , 计算检修井井盖上方  $30\text{cm}$  处关注点的积分区域为  $0 \leq x \leq 1.0$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 2.8$ ; B 衰变池计算顶部上方  $30\text{cm}$  处的积分区域为  $0 \leq x \leq 3.0$ ,  $0 \leq y \leq 4.1$ ,  $0 \leq z \leq 2.8$ , 计算检修井井盖上方  $30\text{cm}$  处关注点的积分区域为  $0 \leq x \leq 1.35$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 2.8$ 。废液从底层开始,

填完一层再往上一层填,算得 A 衰变池顶部上方 30cm 处关注点和检修井井盖上方 30cm 处关注点的三重积分项 $\iiint \frac{1}{r^2} dx dy dz$ 值分别为 2.8663、0.08616, B 衰变池的顶部上方 30cm 处关注点和检修井井盖上方 30cm 处关注点的三重积分项 $\iiint \frac{1}{r^2} dx dy dz$ 值分别为 1.41575、0.11605,则存满一个池子时,顶棚外 30cm 关注点的剂量率计算结果见表 9.5-7。

表 9.5-7 衰变池上方辐射剂量率一览表

关注点	屏蔽体	核素	B	As (MBq/m <sup>3</sup> )	$\Gamma$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$\iiint \frac{1}{r^2} dx dy dz$	$\dot{D}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
A 衰变池顶部上方 30cm 处	400mm 混凝土	<sup>131</sup> I、 <sup>177</sup> Lu	4.44E-03	1.28E+04	0.0595	2.8663	9.69	
A 衰变池检修井井盖上方 30cm 处	10mm 铅板	<sup>131</sup> I、 <sup>177</sup> Lu	1.23E-01	1.28E+04	0.0595	0.08616	8.07	
B 衰变池顶部上方 30cm 处	400mm 混凝土	<sup>18</sup> F	5.34E-03	7.22E+02	0.1430	1.41575	7.31E-01	1.27
		<sup>68</sup> Ga	5.34E-03	7.22E+01	0.1340		7.31E-02	
		<sup>64</sup> Cu	5.34E-03	7.22E+01	0.0290		1.58E-02	
		<sup>89</sup> Zr	2.89E-02	4.65E+01	0.1950		3.71E-01	
		<sup>99m</sup> Tc	2.31E-04	2.49E+03	0.0303		2.47E-02	
A 衰变池检修井井盖上方 30cm 处	10mm 铅板	<sup>18</sup> F	2.50E-01	7.22E+02	0.1430	0.11605	3.00E+00	3.89
		<sup>68</sup> Ga	2.50E-01	7.22E+01	0.1340		2.81E-01	
		<sup>64</sup> Cu	2.50E-01	7.22E+01	0.0290		6.07E-02	
		<sup>89</sup> Zr	5.18E-01	4.65E+01	0.1950		5.45E-01	
		<sup>99m</sup> Tc	1.00E-10	2.49E+03	0.0303		8.76E-10	

可见,衰变池周围人员可到达处的辐射剂量率最大为 9.69 $\mu\text{Sv/h}$ ,满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中核医学工作场所屏蔽体外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域,其周围剂量当量率应小于 10  $\mu\text{Sv/h}$  的要求。在衰变池底面积不变情况下,三重积分项的值随废液体积增加而增加,即总活度不变,随着活度浓度的增加而废液体积变小,液面高度也随之变小,核素所致关注点处的剂量率也随之降低,故上述估算结果是偏保守的。实际运行时,核医学科诊疗量、患者给药量、患者排出量将不会超过理论计算的情景,因此,实际影响将更小。建成投运后建设单位应定期对衰变池周围人员可达处进行周围剂量当量率监测,进一步了解实际影响情况。

### 9.5.3 职业人员和公众受照分析

#### (1) 计算公式

根据对各辐射工作场所关注点的剂量估算结果,结合本项目工作人员配备及工作负荷介绍,按照下式对本项目辐射工作人员及公众的年受照剂量进行估算。

$$H=H_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 } 9.5-7)$$

式中:

$H_r$ ——辐射外照射人均年有效剂量, mSv;

$H$ ——辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$t$ ——年工作时间, h;

$T$ ——居留因子, 职业人员取 1。

#### (2) 职业人员年有效剂量预测

##### ② 工作时间及计算参数

###### ① PET/CT 诊断:

根据药物的使用方式和医务人员行走路径,医务人员一般不会长时间接触正电子药物诊断病人,但在分装药物、注射药物、扫描时医务人员会近距离协助摆位、在控制室医务人员操作设备时,辐射工作人员会受到药物的辐射影响,因此职业照射估算分析按照上述四个方面计算正电子核素药物对工作人员的辐射影响。

工作时间及计算参数: PET 诊断项目分装给药采用人工分装注射,手动分装按照单份 1min 计;每次注射用时约 0.5min;患者至少休息 30min 后进入 PET 机房扫描,一般情况工作人员可进行视频和语音隔室指导摆位,按 1/10 患者需要近距离协助摆位、每次摆位时间 1min 考虑,摆位人员接触受检者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 个人防护用具,技师摆位完成后到控制室操作设备并且观察机房内患者情况,每名患者进行 PET/CT 扫描时间约 15min。

校准: 护士在手套箱进行  $^{18}\text{F}$  校准用的模体制作,制作时辐射剂量率保守取手套箱外表面 30cm 处的值,一次制作约 10min,校准完将模体从手套箱转移到 PET/CT 设备上,一次约 1.5min。校准扫描开始时,技师到控制室操作设备,每次扫描约 30min。由于  $^{68}\text{Ge}$  活度低且在屏蔽状态下使用,相较于  $^{18}\text{F}$ ,  $^{68}\text{Ge}$  不需要经过人工制作模体,减少了工作人员操作核素的步骤和时间,正常状态下相对于  $^{18}\text{F}$  等正电子核素而言,其外照射危害可以忽略。

###### ② SPECT/CT 诊断:

SPECT/CT 诊断用药物为订购按人份分装好的成品药物,包装在单支带屏蔽的注射

器内，医护人员无分装工序。

医护人员在给药患者时、协助部分患者近距离摆位、控制室医务人员操作设备时，辐射工作人员会受到药物的辐射影响，因此职业照射估算分析按照上述三个方面计算对工作人员的辐射影响。

工作时间及计算参数：(i) 医务人员在给药前需在手套箱内对单支  $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  药物进行测活，每支药物测活时间为 1min；(ii) 每个  $^{99m}\text{Tc}$  诊断患者常规注射药物用时约 0.5min，每名  $^{99m}\text{Tc}$  动态显像和心肌灌注显像患者注射药物用时约 1min，每名肺通气患者指导给药时间约 2min，每个  $^{131}\text{I}$  显像诊断患者服药时间为 1min；(iii) 受检者在摆位技师的辅助下（直线距离约 1m）进行扫描检查，考虑按 1/10 的患者需要协助摆位、每次摆位时间按 1min 考虑，动态扫描患者先摆位后注射，因此摆位过程中工作人员不受到辐射影响。摆位人员接触受检者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 铅衣；(iiii) 技师摆位完成后到控制室操作设备并且观察机房内患者情况，每名患者扫描时间 15min。患者需进行肺通气、动态显像和心肌灌注显像时，护士把药物从手套箱转移到肺通气室、运动负荷室和 SPECT/CT 机房，每次转移时间为 0.5min，合计每天最多转移次数为 30 次。

#### ③ 锗镓发生器制备 $^{68}\text{Ga}$

每天使用一次锗镓发生器制备  $^{68}\text{Ga}$ ，每次淋洗、药物标记时间为 15min；制备药物后在分装柜内进行分装，单人份分装时间为 1min；质检药物用量为  $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ ，时间为 2min。

#### ④ 核素门诊治疗

核素门诊治疗项目使用的  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  药物均由供应商按人份分装后送至核医学科，包装在单支带屏蔽的注射器内，医护人员无需再分装，只需对患者进行药物注射，每次注射时间按 1min，在注射过程中，辐射工作人员会受到药物的辐射影响。另外  $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  药物产生的  $\alpha$  射线一张纸就能屏蔽，因此辐射影响忽略不计。

#### ⑤ 甲亢治疗、甲功测定：

甲亢治疗所用的  $^{131}\text{I}$  药物采用由供药商按人份分装后送至核医学科，包装在单支带屏蔽的注射器内，医护人员在手套箱内测活后再进行给药，每支药物测活时间为 1min，给药时只需将药物转移到一次性杯子中指导患者服药，指导服药时间为 1min/人次。

由于甲功测定患者用药量较小，每天所用药物由供药商按 1 个货包送至核医学科，需医护人员进行人工分装，每次分装时间为 1min，分装后转移至甲测室的时间为 0.5min。

#### ⑥ 敷贴治疗：

本项目  $^{32}\text{P}$  敷贴器需要在分装注射室内手动制备，每个患者需要的敷贴器制备时间

按 2min 考虑, 持  $^{32}\text{P}$  敷贴器和  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴器放在患处均按 1min/次。

辐射工作人员外照射受照剂量估算结果见表 9.5-8。

表 9.5-8 辐射工作人员个人年外照射剂量估算

操作	工作时间		辐射剂量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 $H$ ( $\text{mSv/a}$ )			
	min/ 次	次/年		各岗位年剂 量	合计	单人年有效 剂量*	
锞镓发生器淋洗、药 物标记	15	250	5.43E-02	3.39E-03	4.19E-02	4.19E-02	
$^{68}\text{Ga}$ 标记药物质控	2	250	4.62	3.85E-02			
正电子药物 分装	$^{18}\text{F}$	1	15000	2.79E-02	6.98E-03	3.29	8.23E-01 (4 人平均)
	$^{89}\text{Zr}$	1	4500	2.38	1.79E-01		
正电子药物 注射	$^{18}\text{F}$	0.5	15000	6.79E-02	8.49E-03		
	$^{89}\text{Zr}$	0.5	4500	2.01	7.54E-02		
$^{18}\text{F}$ 模体制作	10	48	5.35E-02	4.28E-04			
$^{18}\text{F}$ 模体转移	1.5	48	1.03E-01	1.24E-04			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 测活	1	900	1.12E-18	1.68E-20			
$^{131}\text{I}$ 显像诊断药物测 活	1	300	2.51E-03	1.26E-05			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射 (常规)	0.5	6000	1.12E-08	5.60E-10			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注射 (动态显 像和心肌灌注显像)	1	6000	3.54E-09	3.54E-10			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 肺通气给药	4	3000	1.42E+01	2.84E+00			
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转移	0.5	9000	2.80E-07	2.10E-08			
$^{131}\text{I}$ 显像诊断患者给 药	0.5	2500	4.47E-04	9.31E-06			
$^{89}\text{Sr}$ 药物注射	1	1500	5.30E-01	1.33E-02			
$^{131}\text{I}$ 甲亢药物测活	1	600	2.51E-03	2.51E-05			
$^{131}\text{I}$ 甲测药物分装	1	9000	2.52E-04	3.78E-05			
甲亢患者给药	1	6000	4.70E-04	4.70E-05			
$^{131}\text{I}$ 药物转移到甲测 室	0.5	9000	2.06E-03	1.55E-04			
制备 $^{32}\text{P}$ 敷贴器	2	9000	1.52E-01	4.56E-02			
$^{32}\text{P}$ 敷贴器治疗	1	9000	2.39E-03	3.59E-04			
$^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ 敷贴器治疗	1	9000	8.32E-01	1.25E-01			
PET/CT 摆 位	$^{18}\text{F}$	1	1500	26.3	6.58E-01	3.94	7.88E-01 (5 人平均)
	$^{89}\text{Zr}$	1	450	34.9	2.62E-01		
PET/CT 扫 描	$^{18}\text{F}$	15	15000	3.99E-01	1.50E+00		
	$^{89}\text{Zr}$	15	4500	1.06	1.19E+00		

操作	工作时间		辐射剂量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 $H$ ( $\text{mSv/a}$ )		
	min/ 次	次/年		各岗位年剂 量	合计	单人年有效 剂量*
PET/CT 校准扫描	30	48	1.50	1.80E-02		
SPECT/CT 摆位	$^{131}\text{I}$	1	300	9.72	4.86E-02	
	$^{177}\text{Lu}$	1	150	6.81	1.70E-02	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1	900	6.05	9.08E-02	
SPECT/CT 扫描	$^{131}\text{I}$	15	3000	1.74E-01	1.31E-01	
	$^{177}\text{Lu}$	15	750	1.74E-01	2.18E-03	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	15	9000	1.09E-06	2.45E-06	

注：①正电子药物的分装和注射保守按每天开展 $^{18}\text{F}$ 和 $^{89}\text{Zr}$ 考虑，按患者比例（ $^{18}\text{F}$ ： $^{89}\text{Zr}$ =10:3）计算剂量率。

② $^{177}\text{Lu}$ 诊断项目按每天1名患者需要摆位考虑，SPECT/CT扫描时辐射剂量率保守参照 $^{131}\text{I}$ 考虑。

由上表可知，正常情况下本项目核医学科工作人员在运行期的年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年有效剂量限值不超过20mSv的要求，也满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中工作人员职业照射剂量约束值不超过5mSv/a的要求。

## （2）公众受照剂量估算

根据图9.5-1核医学辐射工作场所关注点示意图，结合表9.5-3至表9.5-6辐射剂量率结果对核医学科周围公众受照剂量进行估算，计算公式见式9.5-7，计算结果见表9.5-9。

表 9.5-9 公众个人年有效剂量估算

方位	关注点	辐射剂量率 $H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年受照 时间(h)	居留因 子	年有效剂量 ( $\text{mSv/a}$ )
北侧	直线加速器机房1	2.16E-06	2000	1/4	1.08E-06
	直线加速器机房2	2.98E-06	2000	1/4	1.49E-06
	直线加速器机房3	2.98E-06	2000	1/4	1.49E-06
东侧	CT模拟定位机房	1.40E-01	2000	1/4	7.00E-02
	护士站	4.30E-04	2000	1	8.60E-04
	等候区	4.30E-04	2000	1/20	5.38E-05
南侧	通道	2.65E-02	2000	1/5	1.06E-02
西侧	地下通道	7.39E-01	2000	1/16	9.24E-02
正上方	办公室、维修办公室、 计量控制室	3.85E-02	2000	1	7.70E-02
	走道	4.42E-02	2000	1/5	1.77E-02
	地下车道、加压机房、 库房、报警阀间、工具间、 设备冷库、维修间、输液 液库、验货区、特殊药品 库等	7.70E-02	2000	1/16	9.63E-03

注：①关注点的辐射剂量率取相应位置的最大值；

②居留因子参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附表 A.1 取值。

根据估算结果可知，核医学项目投入使用后，公众年有效剂量最大值为  $9.24 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于公众年有效剂量限值不超过  $1 \text{mSv}$  的要求，同时满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于公众照射剂量约束值不超过  $0.1 \text{mSv/a}$  的要求。

#### 9.5.4 放射性废物影响分析

##### （1）液态放射性废物

本项目核医学科使用核素是  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$ ，其中  $^{32}\text{P}$  患者通过体外敷贴，不会产生废液， $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  患者注射药物后直接离开核医学科，不会产生患者排泄废液。只有在事故工况下， $^{32}\text{P}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  放射性药物意外洒落才可能会产生少量放射性废液，发生该事故时，工作人员应立即穿戴防污染用品，用吸水垫快速吸收洒落液体，再用毛巾从污染区边缘向中心擦拭，将沾有放射性液体的吸水垫和毛巾放入专用废物桶中按照放射性固废暂存，不排入衰变池中，其余的核素根据涉及场所和半衰期情况分别排入 A、B 两套衰变池处理。

##### ①放射性废液产生量

A 衰变池（ $^{131}\text{I}$ ）废液：

排入 A 衰变池的核素主要为  $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ，其主要产生场所为碘-131 休息室卫生间、甲亢留观室卫生间、淋浴间、污洗间、保洁间。

（a）甲亢患者每天最多 20 人， $^{131}\text{I}$  显像诊断患者每天最多 10 人，每人产生的废水量取  $6 \text{L/天}$ ，每周开展 6 天； $^{177}\text{Lu}$  显像诊断患者每天最多 5 人，每周开展 3 天；病人废液产生量为  $1.17 \text{m}^3/\text{week}$ ；

（b）辐射工作人员去污清洗用水参考《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019）表 3.2.2，按  $60 \text{L}/(\text{人} \cdot \text{班})$  考虑，核医学科每天 2 班，每班 4 人，每周 6 天，则用水量为  $2.88 \text{m}^3/\text{week}$ ；

（c）核医学工作场所清洁用水按  $0.1 \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{次})$  考虑，核医学科涉及核素使用区域总面积约  $750 \text{m}^2$ ，每周清洗 6 次，则每周治疗区清洗废液  $0.45 \text{m}^3/\text{week}$ ；

（d）不可预见用水按以上（a）、（b）、（c）三项废液产生总量 10% 计，为  $0.45 \text{m}^3/\text{week}$ ；则较长半衰期放射性废液产生量为  $4.95 \text{m}^3/\text{week}$ 。

B 衰变池（较短半衰期）废液：

排入 B 衰变池的核素有  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，主要产生点为 SPECT/CT

候诊室卫生间、PET/CT 候诊室卫生间、VIP 候诊室卫生间、SPECT/CT 留观室卫生间、PET/CT 留观室卫生间。

(a) 显像诊断患者按每人每次用水定额 6L，每人排水次数按 2 次考虑，使用  $^{99m}\text{Tc}$  进行 SPECT/CT 诊断患者每日最多 30 人，PET/CT 日诊断患者最多 65 人，每周工作 6 天，则病人废液产生量为  $6.84\text{m}^3/\text{week}$ ；

(b) 不可预见用水按 (a) 项废液产生总量 10% 计，为  $0.68\text{m}^3/\text{week}$ ；

则较短半衰期放射性废液产生量为  $7.52\text{m}^3/\text{week}$ 。

### ②放射性废液的衰变时间以及排放浓度计算

考虑核医学科后期发展规划，A 池半衰期设计容积较大，衰变池单格池子有效容积为  $69.4\text{m}^3$ ，周废液产生量为  $4.95\text{m}^3/\text{week}$ ，注满 1 个池子需要  $69.4/4.95 \approx 14.0$  周，衰变池为 4 池并联，衰变时间为注满 3 格衰变池所需时间，为 294 天。

B 衰变池单格池子有效容积为  $30.75\text{m}^3$ ，周废液产生量为  $7.52\text{m}^3/\text{week}$ ，注满 1 个池子需要  $30.75/7.52 \approx 4.0$  周，衰变池为 3 级并联，衰变时间为 56.0 天。

根据《AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements.》， $^{18}\text{F}$  等 PET 诊断患者上厕所会排出总药量的 20%；根据《放射毒理学》(朱寿彭、李章主编)， $^{99m}\text{Tc}$  患者静脉注入药物后的 10h，排泄物(尿+粪)占注入量的 46%。由于显像诊断所用核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$  半衰期相对较短，因此以周为单位考虑核素的衰变，由于 B 衰变池内废液注满单格时间为 4 周，则衰变池内废液注满时，第 1 周排入的废液已衰变 3 周，以此推算出衰变池单格池子注满时池子内所含核素的总活度，具体见表 9.5-10。

由于本项目进行 SPECT 显像的  $^{177}\text{Lu}$  患者为注射  $^{177}\text{Lu}$  药物治疗后 24h 或 48h 的患者，治疗时最大给药量为  $7.4 \times 10^9\text{Bq}$ 。根据《 $^{177}\text{Lu}$ -Dotatate 治疗神经内分泌瘤患者对环境辐射安全的研究进展》(同位素，2022 年 2 月第 35 卷第 2 期)，患者体内  $^{177}\text{Lu}$  药量主要通过肾脏排泄清除，清除率在 24h 达 58%，48h 内达 65%，按患者 24h 后进行 SPECT 显像考虑，则每名  $^{177}\text{Lu}$  患者在候诊期间产生的放射性废液中活度最大为  $7.4 \times 10^9 \times (65\% - 58\%) = 5.18 \times 10^8\text{Bq}$ 。 $^{131}\text{I}$  诊疗患者保守按患者体内药物全排出且注满单个池子后才开始衰变考虑，衰变池废液排放情况见表 9.5-11。

表 9.5-10 衰变池注满一池废水的活度估算

核素名称	半衰期	第 1 周衰变池核素最大排入量 (Bq)	衰变 1 周后衰变池中所含核素活度 (Bq)	衰变 2 周后衰变池中所含核素活度 (Bq)	衰变 3 周后衰变池中所含核素活度 (Bq)	注满一池核素活度 (Bq)
$^{18}\text{F}$	109.8min	2.22E+10	5.14E-18	1.19E-45	2.75E-73	2.22E+10

<sup>68</sup> Ga	68.3min	2.22E+09	8.30E-36	3.10E-80	1.16E-124	2.22E+09
<sup>64</sup> Cu	12.7h	2.22E+09	2.31E+05	2.41E+01	2.51E-03	2.22E+09
<sup>89</sup> Zr	78.41h	1.11E+09	2.51E+08	5.69E+07	1.29E+07	1.43E+09
<sup>99m</sup> Tc	6.02h	7.66E+10	3.04E+02	1.21E-06	4.81E-15	7.66E+10

表 9.5-11 衰变池废液排放情况表

核素名称	注满一池核素活度 (Bq)	衰变时间 (d)	衰变后一次排放活度 (Bq)	排放浓度 (Bq/L)
<sup>18</sup> F	2.22E+10	56.0	2.55E-211	3.26E-01
<sup>68</sup> Ga	2.22E+09	56.0	0.00E+00	
<sup>64</sup> Cu	2.22E+09	56.0	3.01E-23	
<sup>89</sup> Zr	1.43E+09	56.0	1.00E+04	
<sup>99m</sup> Tc	7.66E+10	56.0	5.27E-57	
<sup>131</sup> I	7.77E+11	294	7.16	1.03E-04
<sup>177</sup> Lu	1.09E+11	294	7.71E-03	

### ③放射性废液排放

由预测结果可知，短半衰期废液暂存时间为 56.0 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天”的要求，并且含 <sup>89</sup>Zr 废液满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中“所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期”(33 天) 的要求；经衰变后放射性废液排放活度满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中“总 β 不大于 10Bq/L”的要求。

长半衰期废液暂存时间为 294 天，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 中“所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期”(<sup>177</sup>Lu 衰变要求 67.3 天) 及“总 β 不大于 10Bq/L、含碘-131 核素的暂存超过 180 天”的要求。

根据《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)，医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站，医院污水处理站进一步处理后纳入市政污水管网排放。放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

## (2) 放射性固体废物

①放射性固体废物产生量：PET 与 SPECT 显像诊断每年共诊断 28500 人次，核素门诊治疗每年治疗 4500 人次，甲亢每年治疗 6000 人次，甲功测定每年诊疗人数为 9000 人次，敷贴治疗每年诊疗人数为 18000 人次。放射性固废产生量以 0.02kg/人次计，则

以上诊疗项目产生的放射性固废约为 1320kg/年。

## ②固体放射性废物处理

本项目在核医学科内拟设置 20 个脚踏式铅废物桶。脚踏式铅废物桶装的主要为一次性注射器、棉签、滤纸、手套、纸杯等，上述废物占用空间的主要为一次性注射器，其余的废物体积较小。废物桶的废物一般在核医学科当天接诊完患者后工作人员将各房间内废物桶里面的废物转移到固废间的废物桶中暂存，待废物桶装满后再转移到放射性废物间的废物箱进行暂存衰变，因此，脚踏式废物桶的容量应当满足满负荷运行情况下一天患者产生的废物量。由于  $^{32}\text{P}$  敷贴器采用滤纸制作，体积小、重量轻，加上敷贴治疗需要的一些辅助用品，包括橡皮泥、塑料薄膜、卫生纸等，以每日最大检查人数 30 人计算，敷贴治疗每日产生的废物体积最大为  $3000\text{cm}^3$ ； $^{177}\text{Lu}$  患者产生的放射性固体废物主要为患者候诊期间可能产生的卫生纸等，每日产生的废物体积最大为  $50\text{cm}^3$ ；其余核素的脚踏式铅废物桶装的主要为一次性注射器、棉签、滤纸、手套、纸杯等，上述废物占用空间的主要为一次性注射器和纸杯，其余的废物体积较小。单支注射器体积按  $10\text{cm}^3$  考虑，纸杯体积按  $60\text{cm}^3$  考虑。考虑到  $^{18}\text{F}$  等正电子药物和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  不在同一个窗口注射，因此  $^{18}\text{F}$  等正电子药物共用一个脚踏式废物桶（每天最多 65 名患者，65 支注射器，一天共  $650\text{cm}^3$ ）， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  单独用一个脚踏式废物桶（每天共 30 名患者，30 支注射器，一天共  $300\text{cm}^3$ ）；长半衰期的  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  共用一个脚踏式废物桶（每天最多 15 名患者注射，一天共  $150\text{cm}^3$ ）；考虑到甲测患者不在服碘窗口服药，甲亢、全身显像服药窗口共用 1 个脚踏式废物桶（每天共 30 名患者服药，一天共  $1800\text{cm}^3$ ），甲测患者单独用 1 个脚踏式废物桶（每天共 30 名患者服药，一天共  $1800\text{cm}^3$ ）。

查市面上脚踏式铅废物桶规格资料，常规为高 500mm、内径为 320mm，计算容积约为  $40000\text{cm}^3$ ，能满足满负荷运行情况下一天患者产生的废物量。医院拟在核医学科场所放射性废物间设置 2 个废物衰变箱，用于分类存放核素  $^{18}\text{F}$  等正电子药物、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$  废物；设置 3 个废物衰变箱用于存放含核素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  废物；设置 3 个废物衰变箱用于存放含核素  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  废物；设置 3 个废物衰变箱用于存放含  $^{32}\text{P}$  核素废物。根据市面规格废物衰变箱的尺寸： $500\text{mm}(\text{h})\times 320\text{mm}(\text{w})\times 320\text{mm}(\text{l})$ ，容积为  $51200\text{cm}^3$ ，则放射性废物间的 1 个废物衰变箱可以容纳 53 天含  $^{18}\text{F}$  等正电子药物和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素的废物，2 个废物衰变箱轮流使用； $^{131}\text{I}$  药物用过的一次性纸杯先经过压缩再放进废物衰变箱，纸杯占用体积考虑降到十分之一，则一天产生  $^{131}\text{I}$  废物体积为  $360\text{cm}^3$ 、 $^{177}\text{Lu}$  废物体积为  $50\text{cm}^3$ ，1 个废物衰变箱可以容纳 124 天含核素  $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  的废物，3 个废物衰变箱轮流使用，则  $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  废物衰变时间为 248 天；1 个废物衰变箱可以容纳 341 天

含  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  核素的废物，3 个废物衰变箱轮流使用，则  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  废物衰变时间为 682 天； $^{32}\text{P}$  敷贴治疗产生的废物先经过压缩再放进废物衰变箱，废物占用体积考虑降到原有的五分之一，则一天产生  $^{32}\text{P}$  废物体积为  $600\text{cm}^3$ ，1 个废物衰变箱可以容纳 85 天含核素  $^{32}\text{P}$  的废物，3 个废物衰变箱轮流使用，则  $^{32}\text{P}$  废物衰变时间为 170 天。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 相关要求，含核素  $^{18}\text{F}$  等正电子药物和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  药物的废物暂存衰变时间满足标准要求的所含核素半衰期小于 24h 小时 ( $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) 的放射性固体废物暂存时间超过 30 天和所含核素半衰期大于 24 小时 ( $^{89}\text{Zr}$ ) 的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍 (33d)；含核素  $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$  和  $^{225}\text{Ac}$  药物的废物暂存衰变时间满足标准要求的所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍 (505.3d)；含核素  $^{177}\text{Lu}$  药物的废物暂存衰变时间满足标准要求的所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍 (67.3d)；含核素  $^{131}\text{I}$  药物的废物暂存衰变时间满足含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天的要求；含核素  $^{32}\text{P}$  药物的废物暂存衰变时间满足标准要求的所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍 (142.6d)。本次核医学场所共配备的 11 个废物箱总占地面积约为  $1.1\text{m}^2$ ，放射性废物间面积约为  $10.2\text{m}^2$ ，有足够空间放置废物箱。

核医学科设置  $10\text{mmPb}$  的废物桶， $^{32}\text{P}$  敷贴治疗项目以单日最大给药量全部转移到废物桶中进行估算，其它核素以单日最大给药量的 1% 转移到废物桶中进行估算，距废物桶外表面 30cm 处，距离取 0.5m，则：

①PET/CT 诊断项目产生的废物上午和下午不累积，分开收集，PET 废物衰变桶选取用量最大的  $^{18}\text{F}$  和半衰期长且裸源 1m 处剂量率较大的  $^{89}\text{Zr}$  进行计算，源强为  $^{18}\text{F}$ ： $30 \times 370 \times 1\% = 11.1\text{MBq}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ ： $5 \times 185 \times 1\% = 0.925\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $1.96\mu\text{Sv/h}$ ；

②SPECT 废物衰变桶选取用量最大的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  进行计算，源强为  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ： $30 \times 925 \times 1\% = 27.75\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $3.36 \times 10^{-10}\mu\text{Sv/h}$ ；

③ $^{131}\text{I}$ 、 $^{177}\text{Lu}$  显像诊断和甲亢治疗废物衰变桶源强为  $^{131}\text{I}$ ： $(10 \times 185 + 20 \times 370) \times 1\% = 9.25\text{MBq}$ ， $^{177}\text{Lu}$ ： $(5 \times 1560) \times 1\% = 7.8\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $2.71 \times 10^{-1} + 2.45 \times 10^{-3} = 2.73 \times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ；

④甲功测定废物衰变桶源强为  $^{131}\text{I}$ ： $(30 \times 0.185) \times 1\% = 5.55 \times 10^{-3}\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $1.62 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ；

⑤核素门诊项目主要考虑含  $^{89}\text{Sr}$  放射性废物的韧致辐射影响，源强为  $^{89}\text{Sr}$ :  $5 \times 185 \times 1\% = 0.925\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $2.65 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ；

⑥敷贴治疗废物衰变桶源强为  $^{32}\text{P}$ :  $30 \times 7.4 \times 100\% = 222\text{MBq}$ ，其外表面 30cm 处的周围剂量当量率为  $2.28 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ 。

以上废物衰变桶均满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)中关于固体放射性废物收集桶外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。

本项目核医学科设置了固废间和放射性废物间，根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求，固体放射性废物所含核素 ( $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) 半衰期小于 24h，暂存时间超过 30 天；所含核素 ( $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{32}\text{P}$  和  $^{177}\text{Lu}$ ) 半衰期大于 24 小时，暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；含碘-131 的固体放射性废物暂存时间超过 180 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染小于  $0.8\text{Bq/cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

另外，核医学项目使用的  $^{68}\text{Ge}$  校准源、 $^{22}\text{Na}$  校准源、 $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  敷贴源属于放射源，报废后由放射源供应单位回收或送交广东省城市放射性废物库处置，医院应做好废源处置的申报和记录。

核医学科废气排放口更换下的废活性炭也属于放射性固体废物，更换下的活性炭将存放于衰变桶中，标注活性炭存放日期、存放量等，满足清洁解控水平后作为一般医疗废物处理。

固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

综上，本项目核医学设有专用的放射性废物间，含放射性的废物未满足暂存时间不会流出核医学场所，项目运行期放射性废物按要求进行收集、暂存和处理后不会对环境造成影响。

### (3) 放射性废气

在操作放射性药物过程中会产生少量的放射性废气，本项目使用的核素  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  等正电子药物和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{131}\text{I}$  药物操作设置有手套箱， $^{68}\text{Ga}$  药物制备和  $^{32}\text{P}$  敷贴器制备操作设置有通风橱，均设有独立的通风系统，通风速度不小于  $0.5\text{m/s}$ ，通风管道与其他区域的通风管道分离，引至屋顶排放，排放口所在位置远离其它高层建筑，满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)相关要求。

本次核医学科项目运行后使用的核素是  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、

$^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$  和  $^{177}\text{Lu}$ ，在操作放射性药物过程中会产生少量的放射性废气，显像诊断使用的含  $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{89}\text{Zr}$  放射性药物挥发性较弱，且均在手套箱内进行分装，开放液面较小， $^{99\text{m}}\text{Tc}$  为外购已分装好的成品药物且药品挥发性较弱，因此产生的放射性废气很少； $^{177}\text{Lu}$  不涉及注射给药，主要为体内含有  $^{177}\text{Lu}$  药物患者的显像诊断，一般不会产生放射性废气。 $^{131}\text{I}$  药物主要涉及甲亢、甲测、甲状腺显像项目，甲亢和甲状腺显像项目药物为外购已分装好的成品药物，开放液面较小，甲测的药物用量较小。

核医学废气排放口位于住院楼综合楼 B 塔屋面 2 米处，高度为 63m，周围邻近没有其它更高层建筑，实现废气高空排放，利于扩散，排风机设置防雨措施，排放口配风帽加铁丝防虫网，排放口设计基本合理。

建议医院结合过滤器供应商的推荐更换周期，在运行前期每季度对活性炭过滤装置处理前后废气放射性活度浓度进行一次取样检测，以进一步了解和验证活性炭的处理效率及更换频率。

## 9.6 辐射监测一般要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)，医院应对核医学工作场所、周围环境及工作人员个人剂量进行监测，并执行以下一般要求：

(1) 开展核医学诊疗实践的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作，不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

(2) 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。

(3) 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

## 9.7 事故影响分析

### 9.7.1 核医学科可能的辐射事故

(1) SPECT/CT 和 PET/CT 操作不当，使患者接受的 X 射线剂量超出正常水平。

(2) 放射性药物和放射源保管不当，发生遗失或被盜。核医学科在储源室保管放射性药物，采用双人双锁进行管理，执行使用台账管理制度，可有效防止同位素被盜和丢失事件的发生。

(3) 操作放射性药物时，液体洒落、泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。工作人员的不良工作、生活习惯以及放射

性废物管理不善（如不按规定处理、保存等），亦可造成工作场所及周围环境污染，特别是注射后受检者管理失效，工作人员与受检者之间交叉照射，将可能导致人员的异常照射和环境污染。

（4）放射性药物分装过程中发生意外或放射工作人员操作失误将导致受检者施药剂量不准确。

（5）工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

（6）放射性废水或放射性固废未达到解控水平或排放标准即进行处理。

### 9.7.2 核医学科辐射事故防范措施

（1）定期开展安全装置与设施检查，保证机房门灯有效关联。制定并落实操作规范，工作人员定期培训。

（2）做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

（3）制定并落实核医学科辐射防护制度，设专人负责，做好核素与放射源的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

（4）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

（5）加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确配备的防护用品（铅衣、铅手套、铅围裙、铅颈套、铅眼镜等）及存放位置。

（6）做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

（7）加强对有药患者的管理，在不影响诊断的情况下，合理安排其服药量，并对出院的有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。

（8）放射性固体废物衰变箱外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废液和固废排放处理管理，按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）要求的衰变时间停留衰变，达到暂存时间后方可进行进一步处理。

### 9.7.3 核医学科辐射事故应急措施

（1）一旦发生放射源或放射性药物丢失或被盗，事故发生者应立即报告医院辐射事故应急指挥领导小组，保护现场。领导小组立即启动本单位辐射事故应急预案，疏散现场无关人员，设置警戒区及警示标志；向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告单》；协助公安、生态环境和卫生主管部门对丢失显像剂（或放射源）进行侦查和追缴，力争在最短时间内将放射性物品找

回。

(2) 配备去污清洁用品，发生核素洒漏时应控制人员进入。选择合理的去污方法，防止交叉污染。去污时佩戴有效的个人防护用品。一般核素药物为液态，若发生洒漏，可用滤纸擦拭清除，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物。然后用温水仔细清洗。

发生放射性物质泄漏时，医院核医学科应采取的应急处置措施如下：

①防止再漏，将剩余溶液转移到别的安全容器中，迅速用干的脱脂棉或其他吸水材料将洒出的放射性溶液吸干，控制污染的扩散。若少量放射性物质洒漏，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。用药棉或纸巾擦抹时，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。用表面污染监测仪测量污染区，如果 $\beta$ 表面污染控制区大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 $\beta$ 表面污染小于控制值为止。若大量放射性物质洒漏，医院应立即封锁相关场所，并向上级有关部门报告，等待专业人员前来处理。事故处理结束后，使用表面污染检测仪对洒漏放射性液体的区域进行表面污染监测，符合国家相关标准后，结束应急状态。事后及时总结经验，形成纸质报告并存档。

②做好警示标识，及时隔离现场并限制人员进入，立即报告医院及核医学科的辐射安全相关负责人，同时要求未受到污染的辐射工作人员及患者等立即离开。辐射工作人员可锁上核医学科各出入口的大门以防无关人员误入。

③对于受表面沾染的辐射工作人员，不要随意走动或触摸其他物品，可自行对表面污染作简单去污处理，并将可能受污染的工作服等脱下另行放置，如果怀疑摄入过量放射性物质时，要及时进行医学观察，用药物促排、治疗或做其他处理。去污过程中若有不幸受伤，应立即洗净并进行外科处理，防止放射性物质由伤口进入体内。

④联络当地生态环境主管部门及卫生、公安等相关部门报告事故情况，并接受生态环境主管部门的辐射安全专业人员对该辐射事故应急处置工作的监管和指导。

(3) 事故处理后应收集资料，及时总结报告。医院对辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

(4) 根据发生的辐射事故类型及实际应急处理过程中经验，对应急预案中的应急措施进行完善，定期组织进行演练并做好记录，以满足实际应急需求。

#### 9.7.4 应急预案的启动及报告

(1) 一旦发生辐射事故，立即启动辐射事故处理应急预案。发生辐射事故时，当

事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急响应救助措施。

(2) 发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

(3) 各类应急救助物资应准备充分、调配及时。

(4) 发生事故后应在 2 小时内上报生态环境主管部门、公安部门，减少和控制事故的危害影响，并配合、接受监督部门的处理。

## 表 10 放疗科环境影响分析

### 10.1 放疗科设备和工艺分析

#### 10.1 放疗科设备和工艺分析

本项目放疗科位于医技楼地下二层，放疗科拟建设 4 间电子直线加速器机房、1 间磁共振加速器机房、1 间后装治疗机房和 1 间 CT 模拟定位机机房，本章节根据设备组成和工艺特点，分“10.1.1 加速器”、“10.1.2 后装治疗机”和“10.1.3CT 模拟定位机”三部分进行分析技术参数、设备组成及工作原理、工作流程及产污，并在“10.1.4 人员配置及工作负荷”章节对放疗科的人员配置和工作负荷统一进行分析。

#### 10.1.1 加速器

##### (1) 技术参数

根据医院配置计划，拟在放疗科新增使用 4 台直线加速器、1 台磁共振加速器，拟购设备的主要技术参数如表 10.1-1 所示。

表 10.1-1 直线加速器的技术参数

机房名称	设备名称	X 射线最大能量 (MV)	1m 处最大辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	电子线最大能量 (MeV)	源轴距 (m)	等中心距地面高度 (m)	最大照射野 ( $\text{cm} \times \text{cm}$ )	线束张角 ( $^\circ$ )	泄漏率
直线加速器机房 1~4	直线加速器	10 (配套使用 1 套 CBCT)	1.44E+09	18	1	1.25	40×40	28	$\leq 0.1\%$
磁共振加速器机房	磁共振加速器	7.2	8.65E+08	无	1.435	1.046	57.4×22	8	主射线内 $\leq 0.5\%$ ; 其他 $\leq 0.15\%$

注：射线泄漏率参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 中的取值及相关设备方提供的数据。

##### (2) 设备组成及工作原理

###### ① 直线加速器

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的直线加速器，属于 II 类射线装置，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属靶，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达

患者病灶实现治疗目的。

在近几年，医用直线加速器的辅助设备迅速发展，为了提高放射治疗的质量，衍生出了各种放射治疗辅助设备，其中主要为 CBCT、EPID。

CBCT 中文名称为锥形束计算机断层扫描系统，是近年发展起来的基于大面积非晶硅数字化 X 射线探测板的锥形束 CT，具有体积小，重量轻，开放式架构的特点，可以直接整合到直线加速器上，其设备主要由影像拍摄系统、计算机系统、固定支架和配套软件系统组成。

设备机架旋转一周就能获取和重建一个体积范围内的 CT 图像。这个体积内的 CT 影像重建后的三维患者模型可以与治疗计划的患者模型匹配比较并得到治疗床需要调节的参数。平板探测器的读数装置和探测器结合在一起，本身就具有提高空间分辨率的优势，达到比传统的 CT 更高的空间分辨率，密度分辨率也足以分辨软组织结构，可以通过肿瘤本身成像引导放疗。

EPID (Electronic Portal Imaging System) 称为电子射野影像系统，是在有用线束透过靶区后的出射方向采集影像的装置，为非单晶硅 X 线探测板系统。可以用于治疗前的定位验证和治疗过程中的验证照相。既可用于位置验证，也可用于剂量验证。EPID 可以为放疗计划提供最为直观的验证，以保障治疗的质量，同时使用 EPID 系统的效率较高通常只需要 1~2min。

根据上述对 CBCT、EPID 的介绍，CBCT 能产生射线，用途是成像引导，而 EPID 则仅为采集影像的装置，不具备产生射线功能，EPID 接收的主要是直线加速器机头产生的有用线束，用于位置和剂量验证。CBCT 在患者治疗过程中会产生 X 射线，而 EPID 则不会产生射线。

本项目拟上的医用直线加速器配备 CBCT 和 EPID 功能，直线加速器外观示意图见 10.1-1，工作原理见图 10.1-2。

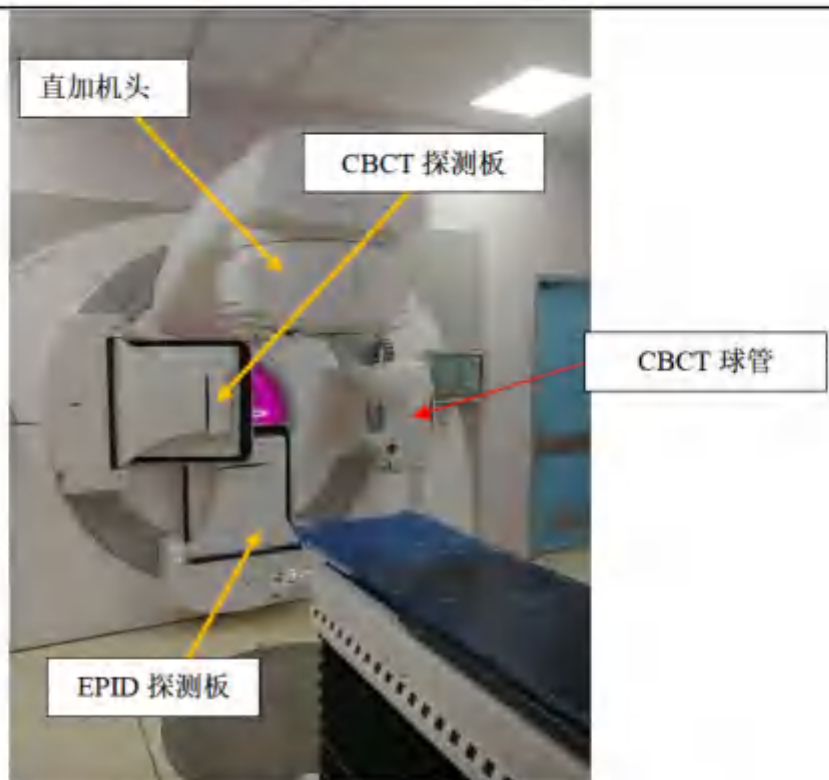


图 10.1-1 常见医用直线加速器以及 EPID、CBCT 外部结构示意图

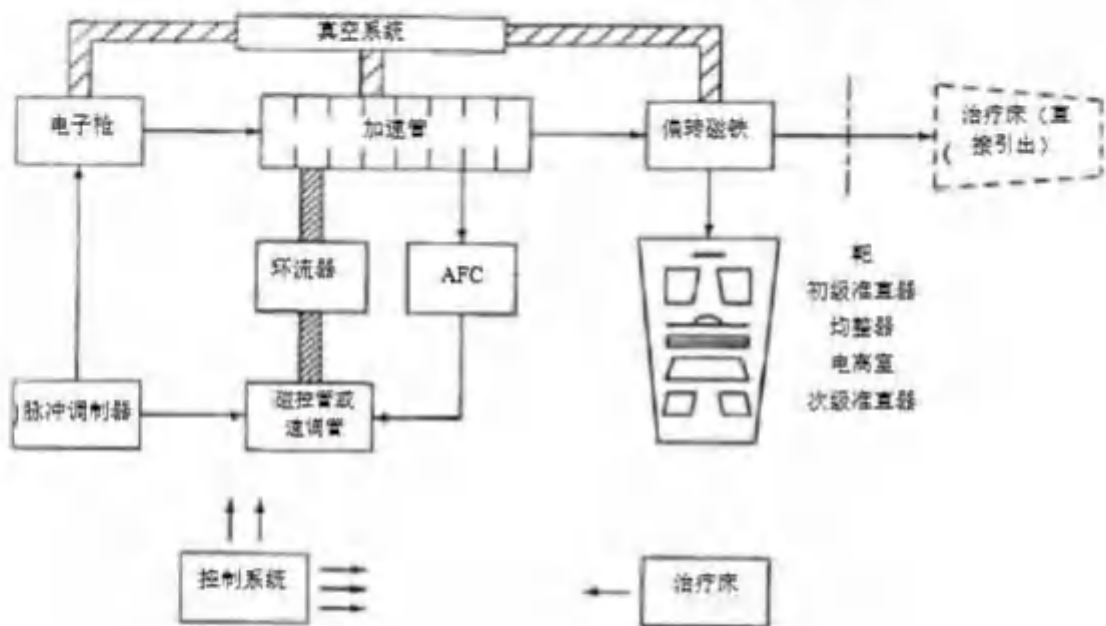


图 10.1-2 医用电子直线加速器运行原理方框图

## ②磁共振加速器

本项目磁共振加速器（MR-Linac）是将直线加速器治疗与 1.5T 高场强核磁共振技术结合，治疗过程中，利用磁共振加速器直线加速器产生的高能 X 射线杀死肿瘤细胞，并结合 MRI 成像系统实时监测治疗过程中靶区的位移变化，使射线实时跟踪肿瘤运动情况，提高放疗精确度。磁共振加速器的运用能缩小照射野的范围，正常组织损伤也会

减小，放疗副作用减小。该设备在运行过程中，直线加速器部分会产生 X 射线；核磁共振部分会产生高磁场。磁共振加速器设备示意图如图 10.1-3 所示。

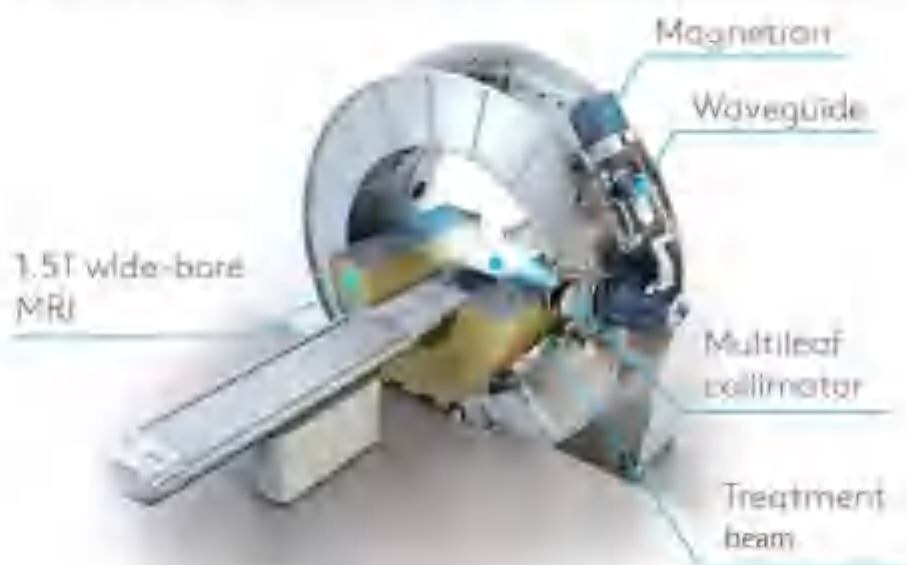


图 10.1-3 磁共振直线加速器设备示意图

磁共振加速器直加部分产生 X 射线基本同医用直线加速器，该设备的特殊性在于：设备是由一个 1.5T 的 MRI 系统和一个安装在滑环机架上的一个直线加速器集为一体而成，是一个高场强磁共振影像引导的放疗系统，具备在辐射射束治疗肿瘤的同时进行高软组织分辨成像的功能，支持实时图像引导下的自适应放射治疗。

设备的 MRI 在图像质量和成像速度方面与诊断 MRI 相似。滑环机架被隐藏在射频电磁屏蔽网罩外面，辐射光束通过一个固定角度的 160 个叶片的多叶准直器（MLC）形成治疗射野，在等中心平面叶片的宽度是 7.1 毫米，沿头脚方向运动。加速器产生的射线束穿过特殊设计的超导磁体，对患者实施照射。

滑环机架上加速器束流发生装置的对侧安装了射线屏蔽系统，其功能有二：一是将射线的强度减弱；二是起到系统配重的作用，在加速器旋转时可以保持系统的动态平衡。

射线屏蔽系统安装位置位于加速器束流发生装置的对侧，主射线方向的受检者的背后；屏蔽材质为 70mm 的钢板；此屏蔽材料会对主射线进行阻挡作用，并且此屏蔽板会跟随主线束方向旋转而旋转，可以有效地对直线加速器的主线束进行有效地屏蔽。

屏蔽阻挡的角度为能覆盖到射线出来最大角度 8 度的范围。

主射线照射至屏蔽材料上产生的韧致辐射影响包含在主射线方向的辐射影响中，主射线穿过设备自带屏蔽板后，使得设备主束方向的总的辐射泄漏率降至 0.5%，其他方向的辐射泄漏率降低至 0.15%。

设备为等机架选装中心照射，出束方向旋转角度为 360 度，自屏蔽板始终垂直于主束，由于设备主束方向的射线强度是最大的，所以进行主射线方向的屏蔽设计，主射线穿过设备自带屏蔽板后，主要为散射线和漏射线。

磁共振加速器的结构示意图见图 10.1-4。



图 10.1-4 磁共振加速器结构示意图

### (3) 工作流程及产污环节

直线加速器在进行放射治疗时，患者在射线机房内，医务操作人员位于射线机房外隔室操作。治疗时，射线机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入射线机房。

直线加速器治疗工作操作流程如下：

- a) 根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- b) 确定肿瘤位置和形状后，物理师根据医师给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成；
- c) 医护人员和患者进入加速器机房，医护人员进行指导摆位，随后医务人员撤出加速器机房。
- d) 医务人员撤出机房后并确认机房内除了受诊患者无其他人员。随后使用锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正患者放疗体位。
- e) 启动加速器，进行出束治疗。
- f) 治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开。

直线加速器工作流程及产污环节见图 10.1-5。

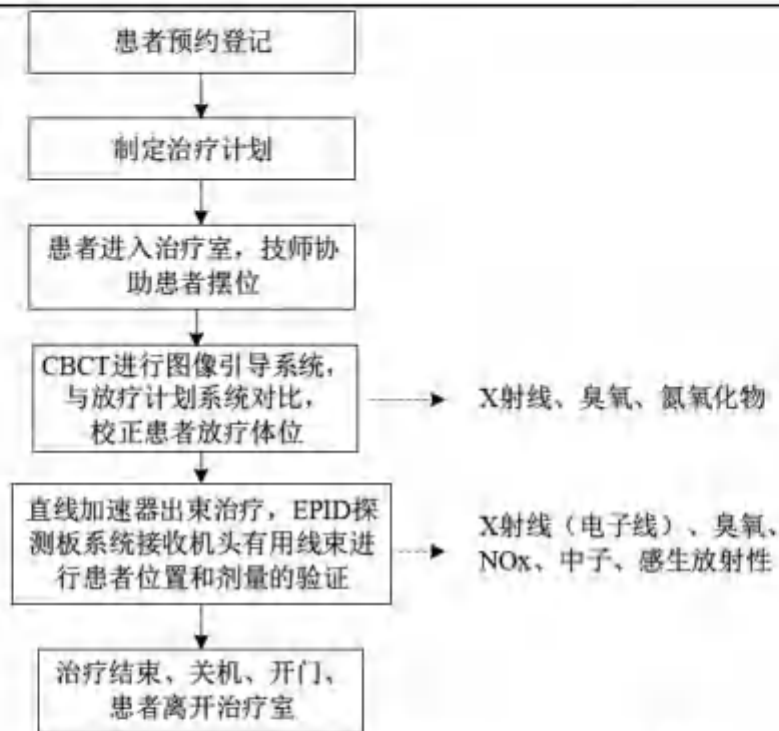


图 10.1-5 直线加速器工作流程及产污环节示意图

## ②磁共振加速器

使用磁共振加速器治疗流程与使用常规直线加速器利用 X 射线图像引导定位实施放疗的操作流程有很多相似之处，最大的不同之处在于设备本身提供在线自适应计划的能力，磁共振加速器治疗工作流程如下：

- a) 患者预约登记；
- b) 医生和物理师在确定肿瘤位置和形状后，以治疗前计划为基础对在线 MRI 定义的靶区设计在线治疗计划，审核在线治疗计划并用软件检验剂量计算的准确性；
- c) 患者进入治疗室；
- d) 技师协助患者按照模拟体位在治疗床上固定；
- e) 技师确认各类按钮工作正常，退出机房关闭防护门；
- f) 技师在控制室按医疗方案填好出束时间、角度、剂量，治疗前，设备连续采集 MRI 影像，在新的影像上显示靶区轮廓，医师在实施治疗前确认患者定位的稳定性；
- g) 磁共振加速器出束治疗；
- h) 磁共振加速器出束治疗，磁共振加速器设备自带的在线计划 MRI 与模拟计划 CT/MRI 进行可形变配准，根据配准变换自动勾划在线 MRI 的结构、并根据对应的 CT 给定在线 MRI 影像体素的电子密度，在治疗中实时监控肿瘤的位置，肿瘤位置发生偏离时采取纠正的措施；

i) 治疗结束后，患者离开治疗室。

磁共振加速器治疗工作流程及产污环节见图 10.1-6。

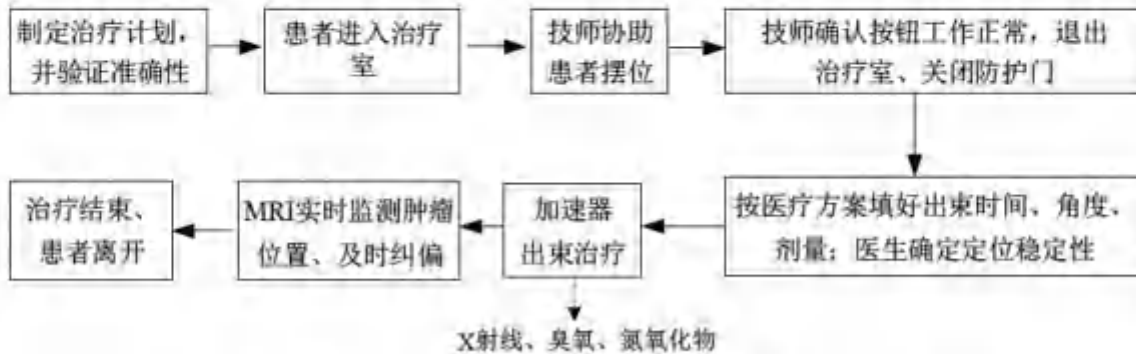


图 10.1-6 磁共振加速器治疗工作流程及产污环节见图

## 10.1.2 后装治疗机

### (1) 设备组成及工作原理

后装治疗机包括施源器、贮源器和源传输系统以及控制系统。施源器是一个直径为毫米级的管状物，由不锈钢制成，管内可装球形的放射源，并有气动通道。贮源器和源传输系统包括源分类机、主贮源室、源分配器、中间贮源室、阀门和传输管道。控制系统由计算机、电视监视系统和打印系统组成。常见后装机外观见图 10.1-7。



图 10.1-7 常见后装机外观

后装治疗是放射治疗的一种方法，所谓后装就是预先在病人需要治疗的部位正确地放置施源器，然后采用自动或手动控制，将贮源器内放射源输入施源器内实施治疗的技术。本项目后装治疗属近距离放疗，使用  $^{192}\text{Ir}$  放射源，属性见表 10.1-2。治疗时依照临床要求，使  $\gamma$  放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的治疗手段，后装治疗具有放射源强度小、治疗距离短、局部剂量高、周边剂量迅速跌落的特点，主要治疗不同部位的肿瘤以及手术难以切净而周围又有重要脏器限制外照射剂量的患者，如胰腺、胆管、膀胱癌、直肠癌及头颈部恶性肿瘤等。

表 10.1-2 后装治疗机放射源的相关属性

放射源名称	最大装机活度 (Bq)	源距地面高度 (m)	状态	半衰期 (d)	衰变方式	γ 射线能量 (MeV)	空气比释动能率常数 $K_r$ $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$
$^{192}\text{Ir}$	$5.55 \times 10^{11}$	1	固态	74.0d	$\beta^-$ 、EC	0.612 (6%)	0.111
						0.604 (9%)	
						0.589 (5%)	
						0.485 (3%)	
						0.468 (48%)	
						0.317 (80%)	
						0.308 (31%)	
						0.296 (29%)	
0.206 (4%)							

### (2) 工作流程及产污环节

后装治疗一般工作流程及产污环节见图 10.1-8。

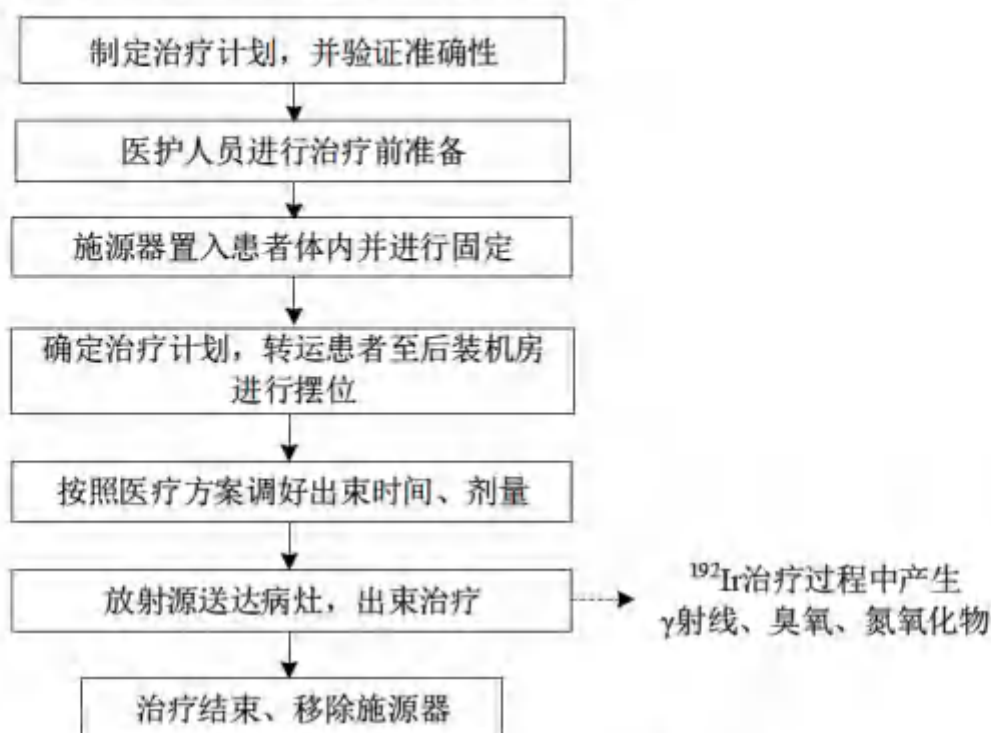


图 10.1-8 后装治疗工作流程及产污环节示意图

### (3) 放射源装源、换源

本项目后装治疗机使用的  $^{192}\text{Ir}$  密封放射源装源、换源工作均由有相应资质单位进行，医院提供完成这些工作必备的工作场所，并与医院的应急预案进行联动，医院工作人员不参与装源换源工作。

放射源倒装人员持证上岗，进入机房前需携带辐射监测仪器，对设备进行初步检查，在机房内将专用换源施源导管一端连接到后装治疗机机头出源口，另一端接入厂家换源

器，打开设备保险，退出机房，关闭防护门后在控制室操作台上将旧源输出，后装治疗机按程序自动将废源送入厂家换源器的储源位，待机房内剂量率达到安全值后，倒源人员开启防护门进入机房内，操作换源器上的钢丝锁紧装置，并在后装治疗机机头上释放废源钢丝另一端（不带放射源端）的锁紧机构，再将不带源的钢丝一端从机头中取出放置换源器中并密封后将装有废源的换源器放置在治疗室内保险柜内，至此，废源倒装完毕，倒装过程中对后装治疗机、后装治疗机房以及周围环境进行辐射监测。

将装有新源的厂家换源器移入机房，将换源器中不带源的钢丝一端通过装源导管插入后装治疗机机头中，随后锁紧机头中的钢丝端头，开启装有新源的换源器锁紧装置，倒装人员退出机房，关闭防护门后在控制操作台上执行装源程序，机房内后装治疗机按程序自动将新源收入机头铅罐的储源位，待剂量率恢复至安全水平以下，倒装人员开启防护门进入机房，确定新源到达指定位置，至此，新源倒装完毕。新源倒装过程中和新源倒装结束后对后装治疗机、后装治疗机房以及周围环境进行辐射监测。

### 10.1.3 CT 模拟定位机

#### (1) 设备技术参数

根据医院配置计划，拟购 1 台 CT 模拟定位机，主要技术参数见表 10.1-3 所示。

表 10.1-3 CT 模拟定位机的技术参数

装置名称	类别	数量 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	使用位置
CT 模拟定位机	Ⅲ类	1	待定	150	1000	医技楼地下二层 CT 模拟定位机房

#### (2) 设备组成及工作原理

CT 模拟定位系统是以计算机断层扫描为基础的模拟定位系统，该系统由一台 CT 扫描设备、一套虚拟定位及计划系统和一套三维（或四维）移动激光射野模拟系统三部分组成。三大部分通过数据传输系统在线连接。

CT 模拟定位系统产生 X 射线的原理与常规放射诊断用 CT 基本没有差异，都是通过电子打击高原子序数材料靶产生韧致辐射。CT 模拟定位的全过程包括体位确定、固定，建立原始坐标系，图像采集、传输、重建，靶区勾画和确定，射野选择和布置，射野等中心确定和将原始坐标系原点移至等中心等一系列步骤，其基本要求与二维的 X 光模拟一样，但是过程较为复杂，能够完成二维 X 线模拟机不能完成的非共面放射治疗等高技术强度放疗方案设计。

#### (3) 工作流程及产污环节

CT 模拟定位影像诊断是指利用 X 射线的穿透性取得人体内器官与组织的影像信息以判断肿瘤大小、位置的技术，本项目 CT 模拟定位机诊断流程如下：

(1) 患者经医生诊断、诊断正当性判断后，确定需要进行 CT 模拟定位的患者与放疗技师预约登记；

(2) 患者在医护人员的指导下正确摆位；

(3) 技师进行隔室操作，利用 CT 模拟定位机进行检查；

(4) 检查结束离开检查室。

诊断流程见图 10.1-9。



图 10.1-9 CT 模拟定位诊断流程及产污环节

#### 10.1.4 人员配置及工作负荷

##### (1) 人员配置

根据医院提供资料，放疗科拟配置 14 名放疗肿瘤医师、6 名物理师、15 名技师，本次拟新增辐射工作人员 35 人。

##### (2) 加速器项目工作负荷

根据医院提供资料，投入使用后，放疗科每周工作 5 天，年工作 50 周。随着放疗技术的发展，目前放射治疗绝大多数采用调强治疗方式。

单台直线加速器周最多治疗患者人数为 400 人次，平均每人治疗剂量按 5Gy 计，周工作负荷  $W=400 \times 5=2000\text{Gy}/\text{周}$ 。考虑按照全部患者均进行调强治疗考虑，出束时间平均约 4 分钟/人次，则加速器治疗周出束时间为 26.7h，年总出束时间为 1335h。

磁共振加速器周最多治疗患者人数为 250 人次，平均每人治疗剂量按 5Gy 计，周工作负荷  $W=225 \times 5=1250\text{Gy}/\text{周}$ ，出束时间平均约 5 分钟/人，则周出束时间为 20.8h，年出束时间为 1040h。

##### (3) 后装治疗项目工作负荷

后装治疗项目每周最多治疗患者人数为 50 人，综合考虑初始装源及随使用时间而衰变的情况，平均每位患者的治疗照射时间（工作负荷）为 10min，则周出束时间约为

8.3h，年出束时间约为 415h。

#### (4) CT 模拟定位机项目工作负荷

CT 模拟定位机项目每周最多诊断患者人数为 150 人，设备单次曝光时间不超过 30 秒，则 CT 模拟定位机年工作负荷为  $9.75 \times 10^4 \text{mA} \cdot \text{min}$ 。周出束时间约为 1.25h，年出束时间为 62.5h。

## 10.2 放疗科污染源项分析

### 10.2.1 环境影响因子分析

#### (1) 加速器和 CBCT

①X射线：直线加速器和磁共振加速器运行期间高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能X射线，其配套的CBCT正常工作状况下，X线管也会产生X射线，X射线随机器的开、关而产生和消失。

②电子线：当直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速器引出用于治疗患者。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。

③中子：直线加速器治疗机头外的杂散中子称为直接光中子，它来源于高能X射线中产生的光子与加速器的靶、准直器及电子束和光子束通道上的其他物质互相作用发生光核反应所产生的中子。直接光中子平均能量不超过1MeV。直接光中子与机房墙体作用发生弹性散射和非弹性散射，散射中子的能量约为0.24MeV，直接光中子和散射中子的平均能量约为0.34MeV。中子作用于物质时被俘获，同时生成 $\gamma$ 射线，称为中子俘获 $\gamma$ 射线。本项目直线加速器能量最大为10MV，直线加速器的高能量、高剂量率X射线治疗模式下考虑中子的影响，直线加速器的电子束治疗是直接由加速器引出电子用于治疗病人，电子不打到加速器靶上，无中子产生。

④感生放射性：当直线加速器X射线能量大于10MV时，产生感生放射性，在空气中产生的感生放射性核素包括 $^{11}\text{C}$ （半衰期20.5min）、 $^{13}\text{N}$ （半衰期10.0min）、 $^{15}\text{O}$ （半衰期2.0min）和 $^{41}\text{Ar}$ （半衰期1.8h），主要为 $^{13}\text{N}$ 和 $^{15}\text{O}$ 。本项目放疗科直线加速器最大能量为10MV，为防护安全起见，本次评价保守考虑感生放射性影响。在加速器运行期间，由于有足够的结构屏蔽，其机头结构材料产生的固态感生放射性不会对屏蔽体外的人员造成影响，但停机后工作人员进入治疗室内可能会受到感生放射性辐射影响。

⑤臭氧和氮氧化物:直线加速器和磁共振加速器在运行过程中,空气在辐射照射下,会发生辐照分解现象,主要产物为臭氧及微量氮氧化物,通过排风系统排入大气。

⑥废靶件:直线加速器和磁共振加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生,废靶件由加速器供应商回收,不会在医院储存。

### (2) 后装治疗机

本项目使用放射源后装治疗机时主要的环境影响来自放射源,污染影响因子是放射源发射的 $\gamma$ 射线,对周围环境影响途径为外照射,无放射性废水、放射性废气产生。由于放射性衰变,随着放射性活度的降低,密封源在一定时间以后将无法继续满足放射治疗要求,需要更换新的放射源。医院将与供源单位签订废旧放射源返回协议,废旧放射源由供源单位负责回收,不会在医院储存。

### (3) CT模拟定位机

正常工作状况下,X线管产生X射线。X射线在开机时产生,关机时消失。放射影像项目无放射性“三废”产生,需做好外照射防护。

## 10.2.2 射线装置和放射源源项参数

本项目放疗科拟使用的射线装置和放射源源项参数见表 10.2-1 至表 10.2-3。

表 10.2-1 加速器源项情况表

射线装置名称	数量(台)	X射线最大能量	X射线最高剂量率	电子线最大能量及剂量率	污染因子
直线加速器	4	X射线 10MV, 1m 处最大辐射剂量率 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ; X射线 6MV, 最大剂量率 $8.40 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$		18MeV, 电子线最大输出剂量率: $6.00 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$	X射线(电子线)、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、废旧靶件、中子、感生放射性
		加速器集成 1 套锥形束计算机断层扫描系统(CBCT): 150kV, 1000mA		/	X射线
磁共振加速器	1	X射线 7.2MV, 距靶 1 米处最大剂量率: $8.65 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$		无	X射线、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、废旧靶件

表 10.2-2 后装治疗机源项情况表

放射源名称	最大装机活度(Bq)	状态	半衰期(d)	射线类型	$\gamma$ 射线能量均值(MeV)	空气比释动能率常数 $K_a$ $\mu\text{Sv}/(\text{h} \cdot \text{MBq})$	污染因子
$^{192}\text{Ir}$	$5.55 \times 10^{11}$	固态	74.0d	$\gamma$ 射线	0.37	0.111	$\gamma$ 射线、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$ 、废旧放射源

表 10.2-3 CT 模拟定位机源项情况表

射线装置名称	数量(台)	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	产生的污染因子
CT 模拟定位机	1	150	1000	X射线、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$

## 10.3 放疗科项目辐射安全与防护

### 10.3.1 工作场所布局分析

本项目在医技楼地下二层设放疗科开展放疗科项目，共建设 4 间直线加速器机房、1 间磁共振加速器机房、1 间后装治疗机房和 1 间 CT 模拟定位机房，平面布局见图 10.3-1，楼上平面布置图见图 10.3-2。

本项目直线加速器机房、磁共振加速器机房和后装治疗机房均由治疗室、迷道和防护门组成。加速器机房（治疗室）和后装治疗机房（治疗室）均与控制室、水冷机房、设备间分离；加速器机房（治疗室）、后装治疗机房（治疗室）设置“L”型迷道，迷道口均设有防护门，放疗机房布局符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外”的规定。

本项目直线加速器机房 1 至 4 的有效使用面积均（不含迷路）分别为 66.3m<sup>2</sup>、73.9m<sup>2</sup>、66.3m<sup>2</sup>、64.9m<sup>2</sup>，磁共振加速器机房的有效使用面积均（不含迷路）为 87.4m<sup>2</sup>，后装治疗机房有效使用面积（不含迷路）约为 33.3m<sup>2</sup>，能确保放射治疗设备的临床应用需要。在一层配套制模室及模具库，制模室用于制作患者在 CT 模拟定位和加速器治疗过程中固定体位用的模具，模具库用于模具的存放；经与建设单位和医院确认，本项目放疗科在制模室内进行熔铅制作铅挡块。CT 模拟定位机房邻近直线加速器机房，便于诊疗使用。

综上所述，本项目放疗科辐射工作场所布局合理。

### 10.3.2 工作场所分区情况

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）有关放射治疗场所分区的原则，对放疗科辐射工作场所分为控制区和监督区进行管理，以直线加速器机房、磁共振加速器机房、后装治疗机房和 CT 模拟定位机房的屏蔽墙和防护门等屏蔽体为界，机房内划定为控制区，与机房相邻的控制室、水冷机房、设备间、技术间、污物间、洁具间、新风机房、防护门外相邻的 30cm 区域、机房屏蔽体外相邻的 30cm 走廊区域等划定为监督区，控制区通过实体屏蔽措施、警示标志、工作指示灯、机房内安全措施等进行控制管理，在射线装置或放射源使用时，除接受诊疗的患者外，禁止其他人员进入，避免人员误闯入或误照射；监督区需设置表明监督区的标牌，并委托有资质的单位定期进行监测、检查，如果发现异常应立即查找原因、进行整改，整改完成后方可继续使用射线

装置。具体分区情况详见图 10.3-1。

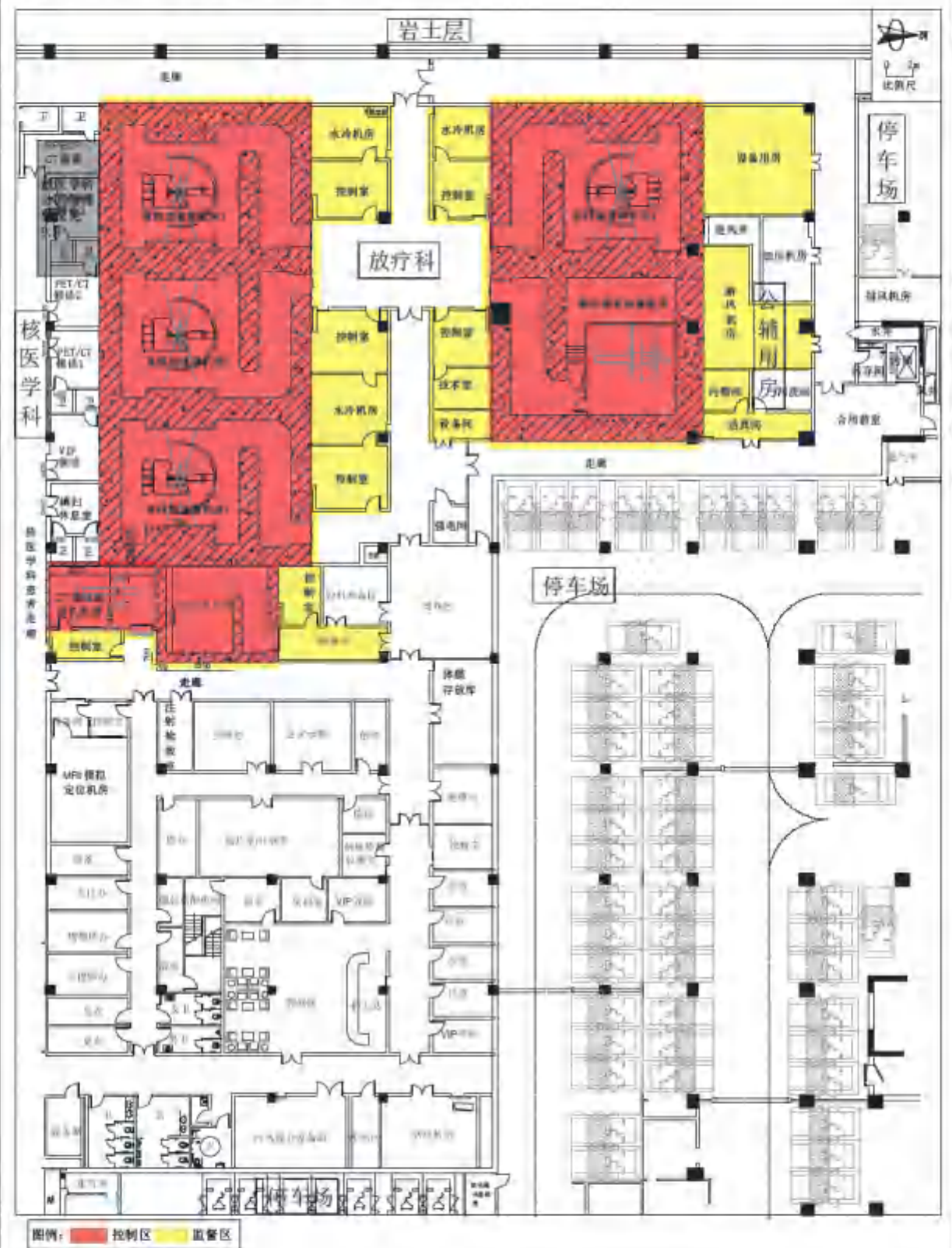


图 10.3-1 放疗科辐射工作场所平面布置及分区管理图



目加速器及后装治疗机房辐射防护屏蔽设计参数表见表 10.3-1, 辐射防护设计见图 10.3-3~图 10.3-5。

表 10.3-1 加速器机房和后装治疗机房辐射屏蔽设计技术参数

机房名称	方位或位置		屏蔽材料	厚度 (mm)	宽度 (mm)
直线加速器机房 1	东墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	南墙	侧屏蔽区	混凝土	1700	/
	西墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	北墙 (迷道墙)	迷道内墙	混凝土	1500	/
		迷道外墙	混凝土	1500	/
	顶棚	主屏蔽区	混凝土	3000	5200
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	地坪 (无地下层)			混凝土	500
防护门			铅	16	/
			含硼聚乙烯	180	/
直线加速器机房 2	东墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	南墙	侧屏蔽区	混凝土	1700	/
	西墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	北墙 (迷道墙)	迷道内墙	混凝土	1500	/
		迷道外墙	混凝土	1500	/
	顶棚	主屏蔽区	混凝土	3000	5200
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	地坪 (无地下层)			混凝土	500
防护门			铅	16	/
			含硼聚乙烯	180	/
直线加速器机房 3	东墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	南墙	侧屏蔽区	混凝土	1700	/
	西墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	北墙 (迷道墙)	迷道内墙	混凝土	1500	/
		迷道外墙	混凝土	1500	/
	顶棚	主屏蔽区	混凝土	3000	5200
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	地坪 (无地下层)			混凝土	500
防护门			铅	16	/
			含硼聚乙烯	180	/
直线加速器机房 4	东墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	2000	/
	北墙	侧屏蔽区	混凝土	1700	/
	西墙	主屏蔽区	混凝土	3000	5300
		次屏蔽区	混凝土	1700	/

	南墙（迷道墙）	迷道内墙	混凝土	1500	/
		迷道外墙	混凝土	1500	/
	顶棚	主屏蔽区	混凝土	3000	5200
		次屏蔽区	混凝土	1700	/
	地坪（无地下层）		混凝土	500	/
	防护门		铅	16	/
			含硼聚乙烯	180	/
磁共振加速器机房	东墙		混凝土	2000	/
	北墙		混凝土	2000	/
	西墙		混凝土	2000	/
	南墙（迷道墙）	迷道内墙	混凝土	1500	/
		迷道外墙	混凝土	1400	/
	顶棚		混凝土	2000	/
	地坪（无地下层）		混凝土	500	/
防护门		铅	16	/	
后装治疗机房	西墙（与直线加速器机房1共用墙体）		混凝土	1700	/
	其余三侧墙体		混凝土	700	/
	迷道墙		混凝土	700	/
	顶棚		混凝土	700	/
	地坪（无地下层）		混凝土	500	/
	防护门		铅	8	/
注：铅密度不小于 11.34g/cm <sup>3</sup> ，混凝土密度不小于 2.35g/cm <sup>3</sup> 。					

经后文 10.5 节预测分析可知，本项目加速器机房主屏蔽宽度满足标准要求，屏蔽体外辐射剂量率满足相应控制水平要求，对人员年有效剂量贡献值满足本项目的剂量约束值要求，因此，本项目放射治疗机房屏蔽方案合理。

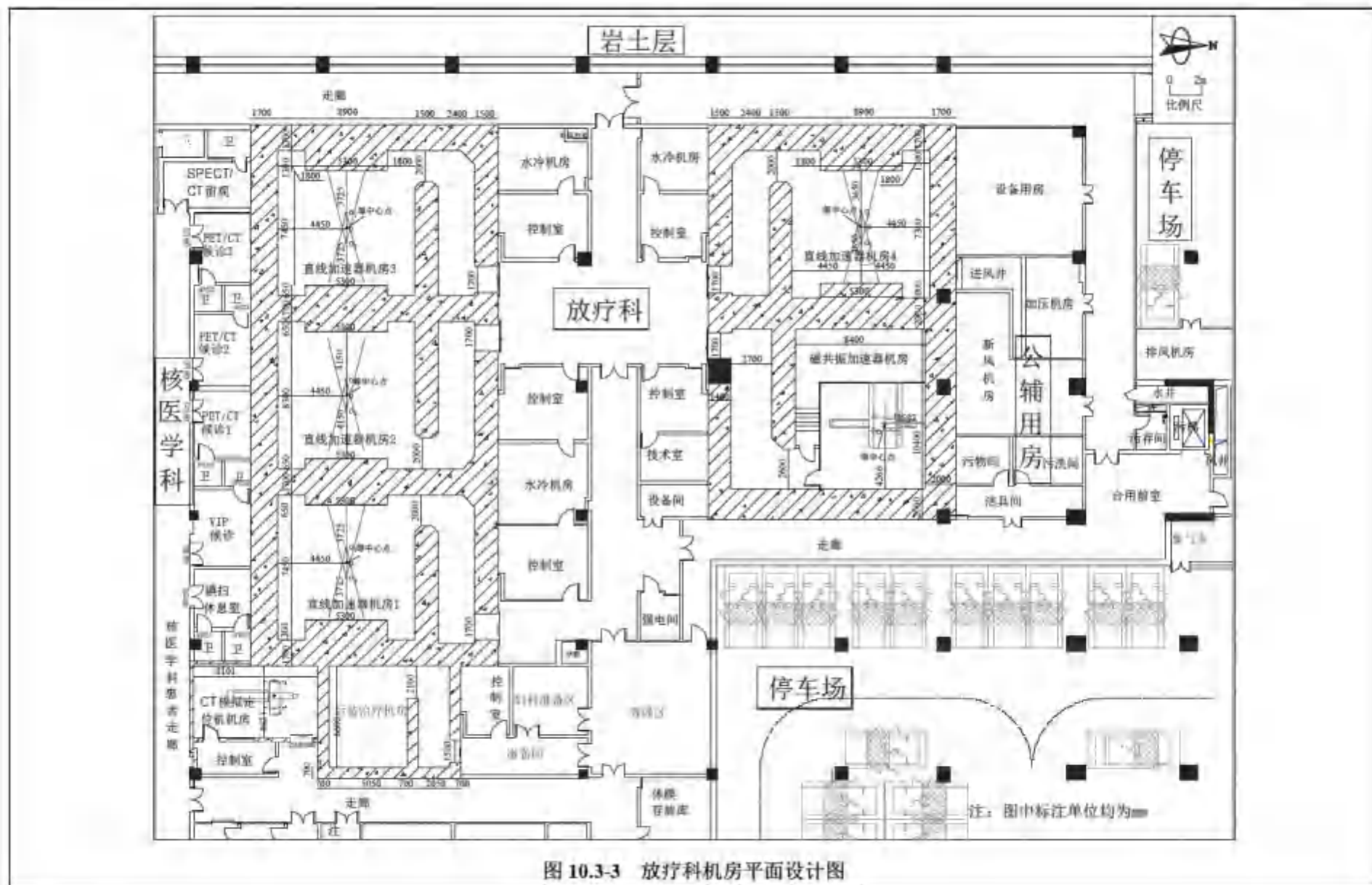


图 10.3-3 放疗科机房平面设计图

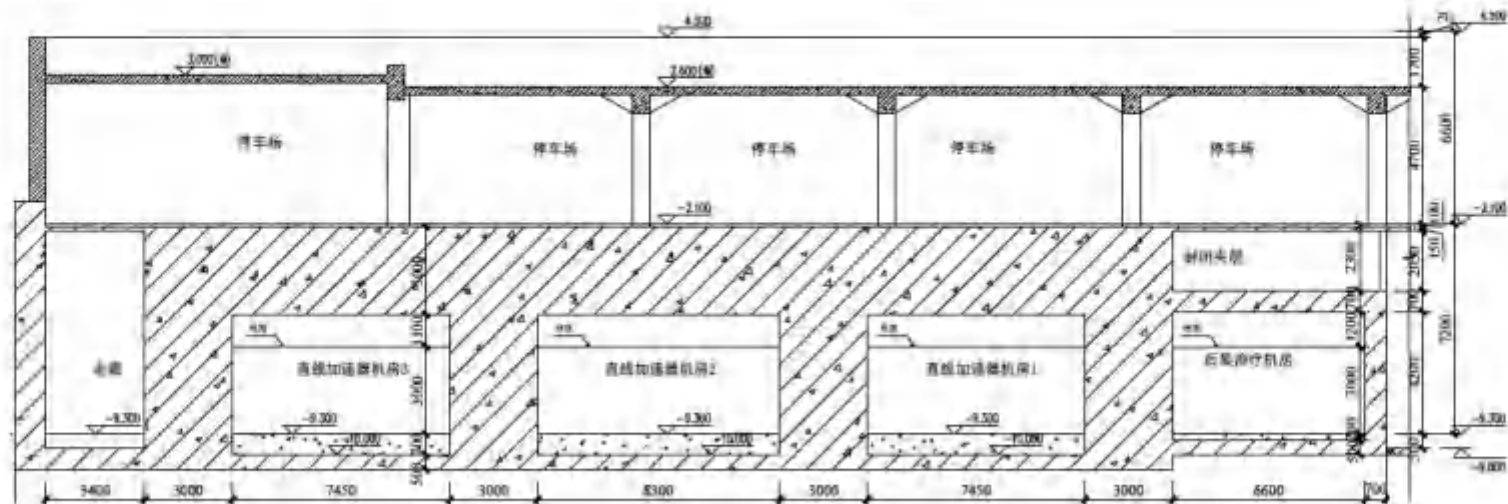


图 10.3-4 放疗科机房西-东剖面设计图

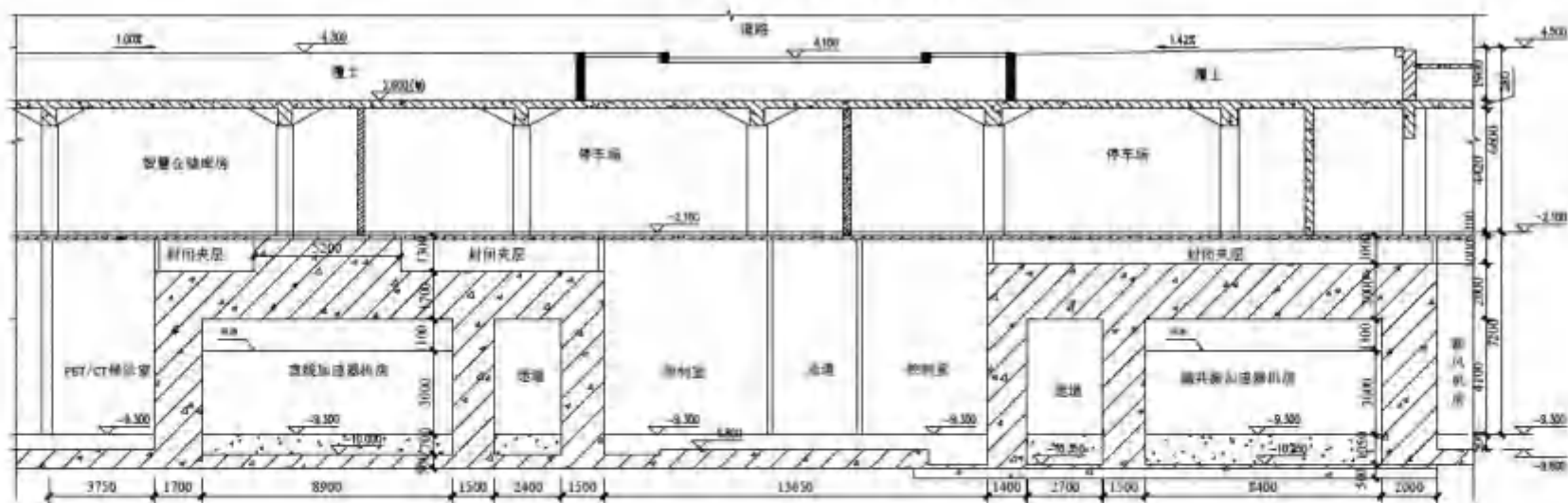


图 10.3-5 放疗科机房南-北剖面设计图

### 10.3.3.2CT 模拟定位机房辐射防护屏蔽设计分析

参考《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 的 C.1.2 中公式(见式 10.3-1 和式 10.3-2)对混凝土的等效铅当量厚度进行计算,铅、混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数及拟合结果见表 10.3-2。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 10.3-1})$$

式中:

B——给定混凝土厚度的屏蔽透射因子;

$\alpha$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\beta$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X——混凝土厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 10.3-2})$$

式中:

X——混凝土的铅当量厚度;

$\alpha$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\beta$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ ——混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

B——给定混凝土厚度的屏蔽透射因子。

表 10.3-2 铅、混凝土对 150kV 的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数及拟合结果

电压 (kV)	屏蔽材料厚度 (mm)	混凝土			B	铅			拟合出铅 当量厚度 X (mm)
		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	
150(主 束)	250mm 混凝土	0.03243	0.08599	1.467	1.25E-04	1.757	5.177	0.3156	2.9
	700mm 混凝土	0.03243	0.08599	1.467	5.72E-11	1.757	5.177	0.3156	11.0
	350mm 混凝土	0.03243	0.08599	1.467	4.87E-06	1.757	5.177	0.3156	4.6

本项目 CT 模拟定位机机房辐射防护屏蔽设计参数表见表 10.3-3。

表 10.3-3 CT 模拟定位机房屏蔽设计与标准对照分析评价

机房名称	屏蔽方案	本项目设计方案	总铅当量	标准要求	评价
CT 模拟定位 机房	东墙	250mm 混凝土	2.9mmPb	2.5mmPb	符合
	南侧	250mm 混凝土	2.9mmPb		
	西墙	250mm 混凝土	2.9mmPb		
	北墙（与后装机机房共用屏蔽体）	700mm 混凝土	11mmPb		
	顶棚（与核医学科顶棚齐厚）	350mm 混凝土	4.6mmPb		
	地板（无地下层）	/	/		
	防护门	内衬 4mm 厚铅板	4.0mmPb		
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0mmPb		
	有效使用面积/最小单边长度	37.3m <sup>2</sup> (4.6m×8.1m)	/	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合

注：铅密度为 11.34g/cm<sup>3</sup>，实心砖墙密度为 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡涂料密度为 2.79g/cm<sup>3</sup>。

由上表可知，CT 模拟定位机房四面墙体、顶棚、观察窗、防护门、有效面积、最小单边长度以及屏蔽方案等防护参数均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中的相关防护设施的技术要求，屏蔽方案合理。

### 10.3.4 通风管线设计

#### (1) 风量、换气次数

电离辐射可能会使空气发生辐射分解而产生臭氧和氮氧化物，产生臭氧与氮氧化物的产额比例大约为 3:1，且臭氧的危害比氮氧化物大，因此在考虑该项目的有害物质排放时，主要考虑臭氧的排放可以满足废气排放要求。

本项目直线加速器机房 1 至直线加速器机房 4、磁共振加速器机房和后装治疗机房均拟设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式。

根据设计单位提供的资料，每间机房配套管道前端设置多叶调节阀，项目建成后将进行风量平衡调试，保证各支路风量达到设计要求，放疗科各机房的设计通风量在 500m<sup>3</sup>/h ~2200m<sup>3</sup>/h，考虑风阻等因素，排风系统的有效效率不低于 80%，经核算排气次数（具体见表 10.3-4），各机房换气次数可达 4.9~5.8 次/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。

CT 模拟定位机房设置动力通风装置，进风口与排风口位置对角设置，以确保室内空气充分交换，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”要求。

表 10.3-4 放疗科机房换气次数一览表

机房名称	机房容积(包含迷路)(m <sup>3</sup> )	内部净高(m)	设计风量(m <sup>3</sup> /h)	有效效率	换气次数(次/h)	是否满足要求
直线加速器机房 1	278.1	3	2000	80%	5.8	满足
直线加速器机房 2	297.0	3	2000	80%	5.4	满足
直线加速器机房 3	278.1	3	2000	80%	5.8	满足
直线加速器机房 4	274.5	3	2000	80%	5.8	满足
磁共振加速器机房	348.0	3	2200	80%	5.1	满足
后装治疗机房	147.9	3	900	80%	4.9	满足
CT 模拟定位机机房	111.8	3	500	80%	3.6	满足

### (2) 新、排风口设计

本项目放疗机房通风系统遵循“上进下出”的原则，新风口拟设在治疗室天花板上，排风口与新风口成对角线设计，排风口设在距离地面约 30cm 处。4 间直线加速器机房和 1 间磁共振加速器机房均各设置 2 个送风口和 2 个排风口，2 个新风口拟设在治疗室天花板上，排风口与新风口成对角线设计，2 个排风口设在距离地面约 30cm 处；1 间后装治疗机房设置 1 个新风口和 1 个排风口，新风口拟设在治疗室天花板上，排风口与送风口成对角线设计，设在距离地面约 30cm 处，通风系统可以有效的对机房内空气进行换气，新风口和排风口的设计位置合理。

CT 模拟定位机房设置动力通风装置，排风口设在天花板，能保证良好的通风效果。

制模室配置了熔铅专用通风橱，设置独立的排风管道，通至屋面排放。

6 间放射治疗机房及 1 间 CT 模拟定位机房的排风管道汇集在一根总管，引至放疗科北侧排风井内，放疗科机房排风/新风管线走向设计见图 10.3-6，排风管线沿排风井到医技楼屋顶，高于屋顶排放，排放口周围为屋顶，周围环境开阔，无门、窗或人流较大的过道等区域，并且排放口进行了防雨、防鸟、防虫设计，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 关于气态废物管理的要求。

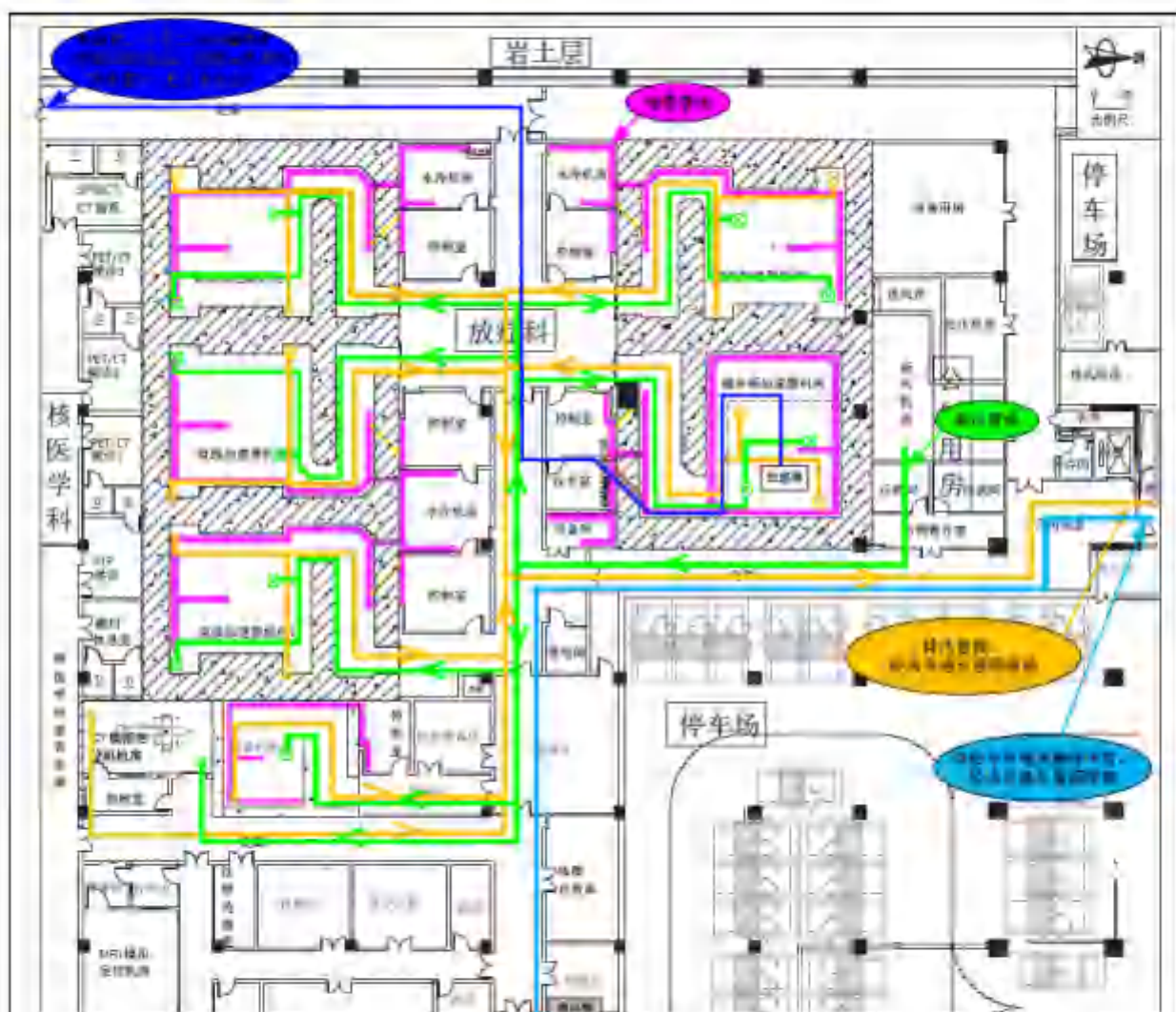


图 10.3-6 放疗科机房管线走向设计图

### 10.3.5 失超管及通排风管线穿墙屏蔽设计

#### (1) 失超管设计

磁共振加速器安装在机房内，需要有专用的失超管道连接到室外，保证磁体在失超时大量的氦气能够及时顺畅的通过失超管道排出到室外。磁共振加速器的失超管直接连通加速器，管线采用圆柱形管，失超管的管径为 400mm，距地 3.4 米高度处，从迷道外墙上方斜穿到机房外技术室，根据后续影响分析，失超管穿墙位置的辐射剂量率水平能满足相应的导出剂量率参考控制水平要求，不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。由独立管道连接至放疗科北侧的风井，引至所在建筑西侧墙外，距地 6 米，排放口周围 3m 均为封闭窗户，日常无人员停留，失超管走向见图 10.3-6。

#### (2) 穿墙设计以及屏蔽补偿

4 间直线加速器机房、1 间磁共振加速器机房、1 间后装治疗机房的排风管和送风管均沿着治疗室到达迷路防护门上方，采用“Z”型设计穿过机房防护门上方屏蔽墙，

通过多次折返的设计，增加通风管道中泄漏射线的散射次数和衰减，减小穿墙对墙体防护屏蔽的削弱。通风管线穿墙位置设计在防护门上方，穿墙口与机房内部有迷路内墙阻隔屏蔽，没有射线直接照向穿墙口，并且迷路内隔可对穿墙位置形成屏蔽补偿。同时，在通风管穿墙进出口处用 5mm 铅板进行包裹，以减少射线的泄漏。根据后续影响分析，穿墙位置的辐射剂量率水平能满足相应的导出剂量率参考控制水平要求，说明本项目采取的风管穿墙及屏蔽补偿措施可以满足辐射防护屏蔽要求。放射治疗机房通风管道穿过屏蔽墙的设计图见图 10.3-7。

CT 模拟定位机房的排风管道在东侧墙穿出，为了防止射线从排风管线穿墙处泄漏，设计排风管线沿着水平方向穿墙后向下弯折，管道穿墙位置采用 4mm 铅皮包裹管道表面，防止射线泄漏。

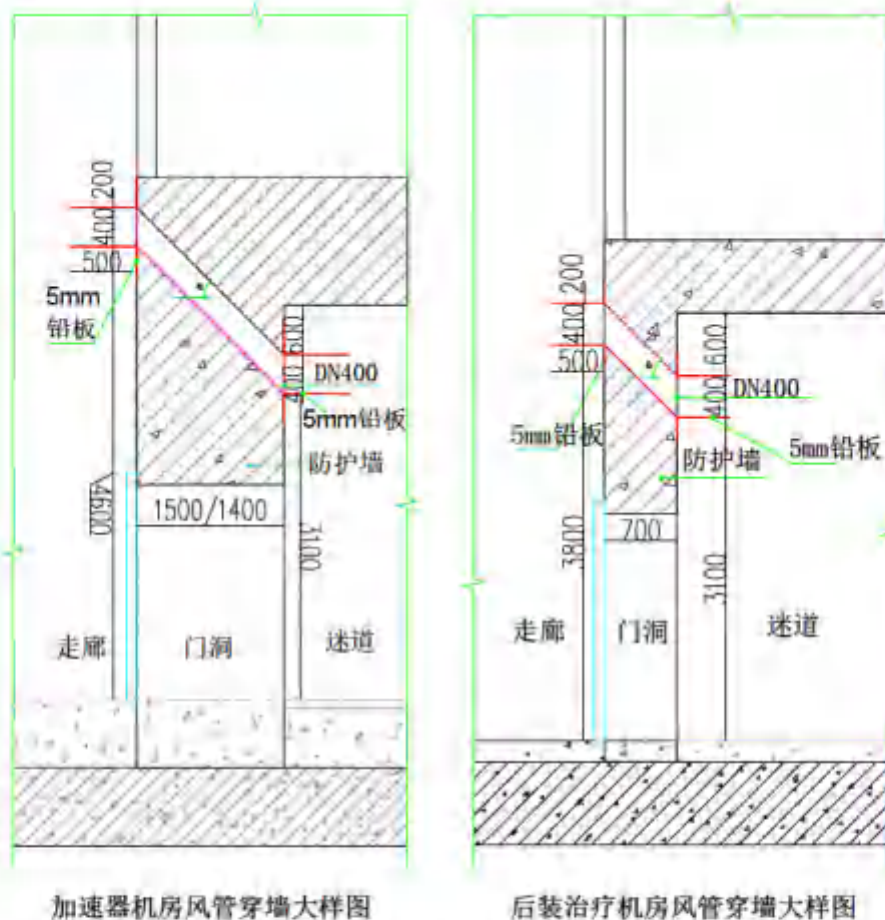


图 10.3-7 风管穿墙设计图

### 10.3.6 电缆沟和物理测试管穿墙屏蔽设计

本项目加速器机房的物理测试预留管道管径为 80mm，拟在迷路外墙距地 0.3m 处采用 45° 斜插穿过机房与控制室之间的防护墙，穿墙大样图见图 10.3-8。



4、物理测试管线大样图

5、物理测试管线等管线立面大样图

图 10.3-8 物理测试管穿过屏蔽墙的大样图

放疗机房的电缆均通过地下电缆沟走线，从安装设备的地坑出线后沿着屏蔽墙内侧走线，在出口穿墙处采用“ $\sim$ ”型路径设计，下沉后穿越屏蔽墙到达机房的控制室/水冷机房。通过和下沉地面穿越屏蔽墙及多次折返的电缆沟设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。电缆沟穿墙走向示意图见图 10.3-6，穿墙剖面图见图 10.3-9。

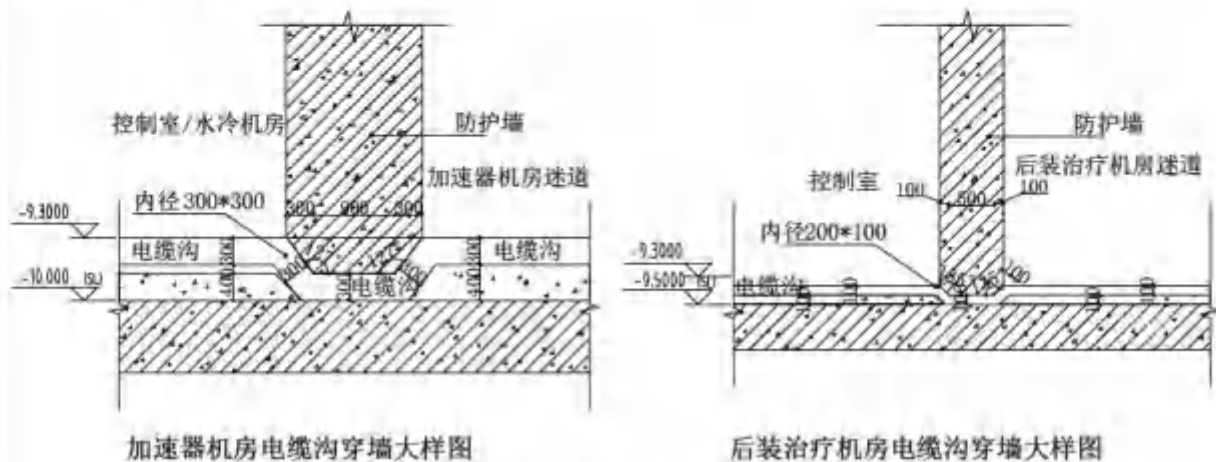


图 10.3-9 电缆沟穿过屏蔽墙的大样图

### 10.3.7 辐射安全防护设施和措施分析

#### (1) 加速器和后装治疗机

本项目放疗科拟建加速器机房和后装治疗机房拟设置门-机/源联锁装置、急停按钮、视频装置、双向交流对讲系统等辐射安全措施，将加速器机房和后装治疗机房拟设置的安全防护设施和措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)对照进行符合性分析，分析结果见表 10.3-5，机房内安全措施布置示意图见图 10.3-10，加速器安全联锁逻辑关系示例图 10.1-11，后装治疗机安全联锁逻辑图见图 10.1-12。

表 10.3-5 放疗机房安全防护设施和措施与《放射治疗辐射安全与防护要求》符合性对照分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	本项目设计情况	符合性
<p>6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等；</p> <p>a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；</p> <p>b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；</p> <p>c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态，治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。</p>	<p>放疗科入口设置电离辐射警告标志，在后装机机房内的应急贮源铅罐表面张贴电离辐射标志和中文警示说明。</p> <p>本项目加速器机房和后装治疗机房防护门上拟设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，当加速器/后装设备正在进行治疗时，指示灯亮起红色；当工作人员完成准备工作，回到控制室，准备关闭机房门时，指示灯亮起黄色，并发出声音警告，提醒人员不要进入；当加速器/后装设备完成治疗，机房门打开，指示灯亮起绿色。</p> <p>每间加速器机房两侧墙体，侧墙上各安装 1 个摄像探头（若采购“隔断式”加速器型号，则在隔断间内增加 2 枚摄像头），迷道内入口对着迷道区域安装 1 枚摄像探头，迷道外入口对着防护门区域安装 1 枚摄像探头；在后装机机房内东南角和西南角墙体上各安装 1 枚摄像探头，迷道内入口对着迷道区域安装 1 枚摄像探头，迷道外入口对着防护门区域安装 1 枚摄像探头。摄像头能够实现治疗室和迷道区域的无死角观察，监控视频设置在控制室内，实施治疗过程中工作人员能够观察到患者状态、治疗室和迷道区域情况。</p> <p>每间加速器机房和后装治疗机房内和控制室拟设有语音交流系统，控制台设置能够和机房内进行双向交流的对讲系统。</p>	<p>符合</p> <p>符合</p> <p>符合</p>
<p>6.2.2 含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。</p>	<p>在每间加速器机房和后装治疗机房的迷道的内入口处设置固定式辐射剂量监测仪，并且具有报警功能。</p> <p>治疗期间，实时监测到辐射剂量率水平显示在控制室的控制面板中，工作人员可以及时了解加速器/后装治疗机的工作情况以及机房中的辐射水平，此时仪器只显示剂量率不报警；</p> <p>非治疗期间，仪器为进入治疗室的医护人员和设备检查维护维修人员提供异常剂量水平的提醒，例如工作人员未发出开机指令，而机房内辐射水平高于报警阈值或后装机出现卡源、或源发生脱落时，后装机触发回源指令后，而机房内的辐射水平仍高于报警阈值，此时辐射监测设备既显示剂量率也报警。</p>	<p>符合</p>

《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	本项目设计情况	符合性
<p>6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全连锁措施：</p> <p>a) 放射治疗室应设置门-机/源连锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施。</p> <p>b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；</p> <p>c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；</p> <p>f) 安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何连锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行连锁恢复及功能测试。</p>	<p>每间加速器机房的电动防护门与加速器实现门机连锁，后装治疗机房防护门与放射源实现门源连锁，防护门未完全关闭时不能出束照射或出源治疗，出束状态下开门停止出束。后装治疗机拟设断电自动回源措施，治疗过程中，意外断电时，系统将自动收回放射源至贮源器，终止治疗。</p> <p>在每间加速器机房和后装治疗机房防护门内墙上设置一个紧急开门装置，供机房内人员在突发情况下紧急开门。</p> <p>防护门拟设置带状红外探测防夹措施，探测高度能覆盖整个门洞高度范围，在防护门没有完全关闭状态时，一旦有人员站在防护门处，防护门在接触到人体或者其他异物时候能够自动停止关门，避免人员夹伤；</p> <p>每间加速器机房和后装治疗机房拟在配套控制室操作台、治疗室迷道出入口、机房四周墙壁及防护门内侧各设置 1 个急停按钮。后装机机房拟在机房四周墙壁、治疗室迷道出入口及防护门内侧各设置 1 个急停按钮。急停按钮设置醒目标识和文字显示，拟设置合适的高度，使上述区域人员从各个方向均能观察到且便于触发。</p> <p>加速器及后装设备安全连锁系统一旦被触发后，须人工就地复位，加速器/后装机才能重新启动；安装调试及维修由设备厂家专业人员进行，连锁系统应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后进行连锁恢复及功能测试，正常后由相关管理人员进行确认。</p>	<p>符合</p> <p>符合</p> <p>符合</p> <p>符合</p>
<p>6.2.4 后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。</p>	<p>拟在后装机治疗机房内配备一个应急贮源容器（50mmPb）和长柄镊子等应急工具</p>	<p>符合</p>

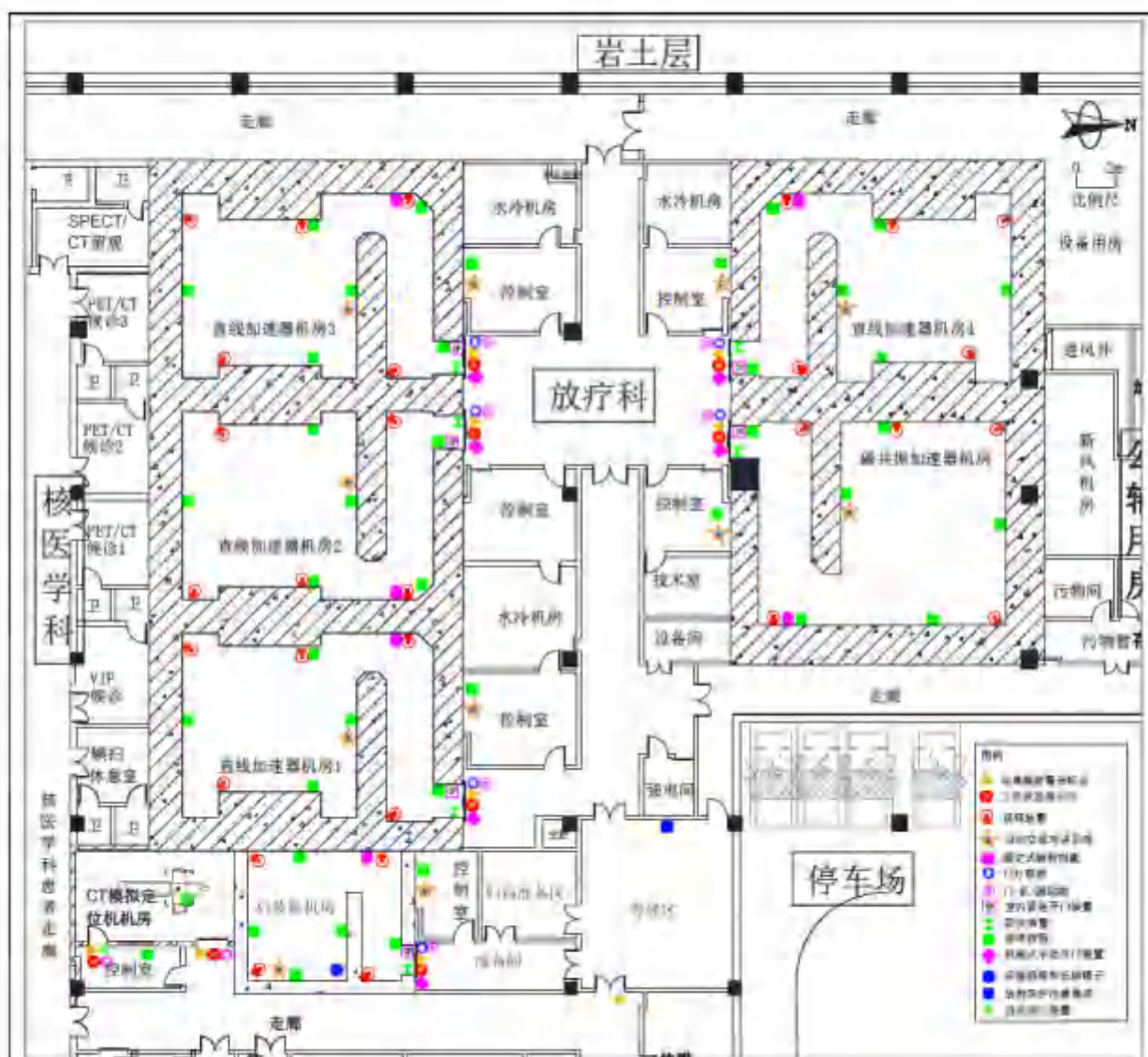


图 10.3-10 放疗科机房安全措施布置示意图

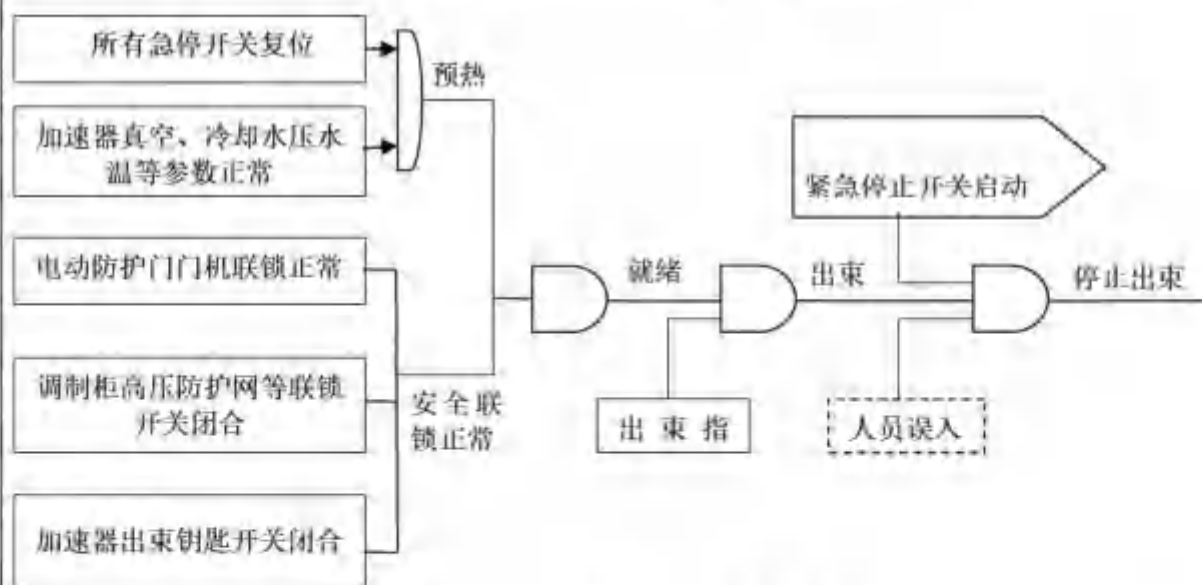


图 10.3-11 加速器安全联锁逻辑图

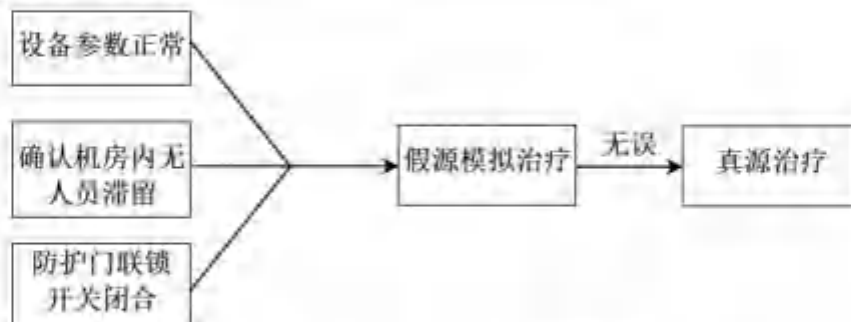


图 10.3-12 后装治疗机安全联锁逻辑图

## (2) CT 模拟定位机

本项目 CT 模拟定位机机房安全防护设施和措施与标准对照情况见下表，安全措施布置情况见图 10.3-10。

表 10.3-6 CT 模拟定位机机房安全防护设施和措施与标准对照情况一览表

《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	本项目设计情况	符合性
机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	拟在 CT 模拟定位机机房北侧墙体中部设置观察窗，其位置便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	CT 模拟定位机机房拟设置动力通风装置，可以保持良好的通风。	符合
机房门外应有电离辐射警告标志； 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	拟在 CT 模拟定位机机房防护门外设置电离辐射警告标志和醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句； 拟在放疗科候诊区设置放射防护注意事项告知栏。	符合
平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。电动推拉门宜设置防夹装置。	平开机房门拟设自动闭门装置，设置工作状态指示灯能与机房门有效关联。 电动推拉门拟设置防夹装置。	符合
装置的安放应利于操作者观察受检者。	CT 模拟定位机拟根据机房的布局来合理安装设备，利于操作者观察受检者。	符合
机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。	CT 模拟定位机机房出入口设置在机房侧边，属于散射辐射相对低的位置。	符合
受检者防护用品：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套选配；铅橡胶帽子	机房拟配置成人和儿童铅橡胶性腺防护围裙、铅橡胶颈套和铅橡胶帽子（0.5mmPb）各 1 套。	符合

## 10.4 放疗科项目放射性三废的治理

### 10.4.1 加速器

#### (1) 废气

加速器机房内的空气受到 X 线照（电子线）射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，

若在机房内聚集,对机房的人员和设施均具有一定的危害。加速器机房各设置通风系统,均能够保证机房内换气大于 4 次/h, 满足标准要求。

### (2) 废水

本项目加速器装置均采用水冷却方式,冷却水是在封闭的系统中循环利用,不外排,因此不涉及废水排放。

### (3) 固体废物

加速器更换金属靶件时,会产生废靶件,废靶件属于放射性固体废物。废靶件由加速器供应商回收,不会在医院存储。

## 10.4.2 后装治疗机

### (1) 废气

后装治疗机运行过程中无放射性废气产生,运行过程中产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物,机房拟设置送、排风系统,通风换气每小时不少于 4 次,可以将有害气体及时排出室外。

### (2) 废水

后装治疗机运行过程中无废液产生。

### (3) 固体废物

本项目后装治疗机使用的  $^{192}\text{Ir}$  属于 III 类放射源,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十八条,转让 I 类、II 类、III 类放射源的,转让双方应当签订废旧放射源返回协议。本项目后装治疗项目使用  $^{192}\text{Ir}$  属于 III 类放射源,因此在确定采购放射源后,医院将与供源单位签订废旧放射源返回协议,废旧放射源由供源单位负责回收,不会在医院储存。

## 10.4.3 CT 模拟定位机

本项目 CT 模拟定位机在使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生,产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物,根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)要求,拟在机房内设置动力排风装置,可保证机房内良好的通风效果。

## 10.5 放疗科环境影响分析

### 10.5.1 建设阶段对环境的影响

同 9.5 建设阶段对环境的影响。

## 10.5.2 运行阶段对环境的影响

### 10.5.2.1 直线加速器环境影响分析

因放疗科的加速器还未招标采购，根据建设单位、医院以及设计单位意见，考虑到项目建成后改建成本将远远大于初次建设成本，因此偏保守考虑，4间直线加速器机房按照最大 X 射线能量为主流常用的 10MV 进行机房设计建设。本次评价按照建设单位确定的设备能量、剂量率参数对机房进行评价分析。

本项目直线加速器按 6MV 和 10MV 两个档位考虑，有用线束中心轴距靶 1 米处的 X 射线最高输出剂量率分别为  $8.40 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 、 $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ 。10MV 档的能量与最大剂量率均大于 6MV 档位，对周围环境的影响，10MV 档大于 6MV 档，机房的辐射屏蔽防护在满足 10MV 档位防护要求的基础上，便能满足更低能量、更低输出剂量率的屏蔽防护要求。本项目影响分析时，均以 10MV 的能量和剂量率保守进行理论预测分析，不对 6MV 进行额外的分析。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），当加速器能量大于 10MV 时，主要考虑 X 射线工作模式下（ $\gamma$ , n）光-核反应产生的中子。在电子线工作模式下，其反应截面比光-核反应截面低一个数量级，产生的中子一般可忽略不计。本项目直线加速器能量最大为 10MV，直线加速器产生的高能 X 射线中产生的光子与加速器的靶、准直器及电子束和光子束通道上的其他物质互相作用发生光核反应会产生中子，因此保守考虑射线工作模式下产生的中子影响。

本项目直线加速器集成使用的 CBCT（最大管电压为 150kV）用于图像引导，CBCT 和直线加速器不会同时开机，机房防护条件在满足加速器（6MV 和 10MV X 射线）屏蔽要求的情况下，机房屏蔽体完全可以满足对 CBCT 开机产生 X 射线的防护，对辐射环境影响较小。

根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源（P95），“能量为 E(MeV) 的单能电子线，在物质中的最大射程（单位为  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ）约为能量（单位为 MeV）的 0.6 倍”。本项目直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 18MeV，射程为  $18 \times 0.6 = 10.8 \text{g/cm}^2$ ，可以估算出 18MeV 的电子在密度为  $2.35 \text{g/cm}^3$  的混凝土中的深度约为 4.6cm，而本项目屏蔽体厚度最小的为 150cm 混凝土，对电子线能完全屏蔽。因此，不需要额外考虑电子线对屏蔽墙外的辐射影响。

### (1) 有用线束主屏蔽区宽度核算

由于磁共振加速器设备射线张角小，且设备带有射线屏蔽系统，主射线穿过设备自带屏蔽板后为泄漏辐射，因此不对磁共振加速器机房的主屏蔽墙体进行宽度核算。本项目对直线加速器机房的有用线束主屏蔽区宽度进行核算。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)和《建设项目职业病危害放射防护评价规范第2部分：放射治疗装置》(GBZ/T220.2-2009)中有关计算有用线束主屏蔽区的宽度公式，选取GBZ/T220.2-2009的计算公式，公式如10.5-1，机房主屏蔽墙体宽度核算结果见表10.5-1。

$$Y_p=2[r(a+SAD)/SAD+0.3] \quad (\text{式 } 10.5-1)$$

式中：

$Y_p$ ——机房有用束主屏蔽区的宽度，m；

$r$ ——放射治疗装置等中心位置处最大方形照射野对角线长度的1/2，0.283m；

$SAD$ ——源轴距，m；(对于医用电子直线加速器  $SAD=1\text{m}$ )；

$a$ ——等中心点至“墙”的距离，m。

当主屏蔽区向机房内凸时，“墙”指与主屏蔽相连接的次屏蔽墙(或顶)的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时，“墙”指与主屏蔽区墙(或顶)的外表面。

0.3——有用束对应的机房屏蔽范围略大于有用束在机房屏蔽墙的投影区，0.3m为保险系数。

表 10.5-1 主屏蔽墙体的宽度核算

主屏蔽墙位置		主屏蔽墙形式	等中心至墙的距离 (m)	计算值 (m)	设计值 (m)	评价
直线加速器 机房 1	东侧主屏蔽墙宽度	内凸	5.03	4.01	5.3	符合
	西侧主屏蔽墙宽度	外凸	6.73	4.97	5.3	符合
	顶棚主屏蔽墙宽度	外凸	5.80	4.45	5.2	符合
直线加速器 机房 2	东侧主屏蔽墙宽度	外凸	7.15	5.21	5.3	符合
	西侧主屏蔽墙宽度	外凸	7.15	5.21	5.3	符合
	顶棚主屏蔽墙宽度	外凸	5.80	4.45	5.2	符合
直线加速器 机房 3	东侧主屏蔽墙宽度	外凸	6.75	4.98	5.3	符合
	西侧主屏蔽墙宽度	内凸	5.03	4.01	5.3	符合
	顶棚主屏蔽墙宽度	外凸	5.80	4.45	5.2	符合
直线加速器 机房 4	东侧主屏蔽墙宽度	内凸	4.95	3.97	5.3	符合
	西侧主屏蔽墙宽度	内凸	4.65	3.80	5.3	符合
	顶棚主屏蔽墙宽度	外凸	5.80	4.45	5.2	符合

由核算结果可知，4 间直线加速器机房主屏蔽墙宽度均能够满足有用射线束的屏蔽区宽度要求。建设单位委托专业的施工单位严格按照设计方案进行施工，确保实际建设情况与设计一致。

## (2) 加速器机房外关注点

从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况按最短照射路径对机房进行辐射屏蔽核算。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，本项目关注点设置在机房墙 30cm 外、门外 30cm 处、顶棚上方距顶棚外表面 30cm 处，加速器机房所在区域正下方为岩土层，人员无法到达，故不设关注点。

除此以外，由于直线加速器机房 1 至直线加速器机房 3、直线加速器机房 4 和磁共振加速器机房相邻设置，机房外存在受到加速器叠加影响的区域，因此，本项目在靠近源点的机房北侧及南侧墙外 30cm 设置关注点  $H_1$ 、 $H_2$ ，用以预测 2 台设备同时出束对墙外关注点的叠加影响。另外，分析放疗科布局，本次 4 间直线加速器机房和 1 间磁共振加速器机房集中布置，考虑公众的可达性，在放疗科中部设置 1 个点位作为代表点  $H_3$ ，综合分析 5 台加速器的叠加影响。

另外，根据设计图纸，经测量可知，机房源点至相邻防护门外 g 点经过至少 4100mm 混凝土屏蔽，经核算，加速器对相邻机房防护门外 g 点的贡献值  $<0.0001\mu\text{Sv/h}$ ，因此，本报告不再考虑机房内射线装置对相邻机房防护门外 g 的叠加影响。

加速器机房的关注点及主要照射路径示意图 10.5-1 和图 10.5-4。图中 O 点为等中心点， $O_1$ 、 $O_2$  为距 O 点 1 米处的源（靶）点。各关注点及射线路径见表 10.5-2。

表 10.5-2 关注点及照射路径一览表

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	照射路径
直线加速器机房 1	$a_1$	后装治疗机房	有用线束	$O_2 \rightarrow a_1$
	$b_1$	直加机房 2	有用线束	$O_1 \rightarrow b_1$
	$c_1/c_1'$	CT 模拟定位机房/后装治疗机房	泄漏辐射	$O \rightarrow c_1/c_1'$
			散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow c_1/c_1'$
	$d_1/d_1'$	直加机房 2	泄漏辐射	$O \rightarrow d_1/d_1'$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d_1/d_1'$
	$e_1$	VIP 候诊室	泄漏辐射	$O \rightarrow e_1$
	$f_1$	直加 1 控制室	泄漏辐射	$O \rightarrow f_1$
$g_1$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$O_1 \rightarrow g_1$	
		散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g_1$	

			中子辐射	$O \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g_1$
	$k_1$	水冷机房	泄漏辐射	$O_2 \rightarrow k_1$
	$l_1$	智慧仓储库房	有用线束	$O_3 \rightarrow l_1$
	$m_1/m_1'$	停车场/智慧仓储库房/机器人中控室及维修间	泄漏辐射	$O \rightarrow m_1/m_1'$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow m_1/m_1'$
直线加速器机房 2	$a_2$	直加机房 1	有用线束	$O_2 \rightarrow a_2$
	$b_2$	直加机房 3	有用线束	$O_1 \rightarrow b_2$
	$c_2/c_2'$	直加机房 1	泄漏辐射	$O \rightarrow c_2/c_2'$
			散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow c_2/c_2'$
	$d_2/d_2'$	直加机房 3	泄漏辐射	$O \rightarrow d_2/d_2'$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d_2/d_2'$
	$e_2$	PET/CT 候诊室 1	泄漏辐射	$O \rightarrow e_2$
	$f_2$	直加 2 控制室	泄漏辐射	$O \rightarrow f_2$
	$g_2$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$O_1 \rightarrow g_2$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g_2$
			中子辐射	$O \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g_2$
	$k_2$	水冷机房	泄漏辐射	$O_2 \rightarrow k_1$
	$l_2$	智慧仓储库房	有用线束	$O_3 \rightarrow l_2$
$m_2/m_2'$	停车场/智慧仓储库房	泄漏辐射	$O \rightarrow m_2/m_2'$	
		散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow m_2/m_2'$	
直线加速器机房 3	$a_3$	直加机房 2	有用线束	$O_2 \rightarrow a_3$
	$b_3$	走廊	有用线束	$O_1 \rightarrow b_3$
	$c_3/c_3'$	直加机房 2	泄漏辐射	$O \rightarrow c_3/c_3'$
			散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow c_3/c_3'$
	$d_3/d_3'$	走廊	泄漏辐射	$O \rightarrow d_3/d_3'$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d_3/d_3'$
	$e_3$	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	$O \rightarrow e_3$
	$f_3$	直加 3 控制室	泄漏辐射	$O \rightarrow f_3$
	$g_3$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$O_1 \rightarrow g_3$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g_3$
			中子辐射	$O \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g_3$
	$k_3$	水冷机房	泄漏辐射	$O_2 \rightarrow k_3$
	$l_3$	智慧仓储库房	有用线束	$O_3 \rightarrow l_3$
$m_3/m_3'$	停车场/智慧仓储库房	泄漏辐射	$O \rightarrow m_3/m_3'$	
		散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow m_3/m_3'$	
直线加速器机房 4	$a_4$	磁共振加速器机房	有用线束	$O_2 \rightarrow a_4$
	$b_4$	走廊	有用线束	$O_1 \rightarrow b_4$
	$d_4/d_4'$	走廊	泄漏辐射	$O \rightarrow d_4/d_4'$
			散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d_4/d_4'$
	$e_4$	设备机房	泄漏辐射	$O \rightarrow e_4$
$f_4$	直加 4 控制室	泄漏辐射	$O \rightarrow f_4$	

	g <sub>4</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	O <sub>1</sub> →g <sub>4</sub>
			散射辐射	O <sub>1</sub> →0→i→g <sub>4</sub>
			中子辐射	0→B→P→g <sub>4</sub>
	k <sub>4</sub>	水冷机房	泄漏辐射	O <sub>2</sub> →k <sub>4</sub>
	l <sub>4</sub>	停车场	有用线束	O <sub>3</sub> →l <sub>4</sub>
m <sub>4</sub> /m <sub>4</sub> '	停车场	泄漏辐射	O→m <sub>4</sub> /m <sub>4</sub> '	
		散射辐射	O <sub>1</sub> →O→m <sub>4</sub> /m <sub>4</sub> '	
磁共振加速器机房	a <sub>5</sub>	直线加速器机房 4	泄漏辐射	O→a <sub>5</sub>
	b <sub>5</sub>	走廊	泄漏辐射	O→b <sub>5</sub>
	e <sub>5</sub>	新风机房	泄漏辐射	O→e <sub>5</sub>
	f <sub>5</sub>	控制室	泄漏辐射	O→f <sub>5</sub>
	k <sub>5</sub>	技术室	泄漏辐射	O→k <sub>5</sub>
	g <sub>5</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	O→g <sub>5</sub>
			散射辐射	O→i→g <sub>5</sub>
l <sub>5</sub>	停车场	泄漏辐射	O→l <sub>5</sub>	
叠加位置	H <sub>1</sub>	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	机房 3: O <sub>1</sub> →H <sub>1</sub>
			泄漏辐射	机房 3: O <sub>1</sub> →H <sub>1</sub>
	H <sub>2</sub>	新风机房	泄漏辐射	机房 4: O <sub>2</sub> →H <sub>2</sub>
			泄漏辐射	磁共振机房: O→H <sub>2</sub>
	H <sub>3</sub>	患者走廊	泄漏辐射	机房 1: O <sub>2</sub> →H <sub>3</sub>
			泄漏辐射	机房 2: O <sub>1</sub> →H <sub>3</sub>
			泄漏辐射	机房 3: O <sub>1</sub> →H <sub>3</sub>
泄漏辐射			机房 3: O <sub>1</sub> →H <sub>3</sub>	
			泄漏辐射	磁共振机房: O→H <sub>3</sub>

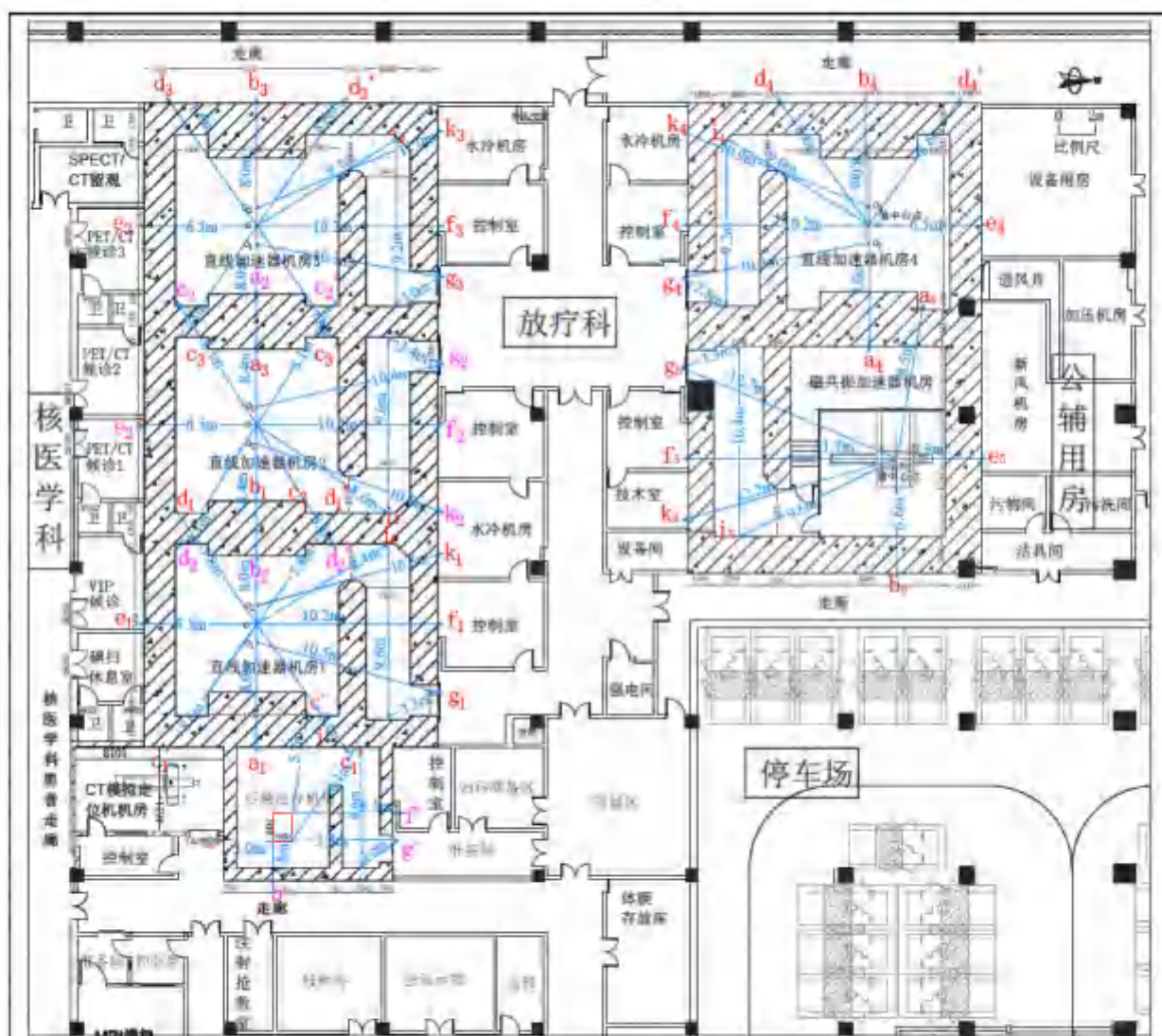


图 10.5-1 加速器机房的关注点及主束、泄漏、散射辐射照射路径示意图

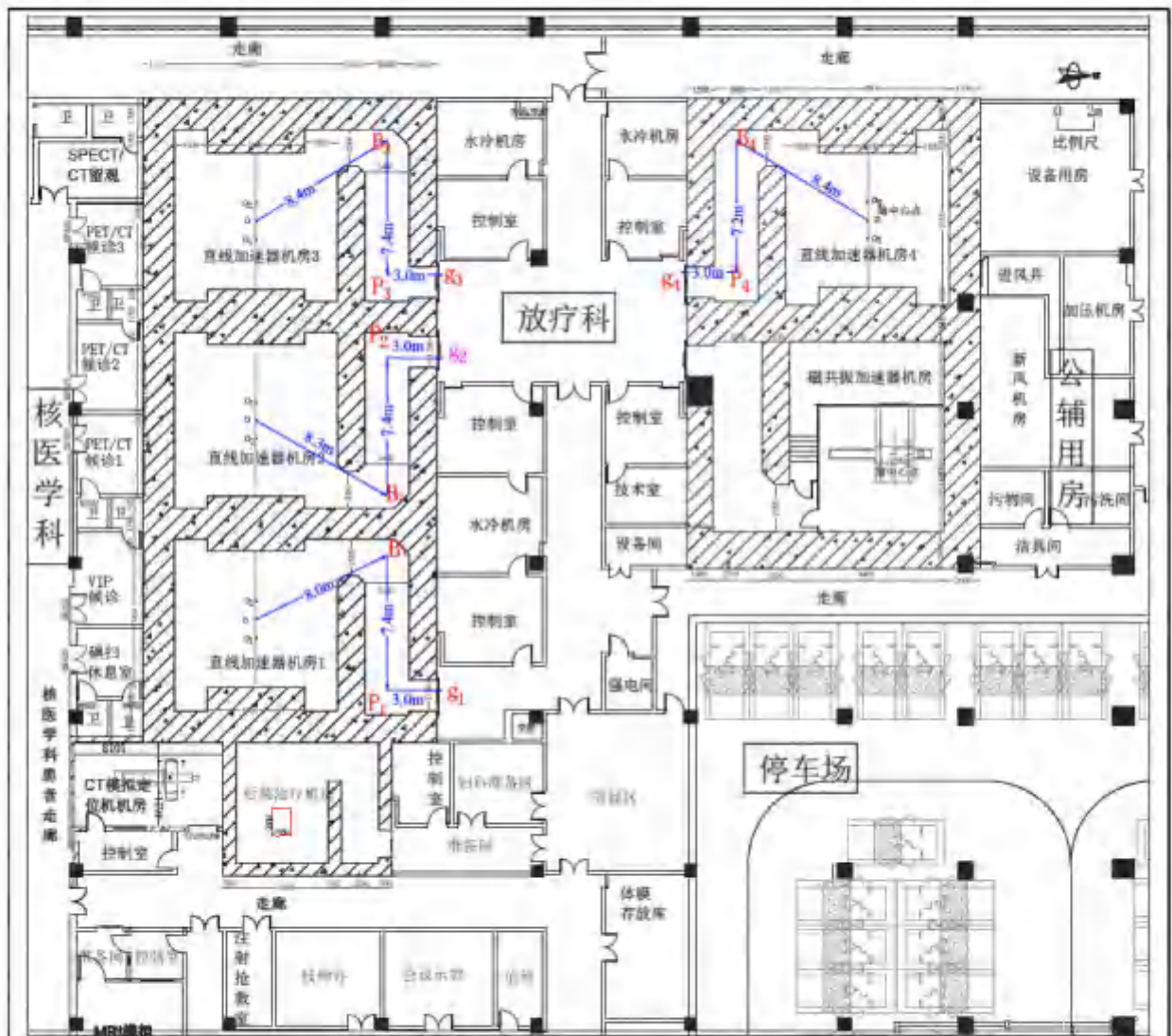


图 10.5-2 加速器机房的关注点及中子辐射照射路径示意图

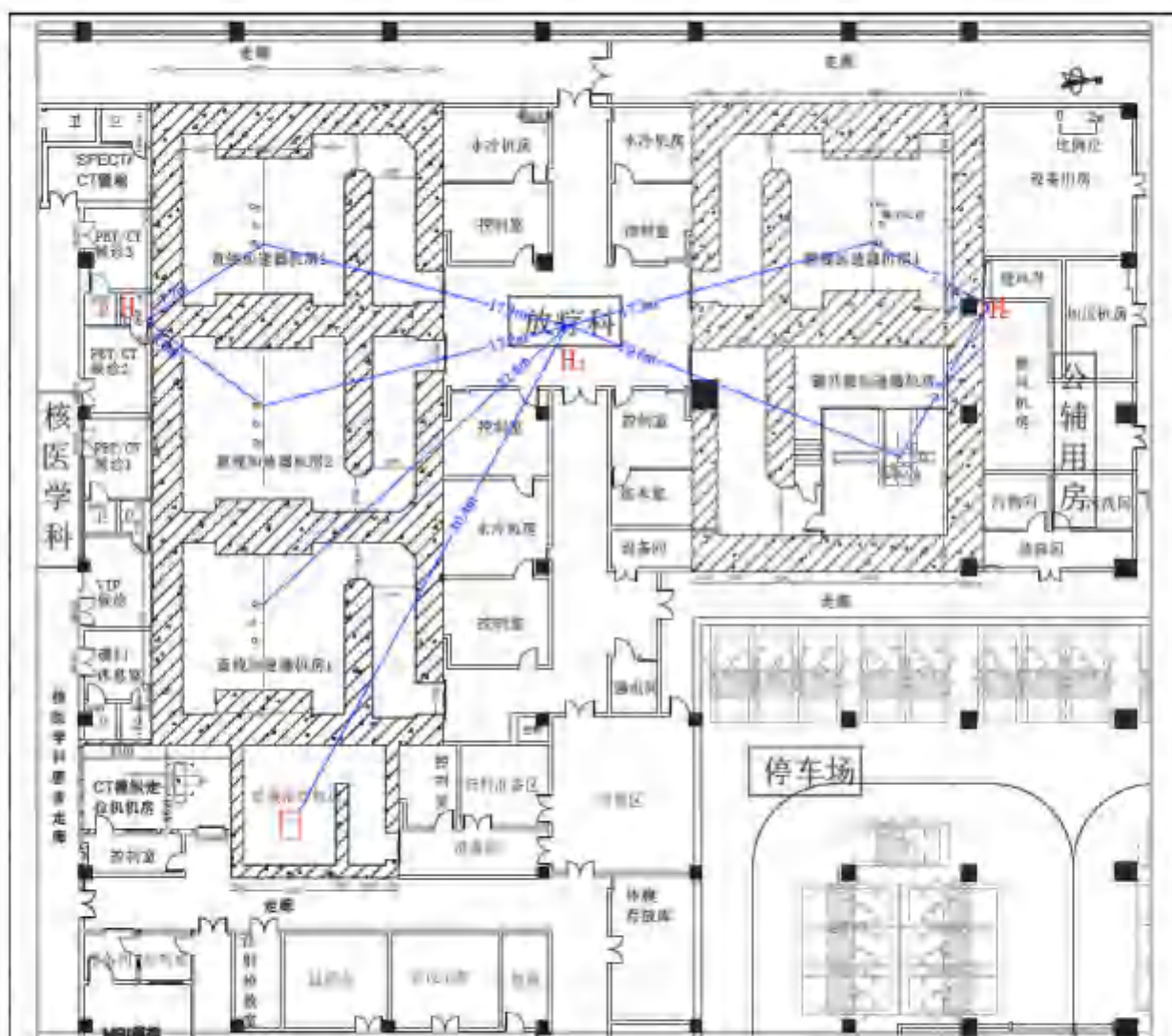


图 10.5-3 加速器机房屏蔽体外叠加位置关注点及照射路径示意图

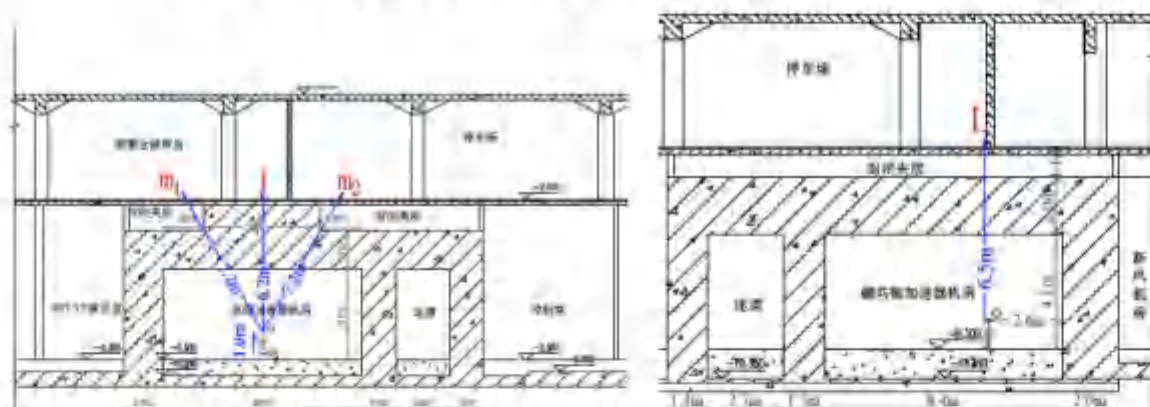


图 10.5-4 关注点剖面示意图 (左为直线加速器机房, 以加速器机房 4 为例, 右为磁共振加速器机房)

### (3) 关注点的导出剂量率参考控制水平

由《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 关注点的周围剂量当量率应由下述关系确定:

- 1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 由周剂量参考

控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平  $H_c$ ，公式如下为：

$$H_c \leq H_e / (t \times U \times T) \quad (\text{式 } 10.5-2)$$

式中：

$H_c$ ——周围剂量当量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_e$ ——周参考剂量控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），机房外辐射工作人员： $H_e \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；机房外非辐射工作人员： $H_e \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

$t$ ——设备周最大累积照射的小时数，h；根据 10.1.4 人员配置及工作负荷核算结果可知，全部患者均保守按照调强治疗考虑的情况下，直线加速器周总出束时间为 26.7h。磁共振加速器周总出束时间为 20.8h；

$U$ ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

$T$ ——人员在相应关注点位置的居留因子。

2) 按照关注点人员居留因子的下列不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )：

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所： $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所： $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ 。

3) 选择  $H_c$  和  $H_{c,max}$  其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平  $H_{lim}$ 。加速器机房外关注点的周围剂量当量率参考控制水平  $H_{lim}$  计算参数及结果见下表。

表 10.5-3 关注点周围剂量当量率参考控制水平计算参数及结果一览表

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	使用因子 U	居留因子 T	$H_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$H_e$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	$H_{lim}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
								$H_c$	最终取值
直线加速器机房 1	a <sub>1</sub>	后装治疗机房	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5
	b <sub>1</sub>	直加机房 2	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5
	c <sub>1</sub> /c <sub>1'</sub>	CT 模拟定位机房/后装治疗机房	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.2	5.2
			散射辐射	1	1/2	5	5	5.0	
	d <sub>1</sub> /d <sub>1'</sub>	直加机房 2	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.2	5.2
			散射辐射	1	1/2	5	5	5.0	
	e <sub>1</sub>	VIP 候诊室	泄漏辐射	1	1/16	10	5	3.0	3.0
	f <sub>1</sub>	直加 1 控制室	泄漏辐射	1	1	2.5	100	3.7	2.5
g <sub>1</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1	1/8	10	5	0.7	5.7	
		散射辐射	1	1/8	5	5	5.0		

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	使用因子 U	居留因子 T	$H_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$H_{\phi}$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	$H_{\text{rem}}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
								$H_c$	最终取值
	k <sub>1</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	l <sub>1</sub>	智慧仓储库房	有用线束	1/4	1/40	10	5	30.0	10.0
	m <sub>1</sub> /m <sub>1</sub> '	停车场/智慧仓储库房/机器人中控室及维修间	泄漏辐射	1	1/4	10	5	0.4	5.4
散射辐射			1	1/4	5	5	5.0		
直线加速器机房 2	a <sub>2</sub>	直加机房 1	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5
	b <sub>2</sub>	直加机房 3	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5
	c <sub>2</sub> /c <sub>2</sub> '	直加机房 1	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.2	5.2
			散射辐射	1	1/2	5	5	5.0	
	d <sub>2</sub> /d <sub>2</sub> '	直加机房 3	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.2	5.2
			散射辐射	1	1/2	5	5	5.0	
	e <sub>2</sub>	PET/CT 候诊室 1	泄漏辐射	1	1/16	10	5	3.0	3.0
	f <sub>2</sub>	直加 2 控制室	泄漏辐射	1	1	2.5	100	3.7	2.5
	g <sub>2</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1	1/8	10	5	0.7	5.7
			散射辐射	1	1/8	5	5	5.0	
	k <sub>2</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	l <sub>2</sub>	智慧仓储库房	有用线束	1/4	1/40	10	5	30.0	10.0
m <sub>2</sub> /m <sub>2</sub> '	停车场/智慧仓储库房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	3.7	8.7	
		散射辐射	1	1/40	5	5	5.0		
直线加速器机房 3	a <sub>3</sub>	直加机房 2	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5
	b <sub>3</sub>	走廊	有用线束	1/4	1/5	10	5	3.7	3.7
	c <sub>3</sub> /c <sub>3</sub> '	直加机房 2	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.2	5.2
			散射辐射	1	1/2	5	5	5.0	
	d <sub>3</sub> /d <sub>3</sub> '	走廊	泄漏辐射	1	1/5	10	5	0.5	5.5
			散射辐射	1	1/5	5	5	5.0	
	e <sub>3</sub>	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	1	1/16	10	5	3.0	3.0
	f <sub>3</sub>	直加 3 控制室	泄漏辐射	1	1	2.5	100	3.7	2.5
	g <sub>3</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1	1/8	10	5	0.7	5.7
			散射辐射	1	1/8	5	5	5.0	
	k <sub>3</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	l <sub>3</sub>	智慧仓储库房	有用线束	1/4	1/40	10	5	30.0	10.0
m <sub>3</sub> /m <sub>3</sub> '	停车场/智慧仓储库房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	3.7	8.7	
		散射辐射	1	1/40	5	5	5.0		
直线加	a <sub>4</sub>	磁共振	有用线束	1/4	1/2	10	5	1.5	1.5

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	使用因子 U	居留因子 T	$H_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$H_e$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	$H_{rem}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
								$H_c$	最终取值
速器机房 4		加速器机房							
	b <sub>4</sub>	走廊	有用线束	1/4	1/5	10	5	3.7	3.7
	d <sub>4</sub> /d <sub>4'</sub>	走廊	泄漏辐射	1	1/5	10	5	0.5	5.5
			散射辐射	1	1/5	5	5	5.0	
	e <sub>4</sub>	设备机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	f <sub>4</sub>	直加 4 控制室	泄漏辐射	1	1	2.5	100	3.7	2.5
	g <sub>4</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1	1/8	10	5	0.7	5.7
			散射辐射	1	1/8	5	5	5.0	
	k <sub>4</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	l <sub>4</sub>	停车场	有用线束	1/4	1/40	10	5	30.0	10.0
m <sub>4</sub> /m <sub>4'</sub>	停车场	泄漏辐射	1	1/40	10	5	3.7	8.7	
		散射辐射	1	1/40	5	5	5.0		
磁共振加速器机房	a <sub>5</sub>	直线加速器机房 4	泄漏辐射	1	1/2	10	5	0.5	0.5
	b <sub>5</sub>	走廊	泄漏辐射	1	1/5	10	5	1.2	1.2
	e <sub>5</sub>	新风机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	9.6	9.6
	f <sub>5</sub>	控制室	泄漏辐射	1	1	2.5	100	4.8	2.5
	k <sub>5</sub>	技术室	泄漏辐射	1	1/40	10	5	9.6	9.6
	g <sub>5</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1	1/8	10	5	1.0	6.0
			散射辐射	1	1/8	5	5	5.0	
l <sub>5</sub>	停车场	泄漏辐射	1	1/40	10	5	9.6	9.6	
叠加位置	H <sub>1</sub>	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	1	1/16	10	5	3.0	3.0
	H <sub>2</sub>	新风机房	泄漏辐射	1	1/40	10	5	7.5	7.5
	H <sub>3</sub>	患者走廊	泄漏辐射	1	1/5	10	5	0.9	0.9

### (3) 有用线束、泄漏辐射、散射辐射剂量率估算

放疗科项目计算依据来源于《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)。

有效厚度  $X_e(\text{cm})$ 按式 10.5-3 计算：

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (\text{式 10.5-3})$$

式中：

$X_e$ ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，cm；

$X$ ——屏蔽墙体厚度，cm；

$\theta$ ——入射角夹角，根据设计图纸测量所得。

屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$  按式 10.5-4 估算：

$$B = 10^{-(X_0 + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 10.5-4})$$

式中,  $TVL_1(\text{cm})$ 和  $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明  $TVL_1$ 时,  $TVL_1=TVL$ 。

屏蔽体外关注点有用线束和泄漏辐射的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )按式 10.5-5 计算:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 10.5-5})$$

式中:

$\dot{H}$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的最高剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ; 根据建设单位提供的资料, 对于直线加速器, 距靶 1m 处的最高剂量率为  $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ , 对于磁共振加速器, 等中心 (源轴距为 1.435m) 最高处的最高剂量率为  $4.2 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ , 根据剂量率与距离的平方成反比的关系, 算得距靶 1m 处的最高剂量率为  $8.65 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ 。

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$f$ ——对有用线束为 1; 对泄漏辐射比率, 参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 中的取值及相关设备方提供的数据, 直线加速器 0.1%, 磁共振加速器  $8^\circ$  张角范围内为 0.5%, 其余位置为 0.15%;

$R$ ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

患者一次散射辐射的剂量率按公式 10.5-6 计算:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 10.5-6})$$

式中:

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;

$a_{ph}$ ——患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例, 又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子;  $a_{ph}$  根据 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.2 可查。

$F$ ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$R_s$ ——患者 (位于等中心点) 至关注点的距离, m;

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

关注点有用线束、泄漏、散射辐射剂量率计算结果见表 10.5-4。

表 10.5-4 关注点有用线束、泄漏辐射、散射辐射剂量率计算结果

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	f	$\theta(^{\circ})$	$X_c$ (mm)	TVL <sub>1</sub> (cm)	TVL <sub>2</sub> (cm)	B	R (m)	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
直线加速器机房 1	a <sub>1</sub>	后装治疗机房	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	8.0	2.25E-01
	b <sub>1</sub>	直加机房 2	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	8.0	2.25E-01
	c <sub>1</sub> /c <sub>1'</sub>	CT 模拟定位机房 /后装治疗机房	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	35.4	2086	35	31	2.51E-07	8.6	4.89E-03
	d <sub>1</sub> /d <sub>1'</sub>	直加机房 2	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	35.4	2086	35	31	2.51E-07	7.8	5.94E-03
	e <sub>1</sub>	VIP 候诊室	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	0	1700	35	31	4.42E-06	6.5	1.51E-01
	f <sub>1</sub>	直加 1 控制室	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	0	3000	35	31	2.83E-10	10.2	3.92E-06
	g <sub>1</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	15.4	1556	35	31	1.29E-05	10.5	1.68E-01
	k <sub>1</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	15.8	1559	35	31	1.26E-05	10.5	1.65E-01
	l <sub>1</sub>	智慧仓储库房	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	7.2	2.78E-01
m <sub>1</sub> /m <sub>1'</sub>	停车场/智慧仓储 库房/机器人中控 室及维修间	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	30	1963	35	31	6.26E-07	7.2	1.74E-02	
直线加速器 机房 2	a <sub>2</sub>	直加机房 1	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	8.4	2.04E-01
	b <sub>2</sub>	直加机房 3	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	8.4	2.04E-01
	c <sub>2</sub> /c <sub>2'</sub>	直加机房 1	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	32.6	2018	35	31	4.16E-07	8.1	9.13E-03
	d <sub>2</sub> /d <sub>2'</sub>	直加机房 3	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	32.6	2018	35	31	4.16E-07	8.1	9.13E-03
	e <sub>2</sub>	PET/CT 候诊室 1	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	0	1700	35	31	4.42E-06	6.5	1.51E-01
	f <sub>2</sub>	直加 2 控制室	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	0	3000	35	31	2.83E-10	10.2	3.92E-06
	g <sub>2</sub>	防护门外 30cm	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	14.7	1551	35	31	1.34E-05	10.4	1.78E-01
	k <sub>2</sub>	水冷机房	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	20.4	1600	35	31	9.28E-06	10.8	1.15E-01
	l <sub>2</sub>	智慧仓储库房	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	7.2	2.78E-01
m <sub>2</sub> /m <sub>2'</sub>	停车场/智慧仓储 库房	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	30	1963	35	31	6.26E-07	7.2	1.74E-02	
直线加速	a <sub>3</sub>	直加机房 2	有用线束	1.44E+09	1	0	3000	41	37	1.00E-08	8.0	2.25E-01

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$f$	$\theta(^{\circ})$	$X_e$ (mm)	$\text{TVL}_1$ (cm)	$\text{TVL}$ (cm)	B	R (m)	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
器机房 3	$b_3$	走廊	有用线束	$1.44\text{E}+09$	1	0	3000	41	37	$1.00\text{E}-08$	8.0	$2.25\text{E}-01$
	$c_3/c_3'$	直加机房 2	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	35.4	2086	35	31	$2.51\text{E}-07$	7.8	$5.94\text{E}-03$
	$d_3/d_3'$	走廊	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	35.4	2086	35	31	$2.51\text{E}-07$	8.6	$4.89\text{E}-03$
	$e_3$	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	0	1700	35	31	$4.42\text{E}-06$	6.5	$1.51\text{E}-01$
	$f_3$	直加 3 控制室	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	0	3000	35	31	$2.83\text{E}-10$	10.2	$3.92\text{E}-06$
	$g_3$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	9.9	1523	35	31	$1.64\text{E}-05$	10.3	$2.23\text{E}-01$
	$k_3$	水冷机房	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	22.6	1625	35	31	$7.71\text{E}-06$	11.0	$9.18\text{E}-02$
	$l_3$	智慧仓储库房	有用线束	$1.44\text{E}+09$	1	0	3000	41	37	$1.00\text{E}-08$	7.2	$2.78\text{E}-01$
	$m_3/m_3'$	停车场/智慧仓储库房	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	30	1963	35	31	$6.26\text{E}-07$	7.2	$1.74\text{E}-02$
直线加速器机房 4	$a_4$	磁共振加速器机房	有用线束	$1.44\text{E}+09$	1	0	3000	41	37	$1.00\text{E}-08$	8.0	$2.25\text{E}-01$
	$b_4$	走廊	有用线束	$1.44\text{E}+09$	1	0	3000	41	37	$1.00\text{E}-08$	8.0	$2.25\text{E}-01$
	$d_4/d_4'$	走廊	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	36	2101	35	31	$2.25\text{E}-07$	8.6	$4.38\text{E}-03$
	$e_4$	设备机房	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	0	1700	35	31	$4.42\text{E}-06$	6.5	$1.51\text{E}-01$
	$f_4$	直加 4 控制室	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	0	3000	35	31	$2.83\text{E}-10$	10.2	$3.92\text{E}-06$
	$g_4$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	10.6	1526	35	31	$1.61\text{E}-05$	10.3	$2.19\text{E}-01$
	$k_4$	水冷机房	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	21.8	1616	35	31	$8.24\text{E}-06$	10.9	$9.99\text{E}-02$
	$l_4$	停车场	有用线束	$1.44\text{E}+09$	1	0	3000	41	37	$1.00\text{E}-08$	7.2	$2.78\text{E}-01$
	$m_4/m_4'$	停车场	泄漏辐射	$1.44\text{E}+09$	0.001	30	3464	35	31	$9.01\text{E}-12$	7.2	$2.50\text{E}-07$
磁共振加速器机房	$a_5$	直线加速器机房 4	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.0015	9.2	2026	35	31	$3.92\text{E}-07$	4.9	$2.12\text{E}-02$
	$b_5$	走廊	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.005	0	2000	35	31	$4.76\text{E}-07$	6.6	$4.73\text{E}-02$
	$e_5$	新风机房	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.0015	0	2000	35	31	$4.76\text{E}-07$	8.5	$8.55\text{E}-03$
	$f_5$	控制室	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.0015	0	2900	35	31	$5.95\text{E}-10$	11.7	$5.64\text{E}-06$
	$k_5$	技术室	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.0015	16	1456	35	31	$2.71\text{E}-05$	12.2	$2.36\text{E}-01$
	$g_5$	防护门外 30cm	泄漏辐射	$8.65\text{E}+08$	0.0015	22.9	1628	35	31	$7.54\text{E}-06$	12.7	$6.07\text{E}-02$

机房名称	关注点 $k$	点位描述 停车场	辐射类型 泄漏辐射	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$f$	$\theta(^{\circ})$	$X_e(\text{mm})$	TVL <sub>1</sub> (cm)	TVL (cm)	B	R (m)	H( $\mu\text{Sv/h}$ )
				8.65E+08	0.005	0	2000	35	31	4.76E-07	6.5	4.87E-02
叠加位置	$H_1$	PET/CT 候诊室 3	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	35.8	2096	35	31	2.33E-07	8.0	5.24E-03
				1.44E+09	0.001	33.2	2032	35	31	3.75E-07	7.7	9.11E-03
	$H_2$	新风机房	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	28.2	1929	35	31	8.06E-07	7.3	2.18E-02
				8.65E+08	0.0015	59.6	3952	35	31	2.40E-13	9.7	3.31E-09
	$H_3$	患者走廊	泄漏辐射	1.44E+09	0.001	47.5	2516	35	31	2.81E-15	22.6	7.92E-12
						42.5	2035					
				1.44E+09	0.001	14.7	1531	35	31	1.34E-05	17.2	6.52E-02
				1.44E+09	0.001	15	1553	35	31	1.32E-05	17.3	6.35E-02
				1.44E+09	0.001	10.6	1526	35	31	1.61E-05	17.3	7.75E-02
	8.65E+08	0.005	22.9	1628	35	31	7.54E-06	19.6	8.49E-02			
设备名称	关注点	点位描述	辐射类型	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\theta(^{\circ})$	$X_e$ (mm)	TVL (cm)	B	F ( $\text{cm}^2$ )	$a_{ph}$	$R_s$ (m)	( $\mu\text{Sv/h}$ )
直线加速器 机房 1	$c_1/c_1'$	CT模拟定位机房/ 后装治疗机房	散射辐射	1.44E+09	35.4	2086	28	3.55E-08	1600	3.18E-03	8.6	8.79E-03
	$d_1/d_1'$	直加机房 2	散射辐射	1.44E+09	35.4	2086	28	3.55E-08	1600	3.18E-03	7.8	1.07E-02
	$m_1/m_1'$	停车场/智慧仓储 库房/ 机器人中控室及 维修间	散射辐射	1.44E+09	30	1963	28	9.76E-08	1600	3.18E-03	7.2	3.45E-02
直线加速器 机房 2	$c_2/c_2'$	直加机房 1	散射辐射	1.44E+09	32.6	2018	28	6.21E-08	1600	3.18E-03	8.1	1.73E-02
	$d_2/d_2'$	直加机房 3	散射辐射	1.44E+09	32.6	2018	28	6.21E-08	1600	3.18E-03	8.1	1.73E-02
	$m_2/m_2'$	停车场/ 智慧仓储库房	散射辐射	1.44E+09	30	1963	28	9.76E-08	1600	3.18E-03	7.2	3.45E-02
直线加速器 器	$c_3/c_3'$	直加机房 2	散射辐射	1.44E+09	35.4	2086	28	3.55E-08	1600	3.18E-03	7.8	1.07E-02
	$d_3/d_3'$	走廊	散射辐射	1.44E+09	35.4	2086	28	3.55E-08	1600	3.18E-03	8.6	8.79E-03

机房名称	关注点	点位描述	辐射类型	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$f$	$\theta(^{\circ})$	$X_r(\text{mm})$	$\text{TVL}_1$ (cm)	$\text{TVL}$ (cm)	$B$	$R$ (m)	$H$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
机房 3	$\text{m}_3/\text{m}_3^{\cdot}$	停车场/ 智慧仓储库房	散射辐射	$1.44\text{E}+09$	30	1963	28	$9.76\text{E}-08$	1600	$3.18\text{E}-03$	7.2	$3.45\text{E}-02$
直线加速器机房 4	$\text{d}_4/\text{d}_4^{\cdot}$	走廊	散射辐射	$1.44\text{E}+09$	36	3101	28	$3.14\text{E}-08$	1600	$3.18\text{E}-03$	8.6	$7.78\text{E}-03$
	$\text{m}_4/\text{m}_4^{\cdot}$	停车场	散射辐射	$1.44\text{E}+09$	30	3464	28	$4.25\text{E}-13$	1600	$3.18\text{E}-03$	7.2	$1.50\text{E}-07$

#### (4) 机房入口处 (g<sub>1</sub> 至 g<sub>5</sub>) 散射辐射剂量率

对于机房入口处 (g<sub>1</sub> 至 g<sub>5</sub>) 的辐射剂量率, 根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011), 防护门外 (g<sub>1</sub> 至 g<sub>5</sub> 点) 辐射剂量率按式 10.5-7 进行计算。

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times \dot{H}_0 \quad (\text{式 10.5-7})$$

式中:

$\dot{H}_g$ ——g 处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}_0$ ——加速器最高剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\alpha_{ph}$ ——散射因子, 根据 GBZ/T201.2-2011 表 B.2, 本项目取  $1.35 \times 10^{-3}$ ;

$F$ ——有用束在等中心处的最大治疗野面积,  $\text{cm}^2$ ;

$\alpha_2$ ——散射因子, 根据 GBZ/T201.2-2011 表 B.6, 本项目取  $22 \times 10^{-2}$ ;

$A$ ——i 处的散射面积,  $\text{m}^2$ ;

$R_1$ ——“o-i”之间的距离, m;

$R_2$ ——“i-g”之间的距离, m。

迷路入口散射辐射剂量率  $\dot{H}_g$  是未经过铅门防护屏蔽的, 迷路入口的 X 射线散射辐射能力约为 0.2MeV, 铅中的 TVL 值为 0.5cm, 屏蔽透射因子按式 10.5-8 计算, 因此经防护门屏蔽后迷路入口患者散射辐射剂量率  $\dot{H}$  按式 10.5-8 计算, 计算结果见表 10.5-5。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \times B \quad (\text{式 10.5-8})$$

式中:

$\dot{H}_g$ ——屏蔽前 g 处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\dot{H}$ ——屏蔽后 g 处的散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$B$ ——屏蔽物质的屏蔽透射因子, 计算时,  $TVL_f = TVL$ 。本项目防护门铅厚度为 1.6cm, 铅的半值层为 0.5cm, 可算得  $B = 6.31 \times 10^{-4}$ 。

表 10.5-5 加速器机房入口处散射辐射剂量率

关注点	$H_0(\mu\text{Sv/h})$	$F(\text{cm}^2)$	$A(\text{m}^2)$	$R_1(\text{m})$	$R_2(\text{m})$	$A_2(\text{m}^2)$	$R_3(\text{m})$	H ( $\mu\text{Sv/h}$ )
g <sub>1</sub>	1.44E+09	1600	29.6	8.4	9.6	9.8	3.3	9.72E-03
g <sub>2</sub>	1.44E+09	1600	29.6	8.6	9.6	9.8	3.4	8.77E-03
g <sub>3</sub>	1.44E+09	1600	29.6	9.1	9.2	9.8	3	1.09E-02
g <sub>4</sub>	1.44E+09	1600	29.6	9	9.2	9.8	2.8	1.28E-02
g <sub>5</sub>	8.65E+08	1262.8	33.3	9.6	10.4	11.1	3.3	3.84E-03

### (5) 直线加速器机房迷路入口中子辐射影响

本项目直线加速器能量最大为 10MV，保守考虑中子的影响。分析计算机房迷路散射辐射影响时，参考 GBZ/T201.2-2011 中 5.2.7 加速器 (>10MV) 机房的迷路散射辐射计算公式。考虑中子辐射影响时，迷路散射辐射应考虑总中子注量、机房入口的中子俘获  $\gamma$  射线的剂量率、机房入口的中子剂量率。

#### ① 总中子注量 ( $\Phi_B$ )

$$\Phi_B = \frac{Q_n}{4\pi d_1^2} + \frac{5.4 \times Q_n}{2\pi S} + \frac{1.26 \times Q_n}{2\pi S} \quad (\text{式 10.5-9})$$

式中：

$\Phi_B$ ——等中心处 1Gy 治疗照射时 P 处的总中子注量，(中子数/m<sup>2</sup>)/Gy；

$Q_n$ ——在等中心处每 1Gy 治疗照射时射出加速器机头的总中子数，中子数/Gy；根据 NCRP No151 的表 B.9 可知，10MV 加速器  $Q_n$  值取为  $0.06 \times 10^{12}$  个/Gy；

$d_1$ ——等中心 O 至 B 点的距离，m；

$S$ ——治疗机房的总内表面积 (m<sup>2</sup>)，包括四壁墙、顶面和底面，不包括迷路内各面积。

#### ② 迷路入口的中子俘获 $\gamma$ 射线的剂量率 $\dot{H}_r$

机房内及迷路中的中子在与屏蔽物质作用时产生中子俘获  $\gamma$  射线，迷路入口无防护门时的中子俘获  $\gamma$  射线的剂量率  $\dot{H}_r$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按以下公式计算。

$$\dot{H}_r = 6.9 \times 10^{-16} \times \Phi_B \times 10^{-d_2/TVD} \times \dot{H}_0 \quad (\text{式 10.5-10})$$

式中：

$6.9 \times 10^{-16}$ ——经验因子，Sv/(中子数/m<sup>2</sup>)；

$\Phi_B$ ——等中心处 1Gy 治疗照射时 P 处的总中子注量，(中子数/m<sup>2</sup>)/Gy；

$d_2$ ——B 点至机房入口 g 的距离，m；根据 GBZ/T201.2-2011，对于二阶迷路，以二阶迷路  $d_{2a}$  和  $d_{2b}$  之和代替  $d_2$ ，并且  $\dot{H}_r$  为式 10.5-10 的 1/3；

$TVD$ ——什值距离，对于 10MV 加速器，保守取 15MV 的  $TVD=3.9\text{m}$ ；

$\dot{H}_0$ ——等中心治疗 X 射线剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ 。

③迷路入口的中子剂量率 $\dot{H}_n$

机房内的中子经迷路散射后在机房入口门外 30cm 处 ( $g_1$  至  $g_4$ ) 无防护门时的剂量率 $\dot{H}_n$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 见式 10.5-11:

$$\dot{H}_n = 2.4 \times 10^{-15} \times \Phi_B \times \sqrt{S_0/S_1} \times (1.64 \times 10^{-d_2/1.9} + 10^{-d_2/T_n}) \times \dot{H}_0 \quad (\text{式 10.5-11})$$

式中:

$2.4 \times 10^{-15}$ ——经验因子, Sv/ (中子数/ $\text{m}^2$ );

$S_0$ ——迷路内口的面积,  $\text{m}^2$ ;

$S_1$ ——迷路横截面积,  $\text{m}^2$ ;

$d_2$ ——B 点到迷路入口 g 的距离, m;

$T_n$ ——什值距离 (m), 按以下公式计算:

$$T_n = 2.06\sqrt{S_1} \quad (\text{式 10.5-12})$$

④迷路入口 30cm 处的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_{og}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ), 见表 10.5-4。

⑤迷路入口处的辐射剂量率 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )

当给定防护门屏蔽厚度  $X_\gamma$  和  $X_n$  时, 防护门 30cm 处的中子辐射叠加泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按以下公式计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_\gamma \times 10^{-X_\gamma/TVL_\gamma} + \dot{H}_n \times 10^{-X_n/TVL_n} + \dot{H}_{og} \times B_{og} \quad (\text{式 10.5-13})$$

式中:

$B_{og}$ ——防护门对 $\dot{H}_{og}$ 的屏蔽透射因子;

$X_\gamma$  和  $X_n$ ——分别为铅和含硼聚乙烯板的厚度, cm。

$TVL_\gamma$  和  $TVL_n$ ——分别为中子俘获  $\gamma$  射线和中子在上述两种屏蔽材料中的什值层, cm; 分别为 3.1cm 和 4.5cm。

机房门外 g 点中子辐射影响计算结果以及叠加散射辐射的辐射剂量率 $\dot{H}$ 结果见表 10.5-6 至表 10.5-9。

表 10.5-6 中子注量计算结果

机房名称	$Q_n$ (中子数/Gy)	$d_1$ (m)	S( $\text{m}^2$ )	$\Phi_B$ ((中子数/ $\text{m}^2$ ) /Gy))
直线加速器机房 1	6.00E+10	8	312.45	2.78E+08

直线加速器机房 2	6.00E+10	8.3	319.36	2.68E+08
直线加速器机房 3	6.00E+10	8.4	312.45	2.71E+08
直线加速器机房 4	6.00E+10	8.4	316.96	2.68E+08

表 10.5-7 中子俘获  $\gamma$  射线的剂量率计算结果

机房名称	$\Phi_B$ ((中子数/m <sup>2</sup> )/Gy))	$d_2$ (m)	TVD(m)	$H_0$ ( $\mu$ Sv/h)	$H_V$ ( $\mu$ Sv/h)
直线加速器机房 1	2.78E+08	10.4	3.9	1.44E+09	0.20
直线加速器机房 2	2.68E+08	10.4	3.9	1.44E+09	0.19
直线加速器机房 3	2.71E+08	10.4	3.9	1.44E+09	0.19
直线加速器机房 4	2.68E+08	10.2	3.9	1.44E+09	0.22

表 10.5-8 中子剂量率计算结果

机房名称	$\Phi_B$ ((中子数/m <sup>2</sup> )/Gy))	$S_0$ (m <sup>2</sup> )	$S_1$ (m <sup>2</sup> )	$T_n$ (m)	$d_2$ (m)	$H_n$ ( $\mu$ Sv/h)
直线加速器机房 1	2.78E+08	8.2	9.84	6.5	10.4	22.04
直线加速器机房 2	2.68E+08	8.2	9.84	6.5	10.4	21.24
直线加速器机房 3	2.71E+08	8.2	9.84	6.5	10.4	21.48
直线加速器机房 4	2.68E+08	8.2	9.84	6.5	10.2	22.80

表 10.5-9 迷路入口处经屏蔽后防护门外的中子辐射叠加泄漏辐射剂量率

机房名称	项目	H ( $\mu$ Sv/h)	TVL (cm)	X (cm)	( $\mu$ Sv/h)
直线加速器 机房 1	中子俘获 $\gamma$ 射线	2.00E-01	3.1	1.6	6.31E-02
	中子辐射	2.20E+01	4.5	18	
	泄漏辐射	1.68E-01	5.7	1.6	8.80E-02
直线加速器 机房 2	中子俘获 $\gamma$ 射线	1.90E-01	3.1	1.6	6.00E-02
	中子辐射	2.12E+01	4.5	18	
	泄漏辐射	1.78E-01	5.7	1.6	9.33E-02
直线加速器 机房 3	中子俘获 $\gamma$ 射线	1.90E-01	3.1	1.6	6.01E-02
	中子辐射	2.15E+01	4.5	18	
	泄漏辐射	2.23E-01	5.7	1.6	1.17E-01
直线加速器 机房 4	中子俘获 $\gamma$ 射线	2.20E-01	3.1	1.6	6.93E-02
	中子辐射	2.28E+01	4.5	18	
	泄漏辐射	2.19E-01	5.7	1.6	1.15E-01

注：BOg 计算时参考 NCRP.N0151 第 161 页,保守取 10MV 射线在铅中的什值层 5.7cm。

(6) 关注点辐射剂量率结果小结

综合表 10.5-4、表 10.5-5、表 10.5-9 计算结果，本项目加速器机房外各关注点的辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较见表 10.5-10。

表 10.5-10 辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较结果

机房名称	关注点	点位描述	辐射剂量率预测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				剂量率参考控制水平值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否符合要求
			有用线束/泄漏	中子辐射	散射辐射	合计		
直线加速器机房 1	a <sub>1</sub>	后装治疗机房	2.25E-01	-	-	2.25E-01	1.5	符合
	b <sub>1</sub>	直加机房 2	2.25E-01	-	-	2.25E-01	1.5	符合
	c <sub>1</sub> /c <sub>1'</sub>	CT 模拟定位机房/后装治疗机房	4.89E-03	-	8.79E-03	1.37E-02	5.2	符合
	d <sub>1</sub> /d <sub>1'</sub>	直加机房 2	5.94E-03	-	1.07E-02	5.94E-03	5.2	符合
	e <sub>1</sub>	VIP 候诊室	1.51E-01	-	-	1.51E-01	3.0	符合
	f <sub>1</sub>	直加 1 控制室	3.92E-06	-	-	3.92E-06	2.5	符合
	g <sub>1</sub>	防护门外 30cm	8.80E-02	6.31E-02	9.72E-03	1.61E-01	5.7	符合
	k <sub>1</sub>	水冷机房	1.65E-01	-	-	1.65E-01	7.5	符合
	l <sub>1</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	-	-	2.78E-01	10.0	符合
m <sub>1</sub> /m <sub>1'</sub>	停车场/智慧仓储库房/机器人中控室及维修间	1.74E-02	-	3.45E-02	1.74E-02	5.4	符合	
直线加速器机房 2	a <sub>2</sub>	直加机房 1	2.04E-01	-	-	2.04E-01	1.5	符合
	b <sub>2</sub>	直加机房 3	2.04E-01	-	-	2.04E-01	1.5	符合
	c <sub>2</sub> /c <sub>2'</sub>	直加机房 1	9.13E-03	-	1.73E-02	2.64E-02	5.2	符合
	d <sub>2</sub> /d <sub>2'</sub>	直加机房 3	9.13E-03	-	1.73E-02	9.13E-03	5.2	符合
	e <sub>2</sub>	PET/CT 候诊室 1	1.51E-01	-	-	1.51E-01	3.0	符合
	f <sub>2</sub>	直加 2 控制室	3.92E-06	-	-	3.92E-06	2.5	符合
	g <sub>2</sub>	防护门外 30cm	9.33E-02	6.00E-02	8.77E-03	1.62E-01	5.7	符合
	k <sub>2</sub>	水冷机房	1.15E-01	-	-	1.15E-01	7.5	符合
	l <sub>2</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	-	-	2.78E-01	10.0	符合
m <sub>2</sub> /m <sub>2'</sub>	停车场/智慧仓储库房	1.74E-02	-	3.45E-02	1.74E-02	8.7	符合	
直线加速器机房 3	a <sub>3</sub>	直加机房 2	2.25E-01	-	-	2.25E-01	1.5	符合
	b <sub>3</sub>	走廊	2.25E-01	-	-	2.25E-01	3.7	符合
	c <sub>3</sub> /c <sub>3'</sub>	直加机房 2	5.94E-03	-	1.07E-02	1.66E-02	5.2	符合
	d <sub>3</sub> /d <sub>3'</sub>	走廊	4.89E-03	-	8.79E-03	4.89E-03	5.5	符合
	e <sub>3</sub>	PET/CT 候诊室 3	1.51E-01	-	-	1.51E-01	3.0	符合

机房名称	关注点	点位描述	辐射剂量率预测结果 ( $\mu\text{Sv/h}$ )				剂量率参考控制水平值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否符合要求
			有用线束/泄漏	中子辐射	散射辐射	合计		
	f <sub>3</sub>	直加3控制室	3.92E-06	-	-	3.92E-06	2.5	符合
	g <sub>3</sub>	防护门外30cm	1.17E-01	6.01E-02	1.09E-02	1.88E-01	5.7	符合
	k <sub>3</sub>	水冷机房	9.18E-02	-	-	9.18E-02	7.5	符合
	l <sub>3</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	-	-	2.78E-01	10.0	符合
	m <sub>3</sub> /m <sub>3</sub> '	停车场/智慧仓储库房	1.74E-02	-	3.45E-02	1.74E-02	8.7	符合
直线加速器机房4	a <sub>4</sub>	磁共振加速器机房	2.25E-01	-	-	2.25E-01	1.5	符合
	b <sub>4</sub>	走廊	2.25E-01	-	-	2.25E-01	3.7	符合
	d <sub>4</sub> /d <sub>4</sub> '	走廊	4.38E-03	-	7.78E-03	1.22E-02	5.5	符合
	e <sub>4</sub>	设备机房	1.51E-01	-	-	1.51E-01	7.5	符合
	f <sub>4</sub>	直加4控制室	3.92E-06	-	-	3.92E-06	2.5	符合
	g <sub>4</sub>	防护门外30cm	1.15E-01	6.93E-02	1.28E-02	1.97E-01	5.7	符合
	k <sub>4</sub>	水冷机房	9.99E-02	-	-	9.99E-02	7.5	符合
	l <sub>4</sub>	停车场	2.78E-01	-	-	2.78E-01	10.0	符合
m <sub>4</sub> /m <sub>4</sub> '	停车场	2.50E-07	-	1.50E-07	4.00E-07	8.7	符合	
磁共振加速器机房	a <sub>5</sub>	直线加速器机房4	2.12E-02	-	-	2.12E-02	0.5	符合
	b <sub>5</sub>	走廊	4.73E-02	-	-	4.73E-02	1.2	符合
	e <sub>5</sub>	新风机房	8.55E-03	-	-	8.55E-03	9.6	符合
	f <sub>5</sub>	控制室	5.64E-06	-	-	5.64E-06	2.5	符合
	k <sub>5</sub>	技术室	2.36E-01	-	-	2.36E-01	9.6	符合
	g <sub>5</sub>	防护门外30cm	6.07E-02	-	3.84E-03	6.45E-02	6.0	符合
l <sub>5</sub>	停车场	4.87E-02	-	-	4.87E-02	9.6	符合	
叠加位置	H <sub>1</sub>	PET/CT候诊室3	1.44E-02	-	-	1.44E-02	3.0	符合
	H <sub>2</sub>	新风机房	2.18E-02	-	-	2.18E-02	7.5	符合
	H <sub>3</sub>	患者走廊	2.91E-01	-	-	2.91E-01	0.9	符合

小结：通过上表可以看出，本项目直线加速器机房和磁共振加速器的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足相应的剂量率参考控制水平的要求。

#### (7) 穿墙孔洞屏蔽效果核算

直线加速器穿墙孔洞主要为排风管道穿墙和磁共振加速器穿墙孔洞为排风管道和失超管。

射线穿过孔洞后的散射辐射剂量率参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录(A-5)规定的公式进行计算。

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} d_{rj})^2} \quad (\text{式 10.5-14})$$

式中：

$\alpha_1$ ——入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数， $5 \times 10^{-3}$ ；

$\alpha_2$ ——从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）， $\alpha_2 = 2 \times 10^{-2}$ ；

$A_1$ ——X 射线入射到第一散射物质的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$A_2$ ——孔洞的截面积， $\text{m}^2$ ；

$d_1$ ——X 射线源与第一散射物质的距离， $\text{m}$ ；

$d_{r1}$ 、 $d_{r2}$ ... $d_{rj}$ ——沿电缆穿墙孔长轴的中心线距离， $\text{m}$ ；

$j$ ——指第  $j$  个散射过程；

$D_{10}$ ——穿墙孔洞入口处辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目 5 间加速器机房通排风管道穿墙位置均位于迷路入口防护门上方，该点处辐射剂量保守考虑为机房迷路入口（即关注点  $g_1$  至  $g_5$ ）未经防护门屏蔽情况下的辐射剂量率，经前述表 10.5-5 和表 10.5-9 的计算结果，该点漏射和散射辐射剂量率合计为  $23.2\mu\text{Sv/h}$ 。 $A_1$  和  $A_2$  均保守取风管截面积，为  $0.16\text{m}^2$ 。 $d_1$ 、 $d_{r1}$ 、 $d_{r2}$  分别为  $0.655\text{m}$ ， $2.1\text{m}$ ， $0.5\text{m}$ ，计算得通排风管线穿墙孔洞外辐射剂量为  $1.50 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，穿墙位置位于防护门外，距地 3.1 米处，人员不可到达，满足相应的剂量率控制水平。

磁共振加速器的失超管穿墙位置位于迷路外墙经过迷路内墙屏蔽，该点处辐射剂量保守考虑为加速器泄漏辐射（ $0.23\mu\text{Sv/h}$ ）及一次散射辐射（ $16.5\mu\text{Sv/h}$ ）的总辐射剂量率（ $1.35\mu\text{Sv/h}$ ），经前述计算，该点漏射和散射辐射剂量率合计为  $16.7\mu\text{Sv/h}$ 。 $A_1$  和  $A_2$  均保守取风管截面积，为  $0.16\text{m}^2$ 。 $d_1$ 、 $d_{r1}$ 、 $d_{r2}$  分别为  $0.655\text{m}$ ， $2.0\text{m}$ ， $0.5\text{m}$ ，计算得通排风管线穿墙孔洞外辐射剂量为  $1.08 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ ，穿墙位置位于防护门外，距地 3.1 米处，人员不可到达，满足相应的剂量率控制水平。

### （8）感生放射性影响分析

加速器工作的能量级在高于  $8\text{MeV}$  时会发生光核反应，在高于  $12\text{MeV}$  时增加更快，此时机房（治疗室）会产生少量放射性气体，如  $^{13}\text{N}$ （半衰期  $10\text{min}$ ）和  $^{15}\text{O}$ （半衰期  $2\text{min}$ ）等，有的既发射  $\beta^+$  射线，又发射湮没辐射  $\gamma$  光子，如  $^{13}\text{N}$  发射  $1.2\text{MeV}$  的  $\beta^+$  粒子和  $0.511\text{MeV}$  的光子， $^{15}\text{O}$  发射  $1.74\text{MeV}$  的  $\beta^+$  粒子和  $0.511\text{MeV}$  的  $\gamma$  光子。这些核素的半衰期都较短，在短时间内，便可衰变到可忽略的水平。

加速器的结构材料以及加速器机房的空气被中子和 $\gamma$ 射线照射后,产生感生放射性,因此需要考虑感生放射性对操作人员在摆位过程的影响。

为了核算操作人员在摆位过程中受到的辐射剂量,本项目选取首都医科大学宣武医院的一台医用电子直线加速器的验收检测报告(附件7)中感生放射性的检测数据作为参考。由于感生放射性的产生是直线加速器的X射线和电子线照射加速器的结构材料以及加速器机房的空气后形成,电子线打靶产生的感生放射性产额占比很小,可以忽略,因此主要考虑X射线产生的感生放射性。类比项目的直线加速器最大X射线为10MV,本项目直线加速器最大X射线为10MV,类比项目和本项目最大X射线能量相同,本项目评价的直线加速器输出剂量率为2400 MU/min,类比项目检测条件输出剂量率为2187MU/min,根据表10.5-11在2187MU/min下的检测结果0.75 $\mu$ Sv/h,可推导出直线加速器在输出剂量率为2400 MU/min下为0.82 $\mu$ Sv/h。

表 10.5-11 感生放射性的检测结果

检测项目	检测条件	检测结果 ( $\mu$ Sv/h)
感生放射性	输出剂量率: 2187MU/min 照射 4000MU 剂量 停止后 3min 内测得	距设备机头表面 5cm 处: 5.0
		距设备机头表面 100cm 处: 0.75

保守考虑,本项目按工作人员为每名患者摆位时间按5min计,则每年的摆位时间为 $80 \times 5 \times 250 / 60 = 1666.7\text{h}$ ,可知操作人员在摆位过程中受到的有效剂量为 $0.82 \times 10^{-3} \text{mSv/h} \times 1666.7\text{h} = 1.37\text{mSv/a}$ 。

### (9) 人员受照剂量分析

#### ①工作人员及公众个人剂量估算

个人有效剂量估算公式如下:

$$H_r = H \times t \times U \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 } 10.5-15)$$

式中:

$H_r$ ——辐射外照射人均年有效剂量, mSv;

$H$ ——关注点处的辐射剂量率,  $\mu$ Sv/h;

$t$ ——年出束时间, h;

$U$ ——使用因子;

$T$ ——居留因子。

#### ②职业人员年有效剂量预测及评价

根据加速器治疗工作流程可知,辐射工作人员需要进入治疗机房内协助患者进行摆

位，退出机房后在控制室操作设备，人员受照考虑这两个环节的贡献。

根据表 10.5-11，辐射工作人员摆位所受年有效剂量为 1.37mSv/a；根据表 10.5-10，以 f 控制室操作位辐射剂量率最大值为 ( $5.6 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ )，加速器年出束时间为 1335h，则辐射工作人员全年在控制室操作所受的附加剂量为： $7.48 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ 。由此计算得到叠加后的年有效剂量为 1.37mSv，满足工作人员的剂量约束值不大于 5mSv/a 的要求。

### ② 公众年有效剂量预测及评价

计算各预测点位人员所受的辐射影响（年有效剂量）见表 10.5-12 结果。

表 10.5-12 公众年有效剂量预测结果

机房名称	关注点	点位描述	预测剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	使用因子 U	居留因子 T	年受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
直线加速器机房 1	a <sub>1</sub>	后装治疗机房	2.25E-01	1/4	1/2	1335.0	3.75E-02
	b <sub>1</sub>	直加机房 2	2.25E-01	1/4	1/2	1335.0	3.75E-02
	c <sub>1</sub> /c <sub>1'</sub>	CT 模拟定位机房/ 后装治疗机房	1.37E-02	1	1/2	1335.0	9.14E-03
	d <sub>1</sub> /d <sub>1'</sub>	直加机房 2	5.94E-03	1	1/2	1335.0	3.96E-03
	e <sub>1</sub>	VIP 候诊室	1.51E-01	1	1/16	1335.0	1.26E-02
	f <sub>1</sub>	直加 1 控制室	3.92E-06	1	1	1335.0	5.23E-06
	g <sub>1</sub>	防护门外 30cm	1.61E-01	1	1/8	1335.0	2.69E-02
	k <sub>1</sub>	水冷机房	1.65E-01	1	1/40	1335.0	5.51E-03
	l <sub>1</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	1/4	1/40	1335.0	2.32E-03
	m <sub>1</sub> /m <sub>1'</sub>	停车场/智慧仓储库 房/机器人中控室及 维修间	1.74E-02	1	1/4	1335.0	5.81E-03
直线加速器机房 2	a <sub>2</sub>	直加机房 1	2.04E-01	1/4	1/2	1335.0	3.40E-02
	b <sub>2</sub>	直加机房 3	2.04E-01	1/4	1/2	1335.0	3.40E-02
	c <sub>2</sub> /c <sub>2'</sub>	直加机房 1	2.64E-02	1	1/2	1335.0	1.76E-02
	d <sub>2</sub> /d <sub>2'</sub>	直加机房 3	9.13E-03	1	1/2	1335.0	6.09E-03
	e <sub>2</sub>	PET/CT 候诊室 1	1.51E-01	1	1/16	1335.0	1.26E-02
	f <sub>2</sub>	直加 2 控制室	3.92E-06	1	1	1335.0	5.23E-06
	g <sub>2</sub>	防护门外 30cm	1.62E-01	1	1/8	1335.0	2.70E-02
	k <sub>2</sub>	水冷机房	1.15E-01	1	1/40	1335.0	3.84E-03
	l <sub>2</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	1/4	1/40	1335.0	2.32E-03
m <sub>2</sub> /m <sub>2'</sub>	停车场/智慧仓储库 房	1.74E-02	1	1/40	1335.0	5.81E-04	
直线加速器机房 3	a <sub>3</sub>	直加机房 2	2.25E-01	1/4	1/2	1335.0	3.75E-02
	b <sub>3</sub>	走廊	2.25E-01	1/4	1/5	1335.0	1.50E-02
	c <sub>3</sub> /c <sub>3'</sub>	直加机房 2	1.66E-02	1	1/2	1335.0	1.11E-02
	d <sub>3</sub> /d <sub>3'</sub>	走廊	4.89E-03	1	1/5	1335.0	1.31E-03
	e <sub>3</sub>	PET/CT 候诊室 3	1.51E-01	1	1/16	1335.0	1.26E-02
	f <sub>3</sub>	直加 3 控制室	3.92E-06	1	1	1335.0	5.23E-06
	g <sub>3</sub>	防护门外 30cm	1.88E-01	1	1/8	1335.0	3.14E-02

	k <sub>3</sub>	水冷机房	9.18E-02	1	1/40	1335.0	3.06E-03
	l <sub>3</sub>	智慧仓储库房	2.78E-01	1/4	1/40	1335.0	2.32E-03
	m <sub>3</sub> /m <sub>3</sub> '	停车场/智慧仓储库房	1.74E-02	1	1/40	1335.0	5.81E-04
直线加速器机房 4	a <sub>4</sub>	磁共振加速器机房	2.25E-01	1/4	1/2	1335.0	3.75E-02
	b <sub>4</sub>	走廊	2.25E-01	1/4	1/5	1335.0	1.50E-02
	d <sub>4</sub> /d <sub>4</sub> '	走廊	1.22E-02	1	1/5	1335.0	3.26E-03
	e <sub>4</sub>	设备机房	1.51E-01	1	1/40	1335.0	5.04E-03
	f <sub>4</sub>	直加 4 控制室	3.92E-06	1	1	1335.0	5.23E-06
	g <sub>4</sub>	防护门外 30cm	1.97E-01	1	1/8	1335.0	3.29E-02
	k <sub>4</sub>	水冷机房	9.99E-02	1	1/40	1335.0	3.33E-03
	l <sub>4</sub>	停车场	2.78E-01	1/4	1/40	1335.0	2.32E-03
	m <sub>4</sub> /m <sub>4</sub> '	停车场	4.00E-07	1	1/40	1335.0	1.34E-08
磁共振加速器机房	a <sub>5</sub>	直线加速器机房 4	2.12E-02	1	1/2	1040.0	1.10E-02
	b <sub>5</sub>	走廊	4.73E-02	1	1/5	1040.0	9.84E-03
	e <sub>5</sub>	新风机房	8.55E-03	1	1/40	1040.0	2.22E-04
	f <sub>5</sub>	控制室	5.64E-06	1	1	1040.0	5.87E-06
	k <sub>5</sub>	技术室	2.36E-01	1	1/40	1040.0	6.14E-03
	g <sub>5</sub>	防护门外 30cm	6.45E-02	1	1/8	1040.0	8.39E-03
	l <sub>5</sub>	停车场	4.87E-02	1	1/40	1040.0	1.27E-03
叠加位置	H <sub>1</sub>	PET/CT 候诊室 3	1.44E-02	1	1/16	1335.0	1.20E-03
	H <sub>2</sub>	新风机房	2.18E-02	1	1/40	1335.0	7.28E-04
	H <sub>3</sub>	患者走廊	2.91E-01	1	1/5	1335.0	7.77E-02

由上表结果可知，加速器运行所致公众年有效剂量最大值为  $7.77 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足公众剂量约束值不大于  $0.1 \text{mSv/a}$  的要求。

以上结论是基于加速器设备对人员的辐射影响，本项目运行后，放疗科存在其它设备，多台设备对环境保护目标的叠加影响见后文“10.5.2.4 放疗科对公众受照剂量综合分析”。

#### (10) 废气影响分析

加速器在运行过程中产生的 X 射线和电子线与空气作用会产生一定的臭氧。参考《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85) 附录 E 的计算公式，加速器运行时的臭氧浓度按下式计算：

$$C_o = 2.79 \times \frac{I_d}{V} \left(1 - e^{-\frac{V}{V'}}\right) \quad (\text{式 } 10.5-16)$$

式中：

$C_o$ ——机房中的臭氧浓度， $\text{mg/m}^3$ ；

$I$ ——电子束流强度， $\text{mA}$ ；本项目保守取  $0.1 \text{mA}$ ；

$d$ ——电子束在空气中的径迹长度, cm, 取 100cm;

$V$ ——靶室体积,  $m^3$ , 本项目机房容积最小为  $274.5m^3$ ;

$v$ ——排气速率,  $m^3/s$ ; 本项目为  $0.44m^3/s$  (考虑排风系统的有效效率 80%);

$t$ ——辐照时间, s; 本项目为 240s。

经计算, 机房内最大臭氧浓度为  $0.03mg/m^3$ , 小于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 及其第一号修改单 (国卫通 (2022) 14 号) 表 1 工作场所空气中臭氧容许浓度为  $0.3mg/m^3$  的要求。因此, 加速器运行时产生的臭氧和氮氧化物对机房内外的影响是可以接受的。

#### (10) 放射性固体废物影响分析

本项目加速器更换的废靶由设备厂家回收处理, 不在医院内贮存, 不会对周围环境产生影响。

#### 10.5.2.2 后装治疗机环境影响分析

本项目治疗时假设放射源全部被传送至施源器, 则辐射环境影响预测时将其视为点源来预测计算, 本评价主要考虑放射源产生的  $\gamma$  射线 (即初级辐射) 对墙和治疗室顶的直接照射及其散射辐射在机房入口处的照射, 评价采用《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分:  $\gamma$  射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 中推荐的公式进行辐射屏蔽估算。

#### (1) 后装机基本参数

本项目拟安装使用 1 台  $^{192}Ir$  后装治疗机, 技术参数如表 10.5-13 所示。

表 10.5-13 后装机的技术参数

放射源	活度 (Bq)	$\gamma$ 射线能量均值 (MeV)	空气比释动能率常数 $K_a$ ( $\mu Sv/(h \cdot MBq)$ )	源距地面高度 (m)	每天治疗人次	每人每次照射时间 (min)
$^{192}Ir$	$5.55 \times 10^{11}$	0.37	0.111	1.0	10	10

#### (2) 关注点的选取

一般情况下, 后装机治疗过程中, 设备会放置在相对远离楼梯口的区域, 经与医院沟通确认, 综合考虑周围房间功能及病人的体位, 将放射源距离北墙、南墙 2m, 距东墙 1.5m,  $2m \times 1.05m$  的区域划为治疗源的使用区域, 即图 10.5-5 中红色虚线区域, 该区域边界线位置即为对外环境影响最大的位置。根据本项目后装治疗机房周围环境状况分析, 在机房外设置 6 个关注点, 分布图见图 10.5-5, 关注点描述如下:

a<sup>1</sup>: 南墙外 30cm 处, 走廊;

- b': 东墙外 30cm 处, 走廊;
- c': 西墙外 30cm 处, 直线加速器机房 1;
- f: 迷路外墙外 30cm 处, 后装控制室;
- F: 顶棚上方 30cm 处, 停车场;
- g': 防护门外 30cm 处, 准备间;
- H<sub>3</sub>: 西北侧放疗科叠加位置, 患者走廊。

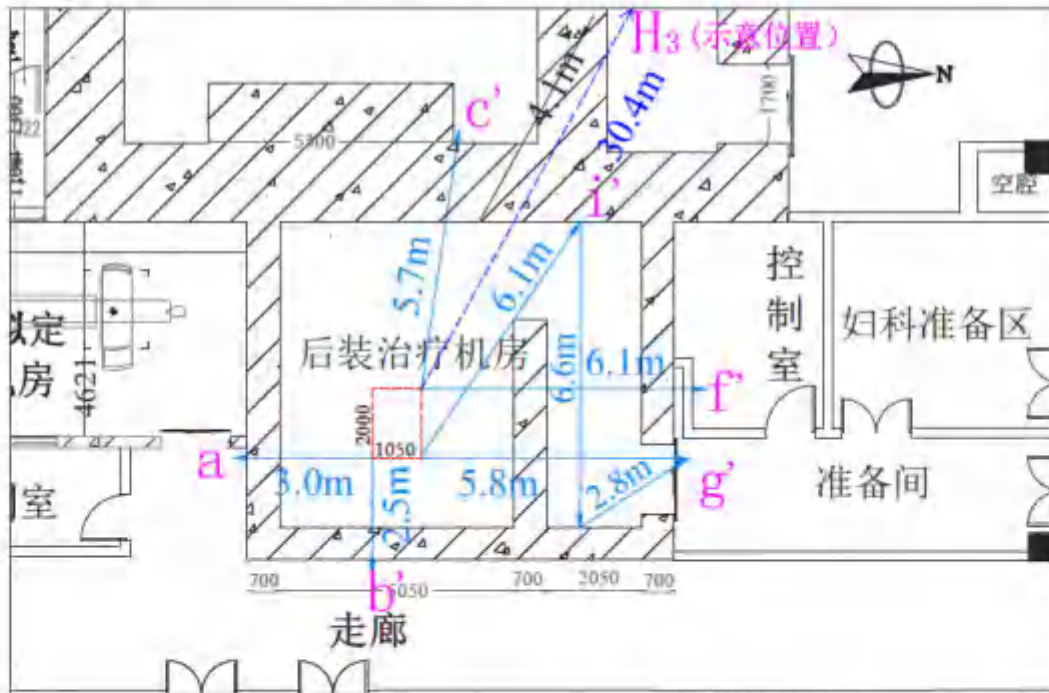


图 10.5-5 后装治疗机房平面关注点示意图

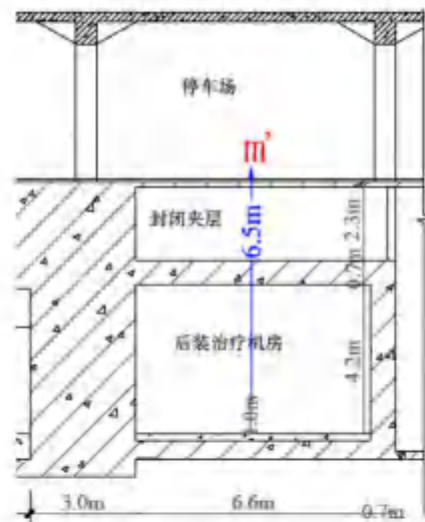


图 10.5-6 后装治疗机房剖面关注点示意图

### (3) 后装治疗机房外关注点的导出剂量率参考控制水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第3部分：γ射线源放射治疗机房》

(GBZ/T201.3-2014) 中确定治疗机房墙外和防护门外关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 的方法来求得各关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

由《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020), 关注点的导出剂量率控制水平为:

$$\dot{H}_c \leq H_c / (t \times U \times T) \quad (\text{式 } 10.5-17)$$

式中:

$\dot{H}_c$ ——周围剂量当量率参考控制水平, 单位为微希沃特每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

$H_c$ ——周参考剂量控制水平,  $\mu\text{Sv/周}$ ;

$t$ ——设备周最大累积照射的小时数,  $\text{h}$ ;

$U$ ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子;

$T$ ——人员在相应关注点位置的居留因子。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021):

1) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子(可依照附录 A 选取), 由周剂量参考控制水平( $H_c$ )求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

机房外辐射工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ;

机房外非辐射工作人员:  $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 按照关注点人员居留因子的下列不同, 分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ):

人员居留因子  $T > 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ;

人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

各关注点辐射剂量率参考控制水平见表 10.5-14。

表 10.5-14 后装治疗机房各关注点辐射剂量率参考控制水平

关注点	点位描述	$H_c$ ( $\mu\text{Sv/周}$ )	$t$ (h)	使用因子	居留因子	计算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$\dot{H}_{c,max}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	最终取值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
a'	南墙外 30cm 处, 走廊	5	8.3	1	1/5	3.0	10	3.0
b'	东墙外 30cm 处, 走廊	5	8.3	1	1/5	3.0	10	3.0

c'	西墙外 30cm 处， 直线加速器机房 1	5	8.3	1	1/2	1.2	10	1.2
f'	迷路外墙外 30cm 处，后装控制室	100	8.3	1	1	12.0	2.5	2.5
l'	顶棚上方 30cm 处， 停车场	5	8.3	1	1/40	24.1	10	10.0
g'	防护门外 30cm 处， 准备间	5	8.3	1	1/8	4.8	10	4.8
H <sub>3</sub>	患者走廊	5	8.3	1	1/5	3.0	10	3.0

#### (4) 初级辐射的影响预测

在给定屏蔽物质厚度  $X(\text{mm})$  时，按式 10.5-18 计算有效厚度  $X_e(\text{mm})$ ，按式 10.5-19 计算屏蔽物质的屏蔽透射因子  $B$ ，再按式 10.5-20 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

$$X_e = X \cdot \sec\theta \quad (\text{式 10.5-18})$$

式中：

$X_e$ ——有效屏蔽厚度，cm；

$X$ ——屏蔽厚度，cm；

$\theta$ ——斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的法线的夹角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 10.5-19})$$

式中：

$B$ ——辐射屏蔽透射因子；

$X_e$ ——有效屏蔽厚度，mm；

$TVL$ ——辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚，mm；

$TVL_1$ ——辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度，mm，当未指明  $TVL_1$  时， $TVL_1 = TVL$ ，对于  $^{192}\text{Ir}$ ， $TVL_1 = TVL = 15.2\text{cm}$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 10.5-20})$$

式中：

$\dot{H}$ ——关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——活度为  $A$  的放射源在距其 1m 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$ ——辐射源至关注点的距离，m；

$f$ ——对有用线束为 1。

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_\gamma \quad (\text{式 10.5-21})$$

式中:

$A$ ——放射源的活度, MBq;

$K_\gamma$ ——放射源的空气比释动能率常数,  $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ;

由式 10.5-21 可计算  $\dot{H}_0 = 5.55 \times 10^5 \times 0.111 = 6.16 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 。

后装治疗机房外关注点初级辐射剂量率计算参数和结果见下表。

表 10.5-15 后装治疗机房外关注点初级辐射剂量率的预测结果

关注点	点位描述	$f$	混凝土有效厚度 (m)	TVL <sub>1</sub> (cm)	B	R (m)	$\dot{H}_0$ 预测值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
a'	南墙外 30cm 处, 走廊	1	0.70	15.2	2.48E-05	3.0	1.70E-01
b'	东墙外 30cm 处, 走廊	1	0.70	15.2	2.48E-05	2.5	2.44E-01
c'	西墙外 30cm 处, 直线加速器机房 1	1	1.70	15.2	6.54E-12	5.8	1.20E-08
f'	迷路外墙外 30cm 处, 后装控制室	1	0.70	15.2	2.48E-05	6.1	4.11E-02
l'	顶棚上方 30cm 处, 停车场	1	0.70	15.2	2.48E-05	6.5	3.62E-02
g'	防护门外 30cm 处, 准备间	1	0.70	15.2	2.48E-05	5.8	4.54E-02
H <sub>3</sub>	患者走廊	1	4.10	15.2	1.06E-27	30.4	7.07E-26

### (5) 迷路口散射辐射的影响预测

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分:  $\gamma$  射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014) 中对后装治疗机房迷路口散射辐射屏蔽计算方法, 迷路入口处的散射辐射剂量率采用下式计算, 计算参数和结果见表 10.5-16。

$$\dot{H} = \frac{A K_\gamma S_w \alpha_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad (\text{式 10.5-22})$$

式中:

$A$ ——放射源的活度, MBq;

$K_\gamma$ ——放射源的空气比释动能率常数,  $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ ;

$S_w$ ——迷路内口墙的散射面积, 其为放射源和机房迷路外入口共同可见的墙区面积,  $\text{m}^2$ ;

$\alpha_w$ ——散射体的散射因子,查 GBZ/T 201.3-2014 表 C.4,45°入射 0°散射时取 3.39E-2,0°入射 45°散射时取 1.58E-2。

$R_1$ ——辐射源至散射体中心点的距离, m;

$R_2$ ——散射体至计算点的距离, m。

表 10.5-16 未经防护门屏蔽的迷路口 (g'点)  $\gamma$  射线散射辐射计算参数及结果

参数	A (MBq)	$K_r$ $\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	$S_w$ (m <sup>2</sup> )	$R_1$ (m)	$R_{2\beta}$ (m)	H( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
数值	5.55E+05	0.111	11.3/8.4	6.1	6.6/2.8	0.25

### (6) 防护门外辐射剂量率

经防护门屏蔽后,防护门外的辐射剂量率利用公式 10.5-23 计算。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \times 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{式 } 10.5-23)$$

$X$  ——防护门铅板厚度, mm; 本项目为 10mm;

$TVL$ ——辐射线屏蔽物质中的平衡什值层厚度, mm; 铅取 5.0mm;

$\dot{H}_g$ ——防护门前 g 点的散射剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$\dot{H}_{og}$ ——穿过迷路内墙的泄漏辐射在 g 处的剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

经计算,防护门外的辐射剂量率为  $0.25 \times 10^{-(8/5)} + 4.54 \times 10^{-2} = 5.12 \times 10^{-2} \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### (7) 预测结果及评价

后装治疗机房外的剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较如下表所示。

表 10.5-17 剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

关注点	点位描述	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考控制 水平值 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	是否满足 控制要求
a'	走廊	1.70E-01	3.0	满足
b'	走廊	2.44E-01	3.0	满足
c'	直线加速器机房 1	1.20E-08	1.2	满足
f'	后装控制室	4.11E-02	2.5	满足
l'	停车场	3.62E-02	10.0	满足
g'	准备间	5.12E-02	4.8	满足
H <sub>3</sub>	患者走廊	7.07E-26	3.0	满足

由上表结果可知,本项目后装治疗机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足相应的剂量率参考控制水平的要求。

### (8) 穿墙孔洞屏蔽效果分析

后装治疗机房穿墙孔洞主要为排风管道穿墙。

本项目 5 间加速器机房通排风管道穿墙位置均位于迷路入口防护门上方, 该点处辐射剂量保守考虑为机房迷路入口 (即关注点  $g_1$  至  $g_5$ ) 未经防护门屏蔽情况下的辐射剂量率, 经前述表 10.5-5 和表 10.5-9 的计算结果, 该点漏射和散射辐射剂量率合计为  $23.2\mu\text{Sv/h}$ 。  $A_1$  和  $A_2$  均保守取风管截面积, 为  $0.16\text{m}^2$ 。  $d_1$ 、 $d_{r1}$ 、 $d_{r2}$  分别为  $0.655\text{m}$ 、 $2.1\text{m}$ 、 $0.5\text{m}$ , 计算得通排风管线穿墙孔洞外辐射剂量为  $1.50 \times 10^{-4}\mu\text{Sv/h}$ , 穿墙位置位于防护门外, 距地  $3.1$  米处, 人员不可到达, 满足相应的剂量率控制水平。

### (9) 工作人员年有效剂量估算

根据后装治疗工作流程可知, 辐射工作人员需要进入后装治疗机房内协助患者进行摆位, 退出机房后在控制室操作设备, 人员受照考虑这两个环节的贡献。

辐射工作人员进入治疗室之前, 必须确保放射源处于后装机的贮源器中, 并穿戴防护用品、佩戴个人剂量报警仪进入机房, 与工作贮源器的平均距离按  $1\text{m}$  考虑。参考《后装  $\gamma$  源近距离治疗质量控制检测规范》(WS262-2017) 提到“工作贮源器内装载最大容许活度时, 距离贮源器表面  $100\text{cm}$  处的球面上, 任何一点的泄漏辐射所致周围剂量当量率应不大于  $5\mu\text{Sv/h}$ ”, 以该泄漏辐射的剂量率限值作为辐射工作人员工作位的最大辐射剂量率进行计算, 辐射工作人员协助患者摆位时间按  $5\text{min}$  计, 则年受照时间为  $203.3\text{h}$ , 可算得辐射工作人员全年摆位过程所受的附加剂量为  $1.04\text{mSv/a}$ 。

辐射工作人员在控制室操作设备, 以  $r$  控制室操作位辐射剂量率 ( $4.11 \times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ) 进行计算, 后装治疗机年出束时间为  $415\text{h}$ , 则辐射工作人员全年在控制室操作所受的附加剂量为:  $0.02\text{mSv/a}$ 。

辐射工作人员因辅助摆位所致附加剂量和控制室操作设备所致附加剂量叠加影响为  $1.06\text{mSv/a}$ , 满足本项目提出的职业照射剂量约束值不大于  $5\text{mSv/a}$  的要求。

### (10) 公众年有效剂量估算

本项目后装治疗机房外关注点处公众年有效剂量计算参数和计算结果见下表。

表 10.5-18 公众年有效剂量计算参数及结果

点位描述	关注点处剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	U	t (h/a)	T	年有效剂量 (mSv)
南墙外 30cm 处, 走廊	1.70E-01	1	415	1/5	1.41E-02
东墙外 30cm 处, 走廊	2.44E-01	1		1/5	2.03E-02

西墙外 30cm 处, 直线加速器机房 1	1.20E-08	1		1/2	2.49E-09
顶棚上方 30cm 处, 停车场	3.62E-02	1		1/40	3.76E-04
防护门外 30cm 处, 准备间	5.28E-02	1		1/8	2.74E-03
患者走廊	7.07E-26	1		1/5	5.87E-27

以上结论是基于 1 台后装治疗机对人员的辐射影响, 本项目运行后, 放疗科存在多台放疗设备, 多台设备对环境保护目标的叠加影响见后文“10.5.2.4 放疗科对公众受照剂量综合分析”。

### (11) 臭氧环境影响分析

$^{192}\text{Ir}$  放射源使用过程中  $\gamma$  射线所致臭氧浓度参考《辐射防护手册》(第三分册)P62-63 中公式进行计算, 计算公式见式 10.5-24 至式 10.5-26:

$$Q_0 = 2.28 \times 10^{-4} \times A \times G \times V^{1/3} \quad (\text{式 10.5-24})$$

式中:

$Q_0$ ——臭氧的辐射化学产额, mg/h;

$A$ ——放射源的活度, Ci, 本项目  $^{192}\text{Ir}$  放射源总活度为 15Ci。

$G$ ——空气每吸收 100eV 辐射能量所产生的臭氧分子数, 保守取 6;

$V$ ——辐照室体积,  $\text{m}^3$ , 本项目后装机机房体积为  $147.9\text{m}^3$ 。由式 10.5-24 计算后装机机房臭氧的产额为  $0.14\text{mg/h}$ 。室内臭氧浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \times T / V \quad (\text{式 10.5-25})$$

式中:

$C$ ——室内臭氧浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$T$ ——臭氧有效清除时间, h, 计算方法见式 10.5-26, 计算得  $T=0.20\text{h}$ ;

$V$ ——治疗室内空间体积, 本项目为  $147.9\text{m}^3$ ;

$$T = tv \times ta / (tv + ta) \quad (\text{式 10.5-26})$$

式中:

$tv$ ——换气一次所需时间, h, 本项目为 4.9 次/h, 则换气一次需时约为 0.16h;

$ta$ ——臭氧分解时间, h, 为 0.83h。

由式 10.5-25 计算后装机机房内臭氧的浓度为  $1.51 \times 10^{-4}\text{mg}/\text{m}^3$ 。

小结: 后装机机房内最大臭氧浓度为  $1.51 \times 10^{-4}\text{mg}/\text{m}^3$ , 均小于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)及第 1 号修改单(国卫通(2022)

14号)规定机房内的臭氧浓度不大于 $0.30\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求。因此,产生的臭氧对环境影响较小。

#### (12) 更换放射源过程中的环境影响分析

本项目后装治疗机使用1枚放射源 $^{192}\text{Ir}$ ,其半衰期为74天,一般一年换源2次(即半年换1次),产生2枚废旧放射源,根据放射源的衰变规律,即 $N=N_0 \times e^{-\lambda t}$ , $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ 计算报废时候的活度, $^{192}\text{Ir}$ 初始活度为 $5.55 \times 10^{11}\text{Bq}$ ,算得报废后活度衰变为 $1.03 \times 10^{11}\text{Bq}$ 。更换放射源之前院方将先到当地生态环境主管部门进行备案,待备案完成后再联系厂家进行放射源的更换,由厂家安排换源及换源后的整机调试。贮源容器供运输和使用时贮存放射源,更换放射源时,厂家使用新的贮源容器运输放射源至医院后装治疗机房内,连同贮源容器一起置换,即换源的过程就是贮源容器的置换过程,退役的放射源连同原贮源容器一起运输至设备厂家进行回收处置。更换放射源全程由厂家专业人员按国家相关规定负责操作完成,医院工作人员不直接参与放射源的更换操作,仅监督辅助厂家专业人员按国家相关规定进行更换操作,可满足本项目工作人员剂量约束值的要求。

#### (13) 放射性废物环境影响分析

医院将与供源单位签订废旧放射源返回协议,废旧放射源由供源单位负责回收,不会在医院储存。不存在废旧放射源对周边环境的影响。

### 10.5.2.3 CT 模拟定位机房环境影响分析

#### (1) 工作场所辐射水平分析

根据第10.3.3节的CT模拟定位机机房的辐射防护屏蔽设计的分析结论,机房四面墙体、顶棚、观察窗、防护门、最小有效面积和最小单边长度等防护参数在满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的相关防护设施的技术要求,因此,正常运行条件下,CT模拟定位机机房外周围剂量当量率最大值为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ,可以满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对机房屏蔽体外辐射剂量率限值的要求。

#### (2) 人员受照剂量估算

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中的机房辐射屏蔽要求,在达到标准要求的机房尺寸和屏蔽防护厚度情况下,CT模拟定位机机房外周围剂量当量率最大值为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。本项目机房折算总铅当量满足标准中最低铅当量厚度要求,并合理设计了一定余量,屏蔽厚度比标准最低要求厚 $1.5\text{mmPb}$ 。根据GBZ130附录C式C.1(见式10.3-1)可算得150kV下, $1.5\text{mmPb}$ 的屏蔽透射因子为 $3.21 \times 10^{-3}$ 。根据式10.5-5计

算得设备运行时屏蔽体外辐射剂量率最大值为  $8.04 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。由 **10.1.4 人员配置及工作负荷**可知，CT 模拟定位机年出束时间为 62.5h，根据上述参数核算 CT 模拟定位机对职业人员及公众的年有效剂量。

#### ① 职业人员年有效剂量分析

操作 CT 模拟定位机的工作人员不存在兼岗情况，控制室职业人员居留因子取 1，计算可得 CT 模拟定位机对控制室内职业人员受照剂量最大值为  $8.04 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h} \times 62.5\text{h} \times 1 \times 10^{-3} = 5.0 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于工作人员的年剂量约束值 5mSv/a。

#### ③ 公众年有效剂量分析

分析 CT 模拟定位机房布局可知，机房相邻场所为走廊、核医学科走廊及碘-131 休息室、直线加速器机房 1、计量控制室、设备冷库、维修间和配电间，公众居留因子保守按计量控制室取 1，计算可得 CT 模拟定位机对周围公众受照剂量最大值为  $8.04 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h} \times 62.5\text{h} \times 1 \times 10^{-3} = 5.0 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，低于公众的年剂量约束值 0.1mSv/a。

由此可知，CT 模拟定位机对公众影响较小，不再考虑其对公众的叠加影响。

#### 10.5.2.4 放疗科对公众受照剂量综合分析

由表 10.5-12、表 10.5-18 分析结果可知，5 台加速器对公众的叠加贡献最大值为  $7.77 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。后装治疗机对叠加位置公众影响贡献值为  $5.87 \times 10^{-27} \text{mSv}$ ，综合分析，放疗科对公众年受照剂量叠加值为  $7.70 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）关于公众照射剂量约束值不超过 0.1mSv/a 的要求。

## 10.6 事故影响分析

### 10.6.1 风险识别

#### （1）直线加速器可能发生的辐射事故

加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线、电子束、中子、感生放射性等危害因素，而且最大的事故主要为加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房。

#### （2）后装治疗机可能发生的辐射事故

后装治疗机含有放射源  $^{192}\text{Ir}$ ，额定装机活度为  $5.55 \times 10^{11} \text{Bq}$ ，属于 III 类放射源， $^{192}\text{Ir}$  衰变时会释放  $\gamma$  射线，如无正当防护会造成辐射事故，主要可能发生的事故如下：

① 放射源丢失或被盗，屏蔽罐被打开，对局部环境产生污染，并可能使部分公众受到照射；

- ②外力撞击导致放射源跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射；
- ③后装治疗机使用过程中发生卡源事故，处理过程中对人员造成意外照射。

### **(3) CT 模拟定位机可能发生的辐射事故**

①在给患者做检查时，设备控制键失效，无法停止出束，导致患者受到意外照射。

②X 射线装置联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关紧的情况下出束，对门外人员造成的误照射。

③X 射线装置安全联锁装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射。

## **10.6.2 后果计算**

本项目运行期间的最严重的辐射事故主要是直线加速器和后装治疗机的辐射事故，在事故过程中人员误照射。

### **10.6.2.1 加速器事故的后果计算**

#### **(1) 事故情景假设**

本项目加速器的安装、检修由设备厂家负责，建设单位只负责日常安全使用及管理。由于加速器自身的屏蔽措施以及设备固有的安全联锁装置，设备在正常使用的情况下发生事故的极小，可能发生的辐射事故主要包括：

参与摆位的辐射工作人员还未全部撤出机房，处于加速器照射头射线束 1.5m 处的主射方向，外面人员误启动射线装置，造成有关人员被误照，引发辐射事故。

#### **(2) 剂量估算和事故等级**

在假设事故情景下，10MV 加速器主射线 1m 处剂量率最大为  $1.44 \times 10^9 \mu\text{Gy/h}$ ，误照射的人员没有穿戴防护用品，由于加速器机房内四侧设置急停按钮，误照射时候里面人员可以迅速的按下急停按钮停止出束，通过计算，在以上假设事故情景下，则人员距加速器 1.5m 处受到加速器主射方向 10s 的辐射影响所致的有效剂量为 1.78Sv/次，根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)“单次受照剂量范围在 1.0~2.0Gy 会导致骨髓型轻度急性放射病”。因此，本项目所致辐射事故的危害后果属“放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”，事故等级可能导致“一般辐射事故”。

### **10.6.2.2 后装治疗机事故的后果计算**

#### **(1) 放射源丢失、被盗**

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 449 号)第四十条，

本项目放射源丢失、被盗可造成较大辐射事故。

(2) 放射源脱落或者卡源

本项目  $^{192}\text{Ir}$  额定装源活度为  $5.55 \times 10^5 \text{MBq}$ ，根据上文可知距离放射源 1m 处的剂量率为  $6.16 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$ 。发生放射源脱落或者卡源事故后，必须由设备厂家的专业维修人员进行处理，医院医护人员不负责处理。厂家维修人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪进入后装治疗机房内采取手动回源措施或者是把脱落的放射源先放置在医院配备的屏蔽应急储藏容器，通过长柄镊子或钳子在距离放射源 0.5m 处进行操作，操作时间 5min，该工作人员所受剂量为 20.5mSv。此时，该工作人员所受剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

### 10.6.3 事故应急措施

(1) 射线装置事故发生后，应立即切断电源，后装源事故则要离开机房封锁场所，并通知同工作场所的工作人员离开，通知医院辐射事故应急处理领导小组；

(2) 应急处理领导小组启动应急处理预案，小组讨论确定隔离区，疏散人群，保护好现场。同时，检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查；

(3) 及时报告生态环境主管部门、卫生等行政主管部门；

(4) 配合上级有关部门对现场进行勘查以及环保安全技术处理，检测等工作，查找事故发生原因，进行调查处理和责任追究；

(5) 当发生故障的射线装置和后装治疗机修复后，必须经有资质的放射卫生技术服务机构进行检测合格并报生态环境主管部门、卫生等行政主管部门批准后方可解除应急状态；

(6) 恢复正常的工作秩序，召集相关人员总结事故的经验教训，及时修订相关的管理体系和文件，杜绝同类事故的再次发生。

### 10.6.4 事故防范措施

(1) 制定有自检制度，且严格进行经常性自查，如发现门机连锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志不够完善或失灵，以及防护门出现故障，应立即补充和修复。定期进行门机连锁装置、工作指示灯检查，防止人员误入。

(2) 加强人员培训，制定规范的操作规程并落实。

(3) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作

规范操作，实施照射前控制台工作人员应先观察监控确保机房内摆位工作人员已撤出。

(4) 做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

(5) 医院应联系有维修资质的人员前来对设备进行维护，不得私自拆卸维修射线装置。

## 表 11 介入手术项目环境影响分析

### 11.1 设备和工艺分析

#### 11.1.1 设备组成及工作原理

##### (1) DSA

数字减影血管造影系统（DSA）是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由 X 射线发生系统、C 型支架、接收器、图像显示器、导管床、操作台等系统组成。X 射线发生系统位于接收器正对方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于控制室内；机房内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。典型单管头 DSA 射线装置整体外观示意图如图 11.1-1 所示。

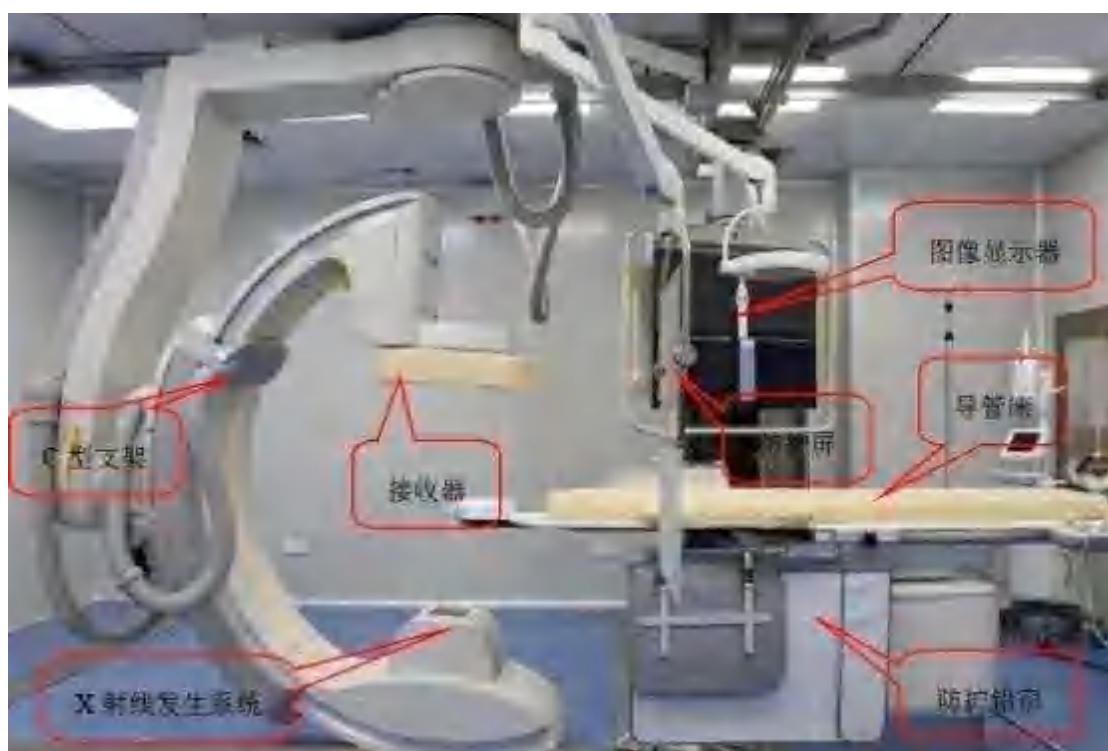


图 11.1-1 典型单管头 DSA 射线装置整体外观示意图

双管头 DSA 具有高分辨率、高精度、全功能的数字成像、减影系统。它同时具有两项特殊功能：一是旋转三维血管立体成像功能(3D DSA 技术)；二是下肢血管步进跟踪造影技术。一次完成两个角度造影，减少了造影剂的用量，降低了肾脏损害的风险，同时缩短了造影时间，提高了病变检出率，使许多高风险、高难度的介入手术能更有效、更顺利地展开。

双管头 DSA 基本设备包括 2 个 X 射线发射系统、2 个 C 型支架、2 个平板图像接

收器、图像显示器、检查床和控制台等组成。每个 X 射线发生系统均位于平板图像接收器正对方向；控制台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于控制室内；机房内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。其整体外观示意图如图 11.1-2 所示。

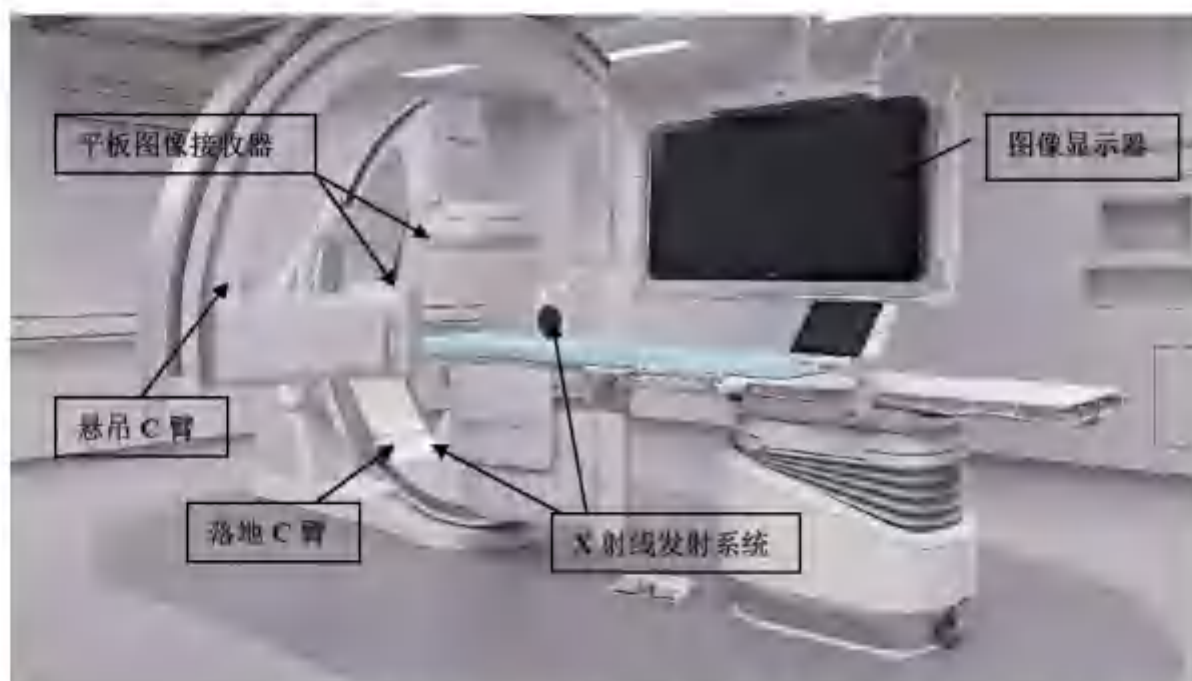


图 11.1-2 双管头 DSA 射线装置整体外观示意图

## (2) ERCP

内镜逆行胰胆管造影术（ERCP）是指将十二指肠镜插至十二指肠降部，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。由于 ERCP 不用开刀，创伤小，手术时间短，住院时间也大大缩短。在 ERCP 的基础上，可以进行十二指肠乳头括约肌切开手术、内镜下放置鼻胆引流管治疗急性化脓性梗阻性胆管炎、行胆管支架引流术、胆总管结石取石术等介入治疗。ERCP 射线装置主要由 X 射线发生系统、C 型支架、接收器、图像显示器、检查床、操作台等系统组成。X 射线发生系统位于接收器正对方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于控制室内。

### 11.1.2 工作原理

本项目拟使用的 DSA 和 ERCP 专用 X 射线机均是利用 X 射线进行摄影或透视辅助诊疗的射线装置，通常有用线束直接照向患者，并被影像接收器及其支撑结构阻挡。产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸

发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 11.1-3。

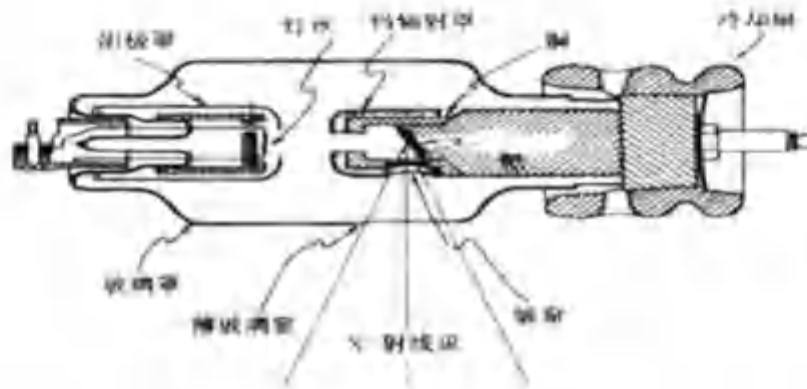


图 11.1-3 典型 X 射线管结构图

虽然不同用途的 X 射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊疗需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

本项目拟在 DSA/CT 复合手术室 (OR.21) 中安装使用的 1 台 DSA 和 1 台滑轨 CT，滑轨 CT 可在手术室内移动使用，2 台设备设计使用同一套兼容操作系统，即共用 1 个操作台对 2 台设备进行控制，两台设备不能在 DSA/CT 复合手术室同时出束。滑轨 CT 属于 III 类射线装置，在放射诊断项目中进行具体分析。

### 11.1.3 操作流程及产污环节

#### (1) 单一 DSA 操作流程

##### ① 操作流程:

a) 病人候诊、准备、检查: 由主管医生写介入诊疗申请单; 医生检查是否有介入诊疗的适应症, 在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间;

b) 向病人告知可能受到的辐射危害: 医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等;

c) 设置参数, 病人进入机房、摆位: 根据不同手术及检查方案, 设置 DSA 系统的相关技术参数, 以及其他监护仪器的设定; 引导病人进入机房并进行摆位;

d) 根据不同的治疗方案, 医生及护士密切配合, 完成介入手术或检查, 分为以下

两种情况：

第一种情况，摄影模式，医生、护士和技师均采用隔室操作的方式，医生、护士通过铅玻璃观察窗观察机房内患者情况，并通过对讲系统与患者交流，技师在控制室隔室操作设备。

第二种情况，透视模式，为更清楚地了解患者情况会连续曝光，此时，医生在机房内，身着个人防护用品位于床侧的铅帘后对患者进行近台操作，护士承担同室传递医疗器械及辅助医生手术的工作，也承担隔室记录手术情况的工作，同室操作时，身着个人防护用品位于铅帘/铅屏远台辅助，技师全程隔室在控制室操作设备。

e) 治疗完毕关机：医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的病人。诊断报告由病人家属取回交病房病历保管。

## ②产污环节分析

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字成像技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 介入手术操作流程及产污环节如图 11.1-4 所示。

### (2) 复合手术操作流程

复合手术在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过 MRI 诊断、CT 诊断、DSA 摄影、DSA 透视分多次才能完成，而在复合手术室中，医生可以将其结合起来，发挥各自优势。原本需要多次才能完成的手术，现在在一次手术中就能完成，避免患者在常规手术室、介入手术室或者是影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和安全性。

本项目复合手术的开展流程如下：

①医护人员完成术前准备，将患者推入 DSA/CT 或 DSA/MRI 复合手术室，打 1 次造影剂，利用 DSA 设备进行摄影，在显示器中观察正位、侧位图像。

②医护人员身着铅服在复合手术室内位于铅悬挂防护屏/铅防护吊帘后进行介入手术。

③需要 MRI 扫描时，由技师打开 MRI 机房和 DSA/MRI 复合手术室之间的电动防护门，将患者移入 MRI 机房进行扫描，扫描结束后返回 DSA/MRI 复合手术室继续开展介入治疗。MRI 扫描过程不会产生电离辐射影响。

④若 DSA 和 CT 安装在同一手术室内，需要 CT 曝光时，由技师操作滑轨 CT，将 CT 移动到相应位置，通过系统控制关闭电动防护门，按照 CT 的操作方式进行隔室曝光 CT，

CT和DSA不会同时出束使用；若DSA和CT独立安装在不同的机房内，CT可以独立使用，当复合手术室内的患者需要CT扫描时，由技师打开CT机房和DSA/CT复合手术室之间的电动防护门，将患者移入CT机房进行扫描，扫描结束后返回DSA/CT复合手术室继续开展介入治疗。

⑤诊断完成后，滑轨CT通过滑轨退回至原位置，患者返回复合手术室，关闭独立两间机房中间的防护门，介入手术人员进入手术室继续开展介入治疗。

## ②产污环节分析

DSA的X射线诊断机曝光时，主要污染因子为X射线、臭氧和氮氧化物。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字成像技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。复合手术流程及产污环节如图11.1-5所示。

### (3) ERCP

经内镜逆行胰胆管造影术(ERCP)的手术流程为：用内镜插入患者口中，通过食管、胃进入十二指肠；充气扩张十二指肠；找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部；注入造影剂后，利用X射线拍片，显示胰胆管，进行胆管支架引流术、胆总管结石取石术等介入治疗。具体的工作流程如下：

- a) 患者进入射线装置机房，在医务人员的安排协助下进行摆位，等待诊断治疗；
- b) 医务人员对患者进行消毒处理，插入内镜；
- c) 设备曝光分为两种情况：

第一种情况，摄影模式，操作人员采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内操作设备对病人进行曝光），医生、护士通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，技师隔室在控制室操作设备。

第二种情况，透视模式，医生需进行胰胆管造影成像时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，此时操作医生在手术室内，身着铅服位于铅悬挂防护屏/铅防护帘后，注射造影剂对病人进行胰胆管造影成像。进行经内镜逆行胰胆管造影手术时，由于内镜管较长，医护人员可以在距离患者较远的位置进行介入手术。护士根据手术的需求，在手术室内协助医生或在控制室进行手术记录。技师在控制室通过电脑软件隔室操作设备。医生和护士的操作方式属于同室近台操作，技师属于隔室操作。

设备曝光过程会产生X射线，对环境造成影响。

- d) 医生利用胰胆管造影图像进行胆管支架引流术、胆总管结石取石术等介入手术；
- e) 治疗结束后，患者离开射线装置机房。

产污环节分析：ERCP 专用 X 射线机在开机出束状态下产生的主要污染因子为 X 射线、臭氧和氮氧化物。ERCP 手术流程及产污环节如图 11.1-6 所示。

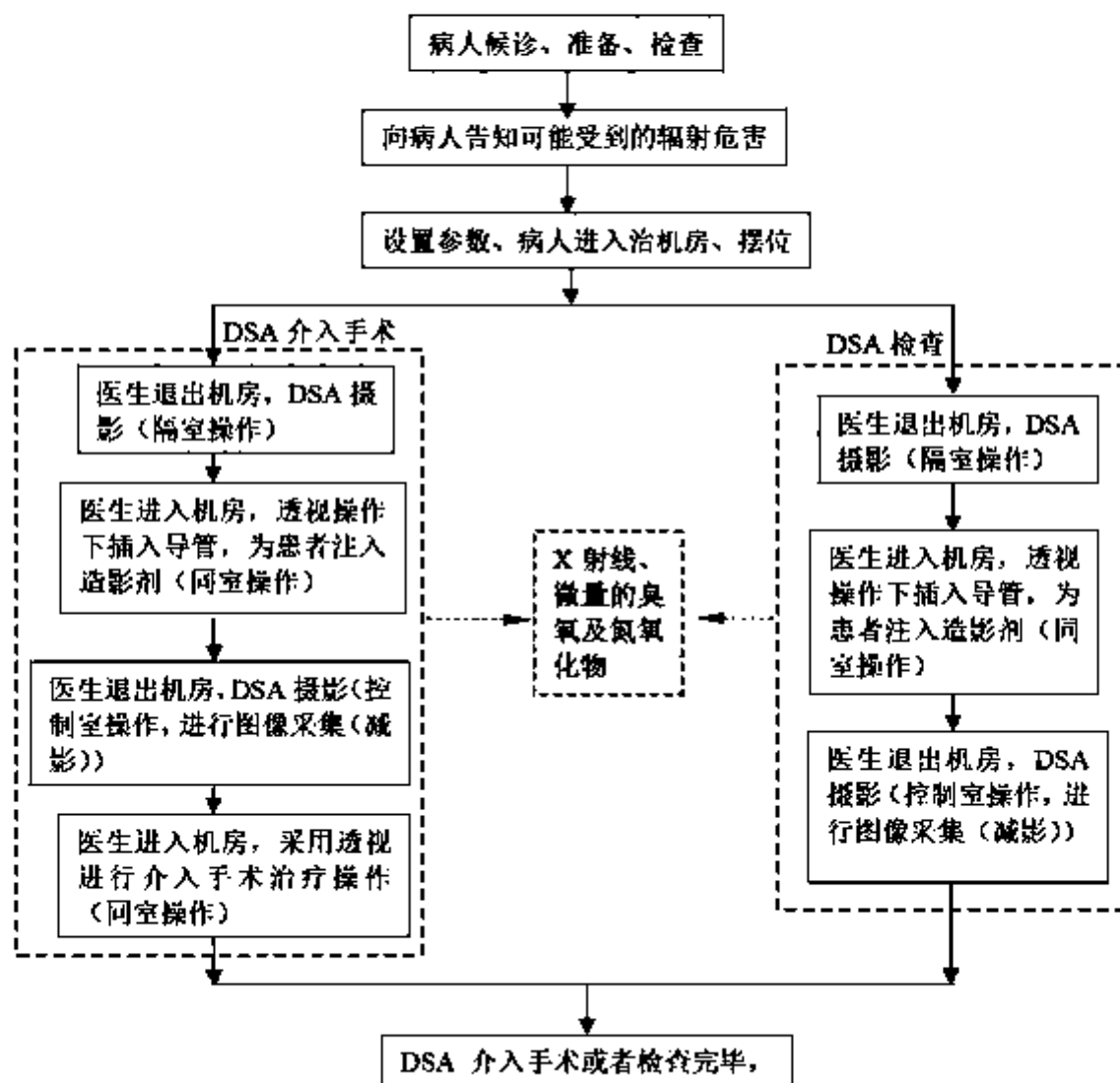


图11.1-4 DSA操作流程及产污环节示意图

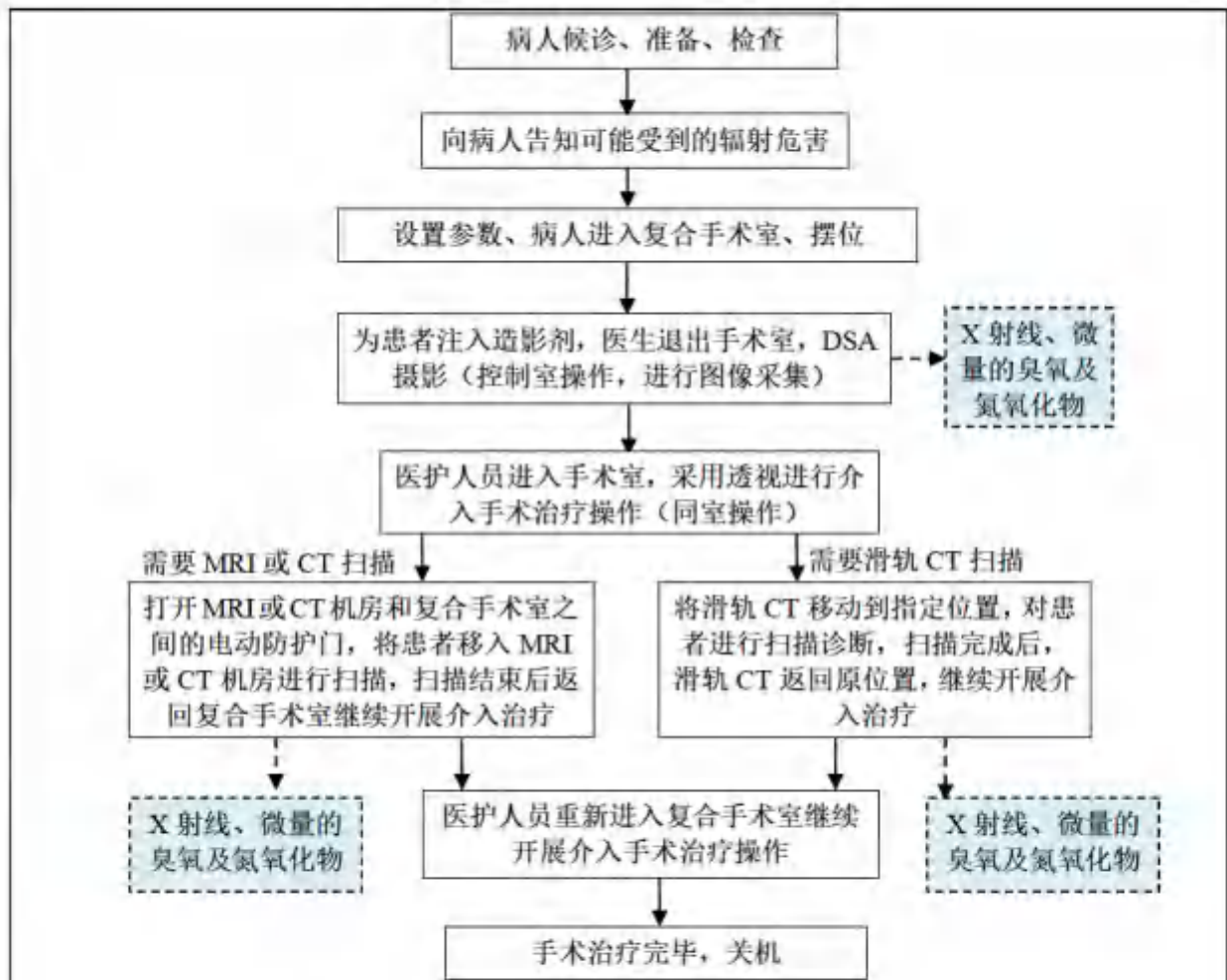


图11.1-5 复合手术操作流程及产污环节示意图

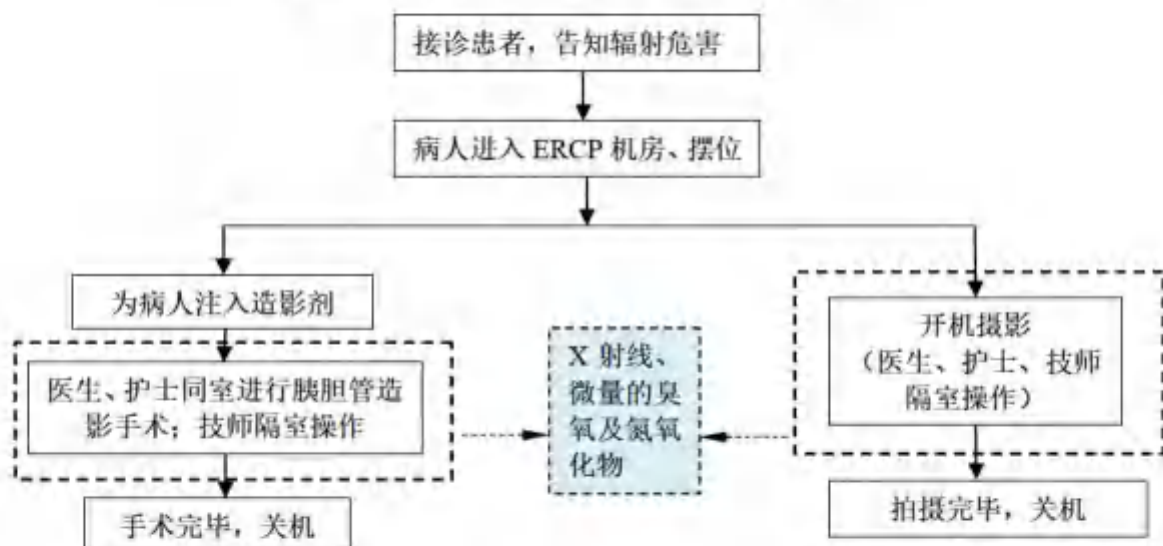


图11.1-6 ERCP手术流程及产污环节示意图

#### 11.1.4 出束时间

本项目建成正常运行后预计每间介入手术机房平均年开展手术量为 1000 台，本项

目手术量计划及射线装置出束时间见表 11.1-1。

表 11.1-1 本项目每台设备手术量计划及射线装置出束时间

机房	射线装置	年手术量 (台)	工作状态	平均每台手术最长 出束时间 (min)	年累计出束时 间 (h)
DSA 介入室 1	DSA	1000	摄影	1	16.7
			透视	15	250
DSA 介入室 2-4	DSA	1000	摄影	1	16.7
			透视	20	333.3
DSA/CT 复合手术 室 (OR.20)	DSA	1000	摄影	1	16.7
			透视	20	333.3
每间 CT 室	CT	37500	摄影	0.33	208.3
DSA/CT 复合手术 室 (OR.21)	DSA	1000	摄影	1	16.7
			透视	20	333.3
	滑轨 CT	1000	摄影	0.33	5.5
DSA/MRI 复合手术 室 (OR.22)、DSA 手术室 (OR.26-27)	DSA	1000	摄影	1	16.7
			透视	20	333.3
ERCP 机房	ERCP 专 用 X 射线 机	1000	摄影	1	16.7
			透视	8	133.3

### 11.1.5 人员配置

根据《放射诊疗管理规定》，拟设置医生、护士和技师三个岗位，岗位工作人员配置数量如下：本项目投入使用后，医院拟为每间 DSA 机房至少配备 6 名医生、2 名护士和 2 名技师，共 90 名辐射工作人员参与手术室的工作；拟为每间 ERCP 机房至少配备 4 名医生、2 名护士和 2 名技师，共 8 名辐射工作人员参与手术室的工作；拟为 CT 室 1 配备 1 名技师。以上辐射工作人员根据实际情况从总院进行调配或新增。介入手术室医生的同室时间为透视模式总时间，护士的同室时间为透视模式总时间的 1/3（协助医生进行手术），技师只需负责隔室操作。本项目劳动定员情况见表 11.1-2。

表 11.1-2 本项目每间机房拟设置的劳动定员及工作制度计划表

机房	岗位	人员数 量	单人每年 最大手术 台数	出束 模式	操作方式	平均每台手 术曝光时间 (min)	单名辐射工 作人员年受 照时间 (h)	工作制 度
DSA 介 入室 1	医生	6 人	200	摄影	隔室操作	1.0	3.33	8h/d, 5d/week
				透视	同室操作	15.0	50	
	护士	2 人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	

机房	岗位	人员数量	单人每年最大手术台数	出束模式	操作方式	平均每台手术曝光时间 (min)	单名辐射工作人员年照射时间 (h)	工作制度
				透视	隔室操作	2/3×15	166.7	
					同室操作	1/3×15	83.3	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
					透视	隔室操作	15.0	
DSA介入室 2~4	医生	6人	200	摄影	隔室操作	1.0	3.33	
					透视	同室操作	20.0	66.7
	护士	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
					透视	隔室操作	2/3×20	222.2
				同室操作		1/3×20	111.1	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
透视					隔室操作	20.0	333.3	
DSA/CT复合 手术室 (OR.20)	医生	6人	200	摄影	隔室操作	1.0	3.33	
					透视	同室操作	20.0	66.7
	护士	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
					透视	隔室操作	2/3×20	222.2
				同室操作		1/3×20	111.1	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
透视					隔室操作	20.0	333.3	
DSA/CT复合 手术室 (OR.21)	医生	6人	200	摄影	隔室操作	1.0	3.33	
					透视	同室操作	20.0	66.7
	护士	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
					透视	隔室操作	2/3×20	222.2
				同室操作		1/3×20	111.1	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
透视					隔室操作	20.0	333.3	
			滑轨CT摄影	隔室操作	0.33	5.5		
DSA/MRI复合 手术室 (OR.22)、 DSA手	医生	6人	200	摄影	隔室操作	1.0	3.33	
					透视	同室操作	20.0	66.7
	护士	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
					透视	隔室操作	2/3×20	222.2

机房	岗位	人员数量	单人每年最大手术台数	出束模式	操作方式	平均每台手术曝光时间 (min)	单名辐射工作人员年照射时间 (h)	工作制度
术室 (OR.2 6-27)					同室操作	1/3×20	111.1	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
				透视	隔室操作	20.0	333.3	
ERCP 机房	医生	4人	300	摄影	隔室操作	1.0	5	
				透视	同室操作	8.0	40	
	护士	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
				透视	隔室操作	2/3×8	88.9	
					同室操作	1/3×8	44.4	
	技师	2人	1000	摄影	隔室操作	1.0	16.7	
透视				隔室操作	8.0	133.3		
每间 CT 室	技师	1人	37500	摄影	隔室操作	0.33	208.3	

## 11.2 介入手术项目污染源项分析

X射线装置在辐射场中产生的射线通常分为两类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由X射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

表 11.2-1 介入手术项目设备的参数一览表

设备	运行模式	距靶 1m 处空气中的空气比释动能 (mGy/mAs)	运行管电压 (kV)	运行管电流 (mA)	距靶 1m 处的最大剂量率 (μGy/h)
DSA	摄影	0.090	100	500	1.62E+08
	透视	0.075	90	15	4.05E+06
ERCP 专用 X 射线机	摄影	0.140	120	200	1.01E+08
	透视	0.090	100	7	2.27E+06
CT	摄影	/	150	1300	/

注：1、根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)，介入设备等效总滤过不小于 2.5mmAl，本项目新增 DSA 设备和 ERCP 专用 X 射线机拟从正规生产厂家购置，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守系数。

2、根据设备的运行管电压，读《辐射防护手册》(第三分册) P58 图 3.1 (见图 11-1)，可以查得，90kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs，100kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.090mGy/mAs，125kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.140mGy/mAs，按式 11-1 计算距靶 1m 处的最大剂量率。

### 11.2.1 正常工况

①DSA、ERCP 专用 X 射线机、CT 在摄影模式下运行时为隔室操作，操作医师在

控制室内操作设备对病人进行曝光，医生、护士通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，设备安全和防护硬件及措施到位，射线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

②DSA 和 ERCP 专用 X 射线机采取同室操作在透视模式下进行介入手术治疗时，机房内进行手术操作的医护人员会受到一定程度的 X 射线外照射。

本项目射线装置运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片等感光材料废物。X射线装置运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

### 11.2.2 事故工况

①设备安装调试阶段，可能由于设备参数设置不当、误操作、设备尚未具备正常运行的条件，或者人员未进行恰当的防护造成在场人员受到过量照射。

②射线装置投入运行后，由于射线装置设备故障、操作不当、辐射工作人员没有穿戴防护用品等情况下，辐射工作人员可能受到超剂量的 X 射线照射。

③门灯联动装置和闭门装置出现故障，在防护门没有关闭的情况下出束，或射线装置工作时无关人员打开防护门误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

④机房内无关人员未全部撤出机房，控制室人员操作失误启动射线装置，造成人员误照射。

## 11.3 介入手术项目设施安全与防护分析

### 11.3.1 工作场所布局分析及分区情况

#### (1) 工作场所布局分析

本项目拟在医技楼南区一层介入中心建设 4 间 DSA 介入室和 1 间 CT 室、在四层手术中心建设 2 间 DSA/CT 复合手术室、1 间 DSA/MRI 复合手术室、2 间 DSA 手术室和 1 间 CT 室，在医技楼南区二层内镜中心建设 1 间 ERCP 机房。工作场所布局见图 11.3-1 和图 11.3-2。

介入手术项目机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见表 11.3-1。

表 11.3-1 机房布局与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 要求	设置情况	评价	
机房布局	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的布局要求	所有设备均设有单独机房, 机房有效使用面积及最小单边长均满足设备的布局要求	满足	
	X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全	所有机房相邻区域均没有产科、儿科等敏感科室, 机房均采取了相应的屏蔽防护措施, 考虑了邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全	满足	
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置, 应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目新增设备 X 射线发生系统位于接收器正对方向, 一般情况下有用线束直接照射患者, 并被影像接收器及其支撑结构阻挡, 不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	满足	
机房尺寸	DSA(双球管)机房: 最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长度不小于 4.5m	介入中心	DSA 介入室 1: 8.2m×6.0m=49.2m <sup>2</sup>	满足
	DSA(单球管)机房: 最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 3.5m		DSA 介入室 2: 8.2m×6.0m=49.2m <sup>2</sup>	满足
			DSA 介入室 3: 8.2m×6.0m=49.2m <sup>2</sup>	满足
			DSA 介入室 4: 7.2m×5.7m=41.0m <sup>2</sup>	满足
	CT 机房: 最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 4.5m	CT 室: 7.1m×5.5m=39.0m <sup>2</sup>	满足	
	DSA(单球管)机房: 最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 3.5m; CT 机房: 最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 4.5m	手术中心	DSA/CT 复合手术室(OR.21): 17.5m×6.6m=115.5m <sup>2</sup>	满足
	DSA(单球管)机房: 最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 3.5m;		DSA/CT 复合手术室(OR.20): 10.0m×5.0m=50.0m <sup>2</sup>	满足
			DSA/MRI 复合手术室(OR.22): 7.5m×6.6m=49.5m <sup>2</sup>	满足
			DSA 手术室 I(OR.26): 10.8m×5.4m=58.3m <sup>2</sup>	满足
			DSA 手术室 2(OR.27): 10.2m×5.4m=55.0m <sup>2</sup>	满足
CT 机房: 最小有效使用面积不小于 30m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 4.5m	手术中心 CT 室 1: 6.9m×5.0m=34.5m <sup>2</sup>	满足		
ERCP 机房: 最小有效使用面积不小于 20m <sup>2</sup> , 最小单边长不小于 3.5m	内镜中心	ERCP 机房: 6.8m×5.4m=36.7m <sup>2</sup>	满足	
经表 11.3-1 对照分析可知, DSA 机房、DSA 复合手术室、ERCP 机房和 CT 机房的设置均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 平面布局的要求, 并采取了				

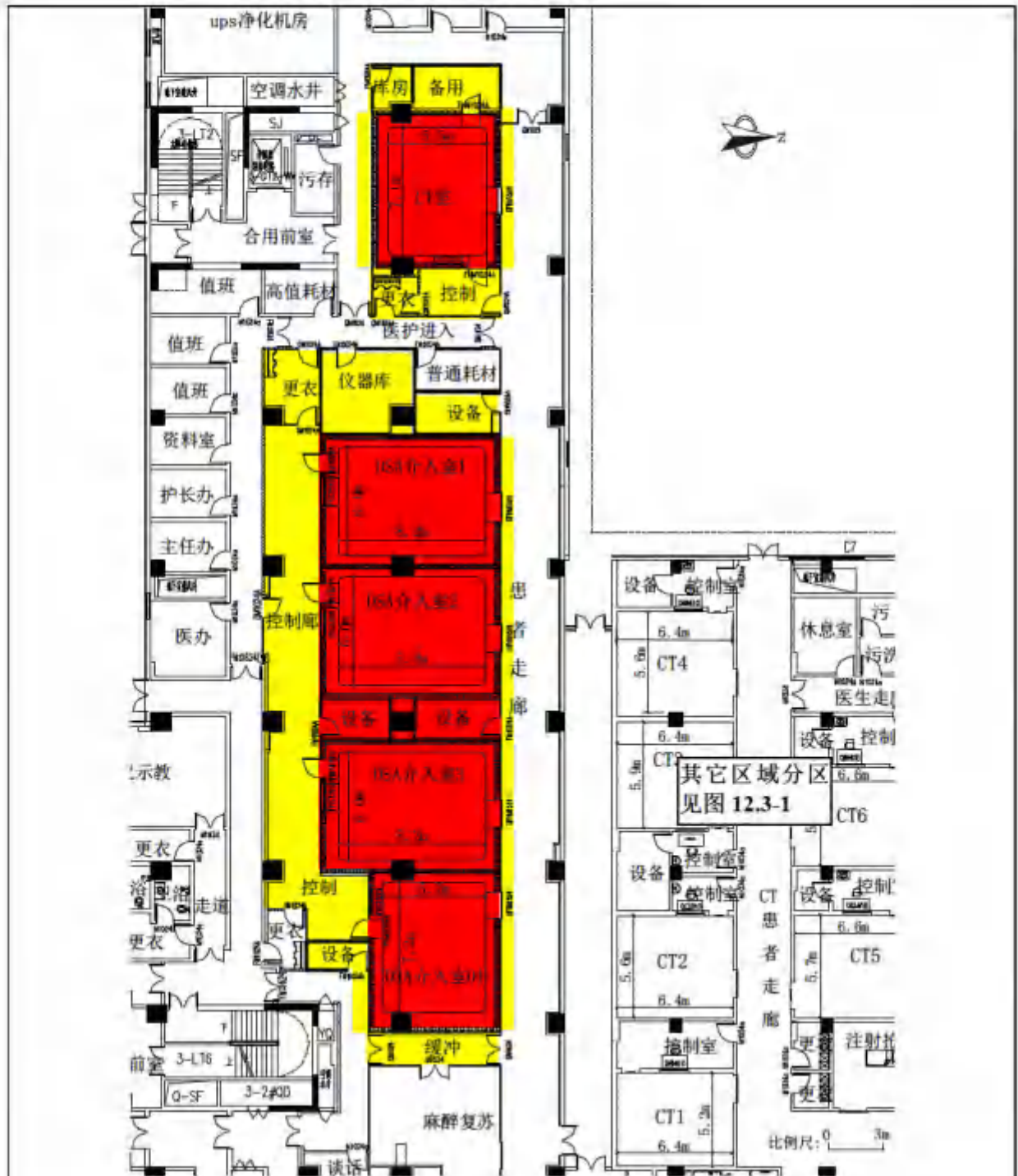
防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且保证相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理。

## (2) 工作场所分区情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等相关标准对控制区和监督区的定义，结合本项目相邻功能房间布置情况及考虑便于管理，将介入手术机房内部区域划为控制区；将与机房相邻的房间或屏蔽体外相邻 30cm 区域划为监督区。

控制区通过实体屏蔽措施、电离辐射警告标志等进行控制管理，在射线装置使用时，除介入治疗的医护人员和患者外，禁止其他人员进入；监督区通过设置表明监督区的标牌、地面警戒线或警示标志线等提醒人员尽量避开该区域或避免在该区域长时间停留，并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查，如果发现异常应立即查找原因、进行整改，整改完成后方可继续使用射线装置。

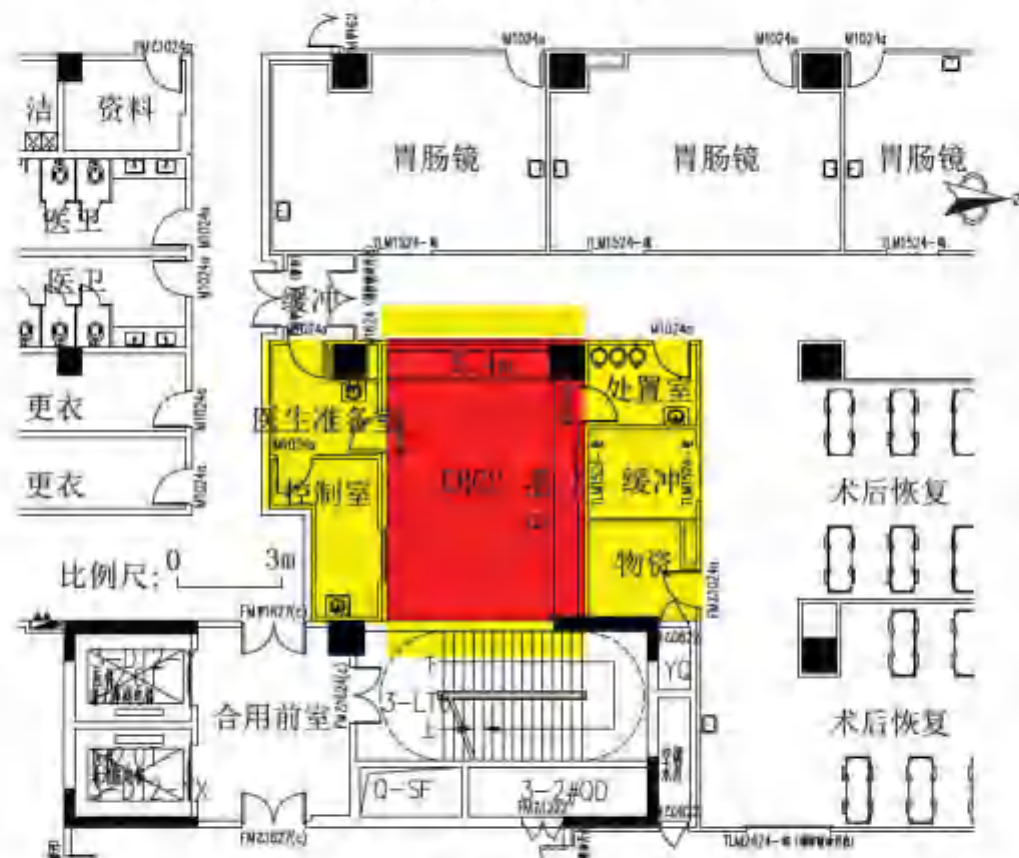
介入手术项目辐射工作场所分区情况见图 11.3-1，红色区域代表控制区，黄色区域代表监督区。



①医技楼南区一层介入中心



②医技楼南区四层手术中心



③医技楼南区二层内镜中心 ERCP 机房

图 11.3-1 介入手术项目辐射工作场所两区划分示意图

### 11.3.2 辐射防护屏蔽设计

依据设计单位提供的机房防护设计方案,将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析,并根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对 X 射线机房屏蔽措施、防护措施,对本项目介入手术机房的屏蔽防护设计方案进行对照分析,结果见表 11.3-3。

参考《放射诊断放射防护要求》附录 C 的 C.1.2 中(式 C.1)及(式 C.2)进行等效铅当量厚度的计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11.3-1})$$

式中:

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子;

$\alpha$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\beta$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

X——屏蔽物质厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 11.3-2})$$

式中:

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度;

$\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子。

屏蔽材料在进行铅当量换算时,保守考虑按照主束方向选取相应的拟合参数进行计算。不同屏蔽材料对不同管电压下的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 11.3-2。

表 11.3-2 铅、混凝土,实心砖对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压(kV)	铅			混凝土			实心砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
90	3.067	18.83	0.7726	0.04228	0.1137	0.469	0.0375	0.082	0.892
100(主束)	2.5	15.28	0.7557	0.03925	0.08567	0.4273	0.0352	0.088	1.149
125(主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
150(主束)	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467	-	-	-

由于《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)标准中没有硫酸钡水泥和150kV管电压条件下对应的砖的拟合参数,硫酸钡水泥和实心砖的铅当量参考《放射防护实用手册》(主编赵兰才张丹枫)P105,见表11.3-3。

表 11.3-3 低能 X 射线屏蔽材料的铅当量

材料和密度	管电压 (kV)	不同铅当量 (mmPb) 的材料厚度 (mm)			
		1	2	3	4
钡水泥 ( $\rho=2.79\text{g/cm}^3$ )	100	8.5	17	25	-
	120	9.5	19	31	-
	150	17	38	65	90
黄砖 ( $\rho=1.60\text{g/cm}^3$ )	150	130	240	340	-

不同管电压条件下不同厚度混凝土、实心砖、硫酸钡的等效铅当量折算情况见表11.3-4。

表 11.3-4 不同管电压下的屏蔽材料铅当量折算结果

屏蔽材料	最大使用电压 kV	屏蔽设计厚度 mm	铅当量折算 mmPb
混凝土	90	250	3.5
		130	1.8
		110	1.5
	100	250	3.9
		130	2.0
		110	1.6
	125	250	3.4
		130	1.5
		110	1.3
	150	250	2.9
		130	1.2
		110	1.0
实心砖	90	240	2.5
	100	240	2.7
	120	240	2.2
	125	240	2.2
	150	240	2.0
硫酸钡水泥	90	20	2
		30	3
		40	4.7
	100	20	2
		30	3

屏蔽材料	最大使用电压 kV	屏蔽设计厚度 mm	铅当量折算 mmPb
		40	4.7
		65	7.5
	120	20	2
		30	2.9
		40	3.7
	150	40	2
65		3	

注：1、100kV 和 125kV 电压下的拟合参数均保守选取主束条件的拟合参数；

2、ERCp 专用 X 射线机摄影模式下最大管电压为 120kV，保守选取主束条件 125kV 管电压下的拟合参数。

3、本项目硫酸钡水泥密度不低于 2.79g/cm<sup>3</sup>，保守选取《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）中 150kV 电压下黄砖对应参数以及不同电压下钡水泥对应参数进行折算，90kV 管电压保守按 100kV 管电压下钡水泥对应参数进行折算，由于 DSA 运行最大管电压不超过 120kV，125kV 管电压按 120kV 管电压下钡水泥对应参数进行折算。

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房屏蔽、防护设计的技术要求，对本评价项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 11.3-5。

表 11.3-5 本项目介入手术项目机房拟采取屏蔽措施分析

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	设备最大管电压下总铅当量 (mmPb)	透视模式最大管电压下总铅当量折算值 (mmPb)	摄影模式最大管电压下总铅当量折算值 (mmPb)	标准要求	是否符合要求
医技楼南区一层介入中心	DSA 介入室 1-4	四周墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.2	4.5	4.7	≥2.0mm Pb	符合
		地板	250mm 混凝土	3.4	3.5	3.9		符合
		顶棚	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.3	3.5	3.6		符合
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	4.0	4.0		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	4.0	4.0		符合
	CT 室	四周墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	4.0	/	/	≥2.5mm Pb	符合
		地板	250mm 混凝土	2.9	/	/		符合
		顶棚	110mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	3.0	/	/		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4.0	/	/		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	/	/		符合
医技楼南区二层内窥镜中	ERCp 机房	四周墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	4.0	7.4	5.9	有用线束方向 ≥3.0mm Pb 非有用	符合
		地板	110mm 混凝土+65mm 硫	4.0	9.1	6.4		符合

心			酸钡水泥				线束方向 ≥2.0mm Pb		
		顶棚	110mm 混凝土+65mm 硫酸钡水泥	4.0	9.1	6.4			符合
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	4.0	4.0			符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	4.0	4.0			符合
医技楼南区四层手术中心	DSA/CT 复合手术室 (OR.20)	四周墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.2	4.5	4.7	≥2.0mm Pb	符合	
		地板	110mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.2	4.5	4.6		符合	
		顶棚	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.5	3.8	4.0		符合	
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	4.0	4.0		符合	
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	4.0	4.0		符合	
	CT 室 1	四周墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	4.0	/	/	≥2.5mm Pb (CT)	符合	
		地板	110mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	3.0	/	/		符合	
		顶棚	250mm 混凝土	2.9	/	/		符合	
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	/	/		符合	
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	/	/		符合	
	DSA/CT 复合手术室 (OR.21)	四周墙体	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	CT: 4.0 DSA: 5.9	DSA: 7.2	DSA: 7.4	≥2.5mm Pb (CT) ≥2.0mm Pb (DSA)	符合	
		地板	110mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	CT: 3.0 DSA: 5.0	DSA: 6.2	DSA: 6.3		符合	
		顶棚	130mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	CT: 3.2 DSA: 5.2	DSA: 6.5	DSA: 6.7		符合	
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	4.0	4.0		符合	
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	4.0	4.0		符合	
	DSA/MRI 复合手术室 (OR.22)、DSA 手术室 (OR.26-OR.27)	四周墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.2	4.5	4.7	≥2.0mm Pb	符合	
		地板	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.2	3.5	3.6		符合	
		顶棚	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.5	3.8	4.0		符合	
		防护门	内衬 4mmPb 铅板	4.0	4.0	4.0		符合	

	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4.0	4.0	4.0		符合
--	-----	-----------	-----	-----	-----	--	----

注：1、DSA 摄影模式下最大管电压为 100kV，透视模式下最大管电压为 90kV，ERCPC 摄影模式下最大管电压为 120kV，透视模式下最大管电压为 100kV；

2、实心砖密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度不小于 2.79g/cm<sup>3</sup>。

由表 11.3-5 可知，项目机房的四面墙体、顶棚、地板、防护门以及观察窗采取了辐射屏蔽措施，其中墙体采用实心砖+硫酸钡水泥的形式，地板和顶棚采用混凝土。本项目射线装置机房充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度符合标准要求，从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目射线装置机房的屏蔽措施设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关防护设施的技术要求。

### 11.3.3 辐射安全防护措施

本项目防护措施设计方案与标准对照分析见表 11.3-6 所示。

表 11.3-6 本项目介入手术项目机房防护措施与标准对照表

标准要求	本项目拟设置情况	评价
6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	每间射线装置机房均拟设置 1 扇观察窗，并在 ERCPC 机房、OR.20-OR.21 手术室、CT 室 1 内分别设监控装置，在控制室通过观察窗和监控装置可以观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	机房内仅放置必备的设备，如诊断床、手术器械台等，不存放与诊断工作无关的杂物。	符合
6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	在每间射线装置机房天花板吊顶处均拟安装吸顶式排风口，采取动力通风，能保持良好的通风。	符合
6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	拟在机房各防护门上各设置 1 个电离辐射警告标志；拟在各机房患者防护门、污物防护门等非医护人员防护门上方设置灯箱，灯箱设置“射线有害，灯亮勿入”警示语句；拟在介入中心、内镜中心和手术中心等候区显著位置张贴放射防护注意事项。	符合
6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。 6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。	每间机房的手动平开门均设置自动闭门装置，使门在打开后能够自动缓慢关闭；电动推拉门设置开关门控制装置和防夹装置；在设备曝光前电动推拉门均由工作人员操控关闭；各机房患者防护门、污物防护门等非医护人员防护门均拟设置门灯联动装置，门开灯灭、门关灯亮；	符合
6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	受检者在候诊区候诊，不在机房内候诊。	符合

同时，在机房内手术床旁和控制室操作台将设置设备急停按钮，一旦发生事故可及时按下急停按钮、停止设备出束。由表 11.3-6 可知，本项目介入手术机房的防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关技术要求。

#### 11.3.4 管线设计及穿墙位置屏蔽补偿

针对本项目新建机房的实际情况，设计单位给出了通用的管线穿墙屏蔽补偿设计方案，将合理布置管线穿墙位置，在地板处设置降板，将电缆管线在降板处布设，避免主射线直接照射管线口，穿墙洞口位置采用与所在墙体相同铅当量的夹铅不锈钢盖板进行覆盖，确保管线穿墙口位置与所在墙体具有相同的屏蔽厚度，满足整个机房屏蔽防护要求。电缆管线穿墙示意图见图 11.3-2。

介入手术机房均设计排风管道，排风口设置于机房内天花处，排风管穿出机房将废气排出室外，出风口根据机房所在位置设置于建筑物边界外或建筑物楼顶，为室外场所，废气可及时扩散到大气环境中，出风口周围均为无人员长时间停留的场所，不会对人员和周围环境产生明显影响。风管穿墙管线拟在穿越墙体位置转弯处设置与所在墙体相同铅当量的铅皮包裹，可以避免射线泄漏，满足机房屏蔽要求。风管穿墙大样图见图 11.3-3。

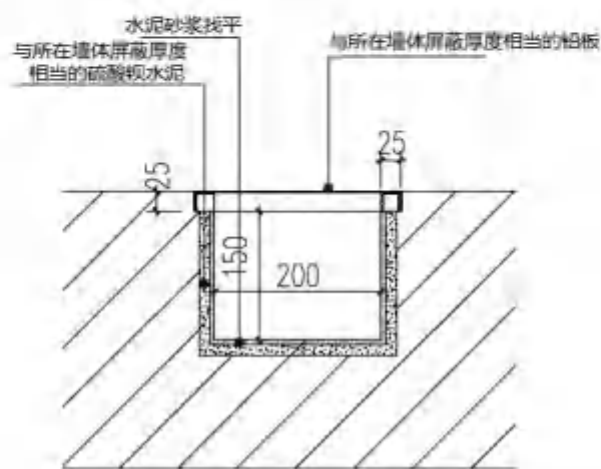


图 11.3-2 电缆管线穿墙示意图

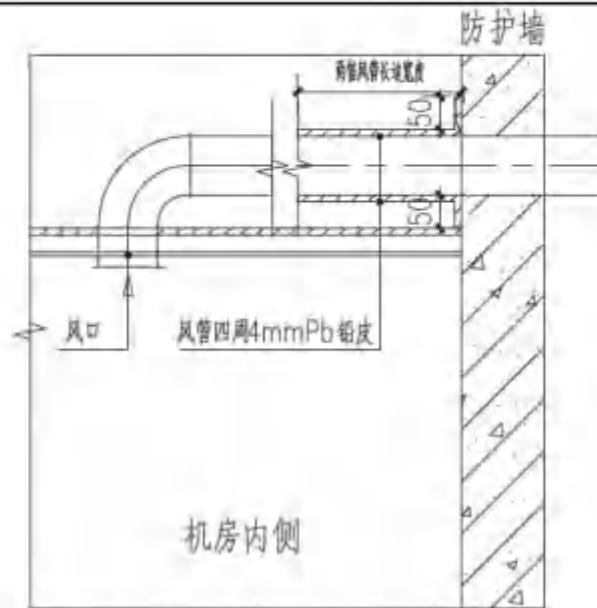


图 11.3-3 风管管线穿墙屏蔽补偿大样图

### 11.3.5 辐射防护用品配备

介入手术项目运行过程中拟配备满足标准和使用要求的个人防护用品，供工作人员、儿童及受检者使用，具体个人防护用品配备情况如表 11.3-7 所示。

表 11.3-7 本项目介入手术项目机房拟配备防护用品情况

机房名称	使用对象		拟配备的防护用品 (mmPb)	标准要求 (mmPb)	评价	来源
每间 DSA 机房	成人受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙 (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.25) 各 1 件；	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾 ( $\geq 0.5$ )、铅橡胶颈套 ( $\geq 0.5$ ) 选配: 铅橡胶帽子 ( $\geq 0.25$ )	符合要求	新增使用
		儿童受检者	儿童铅橡胶方巾 (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.5) 各 1 件	配备保护相应组织和器官的防护用品 ( $\geq 0.5$ )		
	受检者	辅助防护设施	---	---		
	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙* (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.25)、铅防护眼镜 (0.25) 各 4 件；介入防护手套 (0.025) 4 双	铅橡胶围裙 ( $\geq 0.5$ )、铅橡胶颈套 ( $\geq 0.5$ )、铅防护眼镜 ( $\geq 0.25$ )、介入防护手套 ( $\geq 0.025$ ) 选配: 铅橡胶帽子 ( $\geq 0.25$ )	符合要求	
辅助防护设施		铅悬挂防护屏 (0.5)、铅防护吊帘 (0.5)、床侧防护帘 (0.5)、移动铅防护屏风 ( $\geq 2$ ) 各 1 件；	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘 ( $\geq 0.25$ )、床侧防护帘/床侧防护屏 ( $\geq 0.25$ )、移动铅防护屏风 ( $\geq 2$ ) 选配: 移动铅防护屏风 ( $\geq 2$ )			

机房名称	使用对象		拟配备的防护用品 (mmPb)	标准要求 (mmPb)	评价	来源
ERCP 机房	成人受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙 (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.25) 各 1 件;	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾 ( $\geq 0.5$ )、铅橡胶颈套 ( $\geq 0.5$ ) 选配: 铅橡胶帽子 ( $\geq 0.25$ )	符合要求	新增使用
	儿童受检者	个人防护用品	儿童铅橡胶方巾 (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.5) 各 1 件	配备保护相应组织和器官的防护用品 ( $\geq 0.5$ )		
	受检者	辅助防护设施	---	---		
	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙* (0.5)、铅橡胶颈套 (0.5)、铅橡胶帽子 (0.25)、铅防护眼镜 (0.25) 各 3 件; 介入防护手套 (0.025) 4 双	铅橡胶围裙 ( $\geq 0.5$ )、铅橡胶颈套 ( $\geq 0.5$ )、铅防护眼镜 ( $\geq 0.25$ )、介入防护手套 ( $\geq 0.025$ ) 选配: 铅橡胶帽子 ( $\geq 0.25$ )	符合要求	
辅助防护设施		铅悬挂防护屏 (0.5)、铅防护帘 (0.5)、床侧防护帘 (0.5)、移动铅防护屏风 ( $\geq 2$ ) 各 1 件;	铅悬挂防护屏/铅防护帘 ( $\geq 0.25$ )、床侧防护帘/床侧防护屏 ( $\geq 0.25$ )、 ( $\geq 0.25$ )、 选配: 移动铅防护屏风 ( $\geq 2$ )			
CT 室	成人受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护方巾 1 件 (0.5)、铅橡胶颈套 1 件 (0.5)	铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾 ( $\geq 0.5$ )、铅橡胶颈套 ( $\geq 0.5$ ) 选配: 铅橡胶帽子 ( $\geq 0.25$ )	符合要求	新增使用

注: \*铅防护围裙应从颈部至少覆盖到膝部, 整个胸部和肩部身体的前面部位。

医院拟为射线装置机房配备个人防护用品种类满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求, 拟配备个人防护用品数量可满足日常手术操作的需求。个人防护用品应根据监测情况、及时更换。

#### 11.4 介入手术项目放射性三废的治理

本项目介入手术项目在运行过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生, 产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物, 本项目拟在所有机房内设置动力排风装置, 可保证机房内良好的通风效果, 最终排放口位于室外, 正常无人员到达, 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的相关要求。

#### 11.5 介入手术项目环境影响分析

##### 11.5.1 介入手术项目建设阶段对环境的影响

同 9.5.1 建设阶段对环境的影响。

## 11.5.2 介入手术项目运行阶段对环境的影响

### 11.5.2.1 工作场所辐射水平影响分析

DSA和ERCP专用X射线机在手术中分透视和摄影两种模式。摄影模式是指X射线系统曝光时，工作人员位于控制室，即为隔室操作方式。透视模式是指在透视条件下，医护人员近台同室进行介入操作。本次评价分别对摄影、透视两种工况下机房周围的辐射水平进行了预测。

在介入手术过程中，机头有用线束直接照向患者，根据《Structural Shielding Design For Medical X-Ray Imaging Facilities》(NCRP147号出版物)第4.1.6节指出，在血管造影术中将使用图像增强器，可阻挡主射线，初级辐射的强度会大幅度地被病人、影像接收器和支撑影像接收器的结构减弱，因此屏蔽估算时可不考虑主束照射。因此，本次评价重点考虑泄漏辐射和散射辐射对周围环境的辐射影响。

本项目DSA和ERCP专用X射线机均为脉冲出束的模式，根据射线装置的工作原理，设备在正常工况时，本项目DSA设备参数无法达到最大管电压125kV，最大管电流1000mA，ERCP专用X射线机参数无法达到最大管电压150kV，最大管电流1000mA。

介入手术正常工况时，不同手术类型和不同患者身体状况都会影响管电压和管电流的参数。根据目前一些医院的实际值统计，普遍情况下DSA设备运行工况最大参数为：摄影状态：管电压100kV，管电流500mA；透视状态：管电压90kV，管电流15mA。ERCP专用X射线机运行工况最大参数为：摄影状态：管电压120kV，管电流200mA；透视状态：管电压100kV，管电流7mA。

#### (1) 辐射源强参数

$$\dot{K} = I \cdot \delta_x \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{式 11.5-1})$$

式中：

$\dot{K}$ ——离靶r处由X射线机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率，mGy/min；

I——管电流 (mA)；

$\delta_x$ ——管电流为1mA，距靶1m处的发射率常数，mGy/(mA·min)，取自《辐射防护

手册》(第三分册)P58，见图11.5-1；

$r_0$ ——距靶1m；

r——关注点距靶的距离，m。

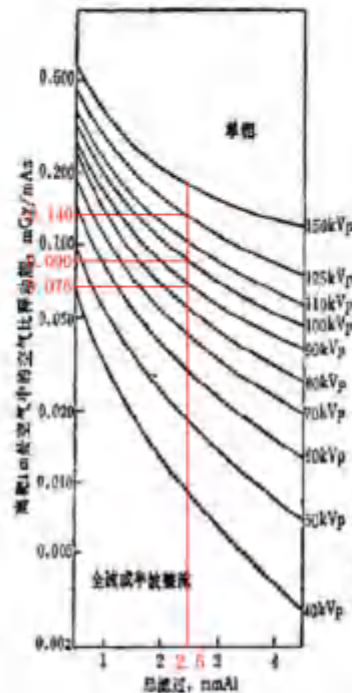


图 11.5-1 距 X 射线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

图 11.5-1 距 X 射线源 1m 处的照射量率随管电压及总滤过厚度变化的情况

本项目设备辐射源项参数见下表：

表 11.5-1 本项目设备的参数一览表

设备	运行模式	距靶 1m 处空气中的空气比释动能 (mGy/mAs)	运行管电压 (kV)	运行管电流 (mA)	距靶 1m 处的最大剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
DSA	摄影	0.090	100	500	1.62E+08
	透视	0.075	90	15	4.05E+06
ERCP 专用 X 射线机	摄影	0.140	120	200	1.01E+08
	透视	0.090	100	7	2.27E+06

注：1、根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)，介入设备等总滤过不小于 2.5mmAl，本项目新增 DSA 设备和 ERCP 专用 X 射线机拟从正规生产厂家购置，滤过参数满足标准要求，本次计算总滤过取 2.5mmAl 保守读数。

2、根据设备的运行管电压，读《辐射防护手册》(第三分册) P58 图 3.1 (见图 11.5-1)，可以查得，90kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.075mGy/mAs，100kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.090mGy/mAs，125kV 下，距靶 1m 处空气中的空气比释动能为 0.140mGy/mAs，按式 11-1 计算距靶 1m 处的最大剂量率。

## (2) 关注点和计算示意图

以常规规格为 2.5m×0.8m 的病床位于机房中心。关注点选取机房门外 30cm 处、墙外 30cm 处、观察窗外 30cm 处、顶棚上方距顶棚地面 1m 处、地板下方距楼下地面 1.7m 处。DSA 的球管和 ERCP 专用 X 射线机的球管，取靶点距地 0.4m，取散射体与靶点距离为 0.7m。

医技楼南区一层介入中心设4间DSA介入室,拟在DSA介入室1安装使用双球管的DSA设备,在DSA介入室2~4安装使用单球管设备。

DSA介入室1的各侧墙体、各扇防护门的防护屏蔽均相同,由图11.5-2中蓝线标注的距离可知,DSA介入室1取距离最短的A<sub>1</sub>点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;取距离最短的B<sub>1</sub>点作为防护门外剂量率代表点进行计算;观察窗外单独设关注点C<sub>1</sub>;取D<sub>1</sub>和E<sub>1</sub>分别作为顶棚上方距顶棚地面1m处和地板下方距楼下地面1.7m处剂量率预测代表点位进行计算。

DSA介入室2~4的各侧墙体、各扇防护门、观察窗、顶棚和地板的防护屏蔽均相同,各扇防护门防护屏蔽相同,由图11.5-2中绿线标注的距离可知,取距离最短的A<sub>2</sub>点作为防护墙外剂量率代表点进行计算,取距离最短的B<sub>2</sub>点作为防护门外剂量率代表点进行计算,每间介入室各有1扇观察窗,观察窗防护屏蔽相同,由图11.5-2中洋红线标注的距离可知,取距离最短的C<sub>2</sub>作为观察窗外剂量率预测代表点位进行计算;3间DSA介入室层高相同,顶棚和地板的防护屏蔽相同,由图11.5-2中剖面图标注的距离可知,取D<sub>2</sub>和E<sub>2</sub>分别作为顶棚上方距顶棚地面1m处和地板下方距楼下地面1.7m处剂量率预测代表点位进行计算。

医技楼南区一层介入中心的4间DSA介入室拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意图见图11.5-2。

DSA介入室1关注点描述:

A<sub>1</sub>: DSA介入室墙体外30cm处;

B<sub>1</sub>: DSA介入室防护门外30cm处;

C<sub>1</sub>: DSA介入室观察窗外30cm处;

D<sub>1</sub>: DSA介入室顶棚上方距顶棚地面1m处;

E<sub>1</sub>: DSA介入室地板下方距楼下地面1.7m处;

F<sub>1</sub>: 第一术者位;

G<sub>1</sub>: 第二术者位。

DSA介入室2~4关注点描述:

A<sub>2</sub>: DSA介入室墙体外30cm处;

B<sub>2</sub>: DSA介入室防护门外30cm处;

C<sub>2</sub>: DSA介入室观察窗外30cm处;

D<sub>2</sub>: DSA介入室顶棚上方距顶棚地面1m处;

E<sub>2</sub>: DSA介入室地板下方距楼下地面1.7m处;

F<sub>2</sub>: 第一术者位;

G<sub>2</sub>: 第二术者位。

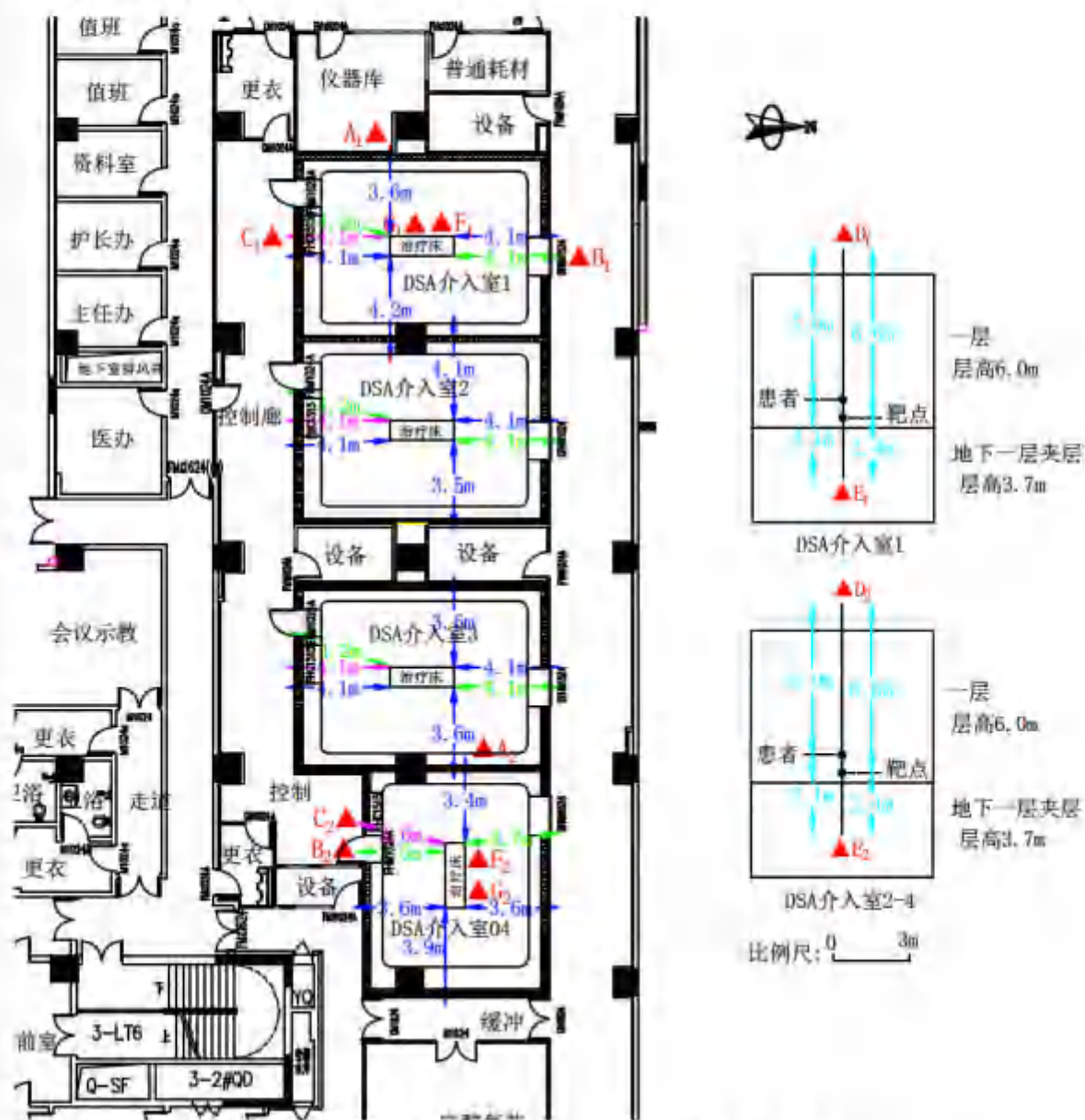


图11.5-2 介入中心4间DSA介入室关注点位示意图

医技楼南区四层手术中心 DSA/CT 复合手术室(OR.20)各侧墙体的防护屏蔽相同,由图 11.5-3 的 OR.20 的蓝线标注的距离可知,取距离最短的 A<sub>3</sub> 点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;同理,DSA/CT 复合手术室 (OR.20) 各扇防护门防护屏蔽相同,由 OR.20 的绿线标注的距离可知,取距离最短的 B<sub>3</sub> 点作为防护门外剂量率代表点进行计算;OR.20 设有 1 扇观察窗,取观察窗外 30cm 处的 C<sub>3</sub> 点进行计算分析。医技楼南区四层手术中心 DSA/CT 复合手术室 (OR.20) 拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意

图见图 11.5-3。

- A<sub>3</sub>: OR.20墙体外30cm处;
- B<sub>3</sub>: OR.20防护门外30cm处;
- C<sub>3</sub>: OR.20观察窗外30cm处;
- D<sub>3</sub>: OR.20顶棚上方距顶棚地面1m处;
- E<sub>3</sub>: OR.20地板下方距楼下地面1.7m处;
- F<sub>3</sub>: 第一术者位;
- G<sub>3</sub>: 第二术者位。

医技楼南区四层手术中心 DSA/CT 复合手术室(OR.21)各侧墙体的防护屏蔽相同,由图 11.5-3 的 OR.21 的蓝线标注的距离可知,取距离最短的 A<sub>4</sub> 点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;同理,DSA/CT 复合手术室(OR.21)各扇防护门防护屏蔽相同,由 OR.21 的绿线标注的距离可知,取距离最短的 B<sub>4</sub> 点作为防护门外剂量率代表点进行计算;OR.21 设有 1 扇观察窗,取观察窗外 30cm 处的 C<sub>4</sub> 点进行计算分析。医技楼南区四层手术中心 DSA/CT 复合手术室(OR.21)拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意图见图 11.5-3。

- A<sub>4</sub>: OR.21墙体外30cm处;
- B<sub>4</sub>: OR.21防护门外30cm处;
- C<sub>4</sub>: OR.21观察窗外30cm处;
- D<sub>4</sub>: OR.21顶棚上方距顶棚地面1m处;
- E<sub>4</sub>: OR.21地板下方距楼下地面1.7m处;
- F<sub>4</sub>: 第一术者位;
- G<sub>4</sub>: 第二术者位。

医技楼南区四层手术中心 DSA/MRI 复合手术室(OR.22)各侧墙体的防护屏蔽相同,由图 11.5-3 的 OR.22 的蓝线标注的距离可知,取距离最短的 A<sub>5</sub> 点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;同理,DSA/MRI 复合手术室(OR.22)各扇防护门防护屏蔽相同,由 OR.22 的绿线标注的距离可知,取距离最短的 B<sub>5</sub> 点作为防护门外剂量率代表点进行计算;OR.22 设有 1 扇观察窗,取观察窗外 30cm 处的 C<sub>5</sub> 点进行计算分析。医技楼南区四层手术中心 DSA/MRI 复合手术室(OR.22)拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意图见图 11.5-3。

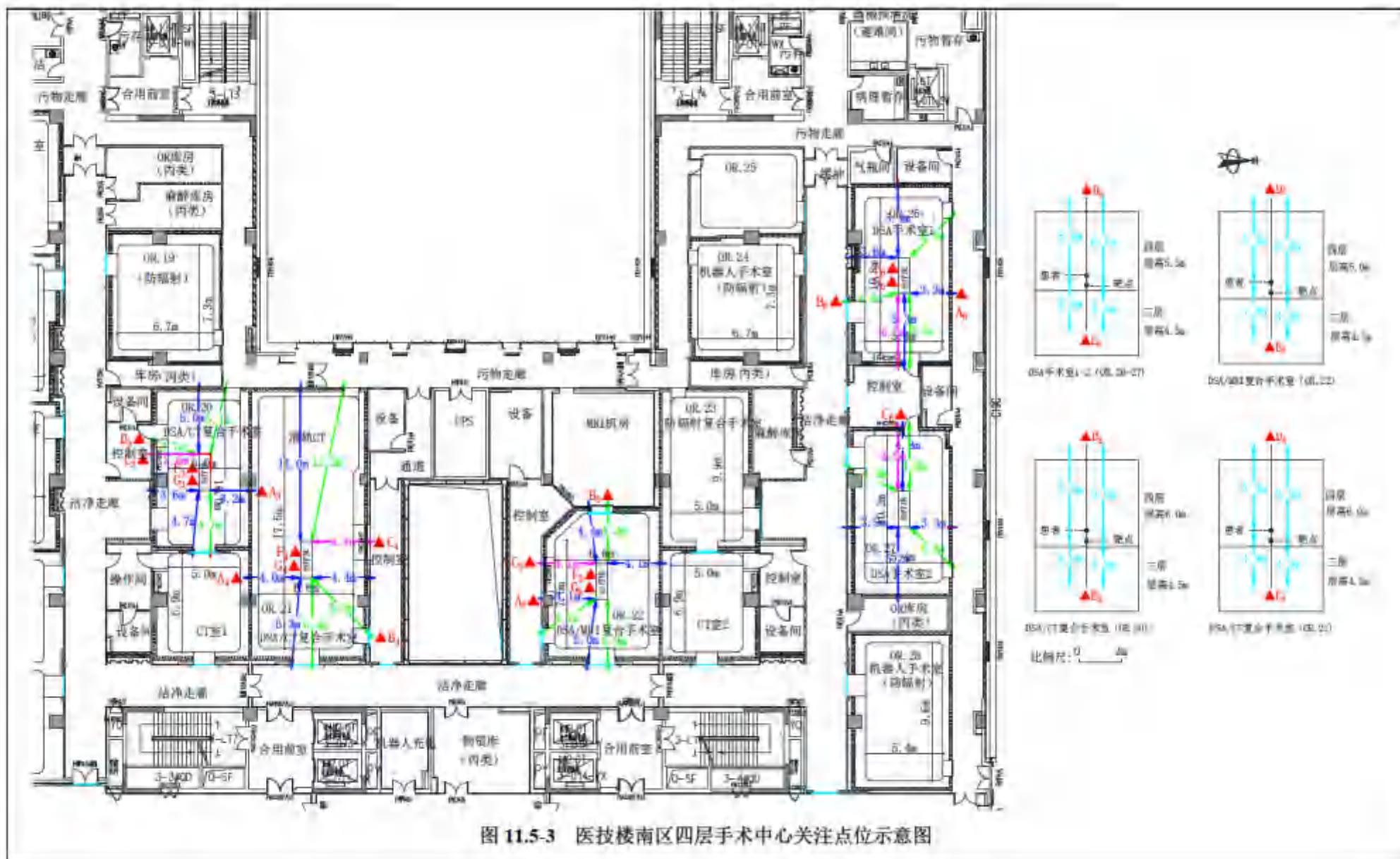
- A<sub>5</sub>: OR.22墙体外30cm处;

- B<sub>5</sub>: OR.22防护门外30cm处;
- C<sub>5</sub>: OR.22观察窗外30cm处;
- D<sub>5</sub>: OR.22顶棚上方距顶棚地面1m处;
- E<sub>5</sub>: OR.22地板下方距楼下地面1.7m处;
- F<sub>5</sub>: 第一术者位;
- G<sub>5</sub>: 第二术者位。

医技楼南区四层手术中心的2间DSA手术室各侧墙体的防护屏蔽相同,由图11.5-3中2间DSA手术室(OR.26-OR.27)蓝线标注的距离可知,取距离最短的A<sub>6</sub>点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;同理,2间DSA手术室各扇防护门防护屏蔽相同,由图11.5-3中2间DSA手术室(OR.26-OR.27)绿线标注的距离可知,取距离最短的B<sub>6</sub>点作为防护门外剂量率代表点进行计算;2间DSA手术室各有1扇观察窗,观察窗防护屏蔽相同,由图11.5-3中洋红线标注的距离可知,取距离最短的C<sub>6</sub>作为观察窗外剂量率预测代表点位进行计算;2间DSA手术室层高相同,顶棚和地板的防护屏蔽相同,由图11.5-3中DSA手术室剖面图标注的距离可知,取D<sub>6</sub>和E<sub>6</sub>分别作为顶棚上方距顶棚地面1m处和地板下方距楼下地面1.7m处剂量率预测代表点位进行计算。医技楼南区四层手术中心的2间DSA手术室拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意图见图11.5-3。

2间DSA手术室(OR.26-OR.27)关注点描述:

- A<sub>6</sub>: DSA手术室墙体外30cm处;
- B<sub>6</sub>: DSA手术室防护门外30cm处;
- C<sub>6</sub>: DSA手术室观察窗外30cm处;
- D<sub>6</sub>: DSA手术室顶棚上方距顶棚地面1m处;
- E<sub>6</sub>: DSA手术室地板下方距楼下地面1.7m处;
- F<sub>6</sub>: 第一术者位;
- G<sub>6</sub>: 第二术者位。



ERCp 机房各侧墙体的防护屏蔽相同,由图 11.5-4 中蓝线标注的距离可知,取距离最短的 A<sub>7</sub> 点作为防护墙外剂量率代表点进行计算;同理,各扇防护门防护屏蔽相同,由图 11.5-4 中绿线标注的距离可知,取距离最短的 B<sub>7</sub> 点作为防护门外剂量率代表点进行计算。ERCp 机房拟设置的关注点位置描述如下,关注点示意图见图 11.5-4。

- A<sub>7</sub>: ERCp 机房墙体外30cm处;
- B<sub>7</sub>: ERCp 机房防护门外30cm处;
- C<sub>7</sub>: ERCp 机房观察窗外30cm处;
- D<sub>7</sub>: ERCp 机房顶棚上方距顶棚地面1m处;
- E<sub>7</sub>: ERCp 机房地板下方距楼下地面1.7m处;
- F<sub>7</sub>: 第一术者位;
- G<sub>7</sub>: 第二术者位。

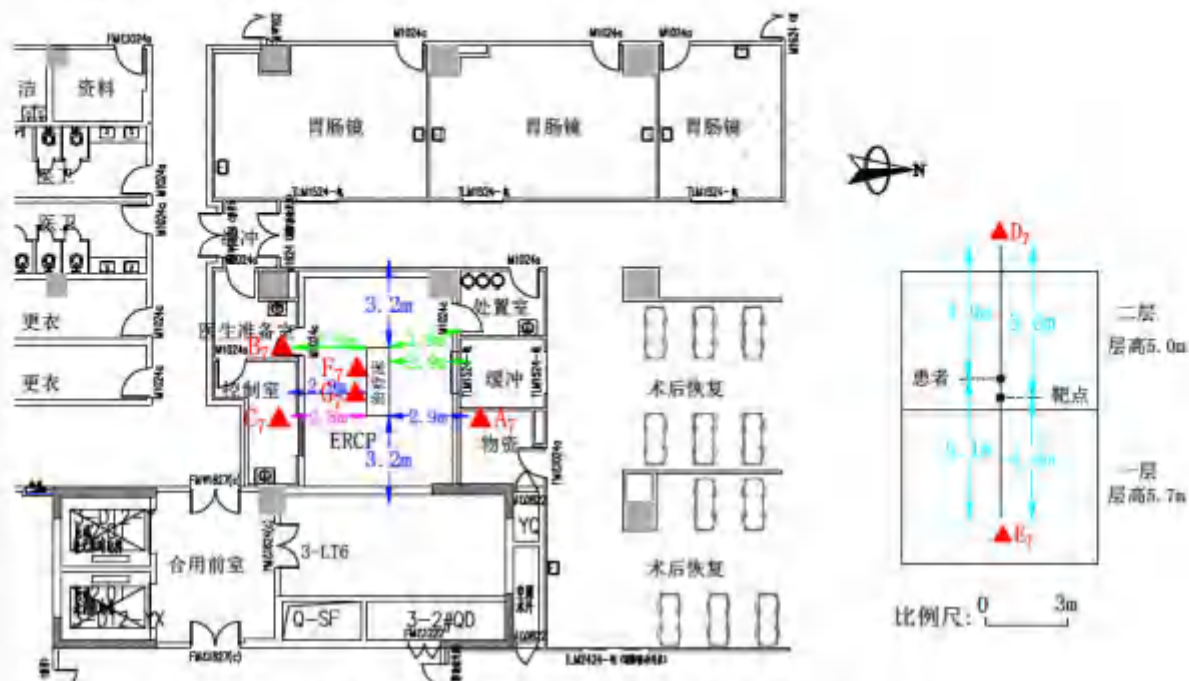


图11.5-4 医技楼南区二层ERCp机房关注点位示意图

### (3) 计算公式

#### ① 泄漏辐射

根据《辐射防护手册》第一分册(李德平、潘自强主编,原子能出版社,1987年),泄漏辐射计算公式如式11.5-2所示,计算结果见表11.5-3。

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11.5-2})$$

式中:

$H$ ——关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$f$ ——泄漏辐射比率，根据《医用电气设备 第 1-3 部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020），泄漏辐射距靶点 1m 处的空气比释动能率不超过  $1\text{mGy/h}$ ，保守取  $fH_0=1\times 10^3\mu\text{Gy/h}$ 。

$H_0$ ——距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$R$ ——靶点至关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽透射因子。

### ②病人体表散射辐射

对于病人体表的散射的 X 射线可以采用反照射率法估算，引用李德平、潘自强主编的《辐射防护手册》第一分册——《辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987）中 P436-437 式 10.8 和式 10.10，经过换算变形，可按以下公式进行估算。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11.5-3})$$

式中：

$H_s$ ——关注点处的患者散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$H_0$ ——距靶点 1m 处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\alpha$ ——患者对 X 射线的散射比，《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1 中数值是相对于  $400\text{cm}^2$  散射面积，因此  $\alpha=a/400$ ，查《辐射防护手册第一分册》P437 表 10.1 得 100 千伏 X 射线  $a=0.0013$ （ $90^\circ$  散射），125 千伏 X 射线  $a=0.0015$ （ $90^\circ$  散射）；

$S$ ——散射面积，参照《医用诊断数字减影血管造影（DSA）系统 X 射线辐射源》（JJG1067-2011）中散射面积（ $10\times 10$ ） $\text{cm}^2$ ，取  $100\text{cm}^2$ ；

$d_0$ ——源与患者的距离，m；

$d_s$ ——患者散射点与关注点的距离，m；

$B$ ——屏蔽透射因子。

### ③屏蔽透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）计算屏蔽透射因子，公式如下：

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 11.5-4})$$

式中：

$B$ ——屏蔽透射因子；

$X$ ——屏蔽材料铅当量厚度, mm;

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ——不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 见表 11.5-2。

#### ④距离取值说明

距离取值说明: 1) 当计算机房外关注点 (An-Cn) 时, 泄漏辐射的  $R$  大于散射辐射  $ds$ , 保守以  $ds$  数值进行计算。2) 计算机房内关注点时, 以患者所在位置作为原点, 垂直方向为  $Z$  轴, 头至脚的方向为  $X$  轴, 身体左肩至右肩方向为  $Y$  轴建立坐标系。参考 WS76-2020 附录 I 中距离参数, 设备球管位于  $Z$  轴正下方, 距患者 0.7m;  $X$  轴方向, 第一术者位距离为 0.3m, 第二术者位距离为 0.9m;  $Y$  轴上, 第一、二术者位距离均为 0.5m, 对于 ERCP 专用 X 射线机, 第一、二术者位距离均为 1m。  $R$  为球管到术者位的斜边距离, 运用勾股定理可算得  $R(F_1\sim F_6) = (0.7^2 + 0.3^2 + 0.5^2)^{0.5} = 0.9m$ , 同理,  $R(G_1\sim G_6) = 1.2m$ ,  $R(F_7) = 1.2m$ ,  $R(G_7) = 1.5m$ 。  $d$  为球管到患者的距离, 均为 0.7m。  $ds$  为患者到术者位的距离, 运用勾股定理可算得  $ds(F_1\sim F_6) = (0.3^2 + 0.5^2)^{0.5} = 0.6$ , 同理,  $ds(F_7) = 1.0m$ ,  $ds(G_1\sim G_6) = 1.0m$ ,  $ds(G_7) = 1.3m$ 。

#### (4) 估算参数及计算结果

铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数, 见表 11.5-2。

表 11.5-2 铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压 (kV)	材料	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
90	铅	3.067	18.83	0.7726
100 (主束)	铅	2.500	15.28	0.7557
100 (散射)	铅	2.507	15.33	0.9124
125 (主束)	铅	2.219	7.923	0.5386
125 (散射)	铅	2.233	7.888	0.7295

注: 拟合参数均取自于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)。由于标准中没有给出 120kV (主束)、120kV (散射) 对应的拟合参数, 保守取 125kV (主束)、125kV (散射) 的拟合参数进行计算。

依据《辐射防护导论》, 在 X 射线辐射场中, 同一点处以 Gy 为单位的比释动能与以 Sv 为单位的剂量当量, 数值上几乎相等, 因此, 报告在屏蔽计算章节, 将 Gy 等同于 Sv。 DSA 机房和 ERCP 机房屏蔽体外各关注点辐射剂量率计算参数取值及计算结果见表 11.5-3。

由于 DSA 介入室 I 拟安装使用双球管 DSA 设备, 当双球管同时使用时, 关注点的辐射剂量率保守按单球管使用时的 2 倍进行考虑。

表 11.5-3 各机房关注点泄漏、散射辐射剂量率计算表

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
医技楼南区一层 DSA 介入室 1 关注点														
摄影	A <sub>1</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.7	1.00E+03	3.6	5.88E-07	1.62E+08	0.7	3.6	100	8.89E-07	9.07E-05	1.47E-02	1.48E-02
	B <sub>1</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	4.1	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.1	100	5.14E-06	4.03E-04	6.57E-02	6.61E-02
	C <sub>1</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	4.1	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.1	100	5.14E-06	4.03E-04	6.57E-02	6.61E-02
	D <sub>1</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.6	1.00E+03	6.6	9.21E-06	1.62E+08	0.7	5.9	100	1.40E-05	4.23E-04	8.64E-02	8.68E-02
	E <sub>1</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	250mm 混凝土	3.9	1.00E+03	2.4	4.35E-06	1.62E+08	0.7	3.1	100	6.60E-06	1.51E-03	1.48E-01	1.50E-01
透视	A <sub>1</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.5	1.00E+03	3.6	7.96E-08	4.05E+06	0.7	3.6	100	7.96E-08	1.23E-05	3.30E-05	4.53E-05
	B <sub>1</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	4.1	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.1	100	3.69E-07	4.39E-05	1.18E-04	1.62E-04
	C <sub>1</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	4.1	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.1	100	3.69E-07	4.39E-05	1.18E-04	1.62E-04
	D <sub>1</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.5	1.00E+03	6.6	1.71E-06	4.05E+06	0.7	5.9	100	1.71E-06	7.85E-05	2.64E-04	3.43E-04
	E <sub>1</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	250mm 混凝土	3.5	1.00E+03	2.4	1.71E-06	4.05E+06	0.7	3.1	100	1.71E-06	5.94E-04	9.56E-04	1.55E-03
	F <sub>1</sub> 第一术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	1.01E+01	6.09E+01	7.10E+01
	F <sub>1</sub> 第一术者	0.5mmPb 铅	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	6.22E+01	3.76E+02	4.38E+02

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
	位(铅衣外)	衣												
	G <sub>1</sub> 第二术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	5.67E+00	2.19E+01	2.76E+01
	G <sub>1</sub> 第二术者位(铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	3.50E+01	1.35E+02	1.70E+02
医技楼南区一层 DSA 介入室 2-4 关注点														
摄影	A <sub>2</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.7	1.00E+03	3.4	5.88E-07	1.62E+08	0.7	3.4	100	8.89E-07	5.09E-05	8.26E-03	8.31E-03
	B <sub>2</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	3.5	3.39E-06	1.62E+08	0.7	3.5	100	5.14E-06	2.77E-04	4.51E-02	4.54E-02
	C <sub>2</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	3.6	3.39E-06	1.62E+08	0.7	3.6	100	5.14E-06	2.62E-04	4.26E-02	4.29E-02
	D <sub>2</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.6	1.00E+03	6.6	9.21E-06	1.62E+08	0.7	5.9	100	1.40E-05	2.11E-04	4.32E-02	4.34E-02
	E <sub>2</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	250mm 混凝土	3.9	1.00E+03	2.4	4.35E-06	1.62E+08	0.7	3.1	100	6.60E-06	7.55E-04	7.38E-02	7.46E-02
透视	A <sub>2</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.5	1.00E+03	3.4	7.96E-08	4.05E+06	0.7	3.4	100	7.96E-08	6.89E-06	1.85E-05	2.54E-05
	B <sub>2</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	3.5	3.69E-07	4.05E+06	0.7	3.5	100	3.69E-07	3.01E-05	8.09E-05	1.11E-04
	C <sub>2</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	3.6	3.69E-07	4.05E+06	0.7	3.6	100	3.69E-07	2.85E-05	7.65E-05	1.05E-04
	D <sub>2</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.5	1.00E+03	6.6	1.71E-06	4.05E+06	0.7	5.9	100	1.71E-06	3.93E-05	1.32E-04	1.71E-04
	E <sub>2</sub> 地板下方	250mm 混凝土	3.5	1.00E+03	2.4	1.71E-06	4.05E+06	0.7	3.1	100	1.71E-06	2.97E-04	4.78E-04	7.75E-04

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
	距楼下地面 1.7m 处	土												
	F <sub>1</sub> 第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	5.04E+00	3.04E+01	3.54E+01
	F <sub>1</sub> 第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	3.11E+01	1.88E+02	2.19E+02
	G <sub>2</sub> 第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	2.83E+00	1.10E+01	1.38E+01
	G <sub>2</sub> 第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	1.75E+01	6.77E+01	8.52E+01
医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室 (OR.20) 关注点														
摄影	A <sub>3</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.7	1.00E+03	3.2	5.88E-07	1.62E+08	0.7	3.2	100	8.89E-07	5.74E-05	9.33E-03	9.39E-03
	B <sub>3</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	3.7	3.39E-06	1.62E+08	0.7	3.7	100	5.14E-06	2.48E-04	4.03E-02	4.05E-02
	C <sub>3</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	3.6	3.39E-06	1.62E+08	0.7	3.6	100	5.14E-06	2.62E-04	4.26E-02	4.29E-02
	D <sub>3</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	4	1.00E+03	6.6	3.39E-06	1.62E+08	0.7	5.9	100	5.14E-06	7.78E-05	1.59E-02	1.60E-02
	E <sub>3</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	110mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.6	1.00E+03	3.2	7.56E-07	1.62E+08	0.7	3.9	100	1.14E-06	7.38E-05	8.05E-03	8.12E-03
透视	A <sub>3</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.5	1.00E+03	3.2	7.96E-08	4.05E+06	0.7	3.2	100	7.96E-08	7.77E-06	2.09E-05	2.87E-05
	B <sub>3</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	3.7	3.69E-07	4.05E+06	0.7	3.7	100	3.69E-07	2.70E-05	7.24E-05	9.94E-05

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
	C <sub>2</sub> 观察窗外30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	3.6	3.69E-07	4.05E+06	0.7	3.6	100	3.69E-07	2.85E-05	7.65E-05	1.05E-04
	D <sub>2</sub> 顶棚上方距顶棚地面1m处	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.8	1.00E+03	6.6	6.82E-07	4.05E+06	0.7	5.9	100	6.82E-07	1.57E-05	5.26E-05	6.83E-05
	E <sub>2</sub> 地板下方距楼下地面1.7m处	110mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.5	1.00E+03	3.2	7.96E-08	4.05E+06	0.7	3.9	100	7.96E-08	7.77E-06	1.41E-05	2.19E-05
	F <sub>2</sub> 第一术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	5.04E+00	3.04E+01	3.54E+01
	F <sub>2</sub> 第一术者位(铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	3.11E+01	1.88E+02	2.19E+02
	G <sub>2</sub> 第二术者位(铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	2.83E+00	1.10E+01	1.38E+01
	G <sub>2</sub> 第二术者位(铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	1.75E+01	6.77E+01	8.52E+01

医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室 (OR.21) 关注点

摄影	A <sub>4</sub> 墙体外30cm	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	7.4	1.00E+03	4	6.89E-10	1.62E+08	0.7	4	100	1.02E-09	4.31E-08	6.85E-06	6.89E-06
	B <sub>4</sub> 防护门外30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	5.9	3.39E-06	1.62E+08	0.7	5.9	100	5.14E-06	9.74E-05	1.59E-02	1.60E-02
	C <sub>4</sub> 观察窗外30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	4.4	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.4	100	5.14E-06	1.75E-04	2.85E-02	2.87E-02
	D <sub>4</sub> 顶棚上方距顶棚地面1m处	130mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	6.7	1.00E+03	6.6	3.96E-09	1.62E+08	0.7	5.9	100	5.90E-09	9.09E-08	1.82E-05	1.83E-05
	E <sub>4</sub> 地板下方距楼下地面1.7m处	110mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	6.3	1.00E+03	3.2	1.08E-08	1.62E+08	0.7	3.9	100	1.61E-08	1.05E-06	1.14E-04	1.15E-04

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
透视	A <sub>4</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	7.2	1.00E+03	4	2.02E-11	4.05E+06	0.7	4	100	2.02E-11	1.26E-09	3.39E-09	4.65E-09
	B <sub>4</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	5.9	3.69E-07	4.05E+06	0.7	5.9	100	3.69E-07	1.06E-05	2.85E-05	3.91E-05
	C <sub>4</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	4.4	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.4	100	3.69E-07	1.91E-05	5.12E-05	7.03E-05
	D <sub>4</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	130mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	6.5	1.00E+03	6.6	1.73E-10	4.05E+06	0.7	5.9	100	1.73E-10	3.97E-09	1.34E-08	1.74E-08
	E <sub>4</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	110mm 混凝土+40mm 硫酸钡水泥	6.2	1.00E+03	3.2	4.33E-10	4.05E+06	0.7	3.9	100	4.33E-10	4.23E-08	7.65E-08	1.19E-07
	F <sub>4</sub> 第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	5.04E+00	3.04E+01	3.54E+01
	F <sub>4</sub> 第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	3.11E+01	1.88E+02	2.19E+02
	G <sub>4</sub> 第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	2.83E+00	1.10E+01	1.38E+01
	G <sub>4</sub> 第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	1.75E+01	6.77E+01	8.52E+01
医技楼南区四层 DSA/MRI 复合手术室 (OR.22) 关注点														
摄影	A <sub>5</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.7	1.00E+03	4.1	5.88E-07	1.62E+08	0.7	4.1	100	8.89E-07	3.50E-05	5.68E-03	5.72E-03
	B <sub>5</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mmPb 铅板	4	1.00E+03	4.4	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.4	100	5.14E-06	1.75E-04	2.85E-02	2.87E-02
	C <sub>5</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	4.1	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.1	100	5.14E-06	2.02E-04	3.29E-02	3.31E-02

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
工作模式	D <sub>5</sub> 顶棚上方距顶棚地面1m处	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	4	1.00E+03	6.6	3.39E-06	1.62E+08	0.7	5.9	100	5.14E-06	7.78E-05	1.59E-02	1.60E-02
	E <sub>5</sub> 地板下方距楼下地面1.7m处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.6	1.00E+03	3.2	9.21E-06	1.62E+08	0.7	3.9	100	1.40E-05	8.99E-04	9.89E-02	9.98E-02
透视	A <sub>3</sub> 墙体外30cm	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	4.5	1.00E+03	4.1	7.96E-08	4.05E+06	0.7	4.1	100	7.96E-08	4.74E-06	1.27E-05	1.74E-05
	B <sub>5</sub> 防护门外30cm	内衬4mmPb铅板	4	1.00E+03	4.4	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.4	100	3.69E-07	1.91E-05	5.12E-05	7.03E-05
	C <sub>5</sub> 观察窗外30cm	4mmPb铅玻璃	4	1.00E+03	4.1	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.1	100	3.69E-07	2.20E-05	5.90E-05	8.10E-05
	D <sub>5</sub> 顶棚上方距顶棚地面1m处	130mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.8	1.00E+03	6.6	6.82E-07	4.05E+06	0.7	5.9	100	6.82E-07	1.57E-05	5.26E-05	6.83E-05
	E <sub>5</sub> 地板下方距楼下地面1.7m处	110mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.5	1.00E+03	3.2	1.71E-06	4.05E+06	0.7	3.9	100	1.71E-06	1.67E-04	3.02E-04	4.69E-04
	F <sub>5</sub> 第一术者位(铅衣内)	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	5.04E+00	3.04E+01	3.54E+01
	F <sub>5</sub> 第一术者位(铅衣外)	0.5mmPb铅衣	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	3.11E+01	1.88E+02	2.19E+02
	G <sub>5</sub> 第二术者位(铅衣内)	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	2.83E+00	1.10E+01	1.38E+01
	G <sub>5</sub> 第二术者位(铅衣外)	0.5mmPb铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	1.75E+01	6.77E+01	8.52E+01
	医技楼南区四层2间 DSA 手术室 (OR.26-OR.27) 关注点													
摄影	A <sub>6</sub> 墙体外30cm	240mm 实心砖+20mm 硫	4.7	1.00E+03	3.3	5.88E-07	1.62E+08	0.7	3.3	100	8.89E-07	5.40E-05	8.77E-03	8.82E-03

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
		醒银水泥												
	B <sub>6</sub> 防护门外 30cm	内衬4mmPb 铅板	4	1.00E+03	4	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4	100	5.14E-06	2.12E-04	3.45E-02	3.47E-02
	C <sub>6</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻 璃	4	1.00E+03	4.8	3.39E-06	1.62E+08	0.7	4.8	100	5.14E-06	1.47E-04	2.40E-02	2.41E-02
	D <sub>6</sub> 顶棚上 方距顶棚地 面1m处	130mm 混凝 土+20mm 硫 酸钡水泥	4	1.00E+03	6.1	3.39E-06	1.62E+08	0.7	5.4	100	5.14E-06	9.11E-05	1.89E-02	1.90E-02
	E <sub>6</sub> 地板下方 距楼下地面 1.7m处	110mm 混凝 土+20mm 硫 酸钡水泥	3.6	1.00E+03	3.2	9.21E-06	1.62E+08	0.7	3.9	100	1.40E-05	8.99E-04	9.89E-02	9.98E-02
透视	A <sub>6</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心 砖+20mm 硫 酸钡水泥	4.5	1.00E+03	3.3	7.96E-08	4.05E+06	0.7	3.3	100	7.96E-08	7.31E-06	1.96E-05	2.69E-05
	B <sub>6</sub> 防护门外 30cm	内衬4mmPb 铅板	4	1.00E+03	4	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4	100	3.69E-07	2.31E-05	6.20E-05	8.51E-05
	C <sub>6</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻 璃	4	1.00E+03	4.8	3.69E-07	4.05E+06	0.7	4.8	100	3.69E-07	1.60E-05	4.30E-05	5.90E-05
	D <sub>6</sub> 顶棚上 方距顶棚地 面1m处	130mm 混凝 土+20mm 硫 酸钡水泥	3.8	1.00E+03	6.1	6.82E-07	4.05E+06	0.7	5.4	100	6.82E-07	1.83E-05	6.28E-05	8.11E-05
	E <sub>6</sub> 地板下方 距楼下地面 1.7m处	110mm 混凝 土+20mm 硫 酸钡水泥	3.5	1.00E+03	3.2	1.71E-06	4.05E+06	0.7	3.9	100	1.71E-06	1.67E-04	3.02E-04	4.69E-04
	F <sub>6</sub> 第一术者 位(铅衣内)	0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	0.9	4.08E-03	4.05E+06	0.7	0.6	100	4.08E-03	5.04E+00	3.04E+01	3.54E+01
	F <sub>6</sub> 第一术者 位(铅衣外)	0.5mmPb 铅 衣	0.5	1.00E+03	0.9	2.52E-02	4.05E+06	0.7	0.6	100	2.52E-02	3.11E+01	1.88E+02	2.19E+02
	G <sub>6</sub> 第二术 者位(铅衣 内)	0.5mmPb 铅 衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	4.08E-03	4.05E+06	0.7	1	100	4.08E-03	2.83E+00	1.10E+01	1.38E+01

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
	G <sub>6</sub> 第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	2.52E-02	4.05E+06	0.7	1	100	2.52E-02	1.75E+01	6.77E+01	8.52E+01
医技楼南区二层 ERCP 机房关注点														
摄影	A <sub>7</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	5.9	1.00E+03	2.9	1.23E-07	1.01E+08	0.7	2.9	100	2.39E-07	1.46E-05	2.20E-03	2.21E-03
	B <sub>7</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mm 铅板	4	1.00E+03	2.8	8.42E-06	1.01E+08	0.7	2.8	100	1.67E-05	1.07E-03	1.65E-01	1.66E-01
	C <sub>7</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	2.8	8.42E-06	1.01E+08	0.7	2.8	100	1.67E-05	1.07E-03	1.65E-01	1.66E-01
	D <sub>7</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+65mm 硫酸钡水泥	6.4	1.00E+03	5.6	4.05E-08	1.01E+08	0.7	4.9	100	7.83E-08	1.29E-06	2.52E-04	2.53E-04
	E <sub>7</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	110mm 混凝土+65mm 硫酸钡水泥	6.4	1.00E+03	4.4	4.05E-08	1.01E+08	0.7	5.1	100	7.83E-08	2.09E-06	2.33E-04	2.35E-04
透视	A <sub>7</sub> 墙体外 30cm	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	7.4	1.00E+03	2.9	6.89E-10	2.27E+06	0.7	2.9	100	1.02E-09	8.19E-08	2.11E-07	2.93E-07
	B <sub>7</sub> 防护门外 30cm	内衬 4mm 铅板	4	1.00E+03	2.8	3.39E-06	2.27E+06	0.7	2.8	100	5.14E-06	4.32E-04	1.14E-03	1.57E-03
	C <sub>7</sub> 观察窗外 30cm	4mmPb 铅玻璃	4	1.00E+03	2.8	3.39E-06	2.27E+06	0.7	2.8	100	5.14E-06	4.32E-04	1.14E-03	1.57E-03
	D <sub>7</sub> 顶棚上方距顶棚地面 1m 处	110mm 混凝土+65mm 硫酸钡水泥	9.1	1.00E+03	5.6	9.83E-12	2.27E+06	0.7	4.9	100	1.44E-11	3.13E-10	1.04E-09	1.35E-09
	E <sub>7</sub> 地板下方距楼下地面 1.7m 处	110mm 混凝土+65mm 硫酸钡水泥	9.1	1.00E+03	4.4	9.83E-12	2.27E+06	0.7	5.1	100	1.44E-11	5.08E-10	9.62E-10	1.47E-09
	F <sub>7</sub> 第一术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.2	7.36E-03	2.27E+06	0.7	1	100	1.05E-02	5.11E+00	1.82E+01	2.33E+01

工作模式	关注点位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量 (mmPb)	泄漏辐射计算参数			散射辐射计算参数					泄漏辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
				$fH_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	R (m)	B	$H_0$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	$d_0$ (m)	$d_s$ (m)	S ( $\text{cm}^2$ )	B			
	F <sub>7</sub> 第一术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.2	3.66E-02	2.27E+06	0.7	1	100	4.72E-02	2.54E+01	8.20E+01	1.07E+02
	G <sub>1</sub> 第二术者位 (铅衣内)	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅悬挂帘	1	1.00E+03	1.5	7.36E-03	2.27E+06	0.7	1.3	100	1.05E-02	3.27E+00	1.08E+01	1.41E+01
	G <sub>1</sub> 第二术者位 (铅衣外)	0.5mmPb 铅衣	0.5	1.00E+03	1.5	3.66E-02	2.27E+06	0.7	1.3	100	4.72E-02	1.63E+01	4.85E+01	6.48E+01

由表 11.5-3 预测计算结果可知, 本项目 DSA 射线装置在摄影模式下, 机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为  $1.50 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ; 透视模式下, 机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为  $1.55 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。本项目 ERCP 专用 X 射线机在摄影模式下, 机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为  $1.66 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ; 透视模式下, 机房外周围各关注点处的辐射剂量率最大值为  $1.57 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。因此, 介入手术项目机房外周围各关注点处的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的“具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时, 周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ; 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序机房外的周围剂量当量率应不大于  $25 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。根据关注点辐射剂量率随关注点与辐射源的距离增加而衰减的规律, 亦可进一步预测本项目建成后, 设备在正常运行时机房外 50m 范围内其它关注点的周围剂量当量率也可满足标准要求。

介入手术项目涉及使用的 CT 和滑轨 CT 辐射影响分析内容在报告表 12 章节统一进行分析。根据表 12.5-2 可知, 介入中心的 CT 室、手术中心的 CT 室 1 和使用滑轨 CT 时的 DSA/CT 复合手术室屏蔽体外最大剂量率为  $2.88 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ , 满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的“CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

### 11.5.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

#### (1) 计算公式

##### ① 工作人员年有效剂量

根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) 工作人员佩戴铅围裙内、外两个剂量计时, 按照以下公式估算有效剂量:

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (\text{式 11.5-5})$$

式中:

$E$ ——有效剂量中的外照射分量, 单位为毫希沃特 (mSv);

$\alpha$ ——系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.79, 无屏蔽时, 取 0.84; 本项目取 0.79;

$H_u$ ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的  $H_P(10)$ , 单位为毫希沃特 (mSv); 本项目取理论计算的铅衣内的年受照剂量;

$\beta$ ——系数, 有甲状腺屏蔽时, 取 0.051, 无屏蔽时, 取 0.100; 本项目取 0.051;

$H_o$ ——铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的  $H_P(10)$ , 单位为毫希沃特 (mSv); 本项目取理论计算的铅衣外的年受照剂量。

##### ② 隔室操作的工作人员以及公众的年有效剂量

根据《辐射防护导论》, 按照下式对隔室操作的工作人员以及公众的年受照剂量进行估算。

$$H = H_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11.5-6})$$

式中:

$H$ ——年有效剂量, mSv/a;

$H_r$ ——关注点辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$t$ ——年受照时间, h/a;

$T$ ——居留因子, 参考《辐射防护手册》(第三分册) P80, 居留因子按三种情况:

(1) 全居留因子  $T=1$ , (2) 部分居留  $T=1/4$ , (3) 偶然居留  $T=1/16$ ; 职业人员的居留因子取 1。

#### (2) 工作人员年有效剂量

根据表 11.1-2 工作人员的年受照时间和表 11.5-3 中工作人员在手术过程中的辐射剂量率照射情况, 结合式 11.5-5、式 11.5-6 计算辐射工作人员的年有效剂量, 具体见表 11.5-4。

表 11.5-4 工作人员年有效剂量估算结果

项目	工作人员	贡献环节		年受照时间	关注点位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv)	
医技楼南区一层 DSA 介入室 1	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	7.10E+01	3.92	3.92
					第一术者位 (铅衣外)	4.38E+02		
			摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	6.61E-02	2.20E-04	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	1.11E-04	3.70E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.54E-02	7.58E-04	
	护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	2.76E+01	2.54	2.54
					第二术者位 (铅衣外)	1.70E+02		
			透视隔室	222.2	机房外四周最大值	1.62E-04	2.70E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	6.61E-02	1.10E-03	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	1.11E-04	3.70E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.54E-02	7.58E-04	
	技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	1.62E-04	4.05E-05	1.14E-03
摄影隔室			16.7	观察窗外	6.61E-02	1.10E-03		
医技楼南区一层 DSA 介入室 2-4	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	3.54E+01	2.61	2.61
					第一术者位 (铅衣外)	2.19E+02		
			摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	4.54E-02	1.51E-04	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	1.62E-04	5.40E-05	
	摄影隔室		16.7	机房外四周最大值	6.61E-02	1.10E-03		
	护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	1.38E+01	1.69	1.69
					第二术者位 (铅衣外)	8.52E+01		
			透视隔室	222.2	机房外四周最大值	1.11E-04	2.47E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.54E-02	7.58E-04	
	相邻	透视隔室	333.3	机房外四周	1.62E-04	5.40E-05		

项目	工作人员	贡献环节		年受照时间	关注点位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv)	
		DSA			最大值			
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	6.61E-02	1.10E-03	
	技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	1.05E-04	3.50E-05	7.51E-04
			摄影隔室	16.7	观察窗外	4.29E-02	7.16E-04	
医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室 (OR.20)	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	3.54E+01	2.61	2.67
					第一术者位 (铅衣外)	2.19E+02		
			摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	1.04	1.43E-04	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	4.29E-02	2.34E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	7.03E-05	4.79E-04	
		滑轨 CT		5.5	机房外四周最大值	2.88E-01	2.87E-02	
		相邻 CT		208.3	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01	
	护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	1.38E+01	1.69	1.75
					第二术者位 (铅衣外)	8.52E+01		
			透视隔室	222.2	机房外四周最大值	1.05E-04	2.33E-05	
		摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.29E-02	7.16E-04		
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	7.03E-05	2.34E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	2.87E-02	4.79E-04	
		滑轨 CT		5.5	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01	
相邻 CT		208.3	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01			
技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	1.05E-04	3.50E-05	7.51E-04	
		摄影隔室	16.7	观察窗外	4.29E-02	7.16E-04		
医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	3.54E+01	2.61	2.67
	第一术者位 (铅衣外)				2.19E+02			
			摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	2.87E-02	9.56E-05	

项目	工作人员	贡献环节	年受照时间	关注点位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv)	
(OR.21)		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	1.05E-04	3.50E-05
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.29E-02	7.16E-04
		滑轨 CT		5.5	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01
		相邻 CT		208.3	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01
	护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	1.38E+01	1.69
					第二术者位 (铅衣外)	8.52E+01	
			透视隔室	222.2	机房外四周最大值	7.03E-05	1.56E-05
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	2.87E-02	4.79E-04
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	1.05E-04	3.50E-05
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	4.29E-02	7.16E-04
		滑轨 CT		5.5	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01
		相邻 CT		208.3	机房外四周最大值	2.88E-01	2.88E-01
	技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	7.03E-05	2.34E-05
			摄影隔室	16.7	观察窗外	2.87E-02	4.79E-04
医技楼南区四层 DSA/MRI 复合手术室 (OR.22)	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	3.54E+01	2.61
					第一术者位 (铅衣外)	2.19E+02	
		摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	3.31E-01	1.10E-04	
		相邻 CT		208.3	机房外四周最大值	2.88E-01	6.00E-02
		相邻 C 臂机		416.7	机房外四周最大值	9.58E-02	3.99E-02
	护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	1.38E+01	1.69
					第二术者位 (铅衣外)	8.52E+01	
		透视隔室	222.2	机房外四周最大值	8.10E-05	1.80E-05	
		摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	3.31E-02	5.53E-04	
		相邻 CT		208.3	机房外四周	2.88E-01	2.88E-01

项目	工作人员	贡献环节		年受照时间	关注点位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv)	
					最大值			
		相邻 C 臂机		416.7	机房外四周最大值	9.58E-02	9.58E-02	
	技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	8.10E-05	2.70E-05	5.80E-04
			摄影隔室	16.7	观察窗外	3.31E-02	5.53E-04	
医技楼南区四层2间 DSA 手术室 (OR.26-OR.27)	医生	DSA	透视同室	66.7	第一术者位 (铅衣内)	3.54E+01	2.61	2.61
					第一术者位 (铅衣外)	2.19E+02		
			摄影隔室	3.33	机房外四周最大值	3.47E-02	1.16E-04	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	8.51E-05	2.84E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	3.47E-02	5.79E-04	
		护士	DSA	透视同室	111.1	第二术者位 (铅衣内)	1.38E+01	
	第二术者位 (铅衣外)					8.52E+01		
			透视隔室	222.2	机房外四周最大值	8.51E-05	1.89E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	3.47E-02	5.79E-04	
	相邻 DSA		透视隔室	333.3	机房外四周最大值	8.51E-05	2.84E-05	
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	3.47E-02	5.79E-04	
	技师	DSA	透视隔室	333.3	观察窗外	5.90E-05	1.97E-05	1.03E-03
			摄影隔室	16.7	观察窗外	2.41E-02	4.02E-04	
		相邻 DSA	透视隔室	333.3	机房外四周最大值	8.51E-05	2.84E-05	
摄影隔室			16.7	机房外四周最大值	3.47E-02	5.79E-04		
医技楼南区二层 ERCP 机房	医生	ERCP	透视同室	40	第一术者位 (铅衣内)	2.33E+01	0.95	0.95
					第一术者位 (铅衣外)	1.07E+02		
			摄影隔室	5	机房外四周最大值	1.66E-01	8.30E-04	
	护士	ERCP	透视同室	44.4	第二术者位 (铅衣内)	1.41E+01	0.64	0.64
					第二术者位 (铅衣外)	6.48E+01		
		透视隔室	88.9	机房外四周	1.57E-03	1.40E-04		

项目	工作人员	贡献环节		年受照时间	关注点位	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv)	
					最大值			
			摄影隔室	16.7	机房外四周最大值	1.66E-01	2.77E-03	
	技师	ERCP	透视隔室	133.3	观察窗外	1.57E-03	2.09E-04	2.98E-03
			摄影隔室	16.7	观察窗外	1.66E-01	2.77E-03	
CT室	技师	CT	摄影隔室	208.3	观察窗外	2.88E-01	6.00E-02	

注：1、医生和护士隔室操作时，保守取机房所在层四周屏蔽体外最大辐射剂量率进行估算；

2、护士的同室时间按透视模式总时间的 1/3 考虑；

3、技师操作位剂量率取观察窗外剂量率进行估算。

由上表可知，介入手术项目的辐射工作人员年有效剂量最大为 3.92mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)关于职业照射剂量限值的要求，同时满足本项目提出的辐射工作人员剂量约束值不大于 5mSv/a 的要求。表 11.5-4 中职业人员的年受照剂量均通过理论计算而得，相关参数取值较为保守，医院在实际工作中要为职业人员配备个人剂量计，按要求规范佩戴，做好职业人员的个人剂量监测，当个人剂量监测结果与理论计算结果出现偏差时，以个人剂量监测结果为准，以此评估人员受照剂量情况，并加强辐射管理。

## (2) 公众年受照剂量

根据机房周围环境保护范围内公众的可到达性及停留时间对公众的年受照剂量进行分析。

据表 11.5-3 计算结果，分别取摄影模式下和透视模式下机房外辐射剂量率最大值对周围公众进行年有效剂量分析。DSA 设备摄影年出束时间为 16.7h，透视年出束时间为 333.3h；ERCP 设备摄影年出束时间为 16.7h，透视年出束时间为 133.3h；DSA/CT 复合手术室(OR.21)内滑轨 CT 摄影年出束时间为 5.5h。公众年有效剂量计算结果见表 11.5-5。

表 11.5-5 公众年有效剂量计算结果

位置描述	相对于机房方位	透视模式辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年出束时间 (Cb)	摄影模式辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年出束时间 (Cb)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
医技楼南区一层 DSA 介入室 1							
DSA 介入室 2	东侧	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1/2	1.45E-03
设备间、仪器库	西侧	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1/16	1.81E-04
患者走廊	北侧	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1/5	5.79E-04
医护通道	正上方	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1/5	5.79E-04
胃肠镜室	正上方	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1	2.89E-03
等候车厅、排烟机房	正下方	1.55E-03	250	1.50E-01	16.7	1/16	1.81E-04
医技楼南区一层 DSA 介入室 2							
设备间	东侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05

DSA 介入室 1	西侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/2	7.52E-04
患者走廊	北侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
医护通道	正上方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
胃肠镜室	正上方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1	1.50E-03
AGV 取车区	正下方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
医技楼南区一层 DSA 介入室 3							
DSA 介入室 4	东侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/2	7.52E-04
设备间	西侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
患者走廊	北侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
医护通道	正上方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
胃肠镜室	正上方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1	1.50E-03
车道、等候落客区	正下方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
医技楼南区一层 DSA 介入室 4							
缓冲间	东侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
通道	南侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
设备间	南侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
DSA 介入室 3	西侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/2	7.52E-04
患者走廊	北侧	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/5	3.01E-04
术后恢复区	正上方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
等候落客区、停车场、第三方值班室	正下方	7.75E-04	333.3	7.46E-02	16.7	1/16	9.40E-05
医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室 (OR.20)							
CT 室	东侧	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/2	3.76E-04
洁净走廊	南侧	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/5	1.50E-04
设备间	南侧	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/16	4.70E-05
污物走廊	西侧	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/16	4.70E-05
DSA/CT 复合手术 (OR.21)	北侧	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/2	3.76E-04
净化机房、排烟机房	正上方	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/16	4.70E-05
血药浓度检测、临床药学办公	正上方	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1	7.51E-04
餐厅	正下方	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1	7.51E-04
走廊	正下方	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/5	1.50E-04
仪器库、ICU 净化机房	正下方	1.05E-04	333.3	4.29E-02	16.7	1/16	4.70E-05
医技楼南区四层 DSA/CT 复合手术室 (OR.21)							
洁净走廊	东侧	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/5	4.18E-04
CT 室 1、DSA/CT 复合手术室 (OR.20)	南侧	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/2	1.04E-03
污物走廊	西侧	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/16	1.30E-04
设备间	北侧	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/16	1.30E-04

办公、临床药学 办公、药品质量 控制室	正上方	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	i	2.08E-03
上人屋面、茶水 休息/用餐、走廊	正上方	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/5	4.18E-04
护士长办, 办公	正下方	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1	2.08E-03
男更、女更、淋 卫、新风机房、 值班室	正下方	7.03E-05	333.3	DSA: 2.87E-02 滑轨 CT: 2.88E-01	DSA: 16.7 滑轨 CT: 5.5	1/16	1.30E-04
医技楼南区四层 DSA/MRI 复合手术室 (OR.22)							
洁净走廊	东侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/5	3.65E-04
MRI 机房	西侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/2	9.11E-04
CT 室、复合手 术室 (OR.23)	北侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/2	9.11E-04
排烟机房、净化 机房	正上方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
一次性物品库、 包装灭菌区、缓 冲	正下方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
医技楼南区四层 DSA 手术室 1 (OR.26)							
设备间	东侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
洁净走廊	南侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/5	3.65E-04
设备间、气瓶间	西侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
污物走廊	北侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
净化机房	正上方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
去污区	正下方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
医技楼南区四层 DSA 手术室 2 (OR.27)							
OR 库房	东侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
洁净走廊	南侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/5	3.65E-04
设备间	北侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
污物走廊	北侧	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
发放留样、拆 包、库房、一更、 肠内营养配置	正上方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
包装灭菌区	正下方	4.69E-04	333.3	9.98E-02	16.7	1/16	1.14E-04
医技楼南区二层 ERCP 机房							
楼梯	东侧	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/16	1.86E-04
医生准备室	南侧	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/4	7.45E-04
患者走廊	西侧	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/16	1.86E-04
物资室、缓冲 间、处置室	北侧	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/16	1.86E-04
女更、走廊	正上方	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/16	1.86E-04
控制室	正下方	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1	2.98E-03
走廊、卫浴, 更 衣、缓冲	正下方	1.57E-03	133.3	1.66E-01	16.7	1/16	1.86E-04
由于医技楼南区一层介入中心 4 间 DSA 介入室相邻布置, 考虑 DSA 介入室同时使用对公众的叠加影响, 保守取 DSA 介入室外公众年受照剂量最大值进行叠加, 公众年							

受照剂量最大值为  $2.89 \times 10^{-3} + 1.50 \times 10^{-3} + 1.50 \times 10^{-3} + 5.72 \times 10^{-4} = 6.64 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ；医技楼南区四层的 2 间 DSA/CT 复合手术室（OR.20、OR.21）和 CT 室 1 相邻布置，考虑 3 间机房同时使用对公众的叠加影响（CT 的叠加贡献值见表 12.5-5），保守取 3 间机房外公众年受照剂量最大值之和，即  $7.51 \times 10^{-4} + 2.08 \times 10^{-3} + 6.00 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ；医技楼南区四层的 DSA/MRI 复合手术室（OR.22）和 CT 室 2、1 间防辐射手术室（OR.23）相邻布置，考虑 3 间机房同时使用对公众的叠加影响（CT 室 2、防辐射手术室的叠加贡献值见表 12.5-5），保守取 3 间机房外公众年受照剂量最大值之和，即  $9.11 \times 10^{-4} + 3.68 \times 10^{-2} = 3.77 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。再结合表 11.5-5 可知，在本项目运行过程中，介入机房外周围环境公众的年受照剂量最大值为  $6.28 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于公众照射剂量限值的要求，同时满足本项目提出的公众照射剂量约束值不超过  $0.1 \text{mSv/a}$  的要求。

评价项目 50 米范围内为医院内部建筑、道路以及医院外部道路，公众主要是医院内部的非辐射工作人员、患者和家属以及医院外部的流动人群等。通过对本项目介入手术项目机房的辐射防护设计分析，机房相邻区域公众人员受照剂量能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。根据关注点剂量率与关注点距辐射源点的距离成反比关系的规律可知，距离机房越远，辐射剂量率越低，人员可能受到的照射剂量更小。

### 9.5.2.3 介入治疗过程中的防护措施

介入手术需要工作人员近台同室操作，其受照剂量大小与设备曝光时间、患者病情状况等均密切相关，同时也与手术操作人员的工作习惯、技术水平有关。因此，医院在介入工作开展过程中拟采取以下措施：

#### （1）手术医生

①提高放射诊疗技术水平，掌握辐射防护知识、增强辐射防护意识；

②结合诊疗项目实际情况，治疗前应制定和优化治疗方案，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施，以减少受照剂量；

③建议佩戴 2 枚个人剂量计，1 枚佩戴在铅围裙内躯干上，1 枚佩戴在铅围裙外锁骨对应的领口位置；并且将内、外剂量计做明显标记（如以对比鲜明的颜色进行区分等），防止内、外剂量计反戴的情况发生；

④严格开展介入手术医生的个人剂量监测，发现问题及时调查、整改。

## (2) 介入手术时

①时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。根据需要，间隔性踩动脚闸进行出束成像，特别避免长时间连续踩脚闸；

②缩小照射野：在满足影像采集质量和诊疗需要的前提下，尽量缩小照射野、调节透视脉冲频率至最低状态；

③缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

④充分利用各种防护器材：操作者穿戴铅衣、铅颈套、铅帽、铅眼镜、介入防护手套；处于生育年龄者还可加穿铅三角裤；使用床侧铅帘及悬吊铅帘；重大手术需要护士或其他人员在机房内时，除佩戴上述物品，采用移动铅屏风，让上述人员在屏风后待命，并做好其他个人防护。

### 11.5.2.4 其它措施

射线装置在运行过程中发射的 X 射线接触空气，会产生微量臭氧及氮氧化物等有害气体（主要为臭氧），本项目介入手术项目机房均设计了动力排风装置，可保证机房内良好的通风效果，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）关于通风的要求。

## 11.6 事故影响分析

### 11.6.1 辐射事故类型

介入手术项目射线装置可能发生的辐射事故情况如下：

（1）设备投入运行后，由于设备故障、操作不当、没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射。

（2）门灯联锁装置和闭门装置出现故障，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，或射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

（3）机房内无关人员未全部撤出机房，控制室人员操作失误启动射线装置，造成人员误照射。

（4）设备在检查或维修状态下，因违反操作规程或误操作，而造成的误照射。

### 11.6.2 辐射事故应急处理

本项目介入手术用设备均为II类放射诊断用射线装置，参照射线装置分类原则，可能发生的辐射事故为一般辐射事故。发生辐射事故时，事故单位将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向生态环境主管部门报告。若造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

一旦发生辐射事故，将按以下基本原则进行处理：

(1) 第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算被误照射人员的受照剂量，根据估算结果，必要时及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，将尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 事故处理后将整理资料，及时总结报告。医院对辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施等。

### **11.6.3 辐射事故预防措施**

X 射线诊断项目可能发生的辐射事故主要是存在管理问题，医院将加强对相关放射防护法规的学习，提高辐射安全防护观念和水平。在项目运营过程中采取以下辐射事故预防措施：

(1) 医院认真组织辐射工作人员参加辐射安全与防护培训及专业技术的知识学习，使用 II 类射线装置的工作人员必须在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗；

(2) 辐射工作人员配备符合标准要求的个人防护用品，并正确指导受检者穿戴；

(3) 定期对辐射工作场所及设备的辐射防护性能进行检测和检查，有异常及时整改；

(4) 在辐射工作场所醒目位置设置电离辐射警告标志、工作状态指示灯及警示语句，防护门与工作状态指示灯有效关联；

(5) 定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，工作人员职业照射个人剂量监测档案终生保存；

(6) 辐射安全防护管理领导小组将对辐射工作人员的辐射安全管理制度执行情况进行监督、检查；

(7) 定期对硬件防护措施（如门灯关联、工作状态指示灯）进行检查。

## 表 12 普通放射诊断项目

本次普通放射诊断项目包含的射线装置机房：14 间 CT 机房、16 间 DR 机房、1 间碎石机房、3 间乳腺机房、1 间数字胃肠机房、3 间骨密度机房、10 间 C 臂机房（包括 9 间防辐射手术室、1 间呼吸镜室）、1 间口腔 CBCT 机房、1 间全景机房和 1 间牙片机房，拟使用 14 台 CT、16 台 DR、1 台碎石机、3 台乳腺机、1 台数字胃肠机、3 台骨密度仪、10 台移动 C 臂机、1 台口腔 CBCT、1 台口腔全景机和 1 台牙片机，共 51 台Ⅲ类射线装置。

本项目核医学科包含 1 间骨密度机房，拟使用 1 台骨密度仪。该项目内容在此章节进行分析。

### 12.1 设备和工艺分析

#### (1) 设备组成及工作原理

本项目涉及的普通放射诊断用射线装置主要有 CT、DR、碎石机、乳腺机、数字胃肠机、骨密度仪、移动 C 臂机、口腔 CBCT、牙科全景机和牙片机。根据《射线装置分类》，均属于Ⅲ类射线装置，主要用于 CT 检查、透视和摄影等放射诊断，各种 X 射线装置是放射诊断的射线来源。产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

#### ①CT

CT 是计算机断层 X 射线摄影术（Computed Tomography）的简称，它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

#### ②DR、碎石机

DR 和碎石机射线装置均是利用 X 射线对人体不同组织穿透力不同的原理，寻找病灶部位、形状及体积大小并予以定位、摄影，永久记录被检部位影像的设备，这种方法比透视能发现更多有诊断价值的信息。

### ③乳腺机

乳腺拍片是乳腺病检查中常用的一项检查方法，它可以协助医生早期发现和诊断乳腺的良性肿瘤和恶性肿瘤。利用软 X 线对乳腺组织进行投照，通过胶片进行感光，经过显定影等程序进行成像。

### ④数字胃肠机

胃肠机是供医生做消化道 X 射线透视检查过程中，适时拍摄，记录有诊断价值的被检部位或病变影像的摄影装置，该装置可进行单片摄影和单片分割摄影。由于胃肠消化道均由软组织组成，缺乏自然对比度，因而用普通造影方法取得的 X 射线照片很难将其区分出来，为此，临床上利用造影剂检查，其方法有钡餐常规造影。钡餐常规造影是把钡餐类造影剂由病人自行引入后，根据造影剂在消化道内运行情况，在透视状态下观察，当发现有价值而需要记录的病灶时，利用胃肠机将病灶拍摄下来，为医疗诊断提供依据。

### ⑤骨密度仪

骨密度仪是测定人体骨矿并获得各项相关数据的医疗检测仪器，通过 X 射线管球经过一定的装置获得两种能量、即低能和高能光子峰。此种光子峰穿透身体后，扫描系统将所接收的信号送至计算机进行数据处理，得出骨矿物质含量。该仪器可测量全身任何部位的骨量，精确度高，对人体危害较小，检测一个部位的放射剂量相当于一张胸片的 1/30，QCT 的 1%。

### ⑥移动 C 臂机

移动 C 臂机一般由高压发生器、X 线管、操作控制系统、增强器输入屏等部分组成。机器臂的两端分别安装着 X 线管头和增加摄像组件，由于两者是通过机器臂的圆心相对安装的，因此机器臂处于任何状态，X 射线中心线都正对增强器输入屏中心。移动 C 臂机主要用于手术中的透视，如对异物进行透视定位，观察骨折患者复位过程及骨科手术的固定情况。可方便配合患者不同部位进行手术定位、透视。

### ⑦口腔 CBCT

口腔 CBCT 是围绕人体的一段容积螺旋式地采集数据。口腔 CBCT 与常规 CT 的本质区别在于前者获得的是三维信息，而后者获得的是二维信息。口腔 CBCT 提高了扫描速度，扫描覆盖面广，无间隙采集容积数据，便于各种方式、各个角度的影像重建，且可以任意地、回顾性重建。口腔 CBCT 三维重建技术有多平面重组法(MPR)、最大密度投影法(MIP)、表面阴影显示法(SSD)及容积再现法(VR)等，根据不同部位、病变和临

床要求,选择不同的重建方法。口腔 CBCT 在牙科 CT 成像软件(dental CT program, DCT)的帮助下,可重建获得颌-口腔全景图像和各方位断层图像,图像清晰直观,已被成功用于种植牙术前测量、口腔炎症、肿瘤和口腔上颌窦瘘等多种疾病的诊断。口腔 CBCT 扫描形式分为站位扫描、坐位扫描以及卧位扫描三种,本项目机房有效使用面积和机房内最小单边长度按照站位扫描和坐位扫描方式进行设计建设。

### ⑧牙科全景机

牙科全景机通常由 X 射线发生装置、狭缝光阑和口外影像接收器组成。X 射线发生装置和口外影像接收器之间相对运动。用于口腔颌面部(包括如上下颌骨、上颌窦、颞下颌关节及牙齿部位)的曲面断层成像,可能带有头颅侧位成像功能,供临床诊断用,在口腔专业检查和治疗过程中发挥重要作用。

### ⑨牙片机

牙片机是用于拍摄牙片的专用 X 线机。这种机器输出功率小、所以都采用组合机头方式。牙科 X 线机所用照射野范围很小,因此采用指向性强的遮线筒直接对准受检部位。机头由可伸缩和升降的平衡曲臂支持,可以使组合机头在一定范围内的任意高度和位置停留并固定。这样,在病人体位固定后,仅移动 X 线机头就可以对任意一颗牙齿摄影。

## (2) 工作流程及产污环节

### ①移动 C 臂机

本项目移动C臂机在防辐射手术室、呼吸镜室等机房内使用,手术医生操作模式为隔室操作或者同室远台操作,不开展血管造影手术,主要开展骨科手术(整骨、打钉、外科取体内异物等)和支气管等相关手术。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》(环境保护部国家卫生和计划生育委员会 公告2017年第66号)对射线装置的分类,C臂机属于III类射线装置。

C臂机利用X射线机产生的X射线对患者进行诊断,其工作流程如下:

a) 接诊医师根据诊断目的和受照人员特征进行正当性判断,确定照射符合正当性要求后,确定手术时间;

b) 医护人员完成术前准备,打开电源开关,启动C臂机,待设备自检完成进入待工作状态;

c) 将患者推入手术室,进行常规手术;

d) 根据患者病情的需求, 确定患者需利用C臂机进行诊断的部位; OR.23手术室的患者需要进行CT诊断时, 医护人员可打开与CT室2的连通门, 将患者转移到CT室2进行诊断;

e) 按确定的诊断的部位, 调整好曝光视野等参数;

f) 正常情况下, 所有人退出机房; 隔室操作, 控制设备曝光; 少数手术需要医护人员身穿铅围裙在移动铅屏风后进行同室远台操作。

g) 诊断完毕, 锁紧所有制动开关;

h) 医护人员回到手术室继续进行手术。

C臂机诊断机曝光时, 主要污染因子为X射线、臭氧和氮氧化物。

## ②CT及其它射线装置

射线装置在固定的CT机房内进行使用, 工作人员隔室操作。其工作流程如下:

接通电源、开机→核对患者信息→摆位→曝光(工作人员亦都撤离到机房外, 技师在控制室中进行隔室操作)→诊断结束, 保存患者影像资料, 患者离开→关机。

主要产污环节是射线装置在曝光过程中产生的X射线及微量臭氧和氮氧化物。

## 12.2 普通放射诊断项目污染源项分析

### (1) 正常工况

正常工作状况下, X 射线管产生 X 射线。X 射线在开机时产生, 关机时消失。X 射线防护所要考虑的是 X 射线的透射、散射和泄漏辐射, 需做好外照射防护。放射影像诊断项目无放射性“三废”产生。

### (2) 事故工况

①在给病人做检查时, 设备控制键失效, 无法停止出束, 导致病人受到意外照射。

②X 射线装置的连锁装置出现故障, 在屏蔽门没有关紧的情况下出束, 对门外人员造成误照射。

③X 射线装置在安全连锁装置发生故障状况的情况下, 人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射。

表 12.2-1 III类射线装置污染源项情况表

射线装置	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)
CT	待定	150	1300
DR	待定	150	1250
碎石机	待定	125	200

乳腺机	待定	50	500
数字胃肠机	待定	150	1000
骨密度仪	待定	150	10
移动 C 臂机	待定	150	1000
口腔 CBCT	待定	120	30
牙科全景机	待定	120	30
口内牙片机	待定	70	10

## 12.3 普通放射诊断项目设施安全与防护分析

### 12.3.1 工作场所布局及分区情况

#### 12.3.1.1 工作场所布局

根据不同科室对射线装置的配置需求，本项目分别在医技楼地下二层、发热门诊一层、感染性疾病防治楼一层、门诊综合楼南区一层至四层、门诊综合楼北区一层、三层、医技楼南区一层、四层、医技楼北区一层、住院楼综合楼 A 塔九层及规培楼二层分别设置普通放射诊断设备（Ⅲ类射线装置）机房，所有机房六面相邻场所尽可能避开了敏感人群长时间停留区域，不与产科、儿科相邻，机房周围 50 米评价范围内主要为医院内部区域、医院四周道路及西侧的中亚硅谷二、三号馆、会议中心，无居民区、学校等环境敏感目标；同时按照射线装置使用要求相应配套设置控制廊或控制室，保证隔室操作的要求，也根据医院诊疗流程相关要求尽可能做到医患通道、人流物流通道分开，综上所述，本项目普通放射诊断设备机房布局合理。

本项目普通放射诊断项目包含的射线装置机房：14 间 CT 机房、16 间 DR 机房、1 间碎石机房、3 间乳腺机房、1 间数字胃肠机房、3 间骨密度机房、10 间 C 臂机房（包括 9 间防辐射手术室、1 间呼吸镜室）、1 间口腔 CBCT 机房、1 间全景机房和 1 间牙片机房，共使用 51 台Ⅲ类射线装置。上述机房的工作场所布局见图 12.3-1 至图 12.3-15。

核医学科包含的普通放射诊断机房：1 间骨密度机房，使用 1 台Ⅲ类射线装置。机房布局见图 9.3-1。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房布局要求、最小有效使用面积及最小单边长度要求，与本项目进行对照分析，结果见表 12.3-1、表 12.3-2。

表 12.3-1 机房布局与标准对照分析

项目	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ 130-2020) 要求	设置情况	是否满足要求
机房布局	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的布局要求	每台射线装置均设有单独的机房, 机房满足设备的布局要求	满足
	X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全	每间机房六面均采取了相应的屏蔽防护措施, 考虑了邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全, 机房相邻场所不涉及敏感人群集中的功能房间	满足
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置, 应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目使用的设备有用线束朝向患者待检处, 并被始终处于正对方位的探测器所阻挡, 不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足

表 12.3-2 本项目射线装置机房使用面积符合性评价表

机房位置	机房名称	机房设计有效使用面积及尺寸	标准要求: 最小有效使用面积/最小单边长度	评价	
发热门诊楼一层	CT 机房	6.5m×5.1m=33.1m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合	
	DR 机房	6.5m×3.6m=23.4m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
感染性疾病防治楼一层	CT 机房	6.8m×5.5m=37.4m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合	
	DR 机房	5.6m×5.2m=29.1m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
门诊综合楼南区	一层急诊科	CT 机房	6.2m×5.3m=32.8m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		DR 机房	4.8m×4.7m=22.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
	一层急救科	DR 机房	6.2m×4.3m=26.6m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
	一层骨与运动学科	DR 机房	4.7m×4.4m=20.6m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
	二层碎石中心	碎石机房	5.3m×4.6m=24.3m <sup>2</sup>	15m <sup>2</sup> /3.0m	符合
	四层口腔科	口腔 CBCT 机房	3.8m×2.5m=24.3m <sup>2</sup>	5m <sup>2</sup> /2.0m	符合
		全景机房	2.3m×2.3m=5.2m <sup>2</sup>	5m <sup>2</sup> /2.0m	符合
牙片机房		2.4m×2.4m=5.7m <sup>2</sup>	3m <sup>2</sup> /1.5m	符合	
门诊综合楼北区	一层体检中心	CT 机房	6.1m×5.2m=31.7m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		DR 机房 1	4.9m×4.7m=23.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 2	5.0m×4.1m=20.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		骨密度机房	4.1m×3.4m=13.9m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合
		乳腺机房	3.8m×3.2m=12.1m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合
	三层 VIP 体检中心	CT 机房	6.6m×5.4m=35.6m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
	骨密度机房	6.0m×2.8m=16.8m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合	
医技楼	一层放射	CT 机房 1	6.4m×5.2m=33.2m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合

机房位置		机房名称	机房设计有效使用面积及尺寸	标准要求: 最小有效使用面积/最小单边长度	评价
南区	科	CT 机房 2	6.4m×5.6m=35.8m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		CT 机房 3	6.4m×5.9m=37.7m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		CT 机房 4	6.4m×5.6m=35.8m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		CT 机房 5	6.6m×5.7m=37.6m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		CT 机房 6	6.6m×5.5m=36.3m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		DR 机房 1	4.9m×4.7m=23.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 2	5.4m×5.0m=27.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 3	5.5m×5.0m=27.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 4	5.3m×5.0m=26.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 5	6.3m×5.4m=34.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 6	5.8m×5.4m=31.3m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		胃肠机房	5.3m×4.9m=25.9m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		乳腺机房	4.9m×3.5m=17.1m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合
		骨密度机房	4.9m×4.2m=20.5m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合
四层手术中心	CT 室 2	6.9m×5.0m=34.5m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.12	8.2m×5.4m=44.2m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.13	8.2m×5.4m=44.2m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.16	8.5m×5.3m=45.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.17	8.5m×5.3m=45.0m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.18	8.2m×5.5m=45.1m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.19	7.3m×6.7m=48.9m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.23	9.9m×5.0m=49.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.24	7.3m×6.7m=48.9m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
	防辐射手术室 OR.28	9.6m×5.4m=51.8m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	
医技楼北区	一层第二影像科	CT 机房 1	6.1m×5.3m=32.3m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		CT 机房 2	6.1m×5.4m=32.9m <sup>2</sup>	30m <sup>2</sup> /4.5m	符合
		DR 机房 1	6.1m×4.1m=24.4m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		DR 机房 2	5.5m×4.1m=22.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合
		乳腺机房	4.1m×4.0m=16.4m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合
医技楼地下二层	骨密度机房	4.0m×2.9m=11.6m <sup>2</sup>	10m <sup>2</sup> /2.5m	符合	
住院楼综合楼 A 塔	呼吸镜室 (移	5.0m×4.3m=21.5m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合	

机房位置	机房名称	机房设计有效使用面积及尺寸	标准要求: 最小有效使用面积/最小单边长度	评价
九层	动C臂机)			
规培楼二层	DR 机房	5.7m×3.9m=22.2m <sup>2</sup>	20m <sup>2</sup> /3.5m	符合

经对照分析可知, III类射线装置机房均采取了防辐射的屏蔽措施, 能够满足放射诊断需求, 并且充分考虑了相邻场所的防护, III类射线装置机房的有效使用面积和最小单边长均满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 平面布局的要求, 因此, 本项目工作场所布局合理。

### 12.3.1.2 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 等相关标准对控制区和监督区的定义, 结合项目辐射防护情况, 将机房内部区域划为控制区, 机房相邻的房间或屏蔽体外相邻 30cm 区域划为监督区。

控制区通过实体屏蔽措施、警示标志等进行控制管理, 在射线装置使用时, 除医护人员和患者外, 禁止其他人员进入; 监督区通过电离辐射警告标志提醒人员尽量避开该区域, 并委托有资质的单位定期对监督区进行监测、检查, 如果发现异常应立即查找原因、进行整改, 整改完成后方可继续使用射线装置。

本项目III类射线装置工作场所分区情况如下, 红色区域表示控制区, 黄色区域表示监督区, 医技楼地下二层核医学科的骨密度机房分区情况见图 9.3-2:

#### (1) 发热门诊楼

一层: 1 间 CT 机房和 1 间 DR 机房, 其分区情况见图 12.3-1。

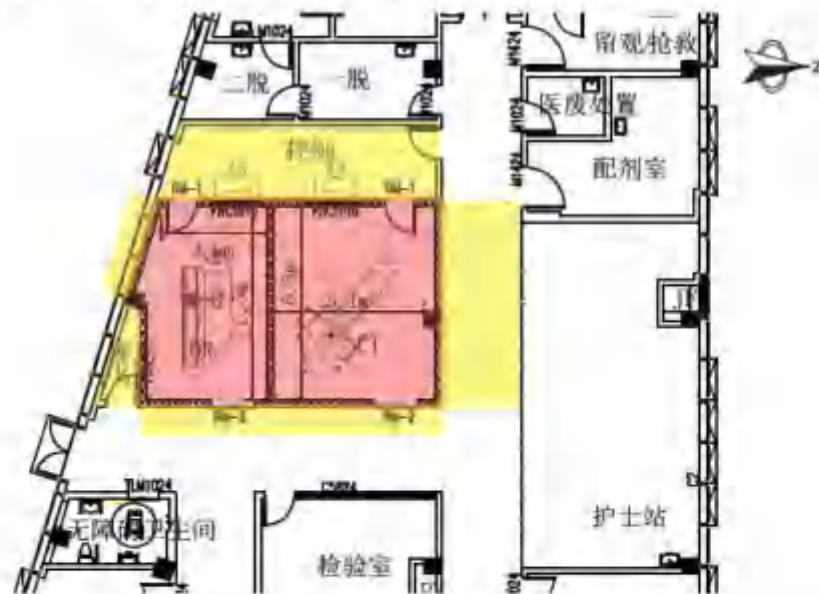


图 12.3-1 发热门诊楼一层射线装置机房两区划分示意图

## (2) 感染性疾病防治楼

一层: 1间 CT 机房和1间 DR 机房, 其分区情况见图 12.3-2。

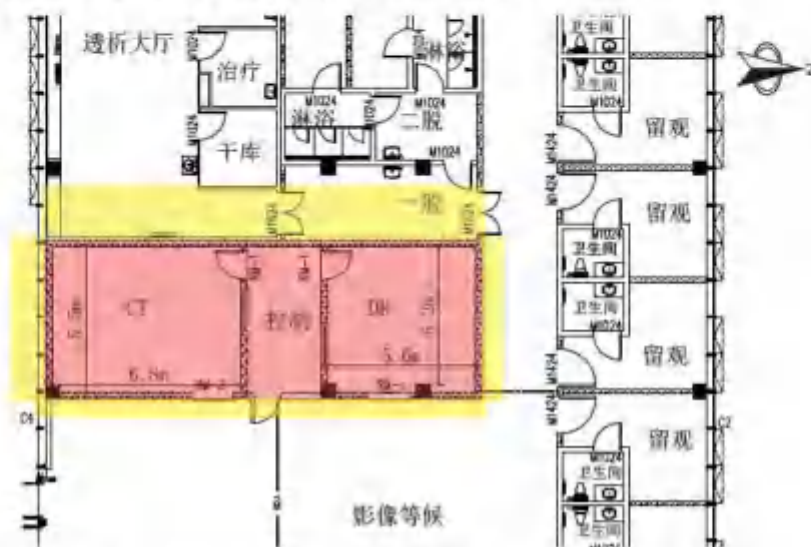


图 12.3-2 感染性疾病防治楼一层射线装置机房两区划分示意图

## (3) 门诊综合楼南区

①一层急诊科: 1间 CT 机房和1间 DR 机房, 其分区情况见图 12.3-3。



图 12.3-3 门诊综合楼南区一层急诊科射线装置机房两区划分示意图

②一层急救科: 1间 DR 机房, 其分区情况见图 12.3-4。



④四层口腔科：1间口腔CBCT机房、1间全景机房和1间牙片机房，其分区情况见图12.3-7。



图 12.3-7 门诊综合楼南区四层口腔科射线装置机房两区划分示意图

(4) 门诊综合楼北区

①一层体检中心：1间CT机房、2间DR机房、1间骨密度机房和1间乳腺机房，其分区情况见图12.3-8。



图 12.3-8 门诊综合楼北区一层体检中心射线装置机房两区划分示意图

②三层VIP体检中心：1间CT机房和1间骨密度机房，其分区情况见图12.3-9。

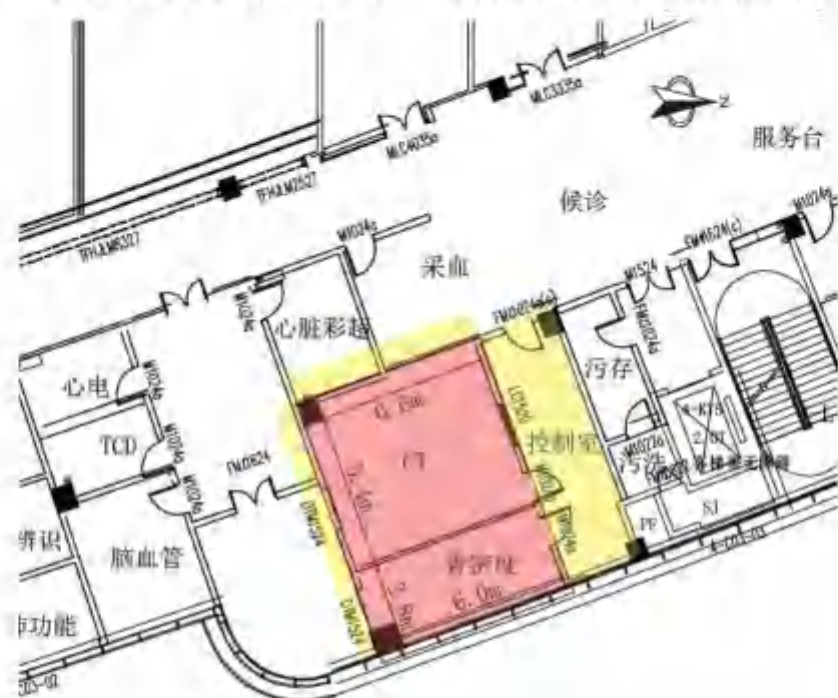


图12.3-9 门诊综合楼北区三层VIP体检中心射线装置机房两区划分示意图

(5) 医技楼南区

①一层放射科：6间CT机房、6间DR机房、1间胃肠机房、1间乳腺机房和1间骨密度机房，其分区情况见图12.3-10。



图12.3-10 医技楼南区一层放射科射线装置机房两区划分示意图

②四层手术中心：1间CT室（CT室2）、和9间防辐射手术室（使用移动C臂机），其分区情况见图 12.3-11。



图 12.3-11 医技楼南区四层Ⅲ类射线装置机房两区划分示意图

(6) 医技楼北区

一层第二影像科：2间CT机房、2间DR机房、1间胃肠机房、1间乳腺机房和1间骨密度机房，其分区情况见图 12.3-12。



图 12.3-12 医技楼北区一层第二影像科射线装置机房两区划分示意图

(7) 住院楼综合楼 A 塔

九层：1 间呼吸镜室（使用 1 台移动 C 臂机），其分区情况见图 12.3-13。



图 12.3-13 呼吸镜室两区划分示意图

(8) 规培楼

二层：1 间 DR 机房，其分区情况见图 12.3-14。

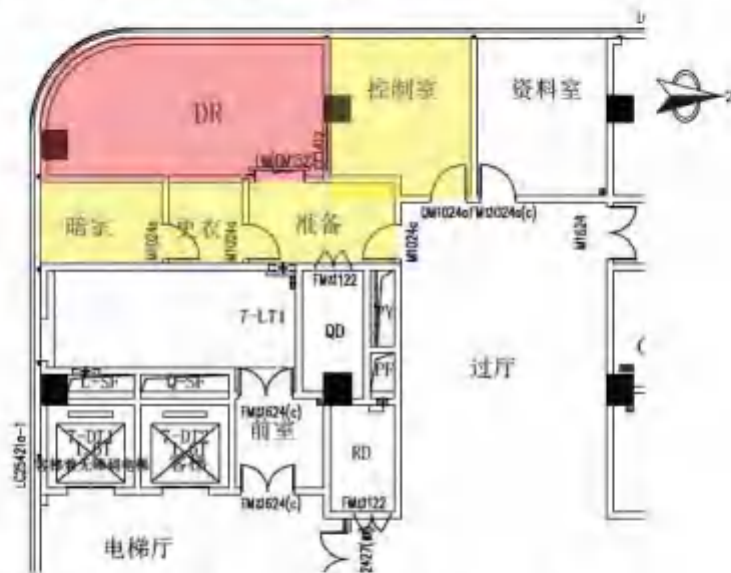


图 12.3-14 规培楼二层 DR 机房两区划分示意图

12.3.2 辐射防护屏蔽设计

依据设计单位提供的机房防护设计方案，将机房各屏蔽体的主要技术参数列表分析，并根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对 X 射线机房屏蔽措施、防护措施，对本项目 III 类射线机房的屏蔽防护设计方案进行对照分析。

参考《放射诊断放射防护要求》附录 C 的 C.1.2 中 (式 C.1) 及 (式 C.2) 进行等效铅当量厚度的计算。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 12.3-1})$$

式中:

- $B$ ——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子;
- $\alpha$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\beta$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\gamma$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $X$ ——屏蔽物质厚度。

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \quad (\text{式 12.3-2})$$

式中:

- $X$ ——不同屏蔽物质的铅当量厚度;
- $\alpha$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\beta$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\gamma$ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $B$ ——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子。

屏蔽材料在进行铅当量换算时,保守考虑按照主束方向选取相应的拟合参数进行计算。牙片机最大管电压为 70kV,乳腺机的最大管电压为 50kV,保守按照 70kV 的拟合参数计算;碎石机、移动 C 臂机的最大管电压为 125kV,口腔 CBCT、牙科全景机的最大管电压为 120kV,保守按照 125kV 的拟合参数计算;CT 机、DR 机、数字胃肠机、骨密度仪的最大管电压为 150kV,按照 150kV 的拟合参数计算。不同屏蔽材料对不同管电压下的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 12.3-3。

表 12.3-3 铅、混凝土、实心砖对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

电压 (kV)	铅			混凝土			实心砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
70	5.369	23.49	0.5881	0.05087	0.1696	0.3847	0.0506	0.137	0.715
125 (主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
150 (主束)	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467	-	-	-

由于《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)标准中没有硫酸钡水泥和150kV管电压条件下对应的砖的拟合参数,硫酸钡水泥和实心砖的铅当量参考《放射防护实用手册》(主编赵兰才 张丹枫)P105,见表12.3-4。

表 12.3-4 低能 X 射线屏蔽材料的铅当量

材料和密度	管电压 (kV)	不同铅当量 (mmPb) 的材料厚度 (mm)			
		1	2	3	4
钡水泥 ( $\rho=2.79\text{g/cm}^3$ )	120	9.5	19	31	-
	150	17	38	65	90
黄砖 ( $\rho=1.60\text{g/cm}^3$ )	150	130	240	340	-

不同管电压条件下不同厚度混凝土、实心砖、硫酸钡的等效铅当量折算情况见表12.3-5。

表 12.3-5 不同管电压下的屏蔽材料铅当量折算结果

屏蔽材料	最大使用电压 kV	屏蔽设计厚度 mm	铅当量折算 mmPb
混凝土	70	180	1.9
		160	1.7
		120	1.3
		110	1.2
	125	200	2.6
		110	1.3
	150	350	4.6
		300	3.7
		250	2.9
		160	1.6
120		1.2	
实心砖	70	240	2.1
		240	2.3
	150	240	2.0
		240	2.0
硫酸钡水泥	120	10	1.0
		20	2.0
	150	20	1.0
		40	2.0
		65	3.0

注: 1、125kV 电压下的拟合参数保守选取主束条件的拟合参数;

2、最大管电压为125kV 设备,按120kV 管电压下钡水泥对应参数进行折算。

对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中对 X 射线机房屏蔽、防护设计的技术要求,对本评价项目屏蔽措施进行对照分析,结果见表 12.3-6。

表 12.3-6 本项目普通放射诊断项目机房拟采取屏蔽措施分析

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求
发热门诊楼一层、感染性疾病防治楼一层	CT 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合
		地板	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		顶棚	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	DR 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
门诊综合楼南区一层急诊科	CT 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合
		地板	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		顶棚	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	DR 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	250mm 混凝土 (2.9mmPb) +20mm 硫酸钡水泥 (1.0mmPb)	3.9mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
门诊综合楼南区一层	DR 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb	符合

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求
急救科		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb	非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		顶棚	250mm 混凝土 (2.9mmPb)+20mm 硫酸钡水泥 (1.0mmPb)	3.9mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
门诊综合楼南区一层骨与运动学科	DR 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb)+40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	110mm 混凝土 (1.0mmPb)+65mm 硫酸钡水泥 (3.0mmPb)	4.0mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
门诊综合楼南区二层碎石中心	碎石机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.3mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	110mm 混凝土	1.3mmPb		符合
		顶棚	110mm 混凝土	1.3mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
门诊综合楼南区四层口腔科	口腔 CBCT 机房、全景机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.3mmPb	有用线束方向 ≥2.0mmPb 非有用线束方向 ≥1.0mmPb	符合
		地板	200mm 混凝土	2.6mmPb		符合
		顶棚	200mm 混凝土	2.6mmPb		符合
		防护门	内衬 3mmPb 防护门	3mmPb		符合
		观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb		符合
	牙片机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.1mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	110mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		顶棚	110mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
门诊综合楼北区一层	CT 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb)+40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求
体检中心		地板	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		顶棚	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	DR 机房 1-2	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	乳腺机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.1mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	160mm 混凝土	1.6mmPb		符合
		顶棚	110mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
	骨密度机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.0mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	160mm 混凝土	1.6mmPb		符合
		顶棚	120mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
	门诊综合楼北区三层VIP体检中心	CT 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb
地板			110mm 混凝土 (1.0mmPb) +40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	3.0mmPb	符合	
顶棚			250mm 混凝土	2.9mmPb	符合	
防护门			内衬 4mmPb 防护门	4mmPb	符合	
观察窗			4mmPb 铅玻璃	4mmPb	符合	
骨密度机房		四周墙体	240mm 实心砖	2.0mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	120mm 混凝土	1.2mmPb		符合

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求
		顶棚	120mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
医技楼地下二层	骨密度机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.0mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	110mm 混凝土（下方为土层）	/		/
		顶棚	350mm 混凝土	4.6mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
医技楼南区一层放射科	CT 机房 1-6	四周墙体	240mm 实心砖（2.0mmPb）+40mm 硫酸钡水泥（2.0mmPb）	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合
		地板	250mm 混凝土（2.9mmPb）+20mm 硫酸钡水泥（1.0mmPb）	3.9mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	DR 机房 1-6	四周墙体	240mm 实心砖（2.0mmPb）+40mm 硫酸钡水泥（2.0mmPb）	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	乳腺机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.1mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	180mm 混凝土	1.9mmPb		符合
		顶棚	110mm 混凝土	1.2mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
	胃肠机房	四周墙体	240mm 实心砖（2.0mmPb）+40mm 硫酸钡水泥（2.0mmPb）	4.0mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求	
		顶棚	250mm 混凝土 (2.9mmPb) + 20mm 硫酸钡水泥 (1.0mmPb)	3.9mmPb	束方向 ≥2.0mmPb	符合	
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合	
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合	
	骨密度机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.0mmPb	≥1.0mmPb	符合	
		地板	120mm 混凝土	1.2mmPb		符合	
		顶棚	120mm 混凝土	1.2mmPb		符合	
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合	
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合	
	医技楼 南区四 层手术 中心	CT室2	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) + 40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合
			地板	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合
顶棚			110mm 混凝土 (1.0mmPb) + 40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	3.0mmPb	符合		
防护门			内衬 4mmPb 防护门	4mmPb	符合		
观察窗			4mmPb 铅玻璃	4mmPb	符合		
防辐射手术 室 (OR.12-13、 OR.16-OR.19 、OR.23-24、 OR.28)		四周墙体	240mm 实心砖 (2.3mmPb) + 10mm 硫酸钡水泥 (1.0mmPb)	3.3mmPb	≥2.0mmPb	符合	
		地板	110mm 混凝土 (1.3mmPb) + 20mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	3.3mmPb		符合	
		顶棚	200mm 混凝土	2.6mmPb		符合	
		防护门	内衬 3mmPb 防护门	3mmPb		符合	
		观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb		符合	
医技楼 北区一 层第二 影像科	CT 机房 1~2	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) + 40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	≥2.5mmPb	符合	
		地板	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合	
		顶棚	250mm 混凝土	2.9mmPb		符合	
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合	
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合	
	DR 机房 1~2	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) + 40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4.0mmPb	有用线束 方向	符合	

机房位置	机房名称	屏蔽体	屏蔽防护设计厚度	折算总铅当量	标准要求	是否符合要求
			酸钡水泥 (2.0mmPb)		≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合
	乳腺机房	四周墙体	240mm 实心砖	2.1mmPb	≥1.0mmPb	符合
		地板	160mm 混凝土	1.7mmPb		符合
		顶棚	120mm 混凝土	1.3mmPb		符合
		防护门	内衬 2mmPb 防护门	2mmPb		符合
		观察窗	2mmPb 铅玻璃	2mmPb		符合
住院楼综合楼 A 塔九层	防辐射手术室 (呼吸镜室)	四周墙体	240mm 实心砖 (2.3mmPb) + 10mm 硫酸钡水泥 (1.0mmPb)	3.3mmPb	≥2.0mmPb	符合
		地板	200mm 混凝土	2.6mmPb		符合
		顶棚	200mm 混凝土	2.6mmPb		符合
		防护门	内衬 3mmPb 防护门	3mmPb		符合
		观察窗	3mmPb 铅玻璃	3mmPb		符合
规培楼二层	DR 机房	四周墙体	240mm 实心砖 (2.0mmPb) + 40mm 硫酸钡水泥 (2.0mmPb)	4mmPb	有用线束方向 ≥3.0mmPb 非有用线束方向 ≥2.0mmPb	符合
		地板	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		顶棚	300mm 混凝土	3.7mmPb		符合
		防护门	内衬 4mmPb 防护门	4mmPb		符合
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb		符合

注：实心砖密度不小于 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度不小于 2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡水泥密度不小于 2.79g/cm<sup>3</sup>。

由表 12.3-6 可知，项目机房的四面墙体、顶棚、地板、防护门以及观察窗采取了辐射屏蔽措施，机房的墙体采用实心砖或实心砖+硫酸钡水泥的形式；地板和顶棚主要采用混凝土或混凝土附加少量硫酸钡的形式。本项目射线装置机房充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度符合标准要求，从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目射线装置机房的屏蔽措施设计满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关防护设施的技术要求。

### 12.3.3 管线设计及穿墙位置屏蔽补偿

针对本项目新建机房的实际情况,设计单位给出了通用的管线穿墙屏蔽补偿设计方案,将合理布置管线穿墙位置,在地板设置降板,将电缆管线在降板处布设,避免主射线直接照射管线口,穿墙洞口位置采用与所在墙体相同铅当量的铅盖板进行覆盖,确保管线穿墙口位置与所在墙体具有相同的屏蔽厚度,满足整个机房屏蔽防护要求。

### 12.3.4 辐射防护用品配备

根据国家标准要求,放射诊疗过程中相关辐射工作人员和患者应佩戴防护用品,以减少不必要的照射。设备投入使用前,医院应按标准要求配备防护用品,详见表 12.3-7。

表 12.3-7 本项目每间III类射线装置机房防护用品配备情况

放射检查类型(涉及射线装置)	使用对象	每台 X 射线设备配备的防护用品(mmuPb)
放射诊断学用 X 射线设备隔室透视、摄影(DR、数字胃肠机、乳腺机、骨密度仪、碎石机)	成人受检者	铅橡胶性腺防护方巾(0.5)1件、 铅橡胶颈套(0.5)1件
	儿童	儿童铅橡胶性腺防护方巾(0.5)1件、 儿童铅橡胶颈套(0.5)1件
	辅助防护措施	可调节防护窗口的立位防护屏(0.5)1件
CT 隔室体层扫描(CT 机)	成人受检者	铅橡胶性腺防护方巾1件(0.5)、铅橡胶颈套1件(0.5)
	儿童	铅橡胶性腺防护方巾1件(0.5)、铅橡胶颈套1件(0.5)
骨科复位等设备旁操作(移动 C 臂机)	成人受检者	铅橡胶性腺防护方巾(0.5)1件、 铅橡胶颈套(0.5)1件
	工作人员	铅橡胶围裙/铅衣(0.5)2件
	辅助防护措施	移动铅防护屏风(2.0)1件
	儿童	儿童铅橡胶性腺防护方巾(0.5)1件、 儿童铅橡胶颈套(0.5)1件
牙科全景体层摄影,口腔 CBCT(口腔 CBCT、全景机)	成人受检者	大领铅橡胶颈套(0.5)1件
	儿童	儿童大领铅橡胶颈套(0.5)1件
口内牙片摄影(牙片机)	成人受检者	大领铅橡胶颈套(0.5)1件
	儿童	儿童大领铅橡胶颈套(0.5)1件

### 12.3.5 辐射安全防护措施

本项目防护措施设计方案与标准对照分析见表 12.3-8 所示。

表 12.3-8 本项目放射诊断机房防护措施与标准对照表

项目	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	本项目设置情况	是否满足要求
防护措施	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况	每间放射诊断机房设置观察窗或摄像头，并且优先设置观察窗，观察窗设置于机房和控制室之间，观察窗或摄像头的位置能够方便地观察到受检者状态及防护门开闭情况。	满足
	机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物	每间机房内仅放置与设备诊断相关的用品，不存在与诊断无关的杂物	满足
机房通风	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风	每间机房均设动力通风系统，使机房保持良好的通风	满足
标志、指示灯	平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；电动推拉门宜设置防夹装置	每间机房的平开门拟设置自动闭门装置，推拉式机房门拟设曝光时关闭机房门的管理措施；电动推拉门设置防夹装置	满足
	工作状态指示灯能与机房门有效关联	每间机房患者防护门上方均设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与防护门设置有效关联	满足
	机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句	每间机房门外拟设置电离辐射警告标志；在患者门防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句	满足
	候诊区应设置放射防护注意事项告知栏	在每间机房外患者候诊区设置放射防护注意事项告知栏	满足
受检者候诊区	受检者不应在机房内候诊，非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内	受检者候诊区均设置在机房外侧，并严格管理，不在机房内候诊	满足

综上所述，本项目普通放射诊断机房的防护措施满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关技术要求。

## 12.4 放射性三废的治理

本项目III类射线装置在使用过程中无放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，产生的废气主要是微量臭氧和氮氧化物，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求，拟在所有机房内设置动力排风装置，可保证机房内良好的通风效果。

## 12.5 普通放射诊断项目环境影响分析

### 12.5.1 建设阶段对环境的影响

同 9.5.1 核医学项目建设阶段对环境的影响。

### 12.5.2 运行阶段对环境的影响

#### (1) 工作场所辐射水平分析

根据第 12.3 节对机房的防护设施分析，普通放射诊断机房四面墙体、顶棚、地板、观察窗、防护门、最小有效面积和最小单边长度等防护参数均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相关防护设施的技术要求。因此，正常运行条件下，本项目Ⅲ类射线装置机房可以满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对机房屏蔽体外辐射剂量率限值的相关要求，具体如下：

①具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。

②CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景机、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h；

③具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

## （2）人员受照剂量估算

根据前述分析，在达到标准要求的机房尺寸和屏蔽防护厚度情况下，DR 机房、胃肠机房（摄影状态下）屏蔽体外周围剂量当量率最大值为 25μSv/h；CT 机房、胃肠机房（透视状态下）、乳腺机房、骨密度机房、碎石机房、口腔 CBCT 机房、全景机房、牙片机房和 C 臂机房（防辐射手术室、呼吸镜室）屏蔽体外周围剂量当量率最大值为 2.5μSv/h。根据本项目各普通放射诊断项目机房屏蔽厚度情况，所有普通放射机房的屏蔽体折算总铅当量均满足标准中最低铅当量厚度要求，并合理设计了一定余量。

参考《放射诊断放射防护要求》附录 C 的 C.1.2 中（式 C.1）及（式 C.2）进行屏蔽透射因子的计算，见式 12.5-1，不同屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数见表 12.5-1。

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式 12.5-1})$$

式中：

B——给定屏蔽物质厚度的屏蔽透射因子；

$\alpha$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\beta$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ ——屏蔽物质对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——屏蔽物质厚度。

表 12.5-1 铅、混凝土、砖对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压 (kV)	铅			混凝土			砖		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
70kV	5.369	23.49	0.5881	0.05087	0.1696	0.3847	0.05060	0.1370	0.7150
125(主束)	2.219	7.923	0.5386	0.03502	0.07113	0.6974	0.02870	0.06700	1.346
150(主束)	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467	/	/	/

经屏蔽后机房外辐射剂量率结果见表 12.5-2。

表 12.5-2 经屏蔽后机房外辐射剂量率计算表

序号	设备名称	铅当量要求	要求下辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	机房设计最小铅当量 (mmPb)	附加衰减因子B*	屏蔽后辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	CT/滑轨 CT	$\geq 2.5\text{mmPb}$	2.5	2.9	1.15E-01	2.88E-01
2	DR	有用线束方向 $\geq 3.0\text{mmPb}$ , 非 有用线束方向 $\geq 2.0\text{mmPb}$	25	3.7	3.53E-02	8.83E-01
3	数字胃肠机		25	3.7	3.53E-02	8.83E-01
			2.5	3.7	3.53E-02	8.83E-02
4	移动 C 臂机	$\geq 2.0\text{mmPb}$	2.5	2.6	3.83E-02	9.58E-02
5	乳腺机	$\geq 1.0\text{mmPb}$	2.5	1.2	5.13E-02	1.28E-01
6	骨密度仪	$\geq 1.0\text{mmPb}$	2.5	1.2	3.00E-01	7.50E-01
7	碎石机	$\geq 1.0\text{mmPb}$	2.5	1.3	1.32E-01	3.30E-01
8	口腔 CBCT	有用线束方向 $\geq 2.0\text{mmPb}$ , 非 有用线束方向 $\geq 1.0\text{mmPb}$	2.5	2.3	1.32E-01	3.30E-01
9	牙科全景机		2.5	2.3	1.32E-01	3.30E-01
10	口内牙片机	$\geq 1.0\text{mmPb}$	2.5	1.2	5.13E-02	1.28E-01

注: \*表示射线装置机房六面屏蔽体铅当量厚度(保守取最小铅当量)扣除《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)标准要求的铅当量厚度后, 剩余的铅当量代入式 12.5-1 中计算得出的透射因子。

移动 C 臂机涉及有同室远台操作, 设备曝光时, 医护人员身穿铅围裙在移动铅屏风后进行同室远台操作。C 臂机最大运行管电压和管电流均小于 DSA, 医护人员远台操作位与源点距离远于 DSA 第二术者位与源点距离, 移动铅屏风防护厚度为 2mmPb, 根据式 11.5-1 至式 11.5-5, 源项和距离参数保守参照 DSA 运行时第二术者位选取, 由此可估算出铅屏风后操作位的辐射剂量率为 0.13 $\mu\text{Sv/h}$ 。预测辐射工作人员年有效剂量时, 保守考虑全部进行同室远台操作。

本项目每台设备的辐射工作人员不交叉设置, 每台设备工作时间见表 12.5-3, 辐射工作人员居留因子取 1, 计算结果见表 12.5-4。

表 12.5-3 设备工作时间统计表

序号	设备名称	曝光时间 (s)	单台设备的日最大接诊人次	单名工作人员年工作天数 (d)	单名工作人员年工作受照时间 (h)	设备年工作天数 (d)	设备每年出束时间 (h)
1	滑轨 CT	20	4	250	5.6	250	5.6
2	CT	20	150	250	208.3	250	208.3
3	DR	0.5	300	250	10.4	250	10.4
4	数字胃肠机	20	50	250	69.4	250	69.4
5	移动 C 臂机	600	10	250	416.7	250	416.7
6	乳腺机	2	50	250	6.9	250	6.9
7	骨密度仪	60	60	250	250.0	250	250.0
8	碎石机	8	50	250	27.8	250	27.8
9	口腔 CBCT	30	50	250	104.2	250	104.2
10	牙科全景机	30	50	250	104.2	250	104.2
11	口内牙片机	0.5	100	250	3.5	250	3.5

表 12.5-4 工作人员年有效剂量估算表

序号	设备名称	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	单名工作人员年工作受照时间 (h)	居留因子	单名工作人员年有效剂量估算 (mSv/a)
1	滑轨 CT	2.88E-01	5.6	1	1.61E-03
2	CT	2.88E-01	208.3	1	6.00E-02
3	DR	8.83E-01	10.4	1	9.18E-03
4	数字胃肠机	8.83E-01	69.4	1	6.13E-02
5	移动 C 臂机	9.58E-02	416.7	1	3.99E-02
6	乳腺机	1.28E-01	6.9	1	8.83E-04
7	骨密度仪	7.50E-01	250.0	1	1.88E-01
8	碎石机	3.30E-01	27.8	1	9.17E-03
9	口腔 CBCT	3.30E-01	104.2	1	3.44E-02
10	全景机	3.30E-01	104.2	1	3.44E-02
11	牙片机	1.28E-01	3.5	1	4.48E-04

普通放射诊断机房根据不同科室所在位置分别进行设计, 在一个科室内相对集中布置, 根据机房的布置及相邻场所情况, 选取机房外居留因子最大的场所的周围剂量率进行公众受照剂量估算, 并考虑相邻机房的叠加影响, 具体见表 12.5-5。

表 12.5-5 公众人员年有效剂量预测表

机房所在位置	方位	关注点	年出束时间 (h)	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年有效剂量估算( $\text{mSv/a}$ )	
发热门诊楼	一层: CT 机房、DR 机房东侧	走廊	CT: 208.3	2.88E-01	1/5	1.20E-02	1.38E-02
			DR: 10.4	8.83E-01	1/5	1.84E-03	
感染性疾病防治楼	一层: CT 机房、DR 机房正下方	医护通道	CT: 208.3	2.88E-01	1/5	1.20E-02	1.38E-02
			DR: 10.4	8.83E-01	1/5	1.84E-03	
门诊综合楼南区	一层: CT 机房正上方	肺功能检查	CT: 208.3	2.88E-01	1/2	3.00E-02	3.00E-02
	一层: DR 机房南侧	走道	DR: 10.4	8.83E-01	1/5	1.84E-03	1.84E-03
	一层急救科: DR 机房正上方	护士站	DR: 10.4	8.83E-01	1	9.18E-03	9.18E-03
	一层骨科: DR 机房西侧	单人诊室	DR: 10.4	8.83E-01	1/2	4.59E-03	4.59E-03
	二层: 碎石机房正上方	多普勒检查室	碎石机: 27.8	3.30E-01	1/2	4.59E-03	4.59E-03
	四层: 口腔 CBCT 机房/全景机房/牙片机房正下方	超声检查室	口腔 CBCT: 104.2	3.30E-01	1/2	1.72E-02	3.46E-02
牙科全景机: 104.2			3.30E-01	1/2	1.72E-02		
口内牙片机: 3.5			1.28E-01	1/2	2.24E-04		
门诊综合楼北区	一层: DR 机房 1 和骨密度机房正上方	超声检查室	DR: 10.4	8.83E-01	1/2	4.59E-03	9.84E-02
			骨密度仪: 250	7.50E-01	1/2	9.38E-02	
	一层: DR 机房 2 和乳腺机房正上方	心脏彩超室	DR: 10.4	8.83E-01	1/2	4.59E-03	5.03E-03
			乳腺机: 6.9	1.28E-01	1/2	4.42E-04	
	一层: CT 机房正上方	诊室	CT: 208.3	2.88E-01	1/2	3.00E-02	3.00E-02
三层: CT 机房西侧	心脏彩超室	CT: 208.3	2.88E-01	1/2	3.00E-02	3.00E-02	
三层: 骨密度机房正下方	诊室	骨密度仪: 250	7.50E-01	1/2	9.38E-02	9.38E-02	
医技楼南区	一层: 6 间 CT 机房中部	CT 患者走廊	CT: 208.3*6	2.88E-01	1/5	7.20E-02	7.20E-02
	一层: CT 机房 3-4 正上方	胃肠镜室	CT: 208.3*2	2.88E-01	1/2	6.00E-02	6.00E-02
	一层: CT 机房 5-6 正上方	微生物实验室	CT: 208.3*2	2.88E-01	1/2	6.00E-02	6.00E-02
	一层: DR 机房 1-6 中部	患者走廊	DR: 10.4*6	8.83E-01	1/5	1.10E-02	1.10E-02
	一层: DR 机房 1-4 正下方	检验大厅	DR: 10.4*4	8.83E-01	1/2	1.84E-02	1.84E-02
	一层: 乳腺机房正下方	检验大厅	乳腺机: 6.9	1.28E-01	1/2	4.42E-04	4.42E-04
	一层: 胃肠机房正下方	检验大厅	胃肠机: 69.4	8.83E-01	1/2	3.06E-02	3.06E-02
	一层: 骨密度机房正下方	检验大厅	骨密度仪: 250	7.50E-01	1/2	9.38E-02	9.38E-02
	一层: CT 室北侧	患者走廊	CT: 208.3	2.88E-01	1/5	1.20E-02	1.20E-02
	四层: OR.12-OR.13、OR.16-OR.18 中部	走廊	移动 C 臂机: 416.7*7	3.28E-02	1/5	1.37E-02	1.37E-02

机房所在位置	方位	关注点	年出束时间 (h)	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留因子	年有效剂量估算 ( $\text{mSv/a}$ )	
	四层: CT 室 1 东侧	洁净走廊	CT: 208.3*2	2.88E-01	1/2	6.00E-02	6.00E-02
	四层: CT 室 2、OR.23 南侧	MRI 机房	CT: 208.3	2.88E-01	1/2	3.00E-02	3.68E-02
			移动 C 臂机: 416.7	3.28E-02	1/2	6.83E-03	
医技楼北区	一层: DR 机房 2 正上方	评定 1 室	DR: 10.4	8.83E-01	1/2	4.59E-03	4.59E-03
	一层: CT 机房 2 正上方	诊室	CT: 208.3	2.88E-01	1/2	3.00E-02	3.00E-02
	一层: DR 机房 1-2、乳腺机房南侧	办公室	DR: 10.4*2	8.83E-01	1	1.84E-02	1.93E-02
			乳腺机: 6.9	1.28E-01	1	8.83E-04	
	一层: CT 机房 1-2、DR 机房 1-2 中部	走廊	CT: 208.3*2	2.88E-01	1/5	2.40E-02	2.77E-02
DR: 10.4*2			8.83E-01	1/5	3.67E-03		
医技楼	地下二层: 骨密度机房西侧	候诊区	骨密度仪: 250	7.50E-01	1/16	1.17E-02	1.17E-02
住院楼综合楼 A 塔	九层: 呼吸镜室东侧	呼吸镜特殊感染	移动 C 臂机: 416.7	3.28E-02	1/2	6.83E-03	6.83E-03
规培楼	二层: DR 机房	办公室、主任室	DR: 10.4	8.83E-01	1	9.18E-03	9.18E-03

注: 居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 附录 A 的表 A.1 取值。

根据表 12.5-4、表 12.5-5 可知, 在本项目运行过程中, 普通放射诊断项目工作人员年受照剂量最大值为  $1.88 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ , 公众年受照剂量最大值为  $9.84 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ , 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 关于职业和公众照射剂量限值的要求, 同时满足本项目提出的剂量约束值要求: 辐射工作人员年有效剂量不大于  $5 \text{mSv/a}$ , 公众年有效剂量不大于  $0.1 \text{mSv/a}$ 。

由普通放射诊断项目射线装置机房的辐射防护设计分析和环境影响分析可知, 放射机房的设计方案满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 的要求, 根据关注点剂量率与关注点距辐射源点的距离成反比关系的规律可知, 距离机房越远, 辐射剂量率越低, 因此可推测距离项目机房更远的公众年受照剂量均能够满足公众照射剂量约束值要求。

## 12.6 事故影响分析

### 12.6.1 辐射事故类型

本项目 III 类射线装置可能发生的辐射事故情况如下:

① X 射线装置门锁关联装置出现故障, 在屏蔽门没有关紧的情况下出束, 对门外人员造成的误照射。

② X 射线装置门锁关联装置发生故障状况的情况下, 人员误入正在运行的 X 射线

装置机房受到外照射。

### 12.6.2 辐射事故应急处理

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，并向当地生态环境主管部门报告，若造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

一旦发生辐射事故，应按以下基本原则进行处理：

①立即消除事故源，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，可缩小事故影响，减少事故损失。

④事故处理后应整理资料，及时总结报告。医院对辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

### 12.6.3 辐射事故预防措施

X 射线诊断项目可能发生的辐射事故主要是在管理上出问题，辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求穿戴好各种辐射防护用品，并定期检查设备性能及机房有关的安全警示标志是否正常工作，避免无关人员误入正在使用 X 射线装置的机房。

①认真组织辐射工作人员参加辐射防护培训及专业技术的知识学习，医院自行组织辐射工作人员参加内部培训并考核合格后方可上岗；

②配备符合标准要求的个人防护用品，并正确指导受检者穿戴；

③定期组织对辐射工作场所及设备的辐射防护检测和检查，如有异常，及时整改；

④在辐射工作场所醒目位置设置电离辐射警告标志，防护门设置门灯有效关联；

⑤定期组织辐射工作人员进行职业健康检查，工作人员职业照射个人剂量监测档案应终生保存；

⑥辐射安全防护管理机构应对辐射工作人员的辐射安全管理制度执行情况进行监督、检查。

## 表 13 辐射安全管理

### 13.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：使用I类、II类、III类放射源，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

为贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规，进一步规范本单位辐射安全防护和环境保护工作，保障辐射工作人员和受检者、患者的健康权益，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，深圳市人民医院宝安医院需成立辐射安全与环境保护管理机构。待本项目建成后，深圳市人民医院宝安医院将在院本部原有的辐射安全管理制度（见附件 12）的基础上，根据本项目实际情况制定更适用于本院区的辐射安全管理制度，同时成立适用宝安医院的辐射安全与环境保护管理机构。机构下设辐射安全领导小组。

#### 成员构成及职责如下：

组长：院长

副组长：各副院长

组员：院办公室主任、工会主席、医务科主任、护理部主任、保健办公室主任、后勤总务科主任、设备科主任、财务科主任、招标办主任、放射科主任、核医学科主任、放疗科主任。

#### 管理小组职责

- 1、组织制定并落实放射诊疗和放射防护管理制度；
- 2、定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- 3、组织本机构放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训和健康检查；
- 4、制定放射事件应急预案并组织演练；
- 5、记录本机构发生的放射事件并及时报告卫生行政部门。

### 13.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健

全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

### 13.3 辐射工作人员的培训

根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加相应类别的考核。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号）的相关要求，仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核和集中考核结果有效期均为五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

根据本项目建设内容，本项目全部建成投用后，拟至少配备196名辐射工作人员，医院应根据实际运行情况进行人员调配或新增，并及时安排未通过辐射安全与防护考核的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上参加培训，并报名进行相应类别的考核，考核合格后方可上岗，其中核医学科的辐射工作人员考核类别为核医学，放疗科的辐射工作人员考核类别为放射治疗，从事介入手术的辐射工作人员考核类别为医用X射线诊断与介入放射学。仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员由医院自行组织培训和考核，考核合格后方可上岗。在项目运行过程中按要求定期组织辐射工作人员进行再培训和考核，确保所有辐射工作人员培训合格后上岗。

### 13.4 年度评估情况

本次评价的核技术利用项目正式运行后，医院应每年委托有相关监测资质的单位对辐射工作场所进行监测，对本单位核技术利用项目的安全防护状况进行评估，同时按要求每年编制辐射安全与防护状况年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

### 13.5 辐射监测

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，医院须对使用射线装置、辐射工作场所及辐射从业人员开展辐射监测工作，以确保辐射从业人员的职业健康，控制放射性物质的照射，保障环境安全，规范辐

射工作防护管理。

### 13.5.1 环保措施竣工验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023），医院是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，医院应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，验收报告分为验收监测（调查）报告、验收意见和其他需要说明的事项等三项内容。

医院应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。医院不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。验收监测（调查）报告编制完成后，医院应当根据验收监测（调查）报告结论，逐一检查是否存在验收不合格的情形，提出验收意见。存在问题的，医院应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。为提高验收的有效性，在提出验收意见的过程中，医院可以组织成立验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式，协助开展验收工作。验收工作组可以由设计单位、施工单位、环境影响报告书（表）编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等组成，代表范围和人数自定。环保设施的验收期限一般不超过3个月。

### 13.5.2 辐射工作人员个人剂量监测

医院已要求从事辐射工作的工作人员均佩戴个人剂量计上岗，并定期送相应资质单位检测。根据医院提供的最近4个季度的个人剂量报告，辐射工作人员职业照射年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员职业照射剂量限值的相关要求，也满足职业照射剂量约束值不超过5mSv/a的要求。

本项目将为全部辐射工作人员配备个人剂量计，并规定其必须佩戴个人剂量计上岗。按照GBZ128-2019中个人剂量计佩戴的相关要求，介入手术人员、核医学科放射性药物分装和注射人员佩戴双剂量计，1枚佩戴于铅围裙外锁骨对应的领口位置，1枚佩戴于铅围裙内躯干上，有条件的情况下宜佩戴腕部剂量计或指环剂量计，其他辐射工作人员在左胸前或锁骨对应的领口位置佩戴1枚个人剂量计。同时医院将组织所有辐射工作人员加强相关辐射安全与防护方面的学习，加强辐射工作人员的安全意识，保证所有辐射工作人员均能够严格执行个人剂量监测的相关规定和方法，正确使用个人剂量计。定期（最长不得超过3个月）送检，建立个人剂量监测档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量监测档案应终生保存，辐射工作

人员可查看和复制本人个人剂量监测档案。

### 13.5.3 辐射工作场所监测

#### (1) 委托监测

委托有资质单位定期对核技术利用区域及其周围环境进行辐射环境监测,并建立监测技术档案,以确保辐射工作人员和公众的辐射安全。

#### (2) 医院自行监测

设施正常运行后,医院定期或有必要时对工作场所周围进行自测,并建立监测技术档案。核医学场所每次操作完成后均应检测放射性污染情况,监测表面污染情况时需注意:①在探测器灵敏窗和待检查表面避免接触的情况下,将探测器在表面上方慢慢移动,并监听声频的变化。音响指示是瞬间的并与所采用的响应时间无关。对于数字显示或表头显示的仪表,应密切观察其数字及表头指针的变化,一旦探测到污染区,应把探测器放在这个区域上方,在足够长的时间内保持位置不变,以便进一步确认。②探测器和被探测表面之间的距离应在可行的情况下尽可能的小。为此可采用定位架。如存在污染则应及时清除。监测范围及监测项目同委托监测。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定,使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范,对相关场所进行辐射监测,并对监测数据的真实性、可靠性负责;不具备自行监测能力的,可以委托有相应资质和监测能力的环境监测机构进行监测。

### 13.5.4 医院配备监测仪器

医院拟新增便携式 X- $\gamma$  辐射监测仪、个人剂量报警仪、活度计及  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染仪等监测仪器。

表 13.5-1 医院配备的检测仪器一览表

项目	监测仪器名称	数量	功能	使用位置
核医学	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪	至少 2 台	检测表面沾污	核医学科卫生通过间、敷贴室各 1 台
	活度计	至少 3 台	放射性药物活度测量	单光子药物手套箱、正电子药物手套箱、 $^{32}\text{P}$ 敷贴通风橱
	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪	1 台	核医学场所周围剂量当量率水平自行监测	核医学科
	个人剂量报警仪	至少 2 台	特殊情况工作人员佩戴使用	核医学科
放疗	固定式 X- $\gamma$ 辐射剂量率仪	6 套	显示治疗室内辐射剂量率情况	4 间直线加速器机房、1 间磁共振加速器机房和 1 间后装治疗机

项目	监测仪器名称	数量	功能	使用位置
				房各设置1套,并根据实际情况设置多通道探头
	个人剂量报警仪	6台	工作人员进入治疗室时使用	4间直线加速器机房、1间磁共振加速器机房和1间后装治疗机房
	便携式 X-γ 辐射巡测仪	1台	放疗科场所周围剂量当量率水平自行监测	4间直线加速器机房、1间磁共振加速器机房、1间后装治疗机房和1间CT模拟定位机房
介入	个人剂量报警仪	1台	异常情况工作人员进入机房时使用	DSA 机房、ERCP 机房
	便携式 X-γ 辐射巡测仪	1台	介入手术场所周围剂量当量率水平自行监测	DSA 机房、ERCP 机房
放射诊断	个人剂量报警仪	1台	异常情况工作人员进入机房时使用	射线装置机房
	便携式 X-γ 辐射巡测仪	1台	射线装置机房周围剂量当量率水平自行监测	射线装置机房
	便携式 X-γ 辐射巡测仪	1台	X-γ 辐射剂量率监测	备用
医院	个人剂量计	所有辐射工作人员均需配置	个人剂量监测	核医学科药品分装与注射的工作人员及介入手术的医护人员配备内外双剂量计,分别佩戴于铅围裙内左胸前或锁骨对应的领口位置和铅围裙外锁骨对应的领口位置; 其他辐射工作人员配备1枚,在左胸前或锁骨对应的领口位置佩戴

上述监测设备配置计划基本能够满足运行时的监测需求,医院应积极落实设备型号,保证在项目运行前将各类监测设备配置到位,并根据项目投运后的实际需求和使用的便利情况进行增配。

### 13.5.5 辐射监测方案

本报告从监测类别、项目、频次、范围、剂量控制水平以及超过控制水平时应采取的处理方案等方面给出措施，具体监测计划见下表。

表 13.5-2 辐射监测计划表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测布点	控制水平	超标后处理方案
核医学科	年度监测	周围剂量当量率	1次/年	便携式 X-γ 辐射监测仪（需按国家规定进行检定）	控制区外：控制区四面墙体、控制区顶棚上方、各机房防护门缝隙和中央、控制室操作位、控制室观察窗外、管线洞口处及周围需要关注的监督区。 控制区内：手套箱外表面、废物衰变箱外表面、注射位。	控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ ； 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等屏蔽结构外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	验收监测		竣工验收 1 次				
	自主监测	不少于 1 次/月	便携式 X-γ 辐射监测仪				
	年度监测	α、β 表面污染水平	1 次/年	α、β 表面污染监测仪			
自主监测	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）						
验收监测	竣工验收 1 次						
	废液监测	A 衰变池总 β、碘-131 活度浓度	暂存时间超过 180 天			制定排放记录台账，登记每格池子封存的起始日期，封存时间超过 180 天后直接排放	

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测布点	控制水平	超标后处理方案
		B 衰变池总 $\beta$ 活度浓度	暂存时间超过 33 天	/	/	制定排放记录台账，登记每格池子封存的起始日期，封存时间超过 33 天后，经监测总 $\beta < 10\text{Bq/L}$ 可进行排放	/
	固废监测	周围剂量当量率， $\alpha$ 表面污染、 $\beta$ 表面污染	每次处置前	委托有资质单位监测	固废间	所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天和所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$ 表面污染小于 $0.08\text{Bq/cm}^2$ 、 $\beta$ 表面污染小于 $0.8\text{Bq/cm}^2$	将放射性废物转移至固废间继续衰变，直至符合解控水平
放疗科（直线加速器机房）	年度监测	周围剂量当量率、中子剂量当量率	1 次/年	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪、中子剂量当量率仪	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上等	直线加速器机房屏蔽体外不大于导出剂量率控制水平	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	竣工验收 1 次						
	自主监测	周围剂量当量率	1 次/季度	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪			
放疗科（磁共振加速器、后装治疗机房、CT 模拟定位机房）	年度监测	周围剂量当量率	1 次/年	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪	四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、楼上等	加速器机房和射波刀机房屏蔽体外不大于导出剂量率控制水平，CT 模拟定位机房屏蔽体外不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	竣工验收 1 次						
	自主监测		1 次/季度				
介入手术项目	年度监测	X- $\gamma$ 辐射周围剂量当量率	1 次/年	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪	四面墙体、防护门、观察窗外 30cm 处；楼上距地面 1m 处；楼下距楼下地面 1.7m 处；机房管线洞口及其它关注区域等	DSA 机房边界外 30cm 处，透视状态时，周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；摄影状态时，周围剂量当量率应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ； ERCPC 机房周围剂量当量率	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	竣工验收 1 次						
	自主监测		1 次/季度				

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测布点	控制水平	超标后处理方案
						不大于 2.5 $\mu$ Sv/h	
放射诊断项目	年度监测	X- $\gamma$ 辐射周围剂量当量率	1 次/年	便携式 X- $\gamma$ 辐射监测仪	四面墙体、防护门、观察窗外 30cm 处；楼上距地面 1m 处；楼下距楼下地面 1.7m 处；机房管线洞口及其它关注区域等	CT、乳腺机、C 臂机等机房周围剂量当量率不大于 2.5 $\mu$ Sv/h； DR、胃肠机（摄影状态）机房周围剂量当量率不大于 25 $\mu$ Sv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	竣工验收 1 次						
	1 次/季度						
个人剂量检测		个人剂量当量	至少每三个月 1 次	个人剂量计	所有辐射工作人员	不超过 5mSv/a	调查原因，及时整改，规范管理

## 13.6 辐射事故应急

### 13.6.1 事故应急响应机构

为了避免避免辐射事故，在发生辐射事故后能作出快速反应、减少危害程度、保护辐射工作人员和公众人员的身心健康，待本项目建成后，深圳市人民医院宝安医院拟在院本部原有的《辐射事故应急预案》（见附件 13）的基础上，根据本项目实际情况补充制定更适用于本院区的应急预案，同时成立适用宝安医院的辐射事故应急领导小组。该《预案》包括：辐射事故应急处理机构与职责、辐射事故等级划分、事故应急处理程序、辐射事故的调查和报告等，具有可操作性，保证在发生辐射事故时，做到责任和分工明确，能够迅速、有序处理。

领导小组组成如下：

组长：院长

副组长：各副院长

组员：院办公室主任、工会主席、医务科主任、护理部主任、保健办公室主任、后勤总务科主任、设备科主任、财务科主任、招标办主任、放射科主任、核医学科主任、放疗科主任。

### 13.6.2 事故应急预案

为有效处理辐射事故，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，医院根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定，结合单位的实际情况，制定了《辐射事故应急预案》。已建立的辐射事故应急预案包括下列内容：

（1）总则；（2）辐射事故应急处置领导小组；（3）应急处置领导小组工作职责；（4）辐射事故应急处置职责分工；（5）辐射事故应急处置应遵循的原则；（6）辐射事故应急处理程序；（7）辐射事故的报告、调查和善后处理；（8）应急培训和演练。

在应急预案中，医院根据本单位可能发生的辐射事故类型分别给出了具体的应急处理程序以及事故上报的方案，包括射线装置失控、放射源或非密封放射性物质泄露污染事故、放射性同位素丢失、被盗事故，具有较好的针对性和可操作性。

## 表 14 结论与建议

### 14.1 结论

#### 14.1.1 项目概况

深圳市人民医院宝安医院位于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，本次核技术利用项目建设内容如下：

##### (1) 核医学科项目

在医技楼地下二层设核医学科开展核医学诊疗项目，建设 1 个乙级非密封放射性物质工作场所。建设 2 间 PET/CT 机房、1 间 SPECT/CT 机房及相关配套功能用房，在 PET/CT 机房内分别安装使用 1 台 PET/CT（属Ⅲ类射线装置），外购使用放射性核素氟-18、镓-68、铜-64、锆-89 连同购置锗镓发生器制备的镓-68 开展 PET 正电子显像诊断，PET/CT 配套使用 3 枚放射源锗-68 或 7 枚钠-22（均属于Ⅴ类放射源）或使用放射性核素氟-18 用于设备校准；在 SPECT/CT 机房内安装使用 1 台 SPECT/CT（属Ⅲ类射线装置），使用放射性核素锝-99m、碘-131、镭-177 开展 SPECT/CT 显像诊断；设置 1 间甲亢留观室，使用放射性核素碘-131 开展甲亢治疗；设置 1 间甲测室，使用放射性核素碘-131 开展甲功测定；设置 1 间敷贴治疗室，使用放射性核素磷-32 和 1 枚镅-90（钷-90）放射源（属于Ⅴ类放射源）开展敷贴治疗；同时，使用放射性核素镱-89、镭-223、镭-225 开展核素门诊治疗。建设 1 间骨密度机房，在机房内安装使用 1 台骨密度仪（属Ⅲ类射线装置）用于放射诊断。配套建设 2 套专用衰变池用于放射性废液处理。

##### (2) 放疗科项目

在医技楼地下二层设放疗科开展放疗科项目，在医技楼地下二层设放疗科开展放疗科项目，建设 4 间直线加速器机房、1 间磁共振加速器机房、1 间后装治疗机房和 1 间 CT 模拟定位机房。在各直线加速器机房内分别安装使用 1 台医用电子直线加速器（最大 X 射线能量均为 10 兆伏，最大电子束能量均为 18 兆电子伏，4 台设备均属Ⅱ类射线装置）用于放射治疗，每台设备配套 CBCT 系统（属Ⅲ类射线装置）用于放射治疗图像引导复定位；在磁共振加速器机房内安装使用 1 台磁共振加速器（最大 X 射线能量为 7.2 兆伏，无电子束治疗，属Ⅱ类射线装置）用于放射治疗；在后装治疗机房内安装使用 1 台后装治疗机（内含 1 枚钷-192 放射源，属Ⅲ类放射源）用于放射治疗；同时在 CT 模拟定位机房内安装使用 1 台 CT 模拟定位机（属Ⅲ类射线装置）用于放射诊断定位。

### **(3) 介入手术项目**

拟在医技楼南区一层介入中心建设 4 间 DSA 介入室，在医技楼南区四层手术中心建设 2 间 DSA 手术室、2 间 DSA/CT 复合手术室和 1 间 DSA/MRI 复合手术室和 1 间 CT 室，其中 1 间 DSA/CT 复合手术室（OR.20）与 CT 室 1 之间设有连通门，DSA/MRI 复合手术室（OR.22）与 MRI 机房之间设有连通门，患者通过连通门进行转移；1 间 DSA/CT 复合手术室（OR.21）内同时安装有 1 台 DSA 设备和 1 台室内滑轨 CT，滑轨 CT 在机房内移动使用。在以上 9 间 DSA 机房内分别安装使用 1 台数字减影血管造影装置（最大管电压为 125 千伏，最大管电流为 1000 毫安，属 II 类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗；在 DSA/CT 复合手术室（OR.21）同时安装使用 1 台滑轨 CT（最大管电压为 150 千伏，最大管电流为 1300 毫安，属 III 类射线装置），用于放射诊断；在 CT 室内安装使用 1 台 CT 机（最大管电压为 150 千伏，最大管电流为 1300 毫安，属 III 类射线装置），用于放射诊断。

在医技楼南区二层内镜中心建设 1 间 ERCP 机房，在机房内安装使用 1 台 ERCP 专用 X 射线机（最大管电压为 150 千伏，最大管电流为 1000 毫安，操作方式包括同室操作和隔室操作，按照 II 类射线装置管理）用于经内镜逆行胰胆管造影手术中的放射诊疗。

### **(4) 普通放射诊断项目**

在门诊综合楼南区一层、二层、四层，门诊综合楼北区一层、三层，医技楼南区一层、四层，医技楼北区一层，住院楼综合楼 A 塔九层、规培楼二层建设 51 间放射诊断机房和防辐射手术室，共安装使用 CT 机、DR 机、乳腺机、数字胃肠机、骨密度仪和移动 C 臂机等 51 台医用 III 类射线装置用于放射诊断。

#### **14.1.2 辐射安全与防护分析结论**

##### **14.1.2.1 辐射防护结论**

本项目核医学科各屏蔽防护墙及防护门的屏蔽防护设计、室内表面及装备结构设计均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的相关要求。放疗科的放射治疗设备机房的屏蔽防护设计方案均能达到《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）等标准的要求。普通放射诊断射线装置机房的屏蔽防护设计方案均能达到《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）等标准的要求。本项目各辐射工作场所拟采取的屏蔽措施均能够满足辐射防护的要求，控制区和监督区划分合理，并符合机房的辐射屏蔽规范。

### 14.1.2.2 放射性三废的治理和控制结论

#### (1) 放射性固体废物

本项目核医学科废气排放系统产生的活性炭以及核医学科产生的其他受放射性污染的物品作为放射性固体废物，在放射性废物间存储，放射性固体废物暂存一定时间，经监测满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)要求后，作为医疗废物处理，不会对周围环境产生污染。

废弃校准源由放射源供应单位回收或送交广东省城市放射性废物库处置；直线加速器产生的废靶件由加速器供应商回收，不会在医院存储，因此不会对周围环境产生污染。

#### (2) 放射性废液

拟建核医学科设置配套放射性废液衰变池，核医学科产生的放射性废液，通过专用排放管道排入放射性废液衰变池。衰变池的设计方案、废液储存时间和废液排放浓度能够满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)对液体放射性废物收集、贮存、衰变和排放的要求。因此，放射性废液经衰变符合标准要求后排放，不会对周围环境造成影响。

#### (3) 放射性废气

拟建核医学科产生的放射性废气采取独立的排放管道引至楼顶，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量；操作放射性药物所用的手套箱设置有单独的排风系统，并在手套箱的顶壁安装过滤装置；排气管出口高度高于所在建筑物屋顶，在排放前设有活性炭过滤装置。放疗科机房均设置机械通风，设计风量满足治疗室内通风换气次数不小于4次/h，产生的臭氧和氮氧化物等有害气体排放浓度满足相关标准要求。其他射线装置机房均设置机械通风，保证机房良好的通风效果。

### 14.1.3 辐射环境影响分析结论

根据本报告表9和表10、表11和表12对本次核技术利用项目运行过程中，对周边环境及人员的辐射影响分析可知，在正常情况下，辐射工作场所周围辐射剂量率水平满足相关标准的要求，项目在运行过程中对周围环境中的辐射工作人员和公众的辐射影响满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求，并且能满足本报告提出的剂量约束值的要求：辐射工作人员照射的剂量约束值不超过5mSv/a，公众照射剂量约束值不超过0.1mSv/a。

### 14.1.4 辐射安全管理结论

管理机构：成立辐射安全与环境保护管理机构，下设辐射安全领导小组，明确各成

员的职责，并将加强监督管理。

管理制度：医院拟制定包括《辐射防护和安全保卫制度》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《辐射监测制度》《辐射工作人员岗位职责》《台账管理制度》《核医学科辐射防护制度》《放疗科辐射防护制度》《放疗科设备操作规程》《辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度。医院应根据本单位核技术利用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中落实执行。

人员培训和剂量监测：项目开展前，未持有辐射安全防护培训合格证的辐射工作人员应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗；辐射工作人员将按要求佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计不超过3个月送检1次。

综上所述，医院管理机构、规章制度及辐射工作人员的管理满足相关辐射防护标准的要求和本单位核技术利用建设项目开展的需求。

#### **14.1.5 可行性分析结论**

##### **(1) 产业政策符合性**

本次核技术利用项目的建设旨在提高诊断治疗水平，更好的解除病人痛苦、挽救病人生命，提高医疗质量、改善患者就医环境，符合国家卫生事业发展的政策要求。另外，本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》鼓励类第三十七条、卫生健康，因此，本项目符合国家产业政策。

##### **(2) 代价利益分析**

本项目的建设目的是为改善医疗条件，更好地服务于人民健康，实践过程中采取了符合标准要求的安全防护措施，在患者得到诊疗预期效果的同时，对周围环境、工作人员、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，项目建设的社会和经济效益远大于建设项目的投入，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

综上所述，深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目在落实本报告提出的各项污染防治、辐射安全防护措施和辐射安全管理制度后，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

## 14.2 建议和承诺

### 14.2.1 建议

认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，加强核与辐射安全知识宣传，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。设置统一的内部监管部门，并明确管理人员，对医院核技术利用项目和辐射工作人员进行管理，统筹安排项目申报和履行相关环保手续，履行辐射安全防护相关职能，并对全院辐射工作人员受照情况进行分析，加强对个人剂量的监督与管理。

### 14.2.2 承诺

(1) 医院严格落实辐射工作场所各项辐射防护措施，并严格执行已制定的各项辐射安全管理制度；

(2) 医院定期检查辐射安全联锁装置、门控、语音、视频监控和报警系统等，定期进行日常自行监测和年度监测，发现问题及时解决，杜绝在没有启动安全防护措施的情况下强制运行辐射诊疗设备，以防止辐射事故发生。

(3) 建设单位委托专业单位进行本项目的辐射防护措施及施工，保证使用合格的防护材料，防护厚度及施工质量达到屏蔽设计的要求。

(4) 医院定期组织辐射事故应急处理相关培训及演练。

(5) 医院严格按本次核技术利用项目设计内容进行建设，若发生重大变动应按法律法规要求向有关生态环境主管部门进行申报，办理相关手续，并采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。项目建成后，按要求及时组织竣工环境保护验收工作。

(6) 医院按要求每年向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

## 表 15 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公 章

年 月 日

## 附件 1 委托书

### 委 托 书

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的有关规定，我单位的深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目且需办理环境影响审批手续，委托环境影响评价单位中辐环境科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价，委托环境影响评价单位的邱创涛同志办理该项目的报批等工作。

特此委托！

委托单位： 深圳市建筑工务署工程设计管理中心（盖章）

2015 年 2 月 21 日

## 附件 2 责任主体说明

### 关于《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目环境影响报告表》责任主体的说明

深圳市人民医院宝安医院（以下简称“该项目”）是深圳市卫生健康事业发展“十四五”规划重点项目，依托深圳市人民医院的人才和技术力量，实行一体化管理，建设一所立足深圳、服务粤港澳大湾区、具有鲜明国际化特色的高水平医院和区域医疗中心。该项目位于深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交会处西北侧，总用地面积约 11 万平方米，总建筑面积约 47 万平方米，床位数 2000 床。项目于 2025 年 6 月 3 日取得深圳市发展和改革委员会下发的《深圳市发展和改革委员会关于深圳市人民医院宝安医院项目总概算的批复》（深发改〔2025〕404 号）。

深圳市卫健委于 2020 年 7 月 24 日将该项目移交深圳市建筑工务署，并明确由深圳市建筑工务署工程设计管理中心、工程管理中心负责具体实施。故由深圳市建筑工务署工程设计管理中心作为建设单位，负责建设期间的环境保护管理工作，落实项目施工期各项污染防治措施；项目建设完成后，由深圳市人民医院作为项目使用单位，负责申请领取辐射安全许可证，并负责该项目运营期的辐射工作人员的培训、个人剂量监测、辐射工作场所监测、辐射安全管理制度的制定与落实等辐射安全管理工作。

《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称“报告表”）在编制过程中，深圳市建筑工务署工程设计管理中心、深圳市人民医院与报告表编制单位三方充分沟通，结

合深圳市人民医院相关科室使用需求，完成了报告表。

特此说明。

建设单位：深圳市建筑工务署工程设计管理中心

使用单位：深圳市人民医院



2025年10月14日

### 附件3 项目基础资料确认函

#### 关于《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目 环境影响报告表》基础资料确认函

根据《中华人民共和国环境影响评价法》，我单位委托中福环境科技有限公司编制了《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目环境影响报告表》。

根据报告表编制要求，我单位连同使用单位（深圳市人民医院）提供了报告表所需要的基础资料，主要包括：

- 1、项目主要建设内容、规模；
- 2、放射性核素使用种类、使用量及射线装置的参数；
- 3、各诊疗项目工作流程、诊疗工作量及人员岗位情况；
- 4、使用单位的辐射安全管理制度以及辐射事故应急预案；
- 5、使用单位现开展核技术利用项目相关的基础资料。

报告编制完成后，我单位和使用单位组织相关人员对报告表中内容进行审核确认，报告表内容与我单位提供的资料情况相符，内容全部属实。

建设单位：深圳市建筑工务署工程设计管理中心

使用单位：深圳市人民医院

2025年10月14日

# 深圳市发展和改革委员会文件

深发改〔2023〕97号

## 深圳市发展和改革委员会关于深圳市人民医院 宝安医院可行性研究报告的批复

深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）：

报来《深圳市人民医院宝安医院可行性研究报告》和《深圳市人民医院关于申报市人民医院宝安医院“四合一”可行性研究报告的请示》（国家编码：2016-440300-84-01-700564）收悉。经审核，现批复如下：

### 一、项目建设必要性

项目建设符合深圳市医疗机构发展规划要求，有利于补齐宝安区沙井片区医疗卫生短板，提升区域医疗服务能力；有利于充分发挥高水平医院的辐射带动作用，促进优质医疗资源扩容和区

- 1 -

域均衡布局。因此，项目建设是必要的。

## 二、项目建设内容及规模

项目选址宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交汇处西南侧，总用地面积 111458.73 平方米，按 2000 床综合医院规划建设。新建总建筑面积 466268 平方米，其中，七项基本设施用房 201600 平方米、大型医用设备用房 6730 平方米、科研用房 45100 平方米、教学培训用房 24100 平方米、文化活动用房 3910 平方米、便民服务用房 800 平方米、中医特色诊疗服务用房 2200 平方米、预防保健用房 1400 平方米、感染性疾病防治中心 28400 平方米、发热门诊 2000 平方米、夜间值班宿舍 3528 平方米、特需医疗中心 15000 平方米、架空层及连廊 10000 平方米、交通接驳 5000 平方米、地下停车库（含人防）116500 平方米。同时按 2000 床配套相应医用设备购置、信息化建设及开办费配置等内容。

## 三、投资估算及资金来源

项目总投资 697454 万元，其中，基建部分投资为 492429 万元（含开办费），医用设备部分投资 188640 万元，信息化部分投资 16385 万元。项目资金来源为市政府投资（含地方政府专项债）。

## 四、下一阶段工作要求

（一）结合人民医院总体战略发展规划及总体建设规划，统筹推进本项目与各院区错位化发展、同质化管理，进一步明确宝安医院医疗和临床研究特色。

（二）深化项目医疗功能顶层规划，以群众就医需求导向深

化建筑设计方案，强化门急诊、发热门诊、重症医疗等资源要素配置，全面提升医疗服务水平。

（三）进一步落实用地内市政道路的建设规划，优化交通组织流线。

（四）结合医院重点学科发展规划，对综合医疗设备、感染病诊疗（含发热门诊）等专用设备进行合理分类，突出配套重点。

（五）严格控制设备配置数量、配置标准、采购价格、合理控制医院运行成本。

（六）分批采购配套设备，首批设备以满足开业初期医院业务需求为原则，后续根据医、教、研、防、保业务发展情况合理配置。

（七）深化生物样本库的设计方案和规模测算依据，明确相关设备的购置内容、数量和技术参数。

（八）进一步做好设备询价工作，概算阶段提供主要设备的参考品牌型号、其他项目同类设备的中标（成交）公告等依据。

（九）加快向有关部门申请甲、乙类大型医用设备配置许可证，若后期医院未取得配置许可，后续阶段将对相关设备和投资予以调整。

（十）根据《深圳市财政局 深圳市发展和改革委员会关于进一步规范政府采购进口产品审核管理的通知》（深财购〔2022〕20号）要求，概算阶段提交《政府采购进口产品申请表》《政府采购进口产品专家论证意见》。

（十一）按照“国际一流”“智慧型”定位，参照智慧医疗、

智慧服务、智慧管理“三位一体”智慧医院框架，进一步明确信息化工程的建设目标。

(十二)按照网络安全等级保护要求，完善网络安全设计。

(十三)进一步明确信息化系统和建筑工程智能化系统的边界，避免重复投资。

(十四)进一步论证拟建系统技术指标的合理性和前瞻性。完善相关设备数量、性能指标的设计及测算依据。

(十五)根据国家、省、市关于推进海绵城市建设工作的相关文件规定，严格按照海绵城市要求进行项目的规划、设计和建设。

(十六)严控投资规模，提高资金使用效益，不得擅自改变建设内容或提高建设标准。同时严格各项管理制度，提高安全生产意识，杜绝各种安全隐患，切实确保安全生产。

(十七)根据《政府投资条例》《深圳经济特区政府投资项目管理条例》《深圳市政府投资建设项目施工许可管理规定》《深圳市政府投资项目策划生成管理办法》的有关要求，抓紧开展项目概算编制工作，并报送我委审核。

附件：深圳市人民医院宝安医院投资估算表



# 附件 5 辐射安全许可证



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	
	1号楼口腔颌面医学中心1层口腔CT室1	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	邓海燕
	1号楼口腔医学中心3层牙科机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	邓海燕
	1号楼口腔医学中心1层放射科CT机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	郑淑芬
	2号楼二楼口腔CT室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	邓海燕
	2号楼一楼全景机室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	邓海燕
	2号楼一楼牙科机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院1号楼、2号楼	邓海燕
	一门诊2层放射科2号检查室	广东省深圳市罗湖区深南东路3046号门诊大楼1、2、4、6层	黄国鑫
证书编号	粤环辐证[B9946]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	一门诊2楼非放1机房	广东省深圳市罗湖区深南东路3046号 门诊大楼1、2、4、6层	黄国鑫
	一门诊一楼CT室	广东省深圳市罗湖区深南东路3046号 门诊大楼1、2、4、6层	黄国鑫
	一门诊大楼6楼617机房	广东省深圳市罗湖区深南东路3046号 门诊大楼1、2、4、6层	黄国鑫
	一门诊大楼6楼体检科骨密度机房	广东省深圳市罗湖区深南东路3046号 门诊大楼1、2、4、6层	黄国鑫
	外科楼C区1层体检科DR胸侧数字化摄影室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼1层体检科体检A区1号超声室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼	黄国鑫/黄静山
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	首医部外科楼C区1层体检科骨密度机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼C区1层体检科骨密度检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼	黄国鑫/黄静山
	首医部6号楼外科大楼C区1层健康管理中心131骨密度仪三室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼1楼介入科2-DSA介入手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼3栋1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	外科楼1楼介入科1号介入手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼3栋1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	证书编号	粤环辐证[B9046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		





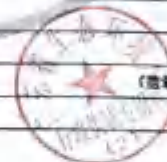
根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	3号楼1层心血管介入诊疗室导管室1	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	外科楼1楼介入科2-CT机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	6号楼外科楼1层A区介入科DSA-3介入手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	3号楼1层心血管介入诊疗室导管室2	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
	内科住院大楼15层心内科介入导管室3室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）			
统一社会信用代码	124403004557554428			
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院			
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式	
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人	
	6号楼外科楼1层A区介入科CT-3	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红	
	6号楼外科楼1层A区介入科DSA-4室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红	
	6号楼外科楼1层A区CT-2介入手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院	陈旭东/董少红	
	6号楼外科楼1层A区介入科CT-2介入手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼1楼/3楼/1楼/内科住院大楼15楼	陈旭东/董少红	
	外科大楼B区4层手术室ORS	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李莹/叶凤清	
	证书编号	粤环辐证[B9046]		
	有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅			
发证日期	2025年08月07日			





根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	外科楼B区4楼手术室10	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-7	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区6号手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	国医馆6号楼外科大楼B区4层手术室OR1复合手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术中心	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室8号室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	证书编号	粤环辐证[199046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



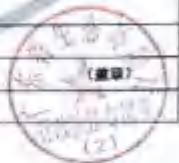
根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	外科楼B区4楼手术室5-10室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科大楼B区4层手术室OR7	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-1	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-3	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-4	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	证书编号	粤环辐证[199046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



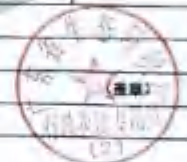
根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	外科楼B区4楼手术室5-10室-5	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区9号手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	前兴前6号楼外科大楼B区4楼手术室OR1手术室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-2	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区4楼手术室5-10室-5	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科大楼B区4楼	李芸/叶凤清
	外科楼B区1楼超声中心	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院外科楼B区一楼	张业祥
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	X线机的诊疗室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李先明
	内科住院大楼地下二层5号直线加速器机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李先明
	内科住院大楼地下二层4号直线加速器机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李先明
	内科住院大楼地下1层肿瘤放疗科断层放疗室(1号机房)	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李先明
	留医部内科住院大楼地下1层放射治疗科CT定位室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李先明
	证书编号	粤环辐证[B9046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		





根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	内科住院大楼地下1层肿瘤放疗科直线加速器3室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李光明
	内科住院大楼地下1层肿瘤放疗科直线加速器2室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼负1楼	李光明
	12号楼急诊楼1层放射科EOS检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科大楼地下1层CT检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼区16楼竹类骨科-观湖1	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	证书编号	粤环辐证[B9046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	4号楼1层放射科CT检查室8	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	4号楼1层放射科CT检查室9	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼1层放射科7号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	4号楼1层放射科CT检查室10	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼一樓放射科-洗动1	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科三樓ICU	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	12号楼1层急诊科CT室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼1层放射科	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼负1楼放射1号机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼1层放射科3号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	12号楼1层急诊科DR检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼1层放射科	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	12号楼1层急诊科DR检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）			
统一社会信用代码	124403004557554428			
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院			
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式	
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人	
	新生儿一区	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山	
	3号楼1层放射科5号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山	
	12号楼急诊科1层发热门诊CT室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山	
	3号楼1层放射科1号CT机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山	
	外科楼1层C区体检科乳腺机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院	黄静山	
	外科楼负2层CT检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院	黄静山	
	3号楼1层放射科5号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山	
	证书编号	粤环辐证[B9046]		
	有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)			
发证日期	2025年08月07日			



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	3号楼1层放射科4号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼平水室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	急诊放射科	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3栋普放2号机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	3号楼1层放射科1号检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科大楼15楼骨科外科放射定位室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	外科住院大楼地下1层放射科DR检查室1（1号室）	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	外科楼B区1楼泌尿碎石机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院3栋1楼东西座急诊一楼外科楼负一层、15楼	黄国鑫/黄静山
	内科住院大楼一层核医学科SPBCT/CT检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院内科住院大楼1楼	李晓峰/王相成
	PET/CT机房	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院内科住院大楼1楼	李晓峰/王相成
	内科住院大楼一层PET中心	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院内科住院大楼1楼	李晓峰/王相成
	证书编号	粤环辐证[B9046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	内科住院大楼1层核医学科PET中心PET/CT检查室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼1楼	李晓峰/王相成
	核医学科	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 内科住院大楼1楼	李晓峰/王相成
	外科楼16楼骨关节外科整复室	广东省深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院 外科楼16楼	黄国高/黄静山
	坂田院区一层创伤复苏单元	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区六层健康管理中心DR摄影室	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区1层放射科CT室	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
证书编号	粤环辐证[B9046]		
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	坂田院区6层健康管理中心有肥室(624室)	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区6层健康管理中心629诊室骨密度检查室	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区6层健康管理中心627骨密度检查室	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区门诊楼1层放射科DR室	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	坂田院区4层口腔科牙片机房	广东省深圳市龙岗区坂澜大道33号 门诊1楼、4楼、6楼	黄静山
	证书编号	粤环辐证[B9046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅 (盖章)		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区莲竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	坂田院区 4层口腔科 CT室	广东省深圳市龙岗区坂田大道33号 门诊1楼4楼、6楼	龚静山
	龙华分院 住院楼3 层口腔科 放射室牙 片室	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 2栋一层 体外冲击 波碎石室 (②室)	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 2栋一楼 放射科 DSA机房 (①室)	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 6栋一楼 放射科 CT室②	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	证书编号	粤环辐证[B0046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）		
统一社会信用代码	124403004557554428		
地址	深圳市罗湖区莲竹街道东门北路1017号大院		
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人
	龙华分院 4栋6楼 口腔放射 室（口 内牙片机 房）	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 6栋一楼 放射科 DR室④	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 4栋6楼 口腔放射 室（口 腔CT机 房）	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 6栋放射 室1层放 射科乳腺 室③	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	龙华分院 6栋1楼 放射科	广东省深圳市龙华区龙观东路101 号2栋1楼6栋1楼、5楼	马健
	证书编号	粤环辐证[B0046]	
有效期至	2026年04月28日		
发证机关	广东省生态环境厅		
发证日期	2025年08月07日		



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）			
统一社会信用代码	124403004557554428			
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院			
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式	
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人	
	龙华分院住院楼8层麻醉手术中心 OR1、OR2、OR3、OR10、OR11 手术间	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院6栋一楼放射科CT室⑥	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院住院楼8层麻醉手术中心 OR1、OR2、OR3	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院6栋一楼放射科CT5	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
证书编号	粤环辐证[B9046]			
有效期至	2026年04月28日			
发证机关	广东省生态环境厅			(盖章)
发证日期	2025年08月07日			



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）			
统一社会信用代码	124403004557554428			
地址	深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号大院			
法定代表人	姓名	耿庆山	联系方式	
辐射活动场所	名称	场所地址	负责人	
	龙华分院6栋一楼放射科DR室1	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院6栋一楼放射科胃肠造影室7	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院6栋1楼放射科-移动使用	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
	龙华分院2栋一楼普外科乳腺数字诊断治疗室(②室)	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷	
龙华分院住院楼3层口腔科放射科口腔CBCT室	广东省深圳市龙华区龙观东路101号2栋1楼6栋1楼、5楼	马捷		
证书编号	粤环辐证[B9046]			
有效期至	2026年04月28日			
发证机关	广东省生态环境厅			(盖章)
发证日期	2025年08月07日			



### (一) 放射源

证书编号: 晋环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用台账					备注			
	辐射场所名称	核素	类别	活动种类	总活度[Bq可释核素]	编码	出厂活度[Bq可释]	出厂日期	核号	用途	来源	申请单位	监管部门
1	PETACT 机房	Co-60	V类	使用	1.5E+6*1	US24CE60 0165	3.3E+6	2024-02-23	1730	射线/校源	外购		
						US21GE60 2025	3.3E+6	2021-06-08	2230-2771	射线/校源	外购		
2		Co-60	V类	使用	5.3E+7*1	US24CE60 0153	5.3E+7	2024-02-23	1737	射线/校源	外购		
						US21GE60 2015	5.3E+7	2021-09-08	2231-37	射线/校源	外购		
3		Sr-90	V类	使用	1.28E+9*1	RU21SR00 0435	7.4E+4	2021-07-27	5690-27	射线/校源	俄罗斯新收并		
4	核医学科	Sr-90	V类	使用	1.28E+9*1								
5		Sr-90	V类	使用	1.48E+9*1								
6		Sr-90	V类	使用	1.48E+9*1								
7	后装机房	Ir-192	III类	使用	3.7E+11*1	NL24R011 963	3.7E+11	2024-12-05	61971-24-903-	日常用源	德国		

23 / 55



### (一) 放射源

证书编号: 晋环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用台账					备注			
	辐射场所名称	核素	类别	活动种类	总活度[Bq可释核素]	编码	出厂活度[Bq可释]	出厂日期	核号	用途	来源	申请单位	监管部门
									6868				

23 / 55



## (二) 非密封放射性物质

证书编号: 粤环监证(09046)

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	活动种类范围		备注	
							日均最大操作量 (Bq/a)	年最大用量 (Bq/a)		
1	核医学科 PET中心	乙级	Se-89	液态	使用	放射性药物治疗	1.1E+9	1.1E+2	2.2E+9	主管 部门
2			P-32	液态	使用	放射性药物治疗	1.8E+8	1.8E+1	2.2E+9	
3			Tc-99m	粉末	使用	放射性药物诊断	1.85E+10	1.85E+7	4.6E+12	
4			I-131	固态	使用	放射性药物治疗	2.22E+10	2.22E+9	1.48E+12	
5			Re-188	液态	使用	放射性药物治疗	3.7E+8	3.7E+7	9.25E+10	
6			Ra-223	液态	使用	放射性药物治疗	1.11E+7	1.11E+8	2.78E+9	

24/55



## (二) 非密封放射性物质

证书编号: 粤环监证(09046)

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	活动种类范围		备注	
							日均最大操作量 (Bq/a)	年最大用量 (Bq/a)		
7			Zn-69	液态	使用	放射性药物诊断	2.22E+8	2.22E+1	5.55E+10	
8			Ga-68	液态	使用	放射性药物诊断	1.59E+9	1.29E+7	3.22E+11	
9			Ga-68	固态	生产	放射性药物诊断	1.67E+9	1.67E+7	4.19E+9	
10			F-18	固态	使用	放射性药物诊断	2.34E+10	2.34E+7	5.85E+12	
11			Cu-64	液态	使用	放射性药物诊断	2.22E+8	2.22E+6	5.55E+10	
12			Ce-68(Ga-68)	固态	使用	放射性药物生产	1.85E+9	1.85E+6	1.85E+9	制备 Ga-68, 贮存于 PET 中心储源室
13			Ac-225	固态	使用	放射性	7.4E+7	7.4E+8	1.85E+10	

25/55



## (二) 非密封放射性物质

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用范围			备注			
	辐射活动场所名称	场所等级	种类	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	申请 单位	监管 部门
14	外科楼1 介入内科 2-CT机房	乙级	I-125	固态	使用	药物治疗 放疗 药物治疗	1.18E+11	1.18E+8	1.48E+12		



20/35



## (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用范围				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台 (套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)	生产厂家	申请 单位	监管 部门
1	14号楼1 放射科 CT室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	联影uCT760 X射线计算机 断层扫描设备 (CT)	uCT760	800411	管电压 140 kV 管电流 667 mA	上海联影医 疗科技有限公司		
2	12号楼1 放射科 CT室	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	迈瑞Diagnor750数 字化医用X射 线摄影系统 (DR)	Diagnor750	66-47000609	管电压 150 kV 管电流 640 mA	深圳迈瑞化 学医疗电子 股份有限公司		
3	12号楼源 放射科 CT室	医用放射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	飞利浦 Brilliance CT(15 Slice) 计算机断层扫 描系统(CT)	Brilliance CT(15 Slice)		管电压 140 kV 管电流 360 mA	Philips Medical Systems (Cleveland) Inc.		
4	12号楼源 放射科 EOS检查	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	爱迪雅EOS X 射线成像系统	EOS	5-2003-009	管电压 140 kV 管电流 400 mA	EOS Imaging, Inc. 佛罗里达州		

31/35



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用范围				备注			
	辐射活动场所名称	设备分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	设备名称	设备型号	产品型号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
5	1号楼口腔CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	NewTom Gemini 口腔锥形束计算机断层扫描装置(三合一)型CBCT)	NewTom Gemini	70A31317	管电压:90KV 管电流:16mA	康达医集团		
6	1号楼口腔CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	NewTom VGI 口腔X射线数字化断层扫描装置(牙科)型CBCT)	NewTom VGI	VD10625	管电压:110KV 管电流:20mA	康大有(OR)SBI		
7	1号楼口腔CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	普兰梅卡 Planisco ProX 口腔内窥镜X射线装置(牙科)型	Planisco ProX	IPN028754	管电压:70KV 管电流:8mA	Planisco Oy(普兰梅卡公司)		
8	2号楼口腔CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	口腔X射线数字化断层扫描装置	NewTom VGI	VGI70188	管电压:110KV 管电流	QR-SBL		

第1/1页



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围				使用范围				备注			
	辐射活动场所名称	设备分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	设备名称	设备型号	产品型号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
9	2号楼-1号CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	口腔颌面锥形束计算机断层扫描装置(牙科)型	NewTom GIANO	70A1054	管电压:85KV 管电流:16mA	康达医集团康大有		
10	2号楼-1号CT室	口腔(牙科)X射线装置	III类	使用	1	口腔锥形束X射线机(牙科)型	Planisco ProX	IPN024493	管电压:70KV 管电流:8mA	普兰梅卡公司		
11	2号楼-1号CT室	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	西门子 Ascios 系列C臂X光机(CT)机	ACCOM Ascios	1369	管电压:100KV 管电流:300mA	SIEMENS		
12	2号楼-1号CT室	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	飞利浦 Brilliance CT25AX 锥形束计算机断层扫描装置(CT)机	Brilliance CT25AX	728304	管电压:140KV 管电流:1000mA	Philips Medical Systems (China) Ltd.		
13	2号楼-1号CT室	医用诊断X射线装置	III类	使用	1	西门子 Yano 数字减影血管造影装置	Yano	51036	管电压:150KV 管电流	上海西门子医疗系统有限公司		

第1/1页



### (三) 射线装置

证书编号：粤环证字[2006]64

序号	活动种类和范围			使用信息			备注		
	辐射活动场所名称	装置名称/类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	申请单位	监管部门
14	3号楼1层放射科 3号楼放射科 3号楼放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1	西门子公司 ASCOM AscomMAX 好高特新系列 (DA)	AXDOM ADHIO KEX	1325	管电压:150KV 管电流:300mA	西门子公司 有限公司	
15	3号楼1层放射科 4号楼放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1	深圳香通 URTOP-100 研及射线机	URTOP-1	130102	管电压:150KV 管电流:300mA	深圳香通 医疗器材有限公司	
16	3号楼1层放射科 5号楼放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1	台湾 SORIAL VISION SAFIR(1)射线 数字化移动X 线摄影装置 (移动式摄影机)	SORIAL VISION SAFIRE1	4124A13110 01	管电压:150KV 管电流:800mA	株式会社 德福研究所	
17	3号楼1层放射科 6号楼放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1	美国捷成 DIRECTION 射线机	Seleno Direction 64	SDM3717001	管电压:49KV 管电流:100mA	美国捷成 公司	

9/15



### (三) 射线装置

证书编号：粤环证字[2006]65

序号	活动种类和范围			使用信息			备注		
	辐射活动场所名称	装置名称/类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	申请单位	监管部门
18	3号楼1层放射科 3号楼放射科 3号楼放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1 1	Banana-V 准直射线管 准直(全身骨 密度仪)	Horizon W	30567004	管电压:140KV 管电流:10mA	Hologos Inc.美国 计划	
19	3号楼1层放射科 介入治疗室 放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1 1	西门子公司 Artis One 小平板心 脏专用DSA 机	Artis One	82247	管电压:125KV 管电流:800mA	西门子公司 (德国) 德特林 有限公司	
20	3号楼1层放射科 介入治疗室 放射科	医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置 医用诊断X射线装置	1 1 1	飞利浦 Xper FD20 DSA机	Artis Xper FD20	001434	管电压:150KV 管电流:1000mA	Philips Medical Systems Netherlands B.V.	
21	3号楼1层放射科	医用诊断X射线装置	1	迈迪 MultiEye 700 移动式X 射线机(排 列)	MultiEye 700 DIP	CS- 84000200	管电压:150KV 管电流:300mA	深圳迈迪 医疗电子 有限公司	
22	3号楼1层放射科	医用诊断X射线装置	1	迈迪 MultiEye 700P 移动式X 射线机	MultiEye 700P	CS-2000034	管电压:150KV 管电流:300mA	深圳迈迪 医疗电子 有限公司	

31/15



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证证(B)00463

序号	活动种类和范围				使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号		技术参数(最大)	生产厂家	申请单位
	3号楼-核医学科-流动2	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	迈瑞 Medelive 700P 移动式X射线机	MobiEye 700P	C9-92000035	管电压: 130 kV 管电流: 640 mA	迈瑞医疗电子股份有限公司		
23	4号楼-放射科-CT检查室10	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	GE Optima CT660 Quantum 全身医用X射线计算机断层扫描装置(CT)	Optima CT660 Quantum	DASG1700054	管电压: 140 kV 管电流: 600 mA	GE 卫宁康乐电气医疗系统有限公司		
24	4号楼-放射科-CT检查室9	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	联影 uCT 710X 射线计算机断层扫描装置(60排CT)	uCT 710	666118	管电压: 140 kV 管电流: 667 mA	上海联影医疗科技股份有限公司		
25	4号楼-放射科-CT检查室8	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	联影 uCT 960+X 射线计算机断层扫描装置(320排CT)	uCT 960+	660695	管电压: 140 kV 管电流: 833 mA	上海联影医疗科技股份有限公司		

31/55



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证证(B)00463

序号	活动种类和范围				使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号		技术参数(最大)	生产厂家	申请单位
27	6号楼外科楼1层A区介入放射科-介入手术室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	飞利浦 Brilliance CT Big Bore X 射线计算机断层扫描装置(116排CT)	Brilliance CT Big Bore	76328	管电压: 140 kV 管电流: 500 mA	飞利浦医疗有限公司		
28	6号楼外科楼1层A区介入放射科-介入手术室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	联影 uctary 770 介入手术导航控制装置(80排CT)	uctary 770	100108	管电压: 140 kV 管电流: 667 mA	武汉联影医疗科技股份有限公司		
29	6号楼外科楼1层A区介入放射科-介入手术室	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	飞利浦 Azurion 2 B20 医用血管造影X射线装置(DSA)	Azurion 2 B20	574	管电压: 125 kV 管电流: 1000 mA	飞利浦医疗有限公司		
30	6号楼外科楼1层A区介入放射科-介入手术室	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	联影 uAngio 960 医用血管造影X射线装置	uAngio 960	1138990005	管电压: 125 kV 管电流: 1000 mA	上海联影医疗科技股份有限公司		

31/54



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[190046]

序号	活动种类和范围				使用台账				备注		
	辐射类别 放射类型	装置分类名称	类别	使用 种类	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)		生产厂家	申请 单位
	非 DSA 类				(DSA)						
31	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅱ类	使用	30 英寸 Gd2O2S 700P 移动式 X 射线机 (移动 DR)	Mobility 7000P	CR-XC000031	管电压 150 kV 管电流 900 mA	深圳迈迪生 10527 电子 股份有限公司		
32	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅱ类	使用	飞利浦 UNIQ FD30 医用康 普迪 X 射线 机	Uniq FD30	261	管电压 125 kV 管电流 311 mA	飞利浦医疗 系统(中国) 有限公司		
33	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅱ类	使用	Neurologica Corporation NL4000 X 射 线机(带影像 增强系统(移 动 CT))	NL4000	00009	管电压 140 kV 管电流 300 mA	Neurologica Corporation		
34	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅱ类	使用	霍尼韦尔 Horizon-A 机	Horizon-A	305625M	管电压 140 kV 管电流	Hologic, Inc. 豪洛捷公司		

34/35



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[190046]

序号	活动种类和范围				使用台账				备注		
	辐射类别 放射类型	装置分类名称	类别	使用 种类	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)		生产厂家	申请 单位
	大建 C 区 1 号楼 康智中心 心 131 楼 南理技三 号楼				能 X 射线骨定 量仪(全身骨 密度仪)			10 mA			
35	介入放射 科	医用 X 射 线计算机断 层扫描 (CT) 机	Ⅲ类	使用	西门子 SOMATOM Definition AS 双光源 CT 扫 描机	SOMATO M Definition AS	92333	管电压 140 kV 管电流 600 mA	西门子医疗 有限公司		
36	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅱ类	使用	迈克昂 Medp Scan 移动骨 密度仪	Medi Scan	102056	管电压 60 kV 管电流 0.33 mA	Miles HW Medical Technology Corporation		
37	介入放射 科	医用诊断 X 射线装置	Ⅲ类	使用	飞利浦瓦索 XYSSEL-6X 碎石机	XYSSEL- 6X	051500002 A	管电压 110 kV 管电流 5 mA	飞利浦医疗 系统有限公司		

35/36



### (三) 射线装置

证书编号：粤环证字[2004]6

序号	活动种类和范围			使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(备注)	生产厂家	申请单位	监管部门
	②(室) 龙华分院 二科一诊 放射科 DSA机房 (①室)	医用诊断 X射线装置 II类	使用	1	飞利浦 Allura Comon 医用 血管造影 X 线 机 DSA)	Allura Comon	000286	管电压: 125 kV 管电流: 1250 mA	Philips Medical Systems Medland D.V.		
39	龙华分院 二科一诊 放射科 DSA机房 新治疗室 (③室)	医用诊断 X射线装置 II类	使用	1	飞利浦 Multicare Platinum 血管 机	Multicare Platinum	31512143351	管电压: 35 kV 管电流: 100 mA	飞利浦 Hologic Inc		
40	龙华分院 口腔科放射 科 X 射线 装置(口腔 牙科机 房)	口腔(牙 科) X 射线 装置 III类	使用	1	邦特(牙科 射线机(口腔 牙科机))	PTM	11710819	管电压: 70 kV 管电流: 7 mA	Sorden, PA aDEa Group Oy		
41	龙华分院 4 楼 6 楼 放射科 X 射线机 房)	口腔 X 线 机 X 射线机 类	使用	1	爱迪生 New Tom	New Tom GIGAAG	79824469	管电压: 85 kV 管电流	CEFLASC		

第 1/5 页



### (三) 射线装置

证书编号：粤环证字[2004]6

序号	活动种类和范围			使用台账				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(备注)	生产厂家	申请单位	监管部门
	口腔科 射室(口腔 CT 机 房)	装置			GINAO 全套, 头颅和 X 射线 数字化体层摄 影设备(口腔 CT)			10 mA			
42	龙华分院 6 楼 1 楼 放射科 机房	医用诊断 X 射线装置 II类	使用	1	迈迪 MobiEye 700T 移动式 X 射线机(移 动 DR)	MobiEye 700T	D2-12000443	管电压 150 kV 管电流 500 mA	深圳市迈迪 生物医疗电 子设备有限 公司		
43	龙华分院 6 楼 1 楼 放射科-律 成使用	医用诊断 X 射线装置 II类	使用	1	迈迪 MobiEye 700T 移动式 X 射线机(移 动 DR)	MobiEye 700T	D2- 0A000401	管电压 150 kV 管电流 500 mA	深圳市迈迪 生物医疗电 子设备有限 公司		
44	龙华分院 6 楼 3 楼 放射科-律 成使用 ⑤(室)	医用诊断 X 射线装置 II类	使用	1	通用电气 Senographe Prima 数字 乳腺 X 射线透 视系统(乳腺 机)	Senographe Prima	73431817	管电压 49 kV 管电流 100 mA	通用电气医 疗系统联合 公司		
45	龙华分院 6 楼一诊 放射科 机房)	医用 X 射 线计算机断层 扫描装置 II类	使用	1	联影 uCT710X 射线计算机断层 扫描装置	uCT710	666107	管电压 140 kV 管电流	上海联影医 疗科技股份 公司		

第 1/5 页



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[190045]

序号	活动种类和范围			使用台数			备注	
	辐射活动场所名称	装置名称及型号	活动种类	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
46	放射治疗 放射科 CT室②	医用X射线计算机断层扫描装置(CT)类 通用X射线扫描装置(CT)类	医用 类	西门子公司 Somatom Emotion 16 全身X射线计算机断层扫描装置(CT)	SOMATOM Emotion 16-Lace configuration	85766	管电压: 140 kV 管电流: 200 mA	上海西门子医疗有限公司
47	放射治疗 放射科 CT室③	医用X射线计算机断层扫描装置(CT)类	医用 类	飞利浦 Ingenuity Core128X射线计算机断层扫描装置(CT)	Ingenuity Core128	151722	管电压: 140 kV 管电流: 540 mA	飞利浦医疗系统有限公司
48	放射治疗 放射科 DR室①	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 DR2000 数字X射线摄影系统(DR)	通用设备 DR2000	1910170200	管电压: 150 kV 管电流: 640 mA	深圳市联影医疗设备有限公司
49	放射治疗 放射科 DR室②	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 Digitaly2000 X射线摄影系统(DR)	Digitaly2000	AS-S100007Z	管电压: 150 kV 管电流: 640 mA	深圳市联影医疗设备有限公司

第1/2页



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[190045]

序号	活动种类和范围			使用台数			备注	
	辐射活动场所名称	装置名称及型号	活动种类	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家
50	放射治疗 放射科 放疗科 放疗室①	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 OPERA-1900p 医用X射线机(放疗用摄影机)	OPERA-1900p	50720	管电压: 150 kV 管电流: 800 mA	通用设备 MEDICAL MERATES
51	放射治疗 放射科 放疗科 放疗室②	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 DR3000 医用X射线机(放疗用摄影机)	DR3000 Plus	DHICALDAA 111	管电压: 300 kV 管电流: 10 mA	通用设备 通用设备有限公司
52	放射治疗 放射科 放疗科 放疗室③	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 SIRAY (口腔牙科) X射线机	SIRAY	S24000156	管电压: 70 kV 管电流: 7 mA	通用设备 通用设备有限公司
53	放射治疗 放射科 放疗科 放疗室④	医用诊断X射线装置	医用 类	通用设备 BUPLANA (口腔牙科) X射线机	BUPLANA R 300e	5371	管电压: 110 kV 管电流: 6 mA	通用设备 Swema Medical Appliances AB

第2/2页





### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证字[2004]61

序号	活动种类和范围			使用名称				备注			
	辐射源活度 场所名称	装置分类名称 类别	活动 种类	数量/台 (套)	装置名称	规格型号	产地/制造商	技术规格 (最大)	生产厂家	申请 单位	监督 部门
	大港地下 -层4号 直线加速器 治疗室	医用X线 子源的医用 加速器	医用 I类	1	医科达 SYNERGY 直 线加速器(带 有X射线屏蔽 扫描系统)	RIEKTA Synergy 15979	美国通用 电气公司	最大管电压 10 MeV	Elekta Inc		
62	内科住院 大楼一层 核医学科 SPECT/C T检查室	医用X线 计算机断层 扫描 (CT)装置	医用 I类	1	GE Discovery NMCT67 0 Pro 计算机断层 扫描 (SPECT/CT)	Discovery NMCT67 0 Pro	GE MEDICAL SYSTEMS, ISRAEL	管电压 140 kV 管电流 440 mA	GE MEDICAL SYSTEMS, ISRAEL		
63	外科大楼 15楼外科 外科放射 定位室	医用X线 放射治疗 装置	医用 I类	1	Elekta Hi-Linear 6000 医用X射线 治疗装置 (直线加速器)	Hi-Linear 6000	美国通用 电气公司	管电压 140 kV 管电流 70 mA	通用电气 医疗系统 公司		
64	外科大楼 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置	医用 I类	1	西门子 Cine RT	Cine RT	西门子上 海	管电压 110	西门子上 海		

42/45



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证字[2004]61

序号	活动种类和范围			使用名称				备注			
	辐射源活度 场所名称	装置分类名称 类别	活动 种类	数量/台 (套)	装置名称	规格型号	产地/制造商	技术规格 (最大)	生产厂家	申请 单位	监督 部门
	外科大楼 15楼 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置	医用 I类	1	赛德 Diasono 移动式 X射线机 (C臂)	Series Diasono Mobile 式C臂 X射线 机机 (C臂)	赛德 迪安诺	kV 管电压 24 mA	赛德迪安 诺公司		
65	外科大楼 15楼 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置	医用 I类	1	GE DEC Dec 移动式 X射线机 (C臂)	DEC Dec 42HL	北京通用 电气医疗 设备有限公司	管电压 110 kV 管电流 25 mA	北京通用 电气医疗 设备有限公司		
66	外科大楼 地下1层 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置 (CT)装置	医用 I类	1	上海联影 760X 螺旋CT 扫描机 (64排 CT)	uCT 760	上海联影 医疗科技 有限公司	管电压 140 kV 管电流 677 mA	上海联影 医疗科技 有限公司		
67	外科大楼 15楼 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置 (CT)装置	医用 I类	1	X射线 计算机 断层扫描 (CT)装置	SOMATO M Force	西门子上 海	管电压 130 kV 管电流 1300 mA	西门子上 海 医疗系统 有限公司		
68	外科大楼 16楼 放射治疗 室	医用X线 放射治疗 装置	医用 I类	1	GE DEC 9900 直线 加速器 (直线 加速器)	DEC 9900 Elite	GE MEDICAL SYSTEMS, ISRAEL	管电压 120 kV 管电流 130 mA	GE MEDICAL SYSTEMS, ISRAEL		

43/45



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证字[2016]461

序号	移动式非密封放射源				医用诊断 X 射线装置				备注		
	放射源活度/核素名称	设备分类名称及类别	活动种类	数量/件 (套)	装置名称 (品牌)	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)	生产厂家	建成单位	监管部门
70	外科楼 B 区 C 区体外放射源	医用诊断 X 射线装置	使用	1	数字乳腺 X 射线摄影系统 (乳盾 DR)	Navigate One Core	627660063	管电压 46 kV 管电流 630 mA	深圳市域康医疗设备有限公司		
76	外科楼 1 区 4 楼体检中心	医用诊断 X 射线装置	使用	1	立维 Dikeys 700 医用 X 射线摄影系统 (DR)	Dikeys 700	A4-19000051	管电压 150 kV 管电流 640 mA	深圳立维佳加医疗电子有限公司		
71	外科楼 1 区介入科 2-CT 机房	医用 X 射线装置	使用	1	西门子 SOMATOM Definition AS CT 机	SOMATOM Definition AS	06634	管电压 140 kV 管电流 560 mA	西门子(中国)有限公司		
72	外科楼 1 区介入科 2-DSA 介入手术室	医用诊断 X 射线装置	使用	1	西门子 Artis see ceiling 射线血管造影系统 (DSA)	Artis see ceiling	147153	管电压 125 kV 管电流 800 mA	西门子(中国)有限公司		
73	外科楼 B 区 1 楼介入放射科	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国捷迈 HK.ESWL-VI	HK.ESWL-VI L-VI	1678	管电压 110 kV 管电流	深圳捷迈医疗设备有限公司		

44 / 45



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环证字[2016]461

序号	移动式非密封放射源				医用诊断 X 射线装置				备注		
	放射源活度/核素名称	设备分类名称及类别	活动种类	数量/件 (套)	装置名称 (品牌)	规格型号	产品序列号	技术参数 (最大)	生产厂家	建成单位	监管部门
74	外科楼 B 区 3 楼体检中心	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国 DEE 7900 BSA-移动式 X 射线机	DEE 7900 BSA	E2-2941	管电压 120 kV 管电流 150 mA	通用电气 OEC 医疗系统集团		
75	外科楼 B 区 4 楼体检中心	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国 OEC 9000 BSA 移动式 X 射线机 (C 臂)	OEC 9000 BSA	05-715-3401	管电压 120 kV 管电流 150 mA	通用电气 OEC 医疗系统集团		
76	外科楼 B 区 4 楼体检中心 5-10 区-1	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国 Brova OBC50 C 臂 X 射线机 (C 臂)	Brova OBC50	B1501029	管电压 120 kV 管电流 130 mA	北京通用电气华伦医疗设备有限公司		
77	外科楼 B 区 4 楼体检中心 5-10 区-3	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国 OEC Fluorostar Compact D 移动式 C 形臂 X 射线机 (C 臂)	OEC Fluorostar Compact D	79-C057403	管电压 120 kV 管电流 120 mA	通用电气 OEC 医疗系统集团		
78	外科楼 B 区 4 楼体检中心 5-10 区-10	医用诊断 X 射线装置	使用	1	德国 OEC Fluorostar Compact D 移动式 C 形臂 X 射线机 (C 臂)	OEC Fluorostar Compact D	79-C23003	管电压 120 kV 管电流 130 mA	通用电气 OEC 医疗系统集团		

46 / 45



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围			使用台数			备注				
	辐射活动场所名称	装置分类名称	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
79	外科楼B区4楼手术室5-10室5	医用诊断X射线装置类	医用	1	移动式X射线机(C臂)	GE OEC 9900 Dile	L23153	管电压 120 kV 管电流 150 mA	通用电气医疗系统有限公司		
80	外科楼B区4楼手术室5-10室4	医用诊断X射线装置类	医用	1	西门子SOLIMOBIL Compact L.C.臂机	SIREMO BIL Compact L		管电压 100 kV 管电流 120 mA	西门子公司		
81	外科楼B区4楼手术室5-10室7	医用诊断X射线装置类	医用	1	西门子SIREMOBIT Compact L.C.臂机	SIREMO BIL Compact L		管电压 100 kV 管电流 130 mA	西门子公司		
82	外科楼B区4楼手术室8号室	医用诊断X射线装置类	医用	1	GE OEC Fluorstar compact D 移动式C型臂X射线机(C臂)	OEC Fluorstar compact D	79-C9757D	管电压 110 kV 管电流 20 mA	通用电气医疗系统有限公司		

48/50



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围			使用台数			备注				
	辐射活动场所名称	装置分类名称	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
83	外科楼B区4楼手术室DBA手术间	医用诊断X射线装置类	医用	1	新威克达 REPLASAR 500X 移动式X射线机(C臂)	REPLASAR 500X	5328	管电压 110 kV 管电流 8 mA	德克斯福克		
84	外科楼B区6号手术室	医用诊断X射线装置类	医用	1	德国Gamm 1000 H&S 移动式C型臂X射线机(C臂)	G-m 1000	D17101405	管电压 125 kV 管电流 100 mA	美国美敦力公司		
85	外科楼B区4号手术室	医用诊断X射线装置类	医用	1	GE OEC Elite MaxView 移动式C型臂X射线机(C臂)	OEC Elite MaxView	AB55C1000101L	管电压 100 kV 管电流 0.10 mA	GE 通用电气医疗系统有限公司		
86	外科楼B区1层体检科DR	医用诊断X射线装置类	医用	1	艾姆迪570数字化放射成像板(DR)	DT-570	D5000201812671	管电压 150 kV 管电流 850 mA	配敦市艾姆迪医疗系统有限公司		
87	外科楼C区1层体检科DR	医用诊断X射线装置类	医用	1	GE Luma DRXA 管架板	GE Luma DRXA	200493	管电压 100 kV 管电流 2.5 mA	通用电气医疗系统有限公司		

49/50



### (三) 射线装置

证书编号: 粤科辐证[2024]06

序号	活动种类和范围			使用材料				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
	放射源- 空										
88	外科门诊 1楼普放 1号机房	医用诊断 X射线装置	III类	1	西门子 Yaso 数字化医用X 射线成像系统 (DR)	Yaso	50035	管电压: 150 kV 管电流: 300 mA	上海西门子 医疗系统有 限公司		
89	外科门诊 术室	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 MobiEye 700P 移动式 X射线机(移 动DR)	MobiEye 700	Ck-7700081	管电压: 150 kV 管电流: 500 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		
90	外科门诊 ICU	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 MobiEye 700P 移动式 X射线机(移 动DR)	MobiEye 700P	CS-8C00020	管电压: 150 kV 管电流: 600 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		
91	外科住院 大楼地下 1层放射 科DR机 房室1 (1号 室)	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 Digipix 680T 数字化高 压X射线摄影 系统(DR)	Digipix 680T	D4-1100086	管电压: 150 kV 管电流: 800 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		

48 / 55



### (三) 射线装置

证书编号: 粤科辐证[2024]06

序号	活动种类和范围			使用材料				备注			
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
92	新生儿一 区	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 MobiEye 700P 移动式 X射线机(移 动DR)	MobiEye 700P	CS-A300036	管电压: 150 kV 管电流: 640 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		
93	一门诊工 部放射科 2号机房	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 Digipix 680T 数字化 高压X射线摄 影系统(DR)	Digipix 680T	D4-2380117	管电压: 150 kV 管电流: 800 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		
94	一门诊2 楼普放1 机房	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈瑞 Digipix 680T 数字化 高压X射线摄 影系统(DR)	Digipix 680T	AA-16000035	管电压: 150 kV 管电流: 640 mA	深圳迈瑞生 物医疗电子 股份有限公司		
95	一门诊大 楼6楼 617机房	医用诊断 X射线装置	III类	1	安捷 Aggel- DR-A-F 数字 化医用X射线 摄影系统(DR)	Aggel- DR-A-F	ED050320160 762-1103003 (2015062517 )	管电压: 150 kV 管电流: 290 mA	深圳市安捷 科技有限公 司		
96	一门诊大 楼6楼普 放机房	医用诊断 X射线装置	III类	1	迈尔美 METRICAM Mem Scan 60 部件数字化	METRICAM AM Mem Scan	103145	管电压: 40 kV 管电流: 0.33 mA	Miles H/W Medical Technology Corporation		

49 / 55



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环验证[2016]04

序号	活动种类和范围			使用台账				备注					
	辐射活动场所名称	装置名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
97	福田院区 1层放射科CT室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	飞利浦 Philips CT 6900 X射线计算机断层扫描设备 (128排CT)	Philips CT 6900	77137		管电压 140 kV 管电流 1000 mA	飞利浦医疗系统(中国)有限公司		
98	福田院区 4层口腔科CT室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	美特莱 NewTom Giano 口腔锥形束计算机断层扫描装置 (口腔CBCT)	NewTom Giano	70A30784		管电压 90 kV 管电流 14 mA	意大利 New Tom 公司		
99	福田院区 4层口腔科X射线装置	口腔X射线机	Ⅲ类	使用	1	赛特力 S-mind DC 牙科X射线机 (牙科X射线机)	S-mind DC	D73422		管电压 70 kV 管电流 4 mA	法国赛特力		
100	福田院区 4层放射科CT室	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	海康威视 Hecoms W 系列X射线断层扫描装置 (全身骨密度仪)	Hecoms W	3001104		管电压 140 kV 管电流 2.5 mA	香港海康公司		

30/134



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环验证[2016]04

序号	活动种类和范围			使用台账				备注					
	辐射活动场所名称	装置名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
101	福田院区 6层健康管理中心 629诊室 乳腺钼靶摄影室	医用钼靶X射线装置	Ⅲ类	使用	1	曼尔森 MemScan X 钼靶摄影仪 (胸部钼靶仪)	MemScan X	MenScan	102541	管电压 50 kV 管电流 0.3 mA	Miles Medical LLC		
102	福田院区 6层健康管理中心 624诊室	医用钼靶X射线装置	Ⅲ类	使用	1	西门子 MAMMOMAT Inspiration 钼靶X射线摄影系统 (钼靶)	MAMMOMAT Inspiration	44AT Inspiration	3164	管电压 35 kV 管电流 190 mA	Siemens AG		
103	福田院区 6层健康管理中心 DR摄影室	医用钼靶X射线装置	Ⅲ类	使用	1	迈迪 DigEye 680T 数字化医用X射线摄影系统 (DR)	DigEye 680T	D4-1700010	D4-1700010	管电压 150 kV 管电流 600 mA	深圳市康乐物医疗电子股份有限公司		
104	福田院区 (1)层1层放射科 DR室	医用钼靶X射线装置	Ⅲ类	使用	1	迈迪 DigEye 680T 数字化医用X射线摄影系统 (DR)	DigEye 680T	D4-1700010	D4-1700010	管电压 150 kV 管电流 600 mA	深圳市康乐物医疗电子股份有限公司		

31/134



### (三) 射线装置

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	活动种类和范围			使用台数				备注				
	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	原机型号		产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位
10	梅田院区 一层放射 复芳单元	医用诊断 X射线装置	III类	使用	1	南京普爱 PLX7100A 款 字体结构C形 臂X射线机 (C臂)	PLX7100 A	7100A22104	管电压 125 kV 管电流 200 mA	南京普爱医 疗设备股份 有限公司		

53/55



### (五) 许可证申领、变更和延续记录

证书编号: 粤环辐证[B0046]

序号	业务类型	批准时间	内容事由	申请、变更和延续许可证号
1	重新申领	2025-09-07	重新申领	粤环辐证[B0046]
2	重新申领	2024-12-12	重新申领	粤环辐证[B0046]
3	重新申领	2022-12-05	重新申请, 批准时间: 2022-12-05	粤环辐证[B0046]
4	重新申领	2021-11-02	重新申请, 批准时间: 2021-11-02	粤环辐证[B0046]
5	重新申领	2021-04-19	重新申请, 批准时间: 2021-04-19	粤环辐证[B00740]
6	重新申领	2019-08-26	重新申请, 批准时间: 2019-08-26	粤环辐证[B00740]
7	重新申领	2017-08-08	重新申请, 批准时间: 2017-08-08	粤环辐证[B00740]
8	延续	2017-05-23	延续, 批准时间: 2017-05-23	粤环辐证[B00740]

54/55

# 附件 6 项目选址咨询报告

## 选址咨询报告

报告说明：本报告结论基于前期提供的信息和数据自动生成，仅供参考不作为审批依据，并于生成后30个工作日内建议及审批意见。

### 一、选址准入研判

现状分析、选址符合准入条件			
选址地址	岗头路6号0区A-C栋		
行业类别	卫生		
是否属于重点管控区域	否	是否属于基本生态控制线范围	否
是否涉及重点管控物	否	是否涉及环境敏感区及重点管控物	否
是否属于敏感区域	否		

### 二、选址所在单元环境质量

环境单元	人居敏感评价区(R04)		
功能属性	规划用地以居住用地、交通设施用地、公共管理与服务设施用地为主		
管控去向	生活污水		
环境敏感控制属性			
敏感点	茅洲河流域空气 类, V 类或以上	空气	二类区
敏感区	2类区、3类区	噪声	珠江三角洲深圳沿海地区欠发达区, 111类
土壤		生态	不涉及生态保护红线; 规划用地(约 5.79公顷)位于基本生态控制线内

### 三、选址四至情况



### 四、管控清单

编制依据：按照《深圳经济特区生态环境管控条例》，清单管理是生态环境管控清单管理形式。

(一) 单元管控清单

管控维度	序号	管控要求	要求属性
上位生态环境准入清单	1	执行全市总体管控要求，区级共性管控要求（宝安区）以及 ZH44030530037 沙井街道一般管控单元生态环境准入清单相关要求。	约束性
产业准入要求	2	该单元规划用地以居住用地、交通设施用地、公共管理与服务设施用地为主，严格限制新建、改建、扩建工业项目，可适当引入商业、办公、餐饮、汽修等无污染或轻污染项目。	约束性
功能布局要求	3	该单元部分用地涉及基本生态控制线。除下列情形外，其它项目禁止在基本生态控制线内建设：（1）重大道路交通设施；（2）市政公用设施；（3）旅游设施；（4）公园；（5）与生态环境保护相适应的农业、教育、科研等设施。	约束性
功能布局要求	4	（1）禁止在居民住宅楼、商住综合楼内设置喷漆工序的汽车维修项目。 （2）汽修厂喷漆车间及其废气排放口与沙一新村、幸福社区、衙边村、衙边村商住楼、万佳裕雅苑、盈丰楼、雅景苑、云采花园、衙边大	约束性

	<p>塘小区、万科·翡丽湾、望尚盛家园、西荟城、翠岗社区、翠园新村、翠岗村、翠南园、沙头角、沙岸村、恒源花园、金丰雅园、星河金达旧改小区、拾悦城、园林新村、沙井教师村、幸福家园、篱边新村、兰岗楼、万科·翡丽湾、翡翠园、悦安居、碧岗楼、沙三村、辛养幼儿园、牛井同际虹缘幼儿园、紫荆学校、沙井中学、为明双语实验学校、绿茵幼儿园、翠岗小学、金博二幼儿园、沙井中心幼儿园、宝安职业教育集团第二校区、牛岗医院、沙头东园新村、沙一新村、东塘新村、鹤沙幼儿园、辛养村、蚝三旧村、沙井三村、幸福家园、尚优公寓、中远河谷岸居住区、宝华学校、宝华幼儿园、篱边幼儿园、互岸银座、麒麟老部、鸿安源、禧园、荣泰园等人居敏感区边界的距离应大于50米，且废气排放口不得朝向邻近的敏感人群。</p>	<p>功能布局要求</p>	<p>7</p>	<p>声路面，建设生态隔离带或者为两侧受声影响建筑物安装隔音窗等噪声污染防治措施。</p> <p>(2) 新建噪声敏感建筑物应充分靠近周边道路的噪声屏障，并做好降噪防护措施。在已建成或者规划建设的城市交通干线两侧新建噪声敏感建筑物的，噪声敏感建筑物与城市交通干线之间应当保留一定的退让距离，道路一侧新建噪声敏感建筑物应优化功能布局，在临路一侧尽量避免设置卧室、阅读、教学等功能为主的噪声敏感单元，并可根据需要采取加装隔声窗等措施，确保室内声环境达标。</p> <p>用途拟变更为住宅、公共管理与公共服务设施用地的地块，应按要求开展土壤污染状况调查。住宅用地、公共管理与公共服务设施用地之间相互变更的，原则上不需要进行调查，但公共管理与公共服务设施用地中环卫设施、污水处理设施用地变更为住宅用地的除外。</p> <p>【废水】</p> <p>(1) 施工人员生活污水经处理后排入市政污水管网。</p> <p>(2) 施工机械、车辆器具等清洗产生的废水经处理后用于场地洒水抑尘、道路冲洗等，或经处理达到广东省《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)中的第二时段三级标准后排入市政污水管网；基坑废水经沉淀处理后回用于施工场区洒水或排入雨水管网，不得直接排入水体。</p> <p>(3) 餐饮店、汽修店运营期污水排放要求分别见“《十五》餐饮业行业管理要求”、“《十六》汽车、摩托车等修理与维护业行业管理要求”。</p>	<p>约束性</p>
<p>功能布局要求</p>	<p>5</p> <p>(1) 禁止在居民住宅楼、未配套设立专用烟道的商住综合楼以及商住综合楼内与居住层相邻的商业楼层内新建、改建、扩建产生油烟、异味、废气的餐饮服务项目。</p> <p>(2) 在沙一新村、辛养社区、篱边村、篱边村商住楼、万佳裕楼、金丰楼、翡翠苑、云禧花园、篱边大塘小区、万科·翡翠郡、望尚盛芳园、西荟城、翠岗社区、翠园新村、翠岗村、翠南园、沙头角、沙岸村、恒源花园、金丰雅园、星河金达旧改小区、拾悦城、园林新村、沙井教师村、幸福家园、篱边新村、碧岗楼、万科·翡丽湾、悦安居、碧岗楼、沙三村、辛养幼儿园、牛井同际虹缘幼儿园、紫荆学校、沙井中学、为明双语实验学校、绿茵幼儿园、翠岗小学、金博二幼儿园、沙井中心幼儿园、宝安职业教育集团第一校区、牛岗医院、沙头东园新村、沙一新村、东塘新村、鹤沙幼儿园、辛养村、蚝三旧村、沙井三村、幸福家园、尚优公寓、中远河谷岸居住区、宝华学校、宝华幼儿园、篱边幼儿园、互岸银座、麒麟老部、鸿安源、禧园、荣泰园等周边设置的餐饮店，其经油烟净化和除异味处理后的油烟排放口与居民区或学校边界的距离不应小于10米，新建产生油烟的餐饮店边界与居民区、学校的边界水平间距不应小于9米。</p>	<p>约束性</p>	<p>6</p> <p>污染排放管控</p>	<p>6</p> <p>【废气】</p> <p>(1) 施工期废气执行广东省《大气污染物排放限值》(DB44/27-2001)中的无组织排放浓度限值。燃油机械应安装再生式柴油颗粒捕集器，并加强柴油机机械设备的维护、保养，确保尾气能够达到排放标准。</p> <p>(2) 全面落实“7个100%”工地扬尘治理措施，即所有建设工程工地100%围挡；施工围挡及外架100%全封闭，出入口及车行道100%硬底化，出入口100%安装冲洗设施，易起尘作业面100%湿法作业，裸露土及易起尘物料100%覆盖，出入口100%安装TSP在线自动监测设备。</p> <p>(3) 餐饮店、汽修店运营期废气排放要求分别见“《十五》餐饮业行业管理要求”、“《十</p>	<p>约束性</p>
<p>功能布局要求</p>	<p>6</p> <p>(1) 新建城市交通干线应远离噪声敏感建筑物集中区域，新建、改建、扩建城市交通干线确需穿越已建成噪声敏感建筑物集中区域的，建设单位应采取设置隔声屏障、铺设低噪</p>	<p>约束性</p>	<p>5</p> <p>污染排放管控</p>	<p>5</p>	<p>约束性</p>

		六) 汽车、摩托车等修理与维护业行业管理要求”。	
污染排放管控	10	<p><b>【噪声】</b></p> <p>(1) 施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的要求。</p> <p>(2) 施工单位应当使用低噪声的施工机械和其它辅助施工设备,并按相关技术规范要求设置隔声围挡、隔声屏或者隔声房等噪声防治措施,确保建筑施工场界环境噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)相关要求。</p> <p>(3) 餐饮店、汽修店运营期噪声排放要求分别见“(十五)餐饮业行业管理要求”、“(十六)汽车、摩托车等修理与维护业行业管理要求”。</p>	约束性
污染排放管控	11	<p><b>【固体废物】</b></p> <p>(1) 施工过程中产生的建筑废弃物应按要求进行处置。施工单位应制定建筑废弃物减量化计划,加强建筑废弃物的回收再利用,不能回收再利用的建筑废弃物及时清运。</p> <p>(2) 施工机器维修产生的废润滑油及其包装容器等应统一收集后交由有危险废物处置资质的单位处理。</p> <p>(3) 餐饮店、汽修店运营期固体废物处理处置要求分别见“(十五)餐饮业行业管理要求”、“(十六)汽车、摩托车等修理与维护业行业管理要求”。</p>	约束性

(二) 行业管控要求

<b>医疗卫生</b>			
适用于《国民经济行业分类》(GB/T4754-2017) [按照1号修改单修订] 中的医院 841、基层医疗卫生服务 842、专业公共卫生服务 843 (计划生育技术服务活动 8436 除外) 的新建、改建、扩建建设项目的环评管理。			
管控维度	序号	管控要求	约束属性

排放标准	废水	1	医疗机构污水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。	约束性
排放标准	废气	2	污水处理站废气应进行除臭除臭处理,有组织排放执行《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93),无组织排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。	约束性
排放标准	废气	3	设置有锅炉、备用发电机等公用辅助设备的,其尾气排放执行相应标准要求。	约束性
排放标准	噪声	4	厂界噪声排放执行《工业企业,环境噪声;标准》(GB12348-2008)中相应声环境功能区对应的标准,详见单元行业管理要求。	约束性
污染防治措施	废水	5	医疗废水和生活污水禁止直接排入地表水体,且须经消毒后方可排放。	约束性
污染防治措施	废水	6	传染病区需采用分流制排水系统,污水经分流处理后排放;其余医疗卫生机构的医疗废水、生活污水和雨水应分流排放。	约束性
污染防治措施	废水	7	特殊医疗污水应单独收集并进行单独处理,包括放射性污水应经衰变地处理;洗相室、病理科、检验室等含重金属污染物的特殊医疗污水应根据使用化学药剂性能单独收集,单独处理;感染性疾病科感染性污水应进行消毒处理。	约束性
污染防治措施	废水	8	污水处理站的设计应满足《医院污水处理技术指南》、《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014)、《传染病医院建筑设计规范》(GB50342-2014)、《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013)的要求。	约束性
污染防治措施	废水	9	医疗机构污水处理站应根据相关要求安装在线监控设备。	约束性
污染防治措施	废水	10	医疗污水处理工艺可参考《医院污水处理技术指南》、《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013)和《排污许可证申请与核发技术规范 医疗机构》(HJ1105-2020)等。①医疗污水可采用一级处理/一级强化处理+消毒工艺处理。一级处理包括:筛滤法;沉淀法;气浮法;预曝气法;一级强化处理包括:化学需	预期性

		泥处理、机械过滤或不完全生物处理；消毒工艺：加氯消毒、臭氧法消毒、次氯酸钠法、二氧化氯法消毒、紫外线消毒等。②传染病、结核病专科医院的医疗污水可采用二级处理/深度处理+消毒工艺处理。二级处理包括：活性污泥法；生物膜法；深度处理包括：絮凝沉淀法；砂滤法；活性炭法；臭氧氧化法；膜分离法；生物脱氮除磷法；消毒工艺：加氯消毒、臭氧法消毒、次氯酸钠法、二氧化氯法消毒、紫外线消毒等。③特殊医疗污水包括传染性污水、低放射污水、洗相污水、实验检验污水、口腔污水。传染性污水可采用加氯法、臭氧法、次氯酸钠法、二氧化氯法、紫外线消毒工艺；低放射污水可采用衰变池法；洗相污水可采用化学沉淀法、化学法+膜分离法、还原法等；实验检验污水可采用中束法（砂竹、碳竹）、吸附法、萃取萃取法、氧化分解法、分离法、Na2S沉淀法、FeSO4-石灰法、次氯酸盐氧化法等；口腔污水可采用硫化物沉淀法、活性物质吸附法、离子交换法等。		
污染防治措施	废气	11	污水处理站产生恶臭的区域应加盖或加盖，并进行除臭除硫处理。	约束性
污染防治措施	废气	12	传染病和结核病医疗机构应对污水处理站排出的废气进行消毒处理。	约束性
污染防治措施	废气	13	医疗卫生机构的医疗区及医疗废物暂存区等污染区的气态污染物应经高效过滤器过滤处理后排放。	约束性
污染防治措施	废气	14	检验科、实验室的检测废气、实验废气应经预处理后排放。	约束性
污染防治措施	废气	15	集中收集的恶臭气体应经处理（喷淋除臭、活性炭吸附、生物除臭等）后通过排气筒排放。	预期性
污染防治措施	噪声	16	对集中布置的高噪声设备，应采用隔声间；对分散布置的高噪声设备，应采取减振、隔声或消声等措施。运营过程中应加强对生产设备维护保养与维修，确保设备处于良好的运转状态。	约束性

污染防治措施	噪声	17	冷却塔应远离周边的居民区等人居敏感区，并采取在风机出口设置消声器、减振等措施，必要时设置吸隔声屏障和宽频带组合式吸声材料，降低低频噪声的影响。	约束性
污染防治措施	噪声	18	具体措施可参考《工业企业噪声控制设计规范》（GB/T0087-2013）。	预期性
污染防治措施	固体废物	19	医疗卫生机构应当按照《医疗废物集中处置技术规范》（环发〔2003〕206号）、《医疗废物管理条例》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）、《环境保护图形标志 固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）及《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）的规定，做好危险废物的分类存放、基础防渗以及防风、防雨、防晒等措施，并张贴式张贴标识牌。	约束性
污染防治措施	固体废物	20	医疗卫生机构收治的传染病病人或者疑似传染病病人产生的生活垃圾，应按医疗废物进行管理并处置。	约束性
污染防治措施	固体废物	21	具有住院病床的医疗卫生机构应建立专门的医疗废物暂时贮存库房，地面和1.0米高的墙裙必须进行防渗处理，并在库房外的明显处同时设置危险废物和医疗废物警示标识。不设住院病床的医疗卫生机构，如门诊部、诊所、医疗教学、科研机构等，若无条件设置独立的医疗废物暂时贮存库房，则应设立专门的医疗废物专用暂时贮存柜（箱），并做好防雨淋、防扬散、防渗漏措施。	约束性
污染防治措施	固体废物	22	医疗卫生机构交予处置的废物应执行危险废物转移联单管理制度。	约束性
污染防治措施	固体废物	23	医疗卫生机构应依据《危险废物产生单位管理计划制定指南》制定危险废物管理计划，上一年度危险废物实际产生总量达到10吨及以上的企业需于每年3月31日前在广东省固体废物环境监管信息平台完成备案，10吨以下的企业在每年首次转移危险废物前完成备案。	约束性
污染防治措施	土壤和地下水	24	源头控制：在有毒有害物质的储存及输送过程应确保包装容器具有相应的耐腐蚀性、耐压、密封性等，避免有毒有害物质渗漏或泄露。	约束性

污染防治措施	土壤和地下水	7A	防渗控制：医疗废物暂存间、污水处理设施等应采取防渗措施；防渗性能应满足国家和地方标准以及相关技术规范要求。	约束性
污染防治措施	土壤和地下水	27	渗漏、泄漏检测：管道、储罐等应配置泄漏、渗漏检测装置，并定期进行检查和维护。	约束性
环境风险防范	-	28	医疗卫生机构应落实《突发环境事件应急管理办法》相关要求，加强危险化学品运输、贮存、使用管理和风险防范，做好环境风险防范物资储备和应急演练；落实环境风险应急联动要求和风险防范措施。	约束性

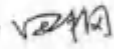
## 附件 7 原有核技术利用项目环评批复


表 7 审批

表 7 环评审批意见摘要：

关于深圳市人民医院核技术利用项目环评审批意见：

“环评批复强调项目的建设，应严格落实辐射安全防护“三同时”制度（随着环评的进展，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用）方面环评影响报告文件中建议的辐射防护与辐射安全管理各项措施，由于环评批复批复后各审批部门落实批复管理责任和落实环评措施多缺，制订完善的操作规程和管理制度，杜绝可避免在病人承受辐射事件。项目建成后，应严格按照环评批复环评审批项目施工环境保护验收，环评批复向我局申请《辐射工作安全许可证》，防治污染和辐射对人体健康危害后，环评批复方可投入使用。”

经办人签字  2015年7月1日



## 深圳市人居环境委员会 建设项目环境影响审查批复

深环批[2013]00115号

深圳市人民医院：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《国家建设项目环境保护管理有关法律、法规规定，并依据《关于进一步明确我市核技术应用项目审批事项的通知》（粤环【2008】121号）的规定，经对你单位《核技术应用项目环境影响登记表》（SFBD0131深413号、GDHL-HP-13-A070）及附件的审查，我委同意你单位在深圳市福田区内使用医用 X 射线装置项目建设。同时对该项目要求如下：

一、该项目申报使用医用 X 射线装置（III类）共 16 台。编号为 SFH20131深413号环评登记表内登记 BrillanceCT16 型计算机断层摄影设备 1 台、Ysio 型 DR2 台，编号为 GDHL-HP-13-A070 号环评登记表内登记中兴医疗 LDR-02 型 X 射线诊断机 1 台、迈瑞 Digeye760 型 X 射线诊断机 1 台、北京万东 HDMC-100 型移动 X 射线诊断机 1 台、瑞典 BIPLANAR500 型 X 射线诊断机 1 台、美国 GE0EC9900Elite12-5166 型 X 射线诊断机 1 台、西门子 SIREMOBIL CompactL 型 X 射线诊断机 3 台、美国 GE0EC9900Elite12-7315-MH 型 X 射线诊断机 1 台、南京杰邁 JXC6000 型 X 射线诊断机 1 台、GELumarDXA 型骨密度仪 1 台、深圳惠康 ESWL-VI 型碎石机 1 台、美国 GE0EC9900Elite 型小 C 臂 X 射线诊断机 1 台。如有扩大规模，改变建设内容，改变建设地址取另行申报。

二、该项目应严格落实环境影响登记表提出的各项放射性污染防治和辐射安全防护措施。辐射安全与防护须满足 GB18871-2002 和 HJ2130-2012 的标准要求。

三、该项目建设过程应严格执行环保“三同时”制度，防治污染的设施须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

四、项目投入使用前，需持本批复及相关材料向深圳市人居环境委员会核与辐射管理中心申请《辐射安全许可证》或许可证相关业务。

五、该项目竣工后，在使用前取得验收监测报告后各齐有关材料向我委核与辐射管理中心申请办理竣工环保验收手续，验收合格后方可投入使用。

六、该项目在使用过程中应按要求建立台账监测制度，辐射防护安全规章制度、辐射事故应急制度，完善辐射安全与防护各项措施，依法办理辐射安全许可证，持证后每年（1月30日前）向我委核与辐射管理中心提交上一年度自我安全评估报告，开展辐射防护监测报告，认真落实环保义务。

七、使用过程中产生的危险废物委托有危险废物经营许可证的单位处理，有关委托合同报我委备案。

八、禁止本项目活动时，辐射防护的设备设施情况报我委备案。

九、该项目的建设地点、建设内容、污染防治设施等发生重大变动的，或者项目自批准之日起超过五年未开工建设，应重新向我委申请办理环保审批手续。

十、若对上述决定不服，可在收到本决定书之日起六十日内向深圳市人民政府或者广东省环境保护厅申请行政复议，或者在收到本决定书之日起三个月内向深圳市福田区人民法院提出行政诉讼。



## 深圳市人居环境委员会 建设项目环境影响审查批复

深环批[2015]300122号

深圳市人民医院：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及国家建设项目环境保护管理等有关法律、法规规定，并依据《关于进一步明确我省核技术应用项目审批事项的通知》（粤环【2008】121号）的规定，经对你单位《核技术应用项目环境影响登记表》（编号分别为：SFB2015D深018号、XFB2015H深034号、SFB2015D深024号）及材料的审查，我委同意你单位在深圳市福田区内使用医用X射线装置项目建设，同时对该项目要求如下：

一、该项目中使用医用X射线装置（Ⅲ类）共13台（深圳市人民医院本部申报7台，深圳市人民医院龙华分院申报1台），如有扩大规模、改变建设内容、改变建设地址需另行申报。

二、该项目应严格落实环境影响登记表提出的各项放射性污染防治和辐射安全防护措施。辐射安全与防护须满足 GB18871-2002 和 HJ2130-2012 的标准要求。

三、该项目建设过程应严格执行环保“三同时”制度，防治污染的设施须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

四、项目投入使用前，需持本批复及相关材料向深圳市人居环境委员会核与辐射管理中心申请《辐射安全许可证》或许可证相关业务。

五、该项目竣工后，在使用前取得验收监测报告后各齐有关材料向我委核与辐射管理中心申请办理竣工环保验收手续，验收合格后方可

可投入使用。

六、该项目在使用过程中须按要求建立常规监测制度、辐射防护安全规章制度、辐射事故应急制度，完善辐射安全与防护各项措施，依法办理辐射安全许可证，领证后每年1月30日前向我委核与辐射管理中心提交上一年度自我安全评估报告，并附辐射防护监测报告，认真履行环保义务。

七、使用过程中产生的危险废物须委托有危险废物经营许可证的单位处理，有关委托合同须报我委备案。

八、终止本项目活动时，须将使用的设备处置情况报我委备案。

九、该项目的建设地点、建设内容、污染防治措施等发生重大变动的，或者项目自批准之日起超过五年未开工建设的，应重新向我委申请办理环保审批手续。

十、若对上述决定不服，可在收到本决定之日起六十日内向深圳市人民政府或者广东省环境保护厅申请行政复议，或者在收到本决定之日起三个月内向福田区人民法院提出行政诉讼。



## 广东省环境保护厅

粤环审〔2015〕426号

### 广东省环境保护厅关于深圳市人民医院核技术应用扩建项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院：

你单位报批的《核技术应用项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号14F5HP004）、深圳市人居环境委的初审意见和省环境辐射监测中心的评估意见收悉，经研究，批复如下：

一、你单位核技术应用扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路1017号。项目内容为：在新外科楼一楼开展放射性碘-125粒子源植入治疗项目，日等效最大操作量为 $1.184\text{E}+8$ 贝可，年最大使用量为 $1.48\text{E}+12$ 贝可，属乙级非密封源工作场所。在介入微创诊疗中心新增使用2台数字减影血管造影机用于介入手术中的放射诊

疗，属Ⅱ类射线装置。

二、根据报告表的评价结论，我厅同意你单位按照报告表中所列项目的性质、地点、规模、核素种类、活度、设备型号以及环境保护措施要求建设该工程。

三、项目应认真落实报告表提出的各项污染防治和辐射防护措施，并重点做好以下工作：

(一)健全辐射安全管理机构，完善辐射安全各项管理制度，辐射安全管理人员和辐射工作人员定期接受辐射安全培训并持证上岗。

(二)严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)等标准要求建设各机房，落实各项辐射安全与防护措施，严格辐射工作场所的分区管理，工作场所须设立电离辐射警示标志，配备辐射防护用品。

(三)按照《低能 $\gamma$ 射线粒子源植入治疗的放射卫生防护与质量控制检测规范》(GBZ178-2006)的要求做好粒子源植入治疗的各项辐射防护工作，加强放射性物质的安全保卫工作，完善防盗设施与措施，确保各放射性物质的安全。

(四)落实监测计划，配备辐射监测仪器，定期对周围环境和工作场所进行环境辐射监测并建立监测档案。工作人员佩戴个人剂量计，剂量计监测每季度进行1次，建立个人剂量档案。

(五)你单位核技术利用项目的剂量管理目标值：工作人员剂量控制值低于5毫希沃特/年，公众剂量控制值低于0.25毫希

沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工，同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应申领辐射安全许可，并按规定的程序向我厅申请项目竣工环境保护验收。

五、项目的日常环境保护监督管理工作由深圳市人居环境委负责。



# 广东省环境保护厅

粤环审〔2017〕254号

## 广东省环境保护厅关于深圳市人民医院核技术 利用改扩建项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号16FSHP080），深圳市人居环境委员会对项目初审意见和省环境辐射监测中心的评估意见收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用改扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路1017号，项目内容为：在医院3号楼一层将原胃肠机诊室改造为介入手术室，新增使用1台数字减影血管造影装置（属II类

射线装置）用于介入手术中的放射诊疗；在急诊楼北面空地新建CT室，新增使用1台CT机（属III类射线装置）用于放射诊断。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信，我厅同意该项目建设。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目应认真落实报告表提出的各项污染防治和辐射防护措施，并重点做好以下工作：

（一）健全辐射安全管理机构，完善辐射安全各项管理制度。辐射安全管理人员和辐射工作人员定期接受辐射安全培训并持证上岗。

（二）严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等标准要求建设机房，落实各项辐射安全与防护措施，严格辐射工作场所的分区管理，工作场所须设立电离辐射警示标志，配备辐射防护用品。

（三）落实监测计划，配备辐射测量仪器，定期对周围环境和工作场所进行环境辐射监测并建立档案；工作人员须佩戴个人剂量计，剂量计监测每季度进行1次，建立个人剂量档案。

（四）你单位核技术利用项目的剂量管理目标值：工作人员剂量控制值低于5毫希沃特/年，公众剂量控制值低于0.25毫希沃特/年。

四、项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计，同时施工，同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按照规定的程序重新申领辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市人居环境委员会负责。



- 3 -

## 广东省环境保护厅

粤环审〔2018〕55号

### 广东省环境保护厅关于深圳市人民医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号 JXHG（44）-2017-015 以及 16FSHP094）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用改扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路1017号深圳市人民医院院本部和深圳市龙华新区龙观东路101号龙华分院。本项目的内容为：

（一）在院本部新建内科住院大楼，在负一层开展放疗项目；

- 1 -

使用5台医用电子直线加速器(属II类射线装置)用于放射治疗;配套使用2台CT模拟定位机(属III类射线装置)用于定位诊断;使用1台后装机(内含1枚放射源铱-192,属III类放射源)用于放射治疗。

(二)在内科住院大楼一楼建设核医学科,使用1台SPECT/CT(属III类射线装置)开展放射性同位素锝-99m显像诊断;使用放射性同位素碘-131用于甲亢和甲癌治疗,并设置2间甲癌病房;使用放射性同位素磷-32和镭-89用于放射治疗;使用1枚镭(90)-钷(90)用于敷贴治疗,属V类放射源,核医学科属7级非密封放射性物质工作场所。

(三)在内科住院大楼第九层以及十三层分别使用1台胰胆管造影装置ERCP(属II类射线装置)用于胰胆管造影;使用2台数字减影血管造影装置(属II类射线装置)用于介入手术中放射诊疗。

(四)在龙华分院医技楼一层改建放射科CT室为介入手术室,使用1台数字减影血管造影装置(属II类射线装置)用于介入手术中放射诊疗。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审,出具的评估意见认为,报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容,以及提出的辐射安全防护措施合理可行;环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

- 2 -

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施,确保辐射工作人员年有效剂量约束值低于5毫希沃特/年,公众年有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计,同时施工,同时投产使用的环境保护“三同时”制度,项目建成后,你单位应按规定程序重新申领辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市人居环境委员会负责。



- 3 -

# 广东省生态环境厅

粤环审〔2020〕260号

## 广东省生态环境厅关于深圳市人民医院核技术 利用扩建项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号为20DLFSHP014）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路1017号深圳市人民医院内。项目主要内容为：将医院外科大楼B区四层北侧的手术室和杂物间等相关区域改建为1间杂交手术室新增安装使用1台数字减影血管造影装置（型号为UNIQ FD20，

抄送：深圳市人居环境委员会，省环境辐射监测中心，江湾省核工业  
地质局测试研究中心，广东省环创新环境技术研究有限公司。

广东省环境保护厅办公室

2018年2月14日印发

最大管电压为 125 千伏，最大管电流为 1000 毫安，属 II 类射线装置），配套使用 1 台原有移动 CT 机（属 III 类射线装置），用于复合手术放射治疗。移动 CT 机和数字减影血管造影装置不同时使用，使用移动 CT 机时，操作方式为隔室操作。移动 CT 不使用时存放于该杂交手术室一角。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.25 毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计，同时施工，同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。



公开方式：主动公开

抄送：深圳市生态环境局，省环境辐射监测中心，广东智环创新环境科技有限公司。

广东省生态环境厅办公室

2020年11月3日印发

# 广东省生态环境厅

粤环审〔2021〕30号

## 广东省生态环境厅关于深圳市人民医院 PET 放射诊断项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院：

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》（以下简称报告表，编号为 20DLFSP035）等材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位 PET 放射诊断项目位于深圳市罗湖区东门北路 1017 号深圳市人民医院内。项目主要内容为：在医院内科大楼首层的闲置区域新增设置 PET 放射诊断项目，建设非密封放射性物质工作场所，包括 1 间 PET/CT 机房、1 间 PET/MR 机房以及注射室、休息室等配套功能用房。在 PET/CT 机房和 PET/MR 机房分别新增安装使用 1 台 PET/CT（属于 III 类射线装置）和 1 台

- 1 -

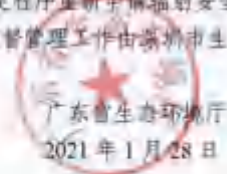
PET/MR，使用放射性核素氟-18、铊-64、镓-68 和锆-89 开展 PET/CT 和 PET/MR 核素显像诊断；使用 2 枚放射源钴-60（均属 V 类放射源）用于设备校准。该工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

二、广东省环境辐射监测中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、本项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，加强日常监测，处理好周边公共关系，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年。

四、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序重新申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。



公开方式：主动公开

抄送：深圳市生态环境局、省环境辐射监测中心、广东唯创新环境科技有限公司。  
广东省生态环境厅办公室 2021 年 1 月 28 日印发

- 2 -

# 广东省生态环境厅

粤环审〔2022〕9015号

## 广东省生态环境厅关于深圳市人民医院 (深圳市呼吸疾病研究所) 核技术利用 建设项目环境影响报告表的批复

深圳市人民医院(深圳市呼吸疾病研究所):

你单位(统一社会信用代码:124403004557554428)报批的《深圳市人民医院核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称“报告表”,项目编号:SV03343)等相关申请材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术利用扩建项目,建设地址为深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号外科大楼。项目建设内容:在外科大楼A区一层新建1间DSA机房和1间CT机房,分别配置1台DSA(双管头最大管电压均为125kV,双管头最大管电流均为

1000mA,属于II类射线装置)和1台CT(最大管电压150kV,最大管电流1000mA,属于III类射线装置)开展放射诊断工作。

二、根据该项目技术评审出具的评估报告,该项目对环境的影响可接受,你单位应按照报告表提出的各项辐射安全和防护措施严格落实。

三、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计,同时施工,同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后,你单位应按规定程序申请辐射安全许可证。

四、根据《建设项目环境保护管理条例》等有关规定,建设项目竣工后,建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序,对配套建设的环境保护设施进行验收,编制验收报告,经验收合格,方可投入生产或者使用。

五、本项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。

六、若对本决定不服,可以自收到决定之日起六十日内依法向生态环境部或广东省人民政府申请行政复议,也可以在收到决定之日起六个月内依法向广州铁路运输法院提起行政诉讼。



扫描全能王 创建



扫描全能王 创建

# 广东省生态环境厅

粤环深审〔2023〕40号

## 广东省生态环境厅关于《深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目环境影响报告表》的批复

深圳市人民医院：

你单位（统一社会信用代码：124403004557554428）报批的《深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目环境影响报告表》（以下简称《报告表》，项目编号：a06s0q）等相关申请材料收悉。经研究，批复如下：

一、你单位核技术利用扩建项目位于深圳市罗湖区翠竹街道东门北路1017号外科大楼A区一层。拟在外科大楼A区1层东南侧闲置房间新建1间DSA机房和1间CT机房。在DSA机房中安装使用1台数字减影血管造影装置(DSA)（型号未定，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，属II类射线装置）用于影像诊

断和介入治疗；在CT机房中新购置使用1台CT（型号未定，最大管电压150kV，最大管电流1000mA，属III类射线装置）。

二、根据广东省深圳生态环境监测中心站出具的评估报告，该项目对环境的影响可接受，你单位应按照《报告表》提出的各项辐射安全和防护措施严格落实。

三、本项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序申请辐射安全许可证。

四、根据《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，经验收合格，方可投入生产或者使用。

五、本项目的环境保护日常监督管理工作由深圳市生态环境局负责。

六、你单位如不服本批复，可以在收到本批复之日起六十日内，向生态环境部或广东省人民政府申请行政复议；或在收到本批复之日起六个月内，直接向广州铁路运输中院起诉。



抄送：深圳市生态环境局，广东省深圳生态环境监测中心站，中辐环境科技有限公司。

广东省生态环境厅

2023年8月21日印发



扫描全能王 创建



扫描全能王 创建

## 附件 8 原有核技术利用项目环保验收批复及验收意见

### 广东省环境保护厅文件

粤环审〔2010〕21号

#### 关于深圳市人民医院核技术应用项目 竣工环境保护验收意见的函

深圳市人民政府：

你单位核技术应用项目竣工环境保护验收申请，深圳人居环境委员会对该项目竣工环境保护验收的初审意见及有关材料收悉。我厅于2009年12月18日对该项目进行了竣工环境保护验收现场检查，并将该项目环境保护验收情况在广东省环境保护公众网（<http://www.gdepb.gov.cn>）进行了公示，公示期间未收到群众的投诉和反对意见。经研究，现提出验收意见如下：

一、深圳市人民医院核技术应用项目位于深圳市东门北路1017号大楼（即深圳市人民医院第一门诊部位于深圳市深南东

路3046号）核技术应用项目内容为：医用放射性核素<sup>125</sup>I、<sup>125m</sup>Ie、<sup>90</sup>Sr、<sup>90</sup>Sr（\*Y）、<sup>137</sup>Cs治疗机进行诊断、治疗，属乙类非密封源工作场所；使用4台II类射线装置（2台直线加速器，2台数字减影血管造影X射线装置），28台III类射线装置，1台后装机（含<sup>192</sup>Ir III类放射源），项目实际总投资11740万元，环保投资2348万元，占总投资的20%。

二、该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，申领了辐射安全许可证，设置了辐射安全监督管理机构，制定了安全防护和环境保护规章制度，建立了事故应急预案，配备了较齐全的环境辐射监测仪器及个人防护仪器，基本落实了各项防护措施和辐射安全制度。

三、广东省环境监测监测中心编制的《深圳市人民医院核技术应用项目竣工环境保护验收调查报告》表明：

深圳市人民医院射线装置应用场所环境辐射剂量率处于深圳市正常辐射水平；核医学科同位素工作场所的γ辐射剂量率，表面剂量率监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的标准要求；医院废气排放管道中安装了活性炭过滤装置后，排放废气中人工放射性核素<sup>125</sup>I低于国家标准；放射性液体中排放总α、β放射性水平符合国家和地方标准《污水污染物排放标准》（DB44/26-2001）（总α<1 Bq/m<sup>3</sup>，总β<10 Bq/m<sup>3</sup>）限值的要求。

四、竣工环境保护验收合格，基本落实了环境影响报告

表及其批复提出的主要环保措施和要求,竣工环境保护验收合格。

五、项目投入运行后应做好以下工作:

完善并严格执行辐射安全管理制度和辐射应急预案,并委托有辐射环境监测资质的监测机构每年对辐射污染进行监测,对射线装置使用的安全和防护状况进行年度评估,每年1月31日前向环保部门报送上一年的安全与防护年度评估报告。

六、该项目日常的环境保护监管工作由深圳市人居环境委员会负责。

二〇一〇年一月十五日

## 深圳市人居环境委员会

### 关于深圳市人民医院竣工环境保护验收的决定书

深环验收[2017]1001号

(项目编号:2016101100110)

深圳市人民医院:

你单位报来的《核技术利用建设项目竣工环境保护验收申请登记卡》收悉。我委对该项目进行了竣工环境保护现场检查及验收,并将该项目环境保护执行情况进行公示。现提出验收意见如下:

#### 一、验收项目基本情况

申请验收的项目为使用16台医用X射线诊断机,型号分别为中兴医药LDR-02 X射线诊断机(DR),迈瑞 Digiseye760 X射线诊断机(DR),北京万东 HDMC-100 移动 X 射线诊断机 C 臂,唯奥 BIPLANAR500 移动 X 射线诊断机 G 臂,美国 GE OEC 9900 Blue 12-3166 移动 X 射线诊断机 C 臂,西门子 SIREMOBH Compact L(11132)移动 X 射线诊断机 C 臂,西门子 SIREMOBH Compact L(11105)移动 X 射线诊断机 C 臂(管球),美国 GE OEC 9900 Blue E2-7115-MH 移动 X 射线诊断机 C 臂,南京杰雄 JXC 6000 移动 X 射线诊断机 C 臂,西门子 SIREMOBH Compact L(11156)移动 X 射线诊断机 C 臂,美国 GE Lunar d3XA 骨密度仪,深圳惠康 ESWL-VI 碎石机,美国 GE OEC 9900 Blue 小 C 臂 X 光机,Drilliner C16 C 臂(利普),Brilliance iC1 256 CT(利普),环保分类属Ⅲ类射线装置。位于深圳市罗湖区东门北路1017号洪家内。

#### 二、验收结论

该项目环境保护手续齐全,基本落实了建设项目环境影响评价批复和《核技术利用项目环境影响登记卡》所提供的环境保护措施。根据依据国家环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十七条规定,

同意通过环境保护验收。

三、项目投入运行后应做好以下工作

(一) 严格执行国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及环保部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定；

(二) 运营单位每年应定期委托有辐射环境检测资质的机构对该项目防护设施进行检测，同时向监管部门提交辐射防护状况年度自我评估报告和检测报告；

(三) 定期进行个人剂量监测并建立个人剂量档案；

(四) 定期对辐射工作人员的辐射防护知识培训，提高辐射防护意识；

(五) 项目许可有效期满、项目扩项或退役、名称变更等要向监管部门重新申报；

(六) 该项目运营期的环境保护监管工作由深圳市人居环境委员会核与辐射管理中心负责。



## 广东省环境保护厅

粤环审〔2017〕533号

### 广东省环境保护厅关于深圳市人民医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收意见的函

深圳市人民医院：

你医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收申请及有关材料收悉。我厅对该项目进行了竣工环境保护验收现场检查，并将该项目环境保护执行情况在广东省环境保护公众网（<http://www.gdep.gov.cn>）进行了公示，公示期间未收到群众的投诉和反对意见。经研究，现提出验收意见如下：

一、深圳市人民医院位于深圳市罗湖区东门北路 1017 号。本次核技术利用扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路 1017 号（院本部）和深圳市南山区龙苑路 16 号深圳市龙珠医院门诊楼

(龙珠院区)。该院核技术利用扩建项目验收内容为：在院本部使用 2 台数字减影血管造影机(均属 II 类射线装置)、使用碘-125 籽源(属丙级非密封放射性物质工作场所)；在龙珠院区使用 1 台 SPECT/CT 机(属 III 类射线装置)；同时使用放射性核素锝-99m 和碘-131(属乙级非密封放射性物质工作场所)。

二、广东省环境辐射监测中心编制的《建设项目竣工环境保护验收监测报告表》(粤环辐验监字〔2017〕第 B051 号表明：

深圳市人民医院本次验收的射线装置机房周围辐射剂量率监测结果满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)和《X 射线计算机断层摄影放射防护标准》(GBZ165-2012)等标准的要求；使用碘-125 籽源工作场所辐射环境监测结果满足《低能  $\gamma$  射线籽源植入治疗放射防护要求与质量控制检测规范》(GBZ178-2014)的要求；该院龙珠院区核医学科工作场所辐射剂量率和放射性  $\beta$  表面污染水平监测结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)的要求；龙珠院区核医学科排放废水中总  $\alpha$ 、总  $\beta$  放射性监测结果满足《水污染排放限值》(DB44/26-2001)和《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009)的要求。

医院辐射工作人员的受照剂量和公众的受照剂量估算结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，也满足核技术利用项目环境影响报告表提出的剂量管理目

标值的要求。

三、该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设置了辐射安全管理机构，制定了辐射防护和环境保护规章制度，建立了辐射事故应急预案，申领了辐射安全许可证，基本落实了各项防护措施和辐射安全措施，竣工环境保护验收合格。

四、项目投入运行后应做好以下工作：

(一)进一步完善辐射安全管理机构，强化安全意识；及时组织辐射工作人员参加辐射安全工作人员培训，做到持证上岗；进一步加强工作人员个人剂量管理，每 3 个月监测 1 次并建立剂量档案。

(二)完善并严格执行辐射安全管理制度和辐射应急预案，每年 1 月 31 日前向我厅报送上一年度的安全与防护年度评估报告。

五、该项目日常的环境保护监管工作由深圳市人居环境委员会负责。



# 深圳市人居环境委员会

## 关于深圳市人民医院竣工环境保护验收的决定书

深环验收[2017]2602号

(项目编号: 4015A10000004)

深圳市人民医院:

你单位提交的《核技术应用建设项目竣工环境保护验收申请表》收悉,我委对该项目进行了竣工环境保护现场检查及验收,并将该项目环境保护执行情况进行公示。现提出验收意见如下:

### 一、验收项目基本情况

申请验收的项目为使用 II 类医用 X 射线诊断机,型号分别为 SomATOM Emotion16 CT、品睿 2600B 蓝的数字化 X 光机、上海东沪 DHXS02 高频 X 射线透视机、万东 HHMC-100 型移 C 型臂 X 射线机、迈瑞 Kodak2200 牙片 X 光机、迈瑞 Digeye760 DR、意大利 New Tom GINAO 口腔全景机、飞利浦 Ingenuitycore128 64 层螺旋 CT、万东 HM-200 床边移动 X 光机、意大利 OPERA FP 胃肠机和蓝韵 DR2800E 数字化 X 射线机,环保分类属 II 类射线装置,位于深圳市龙华区龙华街道龙观路 101 号内。

### 二、验收结论

该项目环保审批手续齐全,基本落实了建设项目环境影响审查批复和《核技术应用项目环境影响登记表》所提出的环境保护措施。根据依据国家环保部《建设项目竣工环境保护验收管理办法》第十七条规定,同意通过环境保护验收。

### 三、项目投入运行后应做好以下工作

(一)严格执行国务院《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及环保部《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定;

(二)运营单位每年应定期委托有辐射环境检测资质的机构对该项目防护设施进行检测,同时向监管部门提交辐射防护状况年度自我评估报告和检测报告;

(三)定期进行个人剂量监测并建立个人剂量档案;

(四)定期对辐射工作人员的辐射防护知识培训,提高辐射防护意识;

(五)项目许可有效期满,项目扩项或退役、名称变更等要向监管部门重新申报;

(六)该项目运营期的环境保护监管工作由深圳市人居环境委员会核与辐射管理中心负责。



深圳市人民医院核技术利用改扩建项目  
竣工环境保护验收意见

2018年1月10日，深圳市人民医院按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）要求，在深圳市经开召开“深圳市人民医院核技术利用改扩建项目”竣工环境保护验收现场验收会议。

深圳市人民医院组织相关单位人员及专家成立验收组，验收组听取了深圳市人民医院对项目建设情况及验收监测情况的汇报，结合现场检查，并审阅核实有关资料，经讨论，形成现场验收意见如下：

一、建设项目基本情况

深圳市人民医院核技术利用改扩建项目位于深圳市罗湖区东门北路1017号。该单位核技术应用改扩建项目内容为：在医院3号楼一层将原胃肠机诊断室改建成介入手术室，新增使用1台数字减影血管造影装置（属于II类射线装置）用于介入手术中的放射诊疗；在急诊楼北面空地新建CT室，新增使用1台CT机（属于III类射线装置）用于放射诊断。

二、工程变动情况

该项目严格按照环境影响评价批复内容建设，无任何变动。

三、环境保护执行情况

深圳市人民医院核技术利用改扩建项目竣工环境保护

验收会

参会签到表

姓名	单位	职务/职称	签名	备注
唐文祥	深圳市人居环境委员会	二级执法人员	唐文祥	
黄嘉麟	广东省职业病防治院	所长/教授	黄嘉麟	专家
王东	深圳市环境监测中心站	高工	王东	专家
刘克祥	深圳市人居环境委员会		刘克祥	
林泽华	深圳市人居环境委员会		林泽华	
	深圳市人民医院			
潘毅	市人民医院		潘毅	
谭强	市人民医院		谭强	
曾新华	市人民医院		曾新华	
李莹	市人民医院		李莹	
李进	市人民医院		李进	
何丽娟	市人民医院		何丽娟	

该项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设有健全的辐射安全管理机构，制定了安全防护和环境保护规章制度，建立健全了事故应急预案，已扩项至4辐射安全许可证，落实了各项防护措施和辐射安全报告。

#### 四、验收监测结果

深圳市人民医院射线装置周围剂量当量率监测结果满足《医用X射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013)的要求，CT机房同时也满足《X射线计算机断层摄影放射防护要求》(GBZ165-2012)的要求。

该院辐射工作人员的受照剂量和公众的年估算受照剂量结果满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，满足该项目环境影响报告表提出的年剂量约束值。

#### 五、验收结论

该项目落实了工程设计、环境影响评价及批复文件和其他对项目的环境保护要求，符合环境保护验收条件，竣工环境保护验收合格，建议通过竣工验收。

专家签名：

黄嘉麟 刘

2018年1月10日

## 深圳市人民医院核技术利用改扩建项目

### 竣工环境保护验收意见

2018年7月9日，深圳市人民政府根据《深圳市人民政府核技术利用改扩建项目竣工环境保护验收监测报告表》(GGGG-HC3FY2)62001)并对照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)成立验收组，参加验收会的有深圳市人民政府核技术利用中心(建设单位)、广东合源建安发展有限公司(监理单位)和特邀专家(名单附后)。验收组对现场进行了勘察，检查了工程的环境保护措施和措施的落实情况，听取了建设单位对该项目环境保护建设情况执行情况的介绍，以及验收监测单位关于验收监测工作的汇报，并查阅有关资料，形成验收意见如下：

#### 一、工程建设基本情况

深圳市人民医院位于深圳市福田区皇岗街道东门北路1017号大院，2017年12月，深圳市人民政府委托江西省核工业地质测试研究中心完成了《深圳市人民医院核技术利用改扩建项目环境影响报告表》(报告编号：XNHC(44)-2017-015)的编制，2018年2月14日，广东省环境保护厅以粤环审[2018]55号对上述的环境影响报告表予以批复。

本次验收核医为该院本部内科住院部大楼负一层使用2台医用电子直线加速器(属Ⅱ类放射装置)用于放射治疗，使用1台断层断层放疗系统(属Ⅱ类放射装置)用于放射治疗；使用1台后装机(Ⅲ类)放射治疗机-192，属Ⅲ类放射源)用于放射治疗。

本次验收项目从立项至调试过程无环境污染、违法建设等记录等情况。

#### 二、工程变动情况

本次验收项目中，新建断层放疗室铅防护墙及直线加速器3室的东面主防护墙由环评设计厚度3000mm，宽4800mm混凝土改成厚3000mm，宽5400mm混凝土；新建断层放疗系统及医用电子直线加速器防护门均由环评设计的16mm铅板+120mm含硼聚乙烯板改成16mmPb+120mm含硼石蜡；近断层放疗室的西墙与直线加速器3室东面侧墙重叠部分的墙体由环评设计厚度150mm混凝土改成厚1800mm混凝土，上述变动后本项目辐射防护屏蔽效果更加优于



本项目执行了环境影响评价制度及环境保护“三同时”制度，辐射安全防护设施满足环评及批复的要求，建立了辐射安全管理制度。

#### 四、工程建设对环境的影响

验收监测期间，本项目运行稳定，环境保护设施运行正常，验收工况满足相关要求。

##### (一) 验收监测

PET/CT 检查室外 30cm 处 $\gamma$ 辐射剂量率检测值在 (0.16~1.48)  $\mu\text{Sv/h}$  之间，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中 X 射线设备机房屏蔽体外剂量率控制水平的要求。

PET 中心辐射工作场所各监测点位处的 $\gamma$ 辐射剂量率控制值在 (0.15~11.5)  $\mu\text{Sv/h}$  之间，均满足《核医学放射防护要求》(GBZ130-2020) 中关于核医学工作场所屏蔽体外剂量率控制水平的要求。

监督区内检测点处的 $\beta$ 表面污染水平均低于监测仪器检出限 (0.08Bq/cm<sup>2</sup>)，控制区内检测点处的 $\beta$ 表面污染水平为 (<0.08~0.29) Bq/cm<sup>2</sup>，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中表面污染控制水平 (控制区<40Bq/cm<sup>2</sup>，监督区<4Bq/cm<sup>2</sup>) 的要求。

PET 中心衰变池废水样品中，总 $\alpha$ 放射性水平未检出 (<0.016Bq/L)，总 $\beta$ 放射性为 0.474Bq/L，满足《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中“综合医疗机构水污染物预处理标准：总 $\alpha$ 不大于 1Bq/L，总 $\beta$ 不大于 10Bq/L”的要求。

##### (二) 个人剂量

监测结果表明项目辐射工作人员和公众的年有效剂量均满足环评批复

年剂量约束值的要求。

#### 五、验收结论

本项目环境保护手续齐全，落实了环境影响报告表及其批复的要求，辐射防护及安全设施和措施满足相应标准要求，具备竣工环境保护验收条件，验收工作组同意本项目通过竣工环境保护验收。

验收工作组：

刘新华  
房彬 魏静 邱建林  
李 超 潘相



## 深圳市人民医院核技术利用改扩建项目

### 竣工环境保护验收意见

2022年3月30日,深圳市人民医院根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4号)对深圳市人民医院核技术利用改扩建项目进行竣工环境保护验收,参加验收会议的有深圳市人民医院(建设单位)、中福环境科技有限公司(编制单位)、广东合诚环境检测有限公司(监测单位)、广东西奥医疗工程有限公司(辐射防护施工单位)和特邀专家2名(名单附后),验收组通过视屏会议的形式,对现场情况进行了了解和查看,听取了建设单位对该项目环境保护建设和执行情况的介绍,以及验收监测单位关于验收监测工作的汇报,经讨论形成验收意见如下:

#### 一、工程建设基本情况

深圳市人民医院位于深圳市罗湖区翠竹街道东行路1017号大院,2017年12月,深圳市人民医院委托江西首安工业设计集团有限公司完成了《深圳市人民医院核技术利用改扩建项目环境影响报告书》(报告编号:JXHQ(44)-2017-015)的编制,2018年2月14日,广东省环境保护厅以粤环审(2018)55号对上述的环境影响报告书予以批复。

本次验收规模为该院平都内科住院大楼一楼建设核医学科,使用1台SPECT/CT(属Ⅲ类放射装置)开展放射性同位素<sup>99m</sup>Tc显像诊断;使用放射性同位素<sup>131</sup>I用于甲亢和甲癌治疗,并设置2间甲癌病房;使用放射性同位素<sup>60</sup>Co和<sup>60</sup>Ir用于放射治疗;使用1台<sup>90</sup>Y-<sup>90</sup>Y用于放射治疗,属Ⅴ类放射源。核医学科属乙型非密封放射性物质工作场所,在内科住院大楼十五层介入中心使用1台数字减影血管造影装置(属Ⅲ类放射装置)用于介入手术中放射治疗。

本次验收项目从立项至调试过程中无环境投诉,违法或处罚记录等情形。

#### 二、工程变动情况

本次验收项目中,在DSA机房,核医学科场所的主要位置保持不变的前提下,调整了部分功能用房的布局;上述场所调整后,DSA机房和核医学科场所的屏蔽防护及布局更优化于设计方案。对照《关于印发〈环境影响评价建设项目重大变动清单(试行)〉的通知》(环办环评

函[2020]688号),本项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施均未发生重大变动。

#### 三、环境保护设施建设情况

本次验收的项目环境保护设施、辐射安全与防护设施,全面落实了环境影响评价文件及批复的要求。

#### 四、辐射环境监测结果

DSA辐射工作场所外表面30cm处周围剂量当量率监测结果均小于2.5 $\mu$ Sv/h,满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求;核医学科相关辐射工作场所的周围剂量当量率及 $\beta$ 放射性表面污染水平监测结果均满足《核医学放射防护与安全要求》(HJ1148-2021)及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GBZ18871-2002)的要求。本次验收的项目辐射工作人员年受照有效剂量和公众年估算受照有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GBZ18871-2002)和环境影响报告表及批复中提出的年有效剂量的限值的要求。

#### 五、验收结论

本次验收的项目在设计、施工和运行阶段落实了环境影响文件及其批复要求,其环境影响满足相应标准要求,符合项目竣工环境保护验收条件,验收组同意通过竣工环境保护验收。

验收组(签名)

验收组(签名): 曾新  
陈  
李  
陈仲健 陈德红 曾新  
陈德红 曾新  
深圳市人民医院  
2022年3月30日

## 深圳市人民医院核技术利用扩建项目

### 竣工环境保护验收意见

深圳市人民医院根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、《建设项目竣工环境保护验收技术规范/指南》等有关法律法规，于2022年5月25日委托中慧环境科技有限公司编制了《深圳市人民医院核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告》。

2022年8月3日，建设单位成立验收组对深圳市人民医院核技术利用扩建项目进行验收，验收组成员名单见附件。

#### 一、工程建设基本情况

深圳市人民医院位于深圳市罗湖区东门北路1017号，本次验收的建设内容为：

将医院外科大楼B区四层北侧的手术室和杂物间等相关区域改建为1间杂交手术室新增安装使用1台数字减影血管造影装置(型号为LIMIQ FD20，最大管电压为125千伏，最大管电流为813毫安，属II类射线装置)，配备使用1台原有移动CT机(型号为NL4000，最大管电压为140千伏，最大管电流为300毫安，属III类射线装置)，用于复合手术放射治疗。移动CT机和数字减影血管造影装置不同时使用，使用移动CT机时，操作方式为隔室操作，移动CT不使用时存放于该杂交手术室一角。

建设单位委托广东智环创新环境科技有限公司编写《深圳市人民医院核技术利用扩建项目环境影响报告表》，2020年11月3日广东省生态环境厅以“粤环审[2020]260号”予以批复。

建设内容与环评及其批复一致，截至目前，无环境投诉、违法行政处罚记录等。

#### 二、环境保护设施落实情况

项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设置了辐射安全管理机构，申领了辐射安全许可证，制定了辐射安全防护和环境保护规章制度，建立了辐射事故应急预案，落实了各项辐射安全防护措施。

#### 三、辐射环境监测结果

杂交手术室外30cm处周围剂量当量率检测结果满足《放射诊疗放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

辐射工作人员和公众年受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，也满足本项目环境影响报告表及审批意见提出的年剂量约束值的要求。

#### 四、验收结论

本项目落实了环境影响报告表及其批复要求，符合环境保护验收条件，通过竣工环境保护验收。

验收组：

李洪斌  
何厚康

蔡嘉庆  
曾庆书  
肖新华



深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病研究所）核技术利用建设项目  
竣工环境保护验收意见

深圳市人民医院根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》、  
《建设项目竣工环境保护验收技术规范/指南》等有关法律法规，委  
托中辐环境科技有限公司编制了《深圳市人民医院（深圳市呼吸疾病  
研究所）核技术利用建设项目竣工环境保护验收监测报告表》。

2023年7月11日，建设单位成立验收组对深圳市人民医院（深  
圳市呼吸疾病研究所）核技术利用建设项目进行验收，验收组成员各  
单位见附件。

一、工程建设基本情况

深圳市人民医院位于深圳市罗湖区东门北路1017号，本次验收  
的建设内容为：

在外科大楼A区一层新建1间DSA机房和1间CT机房，分别  
配置1台DSA（双管头最大管电压均为125kV，双管头最大管电流  
均为1000mA，属于II类射线装置）和1台CT（最大管电压150kV，  
最大管电流1000mA，属于III类射线装置）用于开展放射诊断工作。

建设单位委托中辐环境科技有限公司编写《深圳市人民医院核技  
术利用建设项目环境影响报告表》，2022年9月7日广东省生态环  
境厅以“粤环审[2022]9015号”予以批复。

建设内容与环评及其批复一致，截至目前，无环境投诉、违法或  
处罚记录等。

二、环境保护设施落实情况

项目执行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设置  
了辐射安全管理机构，制定了辐射安全防护和环境保护规章制度，建  
立了辐射事故应急预案，落实了各项辐射安全防护措施。

三、辐射环境监测结果

辐射工作场所周围X-γ剂量当量率监测结果满足《放射诊断放射  
防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

辐射工作人员和公众年估算受照剂量满足《电离辐射防护与辐射  
源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，也满足本项目环境影  
响报告表及审批意见提出的剂量约束值的要求。

四、验收结论

本项目落实了环境影响报告表及其批复要求，符合环境保护验收条  
件，通过竣工环境保护验收。

验收组：

何卓敏 杨耀 何耀  
梁建 沈建 梁建  
刘安东

深圳市人民医院  
2023年7月11日

## 深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目 竣工环境保护验收工作组意见

2025年9月12日，深圳市人民医院根据《深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目竣工环境保护验收监测报告表》并对照《建设项目竣工环境保护验收和行办法》（国环规环字〔2017〕4号）要求，严格按照国家有关法律法规、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326）、本项目环评影响报告书（表）和市批部门审批决定等要求对本项目进行验收，提出意见如下：

### 一、工程建设基本情况

#### （一）建设地点、规模、主要建设内容

深圳市人民医院核技术利用扩建项目建设地点位于深圳市罗湖区笋竹街道东门北路1017号。

深圳市人民医院核技术利用扩建项目内容为在外科大楼A区1层东南侧预留房间新建1间DSA机房（DSA-4室）和1间CT机房（CT-3室），在DSA机房（DSA-4室）中安装使用1台uAngle 960型医用血管造影X射线机（DSA，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，属II类射线装置）用于影像诊断和介入治疗；在CT机房（CT-3室）安装使用1台ultrerv 770型介入手术导航控制系统（CT，最大管电压140kV，最大管电流667mA，属III类射线装置）用于穿刺、消融手术等科研用影像诊断。

#### （二）建设过程及环保审批情况

建设单位于2023年7月委托中辐环流科技有限公司完成编制核技术利用建设项目环境影响报告表《深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目环境影响报告表》（编号：ZFHK-FR23220006）。2023年8月21日，取得广东省生态环境厅对该项目的环境影响报告表批复（粤环深审〔2023〕40号）。

本项目于2023年9月开工建设，并于2025年9月正式投入使用。

建设单位持有辐射安全许可证，证书编号：粤环辐证[B9046]，许可的种类和范围：使用II类、V类放射源；使用II类、III类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所，发证日期为2025年08月07日，证书有效期至2026年04月28日。本项目已经申领了辐射安全许可证。

本项目从取得辐射安全许可证至调试过程中未发生投诉、违法或处罚记录等情况。

### （三）投资情况

项目总投资1635万元，其中环保投资135万元（占总投资8.3%）。

## 二、辐射安全与防护设施建设情况

### （一）辐射安全与防护设施建设情况

本次验收的辐射工作场所已采取了屏蔽防护措施，屏蔽施工环评一致，满足标准要求，辐射工作场所设置有符合标准要求的防护安全装置和警示标志，建设单位已配备的防护用品满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

### （二）辐射安全与防护设施和其他管理要求落实情况

该项目实行了环境影响评价制度和环境保护“三同时”制度，设置了辐射安全管理机构，制定了安全手册和环境保护规章制度，建立了事故应急预案，申领了辐射安全许可证，落实了各项防护措施和辐射安全措施。

### 三、工程变动情况

本次验收辐射工作场所设置、布局与环境一致，未发生变动。

## 四、工程建设对环境的影响

（1）DSA-4室和CT-3室外各检测点的周围剂量当量率检测结果表明满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。

（2）辐射工作场所周边辐射剂量率与环评文件辐射剂量率调查水平相当。

本项目辐射工作人员年受照剂量和公众年受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求（工作人员年受照剂量不超过20mSv，公众年受照剂量不超过1mSv），同时满足核技术应用项目环境影响报告表提出的有效剂量约束值（工作人员的年有效剂量不超过5mSv，公众的年有效剂量不超过0.25mSv）。

## 五、验收结论

深圳市人民医院认真履行了本项目的环境保护审批和许可手续，落实了环评文件及其批复的要求，严格执行了环境保护“三同时”制度，相关的验收文件资料齐全，辐射安全与防护措施及措施运行有效，对环境的影响符合相关标准要求。

综上所述，验收组一致同意深圳市人民医院介入中心核技术利用扩建项目（粤环深审〔2023〕40号）通过竣工环境保护设施验收。

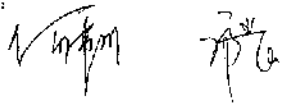
## 六、后续要求

元。

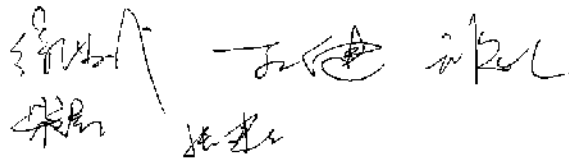
七、验收人员信息

本次验收工作组由如下成员组成：深圳市人民医院（建设单位）、深圳市福迈检测技术有限公司（监测单位）、特邀专家（专家名单附后）。

验收工作组：



2025年9月12日



附件1：验收项目清单

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	介入血管造影X射线机	II类	1	eAngio 960	125	1000	放射诊疗	外科大楼A区一层DSA机房(DSA-4室)	—
2	介入手术导航控制系统	III类	1	numerv 770	140	667	影像诊断	外科大楼A区一层CT机房(CT-3室)	—

## 附件 9 辐射工作人员培训情况统计表

### 现有辐射工作人员统一考核统计表

序号	科室	姓名	性别	证书编号	有效期
1	放疗科	陈司	男	FS23GD0200160	2023.3.4-2028.3.4
2	放疗科	高艳	女	FS23GD0200164	2023.3.4-2028.3.4
3	放疗科	吴事海	男	FS23GD0200933	2023.9.27-2028.9.27
4	放疗科	李彬	男	FS23GD0200182	2023.3.16-2028.3.16
5	放疗科	李肃	女	FS23GD0200008	2023.2.9-2028.2.9
6	放疗科	李子煌	男	FS23GD0200928	2023.9.27-2028.9.27
7	放疗科	刘婷婷	女	FS23GD0200165	2023.3.4-2028.3.4
8	放疗科	郑介周	男	FS23GD0200931	2023.9.27-2028.9.27
9	放疗科	李壮玲	女	FS23GD0200930	2023.9.27-2028.9.27
10	放疗科	李隆兴	男	FS23GD0200929	2023.9.27-2028.9.27
11	放疗科	史亚滨	男	FS23GD0200932	2023.9.27-2028.9.27
12	放疗科	陈穗军	男	FS23GD0200948	2023.9.27-2028.9.27
13	放疗科	吴何苟	男	FS23GD0200949	2023.9.27-2028.9.27
14	放疗科	杨俊国	男	FS23GD0200951	2023.9.27-2028.9.27
15	放疗科	张光伟	男	FS22GD0101943	2022.9.28-2027.9.28
16	放疗科	刘剑锋	男	未考核	/
17	放疗科	董小俊	女	FS23GD0200940	2023.9.27-2028.9.27
18	放疗科	宋利开	男	FS23GD0200941	2023.9.27-2028.9.27
19	放疗科	吕得刚	男	FS23GD0200944	2023.9.27-2028.9.27
20	放疗科	杨东	男	FS23GD0200007	2023.2.9-2028.2.9
21	放疗科	张清圣	男	FS23GD0200937	2023.9.27-2028.9.27
22	放疗科	钟鹤立	男	FS23GD0200176	2023.3.12-2028.3.12
23	放疗科	李先明	男	FS22GD0200196	2022.6.20-2027.6.20
24	放疗科	陈善义	男	FS22GD0200223	2022.7.2-2027.7.2
25	放疗科	徐钢	男	FS22GD0200225	2022.7.1-2027.7.1
26	放疗科	王朝阳	男	FS22GD0200226	2022.7.1-2027.7.1
27	放疗科	闫茂生	男	FS22GD0200164	2022.6.13-2027.6.13
28	放疗科	周亚燕	女	FS22GD0200168	2022.7.2-2027.7.2
29	放疗科	樊娟	女	FS22GD0200222	2022.7.2-2027.7.2
30	放疗科	郑芳	女	FS23GD0200939	2023.9.27-2028.9.27
31	放疗科	吴小梅	女	未考核	/
32	放疗科	方敏捷	女	FS22GD0200171	2022.6.17-2027.6.17
33	放疗科	龚龙	女	FS22GD0200176	2022.6.17-2027.6.17
34	放疗科	廖桂祥	男	FS22GD0200232	2022.7.2-2027.7.2
35	放疗科	李康志	男	FS23GD0200173	2023.3.10-2028.3.10
36	放疗科	许雄波	男	FS22GD0200238	2022.7.2-2027.7.2
37	放疗科	王彤	男	FS22GD0200234	2022.7.2-2027.7.2
38	放疗科	邓小年	男	FS23GD0200163	2023.3.4-2028.3.4
39	放疗科	熊欣	女	FS23GD0200113	2023.2.20-2028.2.20
40	放疗科	周略	男	FS22GD0200174	2022.6.17-2027.6.17

41	放疗科	盛阳	女	FS22GD0200157	2022.6.10-2027.6.10
42	放疗科	连戴政	男	FS22GD0200158	2022.6.10-2027.6.10
43	放疗科	毛坤	男	FS22GD0200172	2022.6.17-2027.6.17
44	放疗科	全任翠	女	FS22GD0200161	2022.6.10-2027.6.10
45	放疗科	张艳完	女	FS22GD0200414	2022.10.20-2027.10.20
46	放疗科	杨红丽	女	FS22GD0200154	2022.6.10-2027.6.10
47	放疗科	付鑫	男	FS23GD0200166	2023.3.4-2028.3.4
48	放疗科	陈玲	女	FS21GD0200367	2021.11.25-2026.11.15
49	放疗科	郑江龙	男	FS23GD0200366	2023.5.15-2028.5.15
50	放疗科	苏小慧	女	FS22GD0200233	2022.7.2-2027.7.2
51	放疗科	杜婷	女	FS22GD0200151	2022.6.9-2027.6.9
52	放疗科	陈伟思	女	FS23GD0200338	2023.4.25-2028.4.25
53	放疗科	张定	男	FS23GD0200161	2023.3.4-2028.3.4
54	放疗科	王敏杰	男	FS22GD0200152	2022.6.10-2027.6.10
55	放疗科	朴莹	女	FS22GD0200175	2022.6.17-2027.6.17
56	放疗科	谷永良	女	FS22GD0200230	2022.7.2-2027.7.2
57	放疗科	刘敏	女	FS22GD0200239	2022.7.2-2027.7.2
58	放疗科	刘景文	女	FS22GD0200156	2022.6.10-2027.6.10
59	放疗科	高勇	男	FS23GD0200167	2023.3.4-2028.3.4
60	放疗科	旷佩佩	女	FS22GD0200195	2022.6.20-2027.6.20
61	放疗科	陈洪涛	男	FS22GD0200237	2022.7.2-2027.7.2
62	放疗科	孙侠飞	女	FS22GD0200229	2022.7.2-2027.7.2
63	放疗科	王芳	女	FS21GD0200640	2021.11.15-2026.11.15
64	放疗科	刘海涛	男	FS22GD0200228	2022.7.1-2027.7.1
65	放疗科	孙梦琪	女	FS23GD0200009	2023.2.10-2028.2.10
66	放疗科	徐广然	男	FS23GD0200110	2023.2.20-2028.2.20
67	放疗科	张宇聪	男	FS23GD0200938	2023.9.27-2028.9.27
68	放疗科	周小梅	女	FS24GD0200436	2024.10.30-2029.10.30
69	放疗科	唐子博	男	FS24GD0200437	2024.10.30-2029.10.30
70	核医学科	韦金喜	男	FS22GD0300042	2022.5.13-2027.05.13
71	核医学科	陈佐伟	男	未考核	/
72	核医学科	吕进泰	男	FS22GD0300045	2022.5.13-2027.5.13
73	核医学科	黄逸凡	男	未考核	/
74	核医学科	闫新萌	男	未考核	/
75	核医学科	赵珑	男	FS21GD0300287	2021.10.29-2026.10.29
76	核医学科	姚勇	男	FS22GD0300043	2022.05.13-2027.5.13
77	核医学科	宋迪天	男	FS21GD0300286	2021.10.29-2026.10.29
78	核医学科	赵虹	女	FS21GD0300288	2021.10.29-2026.10.29
79	核医学科	刘燕萍	女	FS21GD0300289	2021.10.29-2026.10.29
80	核医学科	牛静	女	FS21GD0300290	2021.10.29-2026.10.29
81	核医学科	王相成	男	FS20NM0300025	2020.9.4-2025.9.4
82	核医学科	朱红玉	女	FS24GD0300283	2024.10.30-2029.10.30
83	核医学科	杨莹莹	女	FS24GD0300279	2024.10.30-2029.10.30
84	核医学科	马俊浩	女	FS24GD0300280	2024.10.30-2029.10.30
85	介入科	孔健	男	FS21GD0103300	2021.11.12-2026.11.12

86	介入科	李勇	男	FS23GD0100024	2023.1.8-2028.1.8
87	介入科	沈新颖	男	FS21GD0103351	2021.11.19-2026.11.19
88	介入科	王忠富	男	FS22GD0101906	2022.9.28-2027.9.28
89	介入科	吴宇旋	男	FS22GD0101905	2022.9.28-2027.9.28
90	介入科	徐涛	男	FS22GD0101957	2022.10.14-2027.10.14
91	介入科	张伟	男	FS23GD0100028	2023.1.8-2028.1.8
92	介入科	何凡	男	FS21GD0103367	2021.11.19-2026.11.19
93	介入科	林振文	男	FS21GD0103271	2021.11.11-2026.11.11
94	介入科	韦春燕	女	FS21GD0103369	2021.11.19-2026.11.19
95	介入科	刘育齐	男	FS23GD0103455	2023.9.27-2028.9.27
96	介入科	晏迪	男	FS21GD0103357	2021.11.19-2026.11.19
97	介入科	韩金行	男	FS23GD0103452	2023.9.27-2028.9.27
98	介入科	李启洋	男	FS21GD0103362	2021.11.19-2026.11.19
99	介入科	文振超	男	FS21GD0103365	2021.11.19-2026.11.19
100	介入科	钟旭辉	男	FS21GD0103320	2021.11.15-2026.11.15
101	介入科	徐立博	男	FS21GD0103373	2021.11.19-2026.11.19
102	介入科	郭坚溪	男	FS21GD0103358	2021.11.19-2026.11.19
103	介入科	陈现现	男	FS21GD0103291	2021.11.12-2026.11.12
104	介入科	胡韵祺	女	FS21GD0103371	2021.11.19-2026.11.19
105	介入科	王显明	男	FS21GD0103352	2021.11.19-2026.11.19
106	介入科	于惠芳	女	FS22GD0102149	2022.12.30-2027.12.30
107	介入科	张玉青	男	FS21GD0103368	2021.11.19-2026.11.19
108	介入科	朱俊杰	男	FS21GD0103326	2021.11.15-2026.11.15
109	介入科	李宇娟	女	FS23GD0103467	2023.9.27-2028.9.27
110	介入科	刘育齐	男	FS23GD0103455	2023.9.27-2028.9.27
111	介入科	魏嘉明	男	FS23GD0103451	2023.9.27-2028.9.27
112	介入科	刘敏婕	女	FS24GD0102796	2024.10.30-2029.10.30
113	介入科	许超	男	未考核	/
114	介入科	覃事敏	男	FS24GD0102853	2024.10.30-2029.10.30
115	介入科	伍良哲	男	FS24GD0102844	2024.10.30-2029.10.30
116	介入科	陈佳	男	FS24GD0102802	2024.10.30-2029.10.30
117	介入科	李唐志铭	男	FS24GD0102809	2024.10.30-2029.10.30
118	介入科	蔡莉莉	女	FS24GD0102852	2024.10.30-2029.10.30
119	老年病科	姜昕	女	未考核	/
120	神经内科	付学军	男	FS21GD0103306	2021.11.25-2026.11.15
121	神经内科	何奕涛	男	FS21GD0103329	2021.11.25-2026.11.15
122	神经内科	连勇军	男	FS21GD0103325	2021.11.25-2026.11.15
123	神经内科	蔡智立	男	FS21GD0103324	2021.11.25-2026.11.15
124	神经内科	张启文	男	FS21GD0103312	2021.11.25-2026.11.15
125	神经内科	林科星	女	FS21GD0103304	2021.11.25-2026.11.15
126	神经内科	李冬苗	男	FS21GD0103331	2021.11.25-2026.11.15
127	神经内科	张新奇	男	FS23GD0103458	2023.9.27-2028.9.27
128	神经外科	戴黎明	男		
129	神经外科	徐菲	男	FS23GD0100472	2023.3.4-2028.3.4
130	神经外科	陈洪	男	未考核	/

131	神经外科	王浩	男	FS24GD0102803	2024.10.30-2029.10.30
132	神经外科	叶晓苑	女	未考核	/
133	神经外科	王纯洁	女	FS24GD0102801	2024.10.30-2029.10.30
134	心内科	梁新剑	男	FS22GD0100987	2022.6.17-2027.6.17
135	心内科	隋海明	女	FS22GD0101078	2022.6.20-2027.6.20
136	心内科	童玲	女	FS23GD0103024	2023.9.2-2028.9.2
137	心内科	吴美善	女	FS23GD0103020	2023.9.2-2028.9.2
138	心内科	张转转	女	FS23GD0102723	2023.8.15-2028.8.15
139	心内科	董少红	女	未考核	/
140	心内科	罗林杰	男	FS23GD0103456	2023.9.27-2028.9.27
141	心内科	庞新利	女	未考核	/
142	心内科	林峰	男	FS23GD0103450	2023.9.27-2028.9.27
143	心内科	刘华东	女	FS23GD0102872	2023.8.25-2028.8.25
144	心内科	高飞	男	未考核	/
145	心内科	李军	男	FS23GD0103018	2023.9.3-2028.9.2
146	心内科	叶钜亨	男	FS23GD0103462	2023.9.27-2028.9.27
147	心内科	林耀望	男	FS23GD0103461	2023.9.27-2028.9.27
148	心内科	刘启云	男	未考核	/
149	心内科	李江华	男	FS23GD0103466	2023.9.27-2028.9.27
150	心内科	唐宁	女	FS23GD0102871	2023.8.25-2028.8.25
151	心内科	贺俊波	男	FS24GD0102817	2024.10.30-2029.10.30
152	心内科	彭依辉	女	FS23GD0102813	2023.8.23-2028.8.23
153	心内科	覃英杰	男	FS23GD0102856	2023.8.25-2028.8.25
154	心内科	孙鑫	男	FS23GD0103459	2023.9.27-2028.9.27
155	心内科	陈瑞绵	女	FS23GD0100015	2023.1.8-2028.1.8
156	心内科	袁杰	女	FS23GD0104834	2023.12.15-2028.12.15
157	心内科	刘峰	女	FS23GD0103465	2023.9.27-2028.9.27
158	心内科	刘诚	男	FS23GD0100463	2023.3.4-2028.3.4
159	心内科	王永顺	男	FS23GD0100267	2023.2.21-2028.2.21
160	心内科	卢章	男	FS23GD0100476	2023.3.4-2028.3.4
161	心内科	尹达	男	FS23GD0103468	2023.9.27-2028.9.27
162	心内科	贝伟杰	男	FS22GD0102084	2022.10.25-2027.10.25
163	心内科	刘广忠	男	FS23GD0103460	2023.9.27-2028.9.27
164	心内科	段胜开	男	FS23GD0102724	2023.8.15-2028.8.15
165	心内科	刁杏诗	男	FS23GD0102814	2023.8.23-2028.8.23
166	心内科	邓次妮	女	FS23GD0102933	2023.8.29-2028.8.29
167	心内科	刘宗波	女	FS23GD0104462	2023.11.24-2028.11.24
168	心内科	吕创业	男	FS23GD0103463	2023.9.27-2028.9.27
169	心内科	王荣宁	男	FS23GD0104917	2023.12.21-2028.12.21
170	心外科	孟春营	男	FS22GD0100716	2022.6.1-2027.6.1
171	心外科	乔瑞国	男	未考核	/
172	心外科	陈旭	男	FS23GD0100484	2023.3.8-2028.3.8
173	心外科	郑奇军	男	FS22GD0100727	2022.6.1-2027.6.1
174	心外科	李大刚	男	FS22GD0100774	2022.6.2-2027.6.2
175	心外科	丁刚兵	男	FS22GD0200128	2022.5.30-2027.5.30

176	心外科	覃庚亮	男	FS23GD0100547	2023.3.12-2028.3.12
177	肝胆胰外科	郭跃华	男	FS24GD0102873	2024.10.30-2029.10.30
178	外科内镜室	郝俊平	女	FS24GD0102732	2024.10.30-2029.10.30
179	外科内镜室	向敏	女	FS24GD0102723	2024.10.30-2029.10.30
180	外科内镜室	陈远红	女	FS24GD0102833	2024.10.30-2029.10.30

辐射工作人员医院自主考核统计表

序号	科室	姓名	性别	成绩	考核时间
1	放射科	龚静山	男	合格	2021.10
2	放射科	陈宇	男	合格	2021.10
3	放射科	张景忠	男	合格	2021.10
4	放射科	齐英杰	女	合格	2021.10
5	放射科	梁文华	男	合格	2021.10
6	放射科	谢娟	女	合格	2021.10
7	放射科	张丽香	女	合格	2021.10
8	放射科	万晓虹	女	合格	2021.10
9	放射科	贾桂静	女	合格	2021.10
10	放射科	饶梓彬	男	合格	2021.10
11	放射科	胡丽霞	女	合格	2021.10
12	放射科	于江波	男	合格	2021.10
13	放射科	丁晖	女	合格	2021.10
14	放射科	李圣峰	男	合格	2021.10
15	放射科	朱进	男	合格	2021.10
16	放射科	孙黎明	男	合格	2021.10
17	放射科	周阳泱	女	合格	2021.10
18	放射科	周 宙	男	合格	2023.3
19	放射科	陈文娇	女	合格	2021.10
20	放射科	陈晓玲	女	合格	2021.10
21	放射科	吕军	男	合格	2021.10
22	放射科	付华静	女	合格	2021.10
23	放射科	李欣	男	合格	2021.10
24	放射科	汪娟	女	合格	2021.10
25	放射科	冯霞	女	合格	2021.10
26	放射科	黄梦兰	女	合格	2021.10
27	放射科	杨敏洁	男	合格	2021.10
28	放射科	凌人男	女	合格	2021.10
29	放射科	钟小玲	女	合格	2021.10
30	放射科	吴明祥	男	合格	2021.10
31	放射科	杨 忠	男	合格	2023.3
32	放射科	刘伟	男	合格	2021.10
33	放射科	易芹芹	女	合格	2021.10
34	放射科	付柳亮	男	合格	2021.10
35	放射科	肖衡发	男	合格	2021.10
36	放射科	王颖	女	合格	2021.10
37	放射科	汪琳	女	合格	2021.10
38	放射科	汪汝军	男	合格	2021.10
39	放射科	杨丽	女	合格	2021.10

40	放射科	曾国华	男	合格	2021.10
41	放射科	冯亮	男	合格	2021.10
42	放射科	王明星	男	合格	2021.10
43	放射科	温晓平	男	合格	2021.10
44	放射科	袁家琳	女	合格	2021.10
45	放射科	温楚虹	女	合格	2021.10
46	放射科	李萌	女	合格	2021.10
47	放射科	辛栋明	男	合格	2021.10
48	放射科	胡根文	男	合格	2021.10
49	放射科	徐笑双	女	合格	2021.10
50	放射科	石岩	男	合格	2021.10
51	放射科	郑广坚	男	合格	2021.10
52	放射科	邹锦森	男	合格	2021.10
53	放射科	姚壮壮	男	合格	2021.10
54	放射科	吴亚伟	女	合格	2021.10
55	放射科	燕君	女	合格	2021.10
56	放射科	刘清扬	女	合格	2021.10
57	放射科	管梦丽	女	合格	2021.10
58	放射科	周思贵	男	合格	2021.10
59	放射科	罗燕	女	合格	2021.10
60	放射科	王严	女	合格	2021.10
61	放射科	唐雪	女	合格	2021.10
62	放射科	张慧芬	女	合格	2021.10
63	放射科	靳国巍	男	合格	2021.10
64	放射科	周敬智	男	合格	2021.10
65	放射科	黄国鑫	男	合格	2021.10
66	放射科	臧 达	男	合格	2023.3
67	放射科	钱 立	男	合格	2021.10
68	放射科	彭东红	女	合格	2021.10
69	放射科	傅 宁	男	合格	2021.10
70	放射科	夏占统	男	合格	2021.10
71	放射科	矫 娜	女	合格	2023.3
72	放射科	刘全良	男	合格	2021.10
73	放射科	李富兴	男	合格	2021.10
74	放射科	王国红	女	合格	2021.10
75	放射科	谢 菲	女	合格	2023.3
76	放射科	韦金喜	男	合格	2021.10
77	放射科	刘永光	男	合格	2021.10
78	放射科	戴 枫	男	合格	2023.3
79	放射科	李维粤	男	合格	2021.10
80	放射科	胡宗文	男	合格	2021.10
81	放射科	朱海兵	男	合格	2021.10
82	放射科	雷武平	男	合格	2021.10
83	放射科	林清秀	男	合格	2021.10
84	放射科	赵乐勇	男	合格	2021.10
85	放射科	陈小芬	女	合格	2021.10
86	放射科	邱伟文	男	合格	2021.10
87	放射科	李家贵	男	合格	2021.10

88	放射科	吴永朝	男	合格	2021.10
89	放射科	江淑芳	女	合格	2021.10
90	放射科	魏法宝	男	合格	2021.10
91	放射科	刘赛祥	女	合格	2021.10
92	放射科	蔡克	男	合格	2021.10
93	放射科	谢荣厚	男	合格	2021.10
94	放射科	彭海	男	合格	2023.3
95	放射科	温伟南	男	合格	2021.10
96	放射科	庄秋菊	女	合格	2021.10
97	放射科	林雪	女	合格	2021.10
98	放射科	胡丽	女	合格	2021.10
99	放射科	刘金涛	男	合格	2021.10
100	放射科	张鹏	男	合格	2021.10
101	放射科	宋俐乐	男	合格	2021.10
102	放射科	徐博	男	合格	2021.10
103	放射科	桑良	男	合格	2023.3
104	放射科	汤迎辉	男	合格	2021.10
105	放射科	李毫	男	合格	2021.10
106	放射科	郑志明	男	合格	2021.10
107	放射科	谢晋	男	合格	2021.10
108	放射科	林雪	女	合格	2023.3
109	放射科	江长思	女	合格	2023.3
110	放射科	马虹妃	女	合格	2023.3
111	放射科	钟淑媛	女	合格	2023.3
112	放射科	张晓	女	合格	2023.3
113	放射科	黄志超	男	合格	2023.3
114	放射科	王曼頔	女	合格	2023.3
115	放射科	刘苏裕	女	合格	2023.3
116	放射科	何金嵘	男	合格	2023.3
117	放射科	吕雯靖	女	合格	2023.3
118	手术室	曾志雄	男	合格	2021.10
119	手术室	胡言普	男	合格	2021.10
120	手术室	刘凯	男	合格	2021.10
121	手术室	郭威	男	合格	2021.10
122	手术室	林晓旭	男	合格	2021.10
123	手术室	孙常运	男	合格	2021.10
124	手术室	郭子鸿	男	合格	2021.10
125	手术室	梁中山	男	合格	2021.10
126	手术室	江希贤	男	合格	2021.10
127	手术室	李湖英	女	合格	2021.10
128	手术室	鲁强	男	合格	2021.10
129	消化内科	田艳辉	女	合格	2021.10
130	消化内科	张定国	男	合格	2021.10
131	消化内科	吴本华	男	合格	2021.10
132	消化内科	姚君	女	合格	2021.10
133	外科内镜室	邹群英	女	合格	2021.10
134	外科内镜室	谭婷婷	女	合格	2021.10

135	体检科	钟紫茹	女	合格	2023.3
136	体检科	邬小聪	男	合格	2023.3
137	体检科	高锡波	男	合格	2023.3
138	体检科	周遵照	男	合格	2023.3
139	体检科	董琴	女	合格	2023.3
140	疼痛科	曾荣	男	合格	2021.10
141	疼痛科	吴呈祥	男	合格	2021.10
142	疼痛科	黎嘉雅	男	合格	2021.10
143	疼痛科	王哲银	男	合格	2021.10
144	疼痛科	韩健	男	合格	2021.10
145	疼痛科	凌地洋	男	合格	2021.10
146	疼痛科	张振武	男	合格	2021.10
147	疼痛科	朱春辉	男	合格	2021.10
148	疼痛科	王丹丹	女	合格	2021.10
149	疼痛科	刘菲	女	合格	2021.10
150	疼痛科	韦信玲	女	合格	2021.10
151	疼痛科	钟燕芬	女	合格	2021.10
152	疼痛科	张娟	女	合格	2021.10
153	疼痛科	吴琼	女	合格	2021.10
154	疼痛科	汪维红	女	合格	2021.10
155	疼痛科	王晗	女	合格	2023.3
156	泌尿外科	兰文纲	男	合格	2021.10
157	泌尿外科	王丽琼	女	合格	2021.10
158	泌尿外科	徐慧霞	女	合格	2021.10
159	口腔科	戴昱	女	合格	2021.10
160	口腔科	陈圳华	男	合格	2021.10
161	口腔科	宋国俊	男	合格	2021.10
162	口腔科	吴泓	女	合格	2021.10
163	口腔科	张海华	男	合格	2021.10
164	口腔科	李明珂	女	合格	2023.3
165	口腔科	韩莹	女	合格	2023.3
166	脊柱外科	林二虎	男	合格	2021.10
167	脊柱外科	代成甫	男	合格	2021.10
168	脊柱外科	王多	男	合格	2021.10
169	脊柱外科	徐亮	男	合格	2021.10
170	脊柱外科	高国勇	男	合格	2021.10
171	脊柱外科	刘洪涛	男	合格	2021.10
172	脊柱外科	詹科	男	合格	2021.10
173	脊柱外科	刘俊良	男	合格	2021.10
174	脊柱外科	彭松林	男	合格	2021.10
175	脊柱外科	项禹诚	男	合格	2021.10
176	脊柱外科	杨大志	男	合格	2021.10
177	脊柱外科	陈科	男	合格	2021.10
178	脊柱外科	袁正彬	男	合格	2021.10
179	脊柱外科	刘匆聪	男	合格	2021.10
180	骨关节科	张晓明	男	合格	2021.10
181	骨关节科	程继武	男	合格	2021.10

182	骨关节科	王华	男	合格	2021.10
183	骨关节科	谢伟平	男	合格	2021.10
184	骨关节科	胡新佳	男	合格	2021.10
185	骨关节科	徐忠世	男	合格	2021.10
186	骨关节科	周楚坤	男	合格	2021.10
187	骨关节科	周天健	男	合格	2021.10
188	骨关节科	姜未	男	合格	2021.10
189	骨关节科	林依淼	男	合格	2021.10
190	骨关节科	肖庭辉	男	合格	2021.10
191	骨关节科	任晋可	男	合格	2021.10
192	骨关节科	罗奇	男	合格	2021.10
193	骨关节科	张轩	男	合格	2021.10
194	骨关节科	贾兆锋	男	合格	2021.10
195	骨关节科	邓佩芝	男	合格	2021.10
196	骨关节科	刘文涛	男	合格	2021.10
197	骨关节科	黄文俊	男	合格	2021.10
198	骨关节科	李广恒	男	合格	2021.10
199	骨关节科	姜嵩	男	合格	2021.10
200	骨关节科	刘旺兴	男	合格	2021.10
201	骨关节科	刘洋	男	合格	2021.10
202	肝胆胰外科	郑锦锋	男	合格	2021.10
203	肝胆胰外科	张育森	男	合格	2021.10
204	手术室	张宇政	男	合格	2021.10
205	急诊科	徐建忠	男	合格	2023.3
206	麻醉科	李涵葳	女	合格	2023.3
207	麻醉科	刘喜成	男	合格	2023.3
208	麻醉科	张秋丽	女	合格	2023.3
209	麻醉科	王萍	女	合格	2023.3
210	麻醉科	黄代强	男	合格	2023.3
211	麻醉科	阳文杰	男	合格	2023.3
212	麻醉科	易姝彤	女	合格	2023.3
213	麻醉科	石伟	男	合格	2023.3
214	麻醉科	徐明禹	男	合格	2023.3
215	麻醉科	崔媛媛	女	合格	2023.3
216	麻醉科	何建斌	男	合格	2023.3
217	麻醉科	余焱	男	合格	2023.3
218	麻醉科	刘占立	男	合格	2023.3
219	麻醉科	郑子豪	男	合格	2023.3

# 附件 10 辐射环境现状检测报告



202419031481

## 检测报告

报告编号: BGJ-HCHJ25610006

项 目 名 称	深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目辐射环境现状监测
受 检 单 位	深圳市人民医院宝安医院
委 托 单 位	中辐环境科技有限公司
委托单位地址	浙江省杭州市西湖区教工路 336 号 3A
检 测 类 型	委托检测

广东合诚建安检测有限公司



2025 年 1 月



## 声明

1. 本机构保证检测工作的公正性、独立性和诚实性，对检测的数据负责，对受检单位和委托方的检测样品，技术资料及检测报告等严格保密和保护所有权。如有违反公正性、保密性的行为，给客户造成损失的，本机构愿意承担相应法律责任。
2. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、批准人签名无效；涂改或未盖红色广东合诚建安检测有限公司检验检测专用章无效。
3. 送样委托检测，仅对来样负责。
4. 受检单位和委托方若对本报告有异议，应于收到报告之日起 15 日内向本机构提出。
5. 未经本机构书面批准，不得部分复制本报告。本报告各页均为报告不可分割之部分，使用者单独抽出某页而导致误解或用于其它用途及由此造成的后果，本机构不负相应的法律责任。
6. 本报告未经广东合诚建安检测有限公司同意，不得以任何方式作广告宣传。
7. 报告封面加盖 CMA 标志的检测报告具有对社会的证明作用；报告封面没有加盖 CMA 标志的检测报告不具有对社会的证明作用，仅供内部参考。

## 一、项目基本情况

项目名称: 深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目辐射环境现状监测

检测地址: 深圳市宝安区沙井街道宝安大道与蚝乡路交汇处西北侧

检测项目:  $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

检测方式: 现场测量

检测条件: 温度: 19.8℃, 相对湿度: 60.1%, 天气: 晴, 气压: 100.9kPa, 风速: 0.15m/s

检测地点地理经纬度: 东经: 113.823843° 北纬: 22.737170°

检测地点海拔: 0.020km

受检场所个数: 1个

检测依据: 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021

主要检测仪器: 6150AD6/H+6150AD-b/H 型 X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪

检测时间: 2025年1月3日

## 二、检测仪器

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	automess
出厂编号	171520 (主机) +176673 (探头)
能量范围	38keV~7MeV (带保护罩)
测量范围	0.01 $\mu$ Sv/h~10mSv/h (主机); 1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h (探头)
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2024H21-20-5074964002
检定有效期	2024年02月01日~2025年01月31日

注：未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制、使用即引用均为无效，本单位不承担任何法律责任。

报告编号: BGI-HCHJ25610006 第2页 共7页

### 三、检测结果

受检编号: 01

场所名称: 拟建场址内及周围相邻区域

#### 1、检测点示意图:

广东合诚建安检测有限公司 电话: 020-34015118 传真: 020-34015218  
地址: 广州市海珠区伯乐路新凤凰直街81号 邮编: 510275 用户信箱: ghlungzi@gluu.com

报告编号: GDZ-HCH05610006 第 13 页 共 7 页  
 注: 未经本单位书面允许的对本报告的任何复制或, 使用均引为无效, 本单位不承担任任何法律责任。

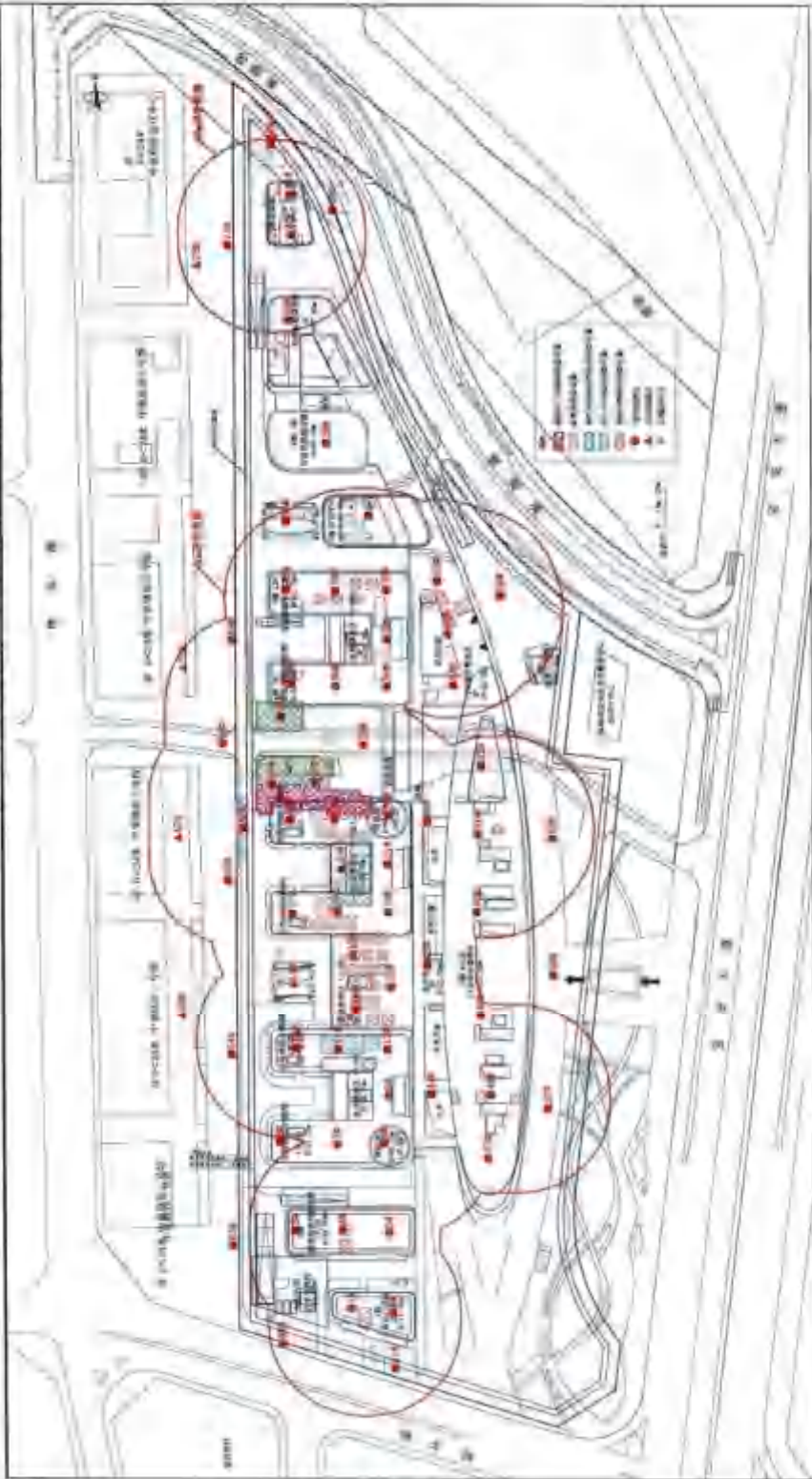


图 1 拟建项目所在场址及周边环境监测点位示意图

广东合源建安检测有限公司

电话: 020-34015118

传真: 020-34015218

地址: 广州市海珠区市东新路新凤凰酒店 11 号

邮编: 510275 用户信箱: gnyang@jshus.com

2、检测点位及结果:

监测点编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)		地面介质	备注
		平均值	标准差		
1#	拟建发热门诊楼区域西部	108	3	泥土	室外道路
2#	拟建发热门诊楼区域东部	107	2	泥土	室外道路
3#	拟建感染性疾病防治楼区域西部	102	3	泥土	室外道路
4#	拟建感染性疾病防治楼区域中部	106	3	泥土	室外道路
5#	拟建感染性疾病防治楼区域东部	109	3	泥土	室外道路
6#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域西部	108	3	泥土	室外道路
7#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域中部	109	2	泥土	室外道路
8#	拟建住院综合楼 A 塔南侧区域东部	112	3	泥土	室外道路
9#	拟建住院综合楼 A 塔东侧区域中部	112	3	泥土	室外道路
10#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域西部	110	4	泥土	室外道路
11#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域中部	109	4	泥土	室外道路
12#	拟建住院综合楼 A 塔北侧区域东部	109	3	泥土	室外道路
13#	拟建医技楼南区建筑外西侧	108	3	泥土	室外道路
14#	拟建医技楼南区中间区域偏南	106	3	泥土	室外道路
15#	拟建医技楼南区中间区域偏北	108	2	泥土	室外道路
16#	拟建医技楼南区中间区域偏东	106	3	泥土	室外道路
17#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域西部	112	3	泥土	室外道路
18#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域中部	114	2	泥土	室外道路
19#	拟建住院综合楼 B 塔南侧区域东部	116	3	泥土	室外道路
20#	拟建住院综合楼 B 塔中间区域西部	114	3	泥土	室外道路
21#	拟建住院综合楼 B 塔中间区域东部	112	3	泥土	室外道路
22#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域西部	111	3	泥土	室外道路
23#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域中部	112	3	泥土	室外道路
24#	拟建住院综合楼 B 塔北侧区域东部	114	3	泥土	室外道路
25#	拟建核医学场所、放疗科南侧机房所在区域西部	114	4	泥土	室外道路
26#	拟建核医学场所、放疗科南侧机房所在区域东部	115	3	泥土	室外道路

广东合诚建安检测有限公司 电话: 020-34015118 传真: 020-34015218  
 地址: 广州市海珠区怡乐路新凤凰直街 81 号 邮编: 510275 用户信箱: gjiangz@gjian.com

报告编号: BQJ-HCHD25610006 第 5 页 共 7 页  
 注: 未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

27#	拟建放疗科北侧机房所在区域	115	4	泥土	室外道路
28#	拟建医院内部道路	109	2	泥土	室外道路
29#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域西部	110	3	泥土	室外道路
30#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域中部	110	3	泥土	室外道路
31#	拟建住院综合楼 C 塔南侧区域东部	112	4	泥土	室外道路
32#	拟建住院综合楼 C 塔中间区域东部	115	2	泥土	室外道路
33#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域西部	116	3	泥土	室外道路
34#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域中部	117	4	泥土	室外道路
35#	拟建住院综合楼 C 塔北侧区域东部	114	4	泥土	室外道路
36#	拟建会议中心建筑外西侧	114	2	泥土	室外道路
37#	拟建会议中心所在区域	115	3	泥土	室外道路
38#	拟建行政科教综合楼所在区域南部	117	3	泥土	室外道路
39#	拟建行政科教综合楼所在区域北部	120	3	泥土	室外道路
40#	拟建规培楼所在区域南部	120	3	泥土	室外道路
41#	拟建规培楼所在区域北部	123	2	泥土	室外道路
42#	拟建规培楼建筑外北侧	117	3	泥土	室外道路
43#	拟建规培楼建筑外东侧道路边界	119	3	泥土	室外道路
44#	拟建医疗街所在区域南部	120	2	泥土	室外道路
45#	拟建医疗街所在区域中部	117	3	泥土	室外道路
46#	拟建医疗街所在区域北部	115	3	泥土	室外道路
47#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部偏南	115	3	泥土	室外道路
48#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部中间	116	3	泥土	室外道路
49#	拟建门诊综合楼南区所在区域南部偏北	115	3	泥土	室外道路
50#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部偏南	114	2	泥土	室外道路
51#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部中间	116	3	泥土	室外道路
52#	拟建门诊综合楼南区所在区域北部偏北	113	3	泥土	室外道路
53#	拟建门诊综合楼北区所在区域南部	112	3	泥土	室外道路
54#	拟建门诊综合楼北区所在区域中部	110	3	泥土	室外道路
55#	拟建门诊综合楼北区所在区域北部	111	2	泥土	室外道路
56#	拟建门诊综合楼北区建筑外东侧道路	107	3	泥土	室外道路

广东合诚建安检测有限公司 电话: 020-34015118 传真: 020-34015218  
 地址: 广州市海珠区怡乐路新风凰直街 51 号 邮编: 510275 用户信箱: gjiangz@gjian.com

注: 未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制, 使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

57#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路南部	110	3	泥土	室外道路
58#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路中部	110	2	泥土	室外道路
59#	拟建门诊综合楼南区建筑外道路北部	111	3	泥土	室外道路
60#	拟建泵变池所在位置	115	2	泥土	室外道路
61#	拟建医院南侧院外道路边界偏东	114	4	水泥地	室外道路
62#	拟建医院南侧院外道路边界偏西	112	3	水泥地	室外道路
63#	中亚硅谷二号馆东侧道路偏南	110	4	水泥地	室外道路
64#	中亚硅谷二号馆东侧道路中部	110	3	水泥地	室外道路
65#	中亚硅谷二号馆东侧道路偏北	110	3	水泥地	室外道路
66#	中亚硅谷二号馆中部室内	143	2	水泥地	室内楼房
67#	中亚硅谷二号馆北部室内	143	3	水泥地	室内楼房
68#	中亚硅谷二号馆东北侧道路交叉口	111	3	水泥地	室外道路
69#	中亚硅谷三号馆东侧道路偏南	116	4	水泥地	室外道路
70#	中亚硅谷三号馆南部室内	138	4	水泥地	室内楼房
71#	中亚硅谷三号馆东侧道路偏北	117	3	水泥地	室外道路
72#	中亚硅谷三号馆北部室内	140	4	水泥地	室内楼房

注: 1. 测量时探头垂直距离地面 1m。

2. 每个监测点测量 10 个数据取平均值, 以上监测结果均已扣除仪器对宇宙射线的响应值。

3. 在测量环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率时, 监测结果  $\dot{D}$  按公式进行宇宙射线响应的扣除:

$$\dot{D} = C_f (E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c)$$

式中:  $\dot{D}$ ——环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测结果;

$C_f$ ——仪器量程检定/校准因子, 由法定计量部门检定或校准时输出, 本次使用仪器校准因子为 1.06;

$E_f$ ——仪器检验源效率因子,  $E_f = A_0/A$ , 其中  $A_0$ 、 $A$  分别是检定时和测量当天检验源的净计数, 如仪器无检验源, 则该值取 1; 本次监测使用仪器效率因子取 1;

$\dot{X}$ ——现场监测时仪器  $n$  次读数的平均值,  $n \geq 10$ ; 仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准, 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数为 1.20Sv/Gy;

$\mu_c$ ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子, 楼房取值为 0.8, 平房取值为 0.9, 原野、道路取值为 1;

$\dot{X}_c$ ——测点处仪器对宇宙射线的响应值, 本项目使用的监测仪器已于 2024 年 3 月 9 日在广东省河源市万绿湖湖面进行宇宙射线的响应值检测, 检测结果为 34nSv/h (换算系数取 1.20Sv/Gy), 未经仪器校准因子校准。

广东合诚建安检测有限公司

电话: 020-34015118

传真: 020-34015218


地址: 广州市海珠区怡乐路新凤凰直街 81 号

邮编: 510275 用户信箱: [giangz@giann.com](mailto:giangz@giann.com)

(编制人: 李其靖)

检测人	<u>马健衣 梁新冰</u>		
审核人	<u>梁新冰</u>		
批准人及职务	邓涌一 授权签字人	批准人签字	<u>梁新冰</u>
检测单位(印章)		批准日期	<u>2025.1.21</u>

—— 报告结束 ——

广东省核工业地质局辐射环境监测中心  
202219000733

# 检测报告

报告编号： 202501N0004

委托单位： 中辐环境科技有限公司

项目名称： 深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目

检测类别： 辐射

发送日期： 2025-01-23

广东省核工业地质局辐射环境监测中心

(检测专用章)

## 说 明

1. 广东省核工业地质局辐射环境监测中心是计量认证合格机构, 本机构保证测试的科学性、公正性和准确性, 对测试数据负责, 并对测试数据和委托单位所提供的样品的技术资料保密。
2. 对于送检样品, 本机构仅对来样负责。对不可复现的监测项目, 结果仅对采样 (或监测) 所代表的时间和空间负责。
3. 检测报告无审核人/批准人签名, 或涂改、部分复印, 未加盖本机构印章均无效。检测报告未加盖资质认定标志的不具有对社会的证明作用。
4. 坚持质量方针, 恪守承诺, 恳请对我们的工作提出反馈意见和改进建议, 我们认真处理每一项意见和建议。
5. 本检测报告执行标准及分析方法按照有关规定执行, 各个项目的分析测定方法详见附表。

机构地址: 广东省广州市花都区新华街湖畔路 3 号广东核力大厦

联系电话: 020-36828123

传真号码: (020)36828123

邮政编码: 510800

电子邮箱: GREM209@163.com

计量认证合格证书: 202219000733, 有效期至 2028 年 6 月 29 日。

委托检测概况

委托批号	202501N0004			
委托单位	中辐环境科技有限公司			
单位地址	浙江省杭州市西湖区教工路336号3A			
联系人	左劲松	联系电话	13922723177	
收样日期	2025-01-06	检测日期	2025-01-06	
检毕日期	2025-01-21	报告日期	2025-01-23	
检测类别、检测项目、分析方法、分析仪器及检定/校准有效期				
检测类别	检测项目	分析方法	仪器名称/型号/编号	检定/校准有效日期
辐射	总α	《水质 总α放射性的测定 钍源法》(HJ 898-2017)	多路低本底α/β测量仪(低本底α/β测量仪)/PAB-6000/F0002-201210-FJA006	2023-12-15~2025-12-14
	总β	《水质 总β放射性的测定 钍源法》(HJ 899-2017)	多路低本底α/β测量仪(低本底α/β测量仪)/PAB-6000/F0002-201210-FJA006	
	铯-131	《环境及生物样品中放射性核素的γ能谱分析方法》(GB/T 16145-2022)	高纯锗γ谱仪/GEM-C7080-LB-C-DSPEC-Jr2.0/F0184-201506-FJA039	2023-04-03~2025-04-02

——本页以下空白——

报告编号: 202501N0004

委托编号: GDHFS/D/3603

### 样品信息

(送/采) 样编号	(送/采) 样日期	采样地点	样品类别	样品性状
T-01A	2025-01-06	//	土壤	颗粒
T-02B	2025-01-06	//	土壤	颗粒
备注	1、委托采样: 自我方采样, 请填写采样编号、采样日期、采样地点、样品类别和样品性状。 2、委托方送样: 委托方采样送至我方, 请填写送样编号、送样日期、样品类别及样品性状; 采样地点处填写“//”。			

——本页以下空白——

报告编号: 202501N0004

受控编号: GDHFS/D/BG03

### 广东省核工业地质局辐射环境监测中心检测结果

检测类别: 辐射

#### 样品检测结果

分析编号	样品名称	送/采样编号	检测项目	计量单位	检测结果	探测下限
2025TR0004	拟建核医学工作场所东北侧 (上风向)	T-01#	碘-131	Bq/kg	<0.8	0.8
			总α	Bq/kg	633	45.1
			总β	Bq/kg	1.49E+03	111
2025TR0005	拟建核医学工作场所西南侧 (下风向)	T-02#	碘-131	Bq/kg	<0.7	0.7
			总α	Bq/kg	605	45.0
			总β	Bq/kg	1.20E+03	111
备注: 碘-131检测结果均低于探测下限, 因此未进行修正。						
说明	■ 检测报告无审核人/批准人签名, 或涂改、部分复印、未加盖本机构印章均无效; ■ 本报告仅对来样负责。如果对本报告有疑问, 请于两周内书面提出。					
检测人员:	丁锦裕 李亮					

编制: 谢子超

审核: 马维远

签发: 李亮

签发日期: 2025-01-23

——以下空白——

附件 11 直线加速器类比项目监测资料



# 检测报告

报告编号: GABG-XF15220105-4

项目名称	首都医科大学宣武医院医用电子直线加速器性能检测
委托单位	首都医科大学宣武医院
检测类别	验收检测



浙江建安检测研究院有限公司

2020年11月编制



浙江建安检测研究院有限公司 网址: <http://www.gimn.cn> 电话: 0571-87985777 传真: 0571-87979902  
地址: 浙江省杭州市江干区永墩新楼8号 邮编: 310021 用户信箱: [gimn@gimn.com](mailto:gimn@gimn.com)

报告编号: GMB-CF15220105-4 第 1 页 共 9 页  
说明: 未经本单位书面允许的, 对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

## 声 明

1. 本机构保证检测工作的公正性、独立性和诚实性, 对检测的数据负责, 对受检单位和委托方的检测样品、技术资料及检测报告等严格保密和保护所有权。如有违反公正性、保密性的行为, 给客户造成损失的, 本机构愿意承担相应法律责任。
2. 本报告无检测人(或编制人)、审核人、批准人签名无效; 涂改或未盖浙江建安检测研究院有限公司检验检测专用章无效。
3. 送样委托检测, 仅对来样负责。
4. 受检单位和委托方若对本报告有异议, 应于收到报告之日起 15 日内向本机构提出。
5. 未经本机构书面批准, 不得部分复制本报告。本报告各页均为报告不可分割之部分, 使用者单独抽出某页而导致误解或用于其它用途及由此造成的后果, 本机构不负相应的法律责任。
6. 本报告未经浙江建安检测研究院有限公司同意, 不得以任何方式进行广告宣传。

浙江建安检测研究院有限公司 网址: <http://www.gjian.cn> 电话: 0571-87985777 传真: 0571-87979902  
地址: 浙江省杭州市江干区水墩新路 8 号 邮编: 310021 用户信箱: [gjian@gjian.com](mailto:gjian@gjian.com)

说明: 未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

一、项目基本情况

项目名称:	首都医科大学宣武医院医用电子直线加速器性能检测		
委托单位名称:	首都医科大学宣武医院		
委托单位地址:	北京市宣武区长椿街 46 号		
委托批号:	15220105	检测类型:	委托检测
检测项目:	性能检测	检测方式:	现场检测
受检设备台数:	1	受检设备:	医用直线加速器
受检设备型号:	Versa HD	出厂编号:	153179
额定容量:	10MV X 射线, 15MeV 电子线	检测日期:	2020.10.27
制造厂商:	Elekta Limited	受检编号:	010501
检测依据:	WS 674-2020 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》		
评价依据:	WS 674-2020 《医用电子直线加速器质量控制检测规范》		
主要检测仪器:	DOSE1/放疗剂量仪/05032141-FC65-C 电离室 (SN:2368)		
	RFA-200/放疗二维水箱/05032078, 标准水箱		
	451P 便携式 X、γ 射线巡测仪/05032609		
检测地址:	北京市宣武区长椿街 46 号		

二、检测结果

表 1 6MV X 射线检测结果

序号	检测项目		检测条件	检测结果	标准限值	单项结论
1	剂量偏差		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	-0.7%	≤2%	符合
2	重复性 (剂量)		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	0.05%	≤0.5%	符合
3	线性 (剂量)		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.1%	≤2%	符合
4	日稳定性 (剂量)		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	0.2%	≤2%	符合
5	X 射线深度吸收剂量特性	辐射质偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.9%	≤3%	符合
		穿透性偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	2.2mm	≤3mm	符合
6	X 射线方形照射野的均整度		照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 104.0% Y 轴: 104.1%	≤100%	符合
			照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 103.8% Y 轴: 104.1%	≤110%	符合
7	X 射线方形照射野的对称性		照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 101.2% Y 轴: 101.0%	≤105%	符合
			照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 100.9% Y 轴: 101.0%	≤105%	符合
8	照射野的半影, mm		照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 左 8.1, 右 8.2 Y 轴: 左 7.1, 右 6.9	/	/
			照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X 轴: 左 10.4, 右 10.8 Y 轴: 左 9.5, 右 9.1	/	/

表 2 10MV X 射线检测结果

序号	检测项目		检测条件	检测结果	标准限值	单项结论
1	剂量偏差		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 110cm	0.8%	≤3%	符合
2	重复性 (剂量)		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 110cm	0.1%	≤0.5%	符合
3	线性 (剂量)		照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.1%	≤2%	符合

说明: 未经本单位书面允许的本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
4	日稳定性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 110cm	-0.2%	≤2%	符合	
5	X射线深度吸收剂量特性	辐射质偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.5%	≤3%	符合
		穿透性偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	3.0mm	≤3mm	符合
6	X射线方形照射野的均匀度	照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 104.6% Y轴: 103.9%	≤100%	符合	
		照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 102.7% Y轴: 103.1%	≤110%	符合	
7	X射线方形照射野的对称性	照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 100.8% Y轴: 100.5%	≤102%	符合	
		照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 100.5% Y轴: 100.3%	≤103%	符合	
8	照射野的半影, mm	照射野: 10cm×10cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 左 8.0; 右 8.2 Y轴: 左 7.5; 右 7.2	/	/	
		照射野: 31cm×31cm SSD: 90cm, 水下 10cm	X轴: 左 9.8; 右 9.8 Y轴: 左 9.1; 右 8.8	/	/	

表 3.6 (FPP)KV X射线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	0.9%	≤3%	符合	
2	重复性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	0.00%	≤0.5%	符合	
3	线性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.2%	≤2%	符合	
4	日稳定性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 105cm	-0.1%	≤2%	符合	
5	X射线深度吸收剂量特性	辐射质偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.7%	≤3%	符合
		穿透性偏差	照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	3.0mm	≤3mm	符合

报告编号: GMAH-ZF15220105-4 第 4 页 共 9 页  
 说明: 本报单单位书面允许的本报告的任何局部复制, 使用和引用均为无效, 本单不承担任何法律责任。

表 4 6(FFF)MV X 射线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm, SCD: 110cm	1.8%	≤2%	符合	
2	重复性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm, SCD: 110cm	0.10%	≤0.3%	符合	
3	线性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm	0.1%	≤2%	符合	
4	日稳定性(剂量)	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm, SCD: 110cm	-0.2%	≤2%	符合	
5	X射线深度吸收剂量的特性	辐射质偏差	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm	0.7%	≤2%	符合
		穿透性偏差	照射野: 10cm×10cm SSD:100cm	2.5mm	≤3mm	符合

表 5 4MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm, SCD: 101cm	0.9%	≤2%	符合	
2	重复性(剂量)	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm, SCD: 101cm	0.06%	≤0.5%	符合	
3	线性(剂量)	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	0.1%	≤2%	符合	
4	电子线深度吸收剂量的特性	穿透性偏差	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	-0.8mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的杂散 X 射线	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	0.3%	≤3.5%	符合
5	电子线束射野的均整度, %	沿 X 轴方向上 30%等剂量线	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	负方向:8.8 正方向:6.2	≤10	符合
		沿 Y 轴方向上 30%等剂量线	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	负方向:6.1 正方向:5.1	≤10	符合
		沿 X 轴方向上 80%等剂量线	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	负方向:4.3 正方向:3.3	≤15	符合
		沿 Y 轴方向上 80%等剂量线	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm	负方向:3.8 正方向:6.3	≤15	符合
6	电子线照射野的对称性	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm, 照射深度	X 轴:101.4% Y 轴:101.2%	≤105%	符合	
7	照射野的半影, mm	剂量筒: 10cm×10cm SSD:100cm, 照射深度	X 轴:左 11.9; 右 11.8 Y 轴:左 13.3; 右 13.1			

北京中核华安科技股份有限公司 北京中核华安检测技术有限公司 010-87968777 010-85145066  
 地址: 北京市昌平区白浮泉路 8 号 邮编: 100017 电子邮箱: gma@gha.com

报告编号: GAG-SP13220105-4 第 6 页 共 9 页  
 说明: 未经本单位书面允许的对本报告的任何内容复制、使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

表 6 6MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 101cm	-0.3%	≤3%	符合	
2	重复性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 101cm	0.04%	≤0.5%	符合	
3	线性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	-0.1%	≤2%	符合	
4	电子线 深度吸 收剂量 特性	穿透性偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	-0.7mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的 杂散 X 射线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.5%	≤3.8%	符合

表 7 8MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 101cm	-1.4%	≤3%	符合	
2	重复性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 101cm	0.06%	≤0.5%	符合	
3	线性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.1%	≤2%	符合	
4	电子线 深度吸 收剂量 特性	穿透性偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.7mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的 杂散 X 射线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.8%	≤4.0%	符合

表 8 10MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 90cm, SCD: 102cm	1.5%	≤3%	符合	
2	重复性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 102cm	0.09%	≤0.5%	符合	
3	线性 (剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 90cm	<0.1%	≤2%	符合	
4	电子线 深度吸 收剂量 特性	穿透性偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 90cm	0.6mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的 杂散 X 射线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.3%	≤1.2%	符合

浙江建设集团 版权所有 网址: <http://www.zjg.com> 电话: 0571-82985777 传真: 0571-85979991  
 地址: 浙江省杭州市江干区水磨新街 9 号 邮编: 310021 电子邮件: [zjg@zjg.com](mailto:zjg@zjg.com)

说明: 未经本单位书面允许, 对本报告的任何局部复制、使用引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

报告编号: GARG-XF15220106-1 第 7 页 共 9 页

表 9 12MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 102cm	-2.4%	≤3%	符合	
2	重复性(剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 102cm	0.05%	≤0.5%	符合	
3	线性(剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.1%	≤2%	符合	
4	电子线 深度吸 收剂量 特性	穿透性偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	0.3mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的 杂散 X 射线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	1.2%	≤4.5%	符合

表 10 15MeV 电子线检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	剂量偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 102cm	-2.2%	≤3%	符合	
2	重复性(剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, SCD: 102cm	0.04%	≤0.5%	符合	
3	线性(剂量)	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	<0.1%	≤2%	符合	
4	电子线 深度吸 收剂量 特性	穿透性偏差	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	-0.6mm	≤2mm	符合
		电子治疗时的 杂散 X 射线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	2.5%	≤8.0%	符合
5	电子线 照射野 的均整 度, mm	沿 X 轴方向上 50% 等剂量线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	负方向: 6.4 正方向: 4.4	≤10	符合
		沿 Y 轴方向上 90% 等剂量线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	负方向: 3.0 正方向: 9.2	≤10	符合
		沿 X 轴方向上 80% 等剂量线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	负方向: 6.1 正方向: 3.5	≤15	符合
		沿 Y 轴方向上 80% 等剂量线	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm	负方向: 2.2 正方向: 8.9	≤15	符合
6	电子线照射野的对称性	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, 标准深度	X 轴: 10.5% Y 轴: 10.4%	≤10%	符合	
7	照射野的半影, mm	限束筒: 10cm×10cm SSD: 100cm, 标准深度	X 轴: 左 11.0; 右 11.1 Y 轴: 左 12.5; 右 12.2	-	-	

浙江东方集团股份有限公司 网址: <http://www.dofar.com> 电话: 0571-87985777 传真: 0571-87996992  
地址: 浙江省杭州市西湖区水澄桥路 8 号 邮编: 310021 电子邮箱: gffar@zjdfar.com

表 11 医用电子直线加速器性能检测结果

序号	检测项目	检测条件	检测结果	标准限值	单项结论	
1	照射野的数字指示 (多云现象)	6MV X射线 照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	Xr: -1.7mm Yr: -0.9mm	≤2mm	符合	
		6MV X射线 照射野: 22cm×22cm SSD: 100cm	Xr: -1.9mm Yr: -0.8mm	≤3mm	符合	
2	辐射束轴 相对于等 中心点的 偏移	6MV X射线 照射野: 10cm×10cm SSD: 100cm	机架角度 0°	0.8mm	≤2mm	符合
			机架角度 +30°	0.7mm	≤2mm	符合
			机架角度 15°	0.8mm	≤2mm	符合
			机架角度 0°	0.9mm	≤2mm	符合
3	电子线限束装置	150kV 电子线 限束筒: 10cm×10cm 输出剂量率 200MU/min 预置值 D: 100cGy	1.8%	≤10%	符合	
4	X区域外漏辐射 (中子除外)	10 (FFD) MV X射线 照射野: 0.5cm×0.5cm 输出剂量率 2187MU/min 预置值 D: 500cGy	最大泄漏辐射率:	≤0.2%	符合	
			平均泄漏辐射率:	≤0.1%	符合	
5	治疗床的等中心漂移	床面负载 20kg	0.5mm	≤2mm	符合	
6	激光照射准 (±5%)	10 (FFD) MV X射线 照射野: 10cm×10cm 输出剂量率 2187MU/min 照射 4000MU 剂量 停止后 3min 内所测得	距设备机头表面 5cm 处: 5.0	≤200	符合	
			距设备机头表面 100cm 处: 0.75	≤20	符合	

报告编号: GJG-2015220100-4 第 9 页 共 9 页  
说明: 未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制, 使用和引用均为无效, 本单位不承担任何法律责任。

### 三、评价

应委托方要求, 依据 WS 674-2020 标准, 对首都医科大学宣武医院医用电子直线加速器进行了性能检测, 结果表明: 各检测项目符合标准 WS 674-2020 的相关技术要求。

编制人 文任强 审核人 陈莉

批准人 张松 批准日期 2020 年 11 月 12 日

检测单位 (检验检测专用章) 张松



## 附件 12 辐射安全管理制度

### 深圳市人民医院关于成立 辐射安全与防护管理领导小组的通知

为加强我院辐射安全与防护工作的管理,保证放射诊疗安全,保障我院辐射工作人员、患者和公众的健康权益,依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求,成立辐射安全与防护管理领导小组作为全院辐射安全与环境保护管理机构,统一负责医院核技术利用项目的安全运行管理,完善梳理辐射安全与防护管理制度,请各相关部门认真学习,遵照执行,龙华分院参照制定分院辐射安全与防护管理制度。

#### 一、成立辐射安全与防护管理领导小组

医院成立辐射安全与防护管理领导小组,负责医院辐射安全与环境保护管理工作。

组 长:耿庆山

副组长:张伟

成 员:徐洪斌、陈小竟、黄金才、刘大乐、李先明、杨超、  
王相成、龚静山、陈旭东、罗林杰、龙厚清、  
李广恒、胡新佳、马捷、郑雨燕、钟鹤立、黄国鑫、  
张景忠、赵乐勇、李芸

秘 书(兼职管理人员):张建元

辐射安全与防护管理办公室:预防保健与医院感染管理部。

## 二、辐射安全与防护管理领导小组工作职责

(一) 负责我院辐射安全与防护管理工作，组织制定并落实辐射安全与防护管理制度；

(二) 负责我院《辐射安全许可证》管理及行政许可变更、校验等工作；

(三) 负责开展我院新、改和扩建核技术利用建设项目环保技术服务和行政审查审批工作；

(四) 负责开展我院辐射工作人员管理工作，包括落实职业病防治责任、职业健康监护、外照射剂量监测和辐射危害宣传教育培训工作；

(五) 负责我院射线装置及场所年度检测、维护检修、防护用品使用和辐射危害警示告知等工作；

(六) 负责制定落实我院放射诊疗质量保证、监测和操作规程等工作；

(七) 负责制定落实我院辐射事故应急处理预案及应急处置工作。



## 辐射防护和安全保卫制度

医院所使用的射线装置、非密封放射性物质和放射源主要用作医学检查、诊断诊疗，在辐射安全、防护范围内使用。

### 一、辐射工作场所采取辐射安全措施：

- 1、工作场所设置电离辐射警告标志，并有“当心电离辐射”的中文注释，不得随意拆除；
- 2、所有安全防护门外划有辐射安全警戒线，严禁无关人员进入；
- 3、安全门灯联动装置、信号灯等。

### 二、储存场所采取的辐射安全措施：

- 1、独立使用和存放，确保防盗、防火、防潮、防爆和防泄漏；
- 2、储存场所必须有双锁，钥匙指定辐射工作人员保管；

三、辐射工作人员每周对辐射工作场所进行清扫整理，做到无杂物、无积灰，地面整洁干净；检查随身携带的钥匙有无遗失，贮源室保险柜、防盗门有无损坏。

四、工作场所必须配备监控、语音对讲系统；配备有效的灭火器，房间内安装烟雾报警仪等消防设施。

五、加强夜间和节假日巡逻，确保能满足防盗、防火、防潮、防爆和防泄漏的管理目标。

六、应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前先发证机关提交上一年度的评估报告，同步上传至全国系统核技术利用辐射安全申报系统。

## 辐射工作人员岗位职责

辐射工作人员熟习各类放射诊疗设备的安全操作规程，不得在没有启动安全防护装置或设施的情况下强制开启放射诊疗设备或操作放射性同位素，以防止辐射照射事故发生，为了确保放射性同位素与射线装置的安全，明确辐射工作人员职责，特制订本岗位职责。

1、辐射工作人员必须严格遵守并执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求。

2、辐射工作人员必须参加相应类别的辐射安全与防护培训学习，提高辐射安全防护专业知识水平和个人防护意识，经考核合格后方可上岗。

3、对辐射工作场所安全防护负责，辐射工作场所应设置电离辐射警示标志。每周至少进行一次检查，发现问题及时解决。

4、新上岗或转岗人员必须经过职业健康体检合格，并取得相应类别辐射安全与防护考核合格成绩单。严禁未培训人员从事相关的辐射工作。

5、上岗必须按要求规范佩戴个人剂量计，并妥善保管和按期上交剂量计进行剂量监测。

6、保持相关辐射工作岗位环境整洁干净、辐射安全防护措施和装置稳定有效。

## 辐射防护设施维护检修登记制度

### 一、射线装置及辐射场所的定期检查

1. 设备机械性能维护：配置安全装置检查，各机械限位装置有效性检查，各运动运转装置检查，操作完整性检查；

2. 设备电气性能维护：各种应急开关有效性的检查，参数的检查等；

3. 辐射防护措施维护：检查机房工作状态指示灯工作状态是否正常，警告标志、辐射防护注意事项，防护墙体是否正常等。

### 二、射线装置的性能检测

每年进行一次，做好相关记录。检测报告应由预防保健与医院感染管理部备案保存。

### 三、日常维护

1. 每日设备开机后应检查机器是否正常运行，有无错误提示，记录并排除；

2. 做好设备系统启动前、运作时、关闭时规范操作，检查各状态下的有关部件，应做到每日一次；

3. 严格执行正确开关机程序，设备不工作时应将之调至待机状态；

4. 每日工作完成后，做好设备的清洁工作，避免脏污，及粉尘等造成设备故障。

四、设备的维修保养由专人负责，日常工作需做好工作记录，出现故障及时上报科室领导，如故障不能排除应上报医院医学装备部，及时进行排障和维修，并作好记录。

## 防护用品使用登记管理制度

根据《中华人民共和国职业病防治法》《放射诊疗管理规定》等法律法规、规章要求，保障放射诊疗过程中受检者、陪检者规范使用防护用品，制定本制度。

我单位建立辐射防护用品使用登记簿，开展放射诊疗活动前应按照国家有关受检者辐射防护规定和标准，对临近照射野的敏感器官和组织进行屏蔽防护，对婴幼儿、少年儿童、育龄妇女及孕妇等重点人群的防护用品使用情况进行登记，并由受检者或其监护人签字确认，使辐射防护措施落到实处。

一、按照标准要求为医院放射科、介入放射科、核医学科、放疗科等放射诊疗科室配备齐全个人防护用品；

二、新配备的防护用品做好种类、数量、铅当量、启用日期等信息的登记；

三、原则上工作人员不在机房内操作设备，若确实存在极少突发的情况在接触射线工作前要穿戴好防护用品进行工作，核医学和介入放射科工作人员另行按照具体操作规程操作；

四、对接受检查的人员进行防护用品的穿戴告知；

五、儿童、孕妇在受检时，充分考虑接受 X 射线的必要性，若确认需要进行 X 射线检查时，应指导其穿戴相应的防护用品，并做好检查单登记留有记录；

六、定期检查和维护铅防护用品内容包括：辐射工作人员指导受检者穿戴情况、防护用品摆放情况、防护用品穿戴宣传、防护用品有效期。

## 射线装置使用登记制度

一、辐射工作人员使用射线装置前应仔细检查设备能否正常工作；设备外观是否有损伤；

二、辐射工作人员使用射线装置前，必须登记详细使用情况，包括使用人、使用时间、开机工况、诊断记录等；

三、辐射工作人员应对射线装置使用记录妥善管理，防止损坏、混淆和丢失，保持设备的清洁，严禁易燃、易蚀及腐蚀性介质等；

四、对设备应定期检查，发现设备有损坏时，必须及时标注和报告相关科室进行处理；

五、设备只允许专人操作，其余无关人员不得使用；

六、辐射工作人员在使用设备期间，对设备的安全使用负完全责任。

七、辐射防护必须定期检查台账使用记录，检查设备使用期间是否出现异常，随时掌握设备运行动态，以便及时维修排除设备安全隐患；

八、辐射安全防护管理领导小组必须制订年度大、中、小三级维修保养计划，并且按照年度维修计划对在用设备实施检修、保养，并做好维修和保养的各项记录。

附：射线装置台账（建议）

射线装置登记台账

射线装置名称、型号	管电压	管电流	购买时间	报废时间	管理部门	责任人	状况	转让单位名称及许可证号, 有效期

射线装置使用台账

射线装置名称、型号	使用日期	使用人	使用开始时间	使用结束时间	使用过程设备情况	报修情况

注：使用过程设备情况：正常、异常，异常时应及时报修。

## 辐射工作人员培训制度

根据生态环境部门发布的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(公告 2019 年第 57 号)和《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号),为了提高本单位从事辐射工作人员的安全防护意识和工作技能,加强辐射安全管理,预防辐射事故的发生,针对辐射工作人员培训制定本制度。

一、根据生态环境部发布的《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(公告 2019 年第 57 号),自 2020 年 1 月 1 日起,新从事辐射活动的人员(除仅操作 III 类射线装置的人员)应在生态环境部辐射安全与防护培训平台上参加培训,考核合格后方可上岗;根据考核合格者的成绩报告单日期,应及时进行再培训(考核合格后,成绩有效期为 5 年)。

二、根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9 号)的相关要求,仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核,由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的,原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年,有效期届满的,应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

本单位规定辐射工作人员应当具备下列基本条件:

- (1) 年满 18 周岁,经健康检查,符合辐射工作职业要求。
- (2) 经职业健康检查,符合辐射工作人员职业健康要求。
- (3) 辐射防护和有关法律知识的培训考核合格。

(4) 遵守辐射防护法规和规章制度，接受职业健康监护和个人剂量监测管理。

三、除参加统一的辐射安全与防护培训和考核外，医院内部将定期组织辐射工作人员进行内部培训学习和交流，并按要求组织自主培训和考核，加强人员辐射防护知识的学习，提高操作技能和防护意识。

四、医院每年组织相关人员进行辐射事故应急预案的知识培训和演习，加强员工对辐射防护的意识及辐射事故的应对能力。

五、医院建立并按照规定期限妥善保存培训档案。培训档案应当包括每次培训的培训时间、考试或考核成绩等资料。

## 辐射工作人员职业健康管理制

为贯彻落实放射诊疗工作人员职业健康的相关法律、法规和规章的要求，保障辐射工作人员的职业健康，制定本制度。

一、本单位辐射工作人员的范围包括从事放射诊疗活动受到电离辐射照射的人员；

二、医院预防保健与医院感染管理部辐射防护管理兼职人员负责本医院放射诊疗工作人员的职业健康管理工，建立职业健康监护档案、个人剂量监测档案和放射防护培训档案，并妥善保存；

三、放射诊疗工作人员必须具备放射影像等专业技术资质。对新录用或调入的拟从事放射诊疗的人员必须依据有资质的体检机构出具的上岗前体检报告，符合《放射工作人员健康标准》的才可以录用；

四、放射诊疗工作人员上岗前，医院辐射防护管理兼职人员应为其安排其参加辐射安全与防护培训并考核合格，存档考核合格成绩单或相关证明资料；

五、放射诊疗工作人员每2年到有资质的体检机构进行一次职业健康检查，脱离放射工作岗位时也应进行离岗前职业健康检查。检查结果由医院放射防护管理兼职人员在7日内如实告知本人，发现不宜继续从事放射工作的，根据体检机构的意见及时调离放射工作岗位并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的，及时予以安排；

六、辐射工作人员在工作期间必须按照规定佩带个人剂量计，

每3个月检测一次，对于个人剂量高于调查水平或年剂量约束值时，由预防保健与医院感染管理部通知科室和本人查明原因，并采取相应措施；

七、辐射工作人员在从事辐射工作期间应每5年参加相应类别的辐射安全与防护培训学习，并考核合格；

八、对怀孕或在哺乳期间的妇女，不得安排从事辐射工作岗位；

九、辐射工作人员在职业健康监护、个人剂量检测、辐射安全与防护培训中形成的档案由医院预防保健与医院感染管理部管理，终生保存。辐射工作人员有权查阅、复印本人的档案，医院应当如实、无偿提供，并在复印件上签章。

## DSA 操作规程

一、开机前的日常准备工作，包括清洁，擦拭设备，查看设备运行环境是否安全。

二、手术前 30 分钟开机，打开机房，按下开机按钮，打开空调，调至合适温度，按下主控制台上的 POWERON 按钮，系统打开后会自检，操作人员应认真查看，如发现问题，应及时查找原因。

三、核对病人并将有关信息录入系统，术中根据医生指导完成相应技术参数操作，包括造影程序，对比剂总量，每秒流量以及相应的体位转换。

四、手术完成后及时处理图像，刻录光盘，诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术打印，待病人离开机房后，将设备及时复位，关闭系统，关闭总电源，关闭空调，擦拭设备上的污物，整理好物品，关好门窗，填写大型医疗设备使用日志。

五、DSA 需由经过培训的专业人员持证上岗操作，必须按操作程序进行操作。未经操作人员许可，其他人员不得随意操作。

六、DSA 设备必须在正常状态下运转，严禁设备隐患开机，每周保养，操作人员及受检人员必须佩戴好防护装备，警示灯及警示标志要性能良好标志醒目。

七、工作人员佩戴个人剂量计，做好辐射防护工作。

八、在介入室工作的人员，均需严格遵守无菌操作规程，保持室内肃静和整洁。

## 辐射监测方案

为加强对放射诊疗设备与放射工作人员健康管理，控制放射线照射，规范放射工作防护管理，保障相关员工健康和环境安全，根据相关法规要求，结合我单位实际，特制定本监测制度。

### 一、个人剂量监测

1.个人剂量监测期内，个人剂量计每三个月检测一次。佩戴周期第三个月份的月底，科室辐射防护兼职管理人员协助科室主任收齐各科室辐射工作人员的个人剂量计，统一交至预防保健与医院感染管理部更换，预防保健与医院感染管理部统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计；

2.剂量监测结果一般每季度由辐射防护兼职管理人员向各放射诊疗科室通报一次；当次剂量监测结果如有异常，告知具体辐射工作人员及科室负责人，并开展情况调查；

3.由预防保健与医院感染管理部负责建立辐射工作人员的个人剂量档案。

### 二、工作场所及设备监测

预防保健与医院感染管理部负责联系有放射诊疗设备性能、工作场所防护监测资质的机构对我单位放射诊疗设备和场所进行每年一次的设备性能与防护监测。

1.外部监测：联系有监测资质的机构对放射诊疗设备性能与场所辐射防护进行每年一次的监测；

2.内部监测：由相关的放射诊疗科室每季度指定专人对放射诊疗相关辐射工作场所进行监测，并记录档案；

3.应急监测：应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平进行必要的内部或外部监测。

4.按监测计划定期开展相关监测，并根据监测结果采取相应措施。

表1 辐射监测计划表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	监测频次	监测设备	监测范围	剂量控制水平	超标后处理方案
核医学科	年度监测	X-γ辐射剂量率	1次/年	便携式X-γ剂量率仪	四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、楼上、楼下等	不大于2.5μSv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	验收监测		竣工验收				
	自主监测		1次/月				
	年度监测	α、β表面污染水平	1次/年	表面污染监测仪	工作场所（工作台、设备、墙壁、地面），工作操作周围环境，以及操作人员的工作服、手套、工作鞋等	参考工作场所的放射性表面沾污控制水平	进行擦拭、清洗等方法直至符合标准
	自主监测		每次工作结束后				
	验收监测		竣工验收				
	废水监测	总α、β、 <sup>131</sup> I活度浓度	排放前	委托有资质单位监测	衰变池采样口	总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L、 <sup>131</sup> I活度浓度≤10Bq/L	在衰变池贮存直至排放符合要求
固废监测	放射性比活度	处置前	委托有资质单位监测	废物间	每袋废物表面剂量率不超过0.1mSv/h，符合清洁解控水平	及时将放射性废物转移至废物间暂存衰变，直至符合解控水平	
放疗科	年度监测	X-γ辐射剂量率	1次/年	便携式X-γ辐射监测仪	四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、楼上、楼下等	机房外周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	自主监测		1次/季度				
	验收监测		竣工验收				
DSA及其它射线装置机房	年度监测	X-γ辐射剂量率	1次/年	便携式X-γ辐射监测仪	四周屏蔽墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、楼上、楼下等	摄影状态：周围剂量当量率应不大于25μSv/h； 透视状态：周围剂量当量率不大于2.5μSv/h	及时查找原因，进行整改直至监测符合要求
	自主监测		1次/季度				
	验收监测		竣工验收				
个人剂量检测	个人剂量	个人剂量	每次不超过3个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	每年不超过5mSv	调查原因，规范管理

## 核医学科辐射防护制度

为了减少或避免病人可能交叉接触造成不必要的辐射照射，并保证检查过程中病人、医护人员和公众及环境的辐射安全。加强对病人的管理，保证医护人员所接受到的辐射能降低到合理可能的最低水平，同时也要确保病人避免不必要的额外辐射照射。制定以下管理办法。

### 一、健全完善的指示标志

- 1、控制区及监管区内各室、通道标志清晰的指示牌。
- 2、清晰告知病人，整个检查的流程，尤其如何给药、等候检查，通道不可以停留，以及离开核医学科的独立出口。
- 3、实施全程视频监控及指示病人的活动及相应诊断步骤。

### 二、显像诊断患者的管理

- 1、注射显像剂前，清晰告知整个流程；
- 2、注射显像剂后，到相应的休息室休息，等候检查，不允许在通道上停留；
- 3、检查完毕，自独立出口离开核医学科，24 小时后凭通知单到服务台报到处取检查报告。

### 三、住院患者的管理

- 1、给药前，清晰告知整个流程；
- 2、给药前向患者宣教服药后应注意事项，介绍住院期间取餐和生活注意事项，并嘱其遵守病房规章制度；
- 3、安排专人负责登记、预约、编号和记账工作。
- 4、预约，登记须核实姓名、性别、年龄、科别、病室、床号、住院（门诊）号、药物名称、活度、医师签名等，避免同一患者多次编号，做到无缺号无重号。
- 5、执行同种核素集中治疗制度，安排相近给药量患者同批次入院。确保一批次患者均出院后，再安排下批次患者办理住院手续。
- 6、执行核素病房放射性隔离制度，禁止服用放射性核素药物的患者在辐射隔离期间外出。

### 四、放射性药品的采购、保管

- 1、医院使用放射性药品必须获得广东省药品监督管理局核发的《放射性药品使用许可证》，并按期申请审核换证。医院必须按照持有的《放射性药品使用许可证》类别

所许可的范围使用放射性药品，不得超范围使用。

2、向持有《企业法人营业执照》、《放射性药品生产许可证》和《放射性药品经营许可证》并在有效期内的单位购买放射性药品。使用放射性药品的科室必须配备与其医疗任务相适应的仪器、设备和房屋设施，有经注册取得《医师执业证书》并经过专业技术培训的医师和有取得《放射性工作人员证》的专业技术人员。

3、经医院药事管理与药物治疗学委员会审核同意，核医学科或已通过上级卫生行政部门第三类医疗技术放射性粒子植入术审核的科室可以购买、储存、使用本专业所需的放射性药品。放射性药品的采购由使用科室根据临床需要作计划、采购。药学部负责检查监督放射性药品的临床使用与规范化管理。

4、放射性药品必须有适当的专门贮存场所，符合每种放射性药品所规定的贮存条件，不同品种、不同批号的放射性药品应当分开存放，并采取必要的防火、防盗、防鼠、防辐射和防污染等措施，以保证放射性药品质量和安全。贮存放射性药品容器应贴好标签，标志要鲜明，以防发生差错。标签和贮存场所应有统一的放射性药品警示标识。

5、放射性药品应由专人负责保管、双人双锁。收到放射性药品时，应认真核对名称、出厂日期、放射性浓度、总体积、总活度、容器号、溶液的酸碱度以及物理性状等。注意液体放射性药品有否破损、渗漏，注意发生器是否已作细菌培养、热原检查。建立放射性药品入库、库存、出库登记册，每次使用时须认真按项目要求逐项填写，并做永久性保存。

6、发现放射性药品丢失时，应立即追查去向并报告上级机关。

## 五、放射性药品的操作规程

1、建立使用登记档案，保证放射性药品的来源去向可追溯。

2、放射性药品用于病人前，应对其品种和用量进行严格的核对，特别是在同一时间给多个病人应用时，应仔细核对病人姓名及给药剂量。

3、操作人员要严格遵照无菌操作技术进行放射性药物的应用。标记用的器械、工具不得随意放置，以防污染。

4、对各种资料、图片应建立完整的保管登记制度。

5、放射性药品储藏、应用室内严禁吸烟、饮水和进食，禁止闲杂人员随便进入。

6、放射性药品开瓶、稀释、分装时工作人员要穿隔离衣、戴口罩、帽子、胶皮手套、防护眼镜等用品。并应在铅防护屏后进行。开瓶应在手套箱内进行，开瓶前应接

说明书核对放射性药物的标签，然后将药品置于手套箱内。开瓶要仔细勿用力过猛，以防打碎玻璃容器，造成污染。稀释与分装放射性药物前应仔细核对说明书的项目，稀释口服液可用蒸馏水，静脉注射剂用无菌生理盐水，分装放射性药品时应在铺有吸水纸的搪瓷盘内进行，不要直接在工作台上操作。

7、使用科室必须注意收集所使用的放射性药品的不良反应等情况。放射性药品使用中如出现不良反应，使用单位应及时处理、记录，并按规定的程序及时向上级主管部门报告。

8、使用后的放射性废物（包括患者排出物）必须按有关规定妥善处理。

## 六、放射性药品注销

1、使用后存放于放射源库，由专人保管，统一返还容器，并登记注销。

2、各种原因造成放射性药品内在质量变质、失效、过期等或外观质量、外包装严重破坏、破损、字迹不清等，不能再继续使用者应按放射性废物处理。

## 七、放射性三废管理制度

### 1、放射性废液的管理

1.1 放射性废液通过专用排放管道排入放射性废液衰变池。

2.2 设有专用厕所，对病人排泄物实施统一收集和管理。规定病人治疗期间不得使用其他厕所。

### 2、放射性固体废物的管理

#### 2.1 废物收集

1) 按废物分类标准和废物的可燃与不可燃、有无病原体毒性分开收集废物。

2) 收集废物的污物桶应有外防护层和电离辐射标志。

3) 污物桶放置点应避开工作人员作业和经常走动的地方。

4) 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。装满后的废物袋及时转送固废间。

#### 2.2 废物处理

1) 产生放射性核素固体废物，将废物分类收集存放在放射性废物间储存衰变，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物（ $^{18}\text{F}$ 、 $^{64}\text{Cu}$ 、 $^{68}\text{Ga}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）暂存时间超过 30 天；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物（ $^{89}\text{Zr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{223}\text{Ra}$ 、 $^{225}\text{Ac}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{177}\text{Lu}$ ）暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；含  $^{131}\text{I}$  核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。使用核医学科配备便携式 X- $\gamma$  剂量率仪和  $\alpha$ 、 $\beta$  污染监测仪对废物进行监测，自行监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\alpha$  表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$  表面污染

小于  $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$  的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

2) 密封放射源与供货方签订回收源合同按合同回收，或按照国家有关规定送放射性废物贮存处回收。

### 3、放射性废气的管理

遵循低活性区向高活性区汇集，集中到排气筒单独排放，手套箱废气单独设置排风系统，废气经过滤后排放，排气筒设置高于建筑物屋顶，符合国家有关标准。

## 放疗科辐射防护制度

- 1、组织制定并落实放射诊疗和放射防护管理制度。
- 2、定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查。
- 3、组织本机构放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定的培训和健康检查。
- 4、对体外远距离放射治疗，放射诊疗工作人员在进入治疗室前，应首先检查操作控制台的源位显示，确认放射线束或放射源处于关闭时，方可进入。
- 5、治疗过程中，治疗现场至少应有 2 名放射诊疗工作人员，并密切注视治疗装置的显示及病人情况，及时解决治疗中出现的问题。
- 6、严禁其他无关人员进入治疗场所。
- 7、放射诊疗工作人员应当严格按照放射治疗操作规范、规程实施照射；不得擅自修改治疗计划。
- 8、放射诊疗工作人员应当验证治疗计划的执行情况，发现偏离计划现象时，应当及时采取补救措施并向本科室负责人或者本机构负责医疗质量控制的部门报告。
- 9、制定辐射事件应急预案并组织演练。
- 10、记录本机构发生的放射事件并及时报告生态环境主管部门、卫生行政部门和公安部门。

## 放疗科设备操作规程

### 一、环境监控

- 1、直线加速器控制室、直加室需要在明显位置安装温度、湿度表，以方便监控。
- 2、直线加速器室应保持恒温恒湿，温度范围在 18°C~23°C，温度变化梯度不超过 3°C/h，控制室、直加室相对湿度范围在 40%~60%。直线加速器机房、水冷机房在设备运行时必须开排气扇。每日检查并做好记录。
- 3、每周清洁仪器外壳，保持仪器清洁。
- 4、每 3 个月清除机内积尘一次，过滤海绵清洗一次,并检查仪器的各处散热风扇是否工作正常，做到定期保养。

### 二、设备使用管理

- 1、直线加速器应有操作流程,使用时严格按照规定步骤操作，新来或进修人员在未掌握使用方法前，不得独立操作仪器。
- 2、建立仪器技术档案(使用说明书，线路图，故障及维修记录等)。
- 3、仪器发生故障，应及时报告主任、以及维修人员，从速修理。
- 4、任何时间不能只留病人在机上而没有人监视。如机器不能正常运行，操作者应首先保证病人的安全，然后保护设备，之后向有关方面汇报出现问题。

### 三、质量保证

- 1、工作日工作前认真检查各外围参数，大气压力、外循环水温度、外循环水系统压力。
- 2、工作时认真注意各工作参数，包括 SF6 气体压力、油温、油泵压力、水质、水温、SOLENOID、COLLECTOR、DRIFT TUBE 等。

### 四、防护

- 1、认真学习国家有关的防护政策。
- 2、工作期间必须佩戴个人剂量装备，必要时可以同时佩戴报警装备。

## 附件 13 辐射事故应急预案

# 深圳市人民医院文件

深医（2025）59号

## 深圳市人民医院辐射事故应急预案

全院各科室、部门，龙华分院，坂田院区：

### 一、总则

为有效处置辐射事故，提高应急响应能力，避免或减少辐射事故造成的人员伤亡、社会影响和经济损失，强化辐射事故应急处理责任，最大限度地控制事故危害，将辐射事故可能造成的损害降到最低限度，以保护患者、工作人员、放射设备等，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令 第449号）和《放射事故管理规定》（卫生部令 第16号），以及深圳市卫生健康委下

发的《深圳市核事故和辐射事故卫生应急预案》等相关法律法规的要求，结合我院实际，制定本预案。

## 二、成立辐射事故应急处置领导小组

医院成立辐射事故应急处置领导小组，组织开展辐射事故的应急处置工作：

组 长：沈倍义

副组长：陈蓟、徐洪斌

成 员：刘晓娣、陈小青、黄金才、董国营、吕猛、  
甘翔、王相成、龚静山、孔健、袁杰、  
龙厚清、李广恒、胡新佳、吴伟晴、郑雨燕、  
黄国鑫、胡根文、李子煌、钟鹤立、赵乐勇、  
叶凤清、房杰群、马捷、冼少青、蔡文进、王华

秘 书：张建元、肖新华

应急处置办公室：预防保健与医院感染管理部

工作时间联系电话：[REDACTED]

非工作时间联系院总值：[REDACTED]

## 三、应急处置领导小组工作职责

（一）启动辐射事故应急预案，发生下列情况之一，立即启动本预案：1. 射线装置失控，2. 放射源或非密封放射性物质泄漏污染，3. 放射性同位素丢失、被盗。

（二）负责应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。应急监测仪器利用相关科室配备的辐射监测仪

器并根据情况请求管理部门提供协助，配备碘化钾、碳酸氢钠等辐射事故应急药品等，并由应急部门统一管理；负责组织应急指挥协调工作，采取措施保护工作人员和公众生命安全，保护环境不受污染，最大限度控制事态发展。

（三）负责辐射事故分级与应急响应措施；负责向上级行政主管部门，包括卫生行政部门以及公安机关及时报告事故情况。

深圳市卫生健康委电话：0755-88113783

深圳市生态环境保护热线电话：0755-12345

深圳市公安局报警电话：0755-110

（四）负责制定应急处置具体方案，对辐射事故现场进行组织协调救援工作，保护好现场，不让无关人员进入。

（五）负责向上级行政主管部门及时报告辐射事故应急处置情况，配合上级行政主管部门对事故调查、现场检测和处置等工作。

#### 四、辐射事故应急处置职责分工

（一）各放射诊疗科室的主任负责该科室辐射事故应急处理的组织及指挥工作，及时上报预防保健与医院感染管理部，认真做好事故现场的保护工作，协助上级主管部门开展调查、检测和处置等工作，整理资料并做好记录。

（二）预防保健与医院感染管理部负责辐射事故应急处置中调度协调工作，向院应急处置领导小组和上级卫生、环保行政

主管部门及时上报，配合上级卫生环保行政、生态环境主管部门对事故调查、现场检测和处置等工作。

（三）医务部负责协调辐射事故应急处置中人员救治转运工作。

（四）后勤保卫部负责对发生事故现场的安全保卫工作，若发生放射源丢失及时上报公安机关，并配合开展现场调查和处置工作。放射诊疗科室要密切配合、协助上级主管部门做好事故现场的保卫工作，防止无关人员进入现场和物资及财产被盗或丢失。

（五）工会负责在辐射事故应急处理时协助做好受伤害职工的家属安抚工作。

（六）党委办公室负责辐射事故应急相关信息的对外发布工作。

（七）参加事故应急处置人员要自觉遵守纪律，服从命令，听从指挥，为完成救援任务尽职尽责，通过积极工作最大限度地控制事故危害，为尽快恢复正常工作秩序创造条件。

#### 五、辐射事故应急处置应遵循的原则

（一）迅速报告原则；

（二）主动抢救原则；

（三）生命第一的原则；

（四）科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

（五）保护现场，收集证据的原则。

## 六、辐射事故应急处置程序

### (一) 射线装置失控

1. 当发生射线装置失控故障，机房场所防护漏射线等导致人员受到异常照射的事故，当事人员应立即终止检查或治疗，向科室负责人报告。科室负责人立即组织处理，进行初步评价，迅速估算误照人员或误用人员的照射剂量，及时按程序上报。召开辐射事故应急领导小组会议，现场调查事故原因，对意外照射人员实施救治。

2. 当事人应立即上报科室负责人和属地管理部门，科室负责人启动科内辐射事故应急处置预案，并立即上报医院预防保健与医院感染管理部，同时指挥科室现场处置工作，包括配合后勤保卫部封锁现场，工作人员和患者撤至安全区域，做好患者解释工作等；

3. 预防保健与医院感染管理部上报医院辐射事故应急处置领导小组，启动医院辐射事故应急处理预案，并向深圳市卫生健康委和深圳市生态环境局及时上报；

4. 按照上级行政主管部门和院辐射事故应急处置领导小组工作指示，根据具体事故情况迅速开展应急处置工作；预防保健与医院感染管理部负责辐射事故应急处置中调配协调工作，并配合上级行政主管部门开展现场调查、检测和处置工作；医务部协调辐射事故应急医疗救治转运工作，后勤保卫部加强对发生事故现场的治安保卫工作，工会协助做好受伤害职工家属的安抚工

作，党委办公室负责辐射事故应急相关信息的对外发布工作。

## （二）放射源或非密封放射性物质泄漏污染事故

1. 当事人员立即报告科室负责人。

2. 在场工作人员做好个人防护，迅速按污染物的种类进行现场处理，标记污染范围，用铅屏风封闭现场，避免无关人员进入现场。

3. 受污染的人员应该按照放射性污染皮肤的方法清洗，在科室应急洗浴室，以温肥皂水清洗污染部位，切忌酒精擦洗，以免促进放射性物质吸收，如有皮肤破损应用无菌生理盐水清洗。

4. 经过清洗处理后，安排受照人员就医，以免造成二次污染。

5. 污染物区域的处理，应根据污染物物理性状选择不同的处理方法：

（1）固体污染物应该采用湿式清洗方法，以湿的毛巾或纱布从污染区域外侧向内部擦拭，并将产生的污染物放入铅垃圾桶中，受污染的人员对受污染的部位进行清洗后，将受污染的衣物一同放入铅垃圾桶进行衰变处理。

（2）液体污染物应该以干式方法清洗，方法如同湿式清洗法。

（3）气体污染物主要是开启通风橱，将受污染的空气从通风橱中排出。

6. 污染区域清洗后，用辐射剂监测仪进行检测，如仍超标，

则用适量的铅板将污染区域屏蔽，并做标记提醒，待衰变到10个半衰期后再解除屏蔽。

7. 科室负责人作出污染的初步评价，用表面污染测定仪等进行监测，依据污染物的量，污染时间，污染物与工作人员的距离等因素迅速估算受照人员的照射剂量，及时按程序上报。

8. 召开辐射事故应急领导小组会议，现场调查事故原因，对意外照射人员实施救治，并按规定上报生态环境主管部门、卫生主管部门和公安部门，配合相关工作。

### （三）放射同位素丢失、被盗事故

1. 立即报告所在科室负责人以及医院管理部门。同时上报生态环境主管部门：12345；公安部门：110

2. 科室负责人奔赴现场核实情况并报告后勤保卫部，由科室专业人员穿戴铅衣、铅裙、铅眼镜等防护用品，在医院范围内进行初步搜寻查找。

3. 后勤保卫部组织查看监控视频。

4. 根据现场搜寻和后勤保卫部监控视频的查找结果，初步判断放射性同位素丢失、被盗是否为人为偷盗。

5. 科室负责人核实发生放射性同位素丢失、被盗情况后及时按程序上报。

6. 召开辐射事故应急领导小组会议，现场调查事故原因，对意外照射人员实施救治，并按规定上报生态环境主管部门、卫生主管部门和公安部门，配合相关工作。

## 七、辐射事故的报告、调查和善后处理

### （一）辐射事故的报告

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。若发生辐射事故，应急小组须在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的还应向卫生健康主管部门报告。

### （二）辐射事故的调查

辐射事故发生后，由辐射事故应急小组负责调查工作，要遵循实事求是的原则对事故的发生的时间、地点、起因、过程和人员伤害情况进行细致的调查分析，并认真作好调查记录，记录要妥善保管。同时，协助生态环境主管部门、卫生健康主管部门、公安部门进行事故调查、处理等各方面的相关事宜。

### （三）辐射事故的善后处理

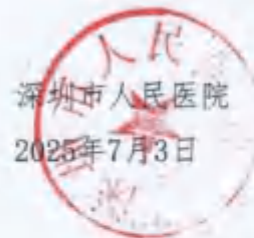
1. 当辐射事故应急处理结束，宣布应急程序终止；
2. 收集、整理应急处理过程中的相关资料，保存好误照人员的检查资料，做好医学跟踪观察；
3. 请专业维修人员检查维修设备，确认正常后方可继续使用；
4. 总结经验教训，防止类似事故再次发生。

## 八、应急培训和演练

每年至少组织1次辐射事故应急预案的培训，培训的主要内容：法律法规、辐射防护、应急处理和应急响应程序等。针对射线装置的特点，还应包括熟悉各个急停按钮/电源总开关所在位置，提高急停操作熟练度。

每年至少组织1次辐射事故应急演练，做好应急演练的前期宣传、演练记录等工作。演练结束后，及时进行总结，以评估和验证辐射事故应急预案的可行性和有效性，提高辐射事故应急处理能力，并通过演练逐步完善应急预案，及时修订应急管理办法和响应程序。

九、实施过程中如有与国家、省、市应急处理预案相抵触之处，以国家、省、市应急处理预案的条款为准。



---

深圳市人民医院办公室

2025年7月3日印发

---

校对入：马印竹

—10—

## 附件 14 图纸确认说明

### 关于《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目 环境影响报告表》中相关图纸确认说明

深圳市人民医院宝安医院项目建设单位为深圳市建筑工务署工程设计管理中心，我单位为施工图设计单位。

依建设单位要求，《深圳市人民医院宝安医院核技术利用建设项目环境影响报告表》编制完成后，我单位组织相关人员对报告表中所用图纸均进行核对确认，报告表中所用图纸均与我单位设计图纸相符。

特此说明！

设计单位：★ 中国建筑科学研究院有限公司

香港华艺设计顾问（深圳）有限公司

2025年10月13日







污染源	排放口 (高 位排 放)	污染因子	污染防治工艺	污染防治设施处理水量 (吨/小时)	处理效率		污染物种类			0.001		
					名称	去除率 (%)	污染物名称	排放标准 (毫克/立方米)	排放量 (吨/年)	排放标准名称	0.001	
											自行利用 工艺	自行处置 工艺
固体废物 排放	固体废物	名称	运输	产生环节及数量	固废处理特性	危险废物代码	产生量 (吨/年)	贮存设施名称	贮存能力	自行利用 工艺	自行处置 工艺	是否委托 处置
	一般						0.000					
	工业						0.000					
	固体						0.000					
	废物						0.000					
	总计						0.000					

