

编号：BG-ZFFB26220022

核技术利用建设项目

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）

新增1台直线加速器项目

环境影响报告表

（报批稿）

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）

2026年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）

新增1台直线加速器项目

环境影响报告表

建设单位名称：浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号

邮政编码：324004

联系人：徐芳梅

电子邮箱：104077454@qq.com

联系电话：13857014271

编制单位和编制人员情况表

项目编号			
建设项目名称	浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）新增 1 台直线加速器项目		
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		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）		
统一社会信用代码	12330100MB1D82409A		
法定代表人（签章）	陈永胜		
主要负责人（签字）	许海波		
直接负责的主管人员（签字）	徐芳梅		
二、编制单位情况			
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		
三、编制人员情况			
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
童林棋	03520250633000000022	BH006681	
2.主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
童林棋	表 9~表 11	BH006681	
林成程	其余章节	BH034466	

环评项目负责人职业资格证书（复印件）



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



中华人民共和国生态环境部



中华人民共和国人力资源和社会保障部



姓名：童林棋

证件号码：33062119931014351X

性别：男

出生年月：1993年10月

批准日期：2025年06月15日

管理号：035202506330000000022



目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源.....	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置.....	12
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据.....	14
表 7 保护目标与评价标准	17
表 8 环境质量和辐射现状	22
表 9 项目工程分析与源项	27
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析.....	42
表 12 辐射安全管理	60
表 13 结论与建议	66
表 14 审批.....	69

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）新增 1 台直线加速器项目				
建设单位		浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）				
法人代表	陈永胜	联系人	***	联系电话	***	
注册地址		浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号				
项目建设地点		浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）8 号楼负二层 2 号直线加速器机房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	2710	项目环保投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	3.69%	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类			
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类			
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类			
	其他	/				
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位概况 浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)（以下简称“医院”）始建于 1958 年，位于浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号，是一所集医疗、防治、保健和科研教学于一体大型综合性三级乙等医院，是杭州医学院附属衢州医院，医院技术力量雄厚，医疗设备先进，就诊环境优美。医院占地面积 4 万平方米，建筑面积 10 万平方米，核定					

床位 650 张。拥有设计新颖、功能齐全的现代化门诊、住院大楼，为患者提供了先进、舒适、方便的就医环境。年门诊量 50 万余人次，住院病人 3 万余人次，手术量近万台。医院设有 19 个病区，50 余个临床医技科室。

1.1.2 建设目的和任务由来

浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)肿瘤放疗科现有 1 台直线加速器(位于 5 号楼一层)，随着就诊患者不断增加，由于设备严重老化、常年处于高维修频率状态，现有直线加速器已无法有效满足肿瘤治疗的实际需求，亟需更新换代，为进一步提高医院医疗服务水平和满足患者的肿瘤治疗需求，医院拟在 8 号楼负二层肿瘤放疗科预留 2 号直线加速器机房内新增 1 台 Infinity 型直线加速器，本项目投入后，原 5 号楼一层直线加速器拟暂停使用，后续拟进行报废处理。

对照《关于发布<射线装置分类>的公告》(原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号)，本项目拟购置的 Infinity 型直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，为 II 类射线装置。

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》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关要求，本项目建设前应组织编制环境影响评价文件，并依照国家法定程序上报审批。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，环境影响评价类别为编制环境影响报告表。

为此，浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)委托中辐环境科技有限公司开展“浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)新增 1 台直线加速器项目”(简称“本项目”)的环评工作。在接受委托后，评价单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集、辐射环境现状监测等工作，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)等规定要求编制完成本环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)拟在 8 号楼负二层肿瘤放疗科预留 2 号直线加速器机房内新增 1 台 Infinity 型直线加速器(X 射线最大能量为 10MV，属 II 类射线装置)，该设备集成配套 1 套锥形束 CT(CBCT)影像引导设备(最大管电压 150kV，最大管电流 500mA)。直线加速器机房南侧建设控制室、服务器机房和水冷机房等配套用房。

本项目8号楼负二层肿瘤放疗科2号直线加速器机房为预留机房，主体已建设完成，8号楼负二层肿瘤放疗科现场属于毛坯阶段，现场照片见附图8。医院考虑到目前内仅需购置1台直线加速器以及结合下文人流路径，因此2号直线加速器机房东侧区域暂不投入运行。

表 1-1 本项目建设内容与规模一览表

装置名称	型号	类别	数量	技术参数		
				射线种类	射线最大能量	等中心最大剂量率
直线加速器	Infinity	II类	1 台	X 射线	10MV	360Gy/h
					6MV	360Gy/h
						840Gy/h（FFF 模式）
				电子线	15MeV	360Gy/h
				集成配套 CBCT	管电压 150kV/管电流 500mA	

1.1.4 项目工作负荷及人员配置

（1）工作负荷

参考医院提供的资料和肿瘤放疗科5号楼现有直线加速器工作负荷，本项目直线加速器投入使用后，预计每天放射治疗患者最多为40人次，平均每名患者治疗照射最大时间为2min，每周工作5天，则单台直线加速器周照射时间为6.67h，年照射时间为333.33h。

（2）人员配置

本项目拟配备12名辐射工作人员，包括医师8人，技师2人，物理师2人，因原直线加速器拟停止使用，本项目辐射工作人员均为现有肿瘤放疗科辐射工作人员调配，不存在兼岗和操作其他射线装置情况。人员配置情况见下表。

表 1-2 直线加速器机房辐射工作人员（原有调配）配置情况一览表

姓名	岗位	年度个人剂量（mSv）					体检情况
		2024年12年~2025年3月	2025年3年~2025年6月	2025年6年~2025年9月	2025年9年~2025年12月	合计	
胡春秀	医师	0.02	0.01	0.06	0.01	0.10	可继续原放射工作
章明图	物理师	0.10	0.15	0.17	0.09	0.51	
陈浩	技师	0.13	0.03	0.10	0.12	0.38	
刘翼	医师	0.02	0.01	0.05	0.05	0.13	
达彬	医师	0.01	0.01	0.09	0.10	0.21	
陈沁	医师	0.14	0.01	0.01	0.01	0.17	
童月芳	医师	0.10	0.01	0.01	0.04	0.16	
杨征奇	医师	0.09	0.02	0.05	0.03	0.19	

邵逸波	物理师	0.04	0.01	0.11	0.01	0.17	
孙跃飞	医师	0.07	0.01	0.06	0.05	0.19	
高雅楠	技师	0.14	0.08	0.16	0.19	0.57	
饶慧婷	医师	0.12	0.01	0.02	0.05	0.20	

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》(生态环境部公告 2019 年第 57 号)和《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会,浙环函[2019]248 号),本项目辐射工作人员均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培训或国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格,考核成绩在有效期内。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)位于浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号,项目地理位置见附图 1。医院东侧文昌路,隔路为衢州市巨化第一小学、巨化报社和巨化电视台;南侧为南一道,隔路为商铺、南益嘉苑(居民区)和南河新苑(居民区);西侧为苗圃路,隔路为东周新村;北侧为支三路(规划),隔路为东周新村、聚贤苑和昌苑小区。周边环境关系见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

1.2.2.1 项目机房与外部建筑环境关系

浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)内主要建筑包括:1 号楼(门诊大楼)、2 号楼(医疗综合楼,1~2 层为眼科中心、3~13 层租赁给熙鸿谷雨柯山康养中心使用)、3 号楼(公共卫生楼)、4 号楼(办公楼)、5 号楼(放射治疗中心)、6 号楼(中医楼)、7 号楼(氧气站)、8 号楼(住院楼)、锅炉房和污水房。

本项目 2 号直线加速器机房位于 8 号楼负二层(8 号楼主楼地上 11 层,裙楼地上 3 层,地下 2 层)。东侧距离东侧道路最近为 16m,距离 2 号楼(含熙鸿谷雨柯山康养中心)最近为 42m,距离锅炉房最近为 40m;南侧距离南侧道路最近为 42m;西侧距离西侧道路最近为 46m;北侧距离医院用地红线最近为 8m;距离昌苑小区(居民区)最近为 18m 和聚贤苑(居民区)最近为 23m,以上距离均为水平地面投影距离。

综上,本项目 2 号直线加速器机房实体屏蔽物边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、院内道路、熙鸿谷雨柯山康养中心(院内)、北侧昌苑小区和聚贤苑(居民区)。医院总平面布置图见附图 3。

1.2.2.2 项目机房四周环境关系

本项目 2 号直线加速器机房东侧为已批复 1 号直线加速器机房（该机房于 2023 年 3 月 23 日取得衢环智造辐〔2025〕3 号环评批复，拟安装 1 台 10MV 直线加速器，目前暂未安装，尚未在辐射安全许可证上登记）；南侧为配套控制室、水冷机房、服务器机房、配电房、病人候诊区；西侧为预留机房、计划治疗室；北侧为土层。下方为土层，上方为负一层配电房和一层绿化及院内道路。

1.2.3 项目选址合理性分析

本项目 2 号直线加速器机房位于 8 号楼负二层，不新增土地，项目用地属于医院用地，周围无环境制约因素。拟建机房外 50m 范围内主要为医院内部建筑物、院内道路、熙鸿谷雨柯山康养中心、北侧昌苑小区和聚贤苑（居民区）。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后对周围环境辐射影响是可接受的。

本项目肿瘤放疗科 2 号直线加速器机房楼下无构筑物（土层），位于建筑物的底层一端，选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，同层为肿瘤放疗科其余工作用房，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）关于放射治疗场所选址的相关要求，项目选址合理。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目为医院新增 1 台直线加速器，医院配套核技术利用项目，属于第一类“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.3.2 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

本项目拟新增 1 台直线加速器，医院在肿瘤放射治疗过程中，对射线装置的使用场所采取满足相关标准要求的辐射安全防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的操

作规程和辐射安全规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.3.3 与“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部关于全面开展国土空间规划的通知》（自然资发〔2019〕87号）文件要求：“对现行土地利用总体规划、城市（镇）总体规划实施中存在矛盾的图斑，要结合国土空间基础信息平台的建设，按照国土空间规划‘一张图’要求，作一致性处理，作为国土空间用途管制的基础。一致性处理不得突破土地利用总体规划确定的2020年建设用地和耕地保有量等约束性指标，不得突破生态保护红线和永久基本农田保护红线，不得突破土地利用总体规划和城市（镇）总体规划确定的禁止建设区和强制性内容，不得与新的国土空间规划管理要求矛盾冲突。”自然资源部已于2020年11月24日发布《自然资源部关于做好近期国土空间规划有关工作的通知》（自然资发〔2020〕183号），其中要求：“新增城镇建设用地原则上应布局在报批的城镇开发边界内，并符合在国土空间规划中统筹“三条控制线”等空间管控要求。”

本项目位于浙江省衢州市柯城区衢化文昌路62号浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)内，不涉及占用基本农田和生态保护红线，符合衢州市“三区三线”管控要求。

1.3.4 《衢州市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《衢州市生态环境局关于印发<衢州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（衢环发[2024]52号），本项目位于浙江省衢州市柯城区衢化文昌路62号浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)内，属于浙江省衢州市柯城区巨化区块城镇生活重点管控区，环境管控单元编码为ZH33080220003，衢州市生态环境分区管控方案图见附图7，生态环境准入清单符合性分析见下表。

表 1-3 本项目与衢州市区生态环境管控单元分类准入清单符合性分析

环境管控单元名称	管控要求		本项目情况	符合情况
浙江省衢州市柯城区巨化区块城镇	空间布局引导	禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放等环境健康	本项目为医院核技术利用项目，不属于本单元限制类产业，符合空间布局引导。	符合

生活重点管控区		康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目。现有二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。严格执行畜禽养殖禁养区规定。推进城镇绿廊建设，协同建设区域生态网络和绿道体系，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。推进既有建筑绿色化改造，高质量发展零碳低耗绿色建筑。		
	污染物排放管控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河排污口，现有的入河排污口应限期拆除，但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，深化城镇“污水零直排区”建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管，依法严禁秸秆、垃圾等露天焚烧。加强土壤和地下水污染防治与修复。推动能源、工业、建筑、交通、居民生活等重点领域绿色低碳转型。	本项目为医院核技术利用项目，不涉及工业污染物总量排放，运营期间各污染物经防治措施处理后均可达标排放，符合污染物排放管控要求。	符合
	环境风险防控	合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。	本项目位于医院已有建筑物内，不新增用地，用地性质为医疗卫生用地；本项目不属于噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目。	符合
	资源开发效率要求	全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水，到2025年，推进生活节水降损，实施城市供水管网优化改造，城市公共供水管网漏损率控制在9%以内。	本项目所用能源主要为城市生活用水和电能，资源利用效率高，符合资源开发效率要求。	符合

综上所述，本项目不涉及生态保护红线，不会突破环境质量底线和资源利用上线，符合准入清单内管控措施要求，因此，本项目的建设符合《温岭市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 原有核技术利用项目许可情况

医院现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（见附件3），证书编号为：浙环辐证[01005]；发证日期：2026年1月26日，有效期至：2026年09月12日。医院目前许可的种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、

丙级非密封放射性物质工作场所。

1.4.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

医院核技术利用项目环保手续履行情况具体见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 医院现有已许可的非密封放射性物质环保手续履行情况

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	活动种类	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	环评手续履行情况	
1	核医学科	丙级	^{125}I （粒子源）	使用	2.37E+6	4.74E+11	备案号： 201833080200000862	
2			^{89}Sr	使用	1.48E+5	1.48E+10	浙环辐 (2016) 37 号	于 2023 年 3 月 15 日通过自主竣工环境保护验收 项目暂未运行
3	核医学科	乙级	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	使用	5.55E+8	1.33E+13		
4			^{18}F	使用	7.4E+7	1.5E+12		
5			^{131}I	使用	3.33E+9	1.67E+12		

1-5 医院现有已许可的射线装置环保手续履行情况

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	装置名称	规格型号	环评手续履行情况	
1	放射科	医用诊断 X 射线装置	III 类	移动床边 DR	DRXR-1	备案号： 201833080200000125	
2		医用诊断 X 射线装置	III 类	移动 X 射线机	PLX5100	备案号： 202433080200000094	
3		医用诊断 X 射线装置	III 类	局部骨密度仪	EXA-3000	备案号： 202133080200000094	
4		医用诊断 X 射线装置	III 类	车载 DR	AKHX-55HRAD	备案号： 201833080200000125	
5		医用诊断 X 射线装置	III 类	DR	DRX-Ascend 新尚	备案号： 202533080200000086	
				DR	Digital Diagnost	备案号： 201833080200000125	
				DR	DRX-Compass A	备案号： 202133080200000084	
6		医用诊断 X 射线装置	III 类	C 臂机	BV Endura	备案号： 201833080200000125	
				C 臂机	BV Endura		
7		医用诊断 X 射线装置	III 类	64 排 CT	Brilliance iCT	备案号： 201833080200000125	
8		医用诊断 X 射线装置	III 类	16 排 CT	Optima CT540	备案号： 202133080200000010	
				16 排 CT	Ingenuity Flex	备案号： 201833080200000125	
9	核医学科	医用诊断 X 射线装置	III 类	SPECT-CT	Infinia	浙环辐（2016）37 号	于 2023 年 3 月 15 日通过自主竣工环境保护验收
10	介入科	血管造影用 X 射线装置	II 类	DSA	UNIQFD20	浙环辐（2016）	于 2021 年 6 月 17 日通过

						37 号	自主竣工环境保护验收
11		血管造影用 X 射线装置	II 类	DSA	Artis zee III ceiling	衢环智造辐(2025)3 号	于 2026 年 2 月 9 日通过自主竣工环境保护验收
12	口腔科	口腔(牙科)X 射线装置	III 类	牙片机	CS2100	备案号: 201833080200000125	
13		口腔(牙科)X 射线装置	III 类	口腔 CT	SS-X10010D Plus	备案号: 202133080200000010	
14	泌尿科	医用诊断 X 射线装置	III 类	碎石机	HK.Eswl-V	备案号: 201833080200000125	
15	肿瘤中心	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	II 类	直线加速器	Precise	衢环辐 [2012]3 号	衢环辐验 (2014) 5 号
16		医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III 类	大孔径 CT	Discovery CT 590 RT	备案号: 201833080200000125	

1.4.3 医院现有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射安全与环境保护管理机构与辐射安全管理规章制度情况

医院已成立了浙江衢化医院放射安全防护领导小组,制定了一系列的辐射工作管理制度,其中包《辐射事故应急预案》《放射安全防护制度》《放射诊疗装置维护维修制度》《工作场所、人员监测及培训、体检制度》《辐射防护用品管理制度》《受检者危害告知和防护制度》《防护档案管理制度》《放射治疗工作场所安全管理制度》《直线加速器操作规程》等。

医院现有管理制度内容较为全面,符合相关要求,现有规章制度基本满足医院现有相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度,各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好,在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

(2) 辐射安全与防护考核情况

医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。根据《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办理流程优化工作的通知》(浙环函〔2019〕248 号),在双证同发的前提下,各单位对辐射工作人员的辐射安全与防护培训或放射诊疗培训互相认可。目前医院现有辐射工作人员均参加了衢州市卫生监督所或者浙江省卫生监督协会组织的放射防护知识培训,并考核合格。医院应组织辐射工作人员按时接受再培训。

(3) 职业健康检查情况

医院对现有辐射工作人员开展有健康监护,并建有职业健康档案。辐射工作人员岗

前、在岗期间和离岗前均进行了职业健康检查，在岗期间检查周期不超过 2 年。

医院已对现有辐射工作人员进行职业健康检查。根据医院提供的职业健康检查报告，辐射工作人员职业病危害因素为电离辐射，现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

（4）个人剂量检测情况

辐射工作期间，要求辐射工作人员佩戴个人剂量计，职业照射个人监测档案终身保存，个人剂量计至少每三个月送检一次。医院现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，并委托浙江建安检测研究院有限公司每三个月进行个人剂量检测，并建立个人剂量检测档案。根据医院提供的最近连续四个季度个人剂量检测报告（见附件 8），检测报告结果显示：个人剂量计均为完好状态，连续四个监测周期的辐射工作人员个人剂量监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值，也低于辐射工作人员的年剂量约束值 5mSv。

（5）辐射工作场所管理情况

医院现有辐射工作场所均采取了符合标准要求的屏蔽防护措施，设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯并与防护门联锁。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据医院提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

（6）辐射事故应急和年度评估情况

医院已制定《辐射事故应急预案》（具体见附件 7），经与医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故，且未受到相关投诉。

医院执行年度评估制度，最新编制有《浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）2025 年度辐射安全与防护状况评估报告》，对现有辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、使用台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并按期向发证机关提交。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（GB18871-2002）。

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	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	直线加速器	Ⅱ类	1	Infinity	电子	X射线6/10MV	10MV 等中心最大剂量率 360Gy/h; 6MV 等中心最大剂量率 360Gy/h、 840Gyh（FFF 模式）	肿瘤治 疗	8 号楼负二层肿瘤 放疗科 2 号直线加 速器机房	新购
						电子线15MeV	等中心最大剂量率 360Gy/h			
注：配套 CBCT 影像引导设备（最大管电压 150kV，最大管电流 500mA）为Ⅲ类射线装置，随主机一体化配置和评价，不单独申请许可。										

（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	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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 (μA)	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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	通过动力排风系统排放至楼外
废靶	固态	/	/	/	/	/	不暂存	废靶由厂家回收

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(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),中华人民共和国主席令第九号,2015 年 1 月 1 日施行修订版; (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过;2018 年 12 月 29 日第二次修正),中华人民共和国主席令第四十八号,自 2018 年 12 月 29 日起施行修正版; (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过),中华人民共和国主席令第六号,2003 年 10 月 1 日施行; (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 日起施行修订版; (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,(2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令 449 号公布,2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号第二次修订),自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (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,2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号第四次修正),2021 年 1 月 4 日施行修改版; (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 4 月 18 日环境保护部令第 18 号),自 2011 年 5 月 1 日起施行; (8)《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; (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; (10)《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》(中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 57 号),2019 年 12 月 24 日印发; (11)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(中华人民共和国生态环境部公
------	---

	告 2021 年第 9 号), 2021 年 3 月 15 日起实施; (12)《产业结构调整指导目录(2024 年本)》, 2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委员会第 6 次委员会通过, 2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布, 自 2024 年 2 月 1 日起施行; (13)《关于开展医疗机构辐射安全许可和放射诊疗许可办事流程优化工作的通知》(浙江省生态环境厅 浙江省卫生健康委员会, 浙环函[2019]248 号), 自 2019 年 7 月 18 日起施行; (14)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》(国环规环评[2017]4 号), 自 2017 年 11 月 20 日起施行, 2017 年 11 月 22 日印发; (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》(环发[2006]145 号), 2006 年 9 月 26 日; (16)《医疗废物管理条例》(2003 年 6 月 16 日中华人民共和国国务院令第 380 号公布, 根据 2011 年 1 月 8 日《国务院关于废止和修改部分行政法规的决定》修订); (17)《浙江省生态环境保护条例》, 自 2022 年 8 月 1 日起施行; (18)《浙江省建设项目环境保护管理办法》(2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布, 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布第三次修正), 自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版; (19)《浙江省辐射环境管理办法》(2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布, 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正), 自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版; (20)《浙江省生态环境厅关于发布〈省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2024 年本)〉的通知》(浙环发〔2024〕67 号), 自 2025 年 2 月 2 日起施行; (21)《衢州市生态环境局关于发布<衢州市生态环境局市本级负责办理行政许可等事项清单(2024 年本)>的通知》(衢环发[2024]26 号), 自 2024 年 5 月 17 日起实施; (22)《衢州市生态环境局关于印发<衢州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》衢环发[2024]52 号, 2024 年 7 月 17 日。
--	--

技术标准	(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); (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (3)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021); (4)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); (5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (6)《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); (7)《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》(GBZ/T201.2-2011); (8)《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); (9)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021); (10)《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)。
其他	(1)环境影响评价委托书; (2)浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点,结合《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)的相关规定,本项目 2 号直线加速器机房实体屏蔽物边界外 50m 为评价范围,评价范围示意图详见附图 3。

7.2 保护目标

根据图纸设计及现场踏勘情况,本项目 2 号直线加速器机房实体屏蔽物边界外 50m 范围主要为医院内部建筑物、院内道路、熙鸿谷雨柯山康养中心、北侧昌苑小区和聚贤苑(居民区)。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围内活动的其他公众。本项目环境保护目标一览见表 7.2-1。

表 7.2-1 环境保护目标一览

环境保护目标			方位	距离本项目实体边界最近距离(m)		人员规模	人员类别及年有效剂量约束值
				水平	垂直		
建设单位内	8号楼	2号直线加速器机房控制室	南侧	紧邻	/	12人	职业人员, 5.0mSv
		1号直线加速器机房	东侧	紧邻	/	一般无人员居留	职业人员, 5.0mSv
		预留机房	西侧	紧邻	/	一般无人员居留	
		计划治疗室	西侧	紧邻	/	约2人/d	
		患者候诊大厅	南侧	紧邻	/	流动人员	公众, 0.1mSv
		配电房	上方(负一层)	/	+4.9	一般无人员居留	
		院内绿化及道路	上方(一层)	/	+8.4	流动人员	
		道路	东侧	16	+8.4	流动人员	
		锅炉房	东侧	40	+8.4	流动人员	
		2号楼(其中1~2层为眼科中心、3~13层租赁给熙鸿谷雨柯山康养中心使用)	东侧	42	+8.4	约300人/d	
		道路	南侧	42	+8.4	流动人员	
		道路	西侧	46	+8.4	流动人员	
	建设	支三路(规划)	北侧	8	+8.4	流动人员	

单位 外	昌苑小区	北侧	18	+8.4	约 100 人/d	
	聚贤苑	北侧	23	+8.4	约 100 人/d	
注：“+”表示建筑 1F 地面或房间地面高于项目用房地面，“-”表示建筑 1F 地面或房间地面低于项目用房地面。 1 号直线加速器机房、预留机房和计划治疗室主要为辐射工作人员操作及停留，因此其剂量约束值为 5mSv/a；						

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值 and 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)：

1) 职业照射

4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

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。

2) 公众照射

B1.2.1 款 实践使公众中有关关键人群组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；

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)：

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，本项目的辐射工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。

7.3.2 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)

5 选址、布局与分区要求

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

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 30cm 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）。

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；

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；

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；

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。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、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。

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：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门-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；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；

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、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮；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；

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。

8 放射性废物管理要求

8.1 总体要求

医疗机构应尽量减少放射性废物的产生；对产生的放射性废物按核素的种类、活度、半衰期、理化性质等分类收集处理。

8.2 固体废物管理要求

8.2.2 其他固体废物管理要求

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

9 辐射监测要求

9.1 监测管理

9.1.1 开展放射治疗活动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。

9.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括但不限于测量对象、条件、方法、仪器、时间和人员等信息。

9.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应及时查找原因并报告，同时进行整改。

9.2 放射治疗工作场所监测

9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- γ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30 cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10 MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。

9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。

9.3 环境监测

9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

9.4 个人剂量监测

9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。

9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

表 7.3-1 直线加速器机房限值及控制要求汇总

工作场所	机房要求	剂量率控制水平
放疗科各放射治疗 机房	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	周围剂量当量率不大于参考控制水平要求
标准依据	《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）	《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）

表 7.3-2 本项目人员受照剂量控制汇总

人员类型	年有效剂量限值	剂量约束值
职业人员	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：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	不大于 5mSv/a
公众	实践使公众中有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：年有效剂量，1mSv	不大于 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》（HJ 1198-2021）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)位于浙江省衢州市柯城区衢化文昌路 62 号，项目地理位置见附图 1。医院东侧文昌路，隔路为衢州市巨化第一小学、巨化报社和巨化电视台；南侧为南一道，隔路为商铺、南益嘉苑（居民区）和南河新苑（居民区）；西侧为苗圃路，隔路为东周新村；北侧为支三路（规划），隔路为东周新村、聚贤苑和昌苑小区。本项目地理位置见附图 1。本项目 2 号直线加速器机房位于 8 号楼负二层肿瘤放疗科东北角，肿瘤放疗科平面布局图见附图 4。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- （1）环境现状评价对象：拟建辐射项目区域及周边环境
- （2）监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率
- （3）监测点位：

由于本项目机房为原有预留机房，考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在拟建场所和相邻关注区域对应位置布设监测点，所布点位能反映本项目评价范围内拟建场所的辐射环境现状水平。根据项目的平面布局和周围环境情况，监测布点位见图 8-1、8-2。

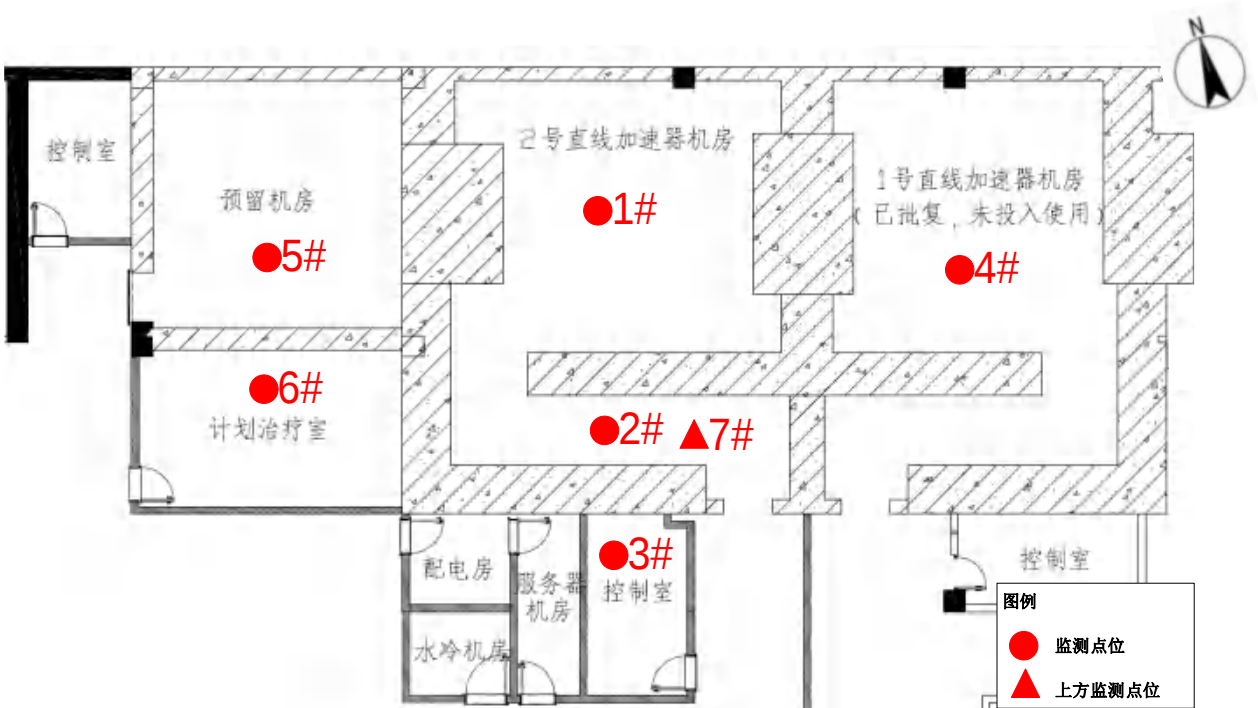


图 8-1 直线加速器机房周边监测点位图

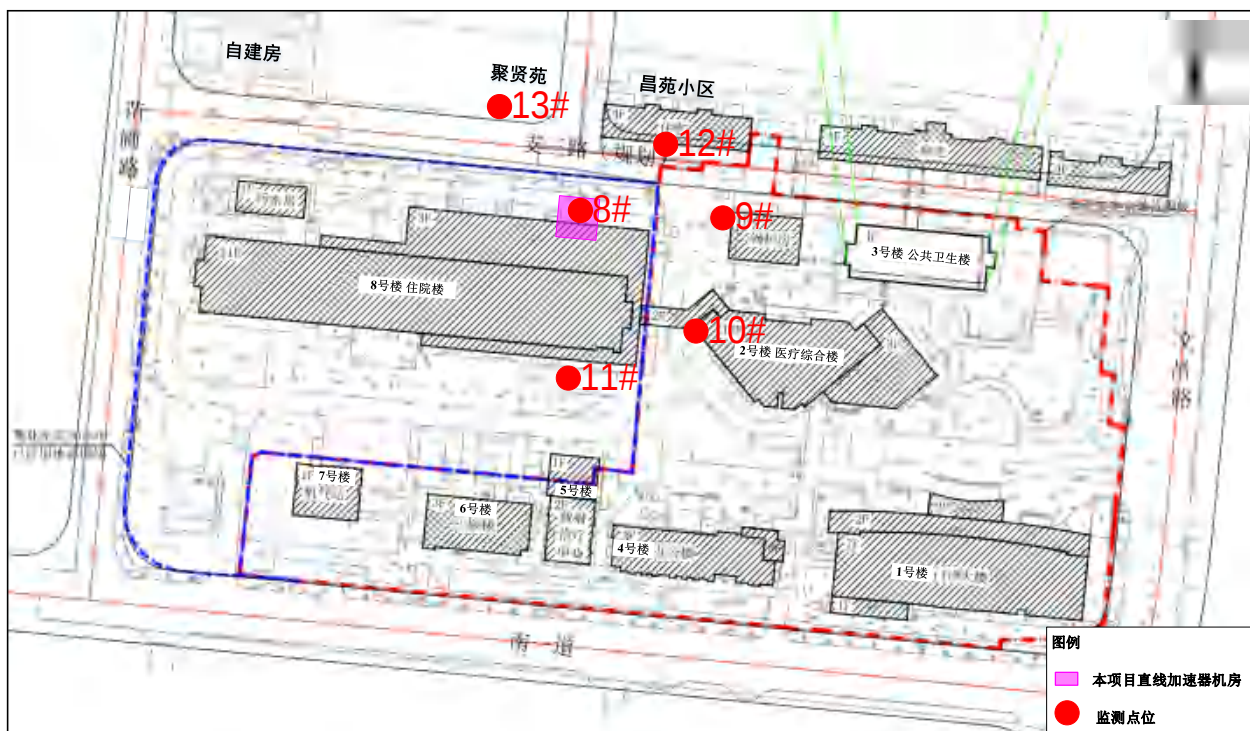


图 8-2 肿瘤放疗科周边监测点位图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司
- (2) 监测日期：2026 年 04 月 27 日
- (3) 监测方式：现场检测
- (4) 监测依据：HJ1157-2021 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
- (5) 监测频次：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 确定为 1 次测量。
- (6) 监测工况：辐射环境本底；8 号楼负二层肿瘤放疗科目前属于毛坯阶段，现场照片见附图 8，周边无核技术利用项目运行。
- (7) 监测环境条件：天气(晴)；室内温度(24℃)；室外温度(32℃)；相对湿度(36%)。
- (8) 监测设备

表 8-1 监测设备参数表

检测仪器	x、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H (外置探头：6150 AD-b/H 主机：6150 AD 6/H)
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess

量 程	外置探头：10nSv/h~99.99μSv/h；主机：0.1μSv/h~10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
检定证书编号	NJYF-20260350086
检定证书有效期	2026年3月2日-2027年3月1日
检定单位	浙江省质量科学研究院
校准因子 C_f	1.75μSv/h；1.02
探测下限	10nSv/h

8.3.2 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的监测结果见表8-2。

表 8-2 本项目直线加速器机房区域及四周辐射剂量率监测结果

监测点编号	监测点位置	γ辐射空气吸收剂量率（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	
1#	本项目 2 号直线加速器机房治疗室	110	2	室内
2#	本项目 2 号直线加速器机房迷道	120	2	室内
3#	本项目 2 号直线加速器机房控制室	118	3	室内
4#	东侧 1 号直线加速器机房	116	2	室内
5#	西侧预留机房	115	2	室内
6#	西侧计划治疗室	125	3	室内
7#	负一层配电房	114	3	室内
8#	8 号住院楼北侧院内道路	107	3	室外
9#	锅炉房	107	3	室外
10#	1 号楼医疗综合楼	106	2	室外
11#	8 号住院楼南侧院内道路	106	2	室外
12#	昌苑小区	109	4	室外
13#	聚贤苑	103	2	室外

注：1、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.4 条款，本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；
2、根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中第 5.5 条款，本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、 γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 31.0nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，室外点位取 1；室内点位取 0.8。

8.4 环境现状评价

由表 8-2 监测结果可知，本项目各监测点位室内 γ 辐射剂量率范围为 110nGy/h~125nGy/h，即 $11.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 12.5\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；室外 γ 辐射剂量率范围为 103nGy/h~109nGy/h，即 $10.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 10.9\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。

由《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，金华地区（含衢州）室内 γ 辐射剂量率在 $6.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 46.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，衢州市室外道路 γ 辐射剂量率在 $4.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 17.7\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，可见，本项目拟建场所各监测点位 γ 辐射剂量率处于衢州市天然辐射本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工程分析

本项目 2 号直线加速器机房位于 8 号楼负二层肿瘤放疗科东北角，为预留机房。本项目施工内容主要为 2 号直线加速器机房的防护装修（含铅防护门安装，视频、监控，配套用房装修等）、建设配套用房和设备安装调试等内容。

本项目施工期主要的污染因子为：扬尘、施工人员生活污水、噪声及固体废物，屏蔽材料施工过程不会产生辐射影响。直线加速器在安装调试时，会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物。安装调试阶段是在辐射防护施工完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。因安装调试时间短，各污染物产生量很少，且调试结束关机后，X 射线将立即消除，因此，本项目设备安装调试造成的环境辐射影响很小。本项目射线装置安装及调试由设备供货方专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。

9.1.2 运营期工程分析

（1）设备参数

根据医院提供的资料，本项目拟新增医用电子直线加速器的主要参数见表 9-1。

表 9-1 医用电子直线加速器的主要参数表

参数名称	参数值
最大能量	X 射线最大能量：10MV 电子线最大能量：15MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%
最大出束角度	28°
源轴距 SAD	1m
等中心高度	1.3m
最大剂量率	6MV X 射线最大剂量率 360Gy/h，FFF 模式下最大剂量 840Gy/h 10MV X 射线最大剂量率 360Gy/h 15MeV 电子线最大剂量率 360Gy/h
最大照射野	40cm*40cm
机架旋转角度	±180°
集成配套设施	CBCT：最大管电压 150KV，最大管电流 500mA

（2）设备组成

加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子线引出单元。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。电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。

典型加速器外部结构如图 9-1 所示，内部结构如图 9-2 所示。

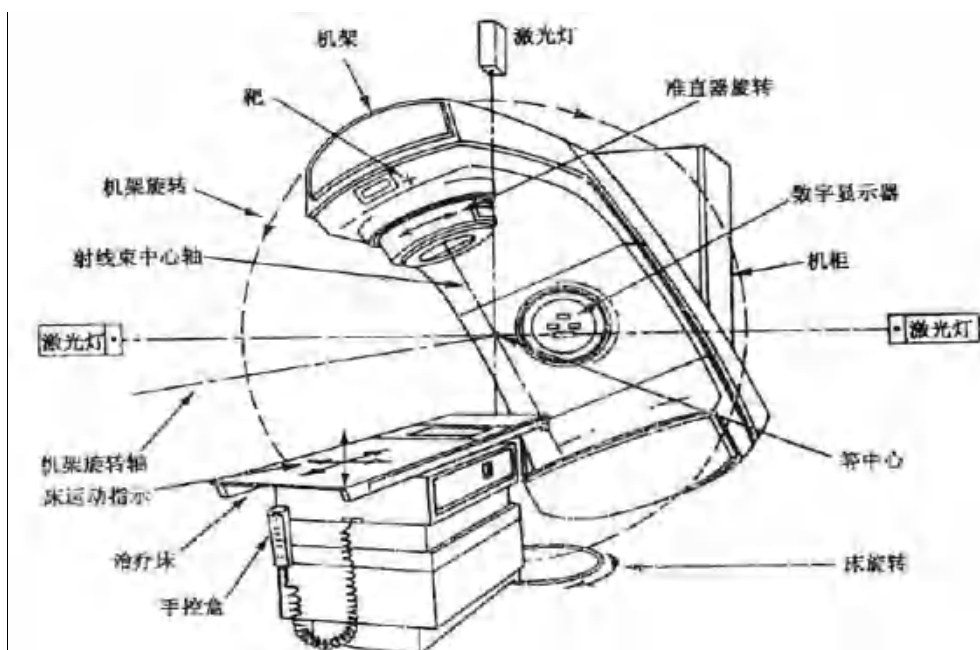


图 9-1 典型直线加速器机外部结构示意图

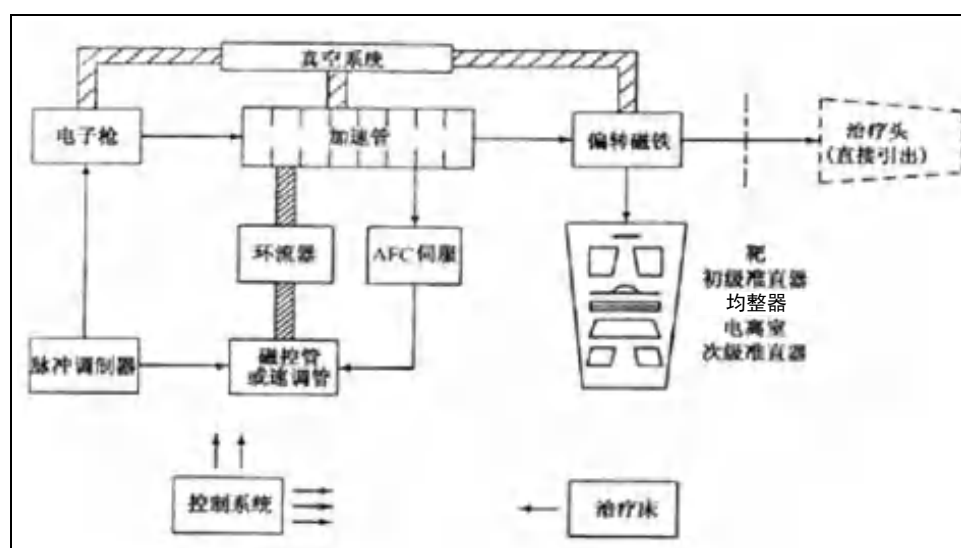


图 9-2 典型直线加速器机内部结构示意图

(3) 工作原理

医用电子直线加速器是产生高能电子束和高能 X 线束的装置。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，因此，医用电子直线加速器可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。医用电子直线加速器可根据所治疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出剂量对人

体肿瘤进行照射治疗。

FFF 模式：X 射线未经过准直器和滤线器调整，直接进入患者病灶，从而实现治疗目的，该技术具有治疗精度高，治疗周期短，单次剂量大，正常组织保护好，等效生物剂量高等特点。

电子束治疗模式用于人体浅表放射治疗，与 X 线的放疗不同，它是由在加速器中被加速到一定能量的电子束被直接引出，作用于人体皮肤、浅表组织上的肿瘤或者是瘢痕细胞，可引起具有生物活性的有机化合物分子发生电离激发和化学键断裂，产生自由基，从而引起正常功能和代谢作用的障碍，减少成纤维细胞的增生、抑制胶原的合成等，可以达到杀伤肿瘤和抑制瘢痕增生的效果。

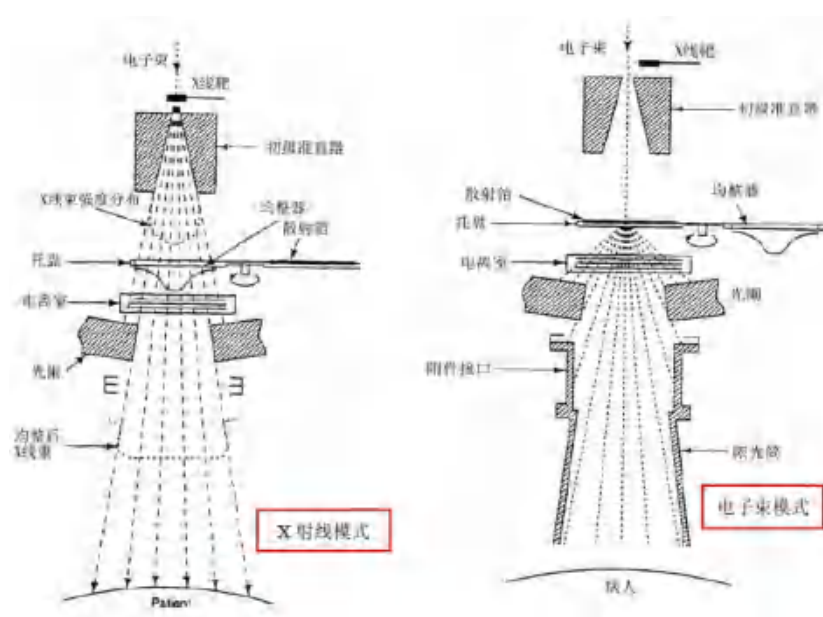


图 9-3 X 射线和电子线治疗模式结构示意图

(4) 集成配套 CBCT

本项目配备的加速器集成配套 CBCT 影像引导设备，使用锥形束 X 射线进行信息采集的计算机体层成像技术。它与传统多排探测器 CT 最显著的区别是使用二维数字平板探测器，在一次旋转中产生三维容积图像。CBCT 由影像板和球管等硬件及控制软件组成，球管产生 kV 级 X 射线，X 射线穿过物体和人体投影到影像板成像。

治疗计划选择 CBCT 图像验证时，病人在加速器治疗室开始治疗前，先完成病人肿瘤位置的验证，控制系统使 CBCT 高压发生器产生高压，球管产生 X 射线，控制系统将使用 CBCT 功能扫描病人，信号经过处理和图像完成重建后，对治疗计划中肿瘤位置图像进行优化和确认，完成图像引导，随后根据控制系统指令，加速器的电子枪产生电子，经加速管加速电子到相应能量打靶形成治疗所需的加速器 X 射线，根据物理

师的治疗计划完成肿瘤的照射。CBCT 影像引导和加速器出束治疗不会同时进行。通常是交替开机。

CBCT 的优势在于重复模拟定位时的体位，保证与计划设计时靶区、靶区与危及器官和射野空间位置关系一致性，使肿瘤组织得到精准照射，提高治愈率，减少放疗副作用。图像引导放射治疗通过 CBCT 图像引导配准，可以实现病人凸显的在线或离线配准，保证病人每次治疗体位的重复性和一致性。

（5）工作方式

医用直线加速器的工作方式为工作人员将患者按照治疗计划要求，固定在治疗床上后，通过CBCT调整病人位置，在加速器控制面板中输入治疗参数，使用X射线或电子线对患者进行治疗，治疗过程中，工作人员位于控制室内，并通过监视器，观察患者情况。

（6）工艺流程与产污环节

治疗前先确认治疗方案，包括确定照射时间和剂量，定位患者照射部位，调整照射角度和视野，再开机进行治疗。在加速器治疗过程中，除患者外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过视频监控系统观察患者情况。工艺流程及产污环节如下图所示。

操作流程为：

- ①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；
- ②预约患者首先在现有模拟定位 CT 上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状；
- ③物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；
- ④肿瘤患者在技师协助下躺上治疗床，进行摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积；
- ⑤CBCT 采集图像进行位置验证；
- ⑥根据放疗计划，实施照射；
- ⑦照射结束后，患者离开机房。

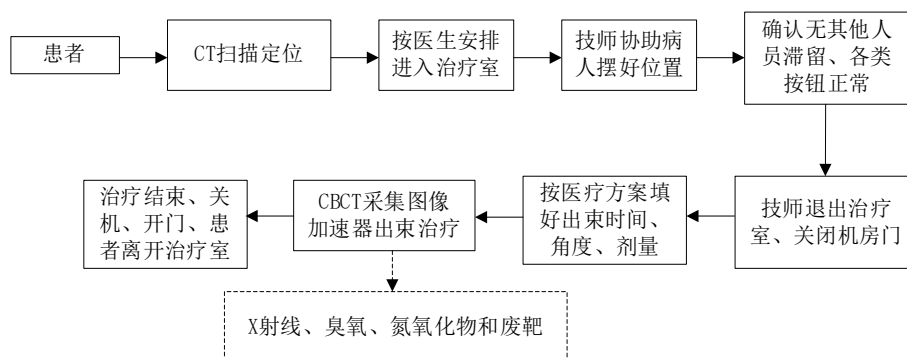


图 9-4 加速器放疗流程及产污环节示意图

正常工况时，直线加速器治疗污染源项主要为开机状态下产生的 X 射线，同时会产生少量臭氧及氮氧化物。另外，加速器靶件在检修更换或退役时会产生废靶。

（6）人员路径

就诊患者从肿瘤放疗科西南侧电梯厅进入，在候诊大厅处候诊，根据叫号进入 2 号直线加速器机房进行治疗，治疗结束后原路返回。工作人员从肿瘤放疗科西南侧电梯厅进入相应办公室和 2 号直线加速器机房控制室。工作人员工作期间主要活动范围为想要办公室和加速器机房控制室，以及进入加速器机房内为患者摆位；患者就诊期间主要活动范围为候诊大厅，工作人员和患者互不干扰。

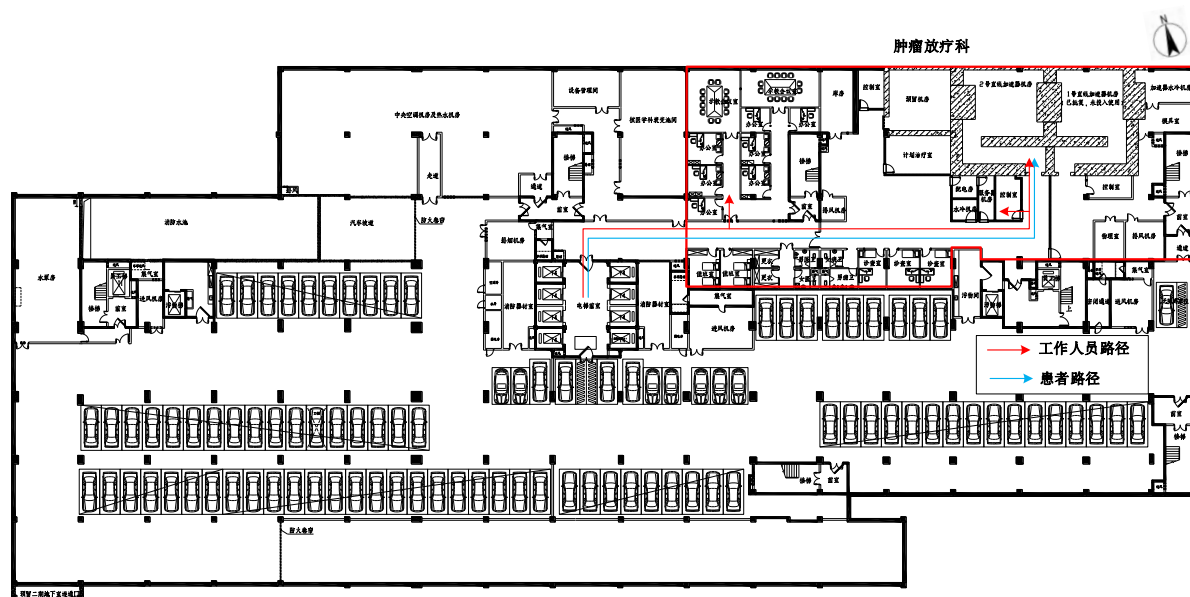


图 9-5 人员路径示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况污染源项描述

（1）X 射线

直线加速器运行时，从电子枪发出来的电子束，在直线加速管内经加速电压加速，轰击到靶上，产生 X 射线用于治疗。另外，集成配套的 CBCT 产生 X 射线用于成像。X 射线随机器的开关而产生和消失。

本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV。由于 X 射线贯穿能力强，将对周围环境造成一定的辐射污染，包含以下几种 X 射线辐射：

①有用线束

当直线加速器光阑完全打开时，从辐射头靶射出的 X 射线为一个出束角度 28° 的锥形线束，其 X 射线最大能量为 10MV。有用线束是唯一用于治疗目的的射线。

②泄漏辐射

由靶向外从各个方向穿过辐射头泄漏出来的射线称为漏射线。漏射线遍布机架各处,因此泄漏线辐射源到任一点的距离会因机架角度不同而变化。

③散射辐射

当有用线束射入治疗床上的人体时,会产生散布于各个方面上的次级散射辐射,这种射线的能量和剂量率比有用线束低得多,剂量率大小决定于被照区域,初级射线能量和散射角度。

(2) 电子线

直线加速器处于电子束模式下使用初始电子线进行浅层治疗时,会产生电子线,本项目直线加速器产生的电子线最高能量为 15MeV, 高能电子线随机器的开关而产生和消失。

(3) 废靶

加速器正常运行时,无废靶产生。如果冷却水循环系统出现故障,可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况,产生废靶。此外,加速器报废时,会有废靶产生。废靶由厂家回收。

(4) 臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中,X 射线作用于空气以及次级辐射等因素,会产生少量臭氧及氮氧化物。

综上所述,本项目医用电子直线加速器在运行期间会产生 X 射线、少量臭氧和氮氧化物以及在检修更换或退役时产生的废靶。

9.2.2 非正常工况污染源项描述

(1) 安全联锁装置发生故障情况下,人员误入正在运行的机房而造成误照射。

(2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房,设备运行,会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

(3) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作,控制台处操作人员误开机出束,发生事故性出束,对工作人员造成辐射伤害。

(4) 控制系统出现故障,加速器不能通过控制台停止出束,病人受到计划外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所平面布局

本项目在预留 2 号直线加速器机房内新增 1 台 Infinity 型直线加速器，直线加速器机房南侧建设控制室、服务器机房、配电房和水冷机房等配套用房。本项目辐射工作场所位置及四周布局见表 10-1。

表 10-1 2 号直线加速器机房周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
肿瘤放疗科	2 号直线加速器机房	东	1 号直线加速器机房
		南	控制室、水冷机房、配电房、服务器机房、病人候诊区
		西	预留机房、计划治疗室
		北	土层
		上	配电房（负一层）、绿化及院内道路（一层）
		下	土层

项目加速器机房（治疗室）与控制室、水冷机房等配套用房分开设置，控制室位于加速器机房北侧，避开了有用线束直接照射的区域。加速器机房由治疗室、迷路和防护门组成，且有用线束不向迷路和控制室照射。机房选址不在居民、写字楼和商住两用楼内，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。加速器机房布局符合《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离；直接与治疗机房相连的宽束治疗装置的控制室和其他居留因子较大的用室，应尽可能避开有用束可直接照射到的区域”的规定及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中选址和布局要求，布局合理。

本项目直线加速器机房的治疗室与控制室均分开设置，加速器机房治疗室面积为 88.8m²（含迷路），经建设单位、设计单位和设备厂商确认，本项目机房面积能够满足临床使用需求。机房治疗室入口设置了 L 型迷路，放射治疗场所布局满足《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”、“放射治疗机房应有足够的有效使用空间”的要求。

10.1.2 辐射工作场所分区管理

（1）分区依据和原则

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：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。

监督区：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，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌或标识。

（2）本项目分区管理情况

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，结合项目辐射防护情况和便于管理的考虑，将 2 号加速器机房内部区域划为控制区，将直线加速器机房配套控制区、服务器机房、配电房、水冷机房、计划治疗室以及防护门外 1m 区域划为监督区。本项目辐射工作场所分区情况表 10-2，分区详见图 10-1。

表 10-2 本项目“两区”划分表

场所名称	控制区	监督区
2 号直线加速器机房	机房内部（包括迷道）	直线加速器机房配套控制区、服务器机房、配电房、水冷机房、计划治疗室以及防护门外 1m 区域
备注：东侧 1 号直线加速器机房和西侧预留机房为非本项目控制区		



图 10-1 本项目控制区和监督区划分图

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，在直线加速器使用时，除放射治疗的患者外，禁止其他人员进入；监督区通过设置标明监督区的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进行整改，整改完成后方可继续使用直线加速器。

10.1.3 机房墙体屏蔽设计

本项目 2 号直线加速器机房为预留机房，机房屏蔽设计参数详见表 10-3。

表 10-3 本项目机房设计建设情况一览表

机房名称	部位		设计参数		
			尺寸		
2 号直线加速器机房	机房几何尺寸		机房东西宽 7.2m，南北长 7.8m（不含迷路），迷路内入口宽 2.2m，迷路外入口（门洞）宽 2.4m，迷路长 9.75m，迷路宽度 2m，加速器机房治疗室面积为 64.6m ² ，顶高 3.7m。		
	屏蔽墙		厚度	宽度	高度
	东墙	主屏蔽墙	2900mm 混凝土	4600mm	3.7m
		副屏蔽墙	1500mm 混凝土	/	
	南墙	迷路内墙	1200mm 混凝土	/	
		迷路外墙	1400mm 混凝土	/	
	西墙	主屏蔽墙	2900mm 混凝土	4000mm	
		副屏蔽墙	1500mm 混凝土	/	
	北墙	屏蔽墙	400mm 混凝土（外侧为地下土层）	/	
	顶棚	屏蔽墙	1200mm 混凝土+3300mm 回填土层+220mm 混凝土	/	/
	机房防护门		内衬 15mm 铅板+75mm 含硼聚乙烯板		/

注：①混凝土密度不小于 2.35g/cm³；铅板密度不小于 11.34g/cm³；

②由于顶棚上方采用 3300mm 回填土层，因此不设置主屏蔽墙。

10.1.4 辐射安全与防护措施

（1）设备固有安全性

本项目直线加速器拟购于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，本身具备多种安全防护措施。

①控制台上的显示装置可显示辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数，操作人员可以随时了解设备运行情况。

②病人剂量监测与治疗控制安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量联锁、治疗时间联锁和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定值时，联锁装置会自动停止照射。

③运动使能开关。为防止工作人员误操作造成事故，在手控盒两侧设置了运动使能开关，只有当左右两侧的开关同时按下时才有可能对机器运动部件进行启动和控制。

④红色紧急开关。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

⑤剂量测试系统。在控制系统主菜单中有“剂量系统测试”部分，可以随时了解病人剂量情况。

⑥密码设置。设置有密码，操作密码只有相关的专业技术人员或授权人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改等。

⑦系统操作联锁。加速器设置了硬件联锁，在非正常操作或在异常情况下，可以停止机器运行或切断电源，以备特殊情况下应急之用。系统操作联锁情况见下表 10-4。

表 10-4 加速器硬件联锁一览表

名称	装置部位	功能	备注
紧急开关	主机架、治疗床及控制台	紧急切断系统控制电源	意外情况下可以切断控制电源
碰撞保护环	附件盘、影子盘	发生碰撞时停止机械部件运动	发生碰撞时自动停止机器运动
运动部件二级限位开关	旋转机架、治疗床升降、辐射头旋转	二级限位开关，切断动力电源	异常情况切断动力电源

(2) 加速器机房辐射防护设施设计

①固定式剂量报警装置：加速器机房内迷道口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

②视频监视系统、对讲系统：加速器机房的治疗室和控制室之间安装有视频监控 7 个（东墙 1 个、南墙 2 个、西墙 1 个、迷道内 3 个）、双向对讲装置 1 套，控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

③急停按钮：直线加速器机房的治疗室和控制室设置 7 个急停开关（控制台 1 个、东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 2 个、迷道内 1 个），急停开关为红色按钮式开关，高度约 1.6m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停开关，按下后不能自动复位，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。急停开关设置满足应

急需求，布置位置和数量合理可行。

④设置门灯联锁、门机联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外线探测防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。

⑤加速器机房入口处设置紧急开关门装置、电离辐射警告标志和中文警示说明。
直线加速器机房内安全防护设施分布如图 10-2 所示。

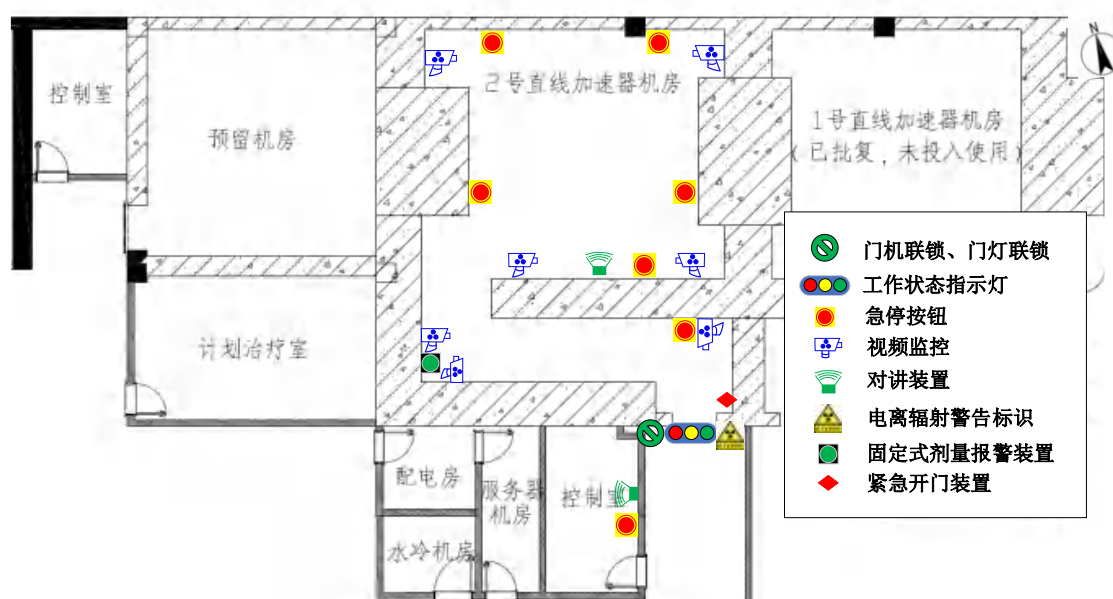


图 10-2 加速器机房紧急开关、监视系统等安全设施分布示意图

（3）其他防护措施

①每个辐射工作人员均已配备 1 枚 TLD 个人剂量计；本项目直线加速器工作人员已配备 3 台个人剂量报警仪（型号 FJ3200）和 12 枚 TLD 个人剂量计；

②配备 1 台便携式 X-γ 剂量率监测仪（型号 ZY8000）；

③控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责、辐射事故应急预案等；

④放射治疗工作场所入口设置电离辐射警告标志，受检者出入口门外设置黄色警戒线、电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

（4）加速器机房通风、电缆管线设置

①通风

直线加速器运行过程中，空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物。据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，治疗室的通风换气次数应不小于 4 次/小时。

本项目加速器治疗室拟安装有效通风量不小于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 的风机进行通风，通风换气次数不小于 8 次/h。为避免影响屏蔽效果，新风管线由加速器机房南墙进入机房，排风管线拟由西侧次屏蔽墙进入机房，风管均拟以 45° 穿墙，新风口设置在机房西侧天花板上；排风口设置在机房东角和东南角墙角处，风管底部（排风口）离地 30cm，送风口与排风口呈“上进下出，对角设置”设置，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从东北侧次屏蔽墙通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，排风管线见图 10-3。

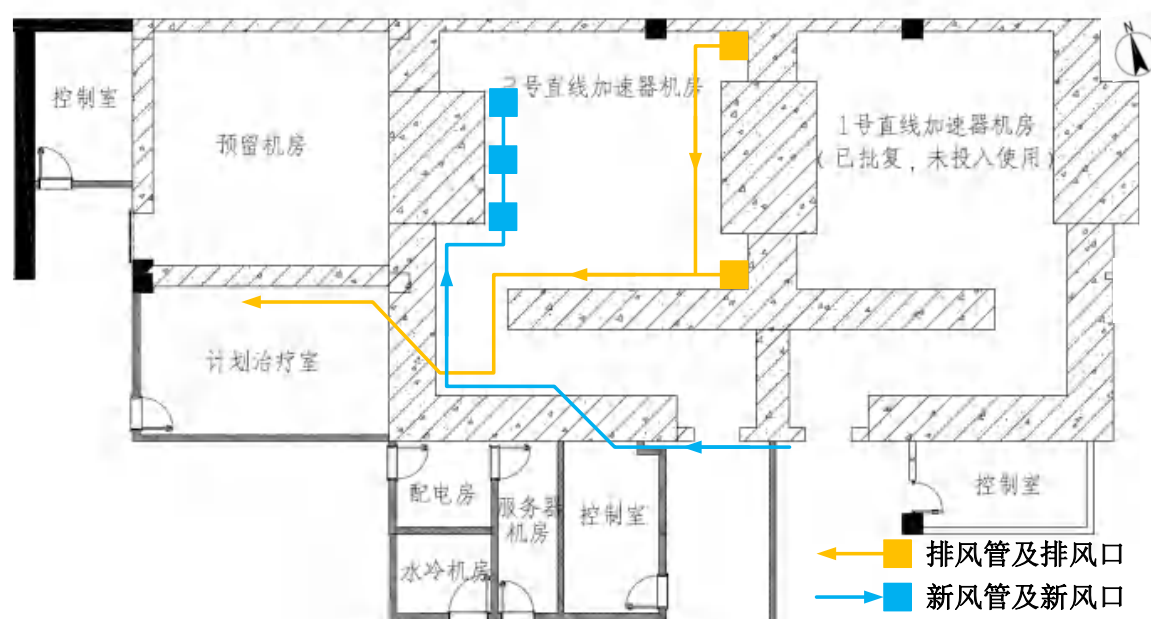


图 10-3 加速器机房管线走向图

②电缆及水管布设

加速器治疗室与配电房之间的各种电缆管线，室内部分以地沟形式在地坪以下布设，电缆沟盖板采用 3mm 厚不锈钢盖板覆盖，电缆管线以“U”字型穿过迷路外墙，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加了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。电缆管线管道穿墙方式见图 10-4。其他所有电、水、气管、物理测试管线布设走向必须符合辐射屏蔽防护要求，并在非主束投照部位采用斜 45° 形式穿越墙体或顶盖，如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填相应厚度的铅板。

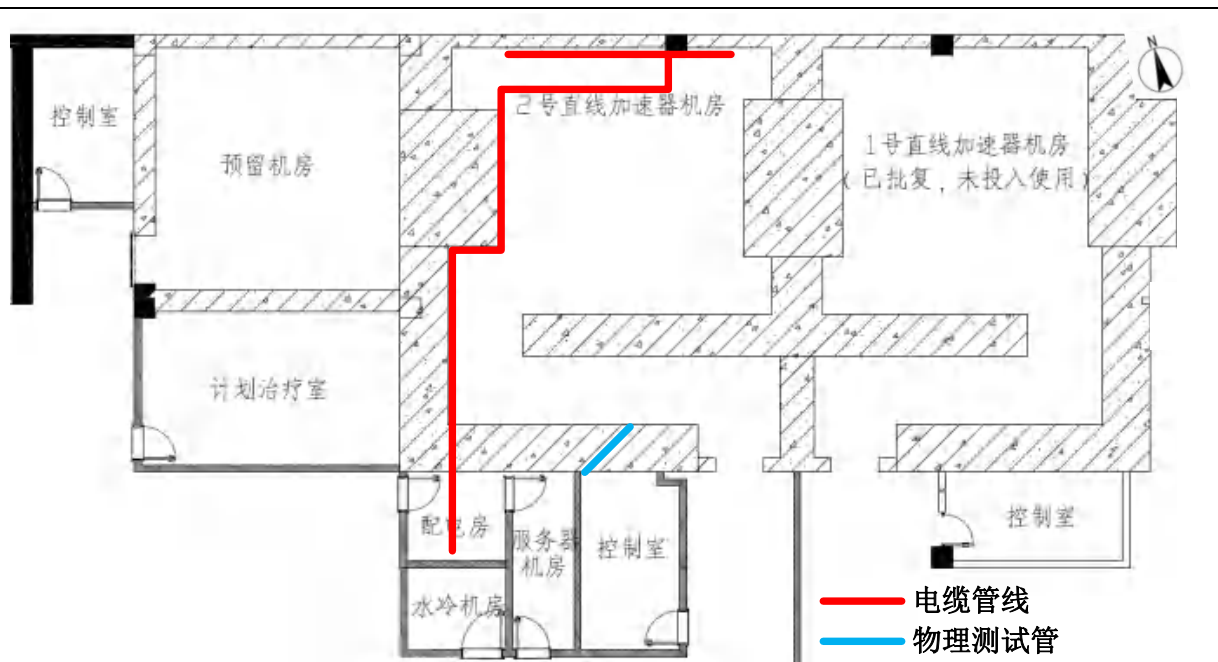


图 10-4 加速器机房电缆走向及穿墙示意图

(5) 直线加速器机房辐射安全与防护措施符合性分析

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），本项目机房设置符合性分析如表 10-5 所示。

表 10-5 直线加速器机房设置符合性分析表

《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中相关防护要求	项目设计情况	符合性
放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目直线加速器机房选址于 8 号楼负二层肿瘤放疗科，位于建筑物的底层，选址避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	符合
放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括治疗室（含迷路）等场所。与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划分为监督区（如加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。	项目采取分区管理，将直线加速器机房内部（包括迷路）划定为控制区，将直线加速器机房配套控制区、服务器机房、配电房、水冷机房、计划治疗室以及防护门外 1m 区域划定为监督区。	符合
放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	加速器机房有用线束照射的防护墙（包括顶棚）按初级辐射防护要求进行设计，其余按照次级辐射防护要求进行设计。通过预测分析，治疗机房有用线束照射方向的防护设计满足主射线束的防护要求，其余方向的防护设计满足泄漏辐射及散射辐射的防护要求。	符合
放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、	本项目加速器机房设计安装动力通排风系统。机房内设置 3 个进风口、2 个排风口，排风量为 2000m ³ /h，通风换气次数不小于 8 次/小时。废气	符合

窗或人流较大的过道等位置。	经排风系统引至 8 号楼顶排放，排气口不朝向门、窗或人流量较大的过道等位置。	
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；放射治疗室应设置门—机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。	本项目设置门机安全联锁、门机联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。	符合
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。	本项目加速器机房防护门上设计安装工作状态指示灯和电离辐射警告标志。其中，工作状态指示灯与加速器联锁，显示加速器工作状态。	符合
应在放射治疗设备的治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁内设置急停按钮。控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷路区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	本项目直线加速器机房的治疗室和控制室设置 7 个急停开关，加速器机房的治疗室和控制室之间安装有视频监控 7 个、对讲装置 1 套，控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。	符合
医用电子加速器治疗室（一般在迷路的内入口处）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。	本项目加速器机房内迷道口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。	符合

由表可知，直线加速器机房工作场所选址、屏蔽防护设计及安全设施均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）标准要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 废气

本项目直线加速器机房设有强制排风系统（废气走向图见图 10-3），采取全排全送的通风方式，新风管线由加速器机房南墙进入机房，排风管线拟由西侧次屏蔽墙进入机房，风管均拟以 45° 穿墙，新风口设置在机房西侧天花板上；排风口设置在机房东北角和东南角墙角处，风管底部（排风口）离地 30cm，送风口与排风口呈“上进下出，对角设置”设置，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从东北侧次屏蔽墙通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，产生的臭氧和氮氧化物对机房内外环境影响较小。

本项目直线加速器机房排风量为 2000m³/h，加速器机房治疗室面积为 64.6m²（含迷道），高 3.7m，体积为 239m³，通风换气次数不小于 8 次/h，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室换气次数应不小于 4 次/h”的要求。

10.2.2 固体废物

对于检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收最终送交有资质的单位回收处置，医院不暂存。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目8号楼负二层肿瘤放疗科2号直线加速器机房为预留机房，主体已建设完成，现场属于毛坯阶段，现场照片见附图8。本项目施工期内容主要为2号直线加速器机房的防护装修（含铅防护门安装，视频、监控，配套用房装修等）、建设配套用房和设备安装调试等内容。主要的施工期环境影响分析如下：

（1）大气环境影响分析

本项目在施工期会产生扬尘、装修废气、臭氧和氮氧化物。装修过程中会产生扬尘，通过湿法作业，外围设置围挡，能尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，对项目周围大气环境影响较小；机房装修过程会产生少量装修废气，采用“环保型”油漆，加强通风或室内净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对环境产生大的影响。

（2）水环境影响分析

本项目在施工期会产生施工废水和生活污水。施工废水循环使用，不再进行分析；施工人员产生的生活污水产量较小，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网，不会对周围水环境产生大的影响。

（3）固体废物影响分析

本项目在施工期会产生装修垃圾和生活垃圾。装修垃圾应在定点堆放，将可回收利用部分进行回收后，由施工单位外运至建筑垃圾堆放场。生活垃圾产生量不大，由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

（4）声环境影响分析

本项目施工期的噪声源主要是机房装修产生的噪声，针对施工期声环境影响，具体防治措施有：

合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，避开午休时间，禁止在夜间施工；优先选择低噪音设备，日常应注意对施工机械的维修、保养，使其保持良好的运行状态；对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。经上述防治措施后，可大大降低本项目施工过程中噪声对周围的影响。

综上所述，本项目施工范围较小，在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响较小，施工结束后，项目施工期环境影

响将随之消除。

11.1.2 设备安装调试期环境影响分析

设备的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，医院不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，并在各个机房门外设立电离辐射警告标志。设备安装调试阶段时，不允许无关人员进入机房所在区域，以防止发生辐射事故。由于直线加速器的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院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。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 加速器运行阶段辐射环境影响分析

本项目直线加速器有电子线和 X 射线两种治疗模式，因电子线的穿透能力弱于 X 射线，所以一般情况下，机房屏蔽设计满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要。本项目直线加速器 X 射线最大能量为 10MV，无需考虑对中子的屏蔽及感生放射性的影响。

本项目直线加速器集成配套的 CBCT(最大管电压为 150kV，最大管电流为 500mA)用于影像引导定位（不与加速器治疗 X 射线同时出束）。根据《辐射防护导论》（第三分册）图 3.1 可知，X 射线过滤材料为 2.5mmAl，150kV 电压下，发射率常数为 0.18mGy/mAs，则 CBCT 出束时距靶点 1m 处的空气比释动能率为 $3.24 \times 10^{-8} \mu\text{Gy/h}$ ，小于直线加速器 X 射线 1m 处剂量率，且 CBCT 的 X 射线最大管电压为 150kV 原小于加速器 X 射线能量。因此加速器机房防护条件在满足直线加速器屏蔽要求的情况下，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，因此以下主要对加速器使用 X 射线过程中的环境影响进行分析。

11.2.1.1 加速器机房屏蔽体的屏蔽核算

（1）关注点位设置

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，在本项目直线加速器机房外表面 30cm 处，人员受照的剂量当量可能最大的位置设定关注点对治疗室的屏蔽体进行核算，关注点位见图 11.2-1、图 11.2-2 和图 11.2-3。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A，不同场所的居留因子选取如表 11.2-1 所示。

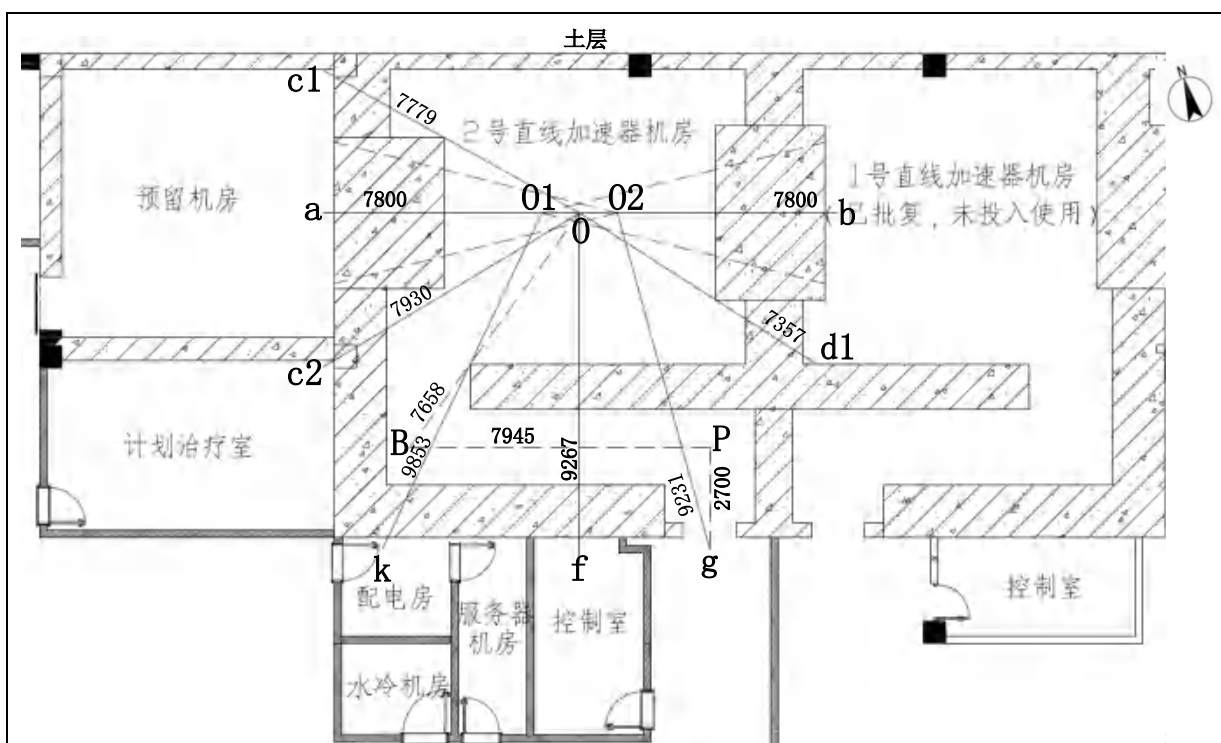


图11.2-1 加速器机房（平面布局）关注点和主要照射路径示意图（单位：mm）

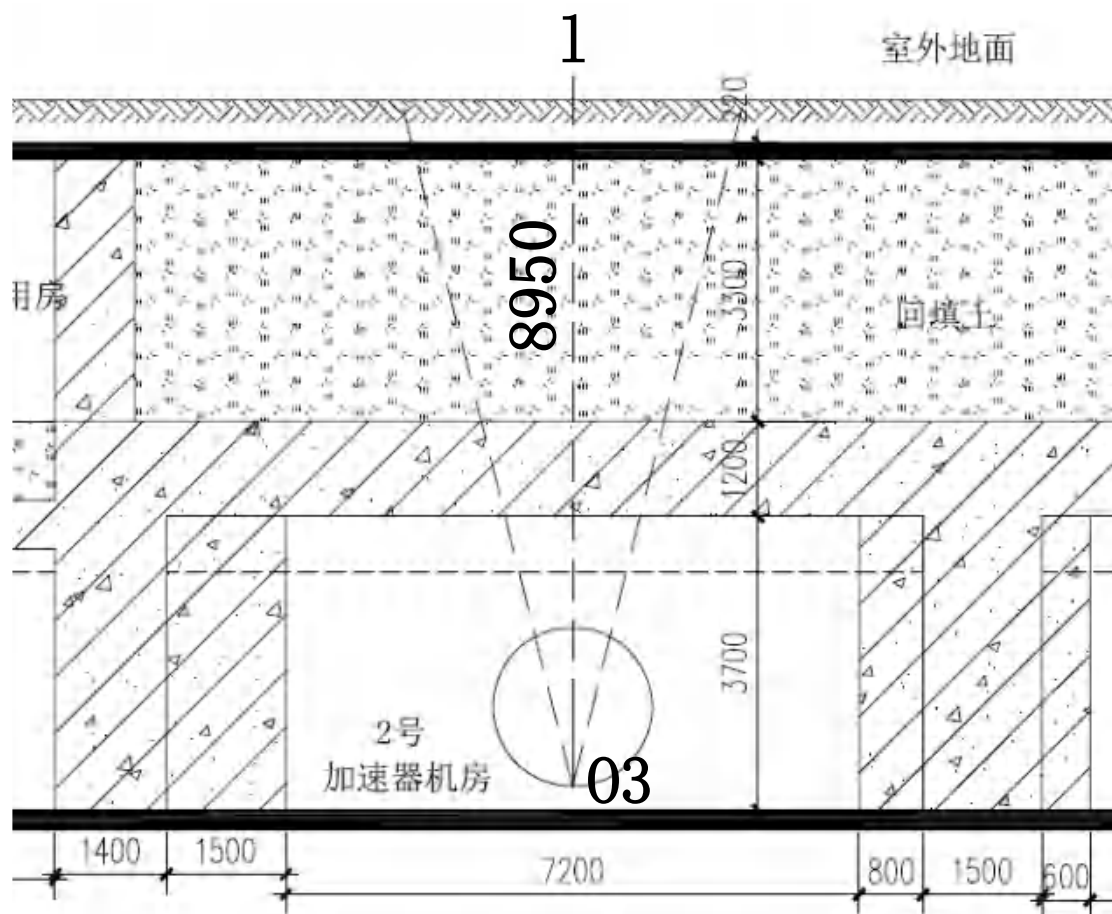


图 11.2-2 加速器机房（东西剖面布局）关注点和主要照射路径示意图（单位：mm）

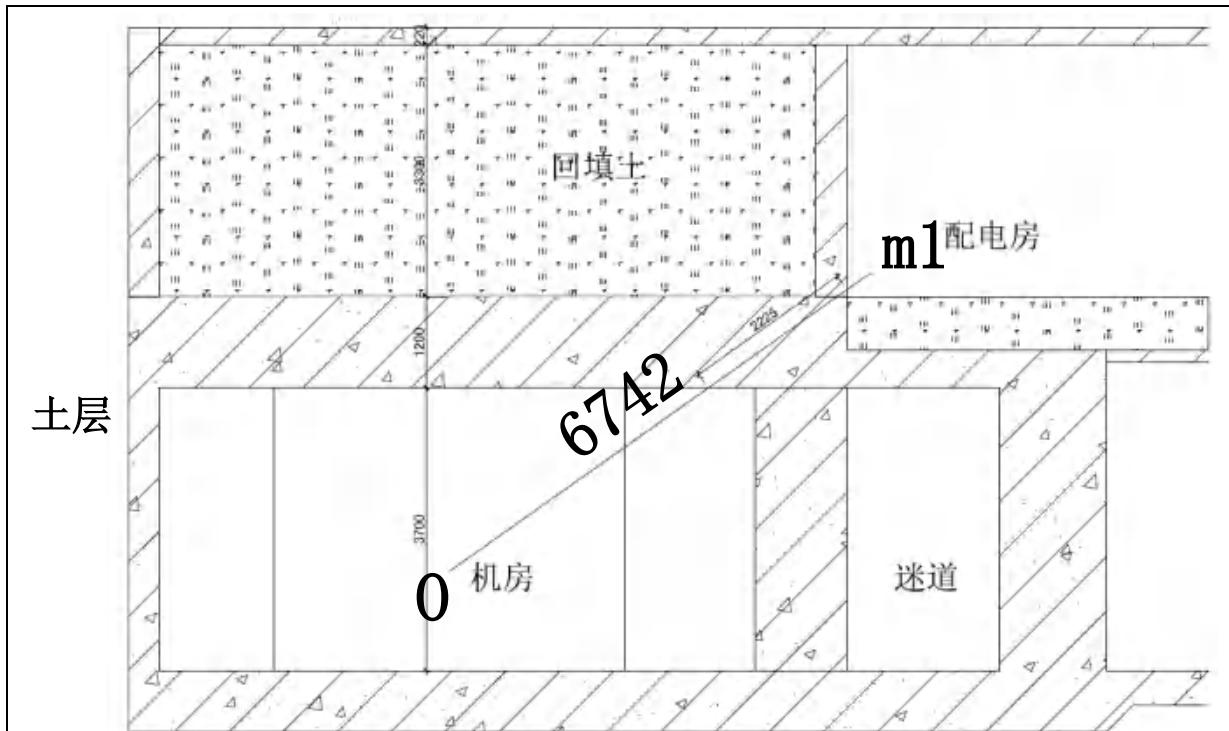


图 11.2-3 加速器机房（南北剖面布局）关注点和主要照射路径示意图（单位：mm）

表 11.2-1 直线加速器机房各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	a	西墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，预留机房	1/2	部分居留
2	b	东墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，1 号直线加速器机房	1/2	部分居留
3	c ₁	西墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外，预留机房	1/2	部分居留
4	c ₂	西墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外，计划治疗室	1	全居留
5	d ₁	东墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外 30cm 处，1 号直线加速器机房	1/2	部分居留
6	k	南墙外 30cm 处，配电房	1/16	偶然居留
7	f	南墙外 30cm 处，2 号直线加速器机房控制室	1	全居留
8	g	加速器机房防护门外 30cm 处	1/8	偶然居留
9	m ₁	机房迷道顶部 30cm 处，即配电房	1/16	偶然居留
10	l	机房治疗室顶部 30cm 处，即院内绿化及道路	1/16	偶然居留

（2）导出剂量率参考控制水平确定

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）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： $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ 。

各关注点的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 见表 11.2-2。

表 11.2-2 各关注点剂量率控制水平

关注点	T	U	t (h/w)	$\dot{H}_c(\mu\text{Sv/周})$	$\dot{H}_{c,d}$ 计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$
a	1/2	1	6.67	100	30	10	10
b	1/2	1	6.67	100	30	10	10
c ₁	1/2	1	6.67	100	30	10	10
c ₂	1	1	6.67	100	15	2.5	2.5
d ₁	1/2	1	6.67	100	30	10	10
k	1/16	1	6.67	5	12	10	10
f	1	1	6.67	100	15	2.5	2.5
g	1/8	1	6.67	5	6	10	6
m ₁	1/16	1	6.67	5	12	10	10
l	1/16	1	6.67	5	12	10	10

(3) 有用线束主屏蔽区宽度核算

本项目直线加速器机房主屏蔽区包括顶棚及墙体的部分位置。加速器主射线的最大出束角度为 28° ，本项目主屏蔽墙的东墙和西墙主屏蔽区均为内凸，顶棚主屏蔽区为外凸，主屏蔽宽度根据公式 11.2-1 计算。

$$Y_p = 2[(a + \text{SAD}) \times \tan\theta + 0.3] \quad (\text{式 11.2-1})$$

式中：

Y_p ——机房有用射线束主屏蔽区的宽度，m；

θ ——治疗束的最大张角（相对束中的轴线），即射线最大出射角的一半；射线最大出射角 28° ， θ 取 14° ；

SAD——源轴距，m；（本项目直线加速器 SAD=1m）

a——等中心至“墙”的距离；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；当主屏蔽墙区向机房外凸时，“墙”指与主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

计算结果如表 11.2-3 所示。

表 11.2-3 加速器机房主屏蔽范围计算表

机房名称	主屏蔽墙位置	a (m)	计算值 (m)	设计值 (m)	评价结果
2 号加速器机房	东墙主屏蔽墙宽度（外凸）	6.5	4.34	4.6	满足
	西墙主屏蔽墙宽度（内凸）	5	3.59	4	满足
注：顶棚为无主屏蔽区设计，不进行计算					

由于本项目加速器机房位于负二层，下方无地下层，所以地坪的考虑满足设备安装称重要求外不额外考虑屏蔽措施。

经建设单位确认，目前等中心的位置能够满足设备安装和使用的空间需求；设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照本次设计等中心位置和安装方位进行安装，即主射束为东侧、西侧、地坪及顶棚，杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

11.2.1.2 直线加速器机房屏蔽体的屏蔽效果分析

本项目 X 射线治疗包括常规模式和 FFF 模式，参数要求如下：常规模式：X 射线能量配备 6MV 和 10MV，6MV 和 10MV 的 X 射线高剂量模式剂量率为 6Gy/min，即 $3.60 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ ；FFF 模式：X 射线能量配备 6MV，X 射线 FFF 模式剂量率为 14Gy/min，即 $8.40 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ （6MV 以 FFF 模式为代表保守计算）；X 射线有用线束张角 $\leq 28^\circ$ ，X 射线照射野 $40 \times 40 \text{cm}$ ；机头泄漏率 0.1%，机头旋转角度 $\geq 360^\circ$ ，等中心点高度 $\leq 130 \text{cm}$ ，源轴距 100cm。

引用《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）附录 B 表 B.1 内容，可知 X 射线在混凝土中的 TVL_I 和 TVL 。

表 11.2-4 混凝土（密度为 2.35g/cm^3 ）对 10MV 和 6MV 的 X 线 TVL 值表

直线加速器 X 射线能量	6MV	10MV
有用线束在混凝土 TVL_I	37cm	41cm
有用线束在混凝土 TVL	33cm	37cm
90°泄漏辐射在混凝土 TVL_I	34cm	35cm
90°泄漏辐射在混凝土 TVL	29cm	31cm
患者散射辐射（散射角 30° ）在混凝土中 TVL	26cm	28cm

注：混凝土密度为 2.35t/m³；

引用《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）附录 B 表 B.2、表 B.4 内容，X 射线（能量为 10MV）有用线束照射在患者体表（400cm²）90°、45°、30°散射的散射因子（ α_{ph} ）分别为 3.81×10^{-4} 、 1.35×10^{-3} 、 3.18×10^{-3} ；X 射线（能量为 10MV）有用线束照射在患者体表 90°、45°、30°散射辐射在混凝土中的十分之一值层分别为 18cm、25cm、28cm。X 射线（能量为 6MV）有用线束照射在患者体表（400cm²）90°、45°、30°散射的散射因子（ α_{ph} ）分别为 4.26×10^{-4} 、 1.39×10^{-3} 、 2.77×10^{-3} ；X 射线（能量为 6MV）有用线束照射在患者体表 90°、45°、30°散射辐射在混凝土中的十分之一值层分别为 17cm、23cm、26cm。

引用 GBZ/T201.2-2011 中，迷路防护门处 X 射线散射辐射能量约为 0.2MeV，铅中的 TVL 值为 5mm。

引用《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）附录 B 表 B.6 内容，混凝土对 45°入射辐射的散射因子（ α_2 ） 2.2×10^{-2} 。

本环评采用《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）中不同辐射的屏蔽与剂量估算方法如下：

（1）有用线束主屏蔽区屏蔽效果（a、b、l）

首先按式 11.2-2 计算有效厚度 X_e (cm)，接着按式 11.2-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B，再按式 11.2-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ (μSv/h)。

$$X_e = X \sec \theta \quad (\text{式 11.2-2})$$

式中：

X_e ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，(cm)；

X ——屏蔽体厚度，(cm)；

θ ——入射角夹角。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11.2-3})$$

式中， TVL_1 (cm)和 TVL (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， $TVL_1 = TVL$ 。混凝土 TVL_1 、 TVL 出自《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》（GBZ/T201.2-2011）附录 B，铅 TVL_1 、 TVL 出自 NCRP151 报告。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式 11.2-4})$$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

f ——对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，根据设备厂家提供资料，本项目取 0.001；

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。

表 11.2-5 有用线束预测点位辐射剂量率计算结果（10MV，常规模式）

参数	东墙（b 点）	西墙（a 点）	顶棚（1 点）
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土+土层
设计厚度 X（cm）	290	290	367 ^①
斜射角 $\theta(^{\circ})$	0	0	0
有效厚度 X_e （cm）	290	290	367
距离 R（m）	7.8	7.8	8.95
$\dot{H}_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.60E+08	3.60E+08	3.60E+08
f	1	1	1
TVL1（cm）	41	41	41
TVL（cm）	37	37	37
B	1.86E-08	1.86E-08	1.55E-10
$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	1.10E-01	1.10E-01	6.95E-04
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv}/\text{h})$	10	10	10
是否满足要求	满足	满足	满足

注：顶盖上方屏蔽体包括三部分：1200mm 的机房顶盖混凝土+3300mm 回填土层+220mm 混凝土，计算时回填土层按 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 折算成标准混凝土（密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）（密度与屏蔽材料厚度成反比，即 $d_1/d_2=\rho_2/\rho_1$ ）。

表 11.2-6 有用线束预测点位辐射剂量率计算结果（6MV，FFF 模式）

参数	东墙（b 点）	西墙（a 点）	顶棚（1 点）
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土+土层
设计厚度 X（cm）	290	290	367 ^①
斜射角 $\theta(^{\circ})$	0	0	0
有效厚度 X_e （cm）	290	290	367
距离 R（m）	7.8	7.8	8.95
$\dot{H}_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	1	1	1
TVL1（cm）	37	37	37
TVL（cm）	33	33	33

B	2.15E-09	2.15E-09	1.00E-11
$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	2.97E-02	2.97E-02	1.05E-04
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	10	10	10
是否满足要求	满足	满足	满足

(2) 侧屏蔽墙泄漏辐射的屏蔽效果 (f、g、k)

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》(GBZ/T201.2-2011)“4.3.2.4 a) 加速器靶点位于 O₂ (偏离 O 点 1m) 时，k 点辐射剂量率最大，泄漏辐射起决定性作用。”因此 k 点主要考虑泄漏辐射。

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》(GBZ/T201.2-2011)“4.3.2.3 f 点的屏蔽厚度应按加速器的泄漏辐射估算，以位置 O 点为中心”，因此 f 点主要考虑泄漏辐射。

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中 TVL_l 、 TVL 为《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》(GBZ/T201.2-2011)附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。预测点位的泄漏辐射剂量率估算结果如下表所示。

表 11.2-7 预测点位泄漏辐射剂量率估算结果 (10MV, 常规模式)

参数	侧屏蔽墙		
	f 点 (迷道外墙)	k 点 (迷道外墙)	g 点 (迷道内墙)
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土
设计厚度 X (cm)	120+140	140	120
斜射角 $\Theta(^{\circ})$	0	0	30
有效厚度 X_e (cm)	260	140	138.6
距离 R (m)	9.267	9.853	9.231
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	3.60E+08	3.60E+08	3.60E+08
f	0.001	0.001	0.001
B	5.52E-09	4.10E-05	4.56E-05
TVL_l (cm)	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31
$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	2.31E-05	1.52E-01	1.93E-01
$\dot{H}_c(\mu\text{Sv/h})$	2.5	10	6
是否满足要求	满足	满足	满足

表 11.2-8 预测点位泄漏辐射剂量率估算结果 (6MV, FFF 模式)

参数	侧屏蔽墙		
	f 点 (迷道外墙)	k 点 (迷道外墙)	g 点 (迷道内墙)
屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土
设计厚度 X (cm)	120+140	140	120
斜射角 $\Theta(^{\circ})$	0	0	30
有效厚度 X_e (cm)	260	140	138.6
距离 R (m)	9.267	9.853	9.231
$\dot{H}_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08

f	0.001	0.001	0.001
B	1.61E-09	2.21E-05	2.48E-05
TVL_I (cm)	34	34	34
TVL (cm)	29	29	29
$\dot{H}$ (μ Sv/h)	1.58E-05	1.91E-01	2.44E-01
$\dot{H}_c$ (μ Sv/h)	2.5	10	6
是否满足要求	满足	满足	满足

(3) 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果 (c_1/c_2 、 d_1 、 m_1)

①泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量估算方法与有用线束相同，其中 TVL_I 、 TVL 为《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》(GBZ/T201.2-2011) 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

②患者一次散射辐射的剂量估算

首先按式 11.2-2 计算有效厚度 X_e (cm)，接着按式 11.2-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按式 11.2-5 计算辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11.2-5})$$

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， μ Sv·m²/h；

α_{ph} ——患者 400cm² 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 400cm² 面积上的散射因子；

F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；

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。

泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测如下表所示。

表 11.2-9 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测（10MV，常规模式）

辐射类型	参数	西墙 (c_1)	西墙 (c_2)	东墙 (d_1)	顶棚 (m_1)
散射辐射	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	/
	斜射角 θ (°)	30°	30°	30°	/
	有效厚度 X_e (cm)	173.2	161.7	173.2	222.5
	距离 R_s (m)	7.779	7.93	7.357	6.742
	$\dot{H}_0$ (μ Sv·m ² /h)	8.40E+08			

	α_{ph}	1.39E-03	1.39E-03	1.39E-03	2.77E-03
	F (cm ²)	1600	1600	1600	1600
	TVL_l (cm)	28	28	28	28
	TVL (cm)	28	28	28	28
	B	6.52E-07	1.68E-06	6.52E-07	1.13E-08
	$\dot{H}$ (μSv/h)	4.93E-02	1.23E-01	5.51E-02	1.14E-03
泄漏辐射	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	/
	斜射角 $\theta(^{\circ})$	30°	30°	30°	/
	有效厚度 X_e (cm)	173.2	161.7	173.2	222.5
	距离 R (m)	7.779	7.93	7.357	6.742
	$\dot{H}_0$ (μSv.m ² /h)	3.60E+08			
	f	0.001	0.001	0.001	0.001
	TVL_l (cm)	35	35	35	35
	TVL (cm)	31	31	31	31
	B	3.48E-06	8.21E-06	3.48E-06	8.95E-08
总辐射	$\dot{H}$ (μSv/h)	2.07E-02	4.70E-02	2.32E-02	7.08E-04
	$\dot{H}_{总}$ (μSv/h)	7.00E-02	1.70E-01	7.83E-02	1.85E-03
	导出剂量控制限值 (μSv/h)	10	2.5	10	10
	是否满足要求	满足	满足	满足	满足

注：顶棚（m₁）有效厚度 X_e 为 CAD 实测值。

表 11.2-10 泄漏辐射和患者一次散射的屏蔽效果预测（6MV，FFF 模式）

辐射类型	参数	西墙（c ₁ ）	西墙（c ₂ ）	东墙（d ₁ ）	顶棚（m ₁ ）
散射辐射	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	/
	斜射角 $\theta(^{\circ})$	30°	30°	30°	/
	有效厚度 X_e (cm)	173.2	161.7	173.2	222.5
	距离 R _s (m)	7.779	7.93	7.357	6.742
	$\dot{H}_0$ (μSv.m ² /h)	8.40E+08			
	α_{ph}	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03
	F (cm ²)	1600	1600	1600	1600
	TVL_l (cm)	26	26	26	26
	TVL (cm)	26	26	26	26
	B	2.18E-07	6.06E-07	2.18E-07	2.77E-09
	$\dot{H}$ (μSv/h)	3.35E-02	8.97E-02	3.75E-02	5.67E-04
	$\dot{H}_0$ (μSv.m ² /h)	8.40E+08			
泄漏辐射	屏蔽材料	混凝土	混凝土	混凝土	混凝土
	设计厚度 X (cm)	150	140	150	/
	斜射角 $\theta(^{\circ})$	30°	30°	30°	/
	有效厚度 X_e (cm)	173.2	161.7	173.2	222.5
	距离 R (m)	7.779	7.93	7.357	6.742
	$\dot{H}_0$ (μSv.m ² /h)	8.40E+08			

	f	0.001	0.001	0.001	0.001
	TVL_l (cm)	34	34	34	34
	TVL (cm)	29	29	29	29
	B	1.58E-06	3.96E-06	1.58E-06	3.16E-08
	$\dot{H}$ (μ Sv/h)	2.20E-02	5.29E-02	2.46E-02	5.84E-04
	$\dot{H}_{总}$ (μ Sv/h)	5.55E-02	1.43E-01	6.21E-02	1.15E-03
总辐射	导出剂量控制限值 (μ Sv/h)	10	2.5	10	10
	是否满足要求	满足	满足	满足	满足
注：顶棚 (m_1) 有效厚度 X_e 为 CAD 实测值。					

(4) 防护门外辐射剂量

直线加速器运行时有用线束不向迷道照射, 加速器迷道入口处的辐射剂量主要考虑散射辐射剂量率和泄漏辐射。

a、散射辐射剂量率计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot \dot{H}_0 \quad (\text{式 11.2-6})$$

式中： $\dot{H}_g$ —g 处的散射辐射剂量率， μ Sv/h；

α_{ph} —患者 400cm² 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；

a_2 ——砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45°，散射角为 0°， α_2 值见 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.6，通常取 0.5MeV 栏内容；

A——i 处的散射面积，m²；

R_1 ——“o-i”之间的距离，m；

R_2 ——“i-g”之间的距离，m；

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， μ Sv•m²/h。

患者散射经迷道内口散射至关注点 g 点处的辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11.2-11 关注点F点处的散射辐射剂量率计算参数及结果（10MV，常规模式）

关注点	$\dot{H}_0$ (μ Sv•m ² /h)	α_{ph}	a_2	A (m ²)	F (cm ²)	R_1 (m)	R_2 (m)	$\dot{H}_g$ (μ Sv/h)
F点	3.60E+08	1.35E-03	2.2E-02	11.84	1600	7.658	10.645	76.2

表 11.2-12 关注点F点处的散射辐射剂量率计算参数及结果（6MV，FFF模式）

关注点	$\dot{H}_0$ (μ Sv•m ² /h)	α_{ph}	a_2	A (m ²)	F (cm ²)	R_1 (m)	R_2 (m)	$\dot{H}_g$ (μ Sv/h)
F点	8.40E+08	1.39E-03	2.2E-02	11.84	1600	7.658	10.645	177.8

b、泄漏辐射经迷道内墙屏蔽后在迷道外口处的辐射剂量率

见表 11.2-7 和 11.2-8。

c、经屏蔽后防护门外g点的辐射剂量率

本项目加速器机房防护门为内衬 10mm 铅板，防护门外剂量按下式计算：

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-\left(\frac{X}{TVL}\right)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{式 11.2-7})$$

式中： $\dot{H}$ —防护门外的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

$\dot{H}_{og}$ —g 处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

X ——防护门厚度，mm；

TVL ——辐射在屏蔽体中平衡什值层；

表 11.2-14 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果（10MV，常规模式）

关注点	$\dot{H}_g$ ($\mu\text{Sv/h}$)	X (mm)	TVL (mm)	$\dot{H}_{og}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
F点	76.2	15	5	1.93E-01	2.69E-01

表 11.2-15 防护门外的辐射剂量率计算参数及结果（6MV，FFF模式）

关注点	$\dot{H}_g$ ($\mu\text{Sv/h}$)	X (mm)	TVL (mm)	$\dot{H}_{og}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
F点	177.8	15	5	2.44E-01	4.22E-01

（5）预测计算汇总及评价

直线加速器机房墙、顶、门外关注点处辐射剂量率估算结果汇总见下表。

表 11.2-16 各关注点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	10MV 常规模式 预测剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	6MVFFF 模式 预测剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控 制水平值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足 控制要求
a	西墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，预留机房	1.10E-01	2.97E-02	10	满足
b	东墙（主屏蔽墙的主屏蔽区）外 30cm 处，1 号直线加速器机房	1.10E-01	2.97E-02	10	满足
c ₁	西墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外， 预留机房	7.00E-02	5.55E-02	10	满足
c ₂	西墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外， 计划治疗室	1.70E-01	1.43E-01	2.5	满足
d ₁	东墙（主屏蔽墙的次屏蔽区）外 30cm 处，1 号直线加速器机房	7.83E-02	6.21E-02	10	满足
k	南墙外 30cm 处，配电房	1.52E-01	1.91E-01	10	满足
f	南墙外 30cm 处，2 号直线加速 器机房控制室	2.31E-05	1.58E-05	2.5	满足
g	加速器机房防护门外 30cm 处	2.69E-01	4.22E-01	6	满足
m ₁	机房迷道顶部 30cm 处，即配电 房	1.85E-03	1.15E-03	10	满足
l	机房治疗室顶部 30cm 处，即院	6.95E-04	1.05E-04	10	满足

	内绿化及道路						
--	--------	--	--	--	--	--	--

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）及《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）中的剂量率参考控制水平。

11.2.1.3 年有效剂量预测分析

本项目加速器年束束时间为 333.33h。根据各关注点的剂量率，对本项目职业人员及周围的公众人员进行年有效剂量估算。

①关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U \quad (11.2-8)$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射年有效剂量，Sv；

D_r ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——年工作时间，h；

T ——居留因子；

U ——使用因子，U取1。

②职业人员和周围公众人员年有效剂量见下表：

表 11.2-9 直线加速器辐射工作人员及公众年有效剂量估算结果

保护目标	关注点	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	与关注点 距离 (m)	T	年有效剂量 (mSv)	备注
南侧控制室	f	2.31E-05	333.33	紧邻	1	7.70E-06	职业
西侧预留机房	a	1.10E-01	333.33	紧邻	1/2	1.83E-02	职业
西侧计划治疗室	c2	1.70E-01	333.33	紧邻	1	5.67E-02	职业
东侧1号直线加速器机房	b	1.10E-01	333.33	紧邻	1/2	1.83E-02	职业
南侧配电房	k	1.91E-01	333.33	紧邻	1/16	3.98E-03	公众
南侧防护门外	g	4.22E-01	333.33	紧邻	1/8	1.76E-02	公众
负一层配电房	m1	1.85E-03	333.33	紧邻	1/16	3.85E-05	公众
一层院内绿化及道路	l	6.95E-04	333.33	紧邻	1/16	1.45E-05	公众
东侧道路	l	6.95E-04	333.33	16	1/16	5.66E-08	公众
东侧锅炉房	l	6.95E-04	333.33	40	1/16	9.05E-09	公众
东侧2号楼	l	6.95E-04	333.33	42	1	1.31E-07	公众

南侧道路	1	6.95E-04	333.33	42	1/16	8.21E-09	公众
西侧道路	1	6.95E-04	333.33	46	1/16	6.84E-09	公众
北侧支三路	1	6.95E-04	333.33	8	1/16	2.26E-07	公众
北侧昌苑小区	1	6.95E-04	333.33	18	1	7.15E-07	公众
北侧聚贤苑	1	6.95E-04	333.33	23	1	4.38E-07	公众
注：由于本项目2号直线加速器机房位于负二层，对于周边非紧邻公众其的年有效剂量考虑距离的衰减进行简单估算。							

由上表可知，本项目加速器运行过程中控制室内辐射工作人员有效剂量为 $7.70\text{E-}06\text{mSv/a}$ ，西侧计划治疗室内辐射工作人员有效剂量为 $5.67\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。

本项目加速器运行过程中机房相邻区域公众有效剂量为 $1.76\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。因 X 射线的辐射剂量率随关注点与辐射源点之间距离的增加呈现衰减趋势，并且传播路径上还存在墙体或者其他阻挡物，会增加对 X 射线的屏蔽作用，故本项目评价范围内其他公众年有效剂量将低于本项目提出的 0.1mSv/a 的剂量约束值。

11.2.2 叠加分析

(1) 职业

因原直线加速器拟停止使用，本项目辐射工作人员均为现有肿瘤放疗科辐射工作人员调配，不存在兼岗和操作其他射线装置情况，因此不考虑辐射工作量人员兼岗的叠加影响。本项目直线加速器X射线最大能量为10MV，无需考虑对中子的屏蔽及感生放射性的影响，因此不考虑本项目辐射工作人员在机房内为患者摆位时感生放射性的影响。

根据放疗科平面布局可知，1号加速器机房和2号加速器机房东西并列，因此2号加速器机房西侧预留机房、计划治疗室等保护目标不叠加1号加速器机房对齐影响。

本项目2号直线加速器机房东侧为已批复1号直线加速器机房，需考虑本项目控制室辐射工作人员进入2号机房，在2号机房内为患者摆位时，受到1号直线加速器机房设备的辐射影响。因此根据《浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)新增电子直线加速器和ERCP射线装置项目环境影响报告表》中相关结论，1号直线加速器机房对西侧2号直线加速器机房内人员有效剂量为 $1.72\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。叠加后，本项目控制室辐射工作人员有效剂量为 $1.72\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。

同理，1号直线加速器机房控制室辐射工作人员在机房内摆位时，受到本项目设备的辐射影响。因此根据《浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)新增电子直线加速器和ERCP射线装置项目环境影响报告表》中相关结论，1号直线加速器机房控制室内辐射工作人员有效剂量为 $7.06\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，叠加后，1号直线加速器机房控制室内辐射工作人员有效剂量为 $8.89\text{E-}02\text{mSv/a}$ 。保守考虑1号和2号加速器同时投运后，均依托现有

辐射工作人员开展放射治疗工作，控制室内辐射工作人员同时兼岗2台设备，则考虑叠加后控制室内辐射工作人员有效剂量为 $1.06\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，低于本报告提出的 5mSv/a 的剂量约束值。

（2）公众

根据放疗科平面布局可知，本项目2号直线加速器机房东侧为已批复1号直线加速器机房，2间机房东西并列，因此考虑两间机房南侧防护门外公众、负一层配电房公众和一层院内绿化和道路公众的剂量叠加分析。

由于1号直线加速器机房暂未投入使用，因此根据《浙江省医疗健康集团衢州医院(浙江衢化医院)新增电子直线加速器和ERCP射线装置项目环境影响报告表》中相关结论，南侧防护门外公众有效剂量为 $5.27\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，叠加本项目影响后，为 $7.03\text{E-}02\text{mSv/a}$ ；负一层配电房公众有效剂量为 $1.09\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，叠加本项目影响后，为 $1.09\text{E-}02\text{mSv/a}$ ；一层院内绿化和道路公众有效剂量为 $1.74\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，叠加本项目影响后，为 $2.13\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，均仍低于本报告提出的 0.1mSv/a 的剂量约束值。

11.2.3其他环境影响分析

（1）废靶

加速器正常运行时，无废靶产生。如果冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。废靶由厂家回收。

（2）臭氧及氮氧化物

直线加速器运行过程中，X射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物。本项目直线加速器机房治疗室拟安装有效通风量不小于 $2000\text{m}^3/\text{h}$ 的风机进行通风，机房新风口设置在机房西侧天花板上，排风口设置在机房东北角和东南角墙角处，风管底部（排风口）离地 30cm ，送风口与排风口呈“上进下出，对角设置”设置，能够有效排出机房内臭氧和氮氧化物，排风管再沿墙体内壁，向上接近顶板处，从东北侧次屏蔽墙通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置。加速器机房治疗室面积为 64.6m^2 （含迷道），高 3.7m ，体积为 239m^3 ，通风换气次数不小于 8次/h ，能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室换气次数应不小于 4次/h ”的要求。排气口设置于所在建筑屋顶，不在有门、窗或人员流量较大的过道等位置，产生的臭氧和氮氧化物排入大气环境后，对周围环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的辐射事故

直线加速器主要用于肿瘤放射治疗，其只有在治疗期间时才会产生 X 射线等，因此，该项目辐射事故多为人员误留或误入直线加速器机房产生的误照射事故，主要有：

(1) 安全联锁装置发生故障情况下，人员误入正在运行的机房而造成误照射。

(2) 工作人员或病人家属在防护门关闭后尚未撤离机房，设备运行，会对工作人员或病人家属产生不必要的照射。

(3) 工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

(4) 控制系统出现故障，加速器不能通过控制台停止出束，病人受到计划外照射。

11.3.2 事故预防措施

一旦发现有人误入或滞留与在运行的直线加速器机房，工作人员应立即利用最近的急停按钮切断设备电源，启动医院辐射事故应急预案。为防止辐射事故发生，应采取多种防范措施：

①控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

②条件显示联锁：具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当机房与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

③剂量控制联锁：有剂量监测系统，当吸收剂量未达到预选值时，照射终止。

④控制台上配置有独立于其他任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

⑤有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

⑥有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

⑦有安全联锁设施检查装置，保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑧有门-机联锁，机房门关闭后设备才能开机，被打开时会自动关机。

⑨有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

⑩控制台和机房内均安装有数个急停按钮。

⑪机房门外设置有工作状态指示灯和电离辐射警告标志。

⑫视频装置、双向交流对讲系统：机房和控制室之间安装有视频装置、双向交流

对讲系统。

11.3.3 机房的安全保卫措施

为确保项目各辐射工作场所的安全，医院拟采用的安全保卫措施如下：

（1）防火措施：各机房四周为实体结构墙体隔断，机房周围均没有易燃、易爆、腐蚀性等其他一切物品。

（2）防水措施：机房四周墙体防水性强，防水设计施工由专业施工队伍进行施工，对容易造成局部损坏的薄弱部位设置增强层。

（3）防盗措施：各辐射工作场所拟安装摄像头，和医院保卫科监控系统连接起来，且有保安人员 24h 巡逻和值班。

（4）防丢失和破坏措施：各辐射工作场所纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏。

（5）防射线泄漏措施：本项目机房由具有资质的单位设计、经计算满足环保要求。

综上，本项目各辐射工作场所的防火、防水、防盗、防丢失和防破坏以及防射线泄漏六防措施可行。

11.3.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《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》（环发[2006]145 号）有关规定，医院应更新和完善现有辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 机构设置

根据《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许可管理办法》等相关要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 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。

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）已按照《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许可管理办法》等有关法律法规，结合卫生、生态环境等行政主管部门的规章制度，成立了浙江衢化医院放射安全防护领导小组（详见附件 6），落实辐射安全责任制度，并明确了相关成员名单及职责。该放射安全领导小组的基本组成涵盖射线装置的管理与使用等相关部门，明确了组成人员及相关职责，故建设单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足辐射管理工作的要求。若辐射安全与环境保护管理机构成员发生变动，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目配备 12 名辐射工作人员，均由肿瘤放疗科辐射工作人员调配，根据医院提供的职业健康体检报告，现有辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

医院应建立本项目工作人员职业健康档案，本项目工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托有相关资质的单位对辐射工作人员进行职业健康检查。

（2）辐射工作人员培训

医院现有辐射工作人员，均参加了浙江省卫生监督所组织的放射防护知识培训或生态环境部国家核技术利用辐射安全与防护培训并培训合格。本项目辐射工作人员均由肿

瘤放疗科辐射工作人员调配。

医院应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《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》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）、《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号），医院应及时组织从事使用 II 类射线装置操作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参加相应类别培训学习，并报名集中考核，考核合格后方可上岗，从事辐射工作期间按时接受再培训和考核。

（3）个人剂量检测

医院现有辐射工作人员全部配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立了个人剂量档案。根据医院提供的 2024 年 12 月~2025 年 12 月个人剂量计检测报告可知，医院现有辐射工作人员的年有效剂量检测结果最大值为 0.57mSv，满足工作人员剂量约束值低于 5mSv/a 的要求。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量检测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人检测档案应终生保存。建设单位应设专人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、体检报告、个人剂量检测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门档案检查的要求。

12.1.3 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用射线装置的单位，应当对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和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。

医院已自行编制《2025 年度辐射安全与防护状况评估报告》，对现有辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置及非密封放射性物质台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。本项目运行后，医院拟将本项目纳入现有评估体系。

12.2 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和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法规要求，使用放射性同位素、射线装置的单位，应有“健全的操作

规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）已制定《辐射事故应急预案》《放射安全防护制度》《放射诊疗装置维护维修制度》《工作场所、人员监测及培训、体检制度》《辐射防护用品管理制度》《受检者危害告知和防护制度》《防护档案管理制度》《放射治疗工作场所安全管理制度》《直线加速器操作规程》等辐射防护管理制度，现有辐射防护管理制度基本满足医院现有辐射活动辐射安全和防护管理的要求，医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善。

医院在完善、补充现有辐射防护管理制度后，现有辐射防护管理制度基本可以满足本项目从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求，医院应将制定的所有规章制度中关于操作规程、辐射工作人员岗位职责和应急响应程序等内容张贴上墙，各辐射工作场所日常工作中严格按照各种制度执行，防止辐射事故的发生。

医院应对相关资料进行分类归档，根据环境影响评价文件、竣工环境保护验收文件、单位辐射工作文件、辐射安全许可证、年度评估报告、辐射安全和防护管理制度、工作人员辐射防护等文件要求建立不同类别的档案，并安排专人对核技术利用项目环保相关文件及档案进行管理。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目单位需建立辐射监测制度，包括工作场所、环境监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射监测等仪器。根据以上要求，结合医院实际情况，本项目辐射工作场所可依托肿瘤放疗科原有 1 台辐射监测仪，辐射工作人员已配备 3 台个人剂量报警仪，详见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作场所辐射监测仪器拟配置情况

工作场所	监测仪器	配置情况说明	备注
肿瘤放疗科	便携式 X- γ 射线巡测仪	1 台	依托现有，型号 FJ3200
	个人剂量报警仪	3 台	依托现有，型号 ZY8000

12.3.2 工作场所、环境监测

(1) 年度监测

继续委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并上传至核技术利用平台。

(2) 日常自行监测

定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

(3) 验收监测

项目建成、设备调试正常后，医院需委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，出具验收监测报告。

(4) 监测内容和要求

监测依据：《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）。

监测内容：周围剂量当量率、个人剂量当量。

监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

监测范围：控制区和监督区域及周围环境。

表 12-2 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	2号直线加速器机房	周围剂量当量率	1次/年	按照国家规定进行计量检定	机房四周屏蔽墙外30cm处、顶棚（负一层配电房、一层室外道路及绿化）、控制室内操作位、防护门，以及其他关注点处（可参考图11.2-1~图11.2-3）	委托有资质的单位监测
日常监测			1次/季度			自行监测
验收监测			项目建成后3个月内			委托有资质的单位监测
个人剂量监测	/	个人剂量当量	最长不超过三个月	个人剂量计	所有辐射工作人员	委托有资质的单位监测

12.3.3 个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月。

医院应将各季度发送的个人剂量计定期送往有资质的单位进行检测。如果在单个季度出现个人剂量超过1.25mSv时，医院需进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报

告，并经当事人签字，后续采取措施避免同类事件再次发生。年剂量超过5mSv的管理限值时，医院应暂停该辐射工作人员继续从事放射工作，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，经当事人签字，并上报当地生态环境主管部门，后续采取相关的预防和处理措施。检测报告及有关调查报告应存档备查。

个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同辐射工作场所年度监测报告一起作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

辐射工作人员个人剂量档案内容应包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等信息，个人剂量档案应终生保存。

12.4 竣工环保验收

医院应根据核技术利用项目的开展情况，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）、《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）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、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成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.5 辐射事故应急

根据国务院令 第449号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- 1、应急机构和职责分工；
- 2、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；
- 3、辐射事故分级与应急响应措施；
- 4、辐射事故的调查、报告和处理程序。

医院已制定有《辐射事故应急预案》（见附件7）。对照上述要求，现有辐射事故应急预案包括了辐射事故应急工作领导小组的成立及对应职责、辐射事故分级、辐射事故应急响应的处置、辐射事故应急响应的解除、救助装备保障、应急人员的培训演习等，该应急预案能够满足相关要求。

在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要

防范措施，并根据要求在 2h 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，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

参考《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》第十二条“企业结合环境应急预案实施情况，至少每三年对环境应急预案进行一次回顾性评估”。建设单位应每三年对《辐射事故应急预案》进行一次全面的评估，并根据评估结果及时对《辐射事故应急预案》进行修订。同时，如果出现重大变化，也需要及时进行修订。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）拟在 8 号楼负二层肿瘤放疗科预留 2 号直线加速器机房内新增 1 台 Infinity 型直线加速器（X 射线最大能量为 10MV，属 II 类射线装置），该设备集成配套 1 套锥形束 CT（CBCT）影像引导设备（最大管电压 150kV，最大管电流 500mA）。直线加速器机房南侧建设控制室、服务器机房和水冷机房等配套用房。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目 2 号直线加速器机房位于 8 号楼负二层，为原有预留机房。直线加速器机房四侧屏蔽墙体及顶棚为普通混凝土防护，防护门为铅门，其防护效果满足要求，直线加速器机房内设有“L”型迷道。防护门设置门灯联锁、门机联锁和工作状态指示灯，防护门内设紧急开门装置，防护门外设置电离辐射警告标志，机房内和控制室均设置急停开关，设置视频监控和对讲系统，迷道内口设置有固定式剂量率报警仪等辐射安全设施。

在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

本项目机房的屏蔽防护设计方案能达到《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）、《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》等标准的要求。

（2）辐射安全管理结论

浙江省医疗健康集团衢州医院（浙江衢化医院）已成立浙江衢化医院放射安全防护领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；医院应认真落实各项规章制度，并根据本项目特点，对已制定的相关规章制度进行更新和完善；医院已对辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案，医院应及时组织本项目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参加相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）辐射影响分析结论

本项目的运行期主要污染因子为 X 射线。由理论预测结果可知，本项目直线加速器机房屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。本项目所致工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“限值”的要求，也低于本项目提出的年剂量约束值即工作人员 5mSv/a 和公众 0.1mSv/a。

（2）三废影响分析

本项目机房设置强制排风系统，通风换气次数不低于 8 次/h，机房内产生的臭氧、氮氧化物对周围环境影响很小；对于直线加速器检修更换或退役时拆卸下来的废靶，由设备生产厂家回收；本项目三废正常情况下不会对环境造成明显影响。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策符合性分析结论

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目为医院新增1台直线加速器，医院配套核技术利用项目，属于第一类“鼓励类”第三十七项“卫生健康”中第1条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，为国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目建设的根本目的在于开展放疗工作、治病救人，实践过程中采取了可能的辐射防护措施，经预测分析，本项目运行后，在给患者带来利益的同时，引起的对工作人员和公众人员的照射剂量满足国家辐射防护安全标准的要求，同时满足根据最优化原则设置的项目管理约束值的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”要求。

（3）选址合理性分析结论

本项目辐射工作场所布置在满足医疗流程完整、顺畅运行的前提下，充分考虑了周围环境的影响和辐射类项目尽量集中设置，机房相邻区域没有产科、儿科病房等敏感人群长时间集中停留的场所，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关要求，因此项目选址合理。

（4）“衢州市生态环境分区管控动态更新方案”符合性分析结论

本项目为医疗机构核技术利用项目，经分析，项目符合《衢州市生态环境分区管控

方案动态更新方案》的要求。

(5) 项目可行性

综上所述,本项目的选址和布局合理可行,医院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,运行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。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

医院应加强辐射安全教育培训,提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行辐射防护措施自觉性,杜绝辐射事故的发生。

13.2.2 承诺

①严格按照本次报批核技术利用项目类型和范围进行建设,后续采购设备的技术参数不得突破本次预测评价采用的参数,若发生变动,将按要求办理相关环保手续。

②严格按照本报告的屏蔽设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。项目竣工后正式运行前,对配套建设的环境保护设施进行验收,编制竣工环境保护验收报告。

③加强辐射工作人员的管理,监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查,并按要求建立保管辐射工作人员档案。

④制定完善各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案,并监督执行各项制度。按照辐射事故应急预案处理和上报辐射事故。

⑤严格执行辐射监测计划,发现问题及时整改。

⑥本项目环评审批后,及时重新申领辐射安全许可证。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日