

编号：BG-ZFFB26220007

核技术利用建设项目

苏州君奥肿瘤医院有限公司

放射诊疗改扩建项目

环境影响报告表

（公示稿）

苏州君奥肿瘤医院有限公司

2026 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

苏州君奥肿瘤医院有限公司

放射诊疗改扩建项目

环境影响报告表

建设单位名称：苏州君奥肿瘤医院有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：中国(江苏)自由贸易试验区苏州片区苏州工业园区星湖街

328 号创意产业园 17-A501-039

邮政编码：215000

联系人：[REDACTED]

电子邮箱：[REDACTED]

联系电话：[REDACTED]

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	13
表 3 非密封放射性物质.....	13
表 4 射线装置.....	14
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	15
表 6 评价依据.....	16
表 7 保护目标与评价标准.....	20
表 8 环境质量和辐射现状.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	40
表 10 辐射安全与防护.....	63
表 11 环境影响分析.....	89
表 12 辐射安全管理.....	136
表 13 结论与建议.....	142
表 14 审批.....	147

表 1 项目基本情况

建设项目名称		苏州君奥肿瘤医院有限公司放射诊疗改扩建项目					
建设单位		苏州君奥肿瘤医院有限公司					
法人代表			联系人		联系电话		
注册地址		中国(江苏)自由贸易试验区苏州片区苏州工业园区星湖街 328 号 创意产业园 17-A501-039					
项目建设地点		苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东 苏州君奥肿瘤医院门诊医技楼					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)		4200	项目环保投资 (万元)	45	投资比例(环保 投资/总投资)	1.07%	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			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 建设单位概况 苏州君奥肿瘤医院有限公司拟在苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东建设苏州君奥肿瘤医院(以下简称“医院”),医院主要建设北塔楼(VIP 住院楼)、门诊医技楼、科研楼、南塔楼(普通住院楼)、后勤楼等,并配套建设环保设施、消防系统、绿化、道路、停车场等及其他辅助工程,总占地面积 35989m²,总建筑面积约 201358m²(其中地上建筑面积约 136758m²,地下建筑面积约为 64600m²)。医院规划日门诊量 1300 人次/日,病房 700 张床位。 《苏州君奥精准医学有限公司建设苏州君奥医院项目环境影响报告书》已取得苏州工业园区生态环境局出具的建设项目环保审批意见(见附件 3),其批复内容包含了除核技术利用以外的建设内容。目前医院主体建筑已建成,尚未投入运营。						

苏州君奥精准医学有限公司和苏州君奥肿瘤医院有限公司均为上海君实生物科技有限公司的子公司。苏州君奥精准医学有限公司为医院建筑的建设主体，负责规划、设计及施工等各项管理，因此《苏州君奥精准医学有限公司建设苏州君奥医院项目环境影响报告书》的建设单位为苏州君奥精准医学有限公司。苏州君奥肿瘤医院有限公司为医院的运营主体，主要负责提供医疗服务和后续办理辐射安全许可证，因此已批复的《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》以及本项目均以苏州君奥肿瘤医院有限公司为建设单位。

1.2 建设规模

医院核医学科项目、放疗科项目和介入手术项目于 2023 年取得江苏省生态环境厅的环评批复文件（文号：苏环辐（表）审〔2023〕61 号）后开始建设，拟建设 3 个乙级非密封放射性物质工作场所（核素制备场所、核素显像场所、核素治疗场所）、门诊二层内镜中心 1 间 DSA 机房和门诊四层手术中心 3 间 DSA 机房等。

2025 年医院对核医学科开展改扩建、对 DSA 机房开展改建，并取得江苏省生态环境厅的环评批复文件（文号：苏环辐（表）审〔2026〕1 号）。

目前医院主体建筑已建成，医院核技术利用项目暂未投入使用。

为进一步提高医院医疗服务水平，医院拟依托负一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，并优化 DSA 机房 1 屏蔽方案；拟调整负一层核医学科核素治疗场所平面布局，同时调整核素治疗场所 ^{131}I 甲状腺癌治疗项目和 ^{177}Lu 前列腺癌治疗项目开展情况。

医院已批复的核医学科核素制备场所、放疗科及门诊二层内镜中心 DSA 机房、四层手术中心其他 DSA 机房建设内容不做调整。

（1） ^{90}Y 树脂微球治疗项目

医院拟依托负一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目。本项目使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{90}Y 两种放射性核素，依托核医学科核素显像场所对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行贮存、质控、分装和 ^{90}Y 药物进行贮存、质控、分装；依托 SPECT/CT 机房进行扫描；利用 DSA 机房 1 内的 DSA 血管造影将 ^{90}Y 树脂微球通过肝动脉插管输注到肿瘤病灶，进行肝脏恶性肿瘤的放射治疗；最后依托核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房进行住院。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 评估阶段于周一至周五任意一天，核素显像场所所有诊疗项目结束后开展，

每周最多 2 名患者,每名患者最大 ^{99m}Tc 药物用量为 $1.85\times 10^8\text{Bq}$,每年最多 100 名患者; ^{90}Y 治疗阶段于每周六至周日开展,需订购 ^{90}Y 树脂微球,每瓶 ^{90}Y 树脂微球总活度为 $3.0\times 10^9\text{Bq}$,仅可供 1 名患者使用,每名患者最大使用量为 $2.5\times 10^9\text{Bq}$ 。由于 ^{90}Y 树脂微球治疗人数少,年治疗人数最多为 50 人,因此医院采用预约治疗,每周六先在四层 DSA 机房 1 内进行 ^{90}Y 树脂微球输注手术,手术完成后将患者转运至核医学科核素治疗场所 ^{90}Y 病房,住院 2 天后出院(周六~周日)。

核医学科核素显像场所分别于 2023 年和 2026 年取得江苏省生态环境厅的环评批复文件(文号:苏环辐(表)审〔2023〕61 号和苏环辐(表)审〔2026〕1 号),已许可的核素包括 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Zr 、 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 和 ^{223}Ra ,总日等效最大操作量为 $2.30\times 10^8\text{Bq}$,为乙级非密封放射性物质工作场所;其中 ^{99m}Tc 日最大操作量 $2.78\times 10^{10}\text{Bq}$,可满足本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗使用量($3.70\times 10^8\text{Bq}$),因此本次不新增 ^{99m}Tc 核素用量, ^{99m}Tc 日等效最大操作量保持不变,仍为 $2.78\times 10^7\text{Bq}$ 。

本项目依托核医学科核素显像场所现有场所及设施对 ^{90}Y 进行抽取、活度测量和扫描,不涉及增加场所和改变场所屏蔽;核素显像场所内 ^{90}Y 日等效最大操作量为 $3.0\times 10^7\text{Bq}$,叠加核素显像场所原有许可用量后,日等效最大操作量由 $2.30\times 10^8\text{Bq}$ 调整为 $2.60\times 10^8\text{Bq}$,仍为乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目拟优化 DSA 机房 1 屏蔽方案;根据本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗流程,需在 DSA 机房 1 使用 ^{99m}Tc 药物和 ^{90}Y 树脂微球(不在同一天操作),因此在计算 DSA 机房 1 日等效最大操作量时,需叠加 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 的日等效最大操作量;经计算可得,DSA 机房 1 日等效最大操作量为 $2.54\times 10^7\text{Bq}$,为乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目 ^{90}Y 患者需在核医学科核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房内住院,核素治疗场所内 ^{90}Y 日等效最大操作量为 $2.5\times 10^7\text{Bq}$ 。

(2) ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

核素治疗场所已批复 5 间核素病房(1 间双人病房+4 间单人病房),每周计划最多治疗 5 名 ^{131}I 甲癌患者和 1 名 ^{177}Lu 前列腺癌患者,核素治疗场所原放射性核素日等效最大操作量为 $3.52\times 10^9\text{Bq}$,为乙级非密封放射性物质工作场所。

本次拟对核素治疗场所平面布局进行扩大和平面布局优化调整,将原核素治疗场所住院走廊西侧功能用房区域调整为 3 间单人核素病房,将原卫生通过间区域扩大并调整为卫生通过间、抢救室、送餐间等功能用房,并依托西侧宣教室进行预约登记和患者住院前宣教;值班室位于放射性废物间 1 南侧。经调整后,核素治疗场所共设置 8 间核

素病房（3 间 ^{131}I 单人病房+3 间 ^{177}Lu 单人病房+1 间 ^{90}Y 单人病房+1 间预留病房）。

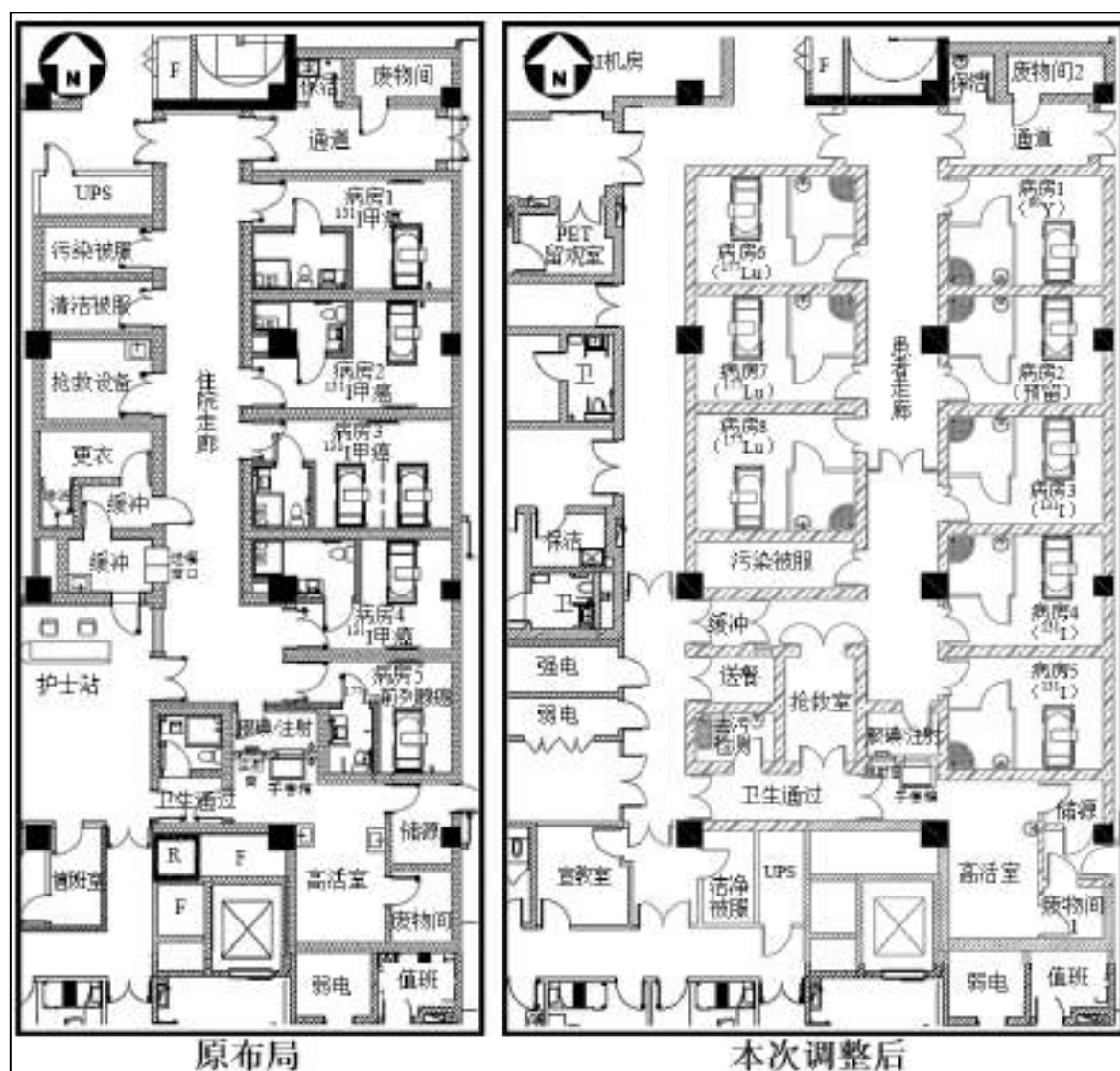


图 1.2-1 本项目核医学科核素治疗场所平面布局调整位置

核素治疗场所由原每周最多治疗 5 名 ^{131}I 甲癌患者和 1 名 ^{177}Lu 前列腺癌患者，调整为每周治疗 3 名 ^{131}I 甲癌患者、3 名 ^{177}Lu 前列腺癌患者和 1 名 ^{90}Y 肿瘤患者。 ^{131}I 甲癌治疗患者 3 人/周，患者住院 2~5 天，每年开展 50 周，年治疗患者 150 人，单人最大用药量 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ (150mCi)，日最大操作量 $1.67 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.67 \times 10^9 \text{Bq}$ ； ^{177}Lu 前列腺癌治疗患者 3 人/周，患者住院 2 天，开展治疗天数 50 周，年治疗患者 150 人次，单人最大用药量 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ (200mCi)，日最大操作量 $2.22 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.22 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

根据 ^{90}Y 树脂微球治疗流程， ^{90}Y 患者需在核医学科核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房内住院，核素治疗场所内 ^{90}Y 日等效最大操作量为 $2.5 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

综上所述，核素治疗场所放射性核素日等效最大操作量由 $3.52 \times 10^9 \text{Bq}$ 调整为

3.92×10⁹Bq，仍为乙级非密封放射性物质工作场所。

表 1.2-1 本项目新增/调整核素一览表

辐射工作场所	核素名称	单人最大用量 Bq	治疗人数	年最大治疗人数/人次	日最大操作量/Bq	日等效最大操作量/Bq	年最大用量/Bq
核素显像场所	^{99m} Tc	1.85×10 ⁸	2 人/周	100	3.70×10 ⁸	3.70×10 ⁵	1.85×10 ¹⁰
	⁹⁰ Y	3.0×10 ⁹	1 人/周	50	3.0×10 ⁹	3.0×10 ⁷	1.50×10 ¹¹
DSA 机房 1	^{99m} Tc	1.85×10 ⁸	2 人/周	100	3.70×10 ⁸	3.70×10 ⁵	1.85×10 ¹⁰
	⁹⁰ Y	2.5×10 ⁹	1 人/周	50	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁷	1.25×10 ¹¹
核素治疗场所	¹³¹ I	5.55×10 ⁹ (150mCi)	3 人/周	150	1.67×10 ¹⁰	1.67×10 ⁹	8.33×10 ¹¹
	¹⁷⁷ Lu	7.4×10 ⁹ (200mCi)	3 人/周	150	2.22×10 ¹⁰	2.22×10 ⁹	1.11×10 ¹²
	⁹⁰ Y	2.5×10 ⁹	1 人/周	50	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁷	1.25×10 ¹¹

表 1.2-2 医院核医学科增加核素后场所分级

辐射工作场所	核素名称	最大日操作量/Bq	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量/Bq	合计日等效最大操作量/Bq	分级
核素显像场所	⁹⁰ Y	3.0×10 ⁹	中毒 0.1	很简单操作 10	3.0×10 ⁷	2.60×10 ⁸	乙级
	原有核素日等效最大操作量				2.30×10 ⁸		
核素治疗场所	¹³¹ I	1.67×10 ¹⁰	中毒 0.1	简单操作 1	1.67×10 ⁹	3.92×10 ⁹	乙级
	¹⁷⁷ Lu	3.70×10 ¹⁰	中毒 0.1	简单操作 1	3.70×10 ⁹		
	⁹⁰ Y	2.5×10 ⁹	中毒 0.1	很简单操作 10	2.5×10 ⁷		
DSA 机房 1	^{99m} Tc	3.70×10 ⁸	低毒 0.01	很简单操作 10	3.70×10 ⁵	2.54×10 ⁷	乙级
	⁹⁰ Y	2.5×10 ⁹	中毒 0.1	很简单操作 10	2.5×10 ⁷		

注：核素显像场所已许可的 ^{99m}Tc 用量可满足本项目 ⁹⁰Y 树脂微球治疗使用量，因此本次不新增 ^{99m}Tc 核素用量，^{99m}Tc 核素日等效最大操作量不做改变。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法（日等效最大操作量计算公式为：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子），经计算，本项目建设单位核医学科核素显像场所新增 ⁹⁰Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 2.60×10⁸Bq；核医学科核素治疗场所调整 ¹³¹I 和 ¹⁷⁷Lu 核素治疗人数并新增 ⁹⁰Y 核素住院患者后的日等效最大操作量为 3.92×10⁹Bq；DSA 机房 1 新增 ⁹⁰Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 2.54×10⁷Bq；日等效最大操作量均属于 2×10⁷Bq~4×10⁹Bq 的范围，因此核医学科核素显像场所、核素治疗场所和 DSA 机房 1 均属于乙级非密封放射性物质工作场所。

（3）DSA

本项目对 DSA 机房 1 屏蔽方案进行优化，四侧屏蔽由铅板改为混凝土实心砖；DSA 机房 1 西侧原合用控制室分隔为 2 间 DSA 控制室。

DSA 机房 1 内设置 1 台 DSA, 型号未定, 最大管电压 125kV, 最大管电流 1000mA, 属于 II 类射线装置。

表 1.2-3 本项目射线装置建设内容及规模一览表

工作场所	设备名称	型号	最大管电压	最大管电流	管头数量	类别
DSA 机房 1	DSA	未定	125kV	1000mA	单管头	II 类

1.3 任务由来

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》有关规定, 并参照《核技术利用建设项目重大变动清单(试行)》可知, 本项目属于环评批复后建设内容重大变动情形, 需向原环评批复机构重新报批环境影响评价文件, 原批复审批内容不再实施, 未变动建设内容不再评价。

本次评价内容含使用 II 类射线装置, 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, 乙级非密封放射性物质工作场所”, 环境影响评价文件形式应编制环境影响报告表。

为此, 苏州君奥肿瘤医院有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“苏州君奥肿瘤医院有限公司放射诊疗改扩建项目”(简称“本项目”)的环境影响评价工作。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、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作, 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项目环境影响报告表。

1.4 人员配备及工作负荷

本项目辐射工作人员实行 8h 单班工作制度, 年工作日为 300 天。

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》内容, 核医学科核素显像场所、核素治疗场所和 DSA 机房 1 共配备辐射工作人员共 32 人; 由于本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目于周六至周日开展, 因此本次增加核素治疗场所辐射工作人员的配备。

表 1.4-1 拟配备人员情况表

工作场所		工作内容	人员配置	原拟配备人数	本次新增人数	合计拟配备人数
核素显像场所	问诊室、办公室、读片室	接诊、办公、读片	医生	4 人	/	4 人
	护士站、高活室	预约登记、放射性药物分	护士	4 人	/	4 人

		装、给药				
	PET 控制室	操作 PET/CT 和 PET/MR、患者摆位	技师	8 人	/	8 人
	SPECT 控制室	操作 SPECT/CT、患者摆位	技师	4 人	/	4 人
核素治疗场所	问诊室、办公室	接诊、办公、值班	医生	2 人	/	2 人
	宣教室、高活室、值班室	预约登记、放射性药物分装、给药、送餐、值班	护士	2 人	2 人	4 人
DSA 机房 1	DSA 机房 1	介入手术	医生	4 人	/	4 人
			护士	2 人	/	2 人
	DSA1 控制室	设备控制	技师	2 人	/	2 人
合计				32 人	2 人	34 人

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），本项目新增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相应类别培训学习，考核合格后上岗，并按时接受再培训。

1.5 项目选址及周邊环境保护目标

1.5.1 项目地理位置

苏州君奥肿瘤医院位于苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东，项目地理位置见附图 1。

1.5.2 医院周边概况

根据医院所在地块及周围规划红线图，医院东侧紧邻文星人才公寓；南侧为清宁路，隔路为南京大学苏州研究院；西侧为小河，隔河为公共绿地；北侧为小河，隔河为独墅湖大道。医院外环境关系见附图 2。

1.5.3 核技术利用项目与外环境四周关系

本项目核医学科（核素显像场所和核素治疗场所）位于门诊医技楼地下一层，核医学科东侧距离医院用地红线约 22m，红线外为文星人才公寓（评价范围主要为配套体育场）；南侧距离医院用地红线约 105m；西侧距离医院用地红线约 110m；北侧距离医院用地红线约 73m。

本项目 DSA 机房 1 位于门诊医技楼四层；机房东侧距离院内道路约 7m，距离医院东侧用地红线约 39m，红线外为文星人才公寓（评价范围主要为配套体育场）；南侧距离院内道路最近距离约 8m，距离绿化约 44m，距离医院用地红线约 76m；西侧距离院内道路最近距离约 71m，距离医院用地红线约 119m；北侧距离医院用地红线约 130m。

因此，本项目 50m 评价范围包括医院内部建筑物、道路和东侧文星人才公寓（评价范围主要为配套体育场）。项目总平面图见附图 3。

1.5.4 平面布局关系

医院拟依托负一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目。

^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目均于核素治疗场所内开展。

(1) 核素显像场所

^{90}Y 树脂微球治疗项目依托核素显像场所进行 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 贮存、质控、分装和 ^{90}Y 贮存、质控、分装；依托 SPECT/CT 机房进行扫描。核素显像场所分别设有北侧 PET 诊断区域（包括 PET 注射室、PET 注射后等候、PET 留观、PET/CT 机房、PET 患者走廊等）和南侧 SPECT 诊断区域（包括 SPECT 注射室、SPECT 注射后等候、SPECT 留观、SPECT/CT 机房、SPECT 患者走廊等）。

核素显像场所东侧为过道，再东侧为核素治疗场所；南侧为过道，再南侧为核医学科诊室；西侧为护士站和过道，再西侧为候诊大厅和楼梯间、更衣间、前室；北侧为过道，再北侧为核素制备场所；上方为影像科，下方为停车场。

(2) 核素治疗场所

^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目均于核素治疗场所内开展； ^{90}Y 树脂微球治疗项目依托核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房进行住院。

核素治疗场所设有 1 条患者走廊，走廊两侧共设置 8 间单人核素病房；走廊东侧从北至南设有核素病房 1~5，其中病房 1 为 ^{90}Y 核素病房，病房 2 为预留病房，病房 3~5 均为 ^{131}I 核素病房；走廊西侧从北至南设有核素病房 6~8，均为 ^{177}Lu 核素病房；核素病房内均设有专用卫生间，所产生的放射性废水均通过专用管道排入核素治疗场所衰变池组（池 1~池 4）。核素病房 5 西侧设有 1 间服碘/注射室，南侧设有 1 间高活室，并设有 1 扇服药窗（ ^{131}I 服药）和 1 扇注射窗（ ^{177}Lu 注射）。

核素治疗场所东侧为过道，再东侧为设备机房；南侧为值班室、弱电间；西南侧为核医学科诊室；西侧为过道，再西侧为核素显像场所；北侧为排烟机房和楼梯间；上方为影像科和院内道路，下方为人防地下室。

(3) DSA 机房 1

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目利用 DSA 机房 1 内的 DSA 血管造影术将 ^{90}Y 树脂微球通过肝动脉插管输注到肿瘤病灶，进行肝脏恶性肿瘤的放射治疗。DSA 机房 1 东、南、北三侧均为走廊，西侧为控制室、设备间和缓冲间；上层为转化医学科；下层为检验中心。

(4) 核医学科衰变池间

核医学科衰变池间位于门诊医技楼地下二层，上方为核医学科核素制备场所。

核医学科核素显像场所和核素治疗场所平面布置见附图 10，所在楼层平面布置见附图 5，对应的上层位置平面布置见附图 6，对应的下层位置平面布置见附图 4；DSA 机房 1 平面布置见附图 17，所在楼层平面布置见附图 8，对应的上层位置平面布置见附图 9，对应的下层位置平面布置见附图 7。

1.5.5 选址合理性分析

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目依托负一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 开展； ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目依托负一层核医学科核素治疗场所开展。

本项目核医学科位于门诊医技楼地下一层，核医学科核素制备场所、核素显像场所和核素治疗场所集中布置；且不毗邻食堂（核素显像场所与员工厨房最近距离 43m，核素显像场所北侧为核素制备场所，再北侧为电梯厅，具体位置见附图 5）、产科（医院不涉及该科室）、儿科（医院不涉及该科室）等部门及人员密集区，并与非放射性工作场所有明显的分界隔离。核医学科患者可乘坐核素显像场所东北侧核医学科专用电梯到达 1F，出口避开了门诊大厅、收费处等人群稠密区域；核医学科放射性废气由风机抽排至门诊医技楼楼顶（地上七层，楼高 39.9m）高出屋脊排放，排风口分别位于核素显像场所西侧楼梯间北侧排风井对应顶部、核素治疗场所北侧楼梯间西侧排风井对应顶部以及核素治疗场所高活室西侧排风井顶部位置，避开了周边高层建筑；排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。根据后文环境影响分析可知，经采取相应防护治理措施后，电离辐射对周围环境与公众的影响是可接受的。核医学科衰变池设置于门诊医技楼地下二层核医学科正下方的衰变池间内，周围活动人员较少，其选址便于核医学科放射性废液的收集衰变。

本项目 DSA 机房 1 机房周边设置了控制室、设备间等辅助用房，满足相关介入手术的开展；同时对 ^{90}Y 树脂微球治疗项目药物和患者转运设置人流量相对较小的固定路线，患者通过专用手术电梯进行转运，且电梯设置门禁系统，仅支持刷卡使用，转运时对电梯进行管制，避免无关人员使用。

综合上述，核医学科选址符合《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）关于核医学工作场所选址的相关要求，项目选址合理。

1.6 相关符合性分析

1.6.1 用地符合性分析

苏州君奥肿瘤医院位于苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东。项目地块历史上作为农田，不存在任何工业行为。项目用地已取得苏州工业园区国土环保局颁发的不动产权证（见附件 4），用地性质为医疗卫生用地。

1.6.2 实践正当性分析

苏州君奥肿瘤医院为三级专科医院，是苏州工业园区区域卫生一体化重点建设工程之一，建成后将进一步提升园区医疗水平及综合服务能力。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。

医院在核技术利用项目开展过程中，对射线装置和非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置和非密封放射性物质的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理非密封放射性物质和射线装置的情况下，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》（GB18871-2002）中“实践的正当性”原则。

1.6.3 生态环境分区管控相符性分析

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

根据《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号）、《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于苏州工业园区（含苏州工业园区综合保税区），为重点管控单元，环境管控单元编码：ZH32057120226，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照综合环境管控单元管控要求，本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求，本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件 9。

本项目的建设符合江苏省生态环境分区管控要求。

1.7 原有核技术利用项目情况

医院已委托编制《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》(文号：苏环辐(表)审〔2023〕61号)和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及DSA机房改建项目》(文号：苏环辐(表)审〔2026〕1号)。由于医院尚未建成，尚未运营，因此医院尚未领取辐射安全许可证。医院已批复的核技术利用项目如下：

表 1.7-1 已批复的放射源

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
1	¹⁹² Ir	5.55×10 ¹¹ /5.55×10 ¹¹ ×1	III类	使用	放射治疗	门诊医技楼地下一层放疗科后装机机房	放疗科后装机机房后装机内
3	⁶⁸ Ge	1.11×10 ⁸ /1.11×10 ⁸ ×1	V类	使用	PET校准	门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所	核医学科核素显像区储源室
4	⁶⁸ Ge	1.11×10 ⁸ /5.55×10 ⁷ ×2	V类	使用	PET校准	门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所	核医学科核素显像区储源室

表 1.7-2 已批复的非密封放射性物质

序号	核素名称	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	使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	生产	4.44×10 ¹⁰	4.44×10 ⁸	1.11×10 ¹³	制备 PET 用药物	门诊医技楼地下一层核医学科核素制备场所	药物合成、自动分装后转运至核素显像场所储源室
2	¹¹ C	生产	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁷	2.78×10 ¹¹			
3	¹³ N	生产	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁷	2.78×10 ¹¹			
4	⁶⁴ Cu	生产	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁷	2.78×10 ¹¹			
5	⁶⁸ Ga	生产	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁷	2.78×10 ¹¹			
6	⁸⁹ Zr	生产	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁸	2.78×10 ¹¹			
7	¹⁸ F	使用	1.48×10 ¹⁰	1.48×10 ⁷	1.11×10 ¹³	PET 显像诊断	门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所	核医学科核素制备场所回旋加速器制备完后运至核素显像场所储源室
		使用	4.44×10 ¹⁰	4.44×10 ⁶		备药		
8	¹¹ C	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	2.78×10 ¹¹	PET 显像诊断		
		使用	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁵		备药		
9	¹³ N	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	2.78×10 ¹¹	显像诊断		
		使用	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁵		备药		
10	⁶⁴ Cu	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	2.78×10 ¹¹	PET 显像诊断		
		使用	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁵		备药		
11	⁶⁸ Ga	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁶	2.78×10 ¹¹	PET 显像诊断		
		使用	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁵		备药		
12	⁸⁹ Zr	使用	1.85×10 ⁹	1.85×10 ⁷	2.78×10 ¹¹	PET 显像诊断		

		使用	5.55×10^9	5.55×10^6		备药		
13	^{99m}Tc	使用	2.78×10^{10}	2.78×10^7	6.94×10^{12}	SPECT 显像检查		由医院根据实际使用量订购, 派专人运送, 运输来的药物连同包装放置于核素显像场所储源室
14	^{89}Sr	使用	1.11×10^9	1.11×10^7	2.78×10^{11}	骨转移癌治疗		
15	^{223}Ra	使用	1.48×10^7	1.48×10^8	3.70×10^9	前列腺癌骨转移治疗		
16	^{131}I	使用	2.78×10^{10}	2.78×10^9	1.39×10^{12}	甲状腺癌治疗	门诊医技楼地下一层核医学科核素治疗场所	由医院根据实际使用量订购, 派专人运送, 运输来的药物连同包装放置于核素治疗场所储源室
17	^{177}Lu	使用	7.40×10^9	7.40×10^8	3.70×10^{11}	前列腺癌治疗		

表 1.7-3 已批复的射线装置

序号	名称	类别	数量	型号	技术参数	用途	工作场所
1	回旋加速器	II类	1	Cyclone KIUB E150	18MeV	核素制备	门诊医技楼地下一层核医学科核素制备场所回旋加速器机房
2	医用电子直线加速器	II类	3	待定	X 射线: 15MV/10MV 电子线: 22MeV	放射治疗	门诊医技楼地下一层放疗科 1~3 号加速器机房
3	X 射线立体定向放射外科治疗系统 (射波刀)	II类	1	待定	X 射线: 6MV	放射治疗	门诊医技楼地下一层放疗科射波刀机房
4	螺旋断层放射治疗系统 (TOMO)	II类	1	待定	X 射线: 6MV	放射治疗	门诊医技楼地下一层放疗科 TOMO 机房
5	DSA	II类	1	待定	最大管电压 150kV, 最大管电流 1250mA	影像诊断和介入治疗	门诊医技楼二层内镜中心 DSA 机房 1
6	DSA	II类	3	待定	最大管电压 125kV, 最大管电流 1000mA	影像诊断和介入治疗	门诊医技楼四层手术中心 DSA 机房 1~3
7	PET/CT	III类	1	待定	最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA	显像诊断	门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所 PET/CT 机房
8	SPECT/CT	III类	1	待定	最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA	显像诊断	门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所 SPECT/CT 机房
9	CT 模拟定位机	III类	2	待定	最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA	显像诊断	门诊医技楼地下一层放疗科 CT 模拟定位机房 1~2
10	CT	III类	1	待定	最大管电压 140kV, 最大管电流 1000mA	影像诊断	门诊医技楼四层手术中心 CT 机房

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
1	⁹⁰ Y	悬浮液，中毒	使用	3.0×10 ⁹	3.0×10 ⁷	1.50×10 ¹¹	肿瘤治疗	很简单操作	核医学科 核素显像场所	核素显像场所 储源室
2	¹³¹ I	液态，中毒	使用	1.67×10 ¹⁰	1.67×10 ⁹	8.33×10 ¹¹	甲状腺癌治疗	简单操作	核医学科 核素治疗场所	核素治疗场所 储源室
3	¹⁷⁷ Lu	液态，中毒	使用	2.22×10 ¹⁰	2.22×10 ⁹	1.11×10 ¹²	前列腺癌治疗	简单操作	核医学科 核素治疗场所	核素治疗场所 储源室
4	⁹⁰ Y	悬浮液，中毒	使用	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁷	1.25×10 ¹¹	肿瘤治疗	很简单操作	核医学科 核素治疗场所	不贮存
5	^{99m} Tc	液态，低毒	使用	3.70×10 ⁸	3.70×10 ⁵	1.85×10 ¹⁰	核素诊断	很简单操作	DSA 机房 1	不贮存
6	⁹⁰ Y	悬浮液，中毒	使用	2.5×10 ⁹	2.5×10 ⁷	1.25×10 ¹¹	肿瘤治疗	很简单操作	DSA 机房 1	不贮存

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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
1	DSA	II	1	待定	125	1000	介入治疗	门诊医技楼四层手术中心 DSA 机房 1	/

（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（ μ 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
核素制备场所和核素显像场所放射性废液（合计）	液态	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	/	425m ³ /a	总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$	暂存于 3 个并联衰变池中，每个衰变池有效容积不低于 30m ³ 。	贮存超过 33 天后（满足半衰期最长核素 ^{89}Zr 废水暂存十个半衰期），经监测符合清洁解控要求后经审管部门确认后排入医院污水处理站
核素治疗场所放射性废液（合计）	液态	^{177}Lu 、 ^{131}I 、 ^{90}Y	/	/	182.5m ³ /a	总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ ^{131}I 活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$	暂存于 3 个槽式衰变池中，每个衰变池有效容积不低于 70m ³ 。	暂存衰变超过 180 天后排入医院污水处理站
核素显像场所放射性固废（本项目新增）	固态	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	/	100kg/a	辐射剂量率处于本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm ² ， β 表面污染小于 0.8Bq/m ²	转移至核医学科核素显像场所放射性废物间内暂存	放射性固废（含 ^{90}Y 衰变超过 27 天，含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变超过 30 天，含 ^{177}Lu 衰变超过 68 天，含 ^{131}I 衰变超过 180 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 ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理
	固态	^{90}Y	/	/	52.5kg/a			
核素治疗场所放射性固废（合计）	固态	^{131}I	/	/	375kg/a		转移至核医学科核素治疗场所放射性废物间内暂存	
		^{177}Lu	/	/	150kg/a			
		^{90}Y	/	/	25kg/a			
核素治疗场所废活性炭（合计）	固态	^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y	/	/	80kg			
放射性废气	气态	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{90}Y 、 ^{177}Lu 、 ^{131}I	/	/	/	/	/	专用排风管道送至屋顶，由活性炭过滤后排放

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) 《中华人民共和国生态环境法典》(2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过), 自 2026 年 8 月 15 日起施行; (2) 《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; (3) 《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, 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), 中华人民共和国主席令第二十四号, 2018 年 12 月 29 日施行修订版; (4) 《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; (5) 《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 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; (6) 《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, 2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令 653 号修订, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (7) 《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 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修正, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修正, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修正, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 20 号修正), 2021 年 1 月 4 日施行修改版; (8) 《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 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行; (9) 《放射性废物安全管理条例》(2011 年 12 月 20 日中华人民共和国国
------	---

	务院令第 612 号公布），自 2012 年 3 月 1 日起施行； （10）《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； （11）《关于发布〈放射性废物分类〉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 日起施行； （12）《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； （13）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行； （14）《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），自 2020 年 1 月 1 日起施行； （15）《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），自 2021 年 3 月 15 日起施行； （16）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号），自 2016 年 3 月 7 日起施行； （17）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 22 日发布； （18）《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），自 2006 年 9 月 26 日起施行。 （19）《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 日中华人民共和国国务院令第 588 号修订），自 2011 年 1 月 8 日实施修订版； （20）《江苏省辐射污染防治条例》（江苏省第十届人民代表大会常务委员会公告第 142 号公布，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号修改），自 2018 年 5 月 1 日起施行修改版； （21）《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》（苏环规〔2019〕4 号），自 2019 年 11 月 19 日起施行； （22）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187 号），自 2021 年 11 月 9 日起施行；
--	---

	(23) 《江苏省国家级生态保护红线规划》(苏政办〔2018〕74 号), 自 2018 年 6 月 9 日起施行; (24) 《江苏省生态空间管控区域规划》(苏政发〔2020〕1 号), 自 2020 年 1 月 8 日起施行; (25) 《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》(江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布); (26)《苏州发布生态环境分区管控动态更新成果》(苏州市政府办公室 2024 年 7 月 12 日发布); (27) 《江苏省辐射事故应急预案》(苏政办函〔2020〕26 号), 自 2020 年 2 月 19 日起施行修订版。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016); (2) 《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); (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002); (4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021); (5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021); (6) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021); (7) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函〔2023〕20 号); (8) 《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020); (9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020); (10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019); (11) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002); (12) 《辐射事故应急监测技术规范》(HJ 1155-2020); (13) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ 1326-2023); (14) 《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T830-2024); (15) 《职业性内照射个人监测规范》(GBZ 129-2016); (16) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。

其他	(1) 《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编； (2) 《放射防护实用手册》，赵兰才、张丹枫； (3) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》； (4) 《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》及其批复（苏环辐（表）审〔2023〕61号）； (5) 《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》及其批复（文号：苏环辐（表）审〔2026〕1号）； (6) 建设单位提供的其它与本项目有关资料； (7) 项目委托书。
----	--

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辐射工作场所控制区边界外 50m 以内区域（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附图 3。

7.2 保护目标

根据附图 3 可知，本项目评价范围内主要为医院内部区域、和东侧文星人才公寓（评价范围内主要为配套体育场），人员分布主要为本项目工作场所内辐射工作人员和医院内活动的医患人员，以及东侧文星人才公寓内公众。

本项目评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等环境敏感区，且不涉及江苏省国家级生态保护红线和江苏省生态空间管控区域。本项目所在区域为重点管控单元，不占用优先保护单元，符合《江苏省 2023 年度生态环境分区管控动态更新成果公告》（江苏省生态环境厅 2024 年 6 月 13 日发布）和《苏州发布生态环境分区管控动态更新成果》（苏州市政府办公室 2024 年 7 月 12 日发布）的相关要求。

因此，本项目保护目标主要为本项目工作场所内辐射工作人员、医院内活动的医患人员，以及东侧文星人才公寓公众，具体详见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目环境保护目标一览表

项目		环境保护目标	方位	与辐射工作场所最近距离 m	规模	年剂量约束值
核医学科	核素显像场所	核素显像场所辐射工作人员	内部	/	共 20 人 (包括护士站人员)	职业人员 5.0mSv
		护士站辐射工作人员	西侧	紧邻	2 人/班，共 4 人	
		东侧过道其他工作人员及公众	东侧	紧邻	平时无人员逗留	公众 0.1mSv
		南侧过道其他工作人员及公众	南侧	紧邻	流动人员	
		过道其他工作人员及公众	西侧	紧邻	流动人员	
		北侧过道其他工作人员及公众	北侧	紧邻	流动人员	
		影像科其他工作人员及公众	正上方	紧邻	工作人员：约 20 人 其余为患者等流动人员	
		停车场公众	正下方	紧邻	流动人员	
	核	核素治疗场所辐射工作人员	内部	/	共 4 人	职业人

素 治 疗 场 所					(包括护士站人员)	员
		值班室辐射工作人员	南侧	紧邻	共 4 人 (包括医生+护士)	5.0mSv
		东侧过道其他工作人员及公众	东侧	紧邻	平时无人员逗留	公众 0.1mSv
		西侧过道其他工作人员及公众	西侧	紧邻	平时无人员逗留	
		排烟机房其他工作人员	北侧	紧邻	平时无人员逗留	
		院内道路公众	正上方	紧邻	流动人员	
		人防地下室公众	正下方	紧邻	平时无人员逗留	
	门诊医技楼 1F~10F 其他工作人员及公众		上方	0~50 ^①	工作人员: 约 200 人 其余为患者等流动人员	公众 0.1mSv
		门诊医技楼-2F 公众 ^②	下方	-5.3~0 ^③	流动人员	
		门诊医技楼-1F 其他工作人员及公众	四周	0~50	工作人员: 约 40 人 其余为患者等流动人员	
		院内道路公众	东侧	0~22	流动人员	
		文星人才公寓公众	东侧	22~50	200 人	
门 诊 医 技 楼 四 层 手 术 中 心	DS A 机 房 1	介入医护人员	内部	机房内	3 人/班, 共 6 人	职业人 员 5.0mSv
		DSA1 控制室辐射工作人员	西侧	紧邻	1 人/班, 共 2 人	公众 0.1mSv
		走廊公众	东侧、南 侧、北侧	紧邻	流动人员	
		DSA1 设备间其他工作人员	西侧	紧邻	平时无人员逗留	
		缓冲间其他工作人员	西侧	紧邻	平时无人员逗留	
		转化医学科其他工作人员	正上方	紧邻	平时无人员逗留	
	门诊医技楼 5F~15F 其他工作人员及公众		上方	0~50 ^④	工作人员: 约 200 人 其余为患者等流动人员	
		检验中心其他工作人员	正下方	紧邻	工作人员: 约 5 人	
		门诊医技楼-2F~3F 其他工作人员及公众	下方	-27.8~0 ^⑤	工作人员: 约 100 人 其余为患者等流动人员	
		门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众	四周	0~50	工作人员: 约 50 人 其余为患者等流动人员	
		院内道路公众	东侧	7~39	流动人员	
	院内道路公众		东侧	39~50	200 人	
			南侧	8~44	流动人员	
		绿化公众	南侧	44~50	流动人员	

注: ①以-1F 顶棚为 0m, “0~50”代表高于-1F 顶棚 0~50m;
②门诊医技楼地面以下共 2 层;
③以-1F 地面为 0m, “-5.3”代表低于-1F 地面 5.3m;
④以 4F 顶棚为 0m, “0~50”代表高于 4F 顶棚 0~50m;
⑤以 4F 地面为 0m, “-27.8”代表低于 4F 地面 27.8m。

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》(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； d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。
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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的 10%-30%范围之内。同时，根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目职业人员和公众剂量约束值如下：

对于职业人员，本项目取年有效剂量限值的四分之一，即不超过 5mSv 作为年剂量约束值；对于公众，本项目取年有效剂量限值 1mSv 的十分之一，即不超过 0.1mSv 作为年剂量约束值。

7.3.2 核医学科辐射工作场所评价标准

（1）辐射防护分区

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）：

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

（2）辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C，应按表 7.3-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-2 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

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。

(3) 表面污染控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11，对于工作场所的放射性表面污染，应满足表 7.3-3 的控制水平。

表 7.3-3 工作场所放射性表面污控制水平（Bq/cm²）

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 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
¹⁾ 该区内的高污染子区除外				

(4) 核医学科工作场所辐射剂量率控制水平

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）中的相关规定，本项目核医学科辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平见表 7.3-4。

表 7.3-4 本项目核医学科屏蔽体外周围剂量当量率控制水平

场所	位置		剂量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
核医学 工作场所	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	控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ）	2.5
		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 $< 1/2$ ）	10
	放射性药物分装的箱体、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

(5) 放射性废液排放控制要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定，结合本项目核素使用情况、衰变池设计情况，放射性废液排放满足以下要求：

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 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

（6）固体放射性废物排放控制要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定，固体放射性废物暂存和处理应满足以下要求：

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， α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm² 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）核医学工作场所通风要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），核医学工作场所通风要求如下：

6.3.1 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，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。

6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

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 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。

7.4.1 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。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周

期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

(8) 患者出院的管理要求

①根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 B，为确保放射治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，放射治疗患者出院时体内放射性活度应符合表 7.3-5 的要求、

表 7.3-5 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求

放射性核素	主要发射 (keV)			半衰期 (d)	患者出院时体内放射性活度要求 (MBq)
	$\beta_{\max}$	β_{ave}	γ 及 X		
^{90}Y	2284	934	-	2.67	≤ 2500
^{131}I	606	-	364	8.0207	≤ 400

②根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）7.2 患者出院的管理要求， ^{131}I 治疗的患者出院管理要求如下：

接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。

7.3.3 放射诊断工作场所评价标准

(1) 机房外剂量率控制水平

DSA 机房屏蔽体剂量率控制水平参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）相关规定：机房各侧屏蔽体外周围剂量当量率水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) 机房建设要求

DSA 机房有效使用面积及最小单边长详见表 7.3-6，机房屏蔽要求详见表 7.3-7，个人防护用品及辅助用品配置要求详见表 7.3-8。

表 7.3-6 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 ^d m ²	机房内最小单边长度 ^e m
单管头 X 射线设备 ^b （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
^b 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。		
^d 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。		
^e 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

表 7.3-7 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
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

由于本项目 DSA 为 C 形臂 X 射线设备，因此本项目保守采用“C 形臂 X 射线设备机房”的屏蔽防护铅当量厚度要求作为本次评价 DSA 机房 1 的执行标准。

表 7.3-8 个人防护用品好辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	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	—
注 1：“—”表示不做要求。 注 2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

7.3.4 参考资料

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，刘明、王承保。辐射防护，1993 年第 13 卷第 2 期。

表 7.3-9 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野 γ 辐射剂量率	道路 γ 辐射剂量率	室内 γ 辐射剂量率
范围	33.1~72.6	18.1-102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（s）	7.0	12.3	14.0

注：①上表数据不含宇宙射线电离成分；
 ②辐射现状评价时采用“测值范围”作为辐射环境本底水平范围进行评价。

7.3.5 本次核技术利用项目限值要求汇总

表 7.3-10 核医学科限值要求汇总

工作场所	剂量率控制水平	工作场所放射性表面污染控制水平			放射性废液浓度控制水平	放射性固废剂量率控制水平/表面污染控制水平
		位置	控制区	监督区		
核医学科	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的箱体非正对人员操作位外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 25μSv/h。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屏蔽结构外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。	工作台、设备、墙壁、地面	α 放射性物质（极毒性）不大于 4Bq/cm ²	α 放射性物质（极毒性）不大于 4×10 ⁻¹ Bq/cm ²	放射性废液最高允许排放浓度： 总 α 不大于 1.0Bq/L, 总 β 不大于 10Bq/L, ¹³¹ I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L	辐射剂量率满足所处环境本底水平, β 表面污染小于 0.8Bq/cm ²
			β 放射性物质不大于 4×10Bq/cm ²	β 放射性物质不大于 4Bq/cm ²		
		工作服、手套、工作鞋	α 放射性物质（极毒性）不大于 4×10 ⁻¹ Bq/cm ²			
			β 放射性物质不大于 4Bq/cm ²			
		手、皮肤、内衣、工作袜	α 放射性物质（极毒性）不大于 4×10 ⁻² Bq/cm ²			
			β 放射性物质不大于 4×10 ⁻¹ Bq/cm ²			
标准依据	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）	《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）、《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

表 7.3-11 DSA 机房 1 限值要求汇总

工作场所	机房防护设计要求	剂量率控制水平		工作场所放射性表面污染控制水平		
				位置	控制区	监督区
DSA 机房 1	最小有效使用面积不小于 20m ² ，最小单边长度不小于 3.5m	周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h	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的箱体非正对人员操作位外表面 30cm 处周围剂量当量率小于 25μSv/h。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屏蔽结构外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。	工作台、设备、墙壁、地面	β 放射性物质不大于 4×10Bq/cm ²	β 放射性物质不大于 4Bq/cm ²
	有用线束方向及非有用线束方向屏蔽防护铅当量均不小于 2.0mmPb			工作服、手套、工作鞋	β 放射性物质不大于 4Bq/cm ²	
	设置动力通风装置			手、皮肤、内衣、工作袜	β 放射性物质不大于 4×10 ⁻¹ Bq/cm ²	
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）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）		

表 7.3-12 本项目人员受照剂量限值要求汇总

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）	《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

(1) 项目地理位置

苏州君奥肿瘤医院项目拟建于苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东，地理位置见附图 1，医院周围环境见图 8.1-1。



图 8.1-1 医院周围环境照片

(2) 场所位置

本项目涉及场所分别位于门诊医技楼地下一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层 DSA 机房 1，辐射工作场所现状照片见图 8.1-2。





图 8.1-2 辐射工作场所现状照片

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

医院核医学科项目和介入手术项目（包含本项目 DSA 机房 1）均已取得江苏省生态环境厅批复。由于医院目前尚未建成，尚未投入运行，因此引用《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》的本底监测结果。

（1）《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》本底监测

①环境现状评价对象：拟建辐射项目地块

②监测因子： γ 辐射剂量率、 α 表面污染、 β 表面污染

③监测点位：监测时，拟建的辐射工作场所尚未建设完成，环境状况较为单一。考虑兼顾点位现状可到达性的条件下，在项目所在地块均匀布设监测点，并且在地块边界及周围环境状况不一致的区域布设监测点。



图 8.2-1 本项目监测点位示意图

(2) 《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》本底监测

(1) 环境现状评价对象：拟建辐射工作场所区域及周边环境

(2) 监测因子： γ 辐射剂量率、 α 表面污染、 β 表面污染

(3) 监测点位：监测时，本项目所在的门诊医技楼主体结构已建设完成，-1F 已完成隔断，4F 尚未隔断。因此本次在拟建辐射工作场所可到达位置进行监测点位布置，所布点位能反映本项目拟建辐射工作场所的辐射环境现状水平。综上所述，监测点位布设是合理的。

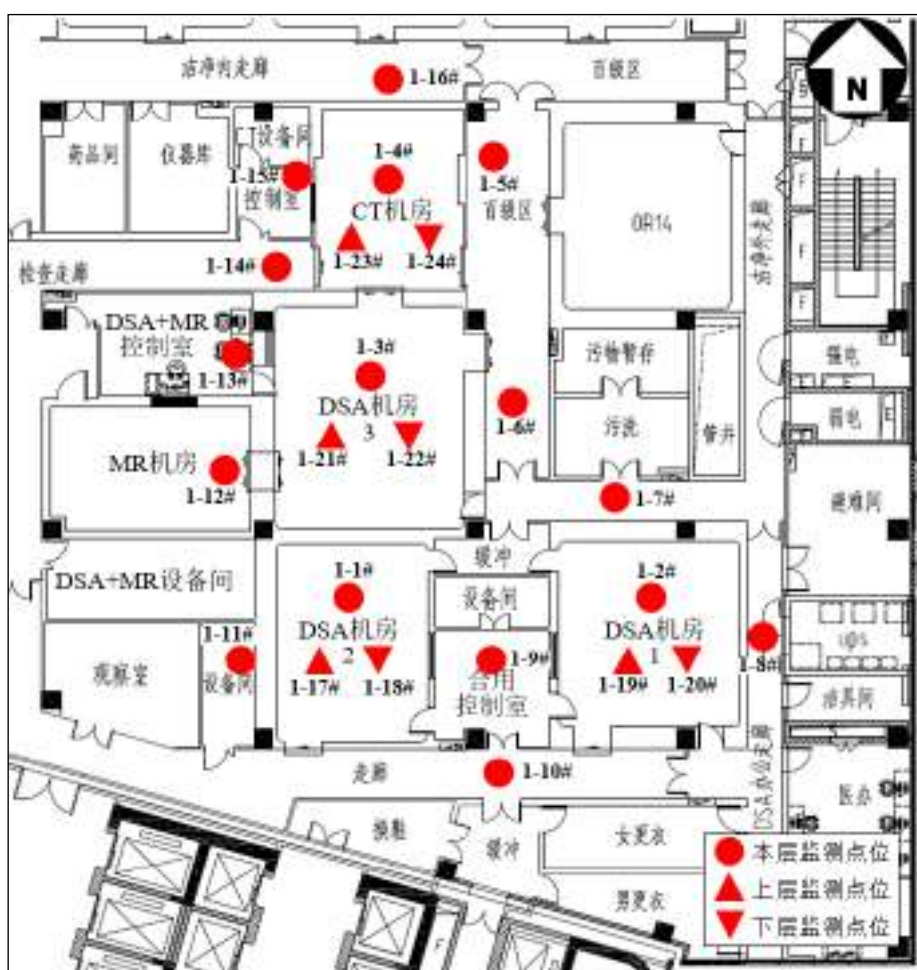


图 8.2-2 介入手术项目射线装置机房监测点位图

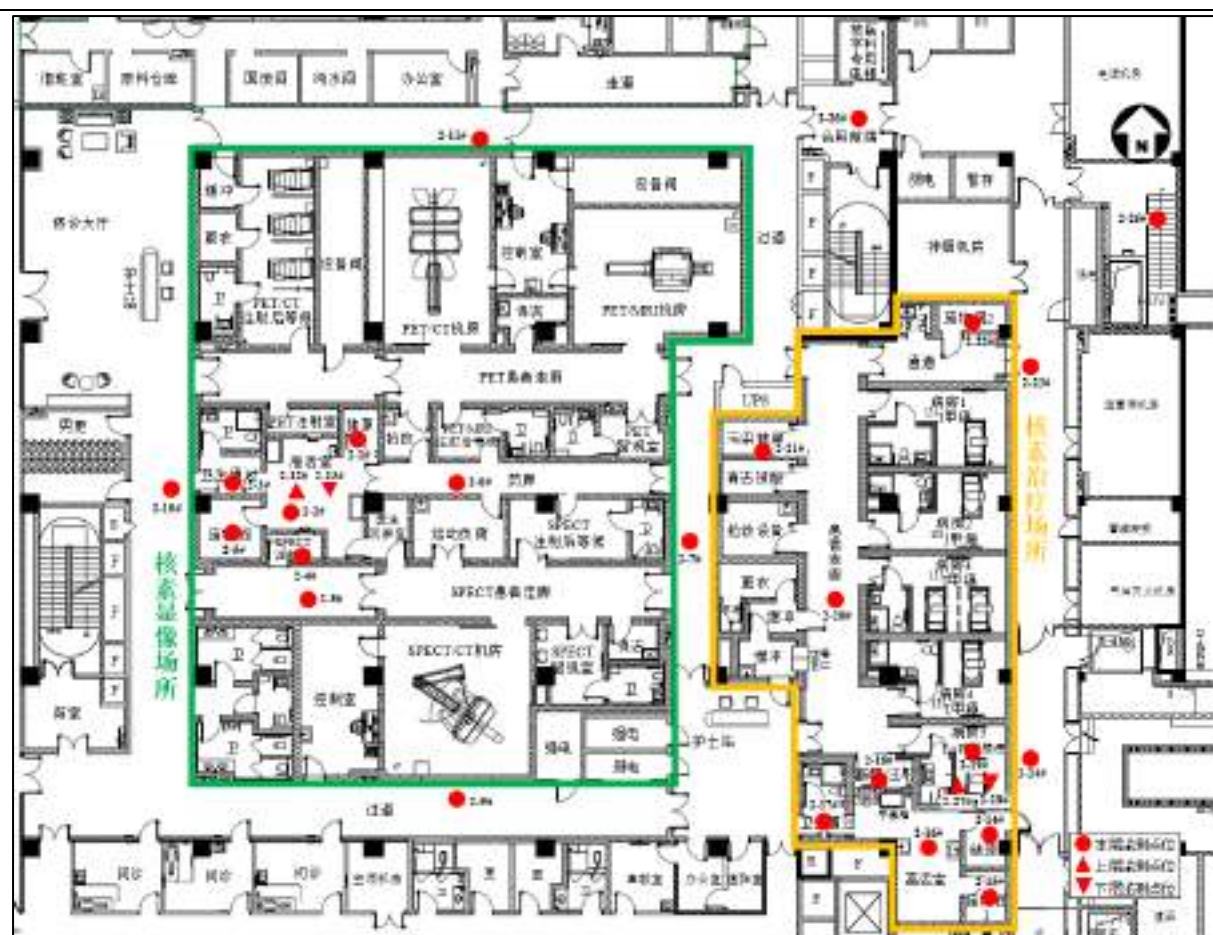


图 8.2-3 核素显像场所和核素治疗场所监测点位图

8.3 监测方案、质量保证措施和监测结果

8.3.1 监测方案

(1) 《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》本底监测

①监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

②监测日期：2023 年 2 月 3 日

③监测方式：现场检测

④监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）

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

⑦天气环境条件：天气：晴；温度：6℃；相对湿度：65%RH

⑧监测设备

表 8.3-1 X、 γ 辐射剂量当量率仪

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H
生产厂家	Automess
仪器编号	05037878
能量范围	20keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100 μ Sv/h；数字量程：1nSv/h-99.9 μ Sv/h
校准单位	上海市计量测试技术研究院，华东国家计量测试中心
校准证书	2022H21-20-4080269001
检定有效期	2022 年 08 月 24 日~2023 年 08 月 23 日

表 8.3-2 α 、 β 表面污染仪

仪器名称	α 、 β 表面污染仪
仪器型号	CoMo 170
生产厂家	S.E.A.
仪器编号	05034714
探测器灵敏窗面积	170cm ²
探测器本底	α :0.1CPS； β :15~25CPS
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	2022H21-20-3810568001
检定有效期	2022 年 02 月 14 日~2023 年 02 月 13 日

(2)《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》本底监测

①监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

②监测日期：2025 年 9 月 3 日

③监测方式：现场检测

④监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《表面污染测定 第 1 部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）

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

⑦天气环境条件：天气：晴；温度：30℃；相对湿度：61%RH

⑧监测设备

表 8.3-3 X、 γ 辐射剂量当量率仪

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H

生产厂家	automess
仪器编号	05038417
能量范围	38keV-7MeV
量 程	模拟量程：10nSv/h-100μSv/h；数字量程：1nSv/h-99.9μSv/h
检定单位	浙江省质量科学研究院
检定证书	NJYF-20250751506、NJYF-20250751504
检定有效期	2025 年 07 月 28 日~2026 年 07 月 27 日

表 8.3-4 α、β 表面污染仪

仪器名称	α、β 表面污染仪
仪器型号	CoMo 170
生产厂家	S.E.A.
仪器编号	05035883
探测器灵敏窗面积	170cm ²
探测器本底	α:0.1CPS；β:15~25CPS
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	2025H21-20-5721628001
检定有效期	2025 年 01 月 22 日~2026 年 01 月 21 日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书、质量管理体系认证及环境管理体系认证，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性；

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定或校准，符合要求后方可使用。

④监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑤监测报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

(1)《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》本底监测结果
辐射环境各监测点位的监测结果见表 8.3-5 和表 8.3-6。

表 8.3-5 本项目场地 γ 辐射水平监测结果

监测点编号	测量位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1	项目所在地块点位 1	81±2	道路

2	项目所在地块点位 2	82±2	道路
3	项目所在地块点位 3	79±2	道路
4	项目所在地块点位 4	96±2	道路
5	项目所在地块点位 5	83±3	道路
6	项目所在地块点位 6	76±3	道路
7	项目所在地块点位 7	65±4	道路
8	项目所在地块点位 8	79±2	道路
9	项目所在地块点位 9	82±2	道路
10	项目所在地块点位 10	82±3	道路
11	项目所在地块点位 11	88±3	道路
12	项目所在地块点位 12	69±2	道路
13	项目所在地块点位 13	75±2	道路
14	项目所在地块点位 14	80±3	道路
15	项目所在地块点位 15	73±3	道路
16	项目所在地块点位 16	82±3	道路
17	项目所在地块点位 17	76±2	道路
18	项目所在地块点位 18	72±3	道路
19	项目所在地块点位 19	68±3	道路
20	项目所在地块点位 20	61±3	道路
21	地块东侧文星人才公寓点位 1	69±2	道路
22	地块东侧文星人才公寓点位 2	86±3	道路
23	地块东侧文星人才公寓点位 3	76±3	道路
24	地块南侧清宁路点位 1	58±2	道路
25	地块南侧清宁路点位 2	62±2	道路
26	地块南侧清宁路点位 3	59±2	道路
27	地块南侧南京大学苏州研究院点位 1	62±2	道路
28	地块南侧南京大学苏州研究院点位 2	65±2	道路
29	地块南侧南京大学苏州研究院点位 3	61±2	道路
30	地块西侧公共绿化点位 1	68±2	原野
31	地块西侧公共绿化点位 2	63±2	原野
32	地块西侧公共绿化点位 3	66±2	原野
33	地块北侧独墅湖大道点位 1	62±2	道路
34	地块北侧独墅湖大道点位 2	68±3	道路
35	地块北侧独墅湖大道点位 3	60±2	道路
注：1、测量时探头距离地面约 1m； 2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正； 3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 Dc，校准因子 k_1 为 1.00，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 28nGy/h。			

表 8.3-6 本项目场地 α/β 表面污染监测结果

监测点编号	监测点位置	监测结果 (Bq/cm ²)	
		α 表面污染	β 表面污染
1	项目所在地块点位 1	小于探测限	小于探测限
2	项目所在地块点位 2	小于探测限	小于探测限
3	项目所在地块点位 3	小于探测限	小于探测限
4	项目所在地块点位 4	小于探测限	小于探测限
5	项目所在地块点位 5	小于探测限	小于探测限
6	项目所在地块点位 6	小于探测限	小于探测限
7	项目所在地块点位 7	小于探测限	小于探测限
8	项目所在地块点位 8	小于探测限	小于探测限
9	项目所在地块点位 9	小于探测限	小于探测限
10	项目所在地块点位 10	小于探测限	小于探测限
11	项目所在地块点位 11	小于探测限	小于探测限
12	项目所在地块点位 12	小于探测限	小于探测限
13	项目所在地块点位 13	小于探测限	小于探测限
14	项目所在地块点位 14	小于探测限	小于探测限
15	项目所在地块点位 15	小于探测限	小于探测限
16	项目所在地块点位 16	小于探测限	小于探测限
17	项目所在地块点位 17	小于探测限	小于探测限
18	项目所在地块点位 18	小于探测限	小于探测限
19	项目所在地块点位 19	小于探测限	小于探测限
20	项目所在地块点位 20	小于探测限	小于探测限
21	地块东侧文星人才公寓点位 1	小于探测限	小于探测限
22	地块东侧文星人才公寓点位 2	小于探测限	小于探测限
23	地块东侧文星人才公寓点位 3	小于探测限	小于探测限
24	地块南侧清宁路点位 1	小于探测限	小于探测限
25	地块南侧清宁路点位 2	小于探测限	小于探测限
26	地块南侧清宁路点位 3	小于探测限	小于探测限
27	地块南侧南京大学苏州研究院点位 1	小于探测限	小于探测限
28	地块南侧南京大学苏州研究院点位 2	小于探测限	小于探测限
29	地块南侧南京大学苏州研究院点位 3	小于探测限	小于探测限
30	地块西侧公共绿化点位 1	小于探测限	小于探测限
31	地块西侧公共绿化点位 2	小于探测限	小于探测限
32	地块西侧公共绿化点位 3	小于探测限	小于探测限
33	地块北侧独墅湖大道点位 1	小于探测限	小于探测限
34	地块北侧独墅湖大道点位 2	小于探测限	小于探测限
35	地块北侧独墅湖大道点位 3	小于探测限	小于探测限

注 1: 上述检测结果均已扣除本底, 每个监测点测量 10 个数据取平均值;

2: CoMo 170 型 α 、 β 表面污染仪/05034714 的 α 表面污染探测下限为 0.02Bq/cm², β 表面污染探测下限为 0.13Bq/cm²

(2)《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》本底监测结果

各监测点位的监测结果见表 8.3-7 和表 8.3-8。

表 8.3-7 本项目 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点编号	监测位置	监测结果 (nGy/h)	备注	
1-1#	DSA 机房 2	65.3±2	室内	楼房
1-2#	DSA 机房 1	42.6±2	室内	楼房
1-3#	DSA 机房 3	69.5±1	室内	楼房
1-4#	CT 机房	76.1±1	室内	楼房
1-5#	CT 机房东侧走廊	75.9±1	室内	楼房
1-6#	DSA 机房 3 东侧走廊	66.8±1	室内	楼房
1-7#	DSA 机房 1 北侧走廊	60.7±1	室内	楼房
1-8#	DSA 机房 1 东侧走廊	59.8±1	室内	楼房
1-9#	合用控制室	64.3±1	室内	楼房
1-10#	DSA 机房 2 南侧走廊	54.3±1	室内	楼房
1-11#	DSA 机房 2 西侧设备间	67.1±1	室内	楼房
1-12#	MR 机房	59.2±1	室内	楼房
1-13#	DSA+MR 控制室	73.3±1	室内	楼房
1-14#	CT 机房西侧走廊	80.6±1	室内	楼房
1-15#	CT 控制室	73.3±1	室内	楼房
1-16#	CT 机房北侧走廊	60.9±1	室内	楼房
1-17#	DSA 机房 2 上方	53.9±1	室内	楼房
1-18#	DSA 机房 2 下方	68.0±2	室内	楼房
1-19#	DSA 机房 1 上方	57.1±1	室内	楼房
1-20#	DSA 机房 1 下方	65.1±1	室内	楼房
1-21#	DSA 机房 3 上方	57.5±1	室内	楼房
1-22#	DSA 机房 3 下方	67.9±2	室内	楼房
1-23#	CT 机房上方	58.9±1	室内	楼房
1-24#	CT 机房下方	62.8±1	室内	楼房
2-1#	核素显像场所储源室	70.8±1	室内	楼房
2-2#	核素显像场所高活室	64.1±1	室内	楼房
2-3#	核素显像场所卫生通过间	73.3±1	室内	楼房
2-4#	核素显像场所 SPECT 注射室	57.8±1	室内	楼房
2-5#	核素显像场所废物间	61.5±1	室内	楼房
2-6#	核素显像场所药廊	64.9±2	室内	楼房
2-7#	核素显像场所东侧走廊	61.9±1	室内	楼房
2-8#	核素显像场所 SPECT 患者走廊	62.3±1	室内	楼房

2-9#	核素显像场所南侧走廊	63.0±1	室内	楼房
2-10#	核素显像场所西侧走廊	66.8±1	室内	楼房
2-11#	核素显像场所北侧走廊	56.4±2	室内	楼房
2-12#	核素显像场所高活室上方	77.6±2	室内	楼房
2-13#	核素显像场所高活室下方	56.2±1	室内	楼房
2-14#	核素治疗场所储源室	64.0±1	室内	楼房
2-15#	核素治疗场所废物间 1	65.5±1	室内	楼房
2-16#	核素治疗场所高活室	65.2±2	室内	楼房
2-17#	核素治疗场所卫生通过间	55.0±2	室内	楼房
2-18#	核素治疗场所服碘/注射室	64.9±1	室内	楼房
2-19#	核素治疗场所核素病房 5	63.6±1	室内	楼房
2-20#	核素治疗场所患者走廊	51.9±1	室内	楼房
2-21#	核素治疗场所污染被服间	55.3±1	室内	楼房
2-22#	核素治疗场所废物间 2	58.3±2	室内	楼房
2-23#	核素治疗场所东侧走廊	59.3±2	室内	楼房
2-24#	核素治疗场所核素病房 5 东侧走廊	55.9±1	室内	楼房
2-25#	核素治疗场所患者出口楼梯间	47.7±2	室内	楼房
2-26#	核医学科合用前端	67.5±1	室内	楼房
2-27#	核素治疗场所核素病房 5 上方	63.8±2	室内	楼房
2-28#	核素治疗场所核素病房 5 下方	49.9±1	室内	楼房

注：1、测量时探头距离地面约 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、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值×仪器校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 ×测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.06，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点宇宙射线的响应值为 23nGy/h（监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2024 年 9 月 12 日）。

表 8.3-8 本项目 α 、 β 表面污染监测结果

监测点编号	监测位置	检测结果（Bq/cm ² ）		备注
		α 表面污染	β 表面污染	
2-1#	核素显像场所储源室	<0.01	<0.07	地面数据
2-2#	核素显像场所高活室	<0.01	<0.07	地面数据
2-3#	核素显像场所卫生通过间	<0.01	<0.07	地面数据
2-4#	核素显像场所 SPECT 注射室	<0.01	<0.07	地面数据
2-5#	核素显像场所废物间	<0.01	<0.07	地面数据
2-6#	核素显像场所药廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-7#	核素显像场所东侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-8#	核素显像场所 SPECT 患者走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-9#	核素显像场所南侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-10#	核素显像场所西侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-11#	核素显像场所北侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据

2-12#	核素显像场所高活室上方	<0.01	<0.07	地面数据
2-13#	核素显像场所高活室下方	<0.01	<0.07	地面数据
2-14#	核素治疗场所储源室	<0.01	<0.07	地面数据
2-15#	核素治疗场所废物间 1	<0.01	<0.07	地面数据
2-16#	核素治疗场所高活室	<0.01	<0.07	地面数据
2-17#	核素治疗场所卫生通过间	<0.01	<0.07	地面数据
2-18#	核素治疗场所服碘/注射室	<0.01	<0.07	地面数据
2-19#	核素治疗场所核素病房 5	<0.01	<0.07	地面数据
2-20#	核素治疗场所患者走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-21#	核素治疗场所污染被服间	<0.01	<0.07	地面数据
2-22#	核素治疗场所废物间 2	<0.01	<0.07	地面数据
2-23#	核素治疗场所东侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-24#	核素治疗场所核素病房 5 东侧走廊	<0.01	<0.07	地面数据
2-25#	核素治疗场所患者出口楼梯间	<0.01	<0.07	地面数据
2-26#	核医学科合用前端	<0.01	<0.07	地面数据
2-27#	核素治疗场所核素病房 5 上方	<0.01	<0.07	地面数据
2-28#	核素治疗场所核素病房 5 下方	<0.01	<0.07	地面数据

注：1、每个监测点测量 10 个数据取平均值；

2、CoMo 170 型 α 、 β 表面污染仪/05035883 的 α 表面污染探测下限为 0.01Bq/cm²， β 表面污染探测下限为 0.07Bq/cm²。

8.4 环境现状调查结果评价

由表 8.3-7 监测结果可知，介入手术项目（室内） γ 辐射水平在 42.6 $\pm$ 2nGy/h~80.6 $\pm$ 1nGy/h 之间，核医学科核素显像场所和核素治疗场所（室内） γ 辐射水平在 47.7 $\pm$ 2nGy/h~77.6 $\pm$ 2nGy/h 之间；由表 8.3-5 监测结果可知，医院周围道路 γ 辐射水平在 58 $\pm$ 2nGy/h~86 $\pm$ 3nGy/h 之间，原野 γ 辐射水平在 63 $\pm$ 2nGy/h~68 $\pm$ 2nGy/h 之间。

根据江苏省环境天然放射性水平调查测量结果可知，江苏省室内 γ 辐射水平在 50.7nGy/h~129.4nGy/h 之间，道路 γ 辐射水平在 18.1nGy/h~102.3nGy/h 之间，原野 γ 辐射水平在 33.1nGy/h~72.6nGy/h 之间，可见本项目拟建辐射工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率与当地本底水平相当。

本项目核医学科拟建场地及周围环境 α/β 表面污染监测结果均小于仪器探测下限。

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 ^{90}Y 树脂微球治疗项目

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》，医院核医学科核素显像场所 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的使用已通过环评审批，审批的用量能够满足本次项目使用，因此本次项目依托原已审批的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用量，并新增 ^{90}Y 核素开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目

(1) 工作原理

^{90}Y 是一种放射性同位素，半衰期为 2.67 天，发射出的射线为纯 β 射线，在人体组织中穿透距离短，最大约 11mm，平均约为 2.5mm，体外几乎检测不到 β 射线。

^{90}Y 微球是一款靶向放射治疗产品，由含有钇的生物相容性树脂微球组成，直径为 20-60 μm 。该产品被广泛应用于肝癌的选择性体内放射治疗（SIRT）中，即在肝脏病灶处，通过靶向的大剂量高能量 β 辐射起到杀死癌症细胞的目的，同时不伤害健康肝脏组织。被广泛用于手术治疗不可切除的肝癌，包括结直肠癌肝脏转移癌症、原发性肝癌、胆管癌、神经内分泌细胞瘤、乳腺癌肝脏转移癌症等。

(2) 诊疗规划

本项目拟依托核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 新增开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 评估阶段，使用核素显像场所已许可的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素，在 DSA 机房 1 内介入条件下利用微导管将钨标记聚合物（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA，单次最大活度为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ）注入至患者肝动脉，并在核素显像场所 SPECT/CT 机房对患者进行 SPECT/CT 扫描，以评判患者治疗的适应性。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 评估每周最多 2 名患者，每年最多评估 100 名患者。

治疗阶段， ^{90}Y 树脂微球以外购方式运送至核医学科核素显像场所，每瓶 ^{90}Y 树脂微球总活度为 $3.0 \times 10^9 \text{Bq}$ ，放置于专用铅罐中，仅可供 1 名患者使用，每名患者最大使用量为 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ 。由于 ^{90}Y 树脂微球治疗人数少，年治疗人数最多为 50 人，因此医院采用预约治疗，于每周六先在四层 DSA 机房 1 内进行 ^{90}Y 树脂微球输注手术，手术完成后将患者转运至核医学科核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房内，住院 2 天后出院（周六~周日）。

表 9.1-1 核素显像场所和 DSA 机房 1 新增 ^{90}Y 树脂微球治疗项目诊疗规划

辐射工作场所	使用核素	最大诊疗量	年最大诊疗量	单人最大使用量 Bq	给药方式	用途	来源
核素显像场所	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2 人/周	100 人	1.85×10^8	/	肿瘤治疗前显像诊断	外购，依托已许可药量
	^{90}Y	1 人/周	50 人	3.0×10^9	/	肿瘤治疗	外购，新增
DSA 机房 1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2 人/周	100 人	1.85×10^8	DSA 介入条件下注入	肿瘤治疗前显像诊断	外购，依托已许可药量
	^{90}Y	1 人/周	50 人	2.5×10^9	DSA 介入条件下注入	肿瘤治疗	外购，新增

(3) 工作流程

本项目使用的 ^{90}Y 放射性药物拟向制药公司订购获得。本项目工作流程及产污环节见图 9.1-1，具体工作流程及产污环节如下：

1. 第一阶段：术前（在周一至周五任意一天，核素显像场所所有诊疗项目结束后开展）

①治疗 1~2 周前，对患者进行影像学和肝肾功能等检查和筛选；

②前一天患者在普通病房内住院，进行术前准备，填写血管摄影同意书，并通知禁食 6~8 小时，当天手术前排空尿液；

③将当日预留的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 在核医学科核素显像场所 SPECT 手套箱内进行测活后，放置在铅转移盒内，通过专用电梯转运至 DSA 机房 1 内；

④患者在四层 DSA 机房 1 内进行 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 输注手术，在介入条件下，利用微导管将钆标记聚合物（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA）注入至患者肝动脉，该过程中涉及 DSA 开机，会产生 X 射线和少量臭氧及氮氧化物，涉及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物，会产生 γ 射线、放射性表面污染以及放射性固体废物；

④输注完成后，将患者通过专用电梯转移至核医学科核素显像场所进行 SPECT/CT 扫描，医生根据显像结果（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA 在体内分布情况），判断该患者是否适合 ^{90}Y 树脂微球治疗，该过程中会产生 X 射线和少量臭氧及氮氧化物，涉及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物，会产生 γ 射线、放射性表面污染；

⑤扫描完成后，若无其他情况，患者可由患者出口门离开，并乘核医学专用电梯离开。

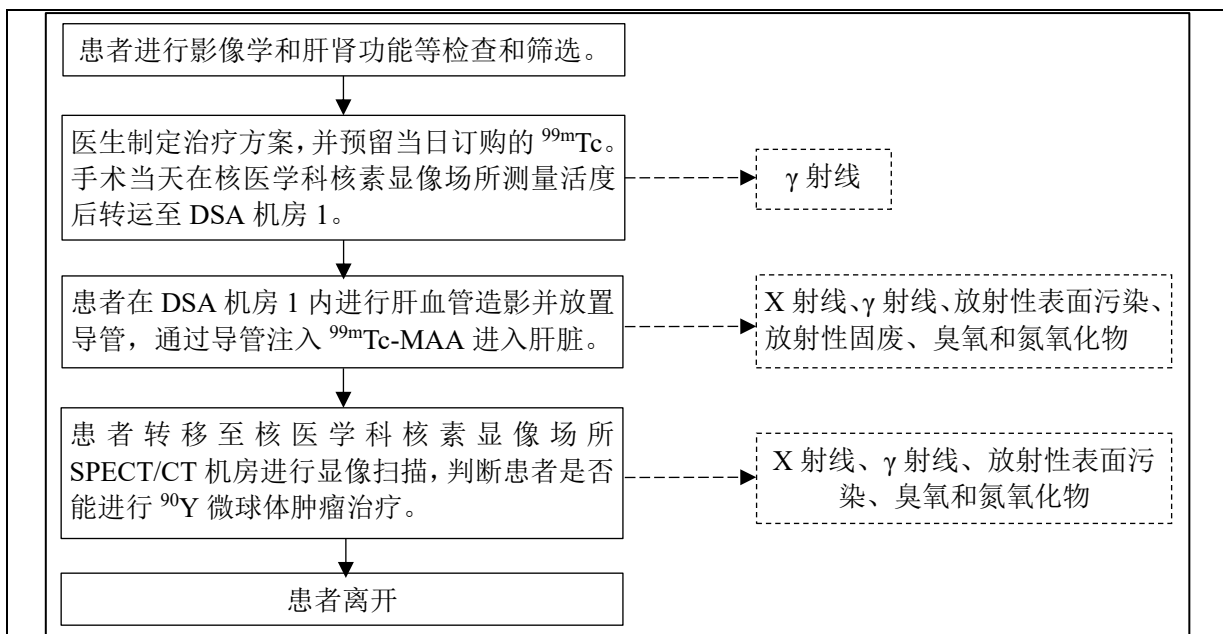


图 9.1-1 ^{90}Y 树脂微球治疗（第一阶段）工作流程及产污环节分析示意图

2.第二阶段：术中（在每周六开展）

①通过第一阶段注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ($^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$) 并进行显像扫描后判断患者可以进行 ^{90}Y 手术治疗，通知 7-10 天后住院，准备进行第二阶段 ^{90}Y 微球体输注。医院向供货商订购 ^{90}Y 树脂微球。

②按照处方剂量订购回的 ^{90}Y 药物每周六早上由供货商送入核医学科核素显像场所，经质检人员核对放射性药物名称、活度，检查药品包装和外观质量，与供药公司办理交接手续后，妥善放入核医学科核素显像场所 SPECT 手套箱中。

③工作人员手持内置 ^{90}Y 微球体的西林瓶的防护罐进行摇晃，持续时间大约 30s/例。摇匀后，迅速打开防护罐盖子，使用长柄镊子夹取含 ^{90}Y 微球体的西林瓶放置在活度计测井内，测量 ^{90}Y 微球体总活度并进行记录。其次将带有 15mm 有机玻璃防护的注射器扎入西林瓶底部，快速抽压数次，使西林瓶中 ^{90}Y 微球体混合均匀，抽取一定量的 ^{90}Y 微球体注入无菌 V 瓶，将剩余放射性药物放置在活度计测井中测量，直至抽取完成患者所需的合适的活度为止。注入结束后，拔出注射器并装好针管，将无菌 V 瓶屏蔽罐的顶部塞盖好。 ^{90}Y 微球体的活度测量、抽取过程均于核医学科核素显像场所高活室内进行，大概持续 5 分钟。该过程会产生韧致辐射、 β 射线、 β 表面污染及沾染有放射性核素的手套、输液管、导管、V 型瓶、擦拭废纸、注射器及西林瓶等放射性固体废物。

④工作人员将分装好的 ^{90}Y 树脂微球装在铅转移盒中，并转运至四层 DSA 机房 1，将测量完活度的含 ^{90}Y 微球体的无菌 V 瓶放置于注射防护盒内，连接将无菌水或 5%右旋糖苷和造影剂等辅助材料。装配完成后，先注入造影剂复查导管位置；其次注入无菌

水或 5%右旋糖苷冲洗导管，避免导管中造影剂与 ^{90}Y 微球混合；将 ^{90}Y 微球通过病人体内的导管注入患者体内，直达病灶。将微球分小剂量多次注入，注入过程大概持续 20 分钟。最后，将无菌水或 5%右旋糖苷注入导管，避免微球滞留在导管内。完成后，将导管从病人体内取出，将无菌 V 瓶、导管等放置于放射性废物桶内。该过程会产生韧致辐射、X 射线、 β 射线、 β 表面污染、放射性固体废物及少量臭氧及氮氧化物。

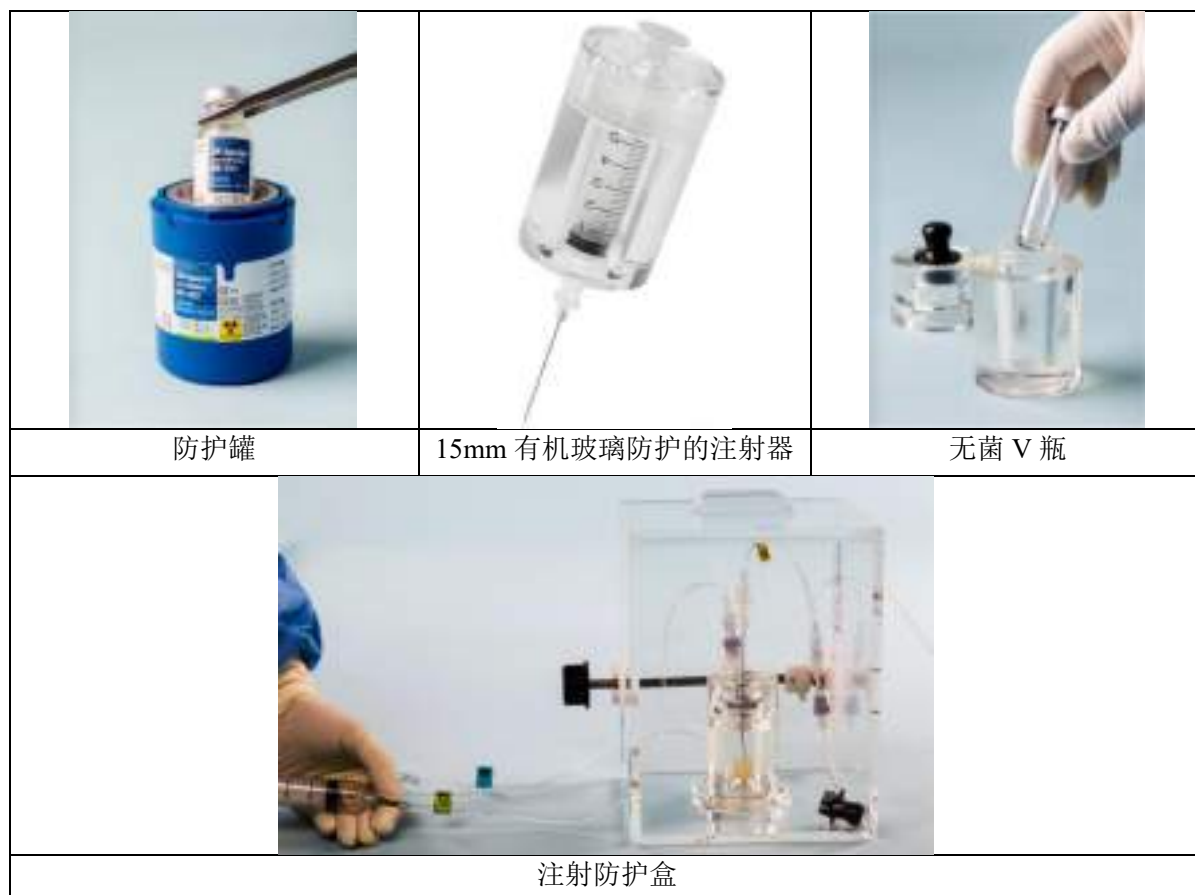


图 9.1-2 ^{90}Y 微球注射设施实物图

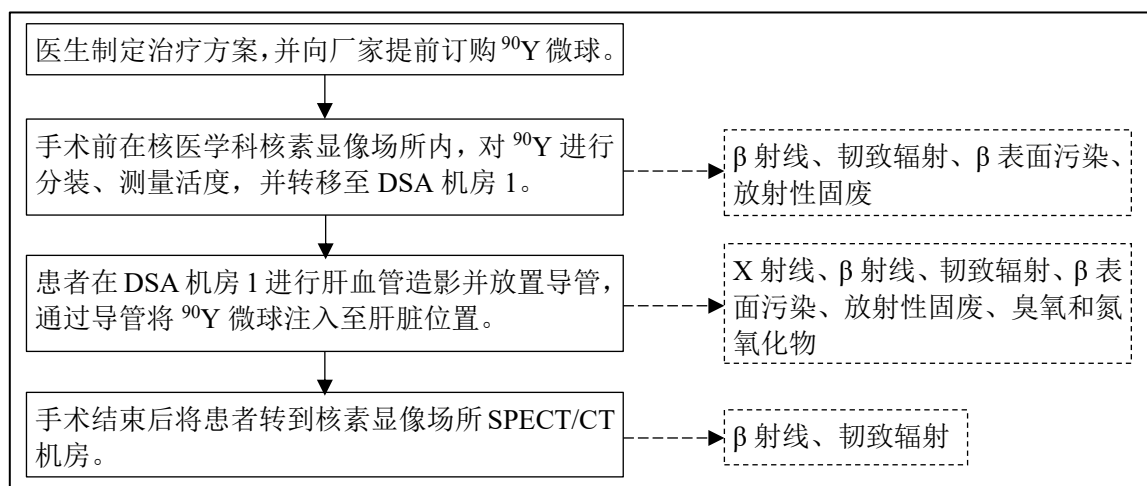


图 9.1-3 ^{90}Y 树脂微球治疗（第二阶段）工作流程及产污环节分析示意图

3.第三阶段：术后

①患者经专用电梯转移至核医学科核素显像场所 SPECT/CT 机房进行 SPECT/CT 扫描,扫描时间约为 20min,确认 ^{90}Y 树脂微球位置的准确性。该过程会产生韧致辐射、X 射线、 β 射线、 β 表面污染及少量臭氧及氮氧化物。

②扫描完成后,安排患者到核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房进行住院 2 天(每周六至周日)。该过程会产生韧致辐射、 β 射线、 β 表面污染、放射性废水及放射性固体废物。

③每名患者 ^{90}Y 最大给药量为 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$,经住院 2 天后,患者体内放射性核素活度小于 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ 。根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)附录 B.1 患者出院的体内放射性核素活度要求可知, ^{90}Y 患者出院时,体内 ^{90}Y 放射性活度需低于 $2.5 \times 10^9 \text{Bq}$ 。因此 ^{90}Y 患者住院 2 天后可出院。

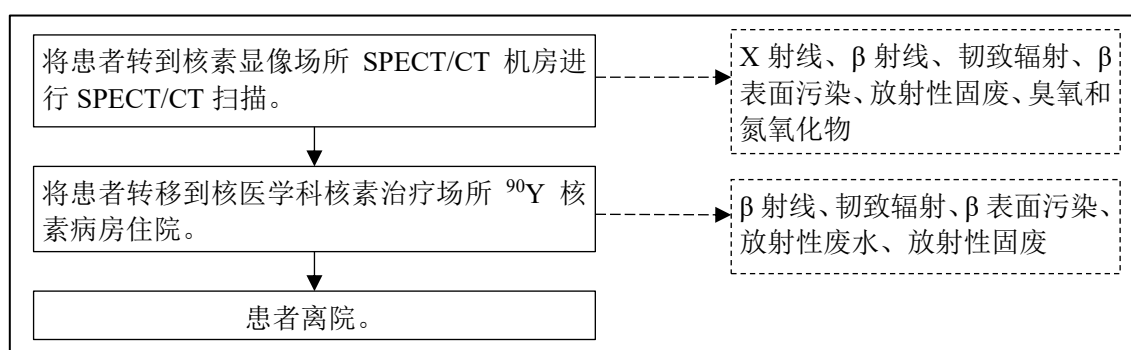


图 9.1-4 ^{90}Y 树脂微球治疗（第三阶段）工作流程及产污环节分析示意图

9.1.2 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

根据最新批复的《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》(文号:苏环辐(表)审〔2026〕1 号),医院核医学科核素治疗场所拟设置 5 间核素病房(1 间双人病房+4 间单人病房),计划每周治疗 5 名 ^{131}I 甲癌患者和 1 名 ^{177}Lu 前列腺癌患者。本次拟调整为核素治疗场所设置 8 间单人核素病房(3 间 ^{131}I 单人病房+3 间 ^{177}Lu 单人病房+1 间 ^{90}Y 单人病房+1 间预留病房),计划每周治疗 3 名 ^{131}I 甲癌患者、3 名 ^{177}Lu 前列腺癌患者和 1 名 ^{90}Y 肿瘤患者; ^{131}I 和 ^{177}Lu 患者通过叫号系统,分时段进行给药。

(1) 工作原理

① ^{131}I 甲状腺癌治疗

放射性核素 ^{131}I 可以高度选择性聚集在分化型甲状腺癌及转移灶, ^{131}I 衰变时发射出射程很短的 β 射线和能量跃迁时发出的 γ 射线,从而对病变组织进行内照射治疗,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,而邻近的正常组织吸收剂量很低,从而达到治疗目的。

②¹⁷⁷Lu 前列腺癌治疗

¹⁷⁷Lu 在前列腺癌治疗中的应用尤为引人注目。前列腺癌，尤其是转移性前列腺癌，87%的患者都会有高表达 PSMA（前列腺特异性膜抗原），这是一种位于前列腺癌细胞表面的II型跨膜受体，已成为前列腺癌分子显像与靶向治疗的重要靶点。¹⁷⁷Lu 能够释放 β 射线，具有杀伤肿瘤的作用。通过将 ¹⁷⁷Lu 与 PSMA 靶向配体连接，相当于给 ¹⁷⁷Lu 安装了一个导航系统，使药物能够最大程度地富集在前列腺癌细胞中，从而提高治疗效果。用 ¹⁷⁷Lu 发射 β 射线进行靶向治疗（放射配体疗法），具有杀伤力强、损伤小的优点。¹⁷⁷Lu 衰变方式为 β 衰变，同时伴有 γ 射线。

（2）诊疗规划

①¹³¹I 甲状腺癌治疗

¹³¹I 甲癌治疗项目拟在每周一至周五开展，患者住院 5 天，治疗人数调整为 3 人/周，年开展 50 周，年治疗患者 150 人，单人最大用药量 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ （150mCi），预约患者集中安排在每周一给药治疗，日最大操作量 $1.67 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $1.67 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

②¹⁷⁷Lu 前列腺癌治疗

¹⁷⁷Lu 前列腺癌治疗项目拟在每周一至周五中任意两天开展，患者住院 2 天，治疗人数调整为 3 人/周，年开展 50 周，年治疗患者 150 人，预约患者集中安排在同天给药治疗，单人最大用药量 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ （200mCi），日最大操作量 $2.22 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.22 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

表 9.1-2 核素治疗场所核素调整规划

辐射工作场所	使用核素	最大诊疗量	年最大诊疗量	单人最大使用量	给药方式	用途	来源
核素治疗场所	¹³¹ I	3 人/周	150 人	$5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ (150mCi)	口服	甲状腺癌治疗	外购
	¹⁷⁷ Lu	3 人/周	150 人	$7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ (200mCi)	静脉注射	前列腺癌治疗	外购

（3）工作流程

①¹³¹I 甲状腺癌治疗

1.订药：本项目 ¹³¹I 为药罐装载货包形式的外购药物。辐射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，提前向供药单位订购放射性药物，由药物供货商在约定的时间将成品药物送至核医学科核素治疗场所。核医学科安排专人接收药物，经确认无误完成相关交接、登记手续后，暂存在储源室。药物当日用完，不贮存。

2.给药：医护人员从储源室取出 ^{131}I 铅罐，转移并安装于高活室自动分碘仪中。远程通过电脑控制系统操作自动分碘仪自动分装药物，通过视频及语音系统指导患者在服碘/注射室内服药。

3.患者住院：本项目 ^{131}I 甲癌治疗患者单人最大用药量为 5550MBq（150mCi），由于服药量较大，无法达到《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）规定的 400MBq 的出院活度要求，需转入 ^{131}I 单人核素病房进行住院观察。

4.患者出院：在患者走廊最北侧墙体处设置固定式辐射剂量率监测仪， ^{131}I 甲癌住院患者住院时间到期根据医生安排，通过监测体内放射性活度确认满足低于 400MBq 要求（辐射剂量率监测仪监测患者体表 1m 处的周围剂量当量率低于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ）后，方可离开核素治疗场所出院。

^{131}I 甲癌治疗工艺流程及产污环节见下图。

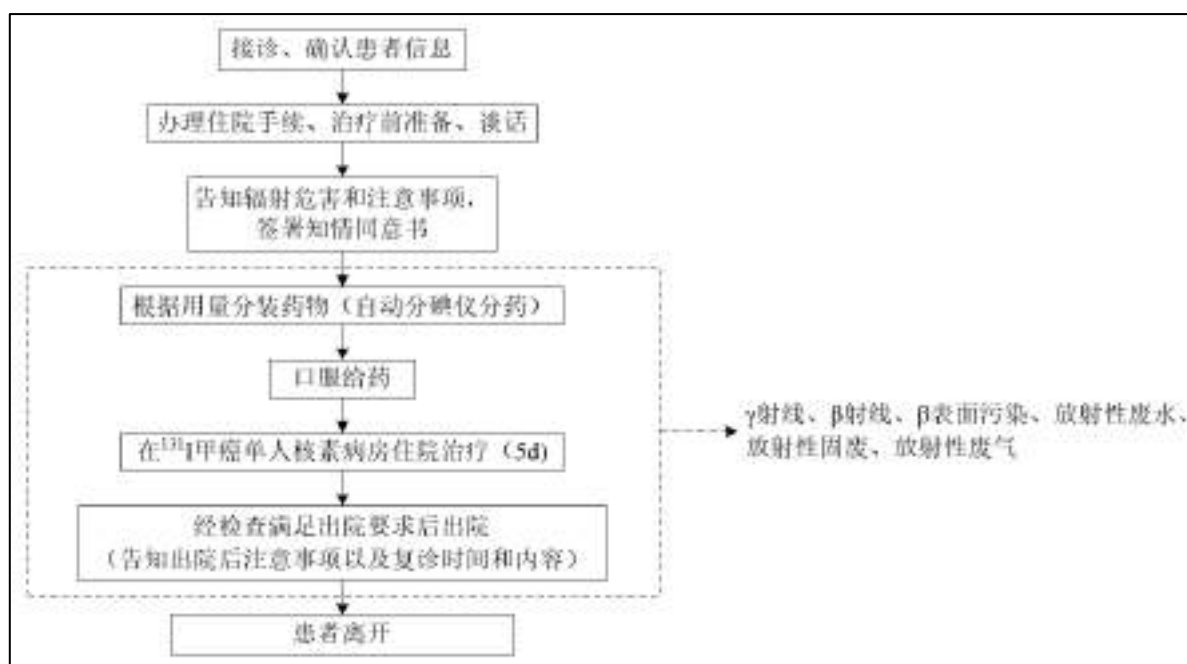


图 9.1-5 ^{131}I 甲癌工艺流程及产污环节图

^{131}I 甲状腺癌治疗项目污染因子是： γ 射线、 β 射线、 β 表面污染、放射性固废、放射性废气和放射性废水。

② ^{177}Lu 前列腺癌治疗

1.购药：本项目 ^{177}Lu 为单支成品药物形式的外购药物，工作人员根据临床治疗所需用药量、患者预约情况等确定用药量，提前一天向供药单位订购放射性药物，将按人份将药物分装好单独屏蔽包装，在约定的时间将预约用量的药物以单支成品药物送至核医学科核素治疗场所，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手

续后暂存在储源室，药物当日用完，不贮存。

2.注射给药：本项目使用的 ^{177}Lu 为单支成品药物，无需分装， ^{177}Lu 使用铅罐包装；工作人员在高活室手套箱内测量活度后，将装有 ^{177}Lu 药物的注射器安装至注射泵，设置注射泵参数，在高活室注射窗的屏蔽下为病人注射，注射泵可以控制注射流速，注射时间约为 10min。完成后患者在核素病房内住院 2 天后，离开核医学科。

3.患者离开：根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第 7.3.2 条规定“对接受放射性药物治疗的患者，应对其家庭成员提供辐射防护的书面指导。对接受放射性药物治疗的住院患者，仅当其家庭成员中的成人所受剂量不能超过 5mSv、其家庭成员中的儿童以及其他公众所受剂量不能超过 1mSv，才能允许患者出院”。由于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）附录 B 表 B.1 放射治疗患者出院时体放射性核素活度的要求中无 ^{177}Lu 治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求，因此参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）7.2 患者出院的管理要求中“接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可出院”的要求。根据耿建华 et. ^{177}Lu -Dotatate 治疗的放射防护评估[J].中国辐射卫生，2021，30（6）：710-719，表 11 中数据，患者用药 24h 后体表 1m 处剂量率为 $9.274\mu\text{Sv/h}$ 。因此本项目使用 ^{177}Lu 核素患者出院时患者体表 1m 处周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，满足出院管理要求，患者在给药结束后，在核素病房内住院 2 天后离开核医学科。

^{177}Lu 肿瘤治疗工艺流程及产污环节见图 9.1-6。

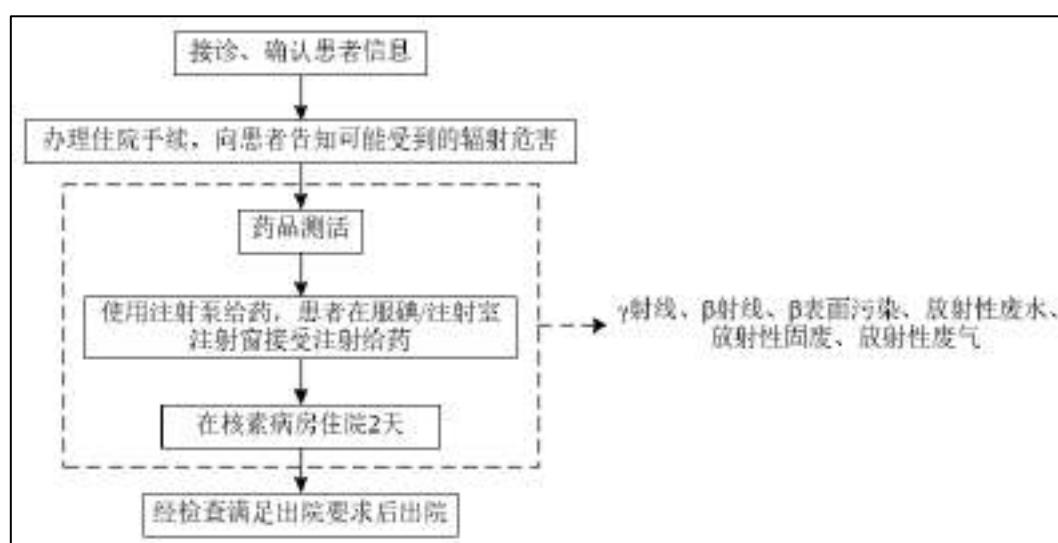


图 9.1-6 ^{177}Lu 肿瘤治疗工艺流程及产污环节

^{177}Lu 肿瘤治疗项目污染因子是： γ 射线、 β 射线、 β 表面污染、放射性固废、放射

性废气和放射性废水。

9.1.3 DSA

(1) 工作原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称“DSA”）是血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA 成像的基本原理是将受检部位注入造影剂（造影剂主要成分为碘帕醇，是为增强影像观察效果而注入（或服用）到人体组织或器官的化学制品，不含有放射性）之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

(2) 设备组成

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、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 射线装置主要由影像探测器、X 线管头（本项目 DSA 均为单球管设备）、显示器、导管床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成。典型 DSA 装置整体外观示意图如图 9.1-7 所示。

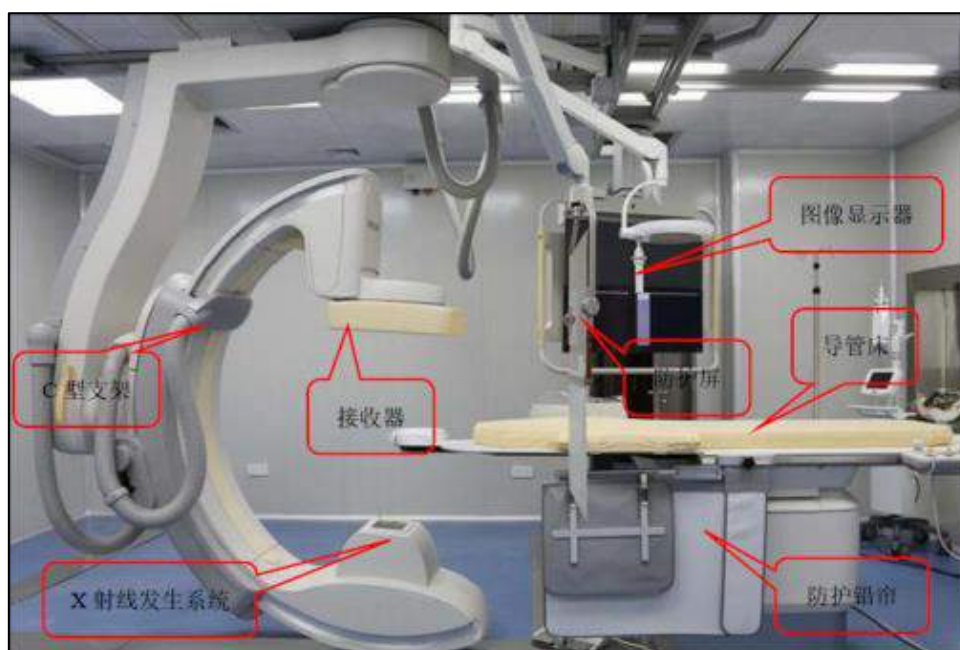


图 9.1-7 典型 DSA 装置整体外观示意图

(3) 工作方式

在医学影像系统监视引导下，经皮针穿刺或引入导管做抽吸注射、引流或对管腔、血管等做成型、灌注、栓塞等。本项目介入手术过程中，介入手术医生须在手术床旁并在 X 射线导视下进行操作。

(4) 诊疗规划

根据《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》内容，本项目 DSA 保守预计每年最大工作量为 300 台手术。本项目 DSA 机房 1 拟配备 2 组医护人员（共 8 人）分别为：手术医生 4 名，护士 2 名，DSA 技师 2 名；每组医护人员和技师年手术台数为 150 台。考虑到辐射工作人员可能存在实际工作量不均衡的情况，因此本项目保守考虑每组医护人员和技师年手术台数最大为 200 台。

本项目 DSA 包括透视和减影两种模式，DSA 手术涉及的科室主要为介入血管科、消化内科和胃肠外科，手术类型有心脏血管及综合介入等类型。因每台手术类型不同，1 台手术中 DSA 的摄影和透视 X 射线出束时间也不尽相同。本项目按照常规手术出束时间考虑，即摄影按每台手术时间 1min，透视按每台手术时间 20min 进行分析。

由于本项目新增 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，因此 DSA 机房 1 辐射工作人员除承担原有工作负荷外，还需承担 ^{90}Y 树脂微球治疗项目工作（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入手术各 100 台/年和 ^{90}Y 注入手术 50 台/年），DSA 出束情况与普通介入手术相同。

本项目 DSA 机房 1 具体工作负荷统计见下表。

表 9.1-3 本项目 DSA 机房 1 具体工作负荷

射线装置	诊疗项目	工作状态	平均每台手术最长出束时间 (min)	全年开展手术量 (台)	设备年总出束时间 (h)
DSA	普通介入手术	摄影	1min	300	5
		透视	20min		100
	^{90}Y 树脂微球治疗项目	摄影	1min	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入：100	1.67
		透视	20min		33.4
		摄影	1min	^{90}Y 注入：50	0.84
		透视	20min		16.7

(5) 工作流程

① DSA 普通介入手术

接诊患者后根据其病情确认诊疗方法，告知患者及家属采用 DSA 治疗的辐射危害。患者进入机房后，技师或护士协助摆位后离开机房（患者留下）。开启 DSA 设备，技师在控制室内首次拍片初步确认病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品进入机房，在透

视操作下插入导管，输入造影剂，之后离开机房，技师在控制室内再次拍片，当确诊病灶部位后，手术医生穿戴好防护用品后再次进入机房进行介入治疗直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

第一种情况，透视。进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时操作医师位于铅帘后身着铅服、铅眼镜在曝光室内对病人进行直接的介入手术操作。该情况在实际运行中占绝大多数，是本次评价的重点。

第二种情况，摄影。操作人员采取隔室操作的方式（即技师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况。

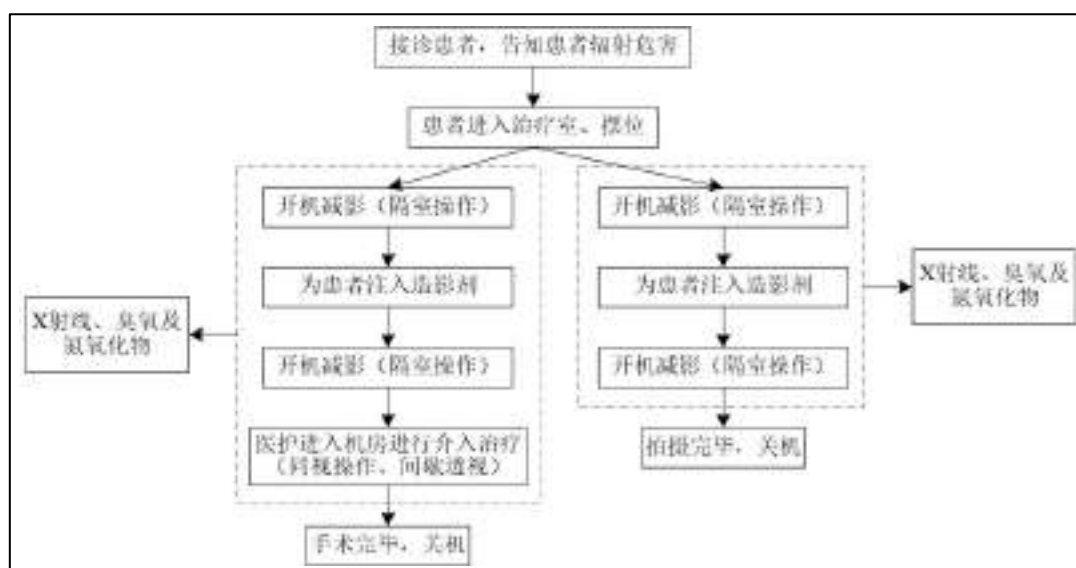


图 9.1-8 DSA 操作流程及产污环节图

②⁹⁰Y 树脂微球治疗项目工作

当 ⁹⁰Y 树脂微球治疗项目需在 DSA 介入条件下进行时，具体工作流程见 9.1.1 章节。

9.1.4 人员、物流路径

（1）⁹⁰Y 树脂微球治疗项目

①医护人员路径

核素显像场所护士：经卫生通过间西侧门进入高活室，在高活室东侧手套箱内进行药物质检、分装等操作。工作结束后，监测确认无表面污染后（如监测有污染则进行去污至监测达标后）原路返回。

核素显像场所 SPECT/CT 技师：从核素显像场所南侧过道、由控制室南侧门进入 SPECT/CT 控制室；由 SPECT/CT 机房西侧防护门进入并对患者进行摆位。工作结束后沿原路返回。

DSA 机房 1 介入医护人员：沿 DSA 办公走廊向北，到达 DSA 机房 1 后向西转，由南侧门进入 DSA1 控制室，控制室技师在 DSA1 控制室内工作；介入医护人员可由 DSA 机房 1 西侧工作人员防护门进入 DSA 机房 1。工作结束后沿原路返回。

核素治疗场所护士：核素治疗场所护士先在卫生通过间北侧去污检测间进行更衣，然后穿过抢救室，沿患者走廊向北，进入 ^{90}Y 核素病房对患者进行护理，工作结束后沿原路返回。

②患者路径

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA 评估阶段：患者由西侧推床通道进入手术中心，沿走廊向一直向东，到达 DSA 机房 1 南侧后，由 DSA 机房 1 南侧患者防护门进入 DSA 机房 1 内，接受 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MAA 介入注射后，由 DSA 机房 1 北侧防护门离开机房，在核素显像场所护士护送下沿东侧走廊直行至核医学科专用电梯，乘坐电梯至-1F，沿过道向南，由 SPECT 患者走廊出口进入核素显像场所，再由 SPECT/CT 机房北侧防护门进入机房进行扫描检查，检查完成后由 SPECT 患者走廊出口离开。

^{90}Y 手术治疗阶段：患者由西侧推床通道进入手术中心，沿走廊向一直向东，到达 DSA 机房 1 南侧后，由 DSA 机房 1 南侧患者防护门进入 DSA 机房 1 内，接受 ^{90}Y 树脂微球介入注射后，由 DSA 机房 1 北侧防护门离开机房，在核素显像场所护士护送下沿东侧走廊直行至核医学科专用电梯，乘坐电梯至-1F，沿过道向南，由 SPECT 患者走廊出口进入核素显像场所，再由 SPECT/CT 机房北侧防护门进入机房进行扫描检查，检查完成后由 SPECT 患者走廊出口离开，并由核素治疗场所患者走廊西侧门进入核素治疗场所，在 ^{90}Y 核素病房内住院。住院两天后乘坐核医学科专用电梯离开。

③放射性药物路径

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物：由供药厂家当天送至核医学科核素显像场所，核素显像场所工作人员接收后暂存在储源室内；手术前由核素显像场所护士在高活室东侧手套箱中测活后，转运至 DSA 机房 1。

^{90}Y 树脂微球药物：由供药厂家当天送至核医学科核素显像场所，核素显像场所工作人员接收后暂存在储源室内；手术前由核素显像场所护士在高活室东侧手套箱中根据患者治疗需求抽取、分装，并转运至 DSA 机房 1。

④放射性废物路径

核素显像场所：本项目在核医学科核素显像场所产生的放射性固体废物暂存在废物铅桶内，工作结束后，由工作人员将产生的放射性废物转移至放射性废物间并进行标记、

贮存，含 ^{99m}Tc 核素固废在放射性废物间内衰变 30 天，含 ^{90}Y 核素固废在放射性废物间内衰变至少十个半衰期（27 天），待监测满足解控水平后，转移至医院医疗废物库集中收集后按照医疗废物处置，并按要求做好台账记录。

DSA 机房 1：本项目在 DSA 机房 1 产生的放射性固体废物暂存在机房内的废物铅桶内，手术结束后，分类收集密封并贴上标签（标明核素种类、存放日期等信息），放置在塑料废物桶内由核素显像场所工作人员转运至核医学科核素显像场所放射性废物间内暂存。含 ^{99m}Tc 核素固废在放射性废物间内衰变 30 天，含 ^{90}Y 核素固废在放射性废物间内衰变至少十个半衰期（27 天），待监测满足解控水平后，转移至医院医疗废物库集中收集后按照医疗废物处置，并按要求做好台账记录。

核素治疗场所：本项目在核医学科核素治疗场所产生的放射性固体废物暂存在废物铅桶内， ^{90}Y 患者离院后，由工作人员将产生的放射性废物转移至放射性废物间 2 并进行标记、贮存，含 ^{90}Y 核素固废在放射性废物间内衰变至少十个半衰期（27 天），待监测满足解控水平后，转移至医院医疗废物库集中收集后按照医疗废物处置，并按要求做好台账记录。

由于 ^{90}Y 树脂微球治疗项目手术量较少，因此医院采取预约治疗，通过预约控制药物送达时间将手术安排在人流较小时间，并对转运电梯进行临时管控，本项目选取的转移路径人员流动较少，以尽可能减少其他人员与药物和带药患者接触的几率和时间。本项目工作场所路径满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于临床核医学工作场所的要求。

核医学科人员物流路径见附图 12、13，DSA 机房 1 人员物流路径见附图 18。

（2） ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

①药物操作人员：核素操作工作人员先在卫生通过间北侧去污检测间进行更衣，然后由卫生通过间西侧门进入高活室。开展 ^{131}I 治疗项目时，操作人员将铅罐从储源室拿出，连同铅罐放置于手套箱内自动分碘仪，由工作人员在高活室内通过计算机操作自动分碘仪进行自动分装给药；开展 ^{177}Lu 治疗项目时，操作人员将铅罐从储源室拿出，放置于手套箱内进行测活，将装有 ^{177}Lu 药物的注射器安装至注射泵，设置注射泵参数，在高活室注射窗的屏蔽下为病人注射。工作结束后，操作人员在卫生通过间北侧卫生间进行监测确认无表面污染后（如监测有污染则进行去污至监测达标后）原路返回。

②患者路径：患者均由核医学科核素治疗场所西侧入口门进入； ^{131}I 甲癌患者在服碘/注射室服药窗口服药物，然后入住核素病房 3~5，住院 5 天后由患者走廊西侧出口门

离开； ^{177}Lu 前列腺癌患者在服碘/注射室注射窗接受注射，注射后入住核素病房 6~8，住院 2 天后由患者走廊西侧出口门离开核素治疗场所，乘坐核医学科专用电梯离开。

③**放射性药物路径**：供药厂家药物运输人员经核素治疗场所东北侧楼梯，将外购药物经核素治疗场所东侧通道运输至核素治疗场所储源室。

④**放射性废物路径**：放射性同位素操作过程中产生的如一次性注射器、一次性口杯、手套、棉签、药瓶、吸水纸等带微量放射性同位素的固体废弃物，由高活室、服碘/注射室、核素病房内的铅桶收集后，转移至废物间进行贮存衰变，含 ^{177}Lu 核素固废在废物间内衰变至少十个半衰期（68 天），含 ^{131}I 核素固废在废物间内衰变 180 天，待满足解控水平后，转移至医院医疗废物库集中收集后按照医疗废物处置。

⑤**送餐路径**：核素治疗场所住院患者餐食由工作人员送至核素治疗场所送餐间，由护士打开送餐窗口后退出送餐间，使用叫号系统依次叫患者取餐，取餐完毕后护士再次进入缓冲间，关闭送餐窗口。

本项目核医学科各辐射工作场所均设有患者走廊，医护人员均由卫生通过间进入核医学科，避免了患者和医护人员路径交叉；核医学科患者出口均避开了人群稠密区域；放射性固废均能就近存放至废物间内；核素治疗场所患者走廊中间设有玻璃隔断并设置门禁系统（位于核素病房 3 和病房 8 之间），避免了 ^{131}I 和 ^{177}Lu 患者住院期间交叉影响；核素治疗场所送餐人员无需进入核医学科内部，减少对送餐人员的影响。因此核医学科路径设置合理可行。

核医学科人员物流路径见附图 12、13。

（3）DSA

①**辐射工作人员路径**：辐射工作人员由南侧辐射工作人员入口进入手术中心，在换鞋区换鞋后、更衣间更换手术服后到达办公室。开展手术前，辐射工作人员沿 DSA 办公走廊向北，到达 DSA 机房 1 后向西转，进入 DSA1 控制室；介入医护人员可由 DSA 机房 1 西侧工作人员防护门进入 DSA 机房 1。工作结束后沿原路返回。

②**患者路径**：患者由西侧推床通道进入手术中心，沿走廊向一直向东，到达 DSA 机房 1 南侧后，由 DSA 机房 1 南侧患者防护门进入 DSA 机房 1。治疗结束后，患者可沿原路返回。

③**污物路径**：本项目介入手术会产生药棉、纱布和手套等医疗废物，这些医疗废物采用专用容器收集后，待手术结束从 DSA 机房 1 北侧防护门运出机房，通过污洗间再往北，在污物暂存间内暂存。

DSA 机房 1 人员物流路径见附图 18。

9.1.5 工作负荷

根据《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》内容，核医学科核素显像场所、核素治疗场所和 DSA 机房 1 共配备辐射工作人员共 32 人，各工作人员相对固定，不存在兼岗情况。

由于本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目于周六至周日开展，因此本次增加核素治疗场所辐射工作人员的配备。

本项目辐射工作人员情况以及工作负荷见表 9.1-4。

表 9.1-4 本项目核医学科各工序涉及辐射工作人员情况以及操作时间一览表

工作场所	人员数量	操作内容	操作时间	年工作量	备注
核素显像场所					
问诊室、办公室、读片室	医生 4 人	接诊、办公、读片	/	2000 小时	原有序序
		含 ^{99m} Tc 药物患者转运	15 分钟/次	25 小时	新增工序
		含 ⁹⁰ Y 药物患者转运	20 分钟/次	16.7 小时	新增工序
高活室	护士 4 人 (2 人一组轮岗)	PET 药品分装、测活	30 秒/次	93.75 小时	原有序序
		^{99m} Tc 药品测活	30 秒/次	62.5 小时	原有序序
		⁸⁹ Sr 药品测活	30 秒/次	12.5 小时	原有序序
		²²³ Ra 药品测活	30 秒/次	8.4 小时	原有序序
		⁹⁰ Y 药品分装、测活	5 分钟/次	4.17 小时	新增工序
		给患者注 PET 药品	30 秒/次	93.75 小时	原有序序
		给患者注射 ^{99m} Tc	30 秒/次	62.5 小时	原有序序
		给患者注射 ⁸⁹ Sr	30 秒/次	12.5 小时	原有序序
		给患者注射 ²²³ Ra	30 秒/次	8.4 小时	原有序序
		转运路径	^{99m} Tc 药品转运至 DSA 机房 1	10 分钟/次	16.7 小时
⁹⁰ Y 药品转运至 DSA 机房 1	10 分钟/次		8.4 小时	新增工序	
含 ^{99m} Tc 药物患者转运	15 分钟/次		25 小时	新增工序	
含 ⁹⁰ Y 药物患者转运	20 分钟/次		16.7 小时	新增工序	
护士站		预约登记	8 小时/天	2000 小时	原有序序
SPECT/CT 机房、控制室	技师 4 人 (2 人一组轮岗)	含 ^{99m} Tc 药物患者摆位	1 分钟/次	1.67 小时	原有序序
		含 ^{99m} Tc 药物患者扫描	20 分钟/次	33.4 小时	原有序序
		含 ⁹⁰ Y 药物患者摆位	1 分钟/次	0.84 小时	新增工序
		含 ⁹⁰ Y 药物患者扫描	20 分钟/次	16.7 小时	新增工序
核素治疗场所					
问诊室、办公室、值班室	医生 2 人轮岗	接诊、办公、值班	/	6000 小时	原有序序
高活室	护士 4 人轮岗	安装碘罐在自动分碘仪	3 分钟/次	2.5 小时	原有序序
		操作药品自动分装，远程指导甲癌患者服药	1 分钟/次	2.5 小时	本次调整

		¹⁷⁷ Lu 药品测活	30 秒/次	1.25 小时	本次调整
		给患者注射 ¹⁷⁷ Lu	10 分钟/次	25 小时	本次调整
⁹⁰ Y 核素病房		含 ⁹⁰ Y 药物患者留观护理	3 小时/次	150 小时	新增工序
缓冲间		送餐	1 分钟/次	17.5 小时	本次调整
值班室		值班	/	2000 小时	本次调整
DSA 机房 1					
DSA 机房 1、 控制室	医生 4 人 （2 人一 组轮岗）、 技师 2 人 轮岗、护 士 2 人轮 岗	^{99m} Tc 注入 DSA 摄影	1 分钟/次	1.67 小时	新增工序
		^{99m} Tc 注入 DSA 透视	20 分钟/次	33.4 小时	新增工序
		⁹⁰ Y 注入 DSA 摄影	1 分钟/次	0.84 小时	新增工序
		⁹⁰ Y 注入 DSA 透视	20 分钟/次	16.7 小时	新增工序
DSA 机房 1	医生 4 人 （2 人一 组轮岗）	^{99m} Tc 药物输注过程	6 分钟/次	10 小时	新增工序
		^{99m} Tc 患者包扎过程	20 分钟/次	33.4 小时	新增工序
		⁹⁰ Y 药物输注过程	6 分钟/次	5 小时	新增工序
		⁹⁰ Y 患者包扎过程	20 分钟/次	16.7 小时	新增工序
DSA 机房 1、 ⁹⁰ Y 核素病房	护士 2 人 轮岗	^{99m} Tc 药物接收	1 分钟/次	1.67 小时	新增工序
		含 ^{99m} Tc 药物患者转运	15 分钟/次	25 小时	新增工序
		⁹⁰ Y 药物接收	1 分钟/次	0.84 小时	新增工序
		含 ⁹⁰ Y 药物患者转运	20 分钟/次	16.7 小时	新增工序
		含 ⁹⁰ Y 药物患者留观护理	3 小时/次	150 小时	新增工序
注：① ^{99m} Tc 药品测活工作时间已包含在已批复内容中。 ② ⁹⁰ Y 药物患者转运分为由 DSA 机房 1 转运至核素显像场所 SPECT/CT 机房和由 SPECT/CT 机房转移至核素治疗场所 ⁹⁰ Y 核素病房两个步骤，因此转移时间取 20min。					

表 9.1-5 本项目 DSA 机房 1 辐射工作人员情况以及操作时间一览表

射线装置	工作状态	平均每台手术最长出束时间 (min)	全年开展手术量 (台)	设备年总出束时间 (h)	单个医生年最大受照时间 (h)	单个护士年最大受照时间 (h)	单个技师年最大受照时间 (h)
DSA	摄影	1min	300	5	3.34	3.34	3.34
	透视	20min		100	66.67	66.67	66.67
	摄影	1min	^{99m} Tc 注入：100	1.67	0.84	0.84	0.84
	透视	20min		33.4	16.7	16.7	16.7
	摄影	1min	⁹⁰ Y 注入：50	0.84	0.42	0.42	0.42
	透视	20min		16.7	8.35	8.35	8.35

注：①考虑到辐射工作人员可能存在实际工作量不均衡的情况，因此本项目保守考虑每组医护人员和技师年承担一般介入手术台数最大为 200 台。
②DSA 摄影状态下，医护人员均退出 DSA 机房，在 DSA 控制室隔室观察。

9.1.6 原有工艺不足及改进情况

医院核医学科、放疗科、介入手术等核技术利用项目目前仍处于建设阶段，尚未开展实际运行，不存在现有不足及改进情况。

待医院核技术利用项目开展后，可根据现场实际运行情况、辐射工作场所监测等记

录，及时发现工艺流程的不足，并及时进行改进。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况下污染源项描述

9.2.1.1 辐射污染源

(1) DSA 和 SPECT/CT

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失。医院使用的 DSA 和 SPECT/CT 在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，评价因子主要为 X 射线，由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。

①有用线束（主束）

a.DSA

本项目 DSA 的有用线束透射方向为由下至上，有用线束的射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。DSA 具有自动照射量控制调节功能（AEC），如果受检者体型偏瘦，功率自动降低，照射量率减小；如果受检者体型较胖，功率自动增强，照射量率增大。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。

本项目 DSA 包括透视和摄影两种模式，根据医院提供资料，透视模式下管电流通常为十几毫安，拍片模式下的电流通常为几百毫安；DSA 正常运行时，透视模式的工况为（60~80）kV/（5~20）mA，摄影模式的工况为（60~80）kV/（100~500）mA。

本项目 DSA 拟购置正规生产厂家生产的设备，因此参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 5.1.5C）“除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl”的要求，本项目 DSA 总滤过取 2.5mmAl 保守读数。

保守考虑，本项目 DSA 的摄影模式取电压为 80kV，电流为 500mA，透视模式取电压为 80kV，电流为 20mA。查《辐射防护导论》附图 3，本项目正常运行时最大电压为 80kV，离靶 1m 处的发射率约为 $5.0\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。

表 9.2-1 本项目 DSA 摄影、透视模式下的相关参数

操作模式	正常运行时最大工况	距靶点 1m 处的最大剂量率
摄影模式	电压为 80kV，电流为 500mA	$1.50 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$
透视模式	电压为 80kV，电流为 20mA	$6.0 \times 10^6 \mu\text{Gy/h}$

b.SPECT/CT

本项目 SPECT/CT 最大管电压最大管电压 140kV，最大管电流 1000mA。为了防止球管烧毁并延长其使用寿命，实际使用时，管电压和管电流通常留有一定的裕量。CT 正常运行时，工况按 120kV/80mA。

本项目 SPECT/CT 拟购置正规生产厂家生产的设备，因此参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 5.1.5C）“除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl”的要求，本项目 SPECT/CT 总滤过取 2.5mmAl 保守读数。

根据《辐射防护导论》附图 3 查得，120kV 下，过滤片为 2.5mmAl 时，离靶 1m 处的发射率约为 $9.0\text{mGy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ ，则本项目 SPECT/CT 工况为 120kV，80mA 时距靶点 1m 处的最大剂量率为 $4.32 \times 10^7 \mu\text{Gy/h}$ 。

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泄漏射线，泄漏射线遍布机架各处。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》（GB9706.103-2020）中“12.4 加载状态下的泄漏辐射”，取本项目 DSA 和 SPECT/CT 距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率为 1.0mGy/h 。

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）放射性核素

由前文核医学工作流程可知，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，包括测活、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“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。本项目核医学科放射性核素的相关性状见表 9.2-2。

表 9.2-2 本项目涉及放射性核素的相关性状

核素名称	半衰期	衰变模式	毒性分组	β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$

本项目使用的放射性核素衰变过程中会产生 β 射线、 γ 射线，以及 β 射线被其他物质阻止时会产生韧致辐射。

放射性核素使用活动过程中，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 β 表面污染。

(3) 放射性废水

①现有放射性废水产生量

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》可知，衰变池组（5~8）接受核素制备场所和核素显像场所产生的放射性废水共 $1.7\text{m}^3/\text{d}$ ，即 $8.5\text{m}^3/\text{周}$ ， $425\text{m}^3/\text{a}$ ；衰变池组（1~4）接受核素治疗场所产生的放射性废水共 $4.4\text{m}^3/\text{周}$ ， $220\text{m}^3/\text{a}$ 。

②本项目调整情况

I. ^{90}Y 树脂微球治疗项目

本项目患者注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物进行 SPECT/CT 扫描后，会在核医学科短暂留观，留观期间产生排泄冲洗废水。由于本项目不新增 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 使用量，使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 包含在原许可用量内，因此患者产生的冲洗废水也包含在原废水量中，该阶段不新增放射性废水。核素显像场所不新增废水。

本项目 ^{90}Y 树脂微球的患者在核素治疗场所内住院，产生的放射性废水均排入衰变池组（1~4），因此核素显像场所不新增放射性废水量。

医院核素治疗场所核素病房卫生间均使用节水型水龙头和节水型坐便器且拟设置刷卡用水系统，严格控制每个患者用水量，因此参考《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》，本项目住院患者每人用水量取 $150\text{L}/\text{d}$ 。

^{90}Y 树脂微球治疗项目年治疗人数不超过 50 人，每名患者住院 2 天，则 ^{90}Y 患者住院期间产生放射性废水 $150\text{L}/\text{天}$ ，合计 $300\text{L}/\text{周}$ 。

II. ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

本项目对核素治疗场所内 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目开展情况进行了调整，产生的含 ^{131}I 和 ^{177}Lu 放射性废水均排入衰变池组（1~4）。

医院核素治疗场所核素病房卫生间均使用节水型水龙头和节水型坐便器且拟设置

刷卡用水系统，严格控制每个患者用水量，因此参考《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》，本项目住院患者每人用水量取 150L/d。

本项目调整 ^{131}I 甲癌患者治疗人数为 3 人/周，患者最多住院 5 天，则 ^{131}I 甲癌患者住院期间产生放射性废水 450L/天，合计 2250L/周。

^{177}Lu 前列腺癌患者治疗人数 3 人/周，患者最多住院 2 天，则 ^{177}Lu 前列腺癌患者住院期间产生放射性废水 450L/天，合计 900L/周。

核素治疗场所和工作人员清洗用水量为 200L/周，年工作 50 周。

综上，核素治疗场所放射性废水产生量合计 $3.65\text{m}^3/\text{周}$ ，即 $182.5\text{m}^3/\text{a}$ 。

③调整后放射性废水产生量

本项目不新增核素制备场所和核素显像场所放射性废水量，因此衰变池组（5~8）接受核素制备场所和核素显像场所产生的放射性废水仍为 $1.7\text{m}^3/\text{d}$ ，即 $8.5\text{m}^3/\text{周}$ ， $425\text{m}^3/\text{a}$ 。

本项目调整核素治疗场所 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目开展情况，并新增 ^{90}Y 患者住院，因此衰变池组（1~4）接受核素治疗场所产生的放射性废水调整为 $3.65\text{m}^3/\text{周}$ ， $182.5\text{m}^3/\text{a}$ 。

（4）放射性固废

①现有放射性固废产生量

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》可知，核素显像场所产生放射性固废约 $1062.5\text{kg}/\text{a}$ ；核素治疗场所产生的放射性固废约 $700\text{kg}/\text{a}$ ；核医学科产生废活性炭约 $60\text{kg}/\text{a}$ 。

②本项目调整情况

I. ^{90}Y 树脂微球治疗项目

^{90}Y 树脂微球治疗项目产生的放射性固体废物主要为一次性输液管、无菌 V 瓶、导管、注射器、西林瓶、手套、吸水纸（垫）、患者介入手术产生的放射性固体废物以及患者住院留观期间产生的生活垃圾等。参考《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》， $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 评估阶段，在 DSA 机房 1 产生的放射性固体废物按 $1.0\text{kg}/(\text{d}\cdot\text{人次})$ 计算（在核素显像场所进行 SPECT 扫描时产生的放射性固体废物包含在原核素显像场所产生的放射性固体废物中）； ^{90}Y 手术治疗阶段，在核素显像场所产生的放射性固体废物按 $0.05\text{kg}/(\text{d}\cdot\text{人次})$ 计算；在 DSA 机房 1 产生的放射性固体废物按 $1.0\text{kg}/(\text{d}\cdot\text{人次})$ 计算，在核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房内住院阶段按 $0.5\text{kg}/(\text{d}\cdot\text{人次})$ 计

算。

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目在 $^{99\text{m}}\text{Tc-MAA}$ 评估阶段评估人数 100 人/年，则在 DSA 机房 1 产生的含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素的放射性固体废物产生量为 $100 \text{ 人} \times 1.0\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{人次}) = 100\text{kg}/\text{年}$ ；以上放射性固体废物均转移至核素显像场所放射性废物间内暂存衰变。

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目在 ^{90}Y 治疗阶段治疗人数 50 人/年，在核素显像场所产生的含 ^{90}Y 的放射性固体废物产生量为 $50 \text{ 人} \times 0.05\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{人次}) = 2.5\text{kg}/\text{年}$ ；在 DSA 机房 1 产生的含 ^{90}Y 的放射性固体废物产生量为 $50 \text{ 人} \times 1.0\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{人次}) = 50\text{kg}/\text{年}$ ；以上放射性固体废物转移至核素显像场所放射性废物间内暂存衰变。

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目在核素治疗场所内住院期间产生的含 ^{90}Y 的放射性固体废物产生量为 $50 \text{ 人} \times 0.5\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{人次}) = 25\text{kg}/\text{年}$ ；以上放射性固体废物转移至核素治疗场所放射性废物间 2 内暂存衰变。

II. ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目产生的放射性固体废物主要为一次性注射器、一次性口杯、手套、吸水纸（垫）、患者住院期间产生的生活垃圾等。参考《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》，患者住院过程放射性固废产生量约 $0.5\text{kg}/(\text{d} \cdot \text{人次})$ 。

本项目调整 ^{131}I 甲癌患者治疗人数为 3 人/周，患者最多住院 5 天，则 ^{131}I 甲癌患者住院期间产生放射性固废 $7.5\text{kg}/\text{周}$ ，甲癌治疗年开展 50 周，则年产生含 ^{131}I 放射性固废 375kg ；

^{177}Lu 前列腺癌患者治疗人数 3 人/周，患者最多住院 2 天，则 ^{177}Lu 前列腺癌患者住院期间产生放射性固废 $3\text{kg}/\text{周}$ ， ^{177}Lu 治疗年开展 50 周，则年产生含 ^{177}Lu 放射性固废 150kg 。

III. 废活性炭

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》可知，核医学科各场所废气处理系统每 6 个月更换一次活性炭，每次会产生废活性炭 30kg ，年产生废活性炭 60kg 。

本项目不改变核素显像场所排风系统，不新增核素显像场所废活性炭产生量。

本项目对核素治疗场所排风管线进行改造，将原核素病房排风管线拆分为两条，一条连接核素病房 1（ ^{90}Y 病房）、2（预留病房）和 6~7（ ^{177}Lu 病房），另一条连接核素病房 3~5（ ^{131}I 病房）。由于新增 1 条排风管线，因此核素治疗场所每次会产生废活性

炭 40kg，年产生废活性炭 80kg。

③调整后放射性固废产生量

本项目核素显像场所新增含 ^{99m}Tc 放射性固体废物 100kg/年，新增含 ^{90}Y 放射性固体废物 52.5kg/年；结合核素显像场所原有诊疗项目产生放射性固废 1062.5kg/a，核素显像场所产生放射性固废合计 1215kg/年。

本项目核素治疗场所产生含 ^{90}Y 放射性固体废物产生量为 25kg/年；产生含 ^{131}I 放射性固废 375kg/年；产生含 ^{177}Lu 放射性固废 150kg/年；则核素治疗场所产生放射性固废合计 550kg/年。

本项目核素显像场所不新增废活性炭产生量，仍为 60kg/年；核素治疗场所废活性炭产生量调整为 80kg/年。

（5）放射性废气

①现有放射性废气产生情况

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》可知，核素显像场所共设有 5 支独立排风管线，放射性废气主要含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Zr 、 ^{99m}Tc 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 核素；核素治疗场所共设有 3 支独立排风管线，放射性废气主要含 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素。

②本项目调整情况

I. ^{90}Y 树脂微球治疗项目

本项目使用的 ^{90}Y 树脂微球药品中，绝大多数 ^{90}Y 核素附着在“大孔型结构”的树脂微球表面和内部孔道内，以不溶性固体形式存在，极少量（0.04~0.4%） ^{90}Y 核素以游离状态出现在液体中，游离的 ^{90}Y 核素以氯化钇（ $^{90}\text{YCl}_3$ ）形式存在，氯化钇不具备挥发性，故不考虑放射性气体或气溶胶的辐射影响。

本项目使用的 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 放射性药物暂存于核医学科核素显像场所储源室，使用前在手套箱中进行测活，注射时药物在针筒内，在正确正常操作过程中无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶极少。

II. ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗项目

本项目使用的 ^{131}I 和 ^{177}Lu 均由供货商由铅罐送至储源室。使用 ^{131}I 时，工作人员将铅罐置于自动分碘仪，患者使用口杯进行服药，空气中会挥发散逸一定量的 ^{131}I 放射性气溶胶；使用的 ^{177}Lu 为非挥发性核素，注射前在手套箱中进行测活，注射时药物在针筒内，在正确正常操作过程中无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，

因此放射性气溶胶极少。

③调整后放射性废气产生情况

本项目核素显像场所不改变排风管线设计，仍为 5 支独立排风管线，放射性废气主要含 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 、 ^{223}Ra 核素及本次新增的 ^{90}Y 核素。

本项目核素治疗场所将原核素病房排风管线拆分为两条，一条连接核素病房 1（ ^{90}Y 病房）、2（预留病房）和 6~7（ ^{177}Lu 病房），另一条连接核素病房 3~5（ ^{131}I 病房）。因此新增 1 条排风管线，调整为 4 支独立排风管线，放射性废气主要含 ^{131}I 、 ^{177}Lu 和 ^{90}Y 核素。

9.2.1.2 非辐射污染源

（1）废气：本项目 DSA 和 SPECT/CT 运行过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。

（2）废水：主要是工作人员产生的生活污水。

（3）固体废物：主要是工作人员产生的生活垃圾。

9.2.2 非正常工况污染源项描述

（1）由于保管或管理工作不到位，导致放射性药物试剂发生丢失、被盗；

（2）核素转移过程中由于操作人员违反规定或误操作造成放射性药物打翻、洒漏，导致台面或地面受到放射性污染。

（3）放射性废水专用管道长期使用老化破裂，或衰变池渗漏，造成核医学科地面或周围环境受到放射性污染。

（4）放射性固废、废水未经足够的时间衰变，存放时间过短，即提前进行擅自处理，可能对环境造成污染。

（5）DSA 机房、SPECT/CT 机房在运行时，由于安全联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

（6）人员全部撤离 SPECT/CT 机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目核医学科位于门诊医技楼地下一层，核素显像场所和核素治疗场所间有过道相隔。核医学科上方为 VIP 体检、影像科、院内道路，下方为人防地下室、衰变池间和停车场。

本项目核医学科工作场所不毗邻食堂、产科、儿科等部门及人员密集区。核医学科出口位于门诊医技楼一层东侧，出口周边为院内道路，不设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域。核医学科非密封放射性工作场所出入口处设有卫生通过间，卫生通过间包含更衣、淋浴、去污工具并配备放射性 α/β 表面污染监测仪；均设置有独立的储源室、废物间、高活室，且储源室与高活室邻近，降低了药物操作和转移过程中可能会出现洒落等情况。

核素显像场所分别设有北侧 PET 诊断区域和南侧 SPECT 诊断区域，并设有共用卫生通过间、储源室、废物间、药廊等，PET 诊断区域和 SPECT 诊断区域布局均根据诊断流程“候诊→给药→注射后等候→显像诊断→留观”进行设计，并设有叫号系统，加强时空管控，最大限度减少人员的交叉流动；医护人员走廊（药廊）与患者走廊完全分离，人员不交叉，患者走廊出入口均设有单向门禁系统，无关人员不能进入；患者核素显像场所注射后等候室和留观内均设有专用卫生间，所产生的放射性废水均通过专用管道排入核素显像场所衰变池组（池 5~池 8）。

核素治疗场所设置 8 间单人核素病房，病房内均设有专用卫生间，患者产生的放射性废液均通过专用管道排入核素治疗场所衰变池组（池 1~池 4）处理；东西两排核素病房之间设有患者走廊，出入口均设有单向门禁系统，无关人员不能进入；患者走廊中间设有玻璃隔断并设置门禁系统（位于核素病房 3 和病房 8 之间），避免了 ^{131}I 和 ^{177}Lu 患者住院期间交叉影响；患者走廊南侧设有送餐窗口，送餐人员无需进入核素治疗场所内部，减少对人员的辐射影响。核素治疗场所设有叫号系统，加强时空管控。

本项目 DSA 机房 1 机房周边设置了控制室、设备间等辅助用房，满足相关介入手术的开展；同时对 ^{90}Y 树脂微球治疗项目患者设计合理转运路线，患者通过核医学科专用电梯进行转运，且电梯设置门禁系统，仅支持刷卡使用，已对电梯进行管制，避免无关人员使用。

综合上述，本项目核医学科工作场所布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中关于核医学工作场所对于布局的要求，核医学科工作场所布局合理。

10.1.2 辐射防护分区原则及区域划分

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。控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对控制区和监督区的定义，结合核医学科工作场所辐射防护和环境情况特点，本项目延续《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》中两区划分情况，具体划分见表 10.1.1-1，划分图见附图 10、11 和附图 17。

表 10.1.1-1 核医学科分区表

辐射工作场所	控制区	监督区
核医学科 核素显像场所	高活室、PET 注射室、SPECT 注射室、废物间、储源室、PET 患者走廊、PET/CT 注射后等候室、PET/MR 注射后等候室、抢救室、PET/CT 机房、PET/MR 机房、PET 留观室、药廊、SPECT 患者走廊、医生观察室、运动负荷室、SPECT/CT 机房、SPECT 注射后等候室、SPECT 留观室、保洁间、西侧走廊合用前端、核医学科专用电梯	卫生通过间、PET/CT 设备间、PET/MR 设备间、PET 控制室、SPECT/CT 设备间、SPECT 控制室、护士站
核医学科 核素治疗场所	高活室、服碘/注射室、废物间 1~2、储源室、抢救室、污染被服间、核素病房 1~8、患者走廊、保洁间	卫生通过间、送餐间、去污检测间、值班室、弱电间
DSA 机房 1	DSA 机房 1	DSA 机房 1 设备间、控制室、缓冲间
核医学科衰变池	衰变池内部	衰变池周围 1m

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

（1）控制区防护手段与安全措施

- ①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；
- ②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；在射线装置使用时，除辐射工作人员和患者外，禁止其他人员进入；
- ④在进入高活室前卫生通过间应有个人防护用品、工作服、表面污染监测仪、清洗设施和被污染防护衣具的贮存柜等；
- ⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标识；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.3 工作场所分级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号，2016年3月7日施行），满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

②工艺流程连续完整；

③有相对独立的辐射防护措施。

医院核医学科核素显像场所和核素治疗场所均位于门诊医技楼地下一层。核医学科核素显像场所和核素治疗场所各自满足相对独立、具有明确的监督区和控制区划分，工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，除此以外，两个工作场所布局各自独立、工作人员也各自独立配置，因此核医学科核素显像场所和核素治疗场所为两个独立的非密封放射性工作场所。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法（日等效最大操作量计算公式为：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子）。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），医疗机构使用 ^{99m}Tc 操作方式界定为“很简单操作”，操作方式修正因子为10；核素治疗使用 ^{131}I 操作方式界定为“简单操作”，操作方式修正因子为1。

参考《辐射防护手册 第三分册》P143对于非密封放射性物质的不同操作方式给出的说明，其中很简单的操作“会有少量的放射性物质散布开来，主要是防止撒漏”，简单的操作“可能会有较多的放射性物质散布开来，除了会有表面污染外，还会有空气污染出现”。因此本项目使用 ^{90}Y 界定为“很简单操作”，操作方式修正因子取10； ^{177}Lu 核素保守界定为“简单操作”，操作方式修正因子取1。

经计算，本项目建设单位核医学科核素显像场所新增 ^{90}Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 $2.60 \times 10^8 \text{Bq}$ ；核医学科核素治疗场所调整 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗人数并新增 ^{90}Y

核素住院患者后的日等效最大操作量为 $3.92 \times 10^9 \text{Bq}$ ；DSA 机房 1 新增 ^{90}Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 $2.54 \times 10^7 \text{Bq}$ ；日等效最大操作量均属于 $2 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4 \times 10^9 \text{Bq}$ 的范围，因此核医学科核素显像场所、核素治疗场所和 DSA 机房 1 均属于乙级非密封放射性物质工作场所。

表 10.1.1-2 本项目工作场所分级计算表

辐射工作场所	核素名称	最大日操作量/Bq	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	日等效最大操作量 Bq	合计日等效最大操作量 Bq	分级
核素显像场所	^{90}Y	3.0×10^9	中毒 0.1	很简单操作 10	3.0×10^7	2.60×10^8	乙级
	原有核素日等效最大操作量				2.30×10^8		
核素治疗场所	^{131}I	1.67×10^{10}	中毒 0.1	简单操作 1	1.67×10^9	3.92×10^9	乙级
	^{177}Lu	3.70×10^{10}	中毒 0.1	简单操作 1	3.70×10^9		
	^{90}Y	2.5×10^9	中毒 0.1	很简单操作 10	2.5×10^7		
DSA 机房 1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70×10^8	低毒 0.01	很简单操作 10	3.70×10^5	2.54×10^7	乙级
	^{90}Y	2.5×10^9	中毒 0.1	很简单操作 10	2.5×10^7		

注：核素显像场所已许可的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 用量可满足本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗使用量，因此本次不新增 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素用量， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素日等效最大操作量不做改变。

10.1.4 工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G 核医学的工作场所分类，根据日操作最大量放射性核素的加权活度将场所分为三级，见表 10.1.1-3。

表 10.1.1-3 核医学工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素发的加权活度，MBq
I	>50000
II	$50 \sim 50000$
III	<50

注：加权活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重因子）/操作性质修正因子。

本项目放射性核素毒性权重因子和操作性质修正因子见表 10.1.1-4 和 10.1.1-5。

表 10.1.1-4 核医学科常用放射性核素毒性权重因子

类别	放射性核素	权重因子
A	^{75}Se 、 ^{89}Sr 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{23}P 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 ^{153}Sm	100
B	^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{13}O 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 $^{113\text{m}}\text{In}$ 、 ^{123}I 、 ^{201}Tl	1
C	^{14}C 、 ^3H 、 ^{81}Kr 、 ^{127}Xe 、 ^{133}Xe	0.01

表 10.1.1-5 不同操作性质的修正因子

操作方式和地区	修正因子
贮存	100
废物处理；闪烁法计数和显像；候诊区及诊断病床区	10
配药、分装以及施给药；简单放射性药物制备；治疗病床区	1
复杂放射性药物配置	0.1

本项目新增开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，涉及核素显像场所储源室、高活室、

SPECT/CT机房、废物间以及DSA机房1核素加权活度发生变化；本项目调整核素治疗场所¹³¹I和¹⁷⁷Lu治疗人数并新增⁹⁰Y核素患者住院后，核素治疗场所储源室、高活室、服碘/注射室、单人核素病房1~8、抢救室、废物间和被服间核素加权活度均发生变化。引用《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及DSA机房改建项目》中核素显像场所和核素治疗场所各工作场所核素加权活度，本项目涉及核医学科工作场所核素权重活度重新计算结果见表10.1.1-6。

表 10.1.1-6 本项目核医学科非密封放射性物质加权活度计算结果

工作场所	核素	毒性权重因子	操作性修正因子	日操作最大活度 (Bq)	放射性核素加权活度 (Bq)	总加权活度 (Bq)	场所分类
核素显像场所	储源室	原有核素			7.39E+09	1.04E+10	II类
		⁹⁰ Y	100	3.00E+09	3.00E+09		
	高活室	原有核素			3.40E+11	6.40E+11	I类
		⁹⁰ Y	100	3.00E+09	3.00E+11		
	SPECT/CT 机房	原有核素			2.78E+10	5.28E+10	I类
		⁹⁰ Y	100	2.50E+09	2.50E+10		
	废物间	原有核素			3.40E+08	5.64E+09	II类
		⁹⁰ Y	100	5.30E+08	5.30E+09		
核素治疗场所	储源室	¹³¹ I	100	1.67E+10	1.67E+10	3.89E+10	II类
		¹⁷⁷ Lu	100	2.22E+10	2.22E+10		
	高活室	¹³¹ I	100	1.67E+10	1.67E+12	3.89E+12	I类
		¹⁷⁷ Lu	100	2.22E+10	2.22E+12		
	服碘/注射室	¹³¹ I	100	1.67E+10	1.67E+12	3.89E+12	I类
		¹⁷⁷ Lu	100	2.22E+10	2.22E+12		
	核素病房 1	⁹⁰ Y	100	2.50E+09	2.50E+11		I类
	核素病房 3~5	¹³¹ I	100	5.55E+09	5.55E+11		I类
	核素病房 6~8	¹⁷⁷ Lu	100	7.40E+09	7.40E+11		I类
	抢救室	¹³¹ I	100	5.55E+09	5.55E+11		I类
		¹⁷⁷ Lu	100	7.40E+09	7.40E+11		
		⁹⁰ Y	100	2.50E+09	2.50E+11		
	废物间、污染被服间	¹³¹ I	100	1.67E+08	1.67E+09	4.14E+09	II类
		¹⁷⁷ Lu	100	2.22E+08	2.22E+09		
		⁹⁰ Y	100	2.50E+07	2.50E+08		
DSA 机房 1		^{99m} Tc	1	1.85E+08	1.85E+08	2.50E+11	I类
		⁹⁰ Y	100	2.50E+09	2.50E+11		

注：①根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 D 可知，⁹⁰Y、¹⁷⁷Lu 和 ¹³¹I 毒性分组为“中毒”；由于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表 G.2 中无 ¹⁷⁷Lu 的毒性权重因子，且表 G.2 中毒性权重因子最大值为 100，因此 ¹⁷⁷Lu 的毒性权重因子参考 ¹³¹I 和 ⁹⁰Y 取“100”。

②核素进入固废按 1%计算。

③核素显像场所废物间内除了沾染 1%日最大操作量的 ⁹⁰Y（3.0E+07Bq）外，还存在 5.0E+08Bq 剩余的 ⁹⁰Y，因此该场所 ⁹⁰Y 日操作最大活度为 5.3E+08Bq。

通过上表计算分析，除核素显像场所储源室和废物间、核素治疗场所的储源室和废

物间、污染被服间为II类场所，其余均为I类场所。

10.1.1-7 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接触无缝隙	与墙壁接触无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道
盥洗及去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b
a: 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。			
b: 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。			

本项目核医学科辐射工作场所均设置实体屏蔽，地面与墙壁接触均采用无缝隙设计，工作台表面均采用如不锈钢等易清洗的材料；各辐射工作场所内均设置分装柜，配备有洗手盆和去污设备。核素显像场所高活室和 SPECT 注射室、核素治疗场所高活室、服碘/注射室和核素病房 1~8 均设置特殊的强通风装置，且放射性废液的排水管道为特殊管道，且尽可能缩短管道长度，并做有标记。辐射工作场所内其他区域均设有通风系统，以保证良好的通风，放射性废液的排水管道均采用满足工作需要的普通管道。

综上所述，本项目核医学科辐射工作场所用房室内表面及装备结构设计能够满足表 10.1.1-7 中相应要求。

10.1.5 辐射屏蔽设计

(1) 核医学科区域实体屏蔽

本项目拟依托核素显像场所 SPECT 诊断区域、核素治疗场所和 DSA 机房 1 开展⁹⁰Y 树脂微球治疗项目；拟调整核医学科核素治疗场所平面布局，同时调整核素治疗场所¹³¹I 甲状腺癌治疗项目和¹⁷⁷Lu 前列腺癌治疗项目开展情况。根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》中防护设计，本项目对部分原有屏蔽情况进行了优化，具体改动见下表。

表 10.1.1-8 本项目核医学科辐射工作场所屏蔽情况一览表

场所名称		屏蔽体	屏蔽材料及厚度	与《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》表 10.1.1-7 对比情况
核素显	高活室	四侧墙体	240mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致

像场所		PET 注射窗	40mmPb 铅玻璃	一致
		SPECT 注射窗	20mmPb 铅玻璃	一致
		PET 手套箱	40mm 铅当量	一致
		SPECT 手套箱	20mm 铅当量	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	废物间	四侧墙体	240mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	储源室	四侧墙体	240mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	SPECT/CT 机房	四侧墙体	240mm 混凝土实心砖+20mm 硫酸钡防护涂料	一致
		顶棚	300mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	一致
		地坪	300mm 混凝土+20mm 硫酸钡防护涂料	一致
		防护门	内衬 4mm 铅板	一致
		观察窗	4mmPb 铅玻璃	一致
	SPECT 患者通道	患者出入口墙体	240mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 4mm 铅板	一致
核素治疗场所	高活室	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		服药窗	40mm 铅当量	一致
		注射窗	40mmPb 铅玻璃	《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》中新增，本次不变
		手套箱	40mm 铅当量	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	储源室	四侧墙体	南侧、西侧：240mm 混凝土实心砖 东侧、北侧依托高活室墙体：370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	废物间 1	四侧墙体	西侧、北侧：240mm 混凝土实心砖 东侧、南侧依托高活室墙体：370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优

		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	服碘/注射室	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 12mm 铅板	原为 18mm 铅板，《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》中改为 12mm 铅板，仍能满足相关标准要求，本次不变
	废物间 2	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	核素病房 1~8	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖	一致
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	污染被服间	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 8mm 铅板	一致
	患者通道	患者出入口墙体	370mm 混凝土实心砖	原为 240mm 混凝土实心砖，本次屏蔽更优
		顶棚	300mm 混凝土	一致
		地坪	300mm 混凝土	一致
		防护门	内衬 10mm 厚铅板	一致
		传递窗	10mmPb 铅玻璃	一致

注：混凝土实心砖密度不低于 2.1g/cm³，混凝土的密度为 2.35g/cm³，铅密度为 11.34g/cm³，硫酸钡防护涂料密度不小于 2.79g/cm³。

(2) DSA 机房 1 实体屏蔽

本项目 DSA 装置为 C 形臂结构，影像探测器始终正对 X 射线球管出束方向，有用线束不会直接照射机房各防护门和观察窗和管线口位置，机房内布局合理。

DSA 机房 1 防护设计方案和机房尺寸见表 10.1.1-9、表 10.1.1-10。

表 10.1.1-9 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施

机房名称	屏蔽防护	本次屏蔽材料及厚度	《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》中屏蔽材料及厚度	对比情况
门诊医技	四侧墙体	370mm 混凝土实心砖 ^① (3.92mmPb)	四周 50mm 方管龙骨隔墙+4.0mm 铅板 (4.0mmPb)	基本相当

楼四层手术中心 DSA 机房 1	顶棚	150mm 混凝土+2.0mm 铅板 ^② (3.87mmPb)	150mm 混凝土+2.0mm 铅板 (3.87mmPb)	一致
	地坪	150mm 混凝土+55mm 硫酸钡 防护涂料 ^③ (4.87mmPb)	150mm 混凝土+55mm 硫酸钡防护涂料 (4.87mmPb)	一致
	防护门	内衬 4.0mm 铅板 (4.0mmPb)	内衬 4.0mm 铅板 (4.0mmPb)	一致
	观察窗	4.0mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)	4.0mmPb 铅玻璃 (4.0mmPb)	一致
注：①本项目混凝土密度为 2.35g/cm ³ ，混凝土实心砖密度为 2.1g/cm ³ ，硫酸钡防护涂料密度为 3.8g/cm ³ 。 ②本项目 DSA 机房 1 屏蔽设计中顶棚的铅板铺设于上一层房间地面。 ③硫酸钡折算铅当量依据《辐射防护手册》(第三分册)辐射安全中表 3.3，保守取 150kV 下，33mm 厚硫酸钡水泥折合约 2.0mmPb。				

表 10.1.1-10 本项目机房尺寸

机房名称		长 m×宽 m	有效使用面积 m ²
门诊医技楼四层手术中心	DSA 机房 1	7.06×6.40	45.60

10.1.6 辐射安全和防护、环保相关设施

(1) 核素显像场所辐射安全防护措施

本项目仅依托核素显像场所开展 ⁹⁰Y 树脂微球治疗项目（具体为依托核医学科核素显像场所对 ^{99m}Tc 进行贮存、质控、分装和 ⁹⁰Y 药物进行贮存、质控、分装；依托 SPECT/CT 机房进行扫描），并不对核素显像场所布局和防护进行调整，因此核素显像场所辐射安全防护措施仍延续原有设置。

1) 辐射安全设施

①储源室、高活室、SPECT/CT 机房防护门、废物间等防护门均设置电离辐射警告标志，高活室内手套箱、废物桶等辐射设施同样设置电离辐射标志，实行两区管理，入口处设置明显的监督区和控制区标识。

②SPECT/CT 机房防护门上方安装工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，并设置门灯联锁装置，SPECT/CT 机房与控制室之间设置对讲装置与监视器。

③高活室设置有手套箱，放射性药物操作在手套箱内进行，手套箱通风速率不小于 0.5m/s；操作台下面设置 1 个脚踏式铅桶，用于收集放射性固废。

④辐射工作人员进入高活室前设置卫生通过间，设置有去污工具组和淋浴功能；高活室备有一次性工作服、工作帽、口罩及橡胶手套等。

⑤储源室设置视频监控（显示器位于护士站和安保室），实行双人双锁管理，并做好防火、防盗措施。对于核素种类、生产单位、活度、出入库使用及注销等，严格登记建档。出入口安装摄像头、红外报警装置，并入医院安保监控系统。

⑥患者进出设置专用走廊，并设置地标指示；所有进出控制区的防护门均设置门禁；

⑦在患者走廊出入口的防护门外设置固定式辐射监测报警仪,对辐射工作场所实时在线监测。

2) 放射性药物操作过程防护措施

本项目新增使用的 ^{99m}Tc 和 ^{90}Y 由供药商送货,并置于防护铅罐中,由专人送至核素显像场所储源室内暂存。

3) 内照射防护措施

操作非密封放射性物质时,液体洒落、挥发泄漏造成地面、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。

为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响,本项目要求放射性药物操作均在手套箱中进行,手套箱通风速率不低于 0.5m/s 。严格规范辐射工作人员工作和生活习惯,禁止在核素显像场所饮食、饮水、化妆等;辐射工作人员定期进行培训,严格按照操作规程操作,尽量避免放射性药物洒漏,并经常用湿法清洁台面、地面及设备表面。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程,穿戴个人防护用品,如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等,防止放射性核素沾染手和体表。辐射工作人员离开高活室时,必须在卫生通过间进行表污监测和污染洗消后才能离开。

4) 工作场所表面污染控制与防护

①工作场所分区管理

本项目按照开展临床核医学非密封性放射性同位素的种类及用量,对工作场所进行了划分,从非活性区进出活性工作区需经卫生通过间(含淋浴和去污功能),并在卫生通过间内设置检测区和消洗设施,检测区内配备表面污染监测仪等检测设备。

②工作场所表面污染防治

涉及放射性药物操作的工作场所拟按要求采用易清洗且不易渗透材料(如 PVC 板等),拐角使用弧线处理;地面要求平整光滑,易于清洗,可铺设塑料地坪或涂刷塑料油漆;墙面要求平整光滑,1 米以下部位拟采用浅色无光耐酸油漆或其他易于清洗的涂料,瓷质面砖等;工作台面要求平整、光滑、易于清洗。可以铺砌磨光花岗岩板材或不锈钢面板等。墙面与地面、墙面与顶棚、墙面连接转角处,以及工作台边沿宜采取弧形,以尽可能减少表面污染。

放射性药物的操作均在手套箱内进行,手套箱内操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。

5) 工作人员的防护措施

辐射工作人员进入高活室经卫生通过间更换服装,并穿戴工作服、帽、鞋、防护口罩、胶质手套及相应个人防护用品。工作人员离开高活室,需返经卫生通过间,经对工作服、手部等体表部位进行污染测定,确认未受放射污染,方可更衣离开。如果发现污染,工作服需进行清洗、处理,经清洗消除污染后,需再次监测,直至污染达到标准限值以下后方可使用;皮肤、手部等体表部位污染,需至淋浴间进行清洗、处理,经清洗消除污染后,需再次监测,直至污染达到标准限值以下后方可离开。

6) 放射性药物的存放

本项目核素显像场所使用的放射性药物置于防护罐中,由专人直接送至储源室;储源室拟实行视频监控和双人双锁管理,并做好防火、防盗措施。建立非密封放射性物质使用台账,放射性药物需要使用时,由专职人员进行登记出入库,确保账物相符;储源室安装摄像头、红外报警装置,并入医院监控系统,日常安排专人巡视检查。

(2) 核素治疗场所辐射安全防护措施

本次主要变化为核素治疗场所辐射安全防护措施调整:由于本项目对核素治疗场所病房位置及数量(核素病房调整为8间,分布于患者走廊东西两侧)以及送餐、去污检测、卫生通过间、污染被服间等位置均进行了调整,因此对核素治疗场所辐射安全防护措施也进行了相应调整。

1) 辐射安全设施

①高活室、核素病房1~8、废物间防护门均设置电离辐射警告标志,高活室内手套箱、废物桶等辐射设施同样设置电离辐射标志,实行两区管理,入口处设置明显的监督区和控制区标识;

②高活室设置有手套箱,放射性药物操作在手套箱内进行,手套箱通风速率不小于0.5m/s;操作台下面设置1个脚踏式铅桶,用于收集放射性固废;

③高活室、核素病房1~8均设有视频监控装置,护士站和高活室与核素病房1~8均设置语言对讲系统和叫号系统;辐射工作人员进入高活室前设置卫生通过间,设置有去污工具组和淋浴功能;高活室备有一次性工作服、工作帽、口罩及橡胶手套等。

④储源室设置视频监控(显示器位于宣教室和安保室),实行双人双锁管理,并做好防火、防盗措施。对于核素种类、生产单位、活度、出入库使用及注销等,严格登记建档。出入口安装摄像头、红外报警装置,并入医院安保监控系统。

⑤患者进出设置专用走廊,并设置地标指示;所有进出控制区的防护门均设置门禁,

患者走廊出入口防护门均设置单向门禁；

⑥在患者走廊出入口的防护门外设置固定式辐射监测报警仪，对辐射工作场所实时在线监测。

2) 放射性药物操作过程防护措施

本项目拟配备 1 台自动分碘仪置于高活室手套箱内，放射性药物 ^{131}I 均在自动分碘仪内进行分装操作。工作人员先做好个人防护，然后将 ^{131}I 装入自动分碘仪，工作人员只需在输入厂家标定的 ^{131}I 放射性药物活度、标定时间等参数，系统会自动完成定量分配、在线活度测量和体积配比等全部工作，最后工作人员在计算机上输入患者姓名，服用药物的量等参数，系统会自动按照输入的药量给患者分装药物，工作人员远程指导患者服用，不近距离接触放射性药物，减少了工作人员直接接触时间。

本项目 ^{177}Lu 给药前，辐射工作人员先做好个人防护，在手套箱内完成测活后，将装有 ^{177}Lu 药物的注射器安装至注射泵，设置注射泵参数，在高活室注射窗的屏蔽下为病人注射，注射泵可以控制注射流速，减少了辐射工作人员直接接触时间。

3) 内照射防护措施

操作非密封型放射性药物时，液体洒落、挥发泄漏造成地面、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。

核素治疗场所设有通风设施，可以降低工作场所空气中的放射性物质浓度。严格规范工作人员的工作和生活习惯，禁止在核医学科核素治疗场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物洒漏。严格遵守个人卫生制度 and 安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止 ^{131}I 、 ^{177}Lu 核素沾染手和体表。辐射工作人员离开高活室时，必须在卫生通过间进行表污监测和污染洗消后才能离开。

4) 工作场所表面污染控制与防护

①工作场所分区管理

本项目按照开展临床核医学非密封性放射性同位素的种类及用量，对工作场所进行了划分，从非活性区进出活性工作区需经卫生通过间（含淋浴和去污功能），并在卫生通过间内设置检测区和消洗设施，检测区内配备表面污染监测仪等检测设备。

②工作场所表面污染防护

涉及放射性药物操作的工作场所拟按要求采用易清洗且不易渗透材料（如 PVC 板

等），拐角使用弧线处理；地面要求平整光滑，易于清洗，可铺设塑料地坪或涂刷塑料油漆；墙面要求平整光滑，1 米以下部位拟采用浅色无光耐酸油漆或其他易于清洗的涂料，瓷质面砖等；工作台面要求平整、光滑、易于清洗。可以铺砌磨光花岗岩板材或不锈钢面板等。墙面与地面、墙面与顶棚、墙面连接转角处，以及工作台边沿宜采取弧形，以尽可能减少表面污染。

放射性药物的操作均在手套箱内进行，手套箱内操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都必须在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。

5) 工作人员的防护措施

辐射工作人员进入高活室经卫生通过间更换服装，并穿戴工作服、帽、鞋、防护口罩、胶质手套及相应个人防护用品。工作人员离开高活室，需返经卫生通过间，经对工作服、手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可更衣离开。如果发现污染，工作服需进行清洗、处理，经清洗消除污染后，需再次监测，直至污染达到标准限值以下后方可使用；皮肤、手部等体表部位污染，需至淋浴间进行清洗、处理，经清洗消除污染后，需再次监测，直至污染达到标准限值以下后方可离开。

6) 患者防护措施

①患者根据预约按时来院，在宣教室进行登记和宣教，并在叫号后进入核素治疗场所接受给药，避免患者之间交叉影响。甲癌患者在服碘/注射室服药窗口口服药物后到指定核素病房（病房 3~5）住院治疗；前列腺癌患者在服碘/注射室注射窗口接受给药物后到核素病房 6~8 住院治疗。

②患者走廊中间设有玻璃隔断并设置门禁系统（位于核素病房 3 和病房 8 之间），避免 ^{131}I 和 ^{177}Lu 患者住院期间交叉影响。

③核素治疗场所设置了取餐口，防止无关人员进入；住院患者按照叫号顺序，依次到取餐口取餐，避免患者间的相互照射影响。

④ ^{131}I 患者住院结束后在患者走廊最北侧墙体处测量体表外 1m 出剂量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 方可由患者专用出口出院。

⑤ ^{90}Y 发出的 β 射线最大能量为 2.284MeV ，平均能量为 0.934MeV 。在人体组织中的最大射程约 11mm，射线影响在很大程度上将限制在患者身体内，但是仍应遵守以下预防措施：如果需要更换输注药物部位/伤口的敷料，护理人员应佩戴手套。将使用过的敷料和手套放在固体废弃物袋子中，统一收集处理。

⑥为了提示患者是有潜在放射性危害的，应当在床头放置一个写有放射性危害的标

牌并且患者应当佩带一条具有电离辐射危害标志的身份腕带以示放射危险。

⑦放射性衰变桶表面拟设置符合 GB18871-2002 规范的电离辐射警告标志，并附中文警示说明。

⑧核素治疗场所患者走廊出入口防护门均为带门禁系统的单向门，实现“入口患者只入不出、出口患者只出不入”，避免无关人员进入控制区。病人离院医院应给出书面指导，限制与儿童或孕妇密切接触，避免与他人长时间接触，近期避免到公共场所活动。

7) 放射性药物的存放

本项目核素治疗场所使用的放射性药物置于防护罐中，由专人直接送至高活室的储源室；储源室拟实行视频监控和双人双锁管理，并做好防火、防盗措施。建立非密封放射性物质使用台账，放射性药物需要使用时，由专职人员进行登记出入库，确保账物相符；储源室安装摄像头、红外报警装置，并入科室监控系统，日常安排专人巡视检查。

(3) DSA 机房 1 辐射安全防护措施

1) 设备固有安全性

本项目拟购买符合相关要求的 DSA 设备，根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中“X 射线设备防护性能的技术要求——5.1 一般要求和 5.8 介入放射学、近台同室操作（非普通荧光屏透视）用 X 射线设备防护性能的专属要求”，本项目 DSA 设备应具有以下防护功能：

①X 射线设备出线口上应安装限束系统（如限束器、光阑等）；

②X 射线管组件上应有清晰的焦点位置标示；

③X 射线管组件上应标明固有滤过，所有附加滤过片均应标明其材料及厚度；

④随机文件应说明下列与防护有关的性能：X 射线管组件的固有过滤、X 射线管组件的滤过、滤过片的特性、距焦点 100cm 远处球面上泄漏辐射的空气比释动能率、限制有用线束的方法、在焦点到影像接收器的各种距离下有用线束照射野尺寸、焦点到影像接收面的最大和最小距离、管电压和管电流的加载条件、各种使用条件下焦皮距的说明、位于有用线束中床板和滤线栅对 X 射线束的衰减当量等；

⑤在机房内应具备工作人员在不变换操作位置情况下能成功切换透视和摄影功能的控制键；

⑥X 射线设备应配备能阻止使用焦皮距小于 20cm 的装置；

⑦介入操作中，设备控制台和机房内显示器上应能显示当前受检者的辐射剂量测定指示和多次曝光剂量记录。

2) 距离防护

DSA 机房 1 严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

3) 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊疗之前，根据诊疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量超标。当辐射工作人员单个监测周期（3 个月）个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查，并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员从事辐射工作。

4) 其他辐射安全防护措施

①DSA 机房 1 防护门外设电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控制区警示标识。

②DSA 机房 1 电动推拉式防护门设置防夹装置，设有曝光时关闭机房门的管理措施，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联；DSA 机房 1 平开式防护门设有自动闭门装置，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。

③DSA 机房 1 控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

④DSA 设备配备可升降的含铅挡板或悬挂防护屏，为受检人的非检查部位提供遮挡，尽量减少受照剂量。床侧配套防护铅帘，以减少对手术医生的受照剂量。

⑤DSA 机房 1 受检者出入口门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。DSA 设备运行期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

⑥本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计，DSA 辐射工作人员建议按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）采用双剂量计监测方法（分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上）；本项目拟为介入手术项目配置 4 台个人剂量报警仪和 1 台环境辐射巡测仪。

⑦DSA 机房 1 设有观察窗，观察窗位置能够观察到受检者状态及防护门开闭情况。DSA 机房 1 内均设有视频监控装置和双向交流对讲系统，监控显示器位于控制室内。

⑧在 DSA 介入手术床旁和控制台处设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止相应的 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑨本项目 DSA 机房 1 拟采用动力通风装置进行通风，以保持房内良好的通风。

⑩本项目 DSA 机房 1 电缆线通过电缆沟穿出机房，电缆沟埋设在地下，电缆线布设采用地下“U”型穿墙管道，地沟穿墙洞口处采用 4.0mm 铅板进行覆盖，未破墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

⑪DSA 机房 1 内均不堆放与本项目诊断无关的杂物；机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑫完善并落实射线装置相关的安全使用制度、管理制度，从事辐射工作的医务人员均须参加放射工作的培训与辐射安全培训考核。辐射工作人员在操作过程中遵守以上制度，严格按操作程序，避免发生事故。

⑬本项目所依托的放射科 DSA 机房 1 并非 ^{90}Y 治疗项目专用机房，故 DSA 机房 1 内核素操作完成后，辐射工作人员拟对整个机房进行表面污染测定，确认无表面污染后，方可进行其他手术，若发现表面污染，须用放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

（4）表面污染控制措施

本项目工作人员在对放射性药物的各种操作中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等发生放射性沾污，造成放射性表面污染。为控制表面污染，需采取的措施如下：

①对操作人员进行岗前培训，使其具备熟练的操作技能及丰富的防护知识；

②操作放射性物质在易去污的工作台面上进行，标记、合成、分装等操作在手套箱内进行；

③如有洒落等操作，工作人员戴上一次性手套用棉球、滤纸将其擦拭处理，擦拭后产生的废棉球、滤纸、手套按固体放射性废物收集至放射性废物桶内暂存；

④工作人员进出工作场所需更衣，放射性操作之后对工作台面、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查，若监测结果超出控制水平，则需去污，直至监测合格后才能离开。

在严格落实以上措施的情况下，可有效避免表面污染带来的辐射影响。

（5）防护设备与防护用品

引用《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》中防护用品配备情况，并结合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中个人防护用品的配置要求，医院拟配置的防护用品和设备见表 10.1.1-11。

表 10.1.1-11 本项目拟配置的防护用品/设备一览表

序号	种类名称	设置场所	数量	备注
核医学科核素显像场所（部分为本项目新增）				
1	储源铅箱	储源室	1 个	50mmPb
2	PET 手套箱	高活室	1 个	40mmPb
3	自动分装仪	高活室	1 个	PET 手套箱内
4	SPECT 手套箱	高活室	1 个	20mmPb
5	PET 注射窗	高活室	1 个	40mmPb
6	SPECT 注射窗	高活室	1 个	20mmPb
7	注射器防护套	高活室	若干	8mmPb/4mmPb
8	注射器防护提盒	高活室	2 个	8mmPb/4mmPb
9	铅转移盒	高活室	1 个	5mmPb（本次新增）
10	活度计	高活室	2 台	/
11	脚踏式铅桶	高活室、注射后等候室、留观室等	若干	10mmPb/4mmPb
12	废物衰变箱	放射性废物间	2 个	10mmPb
			2 个	2mmPb
			2 个	10mm 有机玻璃+2mmPb（本次新增）
13	人员立式注射防护车	运动负荷室	1 个	20mmPb
14	放射性污染防护服、工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	高活室	若干	/
15	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜、铅围裙	卫生通过间	1 套	/
16		高活室、SPECT 控制室	4 套	0.5mmPb
17	铅防护屏风	PET/CT 机房、PET/MR 机房、PET 注射后等候室	3 个	8mmPb
18	铅防护屏风	SPECT/CT 机房、SPECT 注射后等候室	4 个	4mmPb
19	表面污染监测仪	卫生通过间	1 台	/
20	便携式 X-γ 射线巡测仪	卫生通过间	1 台	核医学科共用
21	固定式辐射剂量监测仪	患者出入口防护门外	1 台	/
22	个人剂量报警仪	人员随身携带	4 台	/
23	个人剂量计	人员随身携带	1 个/人	/
核医学科核素治疗场所（均为本项目重新调整）				
1	储源铅箱	储源室	1 个	50mmPb

2	手套箱	高活室	1 个	40mmPb		
3	自动分碘仪	高活室	1 个	手套箱内		
4	活度计	高活室	1 台	/		
5	服药窗	高活室	1 个	40mmPb		
6	注射窗	高活室	1 个	40mmPb		
7	脚踏式铅桶	高活室、服碘室、核素病房 3~5	5 个	10mmPb		
		核素病房 6~8	3 个	2mmPb		
		核素病房 1	1 个	10mm 有机玻璃+2mmPb		
8	废物衰变箱	放射性废物间 1~2	各 2 个	¹³¹ I: 20mmPb		
			各 2 个	¹⁷⁷ Lu: 2mmPb		
		放射性废物间 2	2 个	10mm 有机玻璃+2mmPb		
9	放射性污染防护服、工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	高活室	若干	/		
10	应急及去污用品	卫生通过间	1 套	/		
11	表面污染监测仪	卫生通过间	1 台	/		
12	便携式 X-γ 射线巡测仪	卫生通过间	1 台	核医学科共用		
13	固定式辐射剂量监测仪	患者出入口防护门外	1 台	/		
14	患者离院监测设备	患者走廊最北侧墙体处	1 台	/		
15	个人剂量报警仪	人员随身携带	2 台	/		
16	个人剂量计	人员随身携带	1 个/人	/		
DSA 机房 1（部分为本项目新增）						
1	^{99m} Tc 注射器防护套	DSA 机房 1	1 个	4mmPb（本次新增）		
2	⁹⁰ Y 注射器防护盒		1 个	15mm 有机玻璃(本次新增)		
3	铅方巾		2 块	2mmPb		
4	脚踏式铅桶		1 个	10mmPb（本次新增）		
5	表面污染监测仪		1 台	/（本次新增）		
6	便携式 X-γ 射线巡测仪		1 台	介入手术区域共用		
7	个人剂量报警仪		1 台	/		
8	个人剂量计		2 个/人	/		
本项目核医学科运行期间主要污染物为 γ 射线、β 射线、放射性表面污染等。根据项目特点，医院拟配置便携式 X-γ 射线巡测仪、表面污染监测仪，项目配备的监测仪器符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对监测仪器的配置要求。						
医院拟为 DSA 辐射工作人员、患者和受检者配备相应的个人防护用品和辅助防护设施，具体配置情况及与标准要求对照情况见下表。						
表 10.1.1-12 个人防护用品和辅助防护设施配置要求						
场所类型	人员类型	GBZ130-2020 要求		本项目拟配置情况		是否符合
		个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施	

DSA 机房 1	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	每间机房：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 4 件	每间机房：铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏各 1 件	符合
	患者和受检者	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	—	每间机房：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各 1 件	—	符合
注：“—”表示不需要；除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。						

10.1.7 辐射安全与防护措施符合性分析

对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目核医学科符合性分析如表 10.1.1-13 所示。

表 10.1.1-13 核医学科符合性分析表

防护要求		本项目分析	符合性
辐射工作场所分区	应按照 GB18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。	本项目已按相关要求划分控制区和监督区；	符合
	控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。	本项目拟在控制区入口设置电离辐射警告标志和控制区的标志；在监督区入口设置监督区的标志；	符合
选址	核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目核医学科位于门诊医技楼地下一层；设置独立的人员通道和物流通道。	符合
	核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	本项目核医学科工作场所不毗邻食堂、产科、儿科等部门及人员密集区，且与非放射性工作场所有明确的分界隔离；	符合
	核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑	核医学科排风口位于门诊医技楼楼顶高出屋脊排放，远离周边高层建筑	符合
布局	核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；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。	本项目设置有核素显像场所和核素治疗场所，两个场所分开布置。核医学工作场所分别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。控制区的出入口设立卫生通过间，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。控制区内设有给药后患者的专用卫生间。	符合
	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。		符合
	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员		符合

	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		
屏蔽要求	核医学场所屏蔽层设计应适当保守,按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。	均按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。	符合
	设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时,除应考虑室内的辐射源外,还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。	核医学工作场所屏蔽设计已考虑室内的辐射源外,还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。	符合
	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 2.5μSv/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。	经表 11 计算,核医学工作场所屏蔽厚度满足要求。	符合
	放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构,以保证设备外表面 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。	经表 11 计算,核医学工作场所手套箱、注射窗等设备屏蔽厚度满足要求。	符合
	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应增加相应屏蔽措施,以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5μSv/h。	固体放射性废物收集桶、放射性废水管道裸露部分均采取铅屏蔽。	符合
	放射性物质贮存在专门场所内,并应有适当屏蔽。	核医学工作场所设有废物间,其屏蔽厚度满足要求。	符合
场所安全措施要求	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。	核医学工作场所用房室内表面及装备结构均满足要求。	符合
	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,给药后患者候诊室内、核素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。	本项目设置手套箱,并为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。	符合
	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。	本项目卫生通过间内配备便携式 X-γ 射线巡测仪和表面污染监测仪。	符合
	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。	本项目设置储源室,并建立台账,及时登记,确保账物相符。	符合
	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。	本项目配备药物转移铅罐,容器表面张贴电离辐射标志,容器在运送时应有适当的固定措施。	符合
密闭和通风要求	核医学工作场所应保持良好的通风,工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计,保持工作场所的负压和各区之间的压差,	本项目核医学科工作场所均设置独立的排风管道,所有排风管由风井经风机抽排至门诊医技	符合

求	以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	楼楼顶高出屋脊排放，排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。手套箱顶部设活性炭吸附装置。	
	使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内应有单独排气管道，并相对加速器室呈负压状态。		符合
	碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。		符合
	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。		符合
	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。		符合

根据上表可知，本项目核医学科辐射工作场所分区、选址、布局、屏蔽设计、场所安全措施设置和通风设计均能满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关要求。

10.2 三废的治理

10.2.1.放射性废液

本项目核素显像场所不新增放射性废水；核素治疗场所使用的衰变池组（1~4）容积能够满足核素治疗场所产生的放射性废水衰变要求；因此不对衰变池间及衰变池设计情况进行调整。

（1）衰变池间设计

本项目核医学工作场所工作人员清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液以及患者冲洗排便用水和患者住院废水。核医学科辐射工作场所产生的放射性废液均统一收集至核医学科正下方的衰变池间内。衰变池间设计情况如下：

衰变池间土建尺寸约为 17m*14m*5.3m，衰变池间四周采用 400mm 厚混凝土，顶部为 150mm 厚混凝土，底部为 1000mm 厚混凝土，可确保辐射防护安全。

衰变池间内拟设置 2 个槽式衰变池组，核素显像场所衰变池组由 1 个污泥池（池 5）+3 个有效容积不低于 30m³ 衰变池（池 6~8）并联组成，用来接收核医学科核素制备场所和核素显像场所产生的放射性废液；核素治疗场所衰变池组由 1 个污泥池（池 1）+3 个有效容积不低于 70m³ 衰变池（池 2~4）并联组成，用来接收核素治疗场所产生的放射性废液。衰变池设计见附图 11。

（2）衰变池设计

1.衰变池设计

本项目衰变池间内设置 2 个槽式衰变池组，单个池体四侧均为 400mm 厚混凝土、底部为 1000mm 厚混凝土，材质坚固、耐酸碱腐蚀，无渗透性，内壁光滑、防漏。两个衰变池组均为槽式池体，轮流收集贮存、衰变，交替轮流排放，并配置动力及自动运行控制系统，可实现全自动或手动两种运行控制方式。

2.废水中污泥的预防和处置措施

本项目两组衰变池组均配套设有污泥池，污泥池内设置粉碎泵。固体物质进入衰变池前先通过污泥池中的粉碎泵大力搅碎后再进入衰变池，废水排放时，固形物可随废水一起排出，杜绝管路堵塞，可以有效地预防污泥沉积，避免衰变池内污泥硬化淤积影响池内有效容积的问题。

3.衰变池内放射性废水走向

核医学科衰变池间内 2 个衰变池组均为槽式衰变池，废水出口设置有废水监测井和自动取样监测装置。整个衰变池采用“槽式”排放，通过阀门切换并联运行，以“核素治疗场所衰变池组 3 个衰变池（分别为 2#、3#、4#）为例”，运行时先关闭 3#、4#进水管上电动阀，打开 2#进水管上的电动阀，使废水进入 2#衰变池，当 2#衰变池废水到达设定水位后，关闭 2#进水电动阀并开启 3#衰变池进水电动阀，废水经 3#进水电动阀流入 3#衰变池，当 3#衰变池废水到达设定水位后，关闭 3#进水电动阀并开启 4#衰变池进水电动阀，废水经 4#进水电动阀流入 4#衰变池；当 4#衰变池内废水到达设定水位时，打开 2#排水管上的电动阀，并监测 2#衰变池是否已排空，如果没有则报警。如果 2#衰变池为空槽则关闭 4#电动阀并开启 2#衰变池电动阀，以此类推。

衰变池进水管上的电动阀和衰变池排水泵均有自动控制和手动控制两种模式。衰变池组的自动化控制系统除能自动控制电动阀开关外，还能实时监控池内液位状态，各衰变池的水位、衰变时间自动显示在电脑的显示屏和控制柜的文本显示器上，并可随时查阅或打印当前和历史的相关记录。出水监测井设置两套水泵，一用一备。衰变池和出水监测井的水泵要求建立巡查制度，以保证其正常运行。

4.衰变池内放射性废水暂存

核素显像场所废水不新增放射性废水。根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》可知，核医学科核素制备场所和核素显像场所共用一个衰变池组，核素显像场所衰变池组由 1 个污泥池+3 个有效容积不低于 30m³衰变池并联组成。本项目不新增放射性废水，则核医

学科核素制备场所和核素显像场所原有项目每天产生废水 1.7m^3 ，注满一个 30m^3 衰变池约需要 17.6 个工作日，第一个衰变池最后进入的废水存储时间（即为将第二、第三个衰变池注满的时间）约为 35 个工作日（49 个自然日）。核素制备场所和核素显像场所产生的放射性废液经贮存超过 33 天后（满足半衰期最长核素 ^{89}Zr 废水暂存十个半衰期），经监测总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ ，总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ，经审管部门确认后方可解控排入医院污水处理站。

本次主要变化为核素治疗场所废水：核素治疗场所衰变池组由 1 个污泥池+3 个有效容积不低于 70m^3 衰变池并联组成，收集本项目新增的含 ^{90}Y 、 ^{177}Lu 和 ^{131}I 核素的放射性废水。由工程分析可知，核医学科核素治疗场所每周产生废水 3.65m^3 ，则注满一个 70m^3 衰变池约需要 19.1 周，第一个衰变池最后进入的废水存储时间（即为将第二、第三个衰变池注满的时间）约为 38 周（266 个自然日）。满足含 ^{131}I 核素废水暂存超过 180 天的要求后即可排入医院污水处理系统。

综上，核医学科两组衰变池均能满足使用需求。

5.放射性废液收集管线设计

医院核医学科产生的放射性废液通过专门的管道进行统一收集，并经管道排入衰变池。核医学科放射性废液管道均要求抗酸碱、耐腐蚀并有一定防辐射功，放射性废液管道拟采用镀锌钢管并埋地设置，管道裸露部分外包裹 1.5mmPb 铅皮进行屏蔽防护。衰变后的废水满足暂存时间要求且监测达标后排入医院污水处理系统。

本项目仅依托核素显像场所开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，不对核素显像场所放射性废水管线进行调整；

本次主要变化为核素治疗场所放射性废水管线调整：本项目对核素治疗场所病房位置及数量（核素病房调整为 8 间，分布于患者走廊东西两侧）以及送餐、去污检测、卫生通过间、污染被服间等位置均进行了调整，因此对核素治疗场所的放射性废水管线也进行了相应调整。

核医学科放射性废液排水管线如附图 15 所示。

10.2.2 放射性废气

（1）核素显像场所

本项目仅依托核素显像场所开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，不对核素显像场所排风管线进行调整；核素显像场所排风管线设置情况如下：

本项目核素显像场所共设有 5 支独立排风管线且工作场所内保持负压。1 号排风管

线：PET/CT 机房、PET/MR 机房、抢救室、药廊、PET/MR 注射后等候室、PET 留观室、PET 患者走廊、保洁间单独设置一条排风管线，排风风量 $5690\text{m}^3/\text{h}$ ；2 号排风管线：废物间、卫生通过间、PET/CT 注射后等候室、PET 患者走廊、注射后等候室、高活室、储源室、PET 注射室单独设置一条排风管线，排风风量 $3950\text{m}^3/\text{h}$ ；3 号排风管线：SPECT 注射室、SPECT 患者走廊、SPECT/CT 机房单独设置一条排风管线，排风风量 $1950\text{m}^3/\text{h}$ ；4 号排风管线：医生观察室、SPECT 患者走廊、运动负荷室、SPECT 注射后等候室、SPECT 留观室、保洁间单独设置一条排风管线，排风风量 $3930\text{m}^3/\text{h}$ ；5 号排风管线：高活室 PET 手套箱和 SPECT 手套箱单独设置一条排风管线，排风风量 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 。所有排风管由核素显像场所西侧的风井经风机抽排至门诊医技楼楼顶高出屋脊排放，排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。PET 手套箱和 SPECT 手套箱顶部设活性炭吸附装置。排风管线设计图见附图 14。

（2）核素治疗场所

本次主要变化为核素治疗场所排风管线调整：本项目对核素治疗场所病房位置及数量（核素病房调整为 8 间，分布于患者走廊东西两侧）以及送餐、去污检测、卫生通过间、污染被服间等位置均进行了调整，因此对核素治疗场所的排风管线也进行了相应调整，并将原核素病房排风管线拆分为两条，一条连接核素病房 1（ ^{90}Y 病房）、2（预留病房）和 6~7（ ^{177}Lu 病房），另一条连接核素病房 3~5（ ^{131}I 病房）。核素治疗场所排风管线设置情况如下：

本项目核素治疗场所共设有 4 支独立排风管线且工作场所内保持负压。1 号排风管线：卫生通过间、服碘/注射室、高活室、储源室、废物间 1、抢救室、污染被服间、保洁间、废物间 2 单独设置一条排风管线，排风风量 $1250\text{m}^3/\text{h}$ ；2 号排风管线：核素病房 1~2、核素病房 6~8 单独设置一条排风管线，排风风量 $1900\text{m}^3/\text{h}$ ；3 号排风管线：核素病房 3~5 单独设置一条排风管线，排风风量 $1150\text{m}^3/\text{h}$ ；4 号排风管线：高活室手套箱单独设置一条排风管线，排风风量 $600\text{m}^3/\text{h}$ 。所有排风管由核素治疗场所南侧或北侧的风井经风机抽排至门诊医技楼楼顶高出屋脊排放，排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。手套箱顶部设活性炭吸附装置。排风管线设计图见附图 14。

综合上述，本项目核医学科核素显像场所和核素治疗场所均保持良好的通风，气流流向为：清洁区→监督区→控制区→排风管道，保持非密封放射性物质工作场所为负压，防止放射性废气对工作场所造成交叉污染。非密封放射性物质工作场所的排风系统最终

引至门诊医技楼楼顶，排风口分别位于核素显像场所西侧楼梯间北侧排风井对应顶部、核素治疗场所北侧楼梯间西侧排风井对应顶部以及核素治疗场所高活室西侧排风井顶部位置，总排风口的设置满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中排气口应高于本建筑屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑的要求，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关要求，能够有效防止放射性气体对周围环境产生辐射影响。

10.2.3 放射性固体废物

本项目核医学工作场所工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品和垫料等属于放射性固体废物。医院拟于核医学科当日工作结束后，将上述放射性固体废物收集于工作场所铅桶内专用塑料包装袋，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内，装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于放射性废物间。

核素显像场所暂存放射性废物变化情况：⁹⁰Y 树脂微球治疗项目在核素显像场所和 DSA 机房 1 内产生的放射性固体废物均转移至核素显像场所放射性废物间内；则核素显像场所新增放射性固废 152.5kg/年（分别含 ^{99m}Tc 放射性固废：100kg/年，含 ⁹⁰Y 放射性固废：52.5kg/年）。

核素治疗场所暂存放射性废物变化情况：⁹⁰Y 树脂微球治疗项目在核素治疗场所产生的放射性固体废物转移至核素治疗场所放射性废物间 2 内；¹³¹I 和 ¹⁷⁷Lu 核素治疗项目产生的放射性固体废物均转移至核素治疗场所放射性废物间 1~2 内；则核素治疗场所产生的放射性固废由原 700kg/年调整为 550kg/年（分别含 ⁹⁰Y 放射性固废：25kg/年，含 ¹³¹I 放射性固废：375kg/年，含 ¹⁷⁷Lu 放射性固废：150kg/年）。

核素显像场所设有 1 间放射性废物间（面积 8.6m²）；核素治疗场所分别设有 1 间放射性废物间 1（面积 3.6m²）、放射性废物间 2（面积 4.3m²）和污染被服间（面积 8.7m²）；容积能够满足核素显像场所新增放射性固废及核素治疗场所调整后产生的放射性固废的暂存要求，因此不对放射性废物间进行调整，仅新增衰变箱用于暂存放射性固废。放射性废物间四侧墙体屏蔽不低于 240mm 混凝土实心砖，顶棚和地坪屏蔽不低于 300mm 混凝土，防护门内衬不低于 2mm/8mm 铅板，废物间内设有铅衰变箱，用于贮存放射性固体废物。放射性物质自行衰变，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（含 ⁹⁰Y 核素的固废集中贮存衰变超过 27

天，含 ^{177}Lu 核素的固废集中贮存衰变超过 68 天），含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可对废物清洁解控并作为医疗废物进行处理。

核医学科排放口定期更换下来的废活性炭也属于放射性固体废物，应及时转运暂存于废物间的铅衰变箱内，让放射性物质自行衰变，待衰变满足标准后，作为医疗废物进行处理。

建设单位应做到：

①严格区分放射性固体废物与一般固体废物，不可混同处理，应力求控制和减少放射性废物产生量。

②对所有放射性固废采用先收集在各自相关工作场所的专用废物桶内，再将废物桶内的固体废弃物连同垃圾袋分期存放到废物间内，集中收储一段时间后（控制不同的收贮时间，以减少放射性废物的收贮量）再分类处理。

③放射性固废的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）的“放射性固体废物贮存单位应当建立放射性固体废物贮存情况记录档案，如实完整地记录贮存的放射性固体废物的来源、数量、特征、贮存位置、清洁解控、送交处置等与贮存活动有关的事项”等相关规定。

10.2.4 一般废气、废水及固废

（1）废气

本项目 DSA 机房 1 和 SPECT/CT 机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量臭氧、氮氧化物，通过机房内设置的动力通风系统排入到大气环境，臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的 1/3，因此本项目产生的废气对周围环境影响很小。

（2）废水

本项目辐射工作人员产生的生活污水依托医院污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

（3）固体废物

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门统一清运。

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

本项目主体土建工程环评报告书《苏州君奥精准医学有限公司建设苏州君奥医院项目环境影响报告书》，已取得苏州工业园区生态环境局出具的建设项目环保审批意见。报告书中施工期环境影响评价已包含《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》中拟建的核医学科项目、放疗科项目、介入手术项目等土建、装修期间的环境影响，因此，本次评价不再分析本项目涉及场所建设施工期的影响，有关施工期影响分析详见医院主体工程环境影响报告书。

11.1.2 设备安装调试期环境影响分析

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备，且安装调试阶段不涉及非密封放射性物质的操作。在设备安装调试阶段，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，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备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，医院方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 ^{90}Y 树脂微球治疗项目

11.2.1.1 β 射线及表面污染辐射影响分析

① β 射线

本项目使用的放射性核素 ^{90}Y 衰变过程中会有 β 射线， β 射线在介质中的射程按式 11.2.1-1 计算， β 射线的屏蔽厚度按式 11.2.1-2 计算，计算结果见下表。

$$R=0.412E_{\max}^{(1.265-0.0954\ln E_{\max})} \quad (\text{式 11.2.1-1})$$

$$d=R/\rho \quad (\text{式 11.2.1-2})$$

式中：

R —— β 射线在介质中射程， g/cm^2 ；

ρ ——介质的密度， g/cm^3 ；

$E_{\max}$ —— β 射线的最大能量， MeV ；

d——β射线的屏蔽厚度，cm。

^{90}Y 核素发射纯 β 射线，最高能量达 2.284MeV，其衰变产生的 β 射线在空气、铅板和铅玻璃中的射程见表 11.2.1-1。

表 11.2.1-1 核素衰变产生的 β 射线在各介质中的所需屏蔽厚度

序号	材料	有效原子序数	密度 ρ (g/cm ³)	射程 (cm)

经计算可知，放射性核素 ^{90}Y 产生的 β 射线在空气中的射程为 850.74cm，在未屏蔽情况下对周围环境影响较大，通常使用有机玻璃对其进行屏蔽；本项目 ^{90}Y 树脂微球装在西林瓶中，外设有铅罐，且本项目 ^{90}Y 治疗项目工作场所设置了足够的空间，且有墙体和铅门进行屏蔽，可有效降低 β 射线对周围环境的影响。

②放射性表面污染分析

放射性表面污染的影响主要来源于放射性核素操作时打翻、洒漏造成地面、台面、设备仪器表面污染，对周围环境产生辐射影响。本项目辐射工作场所各功能用房的放射性表面污染水平应根据表面类型执行 GB18871-2002（见表 7.3-3）相应的表面污染控制水平。

为了使本项目非密封放射性物质工作场所的放射性表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，建设单位应采取以下防护措施：

- ①操作放射性核素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- ②不允许用裸露的手直接接触放射性核素或进行污染物的操作；
- ③当天工作结束后，应进行辐射水平和表面污染监测，如发现表面污染水平超过 GB18871-2002 规定限值，应及时进行去污，经监测符合标准要求后方可重新开展业务。

11.2.1.2 韧致辐射影响分析

屏蔽强 β 粒子的高原子序数材料会产生韧致辐射。根据《辐射防护导论》，对 β 辐射源，韧致辐射采用下式进行计算。

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} A \cdot Z_e \cdot \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right) \cdot q \cdot \eta \quad (\text{式 11.2.1-3})$$

式中：

H_r ——距离屏蔽层源 r 米处的辐射剂量率, Gy/h;

r ——参考点与屏蔽层的距离, m;

A ——放射源活度, Bq;

Z_e ——屏蔽材料的有效原子序数;

E_b ——韧致辐射的平均能量 E_b 是入射 β 粒子的最大能量的 1/3, 即 $E_b=E_{\max}/3$, MeV;

μ_{en}/ρ ——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, m^2/kg ; 取自《辐射防护导论》附表 1 干燥空气中的质量能量吸收系数, 并由内插法取得 $2.896E-03$;

q ——参考点所在区域相应的居留因子, 本项目取 1;

η ——透射比; 根据公式 $\eta=10^{-d/TVL}$ 或 $\eta=(1/2)^{d/HVL}$ 得出 (其中 d 为屏蔽材料的厚

a.核素显像场所储源室、高活室

本项目订购的 ^{90}Y 树脂微球每瓶总活度为 $3.0 \times 10^9 Bq$, 因此储源室和高活室内源强均为 ^{90}Y : $3.0 \times 10^9 Bq$;

b. DSA 机房 1、核素显像场所 SPECT/CT 机房、核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房

^{90}Y 树脂微球每名患者最大使用量为 $2.5 \times 10^9 Bq$, 由核素显像场所护士在手套箱内进行分装并转运至 DSA 机房 1; 待患者完成 ^{90}Y 树脂微球注入, 在核素显像场所 SPECT/CT 机房检查和核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房住院时, 患者体内 ^{90}Y 活度最大不超过 $2.5 \times 10^9 Bq$; 因此 DSA 机房 1、SPECT/CT 机房、 ^{90}Y 核素病房以及药物转运、接收和患者转运等操作, ^{90}Y 源强均取 $2.5 \times 10^9 Bq$;

c.核素显像场所放射性废物间、核素治疗场所放射性废物间 2 和污染被服间

本项目剩余的 ^{90}Y 树脂微球也存放在核素显像场所放射性废物间内, 因此核素显像场所每周产生含 ^{90}Y 放射性固体废物总活度为 $3.0 \times 10^9 \times 1\% + 5.0 \times 10^8 = 5.30 \times 10^8 Bq$, 核素治疗场所每周产生含 ^{90}Y 放射性固体废物总活度为 $2.50 \times 10^7 Bq$ 。

表 11.2.1-2 放射性废物暂存间内各核素活度



单个废物间内配备 2 个内衬 10mm 有机玻璃+2mmPb 衰变箱（交替使用）进行暂存，则核素显像场所放射性废物间单个衰变箱源强为 $6.32 \times 10^8 \text{Bq}$ ，核素治疗场所放射性废物间 2 单个衰变箱源强为 $2.98 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

预测点位置见附图 16-1 和附图 19。

表 11.2.1-3 ⁹⁰Y 树脂微球治疗项目工作场所初致辐射剂量率计算结果

序号	位置		距离 m	源强 (Bq)	屏蔽厚度	Ze	η	辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
1-1	核素 显像 场所	储 源 室	北墙外 30cm 处						
1-2			防护门外 30cm 处						
1-3			顶棚外 30cm 处						
1-4			下方距地 170cm 处						
2-1		高 活 室	SPECT 手套箱取药位						
2-2			顶棚外 30cm 处						
2-3			下方距地 170cm 处						
3-1		SPE CT/ CT 机 房	观察窗外 30cm 处						
3-2			南墙外 30cm 处						
3-3			防护门外 30cm 处						
3-4			摆位处						
3-5			顶棚外 30cm 处						
3-6			下方距地 170cm 处						
4-1		废 物 间	防护门外 30cm 处						
4-2			西墙外 30cm 处						

4-3			顶棚外 30cm 处	
4-4			下方距地 170cm 处	
4-5			废物箱外表面 30cm	
5-1	DSA 机 房 1		东墙外 30cm 处	
5-2			南墙外 30cm 处	
5-3			南侧防护门外 30cm 处	
5-4			西侧防护门外 30cm 处	
5-5			西侧观察窗外 30cm 处	
5-6			西侧墙外 30cm 处	
5-7			北侧墙外 30cm 处	
5-8			北侧防护门外 30cm 处	
5-9			顶棚外 30cm 处	
5-10			下方距地 170cm 处	
5-11			第一术者位	
5-12			第一术者位	
6-1	核 素 治 疗 场 所	⁹⁰ Y 核 素 病 房	东墙外 30cm 处	
6-2			南墙外 30cm 处	
6-3			北墙外 30cm 处	
6-4			防护门外 30cm 处	
6-5			顶棚外 30cm 处	
6-6			下方距地 170cm 处	

6-7			护理位	
7-1		污 染 被 服 间	南墙外 30cm 处	
7-2			西墙外 30cm 处	
7-3			防护门外 30cm 处	
7-4			顶棚外 30cm 处	
7-5			下方距地 170cm 处	
8-1		废 物 间 2	东墙外 30cm 处	
8-2			北墙外 30cm 处	
8-3			防护门外 30cm 处	
8-4			顶棚外 30cm 处	
8-5			下方距地 170cm 处	
8-6			废物箱外表面 30cm	
9-1	⁹⁰ Y 树脂微球药物转运			
10-1	⁹⁰ Y 树脂微球药物接收			
11-1	⁹⁰ Y 树脂微球患者转运			

根据预测结果，本项目 ⁹⁰Y 树脂微球治疗项目新增使用 ⁹⁰Y，涉及辐射工作场所韧致辐射所致手套箱表面剂量率、控制区内屏蔽体外表面 30cm 处、控制区外屏蔽体表面 30cm 处的周围剂量当量率预测值均小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关要求，工作场所防护屏蔽满足要求。

11.2.1.3 γ 射线影响分析

本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目使用的放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变过程中会产生 γ 射线。 γ 射线影响屏蔽计算公式参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中的计算公式进行计算。

$$H = \frac{A \times \Gamma}{r^2} \cdot 10^{-\left(x/TVL\right)} \quad (\text{式 } 11.2.1-4)$$

式中：

H ——屏蔽体外预测点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A ——放射源活度， MBq ；

Γ ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ；

r ——预测点与放射源间的距离， m ；

x ——屏蔽厚度， mm ；

TVL ——半值层， mm 。

表 11.2.1-4 相关参数取值表

核素名称	$^{99\text{m}}\text{Tc}$

由于放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 已在《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》进行评价分析，已许可的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 日最大操作量 $2.78 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，可满足本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗使用量，因此本次不新增 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素用量；且本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目每名患者最大 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物用量为 $1.85 \times 10^8 \text{Bq}$ ，小于《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 单次最大使用量 $9.25 \times 10^8 \text{Bq}$ ；综上，本项目不考虑 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 对核素显像场所的辐射影响。

本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 需在 DSA 机房 1 内注入，因此在 DSA 机房 1 内注入以及转运过程会产生辐射影响。

预测点位置见附图 19。

表 11.2.1-5 ^{90}Y 树脂微球治疗项目 γ 辐射剂量率计算结果

关注点	位置		源强 Bq	距源 1m 处周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	与源的距离(m)	屏蔽材料及厚度	关注点辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	剂量率控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
5-1	DSA 机房 1	东墙外 30cm 处						
5-2		南墙外 30cm 处						
5-3		南侧防护门外 30cm 处						
5-4		西侧防护门外 30cm 处						
5-5		西侧观察窗外 30cm 处						
5-6		西侧墙外 30cm 处						
5-7		北侧墙外 30cm 处						
5-8		北侧防护门外 30cm 处						
5-9		顶棚外 30cm 处						
5-10		下方距地 170cm 处						
5-11		第一术者位						
5-12		第二术者位						
9-1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物转运							
10-1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物接收							
11-1	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者转运							
注：本项目混凝土实心砖密度为 $2.1\text{t}/\text{m}^3$ ，硫酸钡密度为 $3.8\text{t}/\text{m}^3$ ，均通过混凝土密度折算为等效混凝土厚度后，通过混凝土 TVL 值进行计算。								

根据预测结果，本项目 ^{90}Y 树脂微球治疗项目在 DSA 机房 1 内使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，涉及辐射工作场所 γ 辐射所致控制区外屏蔽体表面 30cm 处的周围剂量当量率预测值均小于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）相关要求，工作场所防护屏蔽满足要求。

11.2.1.4 X 射线影响分析

(1) DSA 机房 1 各屏蔽部位的铅当量厚度核算

由表 10.1.2-3 可知，本项目 DSA 机房使用的屏蔽材料除铅以外，还涉及四侧墙体的混凝土实心砖，顶棚、地坪的混凝土和硫酸钡防护涂料。本项目按额定管电压 125kV 的极端条件核算 DSA 机房各屏蔽部位屏蔽材料的等效铅当量厚度。

按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C 的 C.1.2 中公式（C.2），计算出各屏蔽物质的铅当量厚度 X：

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln\left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}}\right) \quad \text{式 (11.2.1-5)}$$

式中：

X——不同屏蔽物质的铅当量厚度；

α 、 β 、 γ ——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；

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子，参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 的 C.1.2 中公式（C.1）及表 C.2 的相关参数进行计算：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad \text{(式 11.2.1-6)}$$

式中：

B——给定铅厚度的屏蔽透射因子；

α 、 β 、 γ ——铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数；

X——铅厚度。

由《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中表 C.2 和 C.3 查取 125kV（主束）管电压下铅、混凝土对 X 射线衰减的有关的拟合参数；由 NCRP147 报告 TABLE A.1、TABLE C.1 查取 80kV、70kV 管电压下铅、混凝土对 X 射线衰减的有关的拟合参数，详见下表。

表 11.2.1-6 不同管电压工况下 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	屏蔽材料	α	β	γ
125kV（主束）				
90kV				
80kV（主束）				
70kV（散射）				



本项目 DSA 机房 1 四侧均为 370mm 实心砖，顶棚和地坪采用的 150mm 混凝土，可根据公式 11.2.1-5、11.2.1-6 计算其屏蔽透射因子 B 和铅当量厚度 X，计算结果列于表 11.2.1-7。

表 11.2.1-7 屏蔽物质的屏蔽透射因子 B 和铅当量厚度 X 计算结果

管电压	屏蔽材料	屏蔽透射因子 B	铅当量厚度 X (mm)
125kV (主束)			

(2) 机房尺寸及屏蔽防护能力分析

依据建设单位提供的 DSA 机房 1 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 射线机房防护设计的技术要求、最小有效使用面积及最小单边长度的要求，对本项目屏蔽措施进行对照分析，结果见表 11.2.1-8、表 11.2.1-9。

表 11.2.1-8 本项目辐射工作场所拟采取屏蔽防护措施分析

机房名称	屏蔽防护	屏蔽材料及厚度（铅当量：mmPb）	标准要求	评价
门诊医技楼 四层手术中 心 DSA 机房 1	四周墙体		有用线束方 向及非有用 线束方向屏 蔽防护铅当 量均不小于 2.0mmPb	符合
	顶棚			符合
	地坪			符合
	防护门			符合
	观察窗			符合
注：本项目硫酸钡防护涂料密度为 3.8g/cm³，硫酸钡折算铅当量依据《辐射防护手册》(第三分册)辐射安全中表 3.3，保守取 150kV 下，51mm 厚硫酸钡水泥折合约 3mmPb。				

表 11.2.1-9 本项目机房规格与标准对照表

机房名称		规格		标准要求		符合性评价
		有效使用面积	最小单边长	最小有效使用面积	最小单边长	
门诊医技楼四 层手术中心	DSA 机 房 1	45.60m ²	6.40m	20m ²	3.5m	符合

通过表 11.2.1-8、表 11.2.1-9 可知, 本项目的 DSA 机房 1 有效使用面积、最小单边长度均大于标准要求, 其四侧墙体、顶棚、地坪、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施, 充分考虑了邻室 (含楼上及楼下) 及周围场所的人员防护与安全, 且屏蔽厚度均满足有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑, 本项目 DSA 机房 1 的防护设施的技术要求均满足《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。

①设备参数

表 11.2.1-10 本项目 DSA 设备参数与工况及防护情况

[illegible]

本项目取医生手术位、控制室操作位、各防护墙外 30cm 处、铅防护门外 30cm 处、防护窗外 30cm 处、楼上离地 100cm 处、楼下离地 170cm 处作为屏蔽体外预测点位，并根据治疗床边界位置测量与机房最近距离；具体预测点位见附图 19。

100

本项目 DSA 介入手术过程中, DSA 图像增强器对 X 射线主束有屏蔽作用, NCRP147 号报告 “Structural Shielding Design for Medical Imaging X-ray Facilities” 4.1.6 节 (Primary Barriers, P41-45) 及 5.1 节 (Cardiac Angiography, P72) 指出, DSA 屏蔽计算时不需要考虑主束照射。因此本项目 DSA 需要屏蔽的辐射仅考虑泄漏辐射和散射辐射。

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时, 会配铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套等个人防护物品, 另外配备铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘等辅助防护设施, 其中铅橡胶围裙、铅防护眼镜、铅悬挂防护屏、铅防护吊帘和床侧防护帘的防护铅当量按 0.5mmPb 计算, 介入防护手套按 0.025mmPb 计算。

以下公式根据李德平、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。

a. 病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \cdot K \quad (\text{式 11.2.1-7})$$

式中:

H_s —预测点处的散射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

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

α —患者对 X 射线的散射比; 本项目常用最大管电压 80kV, 对于散射线向机房四侧墙体投射的情况, 从《辐射防护手册》(第一分册) 表 10.1 中采取内插法查取散射角 90° 时 80kV 对应的 α 值为 0.0008; 对于散射线向机房地面投射的情况, 因《辐射防护手册》(第一分册) 表 10.1 中无散射角 180° 数据, 表中所列散射角中以 135° 最接近 180° , 故从该表中散射角为 135° 、管电压为 70kV、100kV 对应的 α 值采用内插法求取 80kV 对应的 α 值为 0.0016;

s —散射面积, cm^2 , 本项目考虑手术需要的常用最大照射面积 256cm^2 ;

d —源与病人的距离, m, 取 0.45m;

d_s —病人与预测点的距离, m;

K —有效剂量与空气比释动能转换系数, Sv/Gy; 查《外照射放射防护剂量转换系数标准》(WS/T830-2024) 表 G.2, 根据内插法取宽谱 70kV 时 K 值 1.60Sv/Gy ;

B —屏蔽透射因子;

此处散射线是指本项目最大常用管电压 80kV 下有用线束 (初级 X 射线) 的散射

线，其能量偏保守取有用线束侧向（散射角 $\theta=90^\circ$ ）的一次散射线能量，可借鉴康普顿散射定律计算一次散射线能量 E 与入射的初级 X 射线能量 E_0 之比值： $E/E_0=1/[1+E_0(1-\cos\theta)/0.511]=1/[1+0.08\times(1-\cos90^\circ)/0.511]\approx 0.865$ ，继而计算一次散射线能量 E 对应的 kV 值为 $80\text{kV}\times 0.865=69.2\text{kV}\approx 70\text{kV}$ 。70kV 的 α 、 β 、 γ 数值具体见表 11.2.1-6。

根据式 11.2.1-6，70kV 下各预测点的屏蔽透射因子计算结果下表。

表 11.2.1-11 70kV 下各预测点屏蔽透射因子计算结果

场所	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
DSA 机房 1	1#第一术者位 (铅衣内)						
	1#第一术者位 (铅衣外)						
	1#第二术者位 (铅衣内)						
	1#第二术者位 (铅衣外)						
	2#东墙外 30cm 处						
	3#南墙外 30cm 处						
	4#南侧防护门外 30cm 处						
	5#西侧防护门外 30cm 处						
	6#西侧观察窗外 30cm 处						
	7#西墙外 30cm 处						
	8#北墙外 30cm 处						
	9#北侧防护门外 30cm 处						
	10#顶棚上方距顶 棚地面 100cm 处						
	11#机房地面下方 距楼下地面 170cm 处						

根据式 11.2.1-7 和表 11.2.1-11，各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11.2.1-12 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

场所	工作 模式	预测点 位置描述	H_0	α	s	d_0	d_s	B	K	H_s
			$\mu\text{Gy/h}$	/	cm^2	m	m	/	Sv/Gy	$\mu\text{Sv/h}$
DS A 机 房 1	摄影	2#东墙外 30cm 处								
		3#南墙外 30cm 处								
		4#南侧防护门外 30cm 处								
		5#西侧防护门外 30cm 处								

		6#西侧观察窗外 30cm 处	
		7#西墙外 30cm 处	
		8#北墙外 30cm 处	
		9#北侧防护门外 30cm 处	
		10#顶棚上方距顶棚 地面 100cm 处	
		11#机房地面下方距 楼下地面 170cm 处	
	透视	1#第一术者位 (铅衣内)	
		1#第一术者位 (铅衣外)	
		1#第二术者位 (铅衣内)	
		1#第二术者位 (铅衣外)	
		2#东墙外 30cm 处	
		3#南墙外 30cm 处	
		4#南侧防护门外 30cm 处	
		5#西侧防护门外 30cm 处	
		6#西侧观察窗外 30cm 处	
		7#西墙外 30cm 处	
		8#北墙外 30cm 处	
		9#北侧防护门外 30cm 处	
		10#顶棚上方距顶棚 地面 100cm 处	
		11#机房地面下方距 楼下地面 170cm 处	

b. 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率利用点源辐射进行计算，各预测点的泄漏辐射剂量率可用式 11.2.1-8 进行计算。

$$H_L = \frac{H_0 \cdot B}{d^2} \cdot K \quad (\text{式 11.2.1-8})$$

式中：

H_L —预测点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 —距靶 1m 处的泄漏辐射在空气中的比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目取 1mGy/h ；

d —靶点距预测点的距离，m；

K—有效剂量与空气比释动能转换系数，Sv/Gy；查《外照射放射防护剂量转换系数标准》（WS/T830-2024）表 G.2，表中 80kV 时 K 值为 1.67Sv/Gy；

B—屏蔽透射因子。

根据式 11.2.1-6，80kV 下各预测点的屏蔽透射因子计算结果见下表。

表 11.2.1-13 80kV 下各预测点屏蔽透射因子计算结果

场所	预测点位	防护情况	屏蔽厚度	α	β	γ	B
DSA 机房 1	1#第一术者位 (铅衣内)						
	1#第一术者位 (铅衣外)						
	1#第二术者位 (铅衣内)						
	1#第二术者位 (铅衣外)						
	2#东墙外 30cm 处						
	3#南墙外 30cm 处						
	4#南侧防护门外 30cm 处						
	5#西侧防护门外 30cm 处						
	6#西侧观察窗外 30cm 处						
	7#西墙外 30cm 处						
	8#北墙外 30cm 处						
	9#北侧防护门外 30cm 处						
	10#顶棚上方距顶 棚地面 100cm 处						
	11#机房地面下方 距楼下地面 170cm 处						

根据式 11.2.1-8 和表 11.2.1-13，各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表。

表 11.2.1-14 各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果

场所	工作 模式	预测点位置描述	H_0	d	B	K	H_L
			$\mu\text{Gy/h}$	m	/	Sv/Gy	$\mu\text{Sv/h}$
DSA 机房 1	摄影	2#东墙外 30cm 处					
		3#南墙外 30cm 处					
		4#南侧防护门外 30cm 处					
		5#西侧防护门外 30cm 处					
		6#西侧观察窗外 30cm 处					
		7#西墙外 30cm 处					
		8#北墙外 30cm 处					

		9#北侧防护门外 30cm 处	
		10#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处	
		11#机房地面下方距楼下地面 170cm 处	
	透视	1#第一术者位（铅衣内）	
		1#第一术者位（铅衣外）	
		1#第二术者位（铅衣内）	
		1#第二术者位（铅衣外）	
		2#东墙外 30cm 处	
		3#南墙外 30cm 处	
		4#南侧防护门外 30cm 处	
		5#西侧防护门外 30cm 处	
		6#西侧观察窗外 30cm 处	
		7#西墙外 30cm 处	
		8#北墙外 30cm 处	
		9#北侧防护门外 30cm 处	
		10#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处	
		11#机房地面下方距楼下地面 170cm 处	

c. 总辐射剂量率估算

根据表 11.2.1-12 和 11.2.1-14 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于表 11.2.1-15。

表 11.2.1-15 各个预测点的总辐射剂量率

场所	工作模式	预测点位置描述	散射辐射剂量率	泄漏辐射剂量率	总辐射剂量率
			$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
DSA 机房 1	摄影	2#东墙外 30cm 处			
		3#南墙外 30cm 处			
		4#南侧防护门外 30cm 处			
		5#西侧防护门外 30cm 处			
		6#西侧观察窗外 30cm 处			
		7#西墙外 30cm 处			
		8#北墙外 30cm 处			
		9#北侧防护门外 30cm 处			
		10#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处			
		11#机房地面下方距楼下地面 170cm 处			
	透视	1#第一术者位（铅衣内）			
		1#第一术者位（铅衣外）			

	1#第二术者位（铅衣内）	
	1#第二术者位（铅衣外）	
	2#东墙外 30cm 处	
	3#南墙外 30cm 处	
	4#南侧防护门外 30cm 处	
	5#西侧防护门外 30cm 处	
	6#西侧观察窗外 30cm 处	
	7#西墙外 30cm 处	
	8#北墙外 30cm 处	
	9#北侧防护门外 30cm 处	
	10#顶棚上方距顶棚地面 100cm 处	
	11#机房地面下方距楼下地面 170cm 处	

由表 11.2.1-15 计算结果可知：透视工况下，第一术者位（铅衣内）总辐射剂量率为 37.06 μ Sv/h，第一术者位（铅衣外）总辐射剂量率为 610.45 μ Sv/h；第二术者位（铅衣内）总辐射剂量率为 9.27 μ Sv/h，第二术者位（铅衣外）总辐射剂量率为 152.61 μ Sv/h。

摄影工况下，控制室操作位的辐射剂量率为 2.07×10^{-6} μ Sv/h，机房外辐射剂量率最大为 2.07×10^{-6} μ Sv/h；透视工况下，控制室操作位的辐射剂量率为 8.81×10^{-7} μ Sv/h，机房外辐射剂量率最大 8.81×10^{-7} μ Sv/h。

结合区域辐射环境背景水平，可以得出四层手术中心 DSA 机房 1 DSA 射线装置在正常运行情况下，机房外控制室、四周防护墙外、楼上、楼下、防护门及防护窗外的辐射剂量率均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的标准限值。

11.2.1.5 工作人员及公众个人剂量估算

（1）人员受照剂量估算公式

根据各预测点处辐射剂量率，结合建设单位预估工作量，预测点处人员居留因子等参数，由式11.2.1-9计算即可得到辐射工作人员的年有效剂量。预测点人员的有效剂量参考方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \times U \dots\dots\dots \text{（式 11.2.1-9）}$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，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。

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选取，具体数值见表 11.2.1-16。

表 11.2.1-16 居留因子的选取

场所	居留因子（ T ）		停留位置
	典型值	范围	
全停留	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、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2：相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5：走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8：各治疗门 1/20：公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、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/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

（2）人员受照剂量预测结果

①辐射工作人员受照剂量估算

a.本项目 DSA 机房 1 每年 ^{99m}Tc 注入手术 100 台， ^{90}Y 注入手术 50 台；摄影曝光时，技师位于控制台处操作，介入医护人员均回到控制室进行操作；透视曝光时，技师位于控制台处操作，介入医护人员在机房内近台同室操作，透视过程最大曝光时间取 20min。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，采用公式 11.2.1-10 进行估算。

$$E = \alpha H_u + \beta H_o \quad (\text{式 } 11.2.1-10)$$

式中：

E ——有效剂量中的外照射分量，单位：mSv；

α ——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；

β ——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_u ——铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位：mSv；

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：mSv。

DSA 机房 1 内辐射工作人员开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目受 X 射线辐射影响计算结果如下。

表 11.2.1-17 DSA 机房 1 内辐射工作人员受 X 射线辐射影响年有效剂量估算

场所	工作	保护目标	对应	对应点位辐	年受照时间	居留	年有效剂量
----	----	------	----	-------	-------	----	-------

	模式		点位	射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	h	因子	mSv
DSA 机房 1	透视	第一术者位（铅衣内）	1#				
		第一术者位（铅衣外）	1#				
		第一术者位（铅衣内）	1#				
		第一术者位（铅衣外）	1#				
		第二术者位（铅衣内）	1#				
		第二术者位（铅衣外）	1#				
		第二术者位（铅衣内）	1#				
		第二术者位（铅衣外）	1#				

根据上表可知，在开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入手术时，第一术者位（身体）的受照的有效剂量为 2.02mSv/a ；则第二术者位（身体）的受照的有效剂量为 0.5mSv/a ；在开展 ^{90}Y 注入手术时，第一术者位（身体）的受照的有效剂量为 1.01mSv/a ；则第二术者位（身体）的受照的有效剂量为 0.25mSv/a 。

b.核素显像场所辐射工作人员年有效剂量的估算根据表 11.2.1-3、表 11.2.1-5 表 11.2.1-15 和表 11.2.1-17 预测的辐射剂量率，结合辐射工作人员工作负荷（见表 9.1-4），预测点处人员居留因子等参数，采用式 11.2.1-9 计算即可得到预测点处保护目标的年有效剂量，见下表。

表 11.2.1-18 ^{90}Y 树脂微球治疗项目辐射工作人员年有效剂量估算

工作人员		操作	辐射来源	对应预测点位	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
核素 显像 场所	护士 (共 4 人, 2 人一组轮岗)	^{90}Y 药品分装、测活					
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药品转运至 DSA 机房 1					
		^{90}Y 药品转运至 DSA 机房 1					
		含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物患者转运					
		含 ^{90}Y 药物患者转运					
	技师 (共 4 人, 2 人一组轮岗)	含 ^{90}Y 药物患者摆位					
		含 ^{90}Y 药物患者扫描					
	医生 (共 4 人, 每 人轮岗)	含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物患者转运					
		含 ^{90}Y 药物患者转运					
DSA 机房 1	技师 (共 2 人, 每 人轮岗)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入 DSA 摄影					
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入 DSA 透视					
		^{90}Y 注入 DSA 摄影					
		^{90}Y 注入 DSA 透视					
	医生 4 人 (共 4 人, 2 人一组轮 岗)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入 DSA 摄影					
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 注入 DSA 透视					

		⁹⁰ Y 注入 DSA 摄影	
		⁹⁰ Y 注入 DSA 透视	
		^{99m} Tc 药物输注过程	
		^{99m} Tc 患者包扎过程	
		⁹⁰ Y 药物输注过程	
		⁹⁰ Y 患者包扎过程	
	护士（共 2 人，每人轮岗）	^{99m} Tc 注入 DSA 摄影	
		^{99m} Tc 注入 DSA 透视	
		⁹⁰ Y 注入 DSA 摄影	
		⁹⁰ Y 注入 DSA 透视	
		^{99m} Tc 药物接收	
		含 ^{99m} Tc 药物患者转运	
		⁹⁰ Y 药物接收	
		含 ⁹⁰ Y 药物患者转运	
		含 ⁹⁰ Y 药物患者留观护理	
核素治疗场所	护士（共 4 人，每人轮岗）	含 ⁹⁰ Y 药物患者留观护理	

根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》和《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》可知，核素显像场所单名护士年受照剂量为 0.23mSv ，单名医生年受照剂量为 $3.29\times 10^{-4}\text{mSv}$ ，单名 SPECT/CT 技师年受照剂量为 $2.41\times 10^{-4}\text{mSv}$ ；叠加本项目新增开展后 ^{90}Y 树脂微球治疗项目后，核素显像场所单名护士年受照剂量为 $2.82\times 10^{-1}\text{mSv}$ ，单名医生年受照剂量为 $1.65\times 10^{-2}\text{mSv}$ ，单名 SPECT/CT 技师年受照剂量为 $1.16\times 10^{-3}\text{mSv}$ ；均满足辐射工作人员年有效年剂量约束值不超过 5mSv 的要求。

根据上表可知，新增开展后 ^{90}Y 树脂微球治疗项目对 DSA 机房 1 单名技师的年辐射影响为 $3.99\times 10^{-4}\text{mSv}$ ，对单名医生的年辐射影响为 1.88mSv ，对单名护士的年辐射影响为 $9.40\times 10^{-1}\text{mSv}$ ；对核素治疗场所单名护士的年辐射影响为 $1.85\times 10^{-1}\text{mSv}$ 。

②公众受照剂量估算

根据 ^{90}Y 树脂微球治疗项目工作流程及核素显像场所平面布局可知，开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目仅对核医学科核素显像场所内储源室、高活室、SPECT/CT机房、废物间、DSA机房1和核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房、放射性废物间2和污染被服间屏蔽体外产生影响；其中核素显像场所SPECT/CT机房及废物间、DSA机房1和核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房、放射性废物间2和污染被服间均紧邻辐射工作场所边界，因此新增开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目会对以上场所邻近公众产生辐射影响。

根据表11.2.1-3各预测点处辐射剂量率，结合核医学科核素显像场所、DSA机房1和核素治疗场所周围公众情况、预测点处人员居留因子等参数，由式11.2.1-9计算即可得到以上场所周围公众的年有效剂量，见下表。

表 11.2.1-19 ^{90}Y 树脂微球治疗项目公众人员年有效剂量估算

关注场所		人员类型	对应预测点位	辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	距离 m	居留因子	受照时间 h	年有效剂量 mSv	
核素显像场所	南侧过道	公众							
	西侧过道								
	上方影像科								
	下方停车场								
DSA 机房 1 周围									

核素 治疗 场所	东侧过道	
	西侧过道	
	上方院内道路	
	下方人防地下室	

注：①由于核素治疗场所东侧过道为患者出口外过道，西侧过道为核素显像场所患者出口外过道，人流量少，因此居留因子取 1/40。
②核素显像场所西侧、上方和下方对应点位的辐射剂量率已叠加原有核素项目的辐射影响。

表 11.2.1-19 中的核素显像场所的辐射剂量率已叠加核素显像场所原有核素项目对关注场所的辐射影响，因此核素显像场所新增开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目后，对周围公众的辐射影响最大值为 $6.53\text{E-}02\text{mSv}$ ；DSA 机房 1 新增开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目后，对周围公众的辐射影响最大值为 $7.99\text{E-}04\text{mSv}$ ；核素治疗场所新增 ^{90}Y 患者住院后，对周围公众的辐射影响最大值为 $3.34\text{E-}04\text{mSv}$ ；均满足本项目公众成员年有效年剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。

①β 射线

表 11.2.2-1 核素衰变产生的 β 射线在各介质中的所需屏蔽厚度

由上表可知，由于 β 粒子能量均较低，穿透能力较弱， β 射线经各介质及墙体阻挡后，对周围外环境影响较小，且职业人员与铅屏蔽手套箱之间还采取了屏蔽防护和距离

隔离措施，因此 β 射线对职业人员和公众辐射影响可忽略不计。

②放射性表面污染分析

放射性表面污染的影响主要来源于放射性核素操作时打翻、洒漏造成地面、台面、设备仪器表面污染，对周围环境产生辐射影响。本项目辐射工作场所各功能用房的放射性表面污染水平应根据表面类型执行 GB18871-2002（见表 7.3-3）相应的表面污染控制水平。

为了使本项目非密封放射性物质工作场所的放射性表面污染水平达到 GB18871-2002 规定的要求，建设单位应采取以下防护措施：

- ①操作放射性核素的人员应经过培训，具备相应的技能与防护知识；
- ②不允许用裸露的手直接接触放射性核素或进行污染物的操作；
- ③当天工作结束后，应进行辐射水平和表面污染监测，如发现表面污染水平超过 GB18871-2002 规定限值，应及时进行去污，经监测符合标准要求后方可重新开展业务。

11.2.2.2 韧致辐射影响分析

由于 ^{131}I 和 ^{177}Lu 均发生 β 衰变， β 射线被物质阻止时会产生韧致辐射，计算公式见式 11.2.1-2。

透射比 η 取《辐射防护导论》附表 11，取衰变倍数为 10 的参数最小值得到各核素不同材料下的 TVL 值。（由于 ^{131}I 和 ^{177}Lu 的 E_b 均小于《辐射防护导论》附表 11 中的最小能量 0.25MeV，因此保守取附表 11 中 0.25MeV 的 TVL 值。）

表 11.2.2-2 不同材料下的 TVL 值 单位：mm

相关参数	^{131}I	^{177}Lu

a.储源室

本项目使用的 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素均为外购罐装药物，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，将预约用量的药物送至核医学科核素治疗场所，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在储源室。

b.高活室

所用核素 ^{131}I 给药前由医护人员将存有药物的铅罐从储源室拿出，置于高活室手套箱自动分碘仪内。工作人员在高活室远程操作药物的自动分装。甲癌患者在服碘窗口可直接拿取盛有分装好药液的一次性杯子，全过程医护人员进行严格监控。在药物分装和病人服药过程中，工作人员不近距离接触药物。

所用核素 ^{177}Lu 给药前由医护人员将存有药物的铅罐从储源室拿出，在高活室手套箱内测量活度后，将装有 ^{177}Lu 药物的注射器安装至注射泵，设置注射泵参数，在高活室注射窗的屏蔽下为病人注射。

c. 核素病房

核素病房 3~5：甲癌患者口服完放射性药物后，通过患者通道进入相应的核素病房。甲癌治疗患者需要住院 2~5 天。核素病房 3~5 均为单人甲癌病房，单个甲癌患者服药 ^{131}I 为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

核素病房 6~8：前列腺癌患者注射完放射性药物后，通过患者通道进入相应的核素病房。前列腺癌治疗患者需要住院 1~2 天。核素病房 6~8 为单人前列腺癌病房，单个前列腺癌患者服药 ^{177}Lu 为 $7.40 \times 10^9 \text{Bq}$ 。

d.放射性废物间 2 和污染被服间

^{131}I 甲癌日最大操作量为 $1.67 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，即每天残留的含放射性固废活度最大为 $1.67 \times 10^8 \text{Bq}$ ，每周产生放射性固体废物总活度为 $1.67 \times 10^8 \text{Bq}$ ；

^{177}Lu 日最大操作量为 $2.22 \times 10^{10} \text{Bq}$ ，即每天残留的含放射性固废活度最大为 $2.22 \times 10^8 \text{Bq}$ ；每周产生放射性固体废物总活度为 $2.22 \times 10^8 \text{Bq}$ ；

表 11.2.2-3 放射性废物暂存间/污染被服间内各核素活度

存放场所	核素	日最大操作量 Bq	固废活度 Bq	半衰期	暂存衰变时间	放射性废物间内最大活度 Bq

单个废物间内配备 2 个 ^{131}I 衰变箱（交替使用）进行暂存，则单个衰变箱源强为 $3.68 \times 10^8 \text{Bq}$ ；单个废物间内配备 2 个 ^{177}Lu 衰变箱（交替使用）进行暂存，则单个衰变箱源强为 $4.32 \times 10^8 \text{Bq}$ 。

e.送餐窗口

由于患者主要活动区域位于各核素病房内，在患者走廊居留时间较短，因此考虑最近 1 间核素病房（病房 8）内患者对传递窗外的辐射影响。

拟建核医学科核素治疗场所所致辐射剂量率计算结果见下表，预测点位置见附图 16-2。

表 11.2.2-4 核医学科核素治疗场所初致辐射剂量率计算结果

序号	位置	距离 m	源强 Bq	屏蔽厚度	Ze	η	初致辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
1-1	储源室	东墙外 30cm 处						
1-2		防护门外 30cm 处						
1-3		顶棚外 30cm 处						
1-4		下方距地 170cm 处						
2-1	废物间 1	东墙外 30cm 处						
2-2		南墙外 30cm 处						
2-3		防护门外 30cm 处						
2-4		顶棚外 30cm 处						
2-5		下方距地 170cm 处						
2-6		衰变箱外表面 30cm 处						
3-1	高活室	手套箱外表面						

3-2		远程控制分装位	
3-3		注射窗外 30cm 处	
3-4		顶棚外 30cm 处	
3-5		下方距地 170cm 处	
4-1	服碘 /注射室	北墙外 30cm 处	
4-2		防护门外 30cm 处	
4-3		顶棚外 30cm 处	
4-4		下方距地 170cm 处	
5-1	单人 甲癌 核素 病房	东墙外 30cm 处	
5-2		南墙外 30cm 处	
5-3		防护门外 30cm 处	
5-4		顶棚外 30cm 处	
5-5		下方距地 170cm 处	
6-1	单人 前列腺癌 病房	西墙外 30cm 处	
6-2		北墙外 30cm 处	
6-3		防护门外 30cm 处	
6-4		顶棚外 30cm 处	
6-5		下方距地 170cm 处	

7-1	污染 被服 间	南墙外 30cm 处						
7-2		西墙外 30cm 处						
7-3		防护门外 30cm 处						
7-4		顶棚外 30cm 处						
7-5		下方距地 170cm 处						
8-1	废物 间 2	东墙外 30cm 处						
8-2		北墙外 30cm 处						
8-3		防护门外 30cm 处						
8-4		顶棚外 30cm 处						
8-5		下方距地 170cm 处						
8-6		衰变箱外表面 30cm 处						
9-1	送餐 间	送餐窗口外表面 30cm 处						

11.2.2.3 γ 射线辐射影响分析

本项目涉及放射性核素 ^{131}I 和 ^{177}Lu 衰变过程中会产生 γ 射线。 γ 射线影响屏蔽计算公式参考式 11.2.1-4。

核素治疗场所使用 ^{131}I 开展甲癌治疗；使用 ^{177}Lu 开展肿瘤治疗。本项目计算参数详见表 11.2.2-5。

表 11.2.2-5 规划使用药物用量及辐射屏蔽计算参数

核素	(裸源) 周围剂量当量率 常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	TVL (mm)		
		铅 $11.3\text{g}/\text{cm}^3$	混凝土实心砖 $2.1\text{g}/\text{cm}^3$	混凝土 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$

拟建核医学科核素治疗场所 γ 辐射剂量率计算点位同韧致辐射，计算结果见下表，预测点位置见附图 16-2。

表 11.2.2-6 核医学科核素治疗场所 γ 辐射剂量率计算结果

序号	位置	距离 m	源强 Bq	屏蔽厚度	γ 辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
1-1	储源室	东墙外 30cm 处				
1-2		防护门外 30cm 处				
1-3		顶棚外 30cm 处				
1-4		下方距地 170cm 处				
2-1	废物间 1	东墙外 30cm 处				
2-2		南墙外 30cm 处				
2-3		防护门外 30cm 处				
2-4		顶棚外 30cm 处				
2-5		下方距地 170cm 处				
2-6		衰变箱外表面 30cm 处				
3-1	高活室	手套箱外表面				
3-2		远程控制分装位				

3-3		注射窗外 30cm 处	
3-4		顶棚外 30cm 处	
3-5		下方距地 170cm 处	
4-1	服碘/ 注射 室	北墙外 30cm 处	
4-2		防护门外 30cm 处	
4-3		顶棚外 30cm 处	
4-4		下方距地 170cm 处	
5-1	单人 甲癌 核素 病房	东墙外 30cm 处	
5-2		南墙外 30cm 处	
5-3		防护门外 30cm 处	
5-4		顶棚外 30cm 处	
5-5		下方距地 170cm 处	
6-1	单人 前列 腺癌 病房	西墙外 30cm 处	
6-2		北墙外 30cm 处	
6-3		防护门外 30cm 处	
6-4		顶棚外 30cm 处	
6-5		下方距地 170cm 处	
7-1	污染	南墙外 30cm 处	

	被服间					
7-2		西墙外 30cm 处				
7-3		防护门外 30cm 处				
7-4		顶棚外 30cm 处				
7-5		下方距地 170cm 处				
8-1	废物间 2	东墙外 30cm 处				
8-2		北墙外 30cm 处				
8-3		防护门外 30cm 处				
8-4		顶棚外 30cm 处				
8-5		下方距地 170cm 处				
8-6		衰变箱外表面 30cm 处				
9-1	送餐间	送餐窗口外表面 30cm 处				

(4) 辐射影响叠加分析

表 11.2.2-7 核医学科核素治疗场所合计辐射剂量率计算结果

序号	位置		使用核素	初致辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	γ 辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	合计辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
1-1	储源室	东墙外 30cm 处	131I	1.03	0.04	1.07	2.5
1-2		防护门外 30cm 处					
1-3		顶棚外 30cm 处					
1-4		下方距地 170cm 处					
2-1	废物间 1	东墙外 30cm 处					
2-2		南墙外 30cm 处					
2-3		防护门外 30cm 处					
2-4		顶棚外 30cm 处					
2-5		下方距地 170cm 处					
2-6		衰变箱外表面 30cm 处					
3-1	高活室	手套箱外表面					
3-2		远程控制分装位					
3-3		注射窗外 30cm 处					
3-4		顶棚外 30cm 处					
3-5		下方距地 170cm 处					
4-1	服碘/注射室	北墙外 30cm 处					

4-2		防护门外 30cm 处	
4-3		顶棚外 30cm 处	
4-4		下方距地 170cm 处	
5-1	单人甲 癌核素 病房	东墙外 30cm 处	
5-2		南墙外 30cm 处	
5-3		防护门外 30cm 处	
5-4		顶棚外 30cm 处	
5-5		下方距地 170cm 处	
6-1	单人前 列腺癌 病房	西墙外 30cm 处	
6-2		北墙外 30cm 处	
6-3		防护门外 30cm 处	
6-4		顶棚外 30cm 处	
6-5		下方距地 170cm 处	
7-1	污染被 服间	西墙外 30cm 处	
7-2		北墙外 30cm 处	
7-3		防护门外 30cm 处	
7-4		顶棚外 30cm 处	
7-5		下方距地 170cm 处	

8-1	废物间 2	东墙外 30cm 处				
8-2		北墙外 30cm 处				
8-3		防护门外 30cm 处				
8-4		顶棚外 30cm 处				
8-5		下方距地 170cm 处				
8-6		衰变箱外表面 30cm 处				
/						
9-1	送餐间	送餐窗口外表面 30cm 处				
/	⁹⁰ Y 核素 病房	东墙外 30cm 处				
/		南墙外 30cm 处				
/		北墙外 30cm 处				
/		防护门外 30cm 处				
/		顶棚外 30cm 处				
/		下方距地 170cm 处				
/		护理位				

本项目根据预测结果，调整 ^{131}I 和 ^{177}Lu 开展情况后，本项目核医学科核素治疗场所开展控制区内屏蔽体外关注点剂量率最大值为 $8.27\mu\text{Sv/h}$ （服碘/注射室防护门外 30cm 处），控制区边界屏蔽体外关注点剂量率最大值为 $9.33\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ （单人甲癌病房东墙外 30cm 处），均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ ”。

开展 ^{131}I 甲癌治疗时，对东侧墙外剂量率为（点位 5-1） $0.933\times 2=1.87\mu\text{Sv/h}$ ，对顶棚上方的剂量率为（点位 5-4） $0.143\times 2=2.86\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ，对地坪下方的剂量率为（点位 5-5） $0.393\times 2=7.86\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ；开展 ^{177}Lu 前列腺癌治疗时，对西侧墙外剂量率为（点位 6-1） $0.0897\times 2=1.79\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ，对顶棚上方的剂量率为（点位 6-4） $0.194\times 2=3.88\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，对地坪下方的剂量率为（点位 6-5） $0.0535\times 2=1.07\times 10^{-1}\mu\text{Sv/h}$ ；均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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。

开展 ^{131}I 甲癌治疗时，对两间 ^{131}I 甲癌病房防护门外剂量率为 $2.80\times 2=5.60\mu\text{Sv/h}$ ；均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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。

根据预测结果可知，调整 ^{131}I 甲癌和 ^{177}Lu 前列腺癌治疗项目开展情况后，手套箱外表面剂量率最大值为 $2.62\text{E-}05\mu\text{Sv/h}$ ，注射窗位置剂量率最大值为 $1.44\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，废物间衰变箱外表面剂量率最大值为 $1.65\mu\text{Sv/h}$ ，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、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 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 $25\mu\text{Sv/h}$ 。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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。”的标准要求。

11.2.2.4 工作人员及公众个人剂量估算

（1）辐射工作人员受照剂量估算

核素治疗场所辐射工作人员年有效剂量的估算根据表 11.2.2-7 预测的辐射剂量率，结合辐射工作人员工作负荷（见表 9.1-4），预测点处人员居留因子等参数，采用式 11.2.1-9 计算即可得到预测点处保护目标的年有效剂量，见下表。

表 11.2.2-8 核素治疗场所辐射工作人员年有效剂量估算

工作人员	操作	涉及核素	对应预测点位	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
护士 (共 4 人, 2 人一组轮岗)	铅罐安装	^{131}I				
	远程操作	^{131}I				
	测活	^{177}Lu				
	注射给药	^{177}Lu				
	值班	/				
医生 (共 2 人, 每人轮岗)	医生值班	/				

根据上表可知,核素治疗场所开展 ^{131}I 和 ^{177}Lu 治疗项目时,单名护士和医生的年有效剂量最大为 $8.56\times 10^{-3}\text{mSv}$,满足辐射工作人员年有效年剂量约束值不超过 5mSv的要求。

由于核素治疗场所护士还需承担 ^{90}Y 树脂微球治疗项目对含 ^{90}Y 药物患者留观护理工作,因此需叠加开展后 ^{90}Y 树脂微球治疗项目对核素治疗场所单名护士的年辐射影响 $1.85\times 10^{-1}\text{mSv}$; 综上核素治疗场所单名护士年受照剂量为 $1.89\times 10^{-1}\text{mSv}$ 。

(2) 公众受照剂量估算

根据表11.2.2-7各预测点处辐射剂量率,结合核医学科核素治疗场所周围公众情况、预测点处人员居留因子等参数,由式11.2.1-9计算即可得到核医学科核素治疗场所周围公众的年有效剂量。

^{90}Y 树脂微球治疗项目患者在核素治疗场所 ^{90}Y 核素病房内住院,因此需叠加 ^{90}Y 患者对核素治疗场所周围公众的辐射影响。根据表 11.2.1-19,核素治疗场所新增 ^{90}Y 患者住院后,对核素治疗场所东侧过道公众的年受照剂量为 $3.34\text{E-}04\text{mSv}$,对西侧过道公众的年受照剂量为 $3.49\text{E-}06\text{mSv}$,对上方院内道路公众的年受照剂量为 $1.32\text{E-}04\text{mSv}$,对下方人防地下室公众的年受照剂量为 $1.44\text{E-}04\text{mSv}$ 。

表11.2.2-9 核医学科核素治疗场所公众人员年有效剂量估算

关注场所	人员类型	开展项目	对应预测点位	辐射剂量率 μSv/h	距离 m	居留因子	受照时间 h	年有效剂量 (mSv)
东侧过道	公众	¹³¹ I						
		⁹⁰ Y						
西侧过道		¹⁷⁷ Lu						
		⁹⁰ Y						
北侧排烟机房		¹³¹ I+ ¹⁷⁷ Lu + ⁹⁰ Y						
上方院内		¹³¹ I						

道路		^{90}Y			
上方影像科		^{177}Lu			
下方人防地下室		^{131}I			
		^{177}Lu			
		^{90}Y			

综上，叠加 ^{131}I 治疗项目、 ^{177}Lu 治疗项目和 ^{90}Y 树脂微球治疗项目产生的辐射影响后，核素治疗场所周边的公众所受年有效剂量最大为 $9.38 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足本项目公众成员年有效年剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。

由于核素显像场所位于核素治疗场所西侧，因此核素治疗场所西侧过道公众需要叠加考虑核素显像场所辐射影响。核素治疗场所西侧过道公众年有效剂量为 $3.58 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》，核素显像场所东侧过道公众年有效剂量为 $1.95 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，叠加后，核素治疗场所西侧过道公众所受年有效剂量为 $2.31 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。仍满足公众成员年有效年剂量约束值不超过 0.1mSv 的要求。

11.2.3 DSA

根据前文可知，本项目 DSA 机房 1 外控制室、四周防护墙外、楼上、楼下及防护门外的辐射剂量率也均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的标准限值。

（1）工作人员及公众个人剂量估算

根据医院预计最大工作量保守假设，本项目 DSA 机房 1 每年最大手术量均为 300 台，每台手术摄影曝光时间取 1min，透视过程最大曝光时间取 20min，工作人员介入操作过程穿戴铅防护用品。本项目每台手术拟配置辐射工作人员 4 名，包括医师 2 人，护士 1 人，技师 1 人。

摄影曝光时，技师位于控制台处操作，介入医护人员均回到控制室进行操作；透视曝光时，技师位于控制台处操作，介入医护人员在机房内近台同室操作。因此，本项目主要考虑透视模式下近台操作医生的受照剂量。

预测点人员的有效剂量计算公式同式 11.2.1-9。

本项目保护目标年有效剂量估算详见表 11.2.3-1。

表 11.2.3-1 本项目保护目标年有效剂量估算

场所	工作模式	保护目标	对应点位	对应点位辐射剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	年受照时间 h	居留因子	年有效剂量 mSv
DSA 机房 1	摄影	西侧 DSA1 控制室辐射工作人员	7#	2.07E-06	3.34	1	6.93E-09
		东侧走廊公众					
		南侧走廊公众					
		西侧 DSA1 设备间、缓冲间公众					
		北侧走廊公众					
		正上方转化医学科及上方门诊医技楼 5F~15F 其他工作人员					
		正下方检验中心及下方门诊医技楼-2F~3F 其他工作人员					
		门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众					
	透视	第一术者位（铅衣内）					
		第一术者位（铅衣外）					
		第二术者位（铅衣内）					
		第二术者位（铅衣外）					
		西侧 DSA1 控制室辐射工作人员					
		东侧走廊公众					
		南侧走廊公众					
		西侧 DSA1 设备间、缓冲间公众					
		北侧走廊公众					
		正上方转化医学科及上方门诊医技楼 5F~15F 其他工作人员					
		正下方检验中心及下方门诊医技楼-2F~3F 其他工作人员					
		门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众					

注：门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众年受照剂量分别采用摄影和透视模式下 DSA 机房屏蔽体外最大剂量率进行预测分析，居留因子保守取 1。

对于介入放射工作人员穿戴铅围裙估算有效剂量的计算方法，公式同 11.2.1-10。

则第一术者位（身体）的受照的有效剂量为 4.03mSv/a；则第二术者位（身体）的受照的有效剂量为 1.01mSv/a。

各预测点位年有效剂量估算结果汇总于表 11.2.3-2。

表 11.2.3-2 职业人员及公众年有效剂量估算结果

场所	保护目标	摄影 mSv/a	透视 mSv/a	年有效剂量 mSv	年剂量约束值 mSv
DSA 机房 1	介入医生				
	介入护士				
	西侧 DSA1 控制室辐射工作人员				

	东侧走廊公众	
	南侧走廊公众	
	西侧 DSA1 设备间、缓冲间公众	
	北侧走廊公众	
	正上方转化医学科及上方门诊医技楼 5F~15F 其他工作人员	
	正下方检验中心及下方门诊医技楼- 2F~3F 其他工作人员	
	门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众	
注：DSA 在摄影过程中，介入医护人员退回到控制室内，因此介入医护人员在摄影模式下所受剂量与控制室人员相同。		

由上述计算结果可知：本项目 DSA 机房 1 内 DSA 设备在正常运行时，所致机房内职业人员年受照最大有效剂量为 4.03mSv；控制室内职业人员年受照的最大有效剂量为 6.57×10^{-8} mSv，满足本环评提出的年剂量约束值 5mSv/a 的要求；公众人员受照的有效剂量最大为 9.50×10^{-8} mSv/a，满足本环评提出的年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

由于 X 射线辐射剂量率随距离增加呈现衰减趋势，因此 DSA 机房 1 周边公众所受年剂量最大不超过 9.50×10^{-8} mSv/a，满足本环评提出的年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

（2）人员剂量叠加

①辐射工作人员

由于 DSA 机房 1 西侧为 DSA 机房 2，DSA 机房内辐射工作人员手术过程中可能受到相邻机房的辐射影响。但根据表 11.2.1-15 可知，DSA 摄影和透视状态下对机房外人员剂量影响远小于辐射工作人员在 DSA 机房内透视状态下的受照剂量，因此 DSA 运行时对相邻机房内工作的辐射工作人员剂量可忽略不计。

本项目 DSA 机房 1 辐射工作人员还需承担 ^{90}Y 树脂微球治疗项目工作，需叠 ^{90}Y 树脂微球治疗项目对 DSA 机房 1 辐射工作人员的辐射影响（ ^{90}Y 树脂微球治疗项目对 DSA 机房 1 单名技师的年辐射影响为 3.99×10^{-4} mSv，对单名医生的年辐射影响为 1.88mSv，对单名护士的年辐射影响为 9.40×10^{-1} mSv）；经叠加，DSA 机房 1 单名技师的年辐射影响为 3.99×10^{-4} mSv，对单名医生的年辐射影响为 5.91mSv，对单名护士的年辐射影响为 1.98mSv。

上述估算仅是理论推算，实际应用时，辐射工作人员应规范佩戴个人剂量计，以对辐射工作人员实际受照剂量进行更准确的监测和监护，确保工作人与职业健康。

②公众

本项目 DSA 机房 1 周边公众除受到普通介入手术辐射影响外，还会受到 ^{90}Y 树脂

微球治疗项目辐射影响，因此需要对工作所受辐射影响进行叠加分析。

表 11.2.3-3 DSA 机房 1 周边公众年受照剂量叠加分析

场所	保护目标	普通介入手术 年有效剂量 mSv	⁹⁰ Y 树脂微球治疗 项目年有效剂量 mSv	合计年有 效剂量 mSv	年剂量 约束值 mSv
DSA 机 房 1	东侧走廊公众				
	南侧走廊公众				
	西侧 DSA1 设备间、缓冲间公众				
	北侧走廊公众				
	正上方转化医学科及上方门诊医技楼 5F~15F 其他工作人员				
	正下方检验中心及下方门诊医技楼 -2F~3F 其他工作人员				
	门诊医技楼 4F 其他工作人员及公众				

根据上表可知，叠加 ⁹⁰Y 树脂微球治疗项目对周边公众的辐射影响后，DSA 机房 1 周边公众人员受照的有效剂量最大为 $8.01 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，满足本环评提出的年剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

11.3 “三废”影响分析

11.3.1 放射性废液

核素显像场所废水不新增放射性废水。

核素治疗场所废水：核素治疗场所衰变池组由 1 个污泥池+3 个有效容积不低于 70m^3 衰变池并联组成，收集含 ⁹⁰Y、¹⁷⁷Lu 和 ¹³¹I 核素的放射性废水。由工程分析可知，核医学科核素治疗场所每周产生废水 3.65m^3 ，则注满一个 70m^3 衰变池约需要 19.1 周，第一个衰变池最后进入的废水存储时间（即为将第二、第三个衰变池注满的时间）约为 38 周（266 个自然日）。满足含 ¹³¹I 核素废水暂存超过 180 天的要求后即可排入医院污水处理系统。

放射性废液管道拟采用镀锌钢管并埋地设置，管道裸露部分外包裹 1.5mmPb 铅皮进行屏蔽防护。核医学科两组衰变池均位于衰变池间内，衰变池间土建尺寸约为 $17 \text{m} \times 14 \text{m} \times 5.3 \text{m}$ ，衰变池间四周采用 400mm 厚混凝土，顶部为 150mm 厚混凝土，底部为 1000mm 厚混凝土，可确保辐射防护安全。因此放射性废液收集管道和衰变池对周围辐射环境影响很小。

11.3.2 放射性废气

为保持工作场所良好通风，本项目核素显像场所共设有 5 支独立排风管线且工作场

所内保持负压。1号排风管线：PET/CT 机房、PET/MR 机房、抢救室、药廊、PET/MR 注射后等候室、PET 留观室、PET 患者走廊、保洁间单独设置一条排风管线；2号排风管线：废物间、卫生通过间、PET/CT 注射后等候室、PET 患者走廊、注射后等候室、高活室、储源室、PET 注射室单独设置一条排风管线；3号排风管线：SPECT 注射室、SPECT 患者走廊、SPECT/CT 机房单独设置一条排风管线；4号排风管线：医生观察室、SPECT 患者走廊、运动负荷室、SPECT 注射后等候室、SPECT 留观室、保洁间单独设置一条排风管线；5号排风管线：高活室 PET 手套箱和 SPECT 手套箱单独设置一条排风管线。

为保持工作场所良好通风，本项目核素治疗场所共设有 4 支独立排风管线且工作场所内保持负压。1号排风管线：卫生通过间、服碘/注射室、高活室、储源室、废物间 1、抢救室、污染被服间、保洁间、废物间 2 单独设置一条排风管线；2号排风管线：核素病房 1~2、核素病房 6~8 单独设置一条排风管线；3号排风管线：核素病房 3~5 单独设置一条排风管线；4号排风管线：高活室手套箱单独设置一条排风管线。

所有排风管风井经风机抽排至门诊医技楼楼顶高出屋脊排放，排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。手套箱顶部设活性炭吸附装置。排风管线设计图见附图 14。

11.3.3 放射性固体废物

本项目核医学放射性固体废物主要为一次性输液管、无菌 V 瓶、导管、一次性注射器、一次性口杯、手套、药棉、纱布、药瓶、破损杯皿、擦拭污染地面的物品等。

医院拟对放射性固废进行分类收集分类贮存衰变处理。首先放射性固废收集于各工作场所的脚踏式铅桶内专用塑料包装袋，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容。每袋废物的表面剂量率控制在 0.1mSv/h 以下，重量不超过 20kg。装满后的专用塑料包装袋应密封、不破漏，及时转运暂存于各自场所的放射性废物间，让放射性物质自行衰变至符合清洁解控水平后按照医疗废物处置。含 ^{90}Y 核素的固废集中贮存衰变超过 27 天，含 ^{177}Lu 核素的固废集中贮存衰变超过 68 天，含 ^{131}I 核素的固废集中贮存衰变超过 180 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按医疗废物委托当地有资质单位处置。本项目核医学科各辐射场所均设有放射性废物间，可以做到不同核素的分类收集分类贮存，其容积也满足贮存要求。

排风管道更换的下的废活性炭含有放射性核素也属于放射性废物，医院将更换下的活性炭先统一存放于相应辐射工作场所放射性废物间，标注活性炭名称、存放日期、存

放量等，衰变后经监测符合清洁解控水平作为医疗废物处置。

11.3.4 一般废气、废水及固废

①废气

本项目 DSA 机房 1 和 SPECT/CT 机房内产生的臭氧、氮氧化物通过机房内设置的动力通风系统排入到大气环境，臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的 1/3，因此本项目产生的废气对周围环境影响很小。

②废水

本项目辐射工作人员产生的生活污水依托医院污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

③固体废物

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门统一清运。

11.4 辐射事故影响分析

11.4.1 可能发生的辐射事故

(1) 由于保管或管理工作不到位，导致放射性药物试剂发生丢失、被盗；

(2) 核素转移过程中由于操作人员违反规定或误操作造成放射性药物打翻、洒漏，导致台面或地面受到放射性污染。

(3) 放射性废水专用管道长期使用老化破裂，或衰变池渗漏，造成核医学科地面或周围环境受到放射性污染。

(4) 放射性固废、废水未经足够的时间衰变，存放时间过短，即提前进行擅自处理，可能对环境造成污染。

(5) DSA 机房、SPECT/CT 机房在运行时，由于安全连锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

(6) 人员全部撤离 SPECT/CT 机房，控制室人员启动设备，造成滞留人员的误照射。

11.4.2 事故防范措施

①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，减少药物洒漏事故的发生。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。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，使用表面污染监测仪对洒

漏放射性液态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制定经常性自检制度，对门灯联锁、监视器、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复；当发生误照射时，应立即按下急停开关，确保射线装置停止工作；

③制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。专用贮存间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

当发生放射性药物丢失事故时，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；向当地生态环境部门、公安部门、卫生健康部门报告，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》；协助公安、生态环境和卫生健康部门对丢失放射性药物进行侦查和追缴，力争在最短时间内将放射性物品找回。

④加强对有药患者的管理，在不影响诊断和治疗的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，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对指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

⑤加强放射性废物的管理，对储存的放射性废物在废物桶外标明放射性废物的类型、核素种类和存放日期的说明，并做好相应的记录。放射性固体废物经足够长的时间衰变后，方可排放或按照普通医疗垃圾处理，并做好监测记录。

⑥核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽子等基本防护用品，以及铅防护衣、防护镜等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴放射防护用品，个人剂量仪佩戴于铅衣内部左胸前。在进行分装及注射放射性药物时穿铅衣、放射性污染防护服、戴口罩、手套，必要时戴防护眼镜。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。科主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

⑦医务人员必须严格按照 X 射线装置操作程序进行诊断，确定机房内工作人员及病人家属均离开机房后方可开机，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射；

⑧医护人员进行手术前，一定要配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入

防护手套等防护物品，并佩戴个人剂量计后方可进行手术操作；

⑨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，减少意外照射事故的发生；

⑩项目应严格遵循所用辐射设备的安全使用年限，避免机械故障造成辐射事故，严禁超期使用；

⑪严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如验收监测及年度监测结果表明外墙、防护门缝隙、观察窗、孔洞等处辐射水平偏高时，应立即停机，查明原因并优化屏蔽设计和施工，未整改到位前，设备不得开机；

⑫定期开展安全装置与设施检查，制定并落实操作规范，工作人员定期培训。

11.4.3 事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，医院应制定辐射事故应急预案，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。发生辐射事故时，医院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。

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 机构的设置

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》相关要求，使用放射性同位素和射线装置的，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。

建设单位应设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全管理工作及相关工作，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。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 职业健康检查

本项目新增辐射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现有辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康档案。

(2) 辐射工作人员培训

本项目新增辐射工作人员，上岗前应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别培训学习（核医学科辐射工作人员参加“核医学”专业类别，DSA 机房 1 辐射工作人员参加“医用 X 射线诊断与介入放射学”和“核医学”专业类别，辐射安全管理人员参加“辐射安全管理”专业类别），考核合格后上岗，并按时接受再培训。

(3) 个人剂量监测

本项目新增辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。医院应做到以下几个方面：

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、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；职业照射个人监测档案应长期保存。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、个人剂量监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 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本项目正式开展后，建设单位应当对其放射性同位素的辐射安全和防护状况进行年度评估，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。

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》等法律法规要求，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”。

由于苏州君奥肿瘤医院核技术利用项目暂未投入使用，因此根据《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》及《苏州君奥肿瘤医院有限公司核医学科改扩建及 DSA 机房改建项目》，在建设单位应根据拟开展的核技术利用项目的特点，制定以下方面的管理制度，以保证核医学科、放疗科、介入手术项目放射诊疗工作安全有序开展。

- (1) 安全管理制度：根据项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度；
- (2) 放射性药物的制备、采购、领取、保管等制度；
- (3) 放射性药物登记、使用、核对及注销制度；
- (4) 放射性核素安全操作及防护制度；
- (5) 放射性三废的管理：放射性三废的管理规定，对放射性三废的收集、处理、处置等作出的明确规定；
- (6) 核医学科仪器使用和管理制度以及回旋加速器、PET/CT 设备、PET/MR 设备、SPECT/CT 设备的操作规程；
- (7) 直线加速器、射波刀、TOMO、后装机、CT 模拟定位机、DSA 的操作规程。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。根据以上要求结合《苏州君奥肿瘤医院核技术利用建设项目环境影响报告表》，建议本

项目辐射工作场所辐射仪器配置情况详见表 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
核医学科	核素显像场所	α/β 表面污染监测仪	配置 1 台
		便携式 X- γ 射线巡测仪	配置 1 台（核医学科共用）
		个人剂量报警仪	配置 4 台
	核素治疗场所	α/β 表面污染监测仪	配置 1 台
		便携式 X- γ 射线巡测仪	配置 1 台（核医学科共用）
		固定式剂量监测仪	患者出口处安装 1 台
		个人剂量报警仪	配置 2 台
介入手术项目	DSA 机房 1	便携式 X- γ 射线巡测仪	配置 1 台（介入手术项目共用）
		个人剂量报警仪	配置 1 台
		α/β 表面污染监测仪	配置 1 台

本项目运行期间主要污染物为 X 射线、 β 射线、放射性表面污染等，根据项目特点，医院拟配置 α/β 表面污染仪、便携式 X- γ 射线巡测仪等，项目配备的监测仪器符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》对监测仪器的配置要求。

12.3.2 日常监测

日常工作中，辐射工作场所应采用自购的辐射巡测仪和 α/β 表面污染监测仪定期对核医学科辐射工作场所进行监测，采用自购的辐射巡测仪定期对介入手术中心辐射工作场所进行监测，以确保辐射工作场所屏蔽防护性能的良好。

12.3.3 年度常规监测

医院应对本项目相关辐射工作场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；医院不具备自行监测能力的，可以委托第三方有资质的环境监测机构进行监测。

医院应委托有资质的单位，定期（每年 1 次）对辐射工作场所周围环境进行辐射监测，监测数据上报上级生态环境主管部门。

（1）监测频度：每年常规监测 1 次。

（2）监测范围：控制区、监督区及周围环境。

（3）监测项目：

①核医学科：周围剂量当量率、 α/β 表面放射性污染

②DSA：周围剂量当量率

（4）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

医院应将本项目辐射工作场所的监测结果写入医院《辐射安全和防护状况年度评估报告》中，并于每年 1 月 31 日前将评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

12.3.4 个人剂量监测

个人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（其中 DSA 辐射工作人员采用双剂量计监测方法，分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上），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长期保存，辐射工作人员可查看和复制本人个人剂量监测档案。

12.3.5 监测计划建议

根据以上分析，医院可参考表 12.3-1 开展监测，并根据相关监测要求更新情况及项目开展、前期监测结果情况进行相应的调整和完善。

表 12-2 辐射工作场所监测计划建议

工作场所	监测内容	监测点位	自行监测频度	年度监测频度
核医学科	周围剂量当量率	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	1 次/月	1 次/年
	α/β 表面放射性污染	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	1 次/年
DSA 机房 1	周围剂量当量率	防护门外、门缝、控制室、各侧屏蔽墙外 30cm 处、顶棚上方 100cm 处，楼下距地 170cm 处及周围需要关注的监督区	1 次/月	1 次/年
	α/β 表面放射性污染	工作服、手套、工作鞋、手、皮肤、设备表面、DSA 机房 1 内部、墙壁及地面等可能污染的位置	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	1 次/年
个人剂量监测	个人剂量当量	每个辐射工作人员配备的个人剂量计	/	1 次/季度

医院需定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。委托有资质监测单位进行监测，其仪器必须在检定有效期内，监测工作人员必须持证上岗；对监测中出现辐射超标问题，及时向院方提出，并提出整改意见，在院方整改完成后，进行复测，直至符合要求，提供满足要求的监测报告。医院自主监测时，所用仪器须按国家规定进行剂量检定，监测时须按《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）制定监测方案及实施细则执行。

①放射性废液排放

核素制备场所和核素显像场所放射性废液经贮存超过 33 天（满足半衰期最长核素⁸⁹Zr 废水暂存十个半衰期），核素治疗场所衰变池组内放射性废液需暂存超过 180 天（满足¹³¹I 废水暂存要求）。衰变池内放射性废液暂存时间满足要求后，在开始排放前，应在衰变池排放口取样监测，监测结果满足废水中总 α 不大于 1Bq/L，总 β 不大于 10Bq/L，含¹³¹I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L 后可排入医院污水处理系统，进一步处理后排入市政污水管网。

医院应建立放射性废液排放台账，排放时在台帐上详细记录废水监测结果、排放废水量、废水暂存起始日期，处置人员和处置日期等信息，并存档备查。

②放射性固体废物处理

放射性废物应分类收集在废物桶专用的塑料袋，每袋废物表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。废物袋必须标有废物类型、核素种类、比活度水平和存放日期等说明，废物包装体外表面的污染控制水平满足 $\alpha < 0.08\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta < 0.8\text{Bq/cm}^2$ 。装满后及时转送至废物间的衰变箱内贮存，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，含¹³¹I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。待满足解控水平后，作为医疗固废委托有资质单位处置。

医院应建立固废排放台账，每次固废排放应详细记录固废排放量、固废种类、核素种类、监测数据、贮存时间等参数，并存档备查。

12.3.6 竣工环境保护验收监测

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》（HJ 1326-2023）的相关要求，在项目建成后三个月内，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，自行或委托有能力的技术机构开展竣工验收监测，编制验收报告，并组织专家采取现场检查、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。

12.4 辐射事故应急

12.4.1 应急预案的要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，医院应制定辐射事故应急预案。辐射事故应急预案应当包括以下内容：

- (一) 应急机构和职责分工；
- (二) 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；
- (三) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (四) 辐射事故调查、报告和处理程序。

本项目投入运行前，建设单位应依据本项目情况制定《苏州君奥肿瘤医院辐射事故应急预案》。同时医院应定期、具有针对性的对可能发生的辐射事故进行演习和辐射安全的法律、法规知识的培训，演习内容包括辐射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，相关演习和培训记录存档。在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

12.4.2 辐射事故上报的要求

对于在医院定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，向生态环境主管部门报告。

发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施；对于可能受到大剂量照射的人员，迅速安排医学检查和救治，积极配合政府管理部门做好事故调查和善后工作。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

(1) 项目概况

本项目医院拟依托负一层核医学科核素显像场所、核素治疗场所和四层手术区域 DSA 机房 1 开展 ^{90}Y 树脂微球治疗项目，并优化 DSA 机房 1 屏蔽方案；拟调整负一层核医学科核素治疗场所平面布局，同时调整核素治疗场所 ^{131}I 甲状腺癌治疗项目和 ^{177}Lu 前列腺癌治疗项目开展情况；经调整后，本项目建设单位核医学科核素显像场所新增 ^{90}Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 $2.60 \times 10^8 \text{Bq}$ ；核医学科核素治疗场所调整 ^{131}I 和 ^{177}Lu 核素治疗人数并新增 ^{90}Y 核素住院患者后的日等效最大操作量为 $3.92 \times 10^9 \text{Bq}$ ；DSA 机房 1 新增 ^{90}Y 治疗项目后的日等效最大操作量为 $2.54 \times 10^7 \text{Bq}$ ；均属于乙级非密封放射性物质工作场所。

医院拟对门诊医技楼四层手术中心已批复的 DSA 机房 1 屏蔽方案进行优化，DSA 机房 1 内设置 1 台 DSA，型号未定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，属于 II 类射线装置。

(2) 项目选址合理性

苏州君奥肿瘤医院位于苏州工业园区独墅湖大道南、松涛街东，该地块历史上作为农田，不存在任何工业行为。项目用地已取得苏州工业园区国土环保局颁发的不动产权证，用地性质为医疗卫生用地。

经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于苏州工业园区（含苏州工业园区综合保税区），环境管控单元编码：ZH32057120226，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照综合环境管控单元管控要求，本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元的管控要求。因此，本项目选址合理。

本项目核医学科核素显像场所和核素治疗场所位于门诊医技楼地下一层，不毗邻食堂、产科、儿科等部门及人员密集区；本项目 DSA 机房 1 机房周边设置了控制室、设备间等辅助用房，满足相关介入手术的开展，同时对 ^{90}Y 树脂微球治疗项目患者设计合理转运路线，患者通过专用手术电梯进行转运，且电梯设置门禁系统，仅支持刷卡使用。因此，本项目辐射工作场所选址合理。

(3) 辐射安全防护措施结论

本项目核医学科辐射工作场所设计了满足防护要求的实体屏蔽，能够有效屏蔽电离辐射的辐射影响，并设置了辐射防护用具和个人防护用品等；本项目 DSA 机房 1 设计了满足防护要求的实体屏蔽，能够有效屏蔽 X 射线的辐射影响，且设有门灯联锁装置、紧急停止开关、工作状态指示灯、电离辐射警告标志等安全措施，并按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求进行配备防护用品与辅助防护设施。因此，医院拟采取的辐射安全防护措施能够符合辐射防护要求。

（4）辐射管理措施和管理制度评价

医院拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并明确管理人员职责；医院拟根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目辐射工作人员均为新增，医院拟组织操作Ⅱ类射线装置辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，取得考核合格成绩单后方可上岗。医院拟组织辐射工作人员进行上岗前职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.1.2 环境影响分析结论

（1）主要辐射污染因子分析

本项目核医学产生的主要污染因子是 γ 射线、 β 射线、放射性表面污染、放射性废液、放射性固废、放射性废气等；DSA 及 SPECT/CT 主要污染因子是 X 射线。

（2）辐射环境影响分析

经预测分析，本项目核医学科场所屏蔽设计满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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；DSA 机房 1 屏蔽体外辐射剂量率均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外表面 30cm 处剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

在正常工况下，本项目辐射工作人员所受外照射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“限值”要求，也低于本次评价提出的 5.0mSv 年剂量约束值；本项目公众所受外照射年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也低于本次评价提出的 0.1mSv 年剂量约束值。

（3）“三废”环境影响分析

①放射性废液

核医学科设置了 2 套衰变池组。核医学科核素制备场所和核素显像场所共用一个衰变池组，该衰变池容积可以满足废水在衰变池贮存 33 天后（满足半衰期最长核素 ^{89}Zr 废水暂存十个半衰期）的要求，监测结果经审管部门确认后即可排入医院污水处理系统；核素治疗场所衰变池组容积满足含 ^{131}I 核素废水暂存超过 180 天后，可排入医院污水处理系统。

②放射性固体废物

医院拟对放射性固废进行分类收集分类贮存衰变处理。含 ^{90}Y 核素的固废集中贮存衰变超过 27 天，含 ^{177}Lu 核素的固废集中贮存衰变超过 68 天，将含 ^{131}I 核素的固废集中贮存衰变超过 180 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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 后，按医疗废物委托当地有资质单位处置。

③放射性废气

本项目核素显像场所共设有 5 支独立排风管线，核素治疗场所共设有 4 支独立排风管线，所有排风管由风井经风机抽排至门诊医技楼楼顶高出屋脊排放，排风管内设置止回阀，防止气流倒灌，排放口设置一级活性炭过滤装置。手套箱顶部设活性炭吸附装置。

④非放射性三废

a.废气

本项目 DSA 机房和 SPECT/CT 机房产生的臭氧、氮氧化物经动力通风系统排入到大气环境后，臭氧可在 50 分钟后自然分解，氮氧化物只有臭氧产生量的 1/3，因此本项目射线装置产生的废气排出机房后对周围环境影响很小。

b.废水

本项目辐射工作人员产生的生活污水依托医院污水处理系统处理达标后排入市政污水管网。

c.固体废物

本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由医院内设置的垃圾桶收集，并由环卫部门统一清运。

13.1.3 可行性分析结论

（1）产业政策符合性结论

本项目属于核技术在医学领域内的运用。本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第一类“鼓励类”第六项“核能”中第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备”和第一类“鼓励类”

第十三项“医药”第4条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，**高性能医学影像设备**，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目。因此，本项目符合国家产业政策要求。

（2）实践正当性结论

苏州君奥肿瘤医院为三级专科医院，是苏州工业园区区域卫生一体化重点建设工程之一，建成后将进一步提升园区医疗水平及综合服务能力。医院实施本项目，目的在于开展放射诊疗和放射治疗工作，最终是为了治病救人，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，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“实践的正当性”的要求。

（3）项目可行性结论

综上所述，苏州君奥肿瘤医院有限公司放射诊疗改扩建项目选址合法合理，符合产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项辐射安全管理、辐射防护措施后，其运行时对周围环境和人员的影响能够满足辐射环境保护相关标准的要求，因此从环境保护和辐射安全角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

（1）加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员辐射防护意识，杜绝辐射事故发生。

（2）安排专人负责核技术利用项目统筹建设工作，尽快招聘相应放射诊疗专业的人员参与核技术利用项目的建设。

（3）医院有条件的情况下，DSA 和核医学辐射工作人员开展手部剂量监测。

13.2.2 承诺

（1）建设单位承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、辐射安全许可制度，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的要求自行验收，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、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。加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。

(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。

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