

非密

核技术利用建设项目

简阳市中医医院康复治疗中心核技术利 用项目环境影响报告表 (公示本)



生态环境部监制

目 录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	17
表 3 非密封放射性物质.....	18
表 4 射线装置	19
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	20
表 6 评价依据	21
表 7 保护目标与评价标准.....	23
表 8 环境质量和辐射现状.....	29
表 9 项目工程分析与源项.....	35
表 10 辐射安全与防护.....	53
表 11 环境影响分析.....	74
表 12 辐射安全管理.....	126
表 13 结论与建议	133

表 1 项目概况

建设项目名称		简阳市中医医院康复治疗中心核技术应用项目			
建设单位		简阳市中医医院			
法人代表	陈忠军	联系人	*	联系电话	*
注册地址		四川省成都市简阳市雄州大道南段 421 号			
项目建设地点		四川省成都市简阳市射洪坝街道刘家村简阳市中医医院康复治疗中心门诊医技综合楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		*	项目保护 投资(万元)	*	投资比例 (环保投资/ 总投资)
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积 (m ²)	69377.90
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			
其它		/			
项目概述 一、建设单位简介及项目由来 1、建设单位简介 简阳市中医医院（统一社会信用代码：12511881451543637Q）位于四川盆地西部，龙泉山东麓，素有“蜀都东来第一州”美誉的天府雄州——简阳市市中区，区位优势，交通便捷，距省会成都仅55公里。简阳市中医医院建院于1953年，目前为集临床、科研、教学、康复及医学预防“六位一体”的国家三级甲等中医（综合）医院，现有在职职工（含聘用人员）738人，全院占地面积35亩，编制床位800个，现有建筑面积57000平方米。 医院门诊科室设置齐全，设有中医特色门诊30个；住院部设有内科住院病					

区、外科住院病区、骨伤科、妇产科、儿科、皮肤科、耳鼻喉科、眼科、针灸科、推拿科、肛肠科、血液净化室、感染性疾病科等病区；医技科室、功能科室齐全，设施设备先进。急诊科设施齐全，设备先进，应急服务快捷、高效。医院拥有美国GE1.5T核磁共振、东芝螺旋CT（1秒机）、德国Dilog血液透析机、美国柯达直接平板X线数字摄像系统、全自动血液分析仪、全自动生化分析仪、酶标分析仪、化学发光分析仪、免疫定量分析仪、血气分析仪、全自动细菌鉴定药敏系统等各种先进医疗设备，医疗设备总价值近1亿元，总资产达3.17亿元，为患者的医疗、保健、康复等提供了有力的软硬件支撑。开展了普外、泌外、胸外、神外、骨科、眼耳鼻喉科、妇产科、皮肤科等常见病多发病手术；开展了普外、胸外、泌尿、妇科、鼻科、咽喉科三级内镜技术及部分四级技术；开展了髋、膝关节置换技术、肿瘤消融治疗技术等医疗技术，为广大人民群众提供了全面、优质的医疗保健服务。

目前，简阳市中医医院已取得四川省生态环境厅核发的辐射安全许可证（许可证号：川环辐证[00784]，有效期至2025年9月6日，见附件2）。许可的种类和范围：使用II类、III类射线装置。

2、项目由来

为适应医院进一步的发展需求，现有医疗设备远远不能满足临床新技术新项目及教学科研工作的需要。为了改善医院医疗设备条件，提高医院肿瘤治疗水平，简阳市中医医院拟在简阳市射洪坝街道刘家村新建康复治疗中心，主要新建1栋门诊医技综合楼、1栋综合住院楼及相关配套设施，配套设施主要包括（污物转运中心、污水处理站、高压氧仓、液氧站、门卫房等构筑物）。相关建设内容已履行了环评手续，建设单位委托相关单位编制了《简阳市中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》，该报告表已取得了成都市简阳生态环境局颁发的批复（批复文号：简环评审[2023]11号，见附件3）。项目土建部分目前暂未施工。

本项目拟在门诊医技综合楼（在建）负一层加速器机房新增使用一台10MV医用电子直线加速器（型号未定）、拟在门诊医技综合楼负一层新增核医学科。本项目核医学科拟涉及使用的非密封放射性物质包括 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 、 ^{125}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F ；该核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。核医学科区域拟配套使用1台发射型计算机断层扫描仪（ECT）和1台正电子

发射计算机断层显像仪器（PET/CT），ECT 和 PET/CT 均为 III 类射线装置，PET-CT 配套使用 1 枚校准源 ^{68}Ge （单枚源活度 $9.25 \times 10^7 \text{Bq}$ ），ECT 配套使用 1 枚校准源 ^{57}Co （单枚源活度 $7.4 \times 10^7 \text{Bq}$ ），校准源均为 V 类放射源。

拟在门诊医技综合楼二层内镜中心 ERCP 机房新增一台多功能医用 X 射线机（ERCP，型号未定）、拟在门诊医技综合楼四层手术中心 DSA 机房新增一台数字减影血管造影技术装置（DSA，型号未定），其中直线加速器、ERCP 和 DSA 均属于 II 类射线装置。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保相关医疗设备的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令 第 18 号）规定和要求，本项目需进行环境影响评价。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，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—生产、使用 II 类射线装置，乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响报告表。因此，简阳市中医医院委托中国核动力研究设计院编制该项目环境影响报告表（委托书见附件 1）。

中国核动力研究设计院接受委托后，在组织有关技术人员对该项目进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件、充分研读相关法律法规、规章制度和审查技术资料之后，预测项目在正常运行和事故期间对环境的影响，并按相应标准进行评价。同时，对项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度、事故应急预案的可行性、合理性等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成《简阳市中医医院康复治疗中心核技术应用项目环境影响报告表》。

二、产业政策符合性

本项目系核与辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》相关规定，本项目属于鼓励类第十三项“医药”第 4 条“高端医疗器械创新发展：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，符合国家产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：简阳市中医医院康复治疗中心核技术应用项目

建设性质：新建

建设单位：简阳市中医医院

建设地点：四川省成都市简阳市射洪坝街道刘家村简阳市中医医院康复治疗中心门诊医技综合楼（负一层、二层、四层）

（二）建设内容与规模

本项目拟在简阳市中医医院康复治疗中心门诊医技综合楼（在建，地下一层，地上四层）负一层东侧直线加速器机房内新增使用一台 10MV 医用电子直线加速器；负一层中部新建核医学科；二层内镜中心 ERCP 机房新增使用一台 ERCP；四层手术中心 DSA 机房新增使用一台 DSA。同时配套建设放射性废水衰变池、放射性废水管网、放射性工作场所通风系统等。

本次评价仅涉及部分射线装置及核医学科的环评，治疗中心其余各医疗设备须另外履行相关环保手续。

本项目所在的门诊医技综合楼已履行相关环评手续，于 2023 年 7 月 20 日取得成都市简阳生态环境局颁发的批复（批复文号：简环评审[2023]11 号，见附件 3）。

本项目详细建设内容为：

1、医用电子直线加速器

本项目拟在门诊医技综合楼（地下一层、地上4层）负一层直线加速器机房内新增使用1台医用直线加速器，属于Ⅱ类射线装置，用于全身肿瘤治疗。加速器治疗时 X 射线最大能量为10MV，1m 处剂量率为6Gy/min，电子束最大能量为20MeV。加速器年诊疗最多700人，每人最多治疗25次，每人单次最多照射时间为2min，年最大出束时间约为583h。

为满足医用直线加速器日常治疗需求，拟在负一层模拟定位室（位于加速器机房南侧）新增 1 台模拟定位机（CT）作为医用直线加速器项目的配套设备

（模拟定位机待确定型号后建设单位将填写建设项目环境影响登记表进行备案登记）。

直线加速器机房室内面积约 64.74m^2 （长 $\times$ 宽 $=8.3\text{m}\times7.8\text{m}$ ），净空高度不小于 3.0m ，其东侧为控制室、东南侧为水冷机房和设备间。直线加速器机房四面墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构（密度为 $2.35\text{g}/\text{m}^3$ ），主射束朝向北侧、南侧、顶部和地面。西侧、东侧为非主射方向。北侧和南侧主屏蔽墙厚均为 3000mm ，宽均为 5200mm ，相连次屏蔽墙厚均为 1700mm ，宽均为 1800mm ；东侧的 L 型迷道内墙和外墙厚 1000mm （保守考虑），迷道内墙长 8100mm ；西侧的非主射墙体厚 2300mm ；防护门（ 10mm 铅当量+ 110mm 中子防护材料）为单扇电动推拉门。

2、ERCP

本项目拟在门诊医技综合楼二层内镜中心新增使用一台多功能医用 X 射线机（ERCP），涉及介入手术，属于 II 类射线装置，用于肠胃透视、摄影和胰胆管介入检查与治疗。ERCP 型号未定，据院方采购意向，额定管电压为 150kV ，额定管电流为 1000mA ，ERCP 的 X 射线成像系统出束方向为由下往上。

本项目 ERCP 预计每天最多 2 台手术量，年最大手术量为 350 台，按照单台次手术人均透视 30min ，拍片 15s ，则 ERCP 项目年透视时间为 175h ，年拍片时间为 1.46h ，总照射时间为 176.46h 。

ERCP 机房室内面积约 33m^2 （长 $\times$ 宽 $=5.86\text{m}\times5.63\text{m}$ ），其南侧为控制室，ERCP 机房的顶棚和地面均为 200mm 混凝土+ 2mmPb 防护涂料，四面墙体为 370mm 页岩实心砖，患者门为 4mmPb 防护门，铅防护观察窗为 4mmPb 玻璃。

3、DSA

拟在康复治疗中心门诊医技综合楼四层手术中心新增使用一台 DSA，额定管电压为 125kV ，额定管电流为 1000mA ，属于 II 类射线装置，主要用于介入治疗、血管造影等。DSA 出束方向主要为从下往上，拍片时 DSA 的常用电压 $60\sim80\text{kV}$ ，常用电流为 $100\sim500\text{mA}$ ，每年拍片时长约 102min ；透视时 DSA 常用管电压为 $70\sim90\text{kV}$ ，常用管电流为 $6\sim10\text{mA}$ ，每年透视时长约 3000min 。年出束时间约 51.7h （拍片 1.7h ，透视 50h ）。

DSA 机房室内面积约 69.12m^2 （长 $\times$ 宽 $=9.6\text{m}\times7.2\text{m}$ ），其北侧为控制室、东

西侧为设备间。DSA 机房的顶棚和地面均为200mm 混凝土+2mmPb 防护涂料，四面墙体为360mm 页岩实心砖+1mmPb 防护涂料，患者门为4mmPb 防护门，铅防护观察窗为4mmPb 玻璃。

4、核医学科

本项目拟在门诊医技综合楼负一层新建核医学科，占地面积约1500m²，设有 PET/CT 机房（包括 PET/CT 室、控制室、设备间，建筑面积共计90m²）、储源室（建筑面积8m²）、废物处置间（建筑面积9m²）、注射室（2个，建筑面积共计30m²）、ECT 机房（包括 ECT 室、控制室、设备间，建筑面积共计90m²）、会议室（建筑面积20m²）、办公室（2个，建筑面积共计27m²）、休息室（2个，建筑面积共计48m²）、注射后等待间（2个，建筑面积共计52m²）、检查后观察室（建筑面积共计23m²），甲吸室（建筑面积17m²）、甲亢室（建筑面积15m²）、紧急喷淋间（建筑面积2.7m²）、药物分装间（建筑面积13m²）、更衣间（2个，建筑面积共计18m²）、卫生通过间（建筑面积17m²），卫浴间（3个，建筑面积共计33m²）、衰变池间（建筑面积78m²）、库房（2个，建筑面积共计24m²）等。PET/CT 室和 ECT 室的室内设计尺寸均为：7.6m×6.2m×6.35m（长×宽×高）。

（1）PET-CT 机房

PET/CT 机房内部及四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，控制室观察窗铅当量 30mm，防护门铅当量 30mm；ECT 机房内部及四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，控制室观察窗铅当量 10mm，防护门铅当量 10mm；1#注射室和 2#注射室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，注射窗铅当量均 40mm；甲亢室和甲吸室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，甲亢室观察窗铅当量 30mm，防护门铅当量 30mm；甲吸室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，观察窗铅当量 20mm，防护门铅当量 20mm。

储源室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；废物处置间四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；ECT 室北面外侧部分的走道划定为 1#注射后等待间，其北面墙体为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为

300mm 厚混凝土，防护门铅当量 10mm；2#注射后等待间四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，防护门铅当量 40mm；1#休息室 1 和 2#休息室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，1#休息室防护门铅当量 20mm，2#休息室防护门铅当量 30mm；检查后观察室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，防护门铅当量 40mm；

1#注射室和卫生通过间之间的区域划定为紧急喷淋间，甲亢室、甲吸室和废物处置间、2#注射室、储源室之间的区域划定为药物分装间，紧急喷淋间和药物分装间其四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土；卫生通过间四周墙体均为 370mm 厚混凝土，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；3 个卫浴间的顶部和地面均为 300mm 厚混凝土，其中医护卫浴间四周墙体为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm，其余 2 间为普通卫浴间，四面墙体为 240mm 实心砖墙；其余房间四周墙体均为 240mm 厚实心砖墙，顶部和地面均为 300mm 厚混凝土。

在 PET/CT 室内使用 1 台 PET/CT 设备（型号待定），在 ECT 机房内使用 1 台 ECT 设备（型号待定），两台设备均属于 III 类射线装置。PET/CT 设备使用 1 枚 ^{68}Ge 密封校准源，活度为 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ ；ECT 设备使用 1 枚 ^{57}Co 密封校准源，活度为 $7.4\text{E}+07\text{Bq}$ ，两枚校准源均为 V 类放射源。

PET/CT 诊断使用放射性核素 ^{18}F ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量 $1.85\text{E}+12\text{Bq}$ ；

ECT 诊断使用放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+12\text{Bq}$ ；甲亢治疗使用放射性核素 ^{131}I ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+11\text{Bq}$ ；甲吸治疗使用放射性核素 ^{131}I ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+05\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+06\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+08\text{Bq}$ ；粒籽源植入治疗使用放射性核素 ^{125}I ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ；粒籽源植入治疗使用放射性核素 ^{125}I ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ；注射治疗使用放射性核素 ^{89}Sr ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量

1.85E+11Bq；敷贴治疗使用放射性核素 ^{32}P ，日等效最大操作量为 1.85E+08Bq，日实际最大操作量 1.85E+09Bq，年最大操作量 4.63E+11Bq。本项目核医学科为乙级非密封源工作场所。

项目组成及主要环境问题见表1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	项目	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
				施工期	运营期
主体工程	医用直线加速器	设备，数量	医用直线加速器，1 台	噪声、扬尘、废水、废气、固体废物	X 射线、臭氧、噪声、电子线
		设备型号	待定		
		管理类别	II 类		
		使用场所	医技综合楼负一层直线加速器机房		
		年出束时间	年出束时间为 583h		
		能量，1m 剂量率	X 射线最大能量为 10MV，1m 处剂量率为 6Gy/min		
			电子线最大能量为 20MeV		
	ERCP	设备、数量	ERCP，1 台		X 射线、臭氧、噪声
		设备型号	待定		
		管理类别	II 类		
		使用场所	医技综合楼二楼内镜中心		
		年曝光时间	年出束时间为 176.46h		
		管电压/管电流	额定管电压 150kV，额定管电流 1000mA		
	DSA	设备、数量	DSA，1 台		γ 射线、臭氧、噪声
		设备型号	待定		
		管理类别	II 类		
		使用场所	医技综合楼四层手术中心		
		年曝光时间	年最大曝光时间为 51.7h		
		管电压/管电流	最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA		
	核医学科	射线装置	在 PET/CT 室内使用 1 台 PET/CT 设备，在 ECT 机房内使用 1 台 ECT 设备，两台设备均属于 III 类射线装置。	噪声、扬尘、废水、废气、固废	X 射线、臭氧、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物
		放射源	PET/CT 设备使用 1 枚 ^{68}Ge 密封校准源，活度为 9.25E+07Bq；ECT 设备使用 1 枚 ^{57}Co 密封校准源，活度为 7.4E+07Bq，两枚校准源均为 V 类放射源。		
		PET/CT 诊断	使用放射性核素 ^{18}F ，日等效最大操作量为 7.40E+06Bq，日实际最大操作量 7.40E+09 Bq，年最大操作量 1.85E+12 Bq；		

	ECT 诊断	使用放射性核素 ^{99m}Tc ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+07\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+12\text{Bq}$ ；	
	甲亢	使用放射性核素 ^{131}I ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+11\text{Bq}$ ；	
	甲吸	使用放射性核素 ^{131}I ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+05\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+06\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+08\text{Bq}$ ；	
	粒籽源植入	使用放射性核素 ^{125}I ，日等效最大操作量为 $3.70\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ ；	
	注射治疗	使用放射性核素 ^{89}Sr ，日等效最大操作量为 $7.40\text{E}+06\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ；	
	敷贴治疗	放射性核素 ^{32}P ，日等效最大操作量为 $1.85\text{E}+08\text{Bq}$ ，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量 $4.63\text{E}+11\text{Bq}$ ；	
辅助工程	医用直线加速器：控制室、水冷机房		
	ERCP：控制室		
	DSA：控制室、设备间		
	核医学科：PET/CT 机房、ECT 机房、废物处置间、注射室、会议室、休息室、注射后等待间、检查后观察抢救室，甲吸室、甲亢室、药物分装间、更衣间、卫生通过间、卫浴间、衰变池间、库房等		
公用工程	市政水网、市政电网、废水处理站、通排风系统		
办公及生活设施	医生办公室、卫生间等		
环保设施	废气治理	含放射性核素气溶胶的废气：通过高效过滤器+活性炭吸附装置处理后经排风系统于楼顶排放；臭氧经排风系统于楼顶排放	/
		直线加速器机房、ERCP 机房、DSA 机房产生的废气经专用管道收集后引至楼顶排放	/
	废水治理	放射性废水经独立的废水管网收集，排入衰变池，经监测 ^{131}I 和最长半衰期核素的放射性活度浓度满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求后，作为医疗废水排入医院污水处理系统处理	/
		生活污水：依托医院污水处理系统预处理，进入市政管网	/
	固废治理	放射性固体废物在核医学科废物处置间存放至 10 个半衰期（核素最长半衰期）以上，达到符合清洁解控水平后，按医疗废物环境管理要求进行处理	/
		生活垃圾：依托医院生活垃圾桶收集，由市政环卫部门定时收集、清运	/
	噪声治理	选用低噪声设备	/
（三）本项目主要原辅材料及能耗情况			
本项目 ERCP 和 DSA 介入手术时使用的造影剂为碘佛醇注射液，为新型的			

含三碘低渗非离子型造影剂，具有含碘量高、粘稠度低、渗透压小理化性质稳定和容易排泄等特点，血管内注射后，能使途经的血管显像清楚直至稀释后为止。

本项目使用的造影剂碘佛醇注射液规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 1 瓶。药品由相关部门每季度按需采购一次，储存于库房的不锈钢药品柜中。

其余主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	使用量	来源	用途
主要原辅材料	^{18}F	年最大操作量 $1.85\text{E}+12\text{ Bq}$	外购	显像诊断
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	年最大操作量 $4.63\text{E}+12\text{ Bq}$	外购	显像诊断
	^{131}I	年最大操作量 $4.63\text{E}+11\text{ Bq}$	外购	甲亢治疗
	^{131}I	年最大操作量 $4.63\text{E}+08\text{ Bq}$	外购	甲吸测定
	^{125}I	年最大操作量 $9.25\text{E}+10\text{ Bq}$	外购	粒籽源植入
	^{89}Sr	年最大操作量 $1.85\text{E}+11\text{ Bq}$	外购	注射治疗
	^{32}P	年最大操作量 $4.63\text{E}+11\text{ Bq}$	外购	敷贴治疗
	^{68}Ge 校准源	棒源 1 枚，活度 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ (V 类放射源)	外购	用于 PET/CT 校准
	^{57}Co 校正源	棒源 1 枚，活度 $7.4\text{ E}+07\text{Bq}$ (V 类放射源)	外购	用于 ECT 校准
能源	水(m^3)	15 万	市政自来水	-
	电 (kWh)	20 万	市政电网	-
	天然气(m^3)	-	-	-

(四) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置清单表

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	年出束时间	使用场所	备注
1	医用电子直线加速器	待定	待定	X 射线: 10MV, 1m 处最高剂量率: 6Gy/min; 电子线: 20MeV	II 类	583h	医技综合楼负一直线加速器机房	拟购
2	ERCP	待定	待定	额定管电压 150kV, 额定管电流 1000mA	II 类	176.46h	医技综合楼二层内镜中心	拟购
3	DSA	待定	待定	额定管电压 125kV, 额定管电流 1000mA	II 类	51.7h	医技综合楼三层手术中心	拟购
4	PET/CT	待定	待定	最大管电压 130kV, 最大管电流 345mA	III 类	/	医疗综合楼负一层核医学科	拟购
5	ECT	待定	待定	最大管电压 130kV, 最大管电流 600mA	III 类	/	医疗综合楼负一层核医学科	拟购

(五) 本项目医用核素及使用情况一览表

本项目使用医用核素及其特性见表 1-4、1-5：

表 1-4 本项目涉及核素特性表

场所	使用核素	半衰期	物理状态	毒性分组	衰变方式	主要射线及辐射能量
核医学科	^{18}F	109.8min	液态	低毒	EC、 β^+	0.635MeV/ β 射线; 0.511MeV/ γ 射线
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	液态	低毒	IT	0.14MeV/ γ 射线
	^{131}I	8.02d	液态	中毒	β^-	0.6065MeV/ β 射线; 0.3645MeV/ γ 射线
	^{125}I	59.4d	粒籽源固态	中毒	EC	0.03548MeV/ γ 射线
	^{89}Sr	50.53d	液态	中毒	β^-	1.488MeV/ β 射线
	^{32}P	14.26d	液态	中毒	β^-	1.711MeV/ β 射线

表 1-5 本项目使用核素诊疗用药情况表

场所	使用核素	年最大诊疗人数	日最大诊疗人数	单人次最大用量 (mCi)	年最大用量 (Bq)	最大日操作量 (Bq)	给药方式
核医学科	^{18}F	5000	20	10	1.85E+12	7.40E+09	静脉注射
核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	5000	20	25	4.63E+12	1.85E+10	静脉注射
核医学科 (甲亢)	^{131}I	1250	5	10	4.63E+11	1.85E+09	口服
核医学科 (甲吸)	^{131}I	1250	5	0.01	4.63E+08	1.85E+06	口服
核医学科	^{125}I	250	1	10	9.25E+10	3.70E+08	植入手术
核医学科	^{89}Sr	1250	5	4	1.85E+11	7.40E+08	静脉注射
核医学科	^{32}P	1250	5	10	4.63E+11	1.85E+09	敷贴

表 1-6 放射源基本参数情况表

放射源种类	总活度(Bq)/ 活度(Bq)×枚数	放射源类别	数量	半衰期	衰变方式	主要射线及辐射能量	用途
^{68}Ge	9.25E+07Bq×1 枚	V 类	1 枚	271d	EC	1.899MeV/ β 射线 (衰变产生物 ^{68}Ga 产生 β^+ 衰变)	PET/CT 校准
^{57}Co	7.4 E+07Bq×1 枚	V 类	1 枚	270d	EC	0.122 MeV/ γ 射线	ECT 校准

(六) 本项目使用核素及工作场所分级

1、非密封源工作场所的分级

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C，非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 1-6。

表 1-7 非密封放射性物质工作场所的分级表

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4\times 10^9$
乙	$2\times 10^7\sim 4\times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2\times 10^7$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状

态和实际日等效最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表 1-7、表 1-8。

表 1-8 放射性核素毒性组别修正因子表

毒性组别	毒性组别修正因子
极毒	10
高毒	1
中毒	0.1
低毒	0.01

表 1-9 操作方式与放射源状态修正因子表

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体、溶 液、悬浮液	表面有污染 的固体	气体、蒸汽、粉 末、压力很高的液 体、固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），非密封放射性物质工作场所应按放射性核素日等效最大操作量的大小分为甲、乙、丙三级，日等效操作量计算公式为：

$$\text{日等效操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{核素毒性因子}}{\text{操作方式的修正因子}}$$

因此，根据本项目核医学科使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定本项目核医学科工作场所级别，具体见表 1-9。

表 1-10 本项目使用核素及工作场所分级表

工作场所	使用核素名称	日实际最大操作量（Bq）	毒性组别及其修正因子	操作方式及其修正因子	日等效最大操作量（Bq）
核医学科	¹⁸ F	7.40E+09	低毒	很简单操作	7.40E+06
			0.01	10	
核医学科	^{99m} Tc	1.85E+10	低毒	很简单操作	1.85E+07
			0.01	10	
核医学科 （甲壳）	¹³¹ I	1.85E+09	中毒	简单操作	1.85E+08
			0.1	1	
核医学科 （甲吸）	¹³¹ I	1.85E+06	中毒	简单操作	1.85E+05
			0.1	1	
核医学科	¹²⁵ I	3.70E+08	中毒	很简单操作	3.70E+06
			0.1	10	
核医学科	⁸⁹ Sr	7.40E+08	中毒	很简单操作	7.40E+06
			0.1	10	
核医学科	³² P	1.85E+09	中毒	简单操作	1.85E+08
			0.1	1	
合计					4.07E+08

注：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），医疗机构使用¹⁸F、^{99m}Tc、¹²⁵I粒籽源相关活动视为“很简单的操作”，使用¹³¹I核素相关活动视为“简单操作”。本项目使用⁸⁹Sr的相关活动与使用¹⁸F、^{99m}Tc类似，因此视为“很简单的操作”。本项目制作³²P敷贴器过程有滴加操作，因此视为“简单操作”。

由表 1-10 可知，核医学科的日等效最大操作量为 4.07E+08Bq，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，本项目核医学科工作场所属于乙级非密封源工作场所。

2、核医学工作场所分类

按照《核医学放射防护要求》（GB120-2020）附录 G，核医学工作场所分类见下表。

表 1-11 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的加权活度/MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

放射性同位素加权活度根据其毒性权重因子、操作性质修正因子确定。毒性权重因子见下表。

表 1-12 核医学常用放射性核素的毒性权重因子表

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	⁷⁵ Se、 ⁸⁹ Sr、 ¹²⁵ I、 ¹³¹ I、 ³² P、 ⁹⁰ Y、 ⁹⁹ Mo、 ¹⁵³ Sm	100
B	¹¹ C、 ¹³ N、 ¹⁵ O、 ¹⁸ F、 ⁵¹ Cr、 ⁶⁷ Ga、 ^{99m} Tc、 ¹²³ I、 ¹¹¹ In、 ^{113m} In、 ²⁰¹ Tl	1
C	¹⁴ C、 ³ H、 ^{81m} Kr、 ¹²⁷ Xe、 ¹³³ Xe	0.01

表 1-13 核医学常用放射性核素操作性质修正因子表

操作方式和地区	操作性质修正因子
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
复杂放射性药物制备	0.1

根据《核医学放射防护要求》（GB120-2020），核医学工作场所应按日操作最大量放射性核素的加权活度的大小分为 I、II、III 类，加权活度计算公式为：

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划的日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}}$$

本项目核医学工作场所级别情况见下表。

表 1-14 本项目使用核素及工作场所分级表

工作场所	使用核素名称	日实际最大操作量 (Bq)	核素的毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度 (MBq)
核医学科	^{18}F	7.40E+09	1	1	7.40E+03
核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.85E+10	1	1	1.85E+04
核医学科 (甲亢)	^{131}I	1.85E+09	100	1	1.85E+05
核医学科 (甲吸)	^{131}I	1.85E+06	100	1	1.85E+02
核医学科	^{125}I	3.70E+08	100	1	3.70E+04
核医学科	^{89}Sr	7.40E+08	100	1	7.40E+04
核医学科	^{32}P	1.85E+09	100	1	1.85E+05
合 计					5.07E+05

根据计算结果，本项目日操作最大量放射性核素的加权活度为5.07E+05MBq，根据《核医学放射防护要求》（GB120-2020），属于Ⅰ类核医学工作场所。

四、项目外环境及选址合理性分析

（一）项目地理位置

简阳市康复治疗中心位于简阳市射洪坝街道刘家村，本项目工作场所位于该治疗中心门诊医技综合楼（简称门诊楼）负一层、二层和四层。项目地理位置见附图1。

（二）项目外环境关系

1、康复治疗中心外环境关系

根据现场调查，治疗中心北面为山体（规划为鳌山公园），西北面190m现状为刘家村散居居民点（规划为鳌山公园），东北面为山体（规划为生态用地）；东面和南面为荒地（规划为生态用地），东南面405m、408m现状为刘家村散居居民点（规划居住用地）；西面为爱晚路和绿地，隔爱晚路和绿地约417m为简阳市财政局、约382m为简阳市人大、约325m为河东花园B区，西北面隔爱晚路和绿地约312m为河东花园A区。

2、本项目工作场所外环境关系

本项目涉及的辐射工作场所均位于简阳市中医医院康复治疗中心门诊医技综合楼内，负一层东侧为直线加速器机房、中部为核医学科场所，二层东侧为ERCP机房，四层东南侧为DSA机房。

本项目外环境关系图见附图2。

由本项目外环境关系可知，项目周边主要为公园、生态用地，同时本项目周边无名胜古迹和重点文物保护单位，也无自然保护区、风景名胜区等，本项目50m评价范围内主要为门诊医技综合楼其他相关用房。

（二）选址合理性分析

本项目位于简阳市射洪坝街道刘家村，根据简阳市国土资源局下达的《关于简阳市中医医院康复治疗中心项目用地审查意见的复函》，项目属于《简阳土地利用总体规划》（2016-2020）确定的允许建设区、有条件建设区，不属于基本农田保护区；根据简阳市规划和自然资源局下达的建设项目选址意见书和用地规划红线图，项目土地使用性质为医院用地；根据简阳市规划局下达的《简阳市中医医院康复治疗中心项目选址规划审查意见》，文件明确：经审查，该项目符合规划，原则同意拟选址位置。同时，根据《限制用地项目目录》（2012 年本）和《禁止用地项目目录》（2012 年本），项目的建设不属于限制用地和禁止用地范围。

此外，医院已委托相关单位编制了《中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》并取得批复（简环评审[2023]11 号，附件 1），且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足本报告表确定的剂量管理约束值的要求。

项目选址基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

综上，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

（三）实践的正当性

本项目开展的目的是为了对病人进行医学诊断和放射治疗。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

五、劳动定员及工作制度

劳动定员：本项目共配置辐射工作人员 22 人，均为新增辐射工作人员，具

体如表 1-14 所示。

工作制度：本项目辐射工作人员实行 8 小时工作制，年工作日以 250 天计。

表 1-14 本项目工作人员构成表

项目	设备	工作人员	合计
放疗科	医用电子直线加速器	医师 1 人、技师 1 人、1 个护士、物理师 1 人	4 人
内镜中心	ERCP	医师 2 人、技师 1 人、1 个护士、物理师 1 人	5 人
手术中心	DSA	医师 2 人、技师 1 人、1 个护士、物理师 1 人	5 人
核医学科	PET/CT 诊断	2 个医师，3 个护士，2 个技师	7 人
	ECT 诊断	2 个医师，3 个护士，1 个技师	6 人
	甲亢治疗	2 个医师，3 个护士	5 人
	甲吸测定	2 个医师，3 个护士	5 人
	¹²⁵ I 籽源植入	2 个医师，4 个护士，1 个技师	7 人
	⁸⁹ Sr 注射治疗	2 个医师，3 个护士	5 人
	³² P 敷贴治疗	2 个医师，3 个护士	5 人

六、项目单位核技术应用现状

（一）原有项目辐射安全许可证情况

简阳市中医医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00784]）（附件 2），许可的种类和范围为：使用 II 类、III 类射线装置；发证日期：2020 年 9 月 7 日，有效期至 2025 年 9 月 6 日。具体许可项目见表 1-15。

表 1-15 辐射安全许可证已登记的射线装置表

序号	装置名称	型号	工作场所	类别	数量 (台)	备注
1	高频移动式 C 型臂 X 线机	SMC-1	新区手术室 C 臂手术间	III 类	1	登记在证
2	X 射线数字摄影系统（DR）	DRX-Evlution	新区放射科 DR 室	III 类	1	
3	全身 X 射线计算机断层扫描系统（CT）	OptimaCT660	新区放射科 CT 室	III 类	1	
4	移动 C 臂 X 射线机	ZibmVision	新区手术室	III 类	1	
5	移动 C 臂 X 射线机	PLX1L2B	老区手术室	III 类	1	
6	数字医用诊断 X 摄像透视摄影系统	Uni-Vision	新区透视检查室	III 类	1	
7	DR 机	DirectViewDR3000	老区 DR 检查室	III 类	1	
8	X 射线 CT 机	uCT530	老区 CT 室	III 类	1	
9	DSA	UNIQED20	门诊三楼综合介入治疗室	II 类	1	
10	CBCT-口腔颌面锥形束计算机体摄影	CS8100SC3D	新区门诊大楼一楼口腔 CT 检查	III 类	1	

	设备		室		
11	牙科 X 射线机-牙片机	CS2100	新区门诊大楼一楼牙片机检查室	III 类	1
12	双能量 X 射线骨密度仪	DexaPro-I	新区门诊大楼一楼骨密度测量仪检查室	III 类	1
13	数字化摄影 X 射线机	DX6390	新区发热门诊 DR 检查室	III 类	1
14	CT-3X 射线计算机体层摄影设备	uCT530	新区发热门诊 CT 检查室	III 类	1
15	移动 DR 数字化移动摄影 X 射线机	OptimaXR240amx	放射科	III 类	1

（二）辐射工作人员培训情况

简阳市中医医院现有 69 名辐射工作人员，目前共有 68 名辐射工作人员已经取得了辐射安全与防护培训合格证。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，辐射工作人员和辐射防护负责人均应参加辐射安全与防护知识的学习，医院应尽快安排相关人员在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全与防护知识并通过考试；已取得辐射安全培训合格证的，合格证到期前，需进行再培训。

根据中华人民共和国生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告（公告 2021 年 第 9 号），对于仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当有核技术利用单位组织再培训和考核。

（三）年度评估报告

简阳市中医医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）中提交了“2022年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2022年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

（四）是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故，情况说明见附件4。

七、环境影响评价报告信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公众和其他组织机构获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据生态环境部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅要求，建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，建设单位简阳市中医医院在向四川省生态环境厅提交《简阳市中医医院康复治疗中心核技术应用项目环境影响报告表》之前，在其医院门户网站上对该报告表进行了公示。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	⁶⁸ Ge	9.25E+07Bq×1 枚	V 类	使用	用于 PET/CT 校准	PET/CT 室	门诊医技综合楼负一层核医学科储源室	本次新增
2	⁵⁷ Co	7.4 E+07Bq×1 枚	V 类	使用	用于 ECT 校准	ECT 室	门诊医技综合楼负一层核医学科储源室	本次新增
3								
4								
5								

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	^{18}F	液态、半衰期 109.8min, 低毒	使用	7.40E+09	7.40E+06	1.85E+12	PET-CT 诊断	很简单的操作	门诊医技综合楼负一层核医学科	贮存方式：铅罐贮存；地点：门诊医技综合楼负一层核医学科通风柜
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态、半衰期 6.02h, 低毒	使用	1.85E+10	1.85E+07	4.63E+12	ECT 诊断	很简单的操作		
3	^{131}I	液态、半衰期 8.02d, 中毒	使用	1.85E+09	1.85E+08	4.63E+11	甲亢治疗	简单操作		
4	^{131}I	液态、半衰期 8.02d, 中毒	使用	1.85E+06	1.85E+05	4.63E+08	甲吸检查	简单操作		
5	^{125}I	粒籽源固态, 半衰期 59.4d, 中毒	使用	3.70E+08	3.70E+06	9.25E+10	粒籽源植入治疗	很简单的操作		
6	^{89}Sr	液态、半衰期 50.53d, 中毒	使用	7.40E+08	7.40E+06	1.85E+11	注射治疗	很简单的操作		
7	^{32}P	液态、半衰期 14.26d, 中毒	使用	1.85E+09	1.85E+08	4.63E+11	敷贴治疗	简单操作		

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	最大电流 (mA) /剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	待定	电子	最大 X 射线能量 10MV	1m 处剂量率为 6Gy/min	肿瘤 治疗	门诊医技楼负一层 直线加速器机房	本次 新增
						最大电子线能量 20MeV	—			

(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 类	1	待定	125	1000	介入检查和治疗	医技综合楼四楼手术中心	本次新增
2	ERCP	II 类	1	待定	150	1000	ERCP 检查和治疗	医技综合楼二楼内镜中心	本次新增
3	ECT	III 类	1	待定	130	345	诊断	门诊医技综合楼负一层核医学科 ECT 室	本项目新增
4	PET/CT	III 类	1	待定	130	600	诊断	门诊医技综合楼负一层核医学科 PET/CT 室	本项目新增
5	高频移动式 C 型臂 X 线机	III 类	1	SMC-1	/	/	医用诊断	新区手术室 C 臂手术间	已有
6	X 射线数字摄影系统 (DR)	III 类	1	DRX-Evlution	/	/	医用诊断	新区放射科 DR 室	已有
7	全身 X 射线计算机断层扫描系统 (CT)	III 类	1	OptimaCT660	/	/	医用诊断	新区放射科 CT 室	已有
8	移动 C 臂 X 射线机	III 类	1	ZibmVision	/	/	医用诊断	新区手术室	已有
9	移动 C 臂 X 射线机	III 类	1	PLX1L2B	/	/	医用诊断	老区手术室	已有
10	数字医用诊断 X 摄像透视摄影系统	III 类	1	Uni-Vision	/	/	医用诊断	新区透视检查室	已有
11	DR 机	III 类	1	DirectViewDR3000	/	/	医用诊断	老区 DR 检查室	已有
12	X 射线 CT 机	III 类	1	uCT530	/	/	医用诊断	老区 CT 室	已有
13	DSA	II 类	1	UNIQED20	/	/	血管造影	门诊三楼综合介入治疗室	已有

14	CBCT-口腔颌面锥形束计算机体摄影设备	III类	1	CS8100SC3D	/	/	医用诊断	新区门诊大楼一楼口腔 CT 检查室	已有
15	牙科 X 射线机-牙片机	III类	1	CS2100	/	/	医用诊断	新区门诊大楼一楼牙片机检查室	已有
16	双能量 X 射线骨密度仪	III类	1	DexaPro-I	/	/	医用诊断	新区门诊大楼一楼骨密度测量仪检查室	已有
17	数字化摄影 X 射线机	III类	1	DX6390	/	/	医用诊断	新区发热门诊 DR 检查室	已有
18	CT-3X 射线计算机体层摄影设备	III类	1	uCT530	/	/	医用诊断	新区发热门诊 CT 检查室	已有
19	移动 DR 数字化移动摄影 X 射线机	III类	1	OptimaXR240amx	/	/	医用诊断	放射科	已有

(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 (mA)	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	排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科工作台面、地面去污时产生的清洁废水，工作人员手部清洗废水，受检者洗手、冲厕废水	液态	0.755m ³ /d	总 β<10Bq/L	放射性废水衰变池暂存	贮存 10 个半衰期后，满足排放标准后，排入医院污水处理系统
沾染放射性药物的注射器、注射针头及可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物、废活性炭等固体废物	固态	50kg	0.11Bq/g	放射性废物暂存间暂存	暂存 10 个半衰期，清洁解控后作为普通医疗废物处置
核医学科产生的废校准源	固态	废校准源每 2 年更换 1 次		不暂存	更换时由生产厂家回收
核医学科产生的含 ¹⁸ F 气溶胶的废气	气态	少量	少量	经过专用通排风系统净化过滤后稀释排放	环境大气
核医学科产生的含 ^{99m} Tc 气溶胶的废气	气态	少量	少量	少量	经过专用通排风系统净化过滤后稀释排放
放疗科医用直线加速器产生的臭氧	气态	3.744mg/h	8.43×10 ⁻⁴ mg/m ³	经通排风系统排放	环境大气
内镜中心 ERCP 产生的臭氧、氮氧化物	气态	少量	少量	不暂存	环境大气
手术中心 DSA 产生的臭氧、氮氧化物	气态	少量	少量	不暂存	环境大气

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) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日修订)； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订)； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施)； (4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日实施)； (5) 《建设项目环境保护管理条例》(国务院令 第 682 号，2017 年 7 月 16 日修订)； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》(生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行)； (7) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日起实施)； (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令，2019 年 3 月 2 日第二次修订)； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日实施)； (10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原环保部第 31 号令，2021 年 1 月 4 日修订)； (11) 《射线装置分类》(原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号)； (12) 《放射源分类办法》(原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号)； (13) 《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》(环发[2015]162 号)； (14) 《关于建设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，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日)； (15) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》
------	--

	（环发[2012]77号，原环境保护部文件，2012年7月3日）； （16）《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函[2019]853号）； （17）《关于贯彻落实2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（川环办函[2019]507号）； （18）《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》（生态环境部公告公告2019年第57号）。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容与格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （5）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； （6）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； （7）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； （8）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； （9）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （10）《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）； （11）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （12）《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）； （13）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； （14）《放射治疗辐射区安全与防护要求》（HJ1198-2021）。
其他	（1）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； （2）《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局），2020发布版）； （3）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）；

	(4) 建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。
--	-----------------------------

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目产生的电离辐射经实体防护屏蔽和距离衰减后，对公众的影响较小。根据本项目的特点并参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中的相关要求，确定本项目辐射环境影响评价的范围：以非密封放射性物质工作场所、放射源及医用射线装置所在工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 范围区域作为评价范围。

环境保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众，根据本项目确定的评价范围和外环境关系图，非密封放射性物质工作场所、放射源及医用射线装置所在工作场所实体屏蔽墙体外周围 50m 范围内均位于医院内部，故评价范围内无院外环境保护目标。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标（医院范围内）

项目	保护目标	照射类型	与辐射源最近距离(m)	人流量人次/d	剂量约束值(mSv/a)
医用直线加速器（门诊楼负一层）	控制室医护人员（医用直线加速器机房东侧）	职业	6.9	3	5.0
	设备间	公众	13.6	3	0.1
	水冷机房	公众	11.7	3	0.1
	更衣间	公众	15.0	13	0.1
	放疗科电梯、过道、楼梯、空调机房的公众	公众	16.5	220	0.1
	车库	公众	18.1	100	0.1
	机房楼上医护人员、患者及陪护人员（1层~4层）	公众	8.0	200	0.1
DSA（门诊楼四层）	DSA 控制室工作人员	职业	2.6	1	5.0
	DSA 机房操作人员	职业	1.0	3	5.0
	机房西侧设备间	公众	1.6	2	0.1
	南侧通道	公众	2.7	6	0.1
	东侧 OR-13 数字手术室	公众	5.5	3	0.1
	北侧 CT 杂交手术室	公众	2.4	3	0.1
	楼上屋顶	公众	6.0	10	0.1
	楼下三层的病人和医护人员	公众	3.9	50	0.1
ERCP	控制室工作人员	职业	2.3	1	5.0

(门诊楼二层)	机房内医护人员		职业	1.0	3	5.0
	北侧更衣间		公众	2.1	3	0.1
	超声室（超声8）		公众	2.6	2	0.1
	胃镜室（纤支镜）		公众	3.7	2	0.1
	西侧患者通道		公众	2.2	3	0.1
	东侧通道		公众	2.5	5	0.1
	北侧通道		公众	2.4	10	0.1
	楼上三层的医护人员		公众	3.9	50	0.1
	楼下一层的病人和医护人员		公众	3.5	100	0.1
核医学科（门诊楼负一层）	病患候诊等待区人员		公众	1	60	0.1
	门诊楼一层人员（核医学科正上方）		公众	5.0	200	0.1
	核医学科北侧运输通道上的人员		公众	1	20	0.1
	核医学科南侧运输通道上的人员		公众	11.0	20	0.1
	核医学科西侧病案库人员		公众	12.0	5	0.1
	PET/CT 职业人员	涉及 2#注射室操作、1#通风柜操作、PET/CT 控制室操作、PET/CT 室摆位操作、注射后近距离观察病患	职业	0.35	4	5.0
	ECT 职业人员	涉及 1#通风柜操作、1#注射室操作、ECT 控制室操作、ECT 室摆位操作、注射后近距离观察病患	职业	0.35	2	5.0
	甲亢治疗职业人员	涉及甲亢室观察窗外操作、注射后近距离观察病患	职业	0.34	6	5.0
	甲吸测定职业人员	涉及甲吸室观察窗外操作、注射后近距离观察病患	职业	0.34	3	5.0
	125I 籽源植入职业人员	涉及 PET/CT 室籽源植入操作、PET/CT 控制室操作	职业	0.3	2	5.0
	89Sr 注射治疗职业人员	涉及 2#通风柜操作、1#注射室操作；	职业	0.35	2	5.0
	32P 敷贴治疗职业人员	涉及 1#通风柜操作、敷贴操作	职业	0.35	2	5.0
评价标准						
一、环境质量标准						
(1) 大气环境质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；						

(2) 地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准;

(3) 声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 2 类标准。

二、污染物排放标准

(1) 废气: 执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准;

(2) 废水: 执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中表 2 (综合医疗机构和其他医疗机构) 的预处理排放标准;

(3) 噪声: ①施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 中标准限值; ②运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准;

(4) 固体废物: 一般工业固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)、医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。

三、电离辐射限值

1、剂量限值

职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 附录 B 中规定“应对任何工作人员职业照射水平进行控制, 个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯平均) 20mSv。

公众照射: 第 B1.2.1 条的规定, 实际使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。

2、剂量约束值

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 和《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021):

一般情况下, 职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a, 本项目取 5mSv/a; 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a, 本项目取 0.1mSv/a。具体情况见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

单位: mSv/a

分类	基本标准限值 (GB18871-2002)		本项目剂量约束值/评价标准	
职业照射	年有效剂量	20	年有效剂量	5
	手或皮肤年当量剂量	500	手或皮肤年当量剂量	125
公众照射	1		0.1	

四、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

1、放射治疗机房

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198—2021), 治疗(直线加速器)机房周围和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平采用以下方法来进行确定:

(1) 机房墙和入口门外表面 30cm 处、邻近机房的关注点、机房房顶外的地面附近和楼层及在机房上方已建、拟建二层建筑物或在机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点机房房顶内表面边缘所张立体角区域时, 距机房顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 a) 和 b) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$:

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

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

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

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

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

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

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

(3) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶, 机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制。

2、X 射线诊断装置机房

本项目 III 类医用射线装置使用场所参照《放射诊断放射防护要求》

（GBZ130-2020）有关规定：本项目 ECT/CT、PET-CT 机房周围 30cm 处剂量当量率不超过 2.5μSv/h。

3、操作非密封放射性物质工作场所

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/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；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。

五、X 射线设备机房防护设施的技术要求

1、X 射线设备机房使用面积、单边长度

本项目拟用 X 射线设备机房面积：按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 2 要求执行，见表 7-6。

（1）DSA 机房面积：执行《医用 X 射线治疗卫生防护标准》（GBZ131-2002），治疗室一般不小于 24m²。

（2）加速器机房使用面积：执行《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定：“新建治疗室使用面积不应小于 45m²。

（3）X 射线设备机房面积：执行《医用 X 射线诊断放射防护标准要求》（GBZ130-2013）表 2 中“单管头 X 射线机：机房内最小有效使用面积 20m²，机房内最小单边长度 3.5m。”

2、X 射线设备机房屏蔽

本项目拟用 X 射线设备机房屏蔽：按《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 3 要求执行，见表 7-3。

表 7-3 介入 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求 单位：mSv/a

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm
介入 X 射线设备机房	2	2

六、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11，辐射工作场所内的表面以及工作人员的工作服、手套、工作鞋等处污染控制水平见表 7-4。

表 7-4 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质 (Bq/cm ²)
工作台、设备 墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻¹

七、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时（即 0.8Bq/cm²），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用”。

八、放射性废物清洁解控水平

表 7-5 本项目涉及放射性核素的清洁解控水平

核素	活度浓度 (Bq/g)	活度/Bq
¹⁸ F	1E+01	1E+06
^{99m} Tc	1E+02	1E+07
¹³¹ I	1E+02	1E+06
¹²⁵ I	1E+03	1E+06
⁸⁹ Sr	1E+03	1E+06
³² P	1E+03	1E+05

九、放射性废水排放标准

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188—2021）中“7.3.3 放射性废液排放”的以下规定：

- 1、对于槽式衰变池贮存方式，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；

2、对于槽式衰变池贮存方式，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 ^{131}I 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、 ^{131}I 核素的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

3、对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测， ^{131}I 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。

4、放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

十、放射性固体废物排放标准

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“7.2.3 固体放射性废物处理”的以下规定：

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

①所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

②所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍。

③含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

2、不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1 mSv/h ，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小 4 Bq/cm^2 、其他 α 发射体应小于 0.4 Bq/cm^2 。

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

十一、放射性废气排放标准

1、根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）中“7.4 气态放射性废物的管理”的以下规定：

（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；

（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；

2、参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第5.2.4 款，操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s，排气口应高于建筑屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

十二、臭氧排放标准

根据《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）表1 中臭氧小时平均标准值浓度符合0.16mg/m³的要求；根据《环境空气质量标准》（GB3095—2012）室外臭氧小时平均浓度符合二级标准（0.2mg/m³）的要求。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目位置、布局和周边环境

本项目选址于四川省成都市简阳市射洪坝街道刘家村，根据现场踏勘，本项目的周边环境关系如下：

本项目涉及的辐射工作场所均位于门诊医技综合楼内（在建，地下一层，地上四层），拟在门诊楼负一层东侧直线加速器机房内新增使用一台10MV医用电子直线加速器；负一层中部新建核医学科；二层内镜中心ERCP机房新增使用一台ERCP；四层手术中心DSA机房新增使用一台DSA。

项目现场情况见图8-1。

本项目主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

二、环境质量现状

1、辐射现状监测及评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，中国核动力研究设计院委托四川省永坤环境监测有限公司于 2023 年 10 月 12 日对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 5。

1.1 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率、 β 表面污染。

1.2 监测方法与标准

- ① 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；
- ② 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；
- ③ 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。
- ④ 《表面污染测定 第一部分 β 发射体（最大 β 能量大于 0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T14056-1993）

1.3 监测仪器

监测使用仪器及环境条件见表 8-1。

表 8-1 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	技术指标	检定/校准情况	
环境 X- γ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号: YKJC/YQ-40	能量响应: 20keV~3.0MeV 测量范围: 1nGy/h~1.2mGy/h	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202210005087 检定/校准有效期: 2022.10.24~2023.10.23 校准因子: 1.06	天气: 阴 温度: 22.6℃ 湿度: 68.5%
α 、 β 表面污染	CoMo170 表面污染监测仪 编号: YKJC/YQ-06	表面发射率响应 $R_{\alpha}=0.36$ $R_{\beta}=0.44$	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 证书编号: 202307006449 检定/校准有效期至: 2023.07.28~2024.07.27	

1.4 监测点位

本项目 γ 辐射剂量率和 β 表面污染监测点位和及监测因子如表 8-2 所示。

表8-2 本项目 γ 辐射空气吸收剂量率环境现状监测点位

序号	监测点位	监测因子
1#	拟建门诊医技综合楼场址中心处	γ 辐射空气吸收剂量率、 β 表面污染
2#	拟建门诊医技综合楼场址北侧	
3#	拟建门诊医技综合楼场址东侧	
4#	拟建门诊医技综合楼场址南侧	
5#	拟建门诊医技综合楼场址西侧	
6#	拟建综合住院楼处	

1.5 监测结果及评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。具体监测结果如下：

1、X- γ 辐射剂量率监测结果

本项目 X- γ 辐射剂量率具体监测点位布设见表 8-3。

表 8-3 拟建辐射工作场所及周围环境 γ 辐射剂量率 单位: nGy/h

点位	监测位置	环境 X- γ 辐射剂量率 (nGy/h)		备注
		测量值	标准差	
1	拟建门诊医技综合楼场址中心处	111	2.1	无
2	拟建门诊医技综合楼场址北侧	110	2.5	

3	拟建门诊医技综合楼场址东侧	102	2.9	无
4	拟建门诊医技综合楼场址南侧	103	2.6	
5	拟建门诊医技综合楼场址西侧	102	2.2	
6	拟建综合住院楼处	108	2.7	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由表 8-3 可以看出，本项目场址及周围环境的 γ 剂量率在 102~111nGy/h 范围。根据生态环境部发布的《2022 年全国辐射环境质量报告》，2022 年四川省环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 61.9Gy/h~151.8nGy/h，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率监测结果水平与该辐射质量报告的辐射水平基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

2、 β 表面污染监测结果

本项目 β 表面沾污具体监测结果见表 8-4。

表 8-4 拟建辐射工作场所及周围 β 表面沾污监测结果 单位：Bq/cm²

点 位	监测位置	β 表面污染水平（单位：Bq/cm ² ）		备注
		平均值*	标准差	
1	拟建门诊医技综合楼场址中心处	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	无
2	拟建门诊医技综合楼场址北侧	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	
3	拟建门诊医技综合楼场址东侧	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	
4	拟建门诊医技综合楼场址南侧	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	
5	拟建门诊医技综合楼场址西侧	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	
6	拟建综合住院楼处	$\leq \text{LLD}_\beta$	/	

注： β 表面污染探测下限 $\text{LLD}_\beta = 3.6 \times 10^{-2}$ Bq/cm²。

由表 8-4 得出结论：医院核医学科所在区域 β 表面沾污水平均低于检测下限，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平（4Bq/cm²），属正常环境本底水平。

1.7 监测质量保证措施

四川省永坤环境监测有限公司，通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

（1）计量认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了原四川省质量技术监督

督局的计量认证（计量认证号：182312050067）。

（2）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

2、非放环境质量现状

2.1 大气环境质量现状

本项目所在地环境空气功能区为二类，环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。基本污染物引用成都市生态环境局公布的《2022 成都生态环境质量公报》，满足《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）中评价基准年数据要求。

根据成都市生态环境局公布的《2022 成都生态环境质量公报》中的环境空气质量报告数据对项目所在地的环境质量现状进行调查。

2022 年，成都市空气质量优良天数 282 天，与上年相比减少 17 天；优良天数比例为 77.3%，与上年相比下降 4.6 个百分点。其中，全年空气质量优 94 天，良 188 天，轻度污染 76 天，中度污染 7 天，无重度及以上污染。SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO 年均浓度均下降。2022 年，成都市主要污染物 SO₂ 年均浓度为 4 微克/立方米，与上年相比下降 33.3%；NO₂ 年均浓度为 30 微克/立方米，与上年相比下降 14.3%；PM₁₀ 年均浓度为 58 微克/立方米，与上年相比下降 4.9%；PM_{2.5} 年均浓度为 39 微克/立方米，与上年相比下降 2.5%；CO 日均值第 95 百分位浓度值为 0.9 毫克/立方米，与上年相比下降 10.0%；O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位浓度值为 181 微克/立方米，与上年相比上升 19.9%。2022 年，成都市 SO₂、NO₂、PM₁₀、CO 浓度达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

2022 年，22 个区（市）县空气质量优良天数范围为 271 天（青羊区）~326 天（金堂县、简阳市），优良天数比例范围为 74.2%（青羊区）~89.3%（金堂县、简阳市）。与上年相比，新津区、简阳市、崇州市、温江区优良天数增加较多。

2022 年，22 个区（市）县污染物 SO₂、NO₂、CO、PM₁₀ 浓度均达标，O₃、PM_{2.5} 浓度部分区（市）县达标。金堂县、简阳市 2 个区（市）县实现六

项污染物浓度全面达标。与上年相比，22 个区（市）县 NO₂ 浓度均下降，下降幅度为新津区（-9.4%）~锦江区（-23.8%），NO₂ 浓度达标区（市）县增加 4 个。

根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018），城市环境空气质量达标情况评价指标为 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO 和 O₃，六项污染物全部达标即为城市环境空气质量达标，简阳市实现 6 项指标全部达标，因此，本项目所在区域为达标区。

2.2 地表水环境质量现状

根据成都市生态环境局公布的《2022 成都生态环境质量公报》，2022 年，成都市岷、沱江水系成都段 114 个市控及以上地表水监测断面 114 个，2022 年监测结果表明，岷、沱江水系成都段地表水水质总体呈优，实际监测的 114 个地表水断面中，I~III类水质断面 114 个，优良断面占比 100.0%，与上年相比上升 2.6 个百分点；无IV~V类、劣V类水质断面。

2.3 声环境质量现状

引用《中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》中噪声监测情况，详细情况见附件 6。

四川华皓检测技术有限公司于 2023 年 4 月 8 日至 4 月 9 日对项目场界进行了噪声监测。

1、监测点位

表 3-1 环境质量现状监测点布设一览表

编号	测点位置
1#	项目北场界外 1m 处
2#	项目东北场界外 1m 处
3#	项目东场界外 1m 处
4#	项目南场界外 1m 处
5#	项目西场界外 1m 处

2、监测指标

连续等效 A 声级。

3、监测周期及频率

2023 年 4 月 8 日至 4 月 9 日连续监测 2 天，按昼间和夜间各监测一次。

4、监测结果

项目所在区域声环境质量监测结果见表 3-2：

表3-2 环境噪声监测结果单位：dB(A)

测点编号	2023.4.8		2023.4.9		《声环境质量标准》 (GB3096-2008) 2类标准值	
	昼间	夜间	昼间	夜间		
1#	55	46	51	46	昼间 60	夜间 50
2#	47	43	49	44	昼间 60	夜间 50
3#	54	44	52	44	昼间 60	夜间 50
4#	49	44	50	44	昼间 60	夜间 50
5#	52	45	51	45	昼间 60	夜间 50

(5) 声环境质量现状评价

①评价标准

执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准。

②评价方法

采用监测值与标准值进行比较。

③评价结果

根据监测结果表明：监测结果表明，项目所在地昼间、夜间场界外环境敏感点噪声值均符合《声环境质量标准》(GB3096-2008)中2类标准要求，声环境质量良好。

2.4 生态环境质量现状

由于人类活动频繁，主要为人工种植的花草树木等，无珍稀、濒危野生动、植物存在，无特殊文物保护单位，生态环境质量较好。本项目的建设基本不会对水土保持、植被、动物等生态环境造成影响。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目辐射工作场所施工期土建工程属于“中医医院康复治疗中心项目”建设内容之一，其土建施工期环境影响包含在《中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》中，批复文号为（简环评审[2023]11号，附件3）。

本项目辐射工作场所还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图9-1。

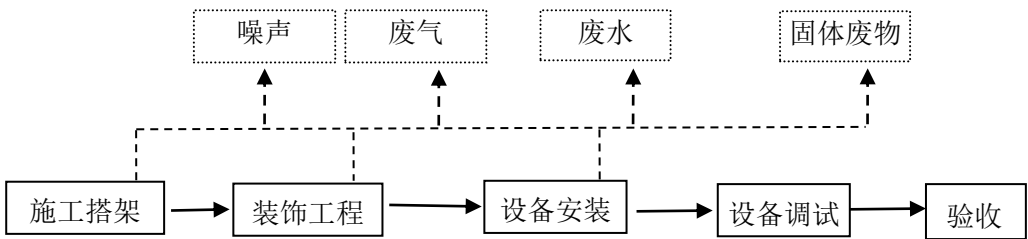


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

（一）设备安装期

1、扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，在主体墙体粉刷装饰后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

2、噪声

由于主体工程施工期间已预留有管线沟槽，施工期噪声主要为装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，选用低噪声设备、通过建筑隔声等措施，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、固体废物

固体废物主要为装修和设备安装过程中产生的建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾。其中，建筑垃圾由施工单位集中分类收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场；生活垃圾依托医院收集系统收集，由环卫部门定期统一清运至垃圾中转站；包装垃圾通过集中分类收集，由废品回收站进行处理。

4、废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水排入医院污水处理

站，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中要求后排入市政污水管网。

（二）设备安装调试期间

本项目所有射线装置安装、调试请设备厂家专业人员进行，医院不会自行安装及调试设备。在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、 γ 射线和臭氧。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。在设备调试过程中，射线源开关钥匙必须由专人看管或由操作人员随身携带；工作结束后，启动安全联锁并确认系统正常后才能启动射线装置或后装机。人员离开时运输设备及车辆、机房必须上锁并派人看守。由于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较小。

二、运营期

（一）医用直线加速器工艺分析

1、医用直线加速器设备组成及工作原理

本项目医用直线加速器属治疗类射线装置，主要用于肿瘤病人的放射性治疗，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用 X 射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。物理师对肿瘤病人治疗计划设计时，严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测和健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不同，给予的每次剂量亦不同。

医用直线加速器的核心部位由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分组成，由于直线加速器结构简单、造价低、不使用放射源，目前已成为医院放射治疗的主要手段。本项目医院拟购买 10MV 直线加速器 1 台，属 II 类射线装置，其结构图见图 9-2，具体参数见表 9-1；

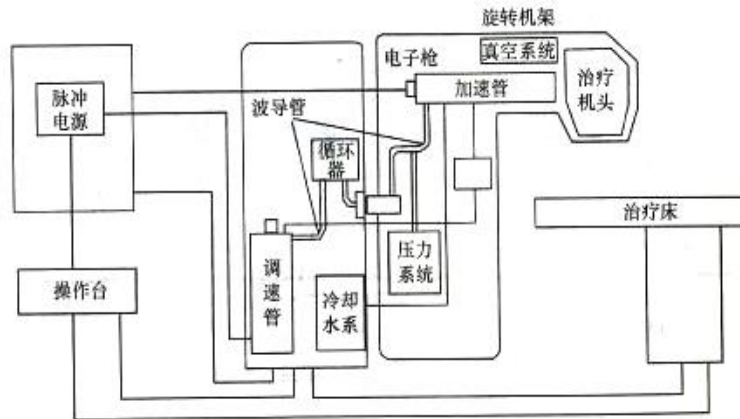


图 9-2 医用直线加速器结构示意图

2、主要技术参数

本项目所用医用直线加速器的主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 10MV 医用直线加速器主要技术参数表

指标	技术参数
设备型号	待定
设备厂家	待定
X 射线能量	X 射线, 10MV
X 射线 1m 处最大剂量率	6Gy/min
电子线能量	电子线: 20MeV
1m 处的辐射泄漏率	≤0.1%
等中心高度	130cm
正常治疗距离	100cm
最大照射野 (SSD=1 米)	40cm×40cm
每天最多治疗病人数	70 人次/天
年出束时间	583h

3、项目流程及产污染环节

(1) 放疗流程:

①接诊: 当患者通过影像学检查患有占位性病变, 并经过病理诊断后, 医生根据患者的具体情况确定是否适用放射治疗, 如果符合放疗适应症 (告知病人及家属辐射危害), 即可准备进入放疗流程。

②模拟定位: 为了确保患者在放疗期间的体位重复性, 需采用固定装置对患者体位固定, 在模拟定位机上, 以病人最舒适、最容易重复的体位做体膜固定、做激光线标记, 以便模拟定位 CT 和治疗用的直线加速器能找到准确的放疗位置。

③CT 扫描: 治疗用的 CT 扫描需要在有体膜固定有激光线标记的情况下完成, 获得的 CT 平扫图像用于计算电子密度和放疗剂量, CT 增强图像方便医生识别肿瘤的范围。

④临床医生勾画照射靶区: 将 CT 图像导入计划系统后, 临床医生根据放疗前

的 MRI 或 CT 检查图像勾画靶区，确定需要照射的范围和剂量。

⑤制定放疗计划：由放疗物理师、放疗剂量师和临床医生一起，根据病情确定照射范围和剂量，计划完成后经 科室集体讨论后方可治疗。

⑥剂量验证：放疗计划实施前还必须进行放射位置和放射剂量的验证，由放射物理师完成，以保证放射位置的精确性和放射剂量的精确性。

⑦治疗实施：病人进入加速器机房准备（包括摆位、非照射部位的屏蔽防护等），除病人外全部人员退出机房，关闭机房屏蔽门，对病人实施放射治疗，工作人员在控制室通过闭路电视系统观察机房内治疗病人情况。治疗完毕后，打开机房屏蔽门，病人离开治疗室，完成一次放射治疗。本项目模拟定位所用 CT 属于Ⅲ类射线装置，使用前需履行登记表审批手续，本次环评不再赘述。

本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-3。

（2）产污环节

通过分析可知，产污环节为：加速器治疗过程中产生的 X 射线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

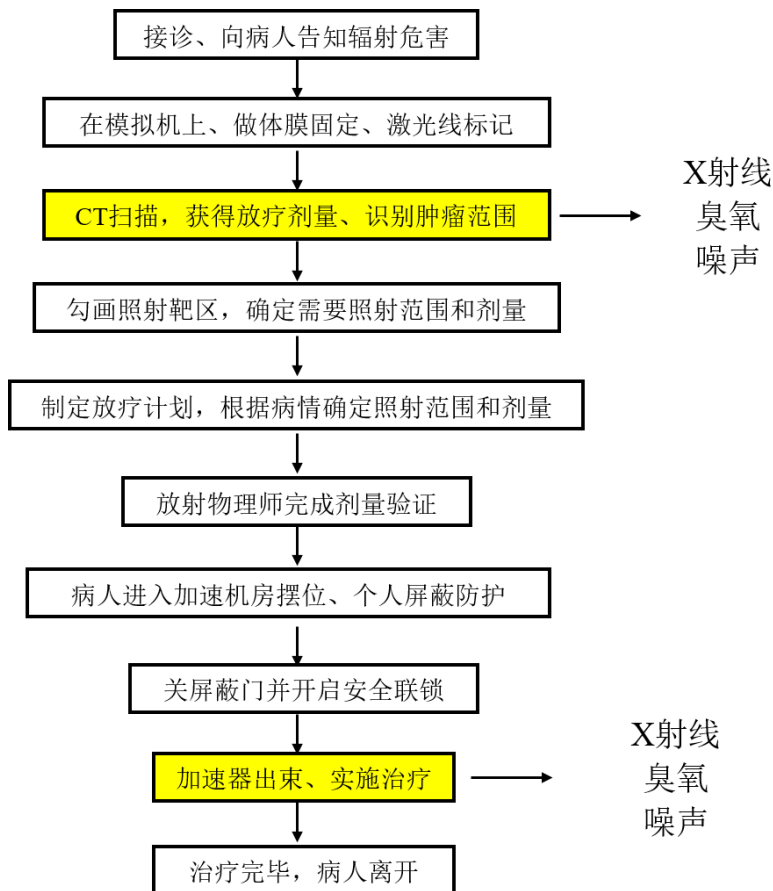


图 9-3 医用电子直线加速器治疗流程及产污环节图

4、人流、物流路径规划

(1) 工作人员路径：辐射工作人员完成模拟定位工作后，进入直线加速器机房协助患者进行摆位，摆位后进入控制室，待患者治疗完毕后，离开工作区域，沿走廊原路返回。

(2) 患者路径：患者根据安排的时间经 CT 模拟定位后，进入直线加速器机房，根据指定的治疗计划和方案进行出束治疗，治疗完毕后，通过迷道离开机房，沿走廊离开返回至候诊大厅，乘电梯离开治疗区域。

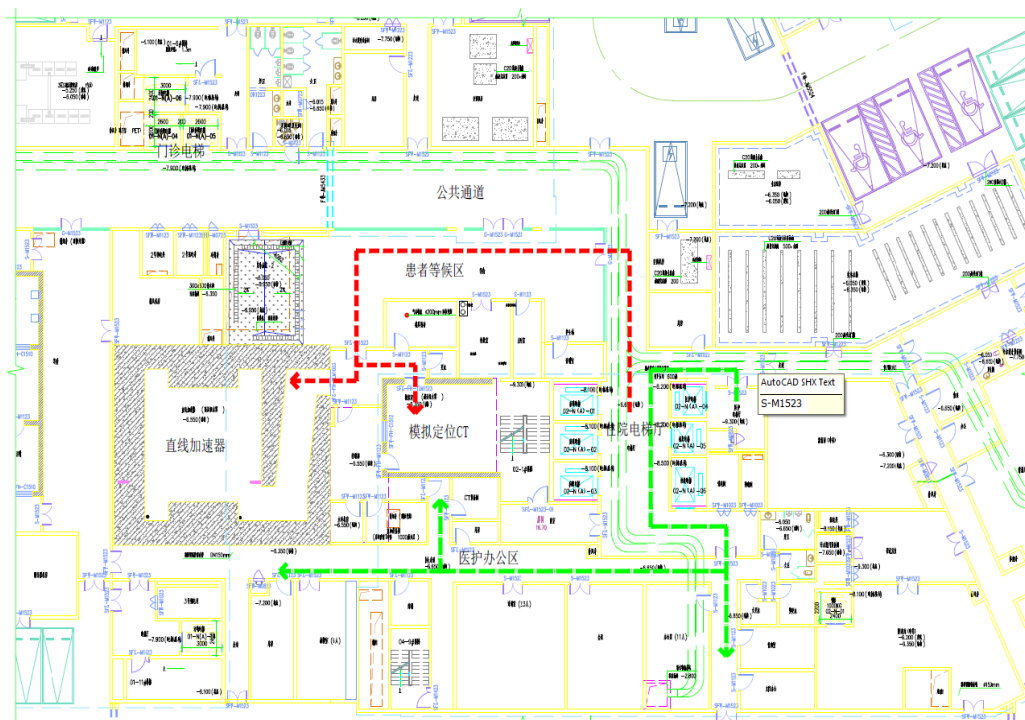


图 9-4 直线加速器人流物流图（红色箭头为患者路线、绿色箭头为医生路线）

(二) 内镜逆行性胰胆管造影术（ERCP）

ERCP（Endoscopic Retrograde Cholangio Pancretography），即内镜逆行性胰胆管造影术，是指将十二指肠镜插至十二指肠降部，找到十二指肠乳头，由活检管道内插入造影导管至乳头开口部，注入造影剂后 X 线摄片，以显示胰胆管的技术。由于 ERCP 不用开刀，创伤小，手术时间短，并发症较外科手术少，住院时间也大大缩短，深受患者欢迎，ERCP 已经成为当今胰胆疾病重要的治疗手段。

1、工作原理

X 射线在穿过人体被检部位后作用于 X 线探测器并转化为数字信息，形成 X 线衰减数字矩阵，然后由计算机进行处理和显示图像。

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中

的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。

2、装置组成

ERCP X 射线装置：由高压发生器、X 射线球管、检查床、胸片架、控制台及监视器、数字影像系统（指数字采集计算机系统和数字采集曝光控制系统）及附件组成。ERCP X 射线装置是 ERCP 的关键设备，主要用于胰胆管系统的诊断和治疗。

3、主要技术参数

表 9-2 ERCP 主要技术参数表

型号	名称	类别	数量	额定管电压 (kV)	额定管电流 (mA)	生产厂家
待定	ERCP 射线装置	II	1	150	1000	待定

4、操作流程及产污环节

(1) ERCP 诊治流程

签署同意书：确认手术风险（包括手术可能受到辐射危害）和益处，授权医生开展 ERCP 手术。

术前准备：固定患者体位后，麻醉师给患者注射麻药。

插 镜：十二指肠镜经口依次通过食管、胃、进入十二指肠降段，找到十二指肠乳头。

插 管：经活检孔插入导管，使导管与乳头开口垂直，将导管插入乳头。

造 影：ERCP 手术人员踩动手术床旁的脚踏开关启动 X 线系统进行透视，在透视条件下经造影导管注入造影剂，在荧光屏上见到胆管或胰管显影，显示病变。

拍 片：胰胆管显影后，在拍片模式下进行图像拍片储存。

治 疗：根据患者胰胆管病变情况，采取不同内镜下治疗措施，治疗完毕拔管，病人离开 ERCP 室。如内镜下乳头切开支架植入术治疗过程如下：

先行 ERCP 检查确定狭窄部位，并行乳头切开以利支架的插入，然后通过造影导管插进导丝，使之越过狭窄部位，首先插进气囊导管对狭窄部位进行扩张，然后再将扩张支架及其推进装置插入，将支架置入狭窄部位，拉出外套，等待支架完全

扩张后，将支架推进装置及内镜一并退出。ERCP 术中，在透视模式下多次透视观察导丝插入、气囊导管扩张、支架植入的位置等情况。

ERCP 诊疗流程及产污环节如图 9-5 所示。

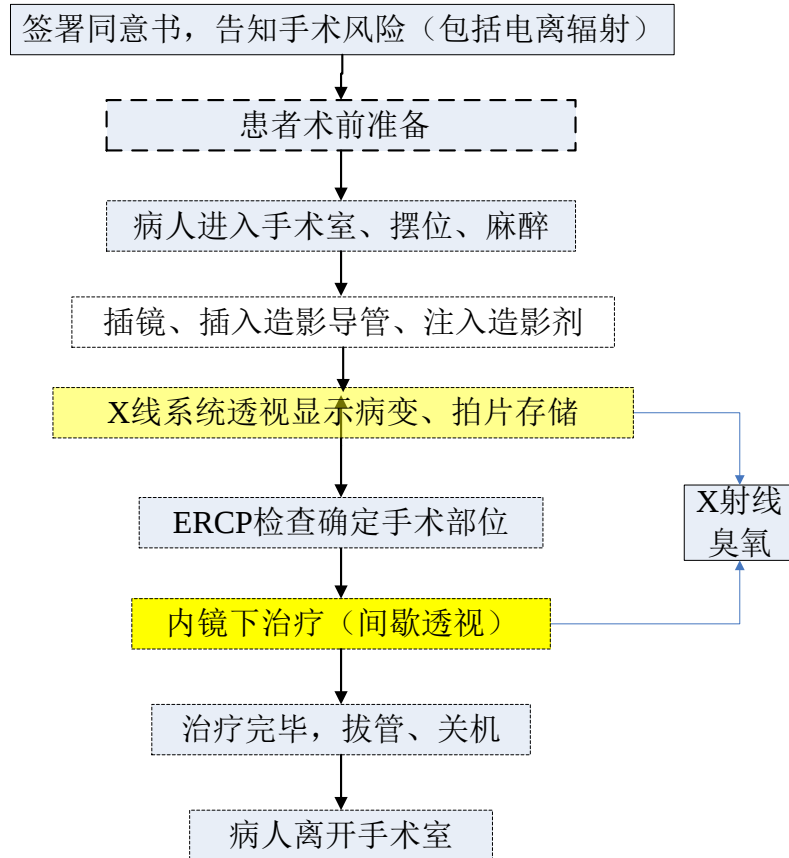


图 9-5 ERCP 诊疗流程及产污环节示意图

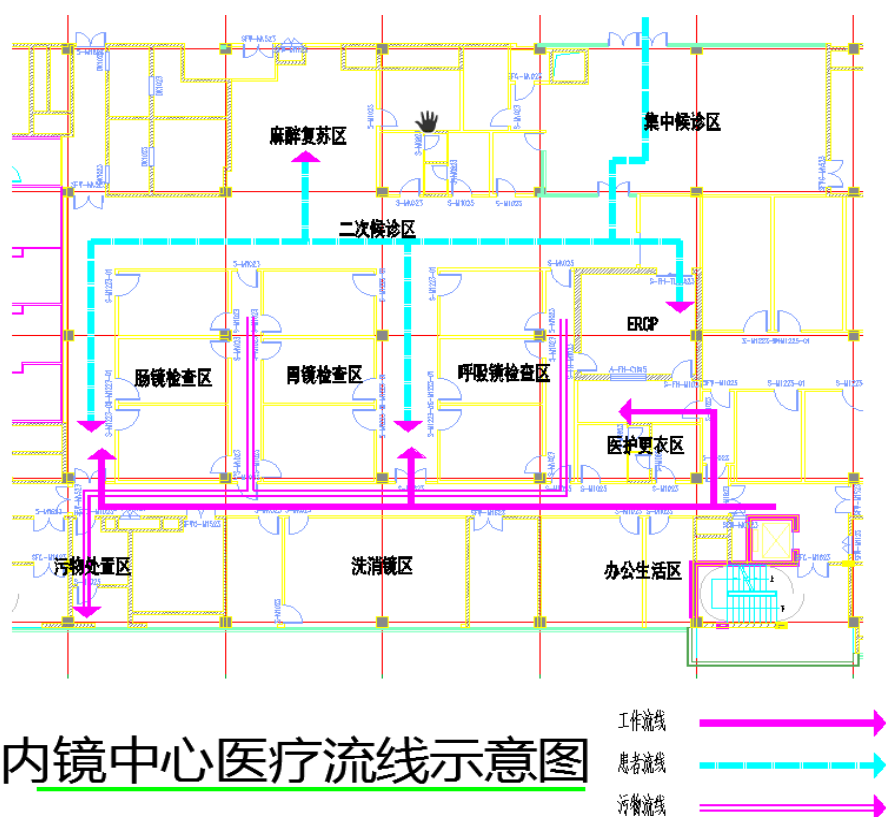
（2）产污环节：

从图 9-5 可见，在 ERCP 诊断过程中，因确诊胰胆管系统病变需要使用 X 射线装置透视、拍片；在 ERCP 治疗过程中，因要知道导管、导丝等位置需要使用 X 射线装置透视确定。ERCP 射线装置在拍片、透视时均产生 X 射线和臭氧。另外，项目运行期间，通风设备产生噪声，人员产生废水（生活废水、废造影剂）和固体废物（医疗废物和生活垃圾）。

4、人流、物流路径规划

医护人员路径：从办公生活区进入医护更衣区通过 ERCP 机房防护门进入后装机房，指导病人摆位后沿原路返回控制室。

病人路径：从候诊区通过 ERCP 机房防护门进入机房接受治疗，治疗完成后离开 ERCP 机房。



内镜中心医疗流线示意图

图 9-6 ERCP 诊疗流程及产污环节示意图

(三) 数字减影血管造影 X 射线装置

数字减影血管造影 X 射线装置是 DSA 技术的使用设备。

数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 是 20 世纪 80 年代继 CT 之后出现的一项医学影像学新技术, 是电子计算机图像处理技术与传统 X 线血管造影技术相结合的一种新的检查方法。可以满足心血管、外周血管的介入检查和治疗, 以及各部位非血管介入检查与治疗。介入诊断与治疗: 是指医生在 DSA 图像的引导下, 通过皮穿刺途径或通过人体原有孔道将导管或器械插入病变部位或注入造影剂, 进行诊断和治疗。

1、设备组成

DSA 由 X 线系统、电子计算机系统、机械及附属设备系统、成像控制系统共五个系统组成。X 线系统由 X 线发生装置 (X 线管、高压发生器和 X 线控制器) 及其影像链构成。

DSA 介入诊疗范围: 心血管、外周血管的介入检查和治疗, 以及各部位非血管介入性检查与治疗。

2、工作原理

DSA 用碘化铯荧光体探测器将穿过人体的 X 线信息接收，使之变为光学图像，经影像增强器增强后，在用高分辨力的摄像机扫描，所得到的图像信号经模/数转换，储存在数字存储器内，将注入对比剂前所摄的蒙片与注入对比剂后所摄的血管充盈像经计算机减影，处理成减影影像，再经模/数转换，将只留下含对比剂的血管像显示出来。

3、主要技术参数

本项目所用 DSA 的基本参数见表 9-3。

表 9-3 DSA 主要技术参数表

型号	名称	类别	数量	额定管电压 (kV)	额定管电流 (mA)	生产厂家
待定	数字减影血管造影 X 射线装置	II	1	125	1000	待定

4、操作流程及产污环节

(1) DSA 检查与治疗流程简述：

DSA 在进行曝光时分两种情况：

第一种情况（拍片）：操作人员采用隔室操作的方式（即医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人进行交流。

第二种情况（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时操作医师位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

详细流程如下：

DSA 检查流程：医师向受检者告之在介入诊断过程可能受到辐射危害。固定受检者体位或转动 C 形臂，尽量使受检部位紧靠检测器，然后，医师离开介入手术室，关闭防护门。以拍片模式，对没有注入造影剂的造影部位曝光采集图像。之后，医师进入介入手术室，给受检者注入造影剂，然后离开介入手术室，关闭防护门。以拍片模式，对注入造影剂的造影部位曝光采集图像。在控制室医师将同一部位的两幅血管造影 X 线荧光图像经计算机减影处理后，在计算机显示器上显示出血管影像的减影图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

DSA 治疗流程：按照治疗方案对患者实施 DSA 治疗。DSA 术前，医生告知术中可能受到辐射危害。患者进入 DSA 机房，DSA 工作人员为患者摆位、调整手术床、C 型臂。介入操作中，DSA 工作人员在手术床旁根据操作需求，以透视模式，踩动手术床下的脚踏开关启动 X 线系统进行透视，然后通过悬挂显示屏上显示的连续画面，继续完成介入操作。每台手术 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完成后关机，病人离开 DSA 介入室。

DSA 检查与治疗流程及产污环节如图 9-7 所示。

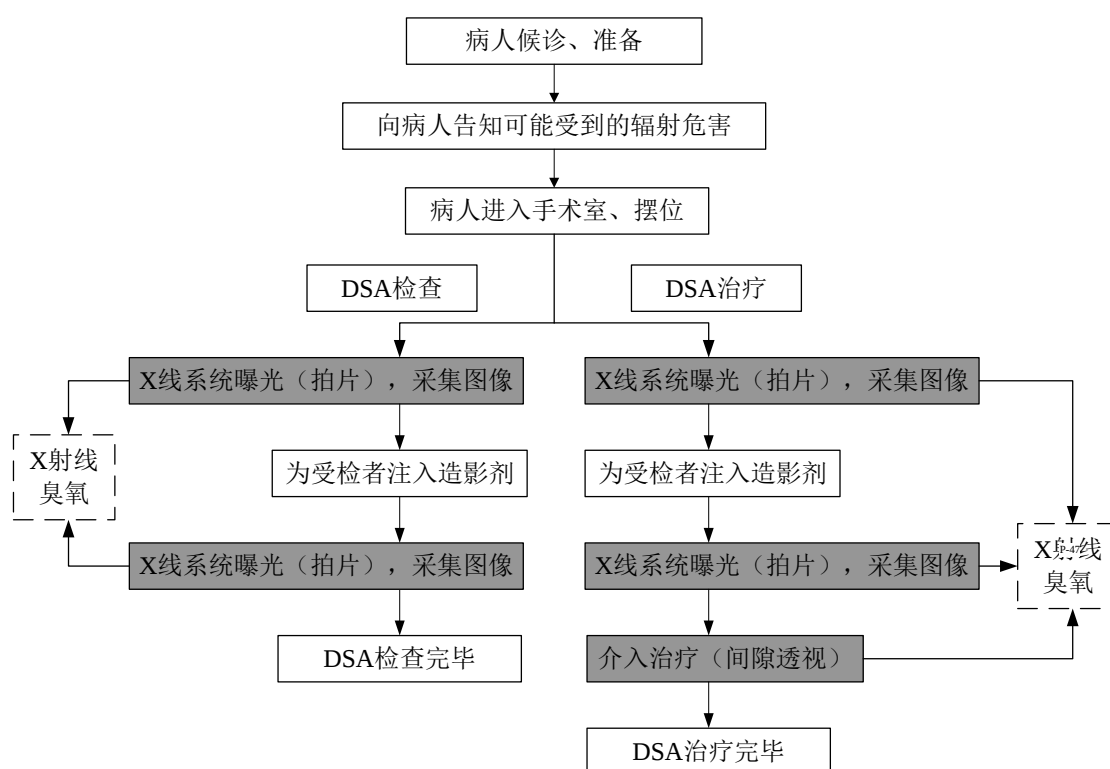


图 9-7 DSA 检查与治疗流程及产污环节示意图

（2）产污环节：

由图 9-7 可见，DSA 检查与治疗过程中，因使用 X 线系统拍片、透视，而产生 X 射线和臭氧。另外，通风设备运行将产生噪声，人员将产生生活废水和固体废物（生活垃圾和医疗废物）。

5、人流、物流路径规划

（1）工作人员路径：辐射工作人员完成模拟定位工作后，进入 DSA 机房协助患者进行摆位，摆位后进入控制室，待患者治疗完毕后，离开工作区域，沿走廊原路返回。

(2) 患者路径：患者根据安排的时间经模拟定位后，进入 DSA 机房，根据指定的治疗计划和方案进行出束治疗，治疗完毕后，通过迷道离开 DSA 机房，沿走廊离开返回至候诊大厅，乘电梯离开治疗区域。

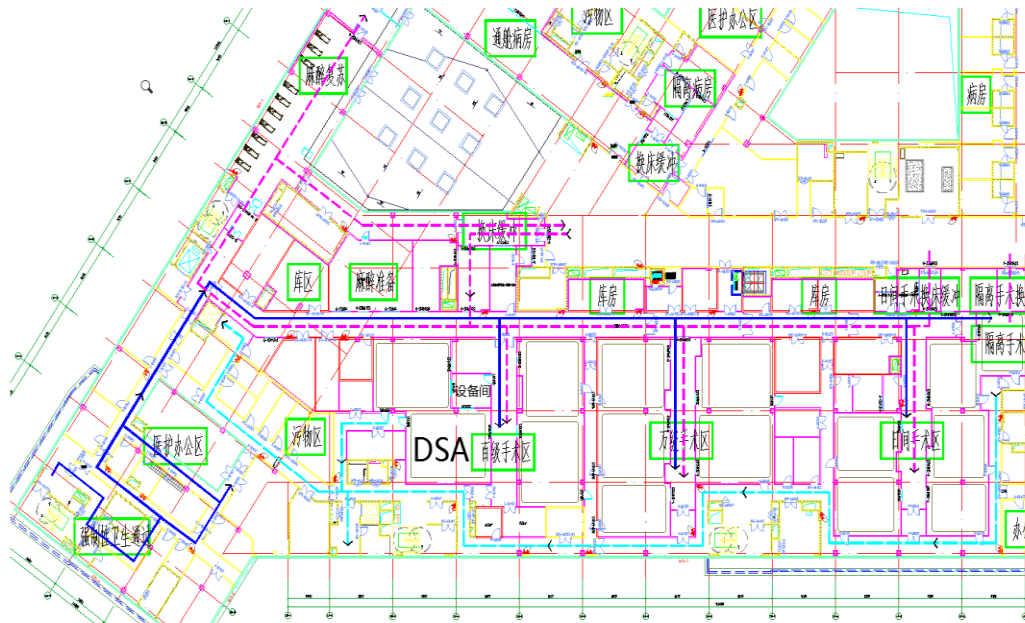


图 9-8 DSA 人流物流图（红色箭头为患者路线、蓝色箭头为医生路线）

(四) 核医学科

核医学科工况条件：本项目核医学科辐射工作场所在同一时间只使用一种放射性核素，不存在同时交叉使用放射性核素的情况。核医学科每次使用放射性药物前，都事先计划好操作量，然后再向供应商预定与操作量等量的放射性药物，并在使用放射性药物当日送货。在当日核医学科工作时间开始前由供应商直接将药物送至通风柜内，医院核医学科不存在暂存放射性药物的情况。

本项目核医学科药物分装间使用 2 个通风柜，1#通风柜操作 ^{32}P 、 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性核素，2#通风柜操作 ^{89}Sr 放射性核素。

本项目核医学科使用的放射性核素药物均为外购，建设单位将向国内具有相应资质的供药商购买。本项目使用的放射性核素药物样例见下图。



^{18}F 放射药品样例



$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射药品样例



^{89}Sr 放射药品样例



^{131}I 放射药品样例



^{125}I 粒子源放射药品样例



^{32}P 敷贴放射药品样例

图 9-9 放射性核素药物样例

1、ECT 显像诊断及产污环节分析

1.1 工作原理

ECT为单光子发射型计算机体层显像设备，可利用放射性核素对病患进行检查。ECT通过放射性核素进行诊断的基本原理：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出 γ 射线，穿过组织器官后到达ECT 探测器。ECT 使用低能准直器对 γ 射线进行准直，通过闪烁体将 γ 射线能量转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了

显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。ECT 主要由探头、旋转运动机架、计算机、CT 及其他辅助设备部分组成，探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路等组成。ECT 自身带有一个CT 球管，在ECT 核素扫描的基础上，可以同时获得CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

1.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 5000 人次，每日最大病患人数 20 人，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.63\text{E}+12\text{Bq}$ 。

1.3 工作流程

A、药物分装

本项目计划使用标记放射性核素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的药物（以下简称“ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物”）进行 ECT 诊断检查，所使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物来源为外购。医护人员先确定好药物用量，然后向供药商预定药物， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物由铅罐贮存，并由供药商直接送至核医学科通风柜内。项目医护人员先将所需设备放置于通风柜内，然后在通风柜铅玻璃隔离状态下医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）使用注射器对药物进行分装，药物按需要抽取到不同规格的注射器中，最后将装有药物的注射器放入活度计中测量放射性活度。

B、注射

对病患给药采用注射方式进行，医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）在通风柜内先将分装好药物的注射器装入防护套管（套管上有铅玻璃窗口，可以观察到注射器刻度），再将套管放入铅盒，转移至注射室注射窗口操作台，在注射窗口铅玻璃的隔离状态下对病患进行药物注射。

C、扫描诊断

病患注射后在1#注射后等待间候诊（注射药物候诊时间为15~30min），待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入ECT 机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（个别病患需医生进入机房进行现场摆位，摆位时间最多20s），摆位完成后离开机房返回控制室。医生在控制室操作对患者进行ECT扫描诊断，ECT 机房每次扫描15min。扫描完成后病患留观片刻，确定无不良反应后，从患者出口离开核医学科。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物的ECT显像诊断及产污流程图见下图。

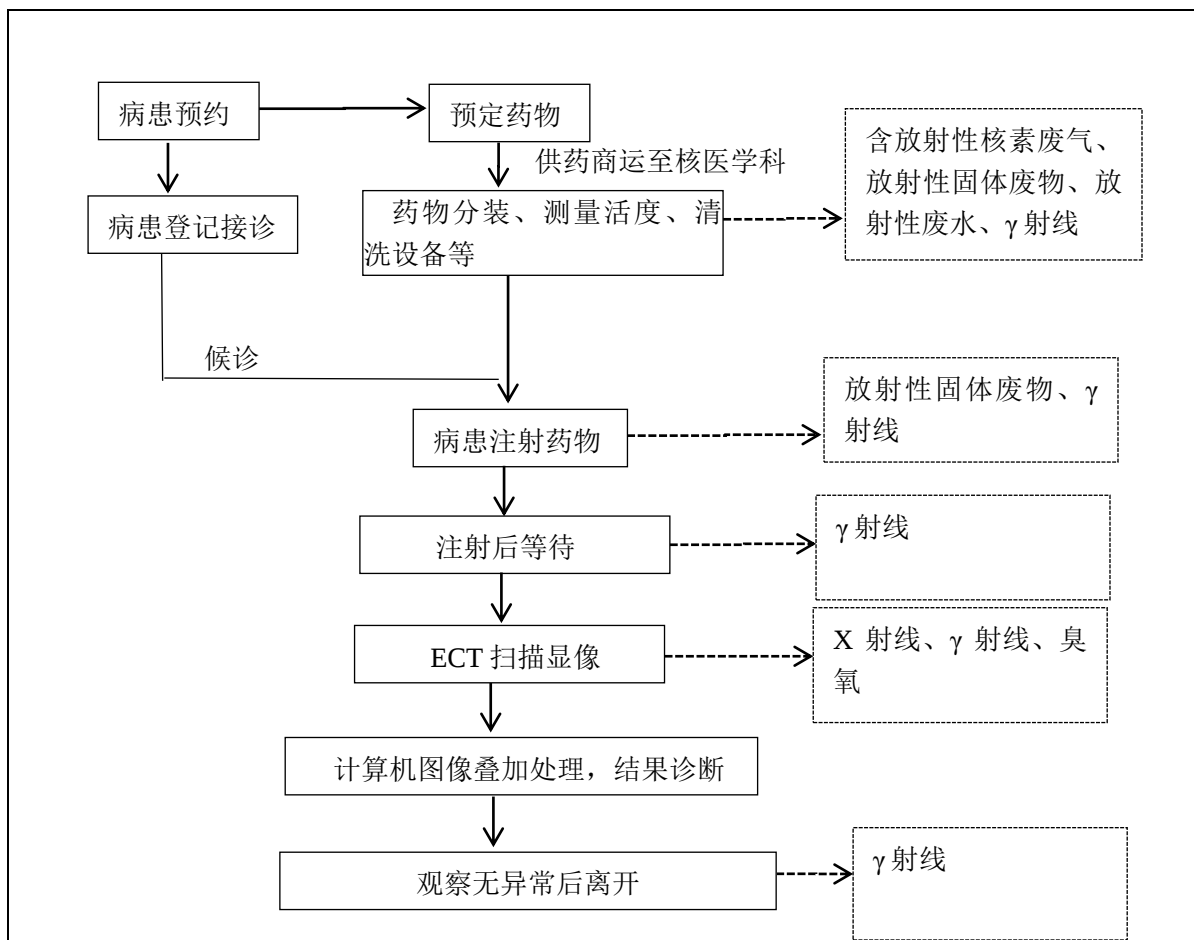


图 9-10 ECT 显像诊断及产污流程图

1.4 产污环节

工作人员注射完毕后的一次性注射器、棉签等放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。在 ECT 核素显像检查过程中，主要环境影响为分装取药、注射对工作人员产生的外照射；分装取药、注射过程对工作台面、地面等造成表面污染；操作过程产生放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等固体废物；ECT 设备校准过程产生的废校准源；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物受检者的排泄物；CT 扫描时产生的 X 射线、臭氧。

2、PET/CT 显像诊断

2.1 工作原理

PET/CT 是将两种设备融合的诊疗系统，是正电子发射型断层扫描技术（PET）和计算机断层扫描技术（CT）的有机结合，使 PET 的功能代谢显像与 CT 的结构显

像融为一体，形成优势互补，一次检查扫描既可获得 PET 图像，又可以获得相应部位的 CT 图像，并可将两种信息进行融合，这样在病灶进行定性的同时还能准确定位，大大提高了诊断的准确性及临床使用价值。

PET/CT 扫描系统主要由扫描仪、显像床、电子柜、操作工作站、分析工作站和影像拷贝等组成，它是决定图像质量的基础。CT 扫描仪位于 PET 扫描仪的前方，两者组合在一个机架内，一次成像同时完成 CT 及 PET 扫描。

PET/CT 装置分两部分，前部是螺旋 CT，后部是 PET 扫描系统。检查时，首先进入 CT 扫描视野，扫描结束后，检查床自动进入 PET 扫描视野，开始 PET 扫描。CT 扫描数据一方面用于结构解剖图像与 PET 图像融合，一方面用于对 PET 发射扫描数据进行衰减校正。

PET/CT 技术是把极其微量的正电子示踪剂注射到人体内，然后用 PET 探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合 CT 的精确定位，准确地显示出人体各器官的生理代谢情况和解剖结构，以判断病变发生或发展情况。

2.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 5000 人次，每日最大病患人数 20 人，日实际最大操作量 $7.40\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85\text{E}+12\text{Bq}$ 。

2.3 工作流程

A、药物分装

本项目计划使用标记放射性核素 ^{18}F 的药物（以下简称“ ^{18}F 药物”）进行 PET/CT 诊断检查，所使用的 ^{18}F 药物来源为外购。医护人员先确定好药物用量，然后向供药商预定药物， ^{18}F 的半衰期极短（109.8min），每天送药次数为2次， ^{18}F 药物由铅罐贮存，并由供药商直接送至核医学科通风柜内。项目医护人员先将所需设备放置于通风柜内，然后在通风柜铅玻璃隔离状态下医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）使用注射器对药物进行分装，药物按需要抽取到不同规格的注射器中，最后将装有药物的注射器放入活度计中测量放射性活度。

B、注射

对病患给药采用注射方式进行，医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）在通风柜内先将分装好药物的注射器装入防护套管（套管上有铅玻璃窗口，可以观察到注射器刻度），再将套管放入铅盒，转移至注射室注射窗口操作台，在注射窗口铅玻璃的隔离状态下对病患进行药物注射。

C、扫描诊断

病患注射后在2#注射后等待间候诊（注射药物候诊时间为15~60min），待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入PET/CT机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（个别病患需医生进入机房进行现场摆位，摆位时间最多20s），摆位完成后离开机房返回控制室。医生在控制室操作对患者进行PET/CT扫描诊断，PET/CT机房每次扫描15min。扫描完成后病患留观片刻，确定无不良反应后，从患者出口离开核医学科。¹⁸F药物的PET/CT显像诊断及产污流程图见下图。

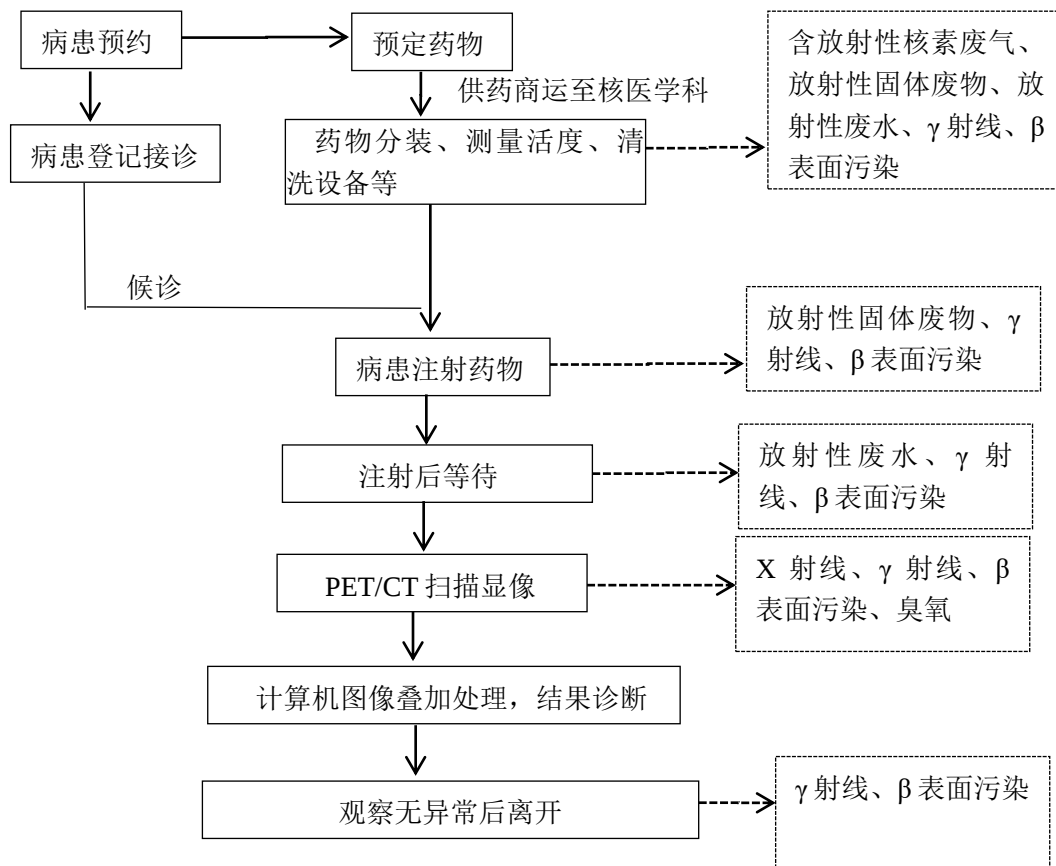


图 9-11 PET/CT 显像诊断及产污流程图

2.4 产污环节

医护人员注射完毕后的一次性注射器、棉签等放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。在PET/CT核素显像检查过程中，主要环境影响为药物分装、注射对医护人员产生的外照射；药物分装、注射过程对工作台面、地面等造成表面污染；操作过程中产生放射性固体废物，如使用含放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物

的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等固体废物；PET/CT 设备校准过程产生的废校准源；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物受检者的排泄物；CT 扫描时产生的 X 射线、臭氧。

3、 ^{68}Ge 、 ^{57}Co 密封校准源

为进行设备图像校准及探头校正，医院拟为ECT和PET/CT 配备校准源，PET/CT设备使用1枚密封 ^{68}Ge 校准源，活度 $9.25\text{E}+07\text{Bq}$ ，ECT设备使用1枚密封 ^{57}Co 校准源，活度 $7.4\text{E}+07\text{Bq}$ ，这些密封放射源均为V类放射源。校准源拟购自具有相应资质的销售厂家，校准操作以及放射源的运输、装源、更换过程均由销售厂家负责，并由厂家承担相应过程中的辐射安全防护工作，校准源放置于铅罐内屏蔽，铅罐外层为不锈钢包壳，铅罐铅层厚度30mm。校准源进场后，由销售厂家卸下PET/CT、ECT的准直器，将校准源安置在检查床末端安全铅盒内，校准源校准由设备全自动进行，废旧校准源由厂家回收处理。

在校准过程期间，本项目辐射工作人员位于控制室，校准源辐射经过安全铅盒和机房墙体、防护门和观察窗的屏蔽，对公众和职业人员的影响很小，能满足评价标准要求。

4、 ^{89}Sr 放射治疗

4.1 工作原理

^{89}Sr 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分会浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，辐射作用会引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润。非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，进一步使肿瘤细胞的细胞核消失或空泡形成，导致肿瘤细胞坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

4.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 1250 人次，每日最大病患人数 5 人，日实际最大操作量 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ 。

4.3 工作流程

A、药物分装

本项目计划使用标记放射性核素⁸⁹Sr的药物（以下简称“⁸⁹Sr药物”）进行肿瘤治疗，所使用的⁸⁹Sr药物来源为外购。医护人员先确定好药物用量，然后向供药商预定药物，⁸⁹Sr药物由铅罐贮存，并由供药商直接送至核医学科通风柜内。项目医护人员先将所需设备放置于通风柜内，然后在通风柜铅玻璃隔离状态下医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）使用注射器对药物进行分装，药物按需要抽取到不同规格的注射器中，最后将装有药物的注射器放入活度计中测量放射性活度。

B、注射

对病患给药采用注射方式进行，医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）在通风柜内先将分装好药物的注射器装入防护套管（套管上有铅玻璃窗口，可以观察到注射器刻度），再将套管放入铅盒，转移至注射室注射窗口操作台，在注射窗口铅玻璃的隔离状态下对病患进行药物注射。注射药物后病患在1#休息室观察等候15min，确定无不良反应后，从患者出口离开核医学科。

4.4 产污环节

医护人员注射完毕后的一次性注射器、棉签等放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。在注射治疗过程中，主要环境影响为药物分装、注射对医护人员产生的外照射；药物分装、注射过程对工作台面、地面等造成表面污染；操作过程中产生放射性固体废物，如使用含放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、放射性药物病患的排泄物。

5、¹³¹I 放射测定、治疗

5.1 甲亢治疗

5.1.1 工作原理

甲亢治疗是利用甲状腺具有强大的聚碘功能，口服一定量的¹³¹I后，可被甲状腺组织大量摄取。¹³¹I在衰变过程中，可释放β射线和γ射线。β射线可选择性地破坏甲状腺组织而不影响邻近组织（如甲状旁腺），通过辐射生物效应使功能亢进的甲状腺细胞受到破坏，从而导致甲状腺激素的合成和分泌量减少，达到治疗目的。

5.1.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 1250 人次，每日最大治疗人数 5 人，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.63\text{E}+11\text{Bq}$ 。

5.1.3 工作流程

A、药物分装

本项目计划使用标记放射性核素 ^{131}I 的药物（以下简称“ ^{131}I 药物”）进行肿瘤治疗，所使用的 ^{131}I 药物来源为外购。医护人员先确定好药物用量，然后向供药商预定药物， ^{131}I 药物由铅罐贮存，并由供药商直接送至核医学科甲亢室，供药商负责将 ^{131}I 贮药铅罐放置于 ^{131}I 自动分装仪内（甲亢室）。在甲亢室观察窗外，操作者可远程设定自动分装仪的分装活度、容积、计划使用时间等，自动分装仪可自动完成药物溶液稀释、分装、活度测量等工作。 ^{131}I 药物自动分装仪样例见下图。



图 9-12 ^{131}I 药物自动分装仪样例

B、口服药物治疗

开展治疗时，由医护人员在甲亢室室外铅玻璃隔离状态下远程操控自动分装仪进行药物分装，通过对讲机指导病患进入甲亢室，在自动分装仪处领取分装好的药物，口服药物后进入休息室观察。口服药物后病患在 2#休息室观察等候 15min，确定无不良反应后，从患者出口离开核医学科。

甲亢治疗及产污流程见下图。

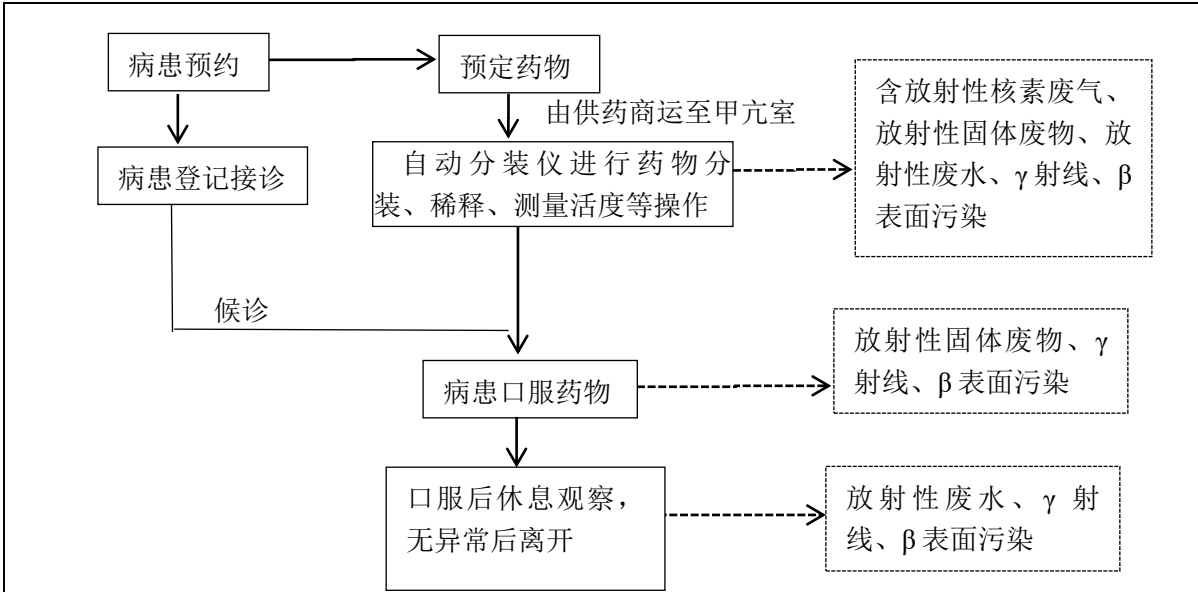


图 9-13 甲亢治疗及产污流程图

5.1.4 产污环节

甲亢病患使用过的一次性口杯、擦拭纸巾和空药瓶等放入专用放射性废物铅桶内，病患服药后产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。在门诊治疗过程中，主要环境影响为药物分装、口服对医护人员产生的外照射；药物分装、口服过程对工作台面、地面等造成表面污染；操作过程中产生放射性固体废物，如使用含放射性药物的一次性口杯、药瓶、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等固体废物；操作过程中产生放射性废水，如洗涤废水、放射性药物病患的排泄物。

5.2 甲吸测定

5.2.1 工作原理

甲吸测定全称为甲状腺摄碘率测定，碘是合成甲状腺激素的物质之一，甲状腺细胞通过钠/碘共转运子克服电化学梯度从血循环中浓聚¹³¹I，因此患者口服的¹³¹I 药物大都聚集在甲状腺内。甲吸测定是在体外用探测器在病患颈部测量甲状腺对¹³¹I 的摄取速度和摄取量（即吸碘率），利用不同时间段病患摄碘率的变化曲线来判断患者甲状腺功能是否正常，为甲状腺疾病的诊断和放射性治疗提供可靠的数据。

5.2.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 1250 人次，每日最大治疗人数 5 人，日实际最大操作量 1.85E+06Bq，年最大操作量为 4.63E+08Bq。

5.2.3 工作流程

A、药物分装

本项目计划使用标记放射性核素 ^{131}I 的药物（以下简称“ ^{131}I 药物”）进行甲吸测定，所使用的 ^{131}I 药物来源为外购。医护人员先确定好药物用量，然后向供药商预定药物， ^{131}I 药物由铅罐贮存，并由供药商直接送至核医学科甲吸室，供药商负责将 ^{131}I 贮药铅罐放置于 ^{131}I 自动分装仪内（甲吸室）。在甲吸室观察窗外，操作者可远程设定自动分装仪的分装活度、容积、计划使用时间等，自动分装仪可自动完成药物溶液稀释、分装、活度测量等工作。

B、口服药物测定

开展测定时，由医护人员在甲亢室室外铅玻璃隔离状态下远程操控自动分装仪进行药物分装，通过对讲机指导病患进入甲吸室，在自动分装仪处领取分装好的药物，病患口服药物后若无异常反应从患者出口离开核医学科。病患服用 ^{131}I 一定时间（3h~24h）后回到甲吸室，医生用甲功测定仪测定甲状腺部位的放射性计数，每次测量前先测定室内自然本底的计数及标准源计数。测定完成后，观察确定无不良反应后，病患从患者出口离开核医学科。

甲吸测定及产污流程见下图。

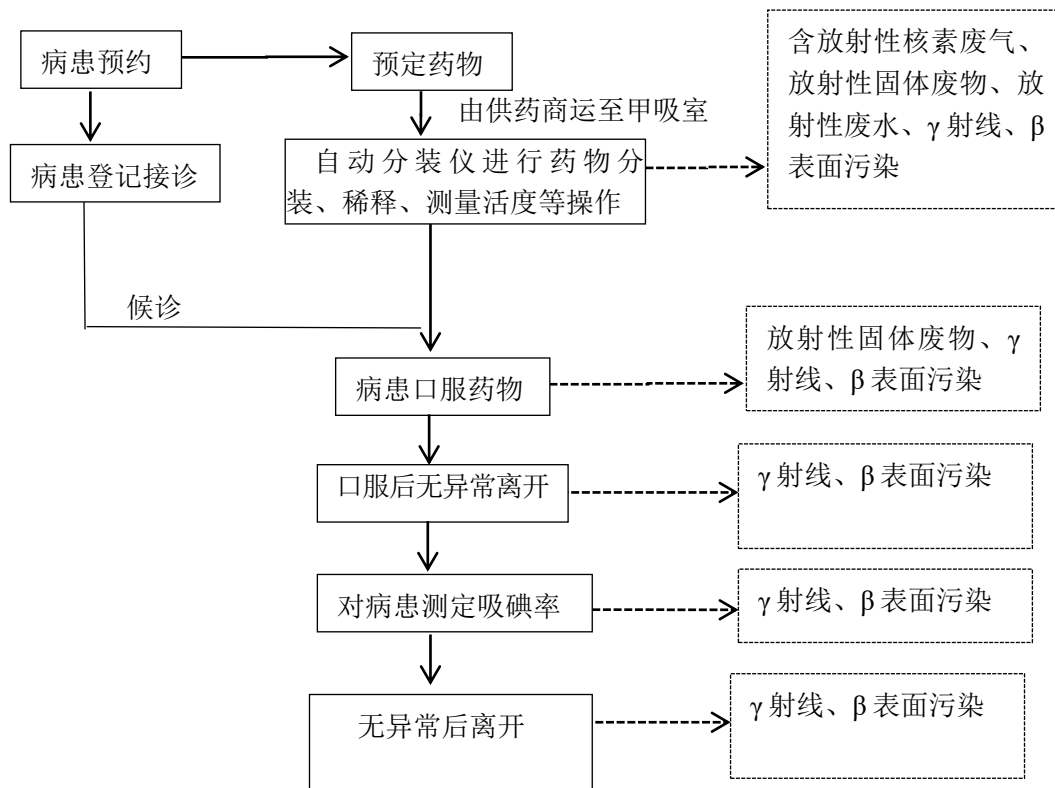


图 9-14 甲吸测定及产污流程图

5.2.4 产污环节

甲吸病患使用过的一次性口杯、擦拭纸巾和空药瓶等放入专用放射性废物铅桶内。在测定过程中，主要环境影响为药物分装、口服对医护人员产生的外照射；药物分装、口服过程对工作台面、地面等造成表面污染；操作过程中产生放射性固体废物，如使用含放射性药物的一次性口杯、药瓶、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等固体废物；操作过程中产生放射性废水，如洗涤废水。

6、 ^{125}I 粒籽源治疗

6.1 工作原理

^{125}I 粒籽源植入治疗是借助CT等检查手段，采用外科手术或器械方法将 ^{125}I 粒籽源植入病灶及其周围组织，对特定部位进行近距离放射治疗，利用 ^{125}I 的射线治疗肿瘤疾病的技术。 ^{125}I 粒籽源能持续低剂量的释放 γ 射线，通过直接作用于肿瘤细胞的DNA，造成DNA的双链断裂，另外还可间接使体内水分子的电离，产生自由基，促进肿瘤细胞的凋亡，使敏感的肿瘤细胞迅速死亡，不敏感的静止期细胞一旦进入分裂期，在 γ 射线的持续作用下又会迅速凋亡。经过足够的半衰期和剂量，可持续有效地杀灭肿瘤细胞，使肿瘤细胞无法繁殖从而达到治疗肿瘤的目的。

^{125}I 粒籽源的结构为：外层密封包壳材料为钛金属管,外径0.8mm，长度4.5mm，内核材料为银丝，尺寸 Φ 0.5×3mm，银丝表层镀有 ^{125}I 核素。 ^{125}I 粒籽源包装所用的容器：内层包装为玻璃瓶，配有橡胶塞和塑料螺纹帽，外层为附加不锈钢外壳的铅罐，铅层厚度10mm。

6.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗250人次，每日最大病患人数1人，日实际最大操作量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $9.25\text{E}+10\text{Bq}$ 。

6.3 工作流程

A、制定计划

医护人员根据病人情况制定治疗计划，确定用于治疗 ^{125}I 粒籽源数量。本项目 ^{125}I 粒籽源治疗利用核医学科PET/CT机房的CT设备作为引导，手术前将CT设备扫描获得的靶区图像数据导入计算机系统，计算机模拟出粒籽植入的空间分布，同时决定粒籽源植入数量、单位活度及总活度。根据靶区及周围危险器官的分布情况，调整粒籽源植入器官的位置，以获得最适当的粒籽源治疗布局。

B、治疗准备

医护人员确定好粒籽源数量后，向供应商订购粒籽源。供药商直接将粒籽源送至核医学科，粒籽源由玻璃瓶包装贮存于铅罐内，医护人员做好防护（穿戴好铅衣、铅手套、铅围裙等）情况下，将包装粒籽源的铅罐和玻璃瓶盖子打开，玻璃瓶不需从铅罐中取出，使用注射器向玻璃瓶中加入75%的酒精溶液进行消毒处理，然后盖紧瓶盖及铅罐盖子并浸泡30min。

在手术前医护人员用长柄镊子将粒子从玻璃瓶取出，在生理盐水中漂洗后进行粒籽源填装。根据病患的不同情况，医生可采取植入枪、植入针或粒籽源支架进行植入手术，在植入粒籽源之前，必须将粒籽源填装进植入枪或粒籽源支架以便于手术操作，项目采用0.5mm铅当量（带铅玻璃窗，其铅当量0.5mm）的屏风，医生使用该屏风作为屏蔽，快速操作完成粒籽源填装。

C、植入手术

粒籽源植入手术的操作一般分两类，一是植入枪操作，二是支架操作，医生采用植入枪的手术是通过植入针在CT引导下将¹²⁵I粒籽源打入病患肿瘤部位，在整个过程中同步调整穿刺点的位置，确保粒籽源精确植入病灶点位。医生采用粒籽源支架进行的植入手术，一般是针对食道、胆道部位的肿瘤治疗手术，先在CT引导下将导丝插入食道、胆道等部位，然后沿导丝将填装有¹²⁵I粒籽源的支架输送至病变部位，同时通过不断调整以确保支架覆盖所有病灶点，最后经过CT造影扫描，确认支架覆盖病变区域，并检查¹²⁵I粒籽源数目、分布位置，之后缓慢退出导丝。手术完成后，病患经观察若无异样，由医护人员送离核医学科至住院病房。¹²⁵I粒籽源治疗及产污流程见下图。

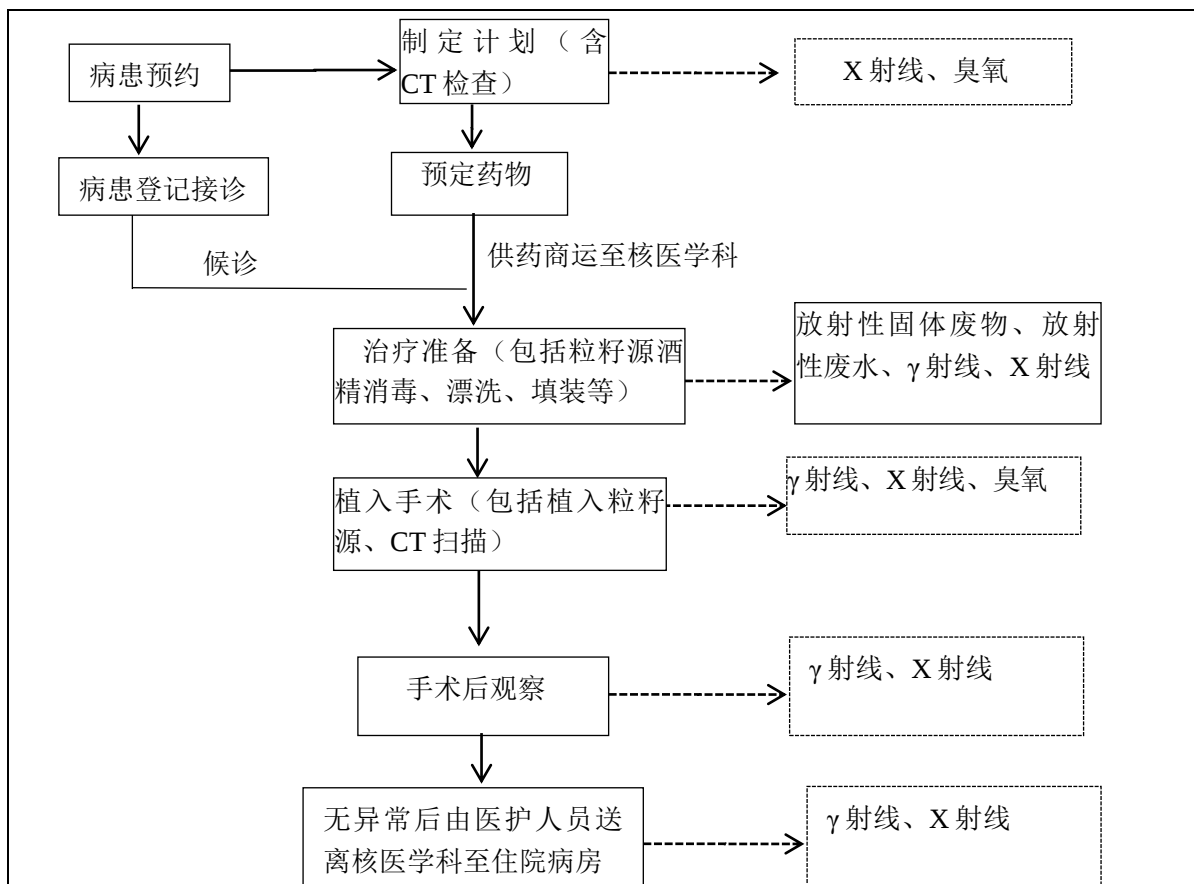


图 9-15 ^{125}I 粒籽源治疗及产污流程图

6.4 产污环节

整个过程中主要环境影响为 CT 扫描、粒籽源的消毒、漂洗、填装及植入对医护人员产生的外照射；操作过程中产生放射性固体废物，如可能含放射性药物的药瓶、擦拭或清洗物等固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、消毒废水、漂洗废水。

7、 ^{32}P 敷贴治疗

7.1 工作原理

^{32}P 衰变产生的 β 射线不仅对增生细胞具有较强的杀伤力，同时又使微动脉内壁渗出增加、血栓形成、管壁变厚，产生血栓机化、管腔闭塞等作用，导致增生细胞供血不足，缺血缺氧坏死，从而达到治疗目的。

7.2 工作负荷

预计核医学科每年治疗 1250 人次，每日最大治疗人数 5 人次，日实际最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，年最大操作量为 $4.63\text{E}+11\text{Bq}$ 。

7.3 工作流程

A 订购药物

标记 ^{32}P 的放射性药物溶液（以下简称“ ^{32}P 药物”）采用外购形式，根据病患病变情况，医护人员先确定好操作量，然后向供应商预定。 ^{32}P 药物由铅罐贮存，并由供应商将 ^{32}P 药物直接送至核医学科通风柜内。

B 制作敷贴器

制作 ^{32}P 敷贴器前，医护人员先根据病患的病变区情况，准备好不同规格大小形状（ $20\sim 200\text{cm}^2$ ）的滤纸片，用生理盐水将不同大小形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加 ^{32}P 药物溶液的毫升数。医护人员将所需设备放置于通风柜内，在通风柜铅玻璃隔离状态下（医护人员作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）使用移液器从铅罐抽取 ^{32}P 药物溶液，放入活度计测量活度，再按每张滤纸的吸水量将 ^{32}P 药物溶液分别滴加到这些滤纸上，这些滤纸待晾干后用三层优质塑料薄膜和胶布套封即可制作成敷贴器。此后进行敷贴器表面完整性污染与放射性物质泄漏的检测，按GB4075推荐的擦拭法测其 β 放射性活度，其值应小于 200Bq ，检测符合条件后即可使用敷贴器。

C 敷贴治疗

医护人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将 ^{32}P 敷贴器放置于专用铅箱内（铅箱内层为玻璃瓶低原子序数材料，外层为 5mm 厚铅层），转移到PET/CT室，准确贴至病患病变皮肤部位，并用医用胶布固定敷贴器。敷贴治疗完成后病患留观片刻，确定无异样后病患从出口离开核医学科。治疗完成后敷贴器由医院收回，专用固废铅桶收集后暂存于废物处置间。

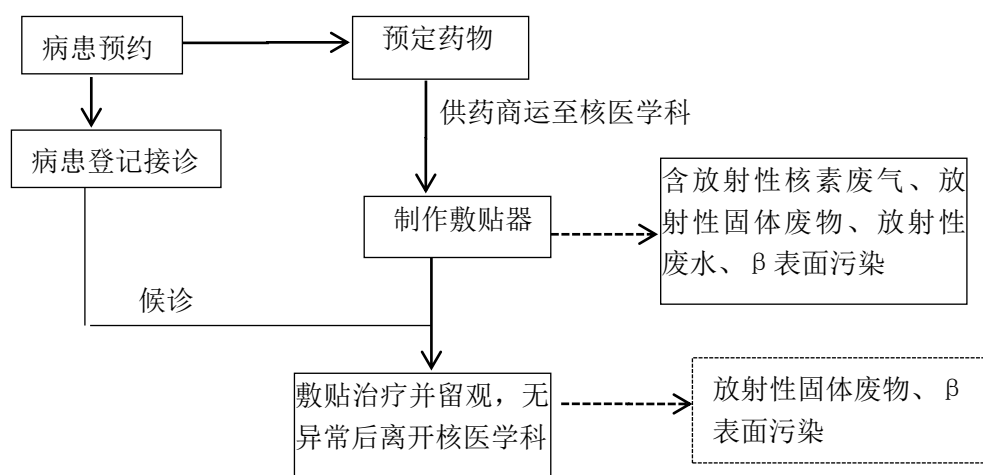


图 9-16 ^{32}P 敷贴治疗及产污流程图

7.4 产污环节

^{32}P 敷贴器制作过程中，药物的分装、滤纸的套封都会对医护人员产生外照射，

对工作台面、地面等造成表面污染，操作过程中产生放射性固体废物，如废弃的敷贴器、病患交回的敷贴器、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩等放射性固体废物；操作过程产生放射性废水，如洗涤废水、消毒废水。

8、核医学科人流、物流的路径规划

8.1 人流路径

核医学科人流路径主要是医护人员（包括核素操作人员、设备操作人员）路径和病患路径。

医护人员路径：本项目核医学科设置医患双通道，医护人员通过核医学科南侧的医护电梯进入核医学科，然后经过医护通道可进入 ECT、PET/CT 机房控制室和更衣室。医护人员在更衣室换好衣服后可进入储源室、药物分装间，之后可以分装、注射、给药、敷贴制作等操作，工作结束后进行表面污染监测等操作，监测合格后进入更衣室，更换好衣服后经医护通道原路返回。PET/CT 设备操作人员进入控制室后，如果需要对病患进行摆位，则从控制室侧门进入 PET/CT 室，摆位结束后原路返回。ECT 设备操作人员进入控制室后，如果需要对病患进行摆位，则从控制室侧门进入 ECT 室，摆位结束后原路返回。

病患路径：本项目核医学科设置医患双通道，病患通过核医学科北侧的病患电梯进入核医学科，病患根据预约安排的时间在候诊区等候，当准备进行检查或治疗时，按照指示进入核医学科相应的工作场所，比如甲亢治疗病患按指示进入甲亢室，甲吸测定病患按指示进入甲吸室，放射性核素注射治疗病患按指示进入相应的注射室。病患在治疗或检查后，经过留观一定时间，确定无异样后从出口离开核医学科，粒籽源病患由于经过手术治疗，在经过留观确定无异样后，由医护人员送离核医学科至住院病房。

8.2 物流路径

本项目核医学科物流路径主要包括放射性核素药物进入核医学科工作场所路径、放射性固体废物转运路径。通过时间和空间控制辐射源活动，确保给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性核素药物运送在核医学科工作时间开始之前进行，放射性固体废物转运在核医学科工作时间结束之后进行。

放射性核素药物进入核医学科工作场所路径：①¹⁸F、^{99m}Tc、⁸⁹Sr、³²P 药物路径：根据用药预约安排，药物由供药商负责运送，经地下负一层输运通道进入核医学科

通风柜内， ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 药物经过分装、活度测量等操作后转移到注射窗口，由医护人员为病患注射， ^{32}P 药物经过分装、活度测量等操作后制作成敷贴器，由医护人员为病患敷贴。② ^{131}I 药物路径：根据用药预约安排，药物由供药商负责运送，经地下负一层输运通道进入核医学科，经走道直接送到甲亢室、甲吸室的自动分装仪内，药物经过自动分装仪的稀释、分装、活度测量等操作后，由病患口服。③ ^{125}I 粒籽源路径：根据用药预约安排，粒籽源药物由供药商负责运送，经地下负一层输运通道进入核医学科，再转移至PET/CT室，由医生装填进植入枪或支架，最后将粒籽源药物植入病患体内。

放射性固体废物转运路径：在各检查诊断室、药物分装间、注射室、甲亢室、甲吸室以及注射后等待间、休息室、检查后观察室均设置有1个放射性废物铅桶收集放射性固体废物，在药物分装、注射、敷贴、口服等过程中，会产生一些放射性固体废物，收集的放射性固体废物在放射性固体废物铅桶内暂存后，送入放射性废物暂存间内进行衰变处理，达到处理要求后，固体废物经走道送出核医学科。

8.3 放射性废气路径

本项目核医学科为负压工作场所，废气经门诊楼楼顶排气筒（高度约25m）排放。排风主要路径走向为：出口→办公室→会议室→库房→楼顶排气筒，出口→走道→休息室→ECT机房→楼顶排气筒，等待区→走道→1#注射室→甲吸室→甲亢室→楼顶排气筒，储源室→2#注射室→楼顶排气筒，放射性废物暂存间→楼顶排气筒，药物分装间→楼顶排气筒，出口→走道→检查后观察抢救室→PET/CT机房→2#注射后等待室→楼顶排气筒。核医学科工作场所排风路径基本为低活度区域流向高活度区域，气流流向基本遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计。建设单位拟在排风管道内设置止回阀，并保持工作场所的负压和各区之间的压差，防止放射性废气及气溶胶对工作场所造成交叉污染，尽量降低职业人员和公众的吸入内照射。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（**HJ1188-2021**）的相关要求，通风柜、 ^{131}I 自动分装仪这类密闭设备均设计有单独的排风系统，均在设备顶壁安装活性炭过滤装置。项目产生的放射性废气经过活性炭过滤装置处理后，再通过专用排风管道经核医学科工作场所的独立排风系统高效过滤处理，最后从门诊医技综合楼的楼顶排气筒排放（排放高度约25m）。

从功能分区来看，接诊等候、放射性药物注射、扫描检查、工作人员办公区域

划分明确，相对隔离，可以尽量减少公众和医护人员不必要的照射。医院将加强对核医学科工作场所的管理，通过人员或语音广播引导诊疗者就诊，地面粘贴引导标志，告诫注射药物的病患在规定区域候诊，提醒陪护者和无关人员避免进入候诊走廊和注射药物候诊区域。该区域人流大致遵从了由辐射较低活度级别区域到较高活度级别区域，基本实现了药物、工作人员和诊疗者通道的分离。核医学科人流、物流的路径规划见附图。

污染源项描述

（一）施工期

1、污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工内容主要是装修和设备、防护设施安装，工程量小，施工时间短，非放射性物质产生量较小。

2、非放环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

（二）运行期

1、医用直线加速器

根据《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011），对于最大 X 射线能量 $\leq 10\text{MV}$ 的加速器可以不用考虑中子和感生放射性的辐射影响。本项目拟购的医用直线加速器最大能量为 10MV，故项目运行期产生的主要污染物为 X 射线、臭氧和噪声。

（1）X 射线：本项目拟使用的医用直线加速器利用 X 射线对患者病灶部位进行照射，CT 扫描过程中产生的 X 射线，随射线装置的关闭而消失。因此，医用直线加速器开机期间，X 射线为主要辐射环境污染因素，辐射途经为外照射。

（2）臭氧：射线装置开机运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物（ NO_x ）和臭氧（ O_3 ），由于氮氧化物产额低，所以本次主要对臭氧进行评价。

（3）噪声：主要为机房通排风系统的风机产生的噪声，噪声值一般低于 65dB（A）。

2、ERCP

ERCP 射线装置在正常（或事故）运行工况下，产生 X 射线、臭氧；停机后，

无 X 射线产生。项目运行期间，通风设备产生噪声，人员产生废水（生活废水、废造影剂）和固体废物（医疗废物和生活垃圾）。

（1）X射线：产生的X射线是主要辐射源项，由有用束、泄漏束、散射束组成。有用束用于检查与治疗，泄漏束来自X射线管，散射束来自受照患者和墙壁。

（2）臭氧：机房内的空气在电离辐射作用下，产生少量臭氧。

（3）噪声：通风设备运行，会产生低噪声。

（4）工作人员、患者/受检者在院期间，将产生生活废水和固体废物（医疗废物和生活垃圾）。

3、DSA

本项目 DSA 在正常（或事故）运行工况下，产生 X 射线、臭氧。停机后，无 X 射线、臭氧产生。项目运行期间，通风设备产生噪声，人员产生废水（生活废水、废造影剂）和固体废物（医疗废物和生活垃圾）。

（1）X 射线：DSA 运行产生的 X 射线，是一种主要辐射，由有用束、泄漏束、散射束组成。有用束用于介入检查与治疗，泄漏束来自 X 射线管，散射束来自受照患者和墙壁等。

（2）臭氧：DSA机房内的空气在电离辐射作用下，产生少量臭氧。DSA机房内产生的臭氧通过排风系统排出室外。

（3）通风设备运行，会产生低噪声。

（4）工作人员、患者/受检者在院期间，将产生生活废水和固体废物（医疗废物和生活垃圾）。

4、核医学科

核医学科使用的1台PET/CT和1台ECT，均为Ⅲ类射线装置，成像方式为数字成像，无废显定影液及废胶片产生。

本项目运行期产生的主要污染物为 X 射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物、臭氧。

γ 射线：放射性药物在分装、注射等过程中产生的 γ 射线。

β 表面污染：放射性药物沾污在工作台面、地面、工作人员衣物、手套上，产生 β 表面污染。

X 射线：PET/CT、ECT 开机出束时，产生 X 射线。

臭氧：PET/CT 开机出束运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少

量臭氧（O₃）。

放射性废气：在通风柜和自动分装仪的分装取药操作过程中，可能产生少量含放射性核素气溶胶的废气，分装取药操作均在通风柜和自动分装仪中进行。除¹³¹I药物溶液外，其他放射性核素溶液挥发量很小，本次评价仅考虑¹³¹I气溶胶的辐射环境影响，挥发量按日最大操作量的0.2%（来源于《辐射防护手册》第3分册）进行保守估算，经计算¹³¹I药物溶液日最大挥发量为3.70E+06Bq。

生活污水：核医学科工作人员全部为新增人员，共计40人，生活用水按每人50L/d计，生活污水产生量按85%计，工作人员生活污水产生量1.7m³/d，年产生量425 m³。

放射性废水：核医学科产生的放射性废水主要包括工作台面、地面去污时产生的废水、工作人员产生的洗手废水、病患冲洗排便废水。根据工艺分析，除¹²⁵I粒籽源以外，其他核素在操作过程均有可能产生放射性废水，按每《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019），门诊病人用水定额取20L/次·人，从保守角度考虑，废水量与用水量相等。依此估算，⁸⁹Sr病患数量5人/d，放射性废水产生量约0.1m³/d；^{99m}Tc病患数量20人/d，放射性废水产生量约0.4m³/d；¹⁸F病患数量20人/d，放射性废水产生量约0.4m³/d；甲亢病患数量5人/d，放射性废水产生量约0.1m³/d；甲吸病患数量5人/d，放射性废水产生量约0.1m³/d；³²P病患数量5人/d，放射性废水产生量约0.1m³/d，共计每日放射性废水产生量约1.2m³/d。

放射性固体废物：核医学科产生的放射性固体废物主要为沾污放射性药物的注射器、注射针头及可能沾染放射性药物的药瓶、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物、更换下来的废活性炭等固体废物。PET/CT产生废校准源⁶⁸Ge（1枚/a），ECT产生废校准源⁵⁷Co（1枚/a）。核医学科放射性固体废物产生量见下表。

表 核医学科放射性固体废物产生量

核素名称	来源	产生量 (g/d*人)	日最大病患 数(人)	日产生量 (kg/d)
¹⁸ F	一次性注射器、棉签、口罩、手套、药瓶及擦拭废物等	50	20	1
^{99m} Tc		50	20	1
⁸⁹ Sr		50	5	0.25
¹³¹ I(甲亢)		5	5	0.025
¹³¹ I(甲吸)	一次性口杯、口罩、手套、药瓶及擦拭废物等	50	5	0.25

^{32}P	一次性口罩、手套、药瓶、胶布及擦拭废物等	50	5	0.25
^{125}I 粒籽源	一次性口罩、棉签、手套、药瓶及擦拭废物等	200	1	0.2
合计				2.98
更换的废活性炭产生量：50kg/a				

综上所述，本项目运行期主要污染源项见表 9-4。

表 9-4 本项目运行期主要污染源项表

污染源	使用场所	主要污染因子
医用直线加速器	门诊医技综合楼负一层直线加速器机房	X 射线、臭氧和噪声
ERCP	门诊医技综合楼二层 ERCP 机房	X 射线、臭氧和噪声
DSA	门诊医技综合楼四层 DSA 机房	X 射线、臭氧和噪声
核医学科	门诊医技综合楼负一层核医学科工作场所	X 射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物、臭氧、废校准源

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局

简阳市中医医院门诊医技综合楼为地下 1 层、地上 4 层建筑，西北侧为门诊大厅入口，从大厅进入门诊医技综合楼，在负一层中部和东部新增医用直线加速器，在负一层西部新增核医学科；在二层南侧内镜中心新增 1 台 ERCP；在四层西南侧新增 1 台 DSA。

1、医用直线加速器工作场所布局

医用直线加速器位于医院门诊医技综合楼负一层，直线加速器机房北侧为排风机房和室外庭院；机房东侧为控制室、CT 模拟定位机房、设备间等；机房南侧为库房和制模室，机房西侧为核医学科；正上方为手术室。

符合性分析：①本项目的核医学科、医用直线加速器均位于医院门诊医技综合楼负一层，位于于医技综合楼的最底层；②医用直线加速器机房设有迷道，机房与迷道设置为控制区，其他需经常检查其职业照射条件的区域设置为监督区；③机房和控制室分开设置。

综上所述，医用直线加速器工作场所布局满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.1 款相关要求。

2、ERCP 工作场所布局

ERCP 位于医院门诊医技综合楼二层南部，机房北侧为更衣间，西侧为纤支镜室，东侧为超声室，南侧为控制室和更衣间，机房下方为一层区域，上方为三层区域。

3、DSA 工作场所布局

DSA 位于医院门诊医技综合楼四层西南侧，机房北侧为 CT 杂交手术室和控制室，西侧为设备间和排风井，东侧为墙体和其他手术室，南侧为缓冲间。正上方为顶部区域，正下方为三层区域。

4、核医学科工作场所布局

核医学科工作场所位于医院门诊医技综合楼负一层核医学科，核医学科东面为直线加速器工作区域，西面为医院病案库房，南面和北面均为医院门诊医技综合楼地下运输通道。布局上可以大致分为东侧区域、中间区域和西侧区

域，东侧区域有病患等待区、甲亢室、甲吸室、1#注射室、药物分装间、2#注射室、储源室、废物处置间、更衣间、医护卫浴间，中间区域有 ECT 机房、PET/CT 机房、医护通道、1#休息室、2#休息室、1#注射后等待间、2#注射后等待间，检查后观察室，西侧区域有办公室、会议室、库房，普通更衣间、配电间、普通卫浴间。核医学科衰变池间布置在核医学科南侧区域。

本项目核医学科布局具有以下特征：①医院核医学科不与产科、儿科、食堂等部门相邻，且在门诊医技综合楼负一层独立布置，采用单独的出入口，出口避开了门诊大厅、收费处等人群稠密区域；②在核医学科控制区的入口和出口设置了门锁权限控制和单向门等安全措施，限制了受检者的随意流动，保证工作人员内工作人员和公众免受不必要的照射；③在药物注射、分装间出口处设置了卫生通过间，可以进行污染检测；④本项目核医学科有治疗和诊断工作场所，设置了紧急喷淋间、库房、更衣间、办公室、检查后观察抢救室等辅助用房；⑤对核医学科进行了人流、物流路径规划，注射药物后的受检者与注射放射性药物前的受检者不交叉，注射药物后的受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，合理设置了放射性物质的运输通道。

本项目核医学科在空间上布局上远离公众，在医院内部区域选择场址方面做到了独立布局，从布局上将对公众的辐射影响尽可能地降低，从环保角度考虑，本项目核医学科的布局是合理可行的。

二、辐射工作场所两区划分

1、控制区和监督区的划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区，同时在地面设置行走箭头标识，严格规定各类人员的活动路径。

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

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

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，两区划分示意图见附图。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况表

项目	控制区	监督区
医用直线加速器	直线加速器机房（含迷道）、CT 机房	控制室、水冷机房、直设备间、CT 设备间、排风机房、等待室
ERCP	ERCP 机房	控制室、更衣间、超声间、呼吸镜检查区、医护更衣区
DSA	DSA 机房	控制室、设备间
核医学科	注射操作间、注射后休息室 1、注射后休息室 2、注射后休息室 3、注射后休息室 4、卫生通过间、固废间、注射后洗手间 1、注射后洗手间 2、储源间、PET/CT 机房、ECT 机房、留观室、抢救室、内部通道、甲吸室、甲亢给药室、衰变池	操作室、护士前台、处置室、远程会议室、多功能用房、打片室、医生办公室、辅助设备间

医院需重视控制区和监督区的管理，进行分区管理。

2、控制区防护手段与安全措施

（1）控制区进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-1。

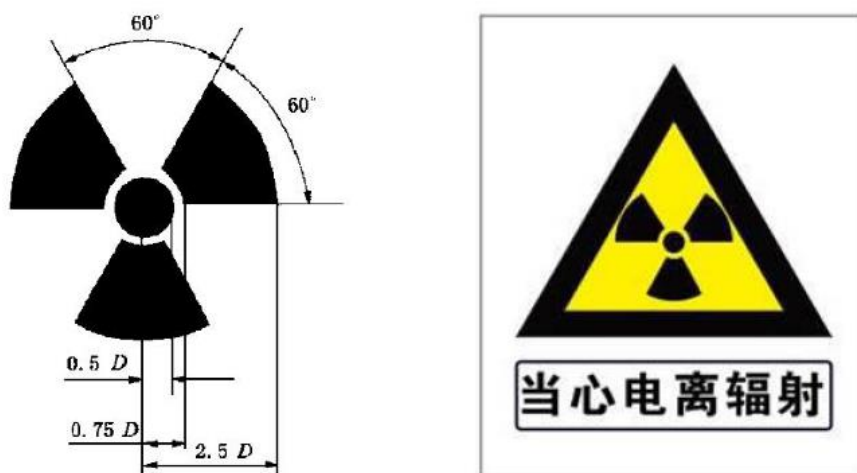


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

（2）制定职业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（包括门禁）限制进出控制区；

(4) 在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护用品的贮存柜等；

(5) 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射；

(6) 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。

(7) 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。

3、监督区防护手段与安全措施

(1) 以黄线警示监督区为边界；

(2) 在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

(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。

三、辐射防护设施

(一) 医用电子直线加速器的安全与防护

1、辐射屏蔽措施

直线加速器机房采取了实体屏蔽措施，对机房使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）进行校核，结果表明机房实际使用面积约64.74m²，大于 GBZ126-2011要求的机房实际使用面积为45m²。直线加速器机房墙体、迷道和顶部均采用混凝土作为防护，防护门（10mm 铅当量+110mm 中子防护材料）为单扇电动推拉门。对照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目直线加速器机房墙体屏蔽满足《GBZ/T201.2-2011》的相关要求，具体如表10-2所示：

表 10-2 直线加速器机房的实体防护设施表

场所	机房面积	墙体		防护门	顶部
		结构及厚度		结构及厚度	结构及厚度
直线加速器机房	64.74m ²	北侧	主屏蔽墙 3000mm 混凝土 宽 5200mm； 次屏蔽墙 1700mm 混凝土 宽 1800mm	10mm 铅当量 +110mm 中子 防护材料	主屏蔽墙 2600mm 混凝土 宽 3600mm 次屏蔽墙 1500mm 混凝土

		南侧	主屏蔽墙 3000mm 混凝土 宽 5200mm; 次屏蔽墙 1700mm 混凝土 宽 1800mm		
		东侧	迷道墙 1000mm 混凝土		
		西侧	2300mm 混凝土		
相关标准要求	≥45m ²	/			

备注：机房地下无楼层设计，为地下土壤层，人员无法进入，故不考虑辐射防护，混凝土密度：2.35g/cm³、铅密度：11.3g/cm³。

2、对 X 射线的防护措施

（1）本项目直线加速器机房墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8；

（2）穿过直线加速器机房屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，穿墙口采用 3mmPb 的铅罩屏蔽补偿，不正对工作人员经常停留的操作间。

（3）防护门宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍，并预留防护门下沉沟槽。

（4）为防止排风口排出的气体反流污染进气口，进风口和排风口应对角线布置。

（5）操作人员采取隔室操作方式，控制间与机房之间以墙体隔开，通过监控图像观察病人情况，通过对讲机与病人交流；

（6）通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间；

（7）操作加速器的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计；

（8）治疗前对放疗计划剂量进行核对，每次照射时体位都须一致。采用恰当的个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾等）屏蔽肿瘤周围的健康组织。

3、对电子线的屏蔽防护

本项目 10MV 直线加速器在按电子束模式工作时，最大电子线能量为 20MeV，根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源（P95），能量为 E（MeV）的单能电子束，在低 Z 物质中的射程（单位为 g·cm⁻²）约为能量（单位为 MeV）的 0.6 倍。本项目 10MV 直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 20MeV，射程为 15×0.6=13.2g/cm²，可以估算出 20MeV 的电子在密度为 2.35g·cm⁻³ 的混凝土中的深度约为 5.6cm，而本项目屏蔽体厚度最小的为

130cm 混凝土，对电子线能完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子束模式对周围环境的影响。

4、通风系统

直线加速器机房内拟采用专用风机排风，设计通风量为 5400m³/h。直线加速器机房进风和排风管道在机房铅门上方拟采用 S 形穿墙管道进入直线加速器机房，送风管道沿机房北部走线，排风管道沿机房南部走线，加速器机房和后装机房排风管道在后装机房西侧一起进入排风井，然后经排风机房最终引至楼顶排放。直线加速器机房内通排风均采用“上送风、下排风”的方式，排风口下缘距地 200mm，通排风管道均为镀锌钢管道。

(二) ERCP 的安全与防护

1、辐射屏蔽措施

ERCP 机房辐射屏蔽实体防护措施见下表 10-3。

表10-3 ERCP机房的实体防护设施表

场所名称	辐射防护设计情况
ERCP 机房	ERCP 机房室内面积约33m ² （长×宽=5.86m×5.63m），其南侧为控制室，ERCP 机房的顶棚和地面均为200mm 混凝土+2mmPb 防护涂料，四面墙体为370mm 页岩实心砖，患者门为4mmPb 防护门，铅防护观察窗为4mmPb 玻璃。
备注：表中材料混凝土的密度为 2.35g/cm ³ ，铅的密度为 11.3g/cm ³ ，屏蔽门使用铅防护门。	
2、设备固有安全性 ERCP 固有安全措施：X 射线 C 型臂纵向移动框架、床头前部、床旁控制台、控制室控制台上设有紧急停止开关；接触式传感器（接触式传感器探测到任何接触时，会发出报警声）；禁用 X 射线生成装置（防止无意中生成 X 射线，控制台上设 X 射线曝光禁用开关，开关灯亮表示禁用 X 射线生成装置）；X 射线透视定时器重置（用于停止透视警告蜂鸣）、X 射线产生指示灯、对讲装置、采用栅控技术、光谱过滤技术等多重安全措施。 3、辐射防护安全措施 （1）警告标志：在 ERCP 机房门外设置电离辐射警告标志，警示无关人员远离辐射工作场所。 （2）工作状态显示：在 ERCP 机房门外顶部设置工作状态指示灯，并与门连锁。防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；防护门打开时，指示灯灭。	

(3) 紧急止动装置：在控制室的控制台上、手术床旁控制台上、床头前部、C 型臂纵向移动框架上均设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 射线系统连接），在 X 射线设备出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线设备出束。

(4) 操作警示装置：X 射线设备出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

(5) 对讲装置：ERCP 设备机房与控制室之间安装对讲装置，控制室的工作人员可通过对讲装置与机房内的患者联系。

4、人员的安全和防护

人员主要指辐射工作人员、诊疗医护人员、患者/受检者及本次评价范围内的其他人员（公众）。

(1) 辐射工作人员的防护：为减少辐射工作人员的受照剂量，主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护等防护措施。

①屏蔽防护：通过辐射工作场所的有效实体、个人防护用品和辅助防护设施屏蔽 X 射线，确保辐射工作人员在安全条件下工作。

②时间防护：在不影响工作质量的前提下，尽量减少曝光时间，使照射时间最小化。

③距离防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离。

(2) 患者/受检者的防护：为减少受检者的照射剂量，主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护等防护措施。

①屏蔽防护：为患者/受检者配备个人防护用品，如铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具等。

②时间防护：在满足治疗和检查要求的前提下，尽量减少曝光时间，使照射时间最小化。

③距离防护：在确保诊疗效果的前提下，尽可能增加患者和受检者与辐射源的距离，以减少患者的受照剂量。

(3) 其他人员（公众）的防护

①屏蔽防护：依托 ERCP 设备机房的有效实体，屏蔽设备产生的非有用射线，使机房周围环境中的公众安全得以保障。

②时间防护：尽可能减少在 X 射线设备机房附近的停留时间。

③距离防护：尽可能增大与 X 射线设备机房之间的防护距离。

（4）个人防护用品配置

为减少医生、患者的辐射影响，在介入诊疗过程中，医生、患者必须配用相应的个人防护用品和辅助防护设施。配备情况见表 10-4。（说明：胃肠检查室为工作人员、患者新配置个人防护用。）

表 10-4 本项目拟配备个人防护用品和辅助防护设施一览表

辐射工作场所	辐射工作人员	患者和受检者
ERCP 室	个人防护用品：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽、铅防护眼镜（3 套，0.5mmPb） 辅助防护设施：铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护铅帘、床侧防护屏（各 1 个，0.5mmPb）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具（1 套，0.5mmPb）

由表 10-4 可见，本项目辐射工作人员、患者和受检者拟配备的个人防护用品和辅助防护设施的种类和数量能够满足开展此项工作的需要，符合国家相关要求。

（三）DSA 的安全与防护

1、辐射屏蔽防护措施

DSA 机房辐射屏蔽实体防护措施见下表。

表10-3 DSA机房的实体防护设施表

场所名称	辐射防护设计情况
DSA 机房	DSA 机房室内面积约69.12m ² （长×宽=9.6m×7.2m），其北侧为控制室、东西侧为设备间。DSA 机房的顶棚和地面均为200mm 混凝土+2mmPb 防护涂料，四面墙体为360mm 页岩实心砖+1mmPb 防护涂料，患者门为4mmPb 防护门，铅防护观察窗为4mmPb 玻璃。

备注：表中材料混凝土的密度为 2.35g/cm³，铅的密度为 11.3g/cm³，屏蔽门使用铅防护门。

2、设备固有安全性

本项目配备的 DSA 已采取如下技术措施：

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过

滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold, LiH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：DSA 配备床侧防护屏（0.5mmPb）和铅悬挂防护屏（0.5mmPb）等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

⑦正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由“启动”键启动照射；同时在操作台和介入手术床体旁上均设置“紧急止动”按钮，一旦发生异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

3、辐射防护安全防护措施

①门灯连锁：DSA 机房门外顶部拟设置工作状态指示灯箱。防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

②紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁拟设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 线系统连接）。DSA 系统的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 线系统出束。

③操作警示装置：DSA 系统的 X 线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

④对讲装置：在 DSA 机房与开放式操作间之间拟安装对讲装置，开放式操作间的工作人员通过对讲机与 DSA 机房或手术室内的手术人员联系。

⑤警告标志：DSA 机房的防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内公众。

(1) 辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护X射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

①距离防护

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

②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断之前，根据诊断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射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，医院的 DSA 主要用于介入手术、血管造影等。

③屏蔽防护

隔室操作：辐射工作人员采取隔室操作方式，通过开放式操作间与机房之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽 X 射线，以减弱或消除射线对人体的危害。

个人防护用品和辅助防护设施：辐射工作人员配备个人防护用品（铅橡胶颈套、铅衣、铅防护眼镜、介入防护手套等），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；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb。

④个人剂量监测

辐射工作人员均应配备有个人剂量计，并要求上班期间必须佩带。医院定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案。

(2) 受检者或患者的安全防护

医院应配有铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

(3) 机房周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和地板楼板屏蔽射

线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射，定期对辐射安全设施的进行维护，确保实时有效。

（四）、核医学科辐射防护设施及措施

1、辐射屏蔽防护措施

根据医院提供的资料，核医学科工作场所设计中采取的实体屏蔽情况见表措施见下表 10-4。

表10-7 核医学科工作场所实体防护设施表

场所名称	使用功能	所有区域的顶部和地面均为 300mm 厚混凝土。PET/CT 机房内部及四周墙体均为 370mm 厚混凝土，控制室观察窗铅当量 30mm，防护门铅当量 30mm；ECT 机房内部及四周墙体均为 370mm 厚混凝土，控制室观察窗铅当量 10mm，防护门铅当量 10mm；1#注射室和 2#注射室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，注射窗铅当量均 40mm；甲亢室和甲吸室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，甲亢室观察窗铅当量 30mm，防护门铅当量 30mm；甲吸室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，观察窗铅当量 20mm，防护门铅当量 20mm。
储源室	贮存校准源	储源室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；废物处置间四周墙体均为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；ECT 室北面外侧部分的走道划定为 1#注射后等待间，其北面墙体为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 10mm；2#注射后等待间四周墙体均为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 40mm；1#休息室 1 和 2#休息室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，1#休息室防护门铅当量 20mm，2#休息室防护门铅当量 30mm；检查后观察室四周墙体均为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 40mm；
注射后等待间	注射放射性药物后，受检者在扫描前的待检区域	
废物处置间	暂存放射性固体废物的区域	
PET/CT 机房	受检者进行 PET/CT 扫描的区域	
ECT 机房	受检者进行 ECT 扫描的区域	
检查后观察室	因紧急、突发病情需对病患处理、抢救的区域	
注射室	注射放射性药物的区域	
卫生通过间	操作放射性药物的医护人员进行污染检测的区域	
休息室	病患注射或口服放射性药物后休息的区域	
甲亢室	甲亢病患口服给药区域	1#注射室和卫生通过间之间的区域划定为紧急喷淋间，甲亢室、甲吸室和废物处置间、2#注射室、储源室之间的区域划定为药物分装间，紧急喷淋间和药物分装间其四周墙体均为 370mm 厚混凝土；卫生通过间四周墙体均为
甲吸室	甲吸病患口服给药区域	

药物分装间	分装放射性药物的区域	370mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm；3 个卫浴间中医护卫浴间四周墙体为 370mm 厚混凝土，防护门铅当量 5mm，其余 2 间为普通卫浴间，四面墙体为 240mm 实心砖墙；其余房间四周墙体均为 240mm 厚实心砖墙。
紧急喷淋间	出现放射性药物污染后紧急去污的区域	

备注：混凝土的密度为 2.35g/cm^3 ，砖的密度为 1.65g/cm^3 ，铅的密度为 11.3g/cm^3 。

2、安全防护措施

(1)、警告表示

本项目在核医学科控制区入口、各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全，在核医学科控制区各个房间设置放射性废物铅桶，在铅桶表面张贴电离辐射警示标识。

(2) 门灯联锁

对于 PET/CT 室 和 ECT 室，均在防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

(3)、紧急止动装置

对于 PET/CT 室 和 ECT 室，均在室内墙上、控制台上、诊疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可停止射线装置设备运行。

(4)、操作警示装置

ECT、PET/CT 扫描时，对应控制台上的指示灯均会变亮。

(5)、视频监控和对讲装置

对于 ECT、PET/CT，在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况；PET/CT 室和控制室之间、ECT 室和控制室之间均安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与室内受检者联系。

(6)、门禁系统

在核医学科入口处设置专用门禁系统，对治疗和受检病患的出入进行控制。

3、人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

(1)、辐射工作人员的防护

在实际工作中，为了减少辐射工作人员所受到的照射剂量，普遍采用屏蔽防护、时间防护和距离防护。

①屏蔽防护：将辐射源安置在专用、固定的工作场所内，通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的有害辐射；为核素操作人员配备铅防护手套、铅橡胶围裙等个人防护用品，注射器配备注射防护套。

②时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

③隔室防护：在不影响工作质量的前提下，保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

（2）、受检者的防护

为减少受检者的照射剂量，主要采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

①屏蔽防护：在 ECT 室和 PET/CT 室为受检者配备个人防护用品，如铅防护围裙等。

②时间防护：在满足检查要求的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

③距离防护：尽可能增加受检者与辐射源的距离，减少受检者的受照剂量。

（3）、其他人员防护

①屏蔽防护：辐射工作场所外围环境中的其他人员主要依托辐射场所墙体、顶棚、门、窗等实体进行屏蔽防护。

②时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

③距离防护：设置必要的防护、隔离、警示措施，尽可能增加人员与辐射场所之间的防护距离

4、放射性药物的存放

本项目核医学科使用的放射性药物由铅罐贮存，由供应单位直接派专人直接送至通风柜内。设备校准完后，校准源由铅罐贮存，放置在储源室的保险柜内。甲亢室、甲吸室、注射室、废物处置间、储源室、卫生通过间、药物分装间的防护门均为铅防护门，均采用双人双锁管理模式，并安装红外报警装置（2

重设置)。日常期间由值班人员巡视检查,出入口安装摄像头,并入核医学科监控系统。

5、表面污染控制措施

为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的标准,环评提出以下管理措施和要求:

(1) 放射性药物应当有良好的外包装,送入后要妥善储存及转移,防止意外撒漏;

(2) 操作放射性药物时,须在有负压的通风橱内进行,防止放射性物质飞散;

(3) 放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训,具备相应的技能与防护知识,并配备有适当的防护用品。

(4) 操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质,并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测,并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污,以满足《电离辐射防护源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的标准值。

6、其它防护措施

(1) 设置卫生通过间,辐射工作人员操作后离开辐射工作场所前进行表面污染监测,如污染水平超过规定值要求,采取相应的去污措施;设置紧急喷淋,如医护人员发现被大量放射性药物沾污,可采取紧急喷淋方式去污。

(2) 注射窗口的药品操作台上及托盘内,在操作过程中垫上一次性、容易吸附溅洒液体的厚纸,每次完成注射工作后,将其放入放射性废物桶内,这样便于保持操作台免受放射性沾污;

(3) 核医学科工作场所产生的放射性废水均排入指定对应的废水衰变池内,注射后等待间、休息室、检查后观察室均设有专用卫生间,专用卫生间下水道通往指定对应的废水衰变池,卫生间均采用易于去污材料,避免污染源扩散和滞留;

(4) 核医学科工作人员及时检查通风柜的通风效果,定期检查通风设施工作的有效性和稳定性。定期更换活性炭,不随意丢弃,更换后活性炭作为放射性废物暂存在放射性废物暂存间内,甲亢室、甲吸室¹³¹I自动分装仪内设通风橱,其活性炭更换后作为放射性固体废物暂存需超过180天;药物分装间2#通风

柜涉及 ^{89}Sr ，其活性炭更换后作为放射性固体废物暂存需超过506天（ ^{89}Sr 半衰期为50.53d，暂存时间超过其10倍半衰期）；1#通风柜涉及 ^{32}P 、 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ，其活性炭更换后作为放射性固体废物暂存需超过143天（ ^{32}P 半衰期最长，为14.26，暂存时间超过其10倍半衰期）；以上固体废物暂存时间满足后，经监测辐射剂量率满足本底水平、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的可清洁解控作为医疗废物处理：

（5）核医学科工作场所设置电离辐射警告标志，核医学科工作场所划分控制区和监督区，同时在地面设置行走箭头标识，严格规定各类人员的活动路径；

（6）核医学科控制区受检者活动场所设置监控装置和对讲装置，便于指导病患诊疗；

（7） ^{89}Sr 注射病患注射后到指定的1#休息室休息，碘口服甲亢病患口服药物后在指定的2#休息室休息，ECT受检者在指定的1#注射后等待间等待扫描，PET/CT受检者在指定的2#注射后等待间等待扫描，期间不随意“串门”；

（8）衰变池周围设置隔离，并设置电离辐射警示标志及中文说明，以提醒无关人员不要靠近和停留；

（9）PET/CT和ECT扫描间的电缆穿墙后，拟采用软铅皮进行辐射防护，防止射线泄露。

（10）对于 ^{131}I 给药操作采用隔室远程操作方式进行，即采用自动分装仪自动分装，操作者在观察窗外隔室远程设定分装活度、容积、计划使用时间等，大幅降低操作者受照辐射影响。

7、粒籽源防护措施

（1）操作人员在铅当量不低于 0.5mmPb 的屏风后分装粒籽源，屏风上有铅玻璃观察窗，铅玻璃铅当量不低于 0.5mmPb 。

（2）工作人员操作前要穿戴好防护用品。铅衣厚度铅当量 1mm 。在实施粒籽源手术治疗前，制定详细可行的实施计划，并准备好所需治疗设备，如定位模板、植入枪等，尽可能缩短操作时间。

（3）手术结束后对手术区域使用剂量率仪进行检测，以排除粒籽源在手术植入过程中遗漏的可能。对拿出手术室的辅料进行检测，防止粒籽源粘连带出手术室。

- (4) 使用长柄器镊子拿取粒籽源，尽可能增加粒籽源与操作人员之间距离
- (5) 废弃或泄漏的粒籽源放置在专用铅罐内，退回生产厂商家。
- (6) 植入粒籽源术后的患者，当有人接近时，在植入部位对应的体表用铅围裙进行适当的辐射屏蔽。

8、敷贴防护措施

- (1) ^{32}P 敷贴器在通风柜内制作，佩戴乳胶手套。制作期间，其墙壁、地面及工作台面铺易去除污染的铺料。
- (2) ^{32}P 敷贴治疗，由医护人员操作，在不接触患者皮肤的一面用 1cm 厚的橡皮覆盖屏蔽 β 射线，并用医用胶布固定。
- (3) 对 ^{32}P 敷贴器的数量、活度、使用情况进行登记。
- (4) 用专用铅箱存放 ^{32}P 敷贴器，该铅箱内层为玻璃瓶低原子序数材料，厚度超过 ^{32}P 敷贴器产生的 β 射线射程，铅箱外层为 5mm 厚铅层。
- (5) ^{32}P 敷贴器治疗室（PET/CT室）内高1.5m以下的墙面设置有易去污的保护涂层。制定敷贴治疗操作规程，配置 β 污染检查仪检测
- (6) 实施敷贴治疗前，详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积。
- (7) 敷贴治疗完毕后工作人员收回敷贴器放回铅箱内保存。实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。
- (8) 敷贴治疗中，医护人员使用远距离操作工具，敷贴器使用中避免锐器损坏源窗面。

9、基本放射防护要求

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为I、II、III三类。本项目核医学科属于I类核医学工作场所，工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见下表。

表 7-6 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	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须

通风	特殊的强制通风	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
盥洗与去污	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。			

《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的具体放射防护要求如下：

通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。分装药物操作宜采用自动分装方式，¹³¹I给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。控制区的入口应设置电离辐射警告标志。核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器，容器表面应设置电离辐射标志。

本项目核医学科将根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）I类核医学工作场所，严格执行以上要求内容。

四、通排风系统

本项目医用直线加速器、ERCp、DSA 在运行期间会产生臭氧，机房设有专门的通排风系统。本项目机房的通排风系统情况见表 10-5。

表 10-5 机房通排风系统情况表

机房名称	进风情况	排风情况	排风量（m ³ /h）
直线加速器机房	进风口位于直线加速器机房防护门上方，进风口尺寸为 320mm×320mm	排风口位于直线加速器机房东南侧离地面 30cm 处，排风口尺寸为 320mm×320mm	面积：88.2m ² ，净空高度 3.8m，换气次数 4 次，排风量 1341m ³ /h
ERCp 机房	进风口位于机房顶部，进风口尺寸为 320mm×320mm	排风口位于机房西南侧离地面 30cm 处，排风口尺寸为 320mm×320mm	面积：72.1m ² ，净空高度 3.8m，换气次数 4 次，排风量 1096m ³ /h
DSA 机房	进风口位于机房防护门上方，进风口尺寸为	排风口位于机房东北侧离地面 30cm 处，排风口尺寸	面积：29m ² ，净空高度 3.8m，换气次

	320mm×320mm	为 320mm×320mm	数 4 次，排风量 441m ³ /h
核医学科	进风口位于机房防护门 上方，进风口尺寸为 320mm×320mm	排风口位于机房南侧离地 面 30cm 处，排风口尺寸为 320mm×320mm	面积：48.96m ² ，净 空高度 3.8m，换气 次数 4 次，排风量 745m ³ /h
核医学科	两台 ¹³¹ I 自动分装仪相同，风速>0.5m/s，排放量 200m ³ /h；两台通风柜相 同，风速>0.5m/s，排放量 1000m ³ /h；		

还需采取的措施如下：

A、为防止排风口排出的气体反流污染进气口，排风口的通风百叶开口方向

不能直接面向进风口方向。进、排风口附近应尽量禁止有人员活动。

B、进风口与排风口位置应对角线设置，以保证室内空气充分交换，通风换气次数应不小于4次/h。

C、各线缆进出口、排风口应重点防护，防止射线泄露。

五、辐射安全防护设施对照分析

根据《原环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-6。

表 10-6 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	备注
医用直线加速器			
实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	已设计	/
	铅防护门	已设计	/
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	/
	条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带	/
	门机联锁、门灯联锁	已设计	/
警示装置	入口电离辐射警示标志	已设计	/
	入口工作状态显示	已设计	/
	机房内准备出束音响提示	设备自带	/
	控制台上蜂鸣器	设备自带	/
紧急设施	治疗室内有紧急停机按钮	已设计	机房内不同方向的墙面、入口门内侧各设 1 个急停开关，高度 1.2m
	监控、对讲装置	已设计	保证机房全覆盖
	紧急开门按钮	已设计	迷道出口处的铅门内侧墙上，按钮高度 1.2m
监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	计划配备	探头朝向迷道内
	便携式辐射监测仪器仪表	计划配备	放疗中心配置 1 台共用

	个人剂量报警仪	计划配备	/
	个人剂量计	计划配备	/
其他	通风系统	已设计	/
ERCp			
辐射安全防护措施	四周墙体+防护门+铅玻璃+屋顶屏蔽	已设计	/
	门灯联锁装置	已设计	/
	对讲系统、紧急制动按钮	已设计	/
	入口处电离辐射警告标志	已设计	/
	入口处工作状态指示灯（门灯联锁）	已设计	/
	个人剂量计	已设计	/
	便携式 X- γ 辐射监测仪	已设计	/
	患者：铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具	已设计	/
	医护人员：铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽、铅防护眼镜	已设计	/
	铅悬挂防护屏、铅防护帘、床侧防护铅帘、床侧防护屏（各 1 个）	已设计	/
	采用排风扇	已设计	/
DSA			
实体防护	操作位局部屏蔽防护设施	已设计	/
	观察窗屏蔽	已设计	/
控制台及安全联锁	机房防护门	已设计	/
	通风设施	已设计	/
	紧急停机按钮	已设计	/
	门灯连锁	已设计	/
	对讲系统	已设计	/
警示装置	入口处电离辐射警告标志	已设计	/
	入口处机器工作状态指示灯箱	已设计	/
监测与防护设备	便携式辐射剂量监测仪	计划配备	/
	个人剂量报警仪	计划配备	/
	个人剂量计	计划配备	/
	医护人员个人防护		需配备铅橡胶围裙 3 套、铅橡胶颈套 3 套、铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双
	患者防护	计划配备	需配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 1 套、铅橡胶颈套 1 套
其他	通风系统	已设计	/
核医学科			
工作场所设施	场所分区布局分区是否合理	已设计	/
	墙体防护、观察窗、铅防护门	已设计	/
	场所门外电离辐射警示标志、通道标志	计划配备	/
	独立的通风设施（流向）	已设计	/
	有负压和过滤的工作箱/通风柜	已设计	/
	注射用屏蔽设施	计划配备	/
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	计划配备	/

	移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂套	计划配备	/
	病人专用卫生间	已设计	/
	放射性同位素暂存库或设施	已设计	/
	放射性固体废物收集容器和放射性标识	计划配备	/
	安全保卫设施（贮存场所必须）	已设计	/
	人员出口配备污染监测仪	计划配备	/
	操作位屏蔽防护措施	已设计	/
	放射性废液暂存设施	已设计	/
警示装置	工作状态指示灯	计划配备	/
紧急设施	门灯联锁装置	已设计	/
	室内安装紧急止动装置	已设计	/
监测设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	计划配备	/
	个人剂量计	计划配备	/
	个人剂量报警仪	计划配备	/
	放射性活度计	计划配备	/
	红外报警系统	计划配备	/
放射性废物和废液	放射性下水系统（衰变池）及标识	已设计	/
	放射性固体废物暂存间（设施）	已设计	/
	废物暂存间屏蔽措施	已设计	/
防护器材	门禁、监控装置	已设计	/
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	计划配备	/
	个人防护用品	计划配备	/
	放射性表面去污用品和试剂	计划配备	/
六、环保投资			
略			

三废治理

1、废气治理

臭氧：直线加速器机房、ERCP 机房、DSA 机房每小时换气次数为 4 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中规定的通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。机房均安装通排风系统，机房抽出的臭氧经 320mm×320mm 排风管道以“Z 型”管道穿过墙体，由机房侧面离地 30cm 处排风口引出至排风井，最终经排风井引至医疗综合楼楼顶排放。机房内通排风采用“上送风、下排风”的方式，进风口与排风口对角设置，通排风管道均采用镀锌钢管道。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。

放射性废气：本项目核医学科在分药等操作过程中，可能产生微量放射性废气。¹³¹I 分药等操作在甲亢室、甲吸室的自动分装仪内进行，自动分装仪内置通风柜，设计负压为 50Pa，风速不小于 0.5m/s，设计风量为 200m³/h，每小时换气次数不低于 20 次，废气通过专用排气管道进入核医学科的独立排风系统。³²P、¹⁸F、^{99m}Tc 分药等操作在通风柜内进行，药物分装间的 2 套通风柜规格相同，设计负压为 50Pa，风速不小于 0.5m/s，设计风量为 1000m³/h，每小时换气次数不低于 20 次，废气通过专用排气管道进入核医学科的独立排风系统。

建设单位拟在排风管道内设置止回阀，并通过独立的排放系统保持核医学科工作场所的负压和各区之间的压差，核医学科各功能房间通过不同直径的管道控制气体回流，确保空气由正常区流向次低负压区，再流向最低负压区，空气经排风管道最终从门诊楼楼顶排气筒排放（高度约 25m）。核医学科工作场所的独立排风系统排风量为 20000m³/h（确保各房间每小时换气次数不小于 2 次）。门诊楼楼顶排气筒的排气口不朝向周周高层建筑及周围环境保护目标，排气口设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。

针对废气的处理，核医学科设置两级过滤净化系统，两级过滤净化系统由活性炭过滤器和高效空气过滤器（HEPA）组成。¹³¹I 自动分装仪和通风柜顶壁均设置有活性炭过滤器，核医学科独立排风系统的排风机口设置高效空气过滤器。

（1）高效空气过滤器（HEPA）

高效空气过滤器是指达到 HEPA 标准的过滤网，由非常细小的有机纤维交

织而成，对于 $0.1\mu\text{m}$ 和 $0.3\mu\text{m}$ 的过滤有效率至少达到99%，高效空气过滤器的作用主要是用于去除空气中的灰尘、气溶胶以及细菌等。

（2）活性炭过滤器

活性炭过滤器主要是用于去除放射性气溶胶颗粒，活性炭一次装量约5kg，在过滤器内部呈Z字型的排布，保证密封性。本项目所使用的活性炭过滤器为浸渍活性炭过滤器，该过滤器经过特殊的浸渍剂浸渍处理，可加大吸附效率，吸附效率可至少达到99%。

环评要求：每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要需每半年进行一次更换，以防止过滤器失效。

2、废水治理

放射性废水：建设单位仅开展核医学诊断和门诊碘-131治疗，根据《核医学辐射防护和安全要求》（HJ 1188—2021）拟建设推流式放射性废水衰变池，收集放射性药物操作场所、卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液，对于暴露的污水管道用8mm厚铅板作为防护设计。推流式衰变池包括污泥池、衰变池和检测池，采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为3-5级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

衰变池容积充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体设计坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。本项目衰变池池底和四周池壁拟先刷15mm厚水泥砂浆保护层，再在保护层的基础上在池底刷1.5mm厚、四周刷1.2mm厚防水涂料，最后在防水涂料的基础上在池底采用15~40mm厚水泥砂浆找坡、四周池壁采用20mm厚水泥砂浆找平。

核医学科固体废物暂存间和衰变池均作为重点防渗区进行管理，设计地面等效黏土防渗层 $M_b \geq 6.0\text{m}$ 设计防渗系数 $\leq 10^{-10}\text{cm/s}$ 。

衰变池容积合理性分析：衰变池设计容积为 24m^3 ，考虑每日放射性废水产生量约 $1.2\text{m}^3/\text{d}$ ，衰变池可容纳核医学科20d的放射性废水排水量。按排污率20%计，考虑 ^{131}I 和半衰期最长的核素 ^{89}Sr 的排放活度， ^{89}Sr 半衰期50.53d， ^{131}I 半衰期8.02d，经过20d衰变， ^{131}I 放射性活度浓度为 $5.48\text{E}+01\text{Bq/g}$ ， ^{89}Sr 放射性活度浓度

为 $1.87\text{E}+01\text{ Bq/g}$ ，根据《核医学辐射防护和安全要求》（HJ 1188—2021）7.3.3节，放射性活度浓度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录A表A1的要求(^{131}I 放射性活度浓度限值 $1\text{E}+02\text{ Bq/g}$ 、 ^{89}Sr 放射性活度浓度限值 $1\text{E}+03\text{ Bq/g}$)，因此衰变池设计容积满足要求。

衰变池中的放射性废水进行监测达到上述要求后，作为医疗废水排入医院污水处理站，达标处理后经总排口排入北侧市政污水管网，最终排入简阳市河东污水处理厂处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中的城镇污水处理厂排放标准后排入江南河。

根据《核医学辐射防护和安全要求》（HJ 1188—2021），评价提出以下要求：

①核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

②核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

③放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

生活污水：生活污水先经医院污水处理系统处理，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准后，排入市政污水管网。

ECT、PET/CT 设备间水冷废水：水冷废水循环利用，不外排。

3、固体废物处置

放射性固体废物：ECT、PET/CT更换下来的废校准源由生产商家回收处置，核医学科每个功能性场所均设置有放射性固体废物铅桶，用于分类收集放射性固体废物。放射性固体废物经分类收集打包后，立即按照医院放射性废物转运路径转运至放射性废物暂存间内暂存。放射性废物铅桶表面张贴电离辐射

警示标识、种类和放射性废物存入时间。甲亢、甲吸室涉及 ^{131}I 的放射性固体废物暂存需超过180天；涉及 ^{89}Sr 的放射性固体废物暂存需超过506天（ ^{89}Sr 半衰期为50.53d，暂存时间超过其10倍半衰期）；涉及 ^{32}P 、 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的放射性固体废物暂存需超过143天（ ^{32}P 半衰期最长，为14.26d，暂存时间超过其10倍半衰期）；以上固体废物暂存时间满足后，经监测辐射剂量率满足本底水平、 β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的可清洁解控作为医疗废物处理。

根据《核医学辐射防护和安全要求》（HJ 1188—2021）和《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009），评价提出以下要求：

①放射性固体废物铅桶内放置专用塑料袋直接收纳废物。含尖刺及棱角的放射性废物应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。放射性废物暂存间在入口处设置电离辐射警告标志，并采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施，禁止在废物暂存间内存放易燃、易爆、腐蚀性物品。每袋放射性固体废物的表面剂量率不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，重量不超过20kg。

②固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

③不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变后经监测达标（达到清洁解控水平）按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；

④不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。

生活垃圾、办公垃圾：均由市政环卫统一清运。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 （一）施工期环境影响评价 本项目辐射工作场所土建工程属于“简阳市中医医院康复治疗中心项目”建设内容之一，其施工期环境影响包含在《简阳市中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》中，批复文号为（简环评审[2023]11号）。 施工期主要防护措施有： 1、大气污染防治措施 ①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止。 ②施工期内多加注意施工设备的维护，使其能够正常的运行，从而可以避免施工机械因故障而使产生的废气超标的现象发生。 ③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。 2、噪声防治措施 ①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声； ②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声； ③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛； ④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放； ⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地生态环境部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。 3、固废防治措施 ①产生的弃土、装修垃圾、建筑垃圾运至政府指定的渣土堆放场，施工人员产生的生活垃圾市政环卫统一清运。 ②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。 4、水环境污染防治措施 施工期机械冲洗废水循环使用，不外排；施工人员生活污水产量较小，进入医院污水处理系统进行处理，处理后的废水排入市政污水管网。

（二）安装调试期环境影响

本项目射线装置在安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定辐射影响。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟购射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，安装和调试均在辐射防护设施建设完成后进行。

在设备安装调试阶段，医院应配合设备厂家加强安装调试现场的辐射安全管理，在此过程中保证各类辐射安全防护设施正常运行。在设备调试期间关闭防护门，在防护门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于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周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方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。

运行阶段对环境的影响

一、医用直线加速器的辐射环境影响分析

略。

二、ERCP 的辐射环境影响分析

略。

三、DSA 的辐射环境影响分析

略。

四、核医学科的辐射环境影响分析

略。

六、废气的环境影响分析

机房内空气中的氧受 γ 射线电离而产生臭氧，假设机房为密闭，医用直线加速器的臭氧产生率见式 11-22。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式 (11-22)}$$

式中：

Q—臭氧产生率，mg/h；

Q_o —臭氧产率，mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率, Gy.m²/h;

S₀—射束在距离源点 1m 处的照射面积, m²;

R—射束径迹长度, m;

g—空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数。

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-23)}$$

式中:

C—室内臭氧浓度, mg/m³;

Q₀—臭氧产额, mg/h;

T_v—臭气有效清除时间, h;

V—机房空间体积, m³;

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-24)}$$

t_v—每次换气时间, 取值为 0.083h;

t_a—臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

表 11-29 直线加速器机房内臭氧产生率及臭氧浓度表

医用设备	G	S ₀	R	g	A	G	V	T _v	Q ₀	C
医用直线加速器	360	0.16	1	10	—	—	335.2	0.075	3.744	8.43×10 ⁻⁴

直线加速器机房内臭氧浓度约为 **8.43×10⁻⁴ mg/m³**, 低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019) 中臭氧最高允许浓度 0.3mg/m³ 的要求。

直线加速器机房、ERCP 机房、DSA 机房每小时换气次数为 4 次, 满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 中规定的通风换气次数不小于 4 次/h 的要求。

ERCP 和 DSA 机房内臭氧浓度较低, 通过机房的换气系统排入环境大气后, 经自然分解和稀释, 满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准 (0.20mg/m³) 限值要求。

直线加速器机房、ERCP 机房、DSA 机房安装通排风系统, 机房抽出的臭氧经排风管道以“Z 型”管道穿过墙体, 由机房侧面离地 30cm 处排风口引出至排风井, 最终经排风井引至医疗综合楼楼顶排放。机房内通排风采用“上送风、下

排风”的方式，进风口与排风口对角设置，通排风管道均采用镀锌钢管道。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。

七、噪声的环境影响分析

本项目噪声源主要为空调、水冷机房水泵、排风系统噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过65dB（A），均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

八、水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水、水冷机房废水。生活污水先经医院污水处理系统处理，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准后，排入入市政污水管网；水冷机房废水循环利用，不外排。

九、固体废物影响分析

本项目运营期工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾，均由市政环卫统一清运。

事故影响分析

一、环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、风险识别

（一）医用直线加速器可能发生的事故

直线加速器不运行时不存在辐射事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线、电子束等危害因素，而且最大可

能事故主要有两种：

①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房；

②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

（二）ERCP可能发生的事故

ERCP 辐射危害因子为 X 射线。

① ERCP 术中，因控制系统失灵，导致手术人员超剂量照射；

②维修 X 射线装置时，维修人员受到意外超剂量照射；

③ERCP 正常工作时，人员误留、误入机房，导致发生误照射；

④造影剂泄漏产生环境污染。

（三）DSA可能发生的事故

本项目使用的 DSA 属于II类射线装置，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。DSA 不运行时不会发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，可能的事故风险主要有以下两种：

①装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；由于安全连锁系统失效，手术过程中，人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射；

②医用射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员受到主射方向的误照射。

（四）非密封放射性物质工作场所

①放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染；

②在放射性药品的分装和注射操作，会产生撒漏的可能性，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染。

三、源项分析及事故等级分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般

辐射事故四个等级，详见表 11-30 中。

表 11-30 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系：

表 11-31 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系表

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

四、最大可能性事故后果计算

（一）医用直线加速器事故后果计算

1、事故情景假设

（1）在对病人进行治疗时，10MV 直线加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 6Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于照射头射束 1m 处的主射或漏射、散射方向，散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的 1%，每次误入照射时间为 1 分钟。

(2) 在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束0.5m处的直射方向，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值6Gy/min，检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束的时间为10秒。

2、后果计算与分析

(1) 在情景 1 情况下，医用直线加速器在事故情况下，不同时间和不同距离处有效剂量情况分别见表 11-32。

表 11-32 直线加速器事故状态下非主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

距离 (m) 时间 (s)	10	30	60	120
1	10.0	30.0	60.0	120.0
2	2.5	7.5	15.0	30.0
5	0.4	1.2	2.4	4.8

通过上述计算，在以上假设事故情景下，误入 1 分钟人员受到直线加速器非主射方向 1m 处的辐射影响，其有效剂量为 60mSv，超过人员年剂量限值（1mSv），为一般辐射事故。

在以上假设事故情景下，误入 1 分钟人员受到直线加速器主射方向 1m 处的辐射影响，其有效剂量为 6Sv/次，属于较大辐射事故。

(2) 在情景2情况下，医用直线加速器在事故情况下，不同时间和不同距离处有效剂量情况分别见表11-33。

表 11-33 直线加速器事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

距离 (m) 时间 (s)	1	10	30	60
0.5	400	4000	12000	24000
1	100	1000	3000	6000
2	25	250	750	1500
5	4	40	120	240

通过上述计算，在以上假设事故情景下，则维修人员受到直线加速器主射方向0.5m处10秒钟的辐射影响，其有效剂量为4.0Sv/次，为较大辐射事故。

(二) ERCP事故后果计算

(1) ERCP术中，因控制系统失灵，导致手术人员超剂量照射

① 事故情景假设

A ERCP术中，X射线装置的控制系统失灵。

B X 射线装置的 X 线源处于“曝光”状态，医护人员在距 X 射线管主射束方向进行介入操作。

C 假定该名医护人员在此停留时间为 5min，穿铅衣等个人防护用品（防护厚度 0.5mm 铅当量）。

② 剂量估算

在上述条件下，若以《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 G1.4 中入射体表剂量率 100mGy/min 估算，得出 ERCP 术中被误照人员的照射剂量约为 37.7mGy/次（125kV 时，0.5mm 铅当量厚的铅衣对 X 射线的减弱倍数为 7.54×10^{-2} ）。

③ 事故后果

在上述事故情景假设条件下，被误照人员已受到超过年剂量限值的照射。当受照射剂量较小时，主要表现为放射反应。例如全身受照剂量小于 0.1Gy 时，无明显变化症状，血液学变化不明显，一般在正常值范围内波动。

④ 事故等级

对照表 11-30 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。

(2) 维修 X 射线装置时，人员受意外照射

① 事故情景假设

A 设备维护人员在维护 X 射线装置的射线管或平板探测器时，突然发现射线管正处于出束状态，便立即离开并中断电源。

B 假若维护时，X 射线装置以透视模式运行，距靶 1m 处的辐射剂量率按 100mGy/min 估算。

C X 射线装置上的指示灯和声音装置均失效。

D 维护人员位于 X 射线主射束方向，距靶 1m 的地方，停留时间 15s，无任何屏蔽措施。

② 剂量估算

根据上述条件，计算得出维护人员受照剂量为 25mGy/人·次。

③ 事故后果

在上述事故情景假设条件下，维护人员已受到超过年剂量限值的照射。当受照射剂量较小时，主要表现为放射反应。例如全身受照剂量小于 0.1Gy 时，

无明显变化症状，血液学变化不明显，一般在正常值范围内波动。

④ 事故等级

对照表 11-4 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，假若本项目发生此种事故，事故等级应为**一般辐射事故**。

(3) ERCP 正常工作时，人员误留、误入机房，导致发生误照射

① 事故情景

1) 在 ERCP 术中，非工作人员（公众）误留、误入机房内，发生误照射；

2) ERCP X 射线装置处于“曝光”状态，误入人员在距手术床 2m 处观看（非透视防护区）；

3) 假定该名误入人员受 ERCP X 射线装置的非有用 X 射线累积照射 10s，无任何屏蔽措施。

② 剂量估算

在上述条件下，以基本标准表 G1.4 中入射体表剂量率 100mGy/min 估算，ERCP 术中误入人员的照射剂量为 10.42 μ Gy/次，小于公众照射的基本限值 1 mSv/a。

(4) 造影剂泄漏产生的环境污染

ERCP 术中，可能会在造影剂的运送、抽取或注射过程中发生泄漏。据业主提供，每位患者使用造影剂注射液最多 20mL。假若术中发生造影剂全部泄漏了，则机房地面、手术推车、操作医师手上或手术床上会被污染。

造影剂是无色至淡黄色的液体，具有无毒、刺激性小、理化性质稳定和无辐射等特点。即便在室内发生了造影剂泄漏，也是可控的，不会对机房外环境造成环境影响。

(三) DSA 事故后果计算

1、介入手术过程中，发生介入手术人员超剂量照射

(1) 事故假设

① 装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；由于安全联锁系统失效，手术过程中，人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射。

② 设备维护人员在维护 DSA X 线机射线管或测量探测器时，射线管处于出

束状态，维修人员处于主射方向。

(2) 剂量估算

①介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作，受到非主射方向的照射事故后果计算结果如下表所示：

表 11-34 事故状态下非主射方向不同停留时间和距离人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离 (m)	时间 (min)	散射所致剂量 (mSv)	漏射所致剂量 (mSv)	总剂量 (mSv)
0.3	0.5	0.14	0.43	0.57
	1	0.28	0.86	1.14
	5	1.40	4.30	5.70
	10	2.8	8.60	11.40
0.5	0.5	5.11×10^{-2}	1.57×10^{-1}	2.08×10^{-1}
	1	1.02×10^{-1}	3.14×10^{-1}	4.16×10^{-1}
	5	5.11×10^{-1}	1.57	2.08
	10	1.02	3.14	4.16
1	0.5	1.28×10^{-2}	3.93×10^{-2}	5.21×10^{-2}
	1	2.55×10^{-2}	7.86×10^{-2}	1.04×10^{-1}
	5	1.28×10^{-1}	3.93×10^{-1}	5.21×10^{-1}
	10	2.55×10^{-1}	7.86×10^{-1}	1.04
2	0.5	3.19×10^{-3}	9.82×10^{-3}	1.30×10^{-2}
	1	6.38×10^{-3}	1.96×10^{-2}	2.60×10^{-2}
	5	3.19×10^{-2}	9.82×10^{-2}	1.30×10^{-1}
	10	6.38×10^{-2}	1.96×10^{-1}	2.60×10^{-1}

②事故状态下，维修人员处于主射方向不同时间和距离所受剂量预测结果如下表所示：

11-35 事故状态下主射方向不同停留时间和距离维修人员受照剂量表

距离 (m)	时间 (s)	剂量 (mSv)	距离 (m)	时间 (s)	剂量 (mSv)	距离 (m)	时间 (s)	剂量 (mSv)
0.5	0.5	2.62	1	0.5	0.65	2	0.5	0.16
	1	5.24		1	1.31		1	0.33
	5	26.19		5	6.55		5	1.64
	10	52.38		10	13.10		10	3.27

(3) 事故后果

①根据表 11-34 可知，本项目介入手术人员在不同位置随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 11.40mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871- 2002）规定的公众人员 1mSv/a 的剂量限值，因

此，介入手术人员或误入人员单次滞留在机房内而造成非主射方向的误照射，构成一般辐射事故。

②根据表 11-35 可知，维修人员在不同位置随着时间的推移，最大可能受照剂量为 52.38mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871- 2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值。根据表 11-8 可知，引起人员急性重度放射病、局部器官残疾的概率低于 1%，此外，根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104 -2017）表 1 所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为 4.0~6.0Gy”。因此，本项目不会导致人员发生急性重度放射病、局部器官残疾，构成一般辐射事故。

（四）核医学科事故后果计算

1、放射性药物丢失

（1）事故情景假设

①放射性药物在核医学科丢失，活度为日实际最大操作量；

②假设丢失后在整个事故持续时间内放射性药物未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 20cm 考虑；

④携带人员无任何屏蔽措施；

⑤事故持续时间为 1h。

（2）剂量估算

在假设事故情景下，计算携带人员在事故持续时间内的受照剂量，计算结果见下表。

表 放射性药物丢失后不同时间内个人受照剂量表

核素（距源 0.2m）	事故持续时段内 γ 射线所致辐射剂量（mSv）				
	0.5h	1h	1.5h	2h	2.5h
^{18}F	6.61E+02	1.32E+03	1.98E+03	2.65E+03	3.31E+03
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.50E+02	7.01E+02	1.05E+03	1.40E+03	1.75E+03
^{131}I	2.75E+02	5.50E+02	8.26E+02	1.10E+03	1.38E+03
^{125}I	7.63E+01	1.53E+02	2.29E+02	3.05E+02	3.82E+02
^{89}Sr	基本无 γ 射线产生				
^{32}P					

(3) 事故后果

在上述事故情景假设下，携带放射性药物人员（或近距离公众在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射（计算过程未考虑衰变，计算结果偏保守））。

(4) 事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条的内容，假如本项目发生此种事故，事故等级为一般辐射事故。

2、放射性药物洒漏

(1) 事故情形假设

放射性药物操作过程中导致放射性药物药瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物在使用过程中造成泄漏，本次以日实际最大操作量计算；若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；受照人员不考虑任何屏蔽措施。

(2) 事故后果影响分析

根据事故情景假设条件计算结果见下表。

表 放射性药物洒漏事故下不同距离处剂量当量率分布

场所	放射性核素	距离辐射源1.0m处 γ 射线剂量当量率（mSv/h）	距离辐射源12.6m处 γ 射线剂量当量率（mSv/h）
核医学科	^{18}F	5.29E-02	3.33E-04
核医学科	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.80E-02	1.77E-04
核医学科	^{131}I	2.20E-02	1.39E-04
核医学科	^{125}I	6.11E-03	3.85E-05
核医学科	^{89}Sr	根据 β 射线辐射射程计算公式， ^{89}Sr 在空气中最大射程约5.8m， ^{89}Sr 在空气中最大射程约6.7m。	
核医学科	^{32}P		

(3) 事故后果

根据《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020版）》中“一般辐射事故”规定：500m²（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过0.1mSv/h， 本项目未达到一般辐射事故，放射性试剂在撒漏情况下影响范围很小，仅人员操作位能造成超剂量情况。

3、校准源丢失、被盗

V类放射源丢失、被盗、失控，为一般辐射事故。

4、PET/CT和ECT射线装置曝光期间有人员误入

射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，为一般辐射事故。

五、事故防范措施

（一）直线加速器事故防范措施

①直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于机房。

应对措施：加速器系统自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；安装有独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动。

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射；

应对措施：加速器系统的控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

（二）ERCP 事故防范措施

（1）事故预防

为防止 ERCP X 射线装置在运行期间、检修维护期间发生辐射事故，四川省肿瘤医院应做好下列事故防范工作：

①单位领导对辐射安全防护应有足够重视，辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按射线装置的操作规程执行操作。

②在操作 X 射线装置时要始终注意安全，辐射工作人员必须对该设备有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障；如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备。

③为保证持续安全的操作，应按相关要求对设备进行定期维护。

④做好辐射工作人员和患者的防护工作。

⑤X 射线装置的钥匙由指定医师控制。

⑥加强环境保护、辐射安全和防护等的科普宣传教育工作，普及辐射防护预防常识，增强公众的防范意识和相关心理准备，提高公众的防范能力。

（2）应急措施

假若本项目发生了上述辐射事故，项目单位应迅速、有效地采取以下应急措施：

① 发现误照射事故时，辐射工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，

关闭机房门，同时向医院辐射事故应急领导小组报告。

② 医院事故应急领导小组根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

③ 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告；造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

④ 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

（三）DSA 事故防范措施

DSA 属于Ⅱ类射线装置，为中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的辐射照射损伤，但由于 DSA 的特殊性，事故时使受照人员受大剂量照射甚至导致死亡的几率很小。DSA 开机时，医生与病人同处一室，且距 X 射线机的管头组装体约 1m 左右，距病人很近，介入射线装置主要事故是因曝光时间较长，防护条件欠佳对医生和病人引起的超剂量照射，其级别最高为一般辐射事故。

（1）医院现有的防范应对措施

为防范项目运营过程中发生辐射安全事故，医院拟采取以下措施：

①门灯连锁：DSA 机房门外顶部设置工作状态指示灯箱。防护门关闭时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

②有中文标识的紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 线系统连接）。DSA 系统的 X 线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 线系统出束。

③操作警示装置：DSA 系统的 X 线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

④对讲装置：在 DSA 机房与操作间之间安装对讲装置，操作间的工作人员通过对讲机与 DSA 机房或手术室内的手术人员联系。

⑤警告标志：DSA 机房的防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

⑥造影剂的管理：医院将外购造影剂采用带锁的不锈钢药品柜密封保存；

未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送。

（2）为了防止事故的发生，医院在辐射防护设施方面应做好以下工作：

①购置工作性能和防护条件均较好的介入诊疗设备；

②实施介入诊疗的质量保证；

③做好医生的个人防护；

④做好病人非投照部位的防护工作；

⑤按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当发生辐射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，及时向医院主管领导和当地生态环境主管部门报告。

（3）对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立健全全院辐射安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的辐射安全专业知识的学习，考试（核）合格、持证上岗。

③完善岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④修订完善全院重大事故应急处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

⑤定期对辐射安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，发现安全隐患立即整改。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

（四）核医学科可能发生的事故及应对措施

本项目涉及的核医学科诊断场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。按国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应参照Ⅱ类密封型放射源工作场所的相关要求，实施辐射安全管理。由于核素的操作量较大，一旦发生事故有可能导致环境的放射污染。核医学科诊治过程中较常见的事故有：

①放射源和放射性药物丢失、被盗或工作场所失火，均可能使放射性药物释放到环境中，从而形成环境介质的放射性污染。

应对措施：医院应当在放射源和放射性药物的签收、储存和发放等环节有详细的程序和记录，实行专人专锁专管，切实做好防火防盗，以此避免此类事故的发生。

②射性药品的给药、注射等操作，会产生撒漏的可能性，这样就会使工作场所内的设备、地面等受到放射性污染。

应对措施：对大剂量的治疗用量必须格外小心，要严格按照操作规程进行，尽量避免污染事故的发生，操作台面应有防治污染用的塑料覆面，在操作放射性核素和药物后应进行表面污染监测；在核医学工作中，遇到放射性药品抛洒的意外情况时尽快进行处理，争取在最短的时间内将事故排除，事故处理时应穿戴防护用品，以避免不必要的污染。

③在放射性药物的给药过程中，因为多种原因导致工作人员获得高剂量照射。

应对措施：医院应制定针对放射性核素紧急情况的应急程序，放射性职业人员应进行辐射防护的培训，并且对辐射工作人员进行个人剂量的监测。

对于上述可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善。

（五）Ⅲ类医用射线装置事故防范措施

本项目使用地Ⅲ类医用射线装置，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。

Ⅲ类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。因此，在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当导致一般辐射事故时，医院即时上报当地生态环境局和卫健委。

（六）事故综合防范应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管

理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

- ①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。
- ④制定医院重大事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

简阳中医医院已成立辐射安全管理领导小组，并于 2020 年调整了医院辐射安全管理领导小组成员名单（简中医[2020]88 号）（附件 6）。

领导小组文件已包含内容：

1、领导小组成员名单

组 长：吴国勇

副组长：胡丕、蒋炜

组 员：颜刚、朱勇、王雪梅、汪江、汪计、张静、李建林、陈勇、汤桂芳

辐射安全与环境保护管理委员会领导小组下设办公室在医院设备科，颜刚同志任办公室主任。负责领导小组日常事务工作。

2、领导小组工作职责

①负责组织贯彻落实国家有关辐射安全与环境保护管理的法律法规，指导、监督、检查有关辐射安全与环境保护工作，指挥、协调辐射事故应急处置。

②负责制定有关辐射安全与环境保护管理制度并督促落实，向上级部门书面报告有关辐射安全与环境保护管理工作情况。

③负责协调办理《辐射安全许可证》；配发辐射工作人员个人剂量片并定期送检；保障开展辐射防护工作所需的必要条件。

④负责定期组织辐射工作人员参加职业病健康检查，并建立健康档案。

⑤负责组织辐射事故应急响应与处置，定期开展应急演练。

根据医院辐射安全管理领导小组机构文件，医院还需在以下几个方面对文件进行完善：

①补充领导小组相关联系人电话；

②定期修订、检查辐射安全管理领导小组机构成员名单，确保领导小组的实效性；

③发生放射事故事件和和个人剂量异常事件后，积极组织开展事故原因调查，并按照程序向生态环境主管部门报告；

④落实辐射工作场所安全设施设备的定期维护管理，并严格执行日常维护工作。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①人员配置

本项目辐射工作人员配置情况：本项目拟配备辐射工作人员 31 名，项目投运后，根据承担治疗人数实际情况进行调整。

②操作人员均需取得相应的操作证书，熟悉专业技术。

③本项目辐射工作人员，医院应组织其他辐射工作人员在网上参加辐射安全与防护培训学习，网址为：<http://fushe.mee.gov.cn>。

④医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗，需确保在有效期内。

③个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，放射源、射线装置及非密封放射性物场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400 号）的相关要求，为确保本项目拟配置的非密封放射性物质工作场所和射线装置的安全运行和管理使用，项目单位拟制定管理制度如下：将建设单位需要制定的列于

表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	执行情况	备注
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	—
2	辐射安全管理规定	已制定	—
3	辐射工作设备操作规程	已制定，需完善	挂于辐射工作场所墙上，明确医用直线加速器、ERCP、DSA 工作流程及设备的操作程序，除此之外还应包括核医学科去污规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定，需完善	需增加明确医用直线加速器、ERCP、DSA 的维修过程
5	辐射工作人员岗位职责	已制定，需完善	挂于辐射工作场所墙上，明确医院具体的辐射管理工作，辐射管理人员的相关职责及分工
6	放射源与射线装置台账管理制度	已制定，需完善	需增加直线加速器、ERCP、DSA 及放射源管理台账
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，需完善	需根据新增项目完善，监测方案参考本章辐射监测内容
8	监测仪表使用与校验管理制度	已制定，需完善	需根据新增项目完善
9	辐射工作人员培训制度	已制定，需完善	需补充参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核的要求及频次
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定，需完善	需补充一旦出现个人剂量超标的情景，采取的具体措施
11	辐射事故应急预案	已制定，需完善	需根据新增项目完善，预案中“辐射事故应急响应程序”应悬挂于辐射工作场所墙上
12	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，需完善	需补充受检者非照射部位所采取的辐射防护措施
13	放射性“三废”管理规定	本次制定	内容应包括放射性废气、放射性废水、放射性固体废物（包括废放射源）的处理处置
14	放射源管理制度	本次制定	内容应包括更换、返回、送贮过程的责任划分
15	场所分区管理规定	已制定，需	需增加医用直线加速器、ERCP、DSA 医护人员和

		完善	患者通道；需增加核医学科应包含医护通道、患者通道和药物通道；需补充本项目新增场所两区划分管理要求
16	放射性药物（体内）治疗病房管理规定	本次制定	根据本项目内容制定门诊楼核医学科休息室、注射后等待间、检查后观察抢救室相关的管理要求

项目单位需在辐射安全管理领导小组领导下及时定制上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。应根据生态环境主管部门最新规定和要求，及时修订、完善各项辐射安全管理制度，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。项目单位应安排人员专职或兼职负责管理辐射安全档案。项目竣工环保验收之前，应落实完成管理制度，将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

只要项目单位能够结合项目实际，建立健全上述各项规章制度，则环评认为，项目单位制定的规章制度是符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）等相关文件要求的。

辐射监测

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

一、工作场所监测

自主验收监测：医院在取得《辐射安全许可证》后三个月内，应委托有资质的单位开展 1 次辐射工作场所验收监测，编制自主验收监测（调查）报告。

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

二、个人监测

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，监测周期为 1 次/季。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

（1）当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查；

（2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关；

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员的实际有效剂量；

（4）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案终身保存。

三、医院自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

四、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 空气吸收剂量率、表面沾污、放射性废水（总 β ）。

（2）监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测周期	监测布点位置
医用直线加速器	X- γ 空气吸收剂量率	验收监测 1 次，委托有资质的单位监	机房墙外 30cm 处、技师操作位、铅窗处、防护门外、机房正上方
ERCP	X- γ 空气吸		机房墙外 30cm 处、技师操作位、铅

	收剂量率	测, 频率为 1 次/年; 自行开展辐射监测	窗处、防护门外、机房正上方、正下方
DSA	X- γ 空气吸收剂量率		机房墙外 30cm 处、技师操作位、铅窗处、防护门外、机房正上方、正下方
核医学科	X- γ 空气吸收剂量率		药物分装操作位、注射室注射窗口内侧/外侧、药物分装间墙外 30cm、休息室防护门及墙外 30cm、甲亢室防护门及墙外 30cm、甲吸室防护门及墙外 30cm、甲亢室和甲吸室观察窗内侧/外侧、ECT 摆位点、ECT 控制室观察窗内侧和操作位、ECT 机房防护门和墙外 30cm、PET/CT 摆位点、PET/CT 控制室观察窗内侧和操作位、PET/CT 机房防护门和墙外 30cm、检查后观察抢救室防护门和墙外 30cm、卫生通过间、医护卫浴间、放射性废水衰变池周围、核医学科正上方、固废暂存间、储源间、病患候诊等待区
	表面沾污		药物分装操作位、注射室注射窗口内侧/外侧、药物分装间、休息室、甲亢室、甲吸室、检查后观察抢救室、卫生通过间、医护卫浴间、放射性废水衰变池、固废暂存间、储源间、病患候诊等待区、地面、辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤
	总 β		放射性废水衰变池排放口

(3) 监测范围: 控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度, 并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对, 建立监测仪器比对档案; 也可到有资质的单位对监测仪器进行校核;

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法, 其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法;

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外, 医院需定期和不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。

五、年度监测报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线

装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

六、现有辐射项目开展辐射监测的情况

1、个人剂量检测

医院现有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。

医院有专人负责个人剂量检测管理工作。发现个人剂量检测结果异常时，及时调查原因，并将有关情况及时报告医院辐射防护领导小组。

医院应进一步加强个人剂量管理，加强人员的培训指导，并随时对个人剂量进行监控，对遗失个人剂量计的职业人员采取相应的处理措施。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测，监测主要针对射线装置机房周围（四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外），医院委托四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了 2020 年年度辐射环境现状监测。根据监测报告，所有点位的 X- γ 射线空气吸收剂量率均满足医用射线装置使用场所周围辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h 的控制目标值。

辐射事故应急

1、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院已制订辐射事故应急预案，预案已包含以下内容：

（1）应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事

故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。

（3）应急人员的培训；

（4）环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；

（6）发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地区级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健委等主管部门报告。

2、应急措施

发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。

3、其他要求

（1）医院本次新增医用直线加速器、ERCP、DSA、核医学科工作场所，需对辐射应急预案中环境风险因子、潜在危害、辐射事故分级、应急响应措施等进行补充完善。

（2）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

（3）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

（4）医院应完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

表 13 结论与建议

结论 一、项目概况 本项目建设内容与规模为： 本项目拟在简阳市中医医院康复治疗中心门诊医技综合楼（在建，地下一层，地上四层）负一层东侧直线加速器机房内新增使用一台 10MV 医用电子直线加速器；负一层中部新建核医学科，拟使用放射性核素 ^{131}I、^{89}Sr、^{32}P、^{125}I、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{18}F；核医学科区域拟配套使用 1 台 ECT 和 1 台 PET/CT，ECT 和 PET/CT 均为 III 类射线装置，PET-CT 使用 2 枚校准源 ^{68}Ge，ECT 使用 2 枚校准源 ^{57}Co（均属于 V 类放射源），核医学科工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所；拟在二层内镜中心 ERCP 机房新增使用一台 ERCP；四层手术中心 DSA 机房新增使用一台 DSA。 二、本项目产业政策符合性分析 本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”和第三十七项“卫生健康”中第 5 款“医疗卫生服务设施建设”，符合国家产业发展政策。 三、本项目外环境关系及选址合理性分析 本项目所在医院已在“中医医院康复治疗中心项目”进行了环境影响评价并取得批复（简环评审[2023]11 号，附件 1），本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。项目选址基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力、电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。综上，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。 四、所在地区环境质量现状 本项目所在区域的 X-γ 辐射空气吸收剂量率为 102~111nGy/h 范围。根据生

态环境部发布的《2022 年全国辐射环境质量报告》，2022 年四川省环境 γ 辐射剂量率年均值范围为 61.9Gy/h~151.8nGy/h，本项目所在地环境 γ 辐射剂量率监测结果水平与该辐射质量报告的辐射水平基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

医院核医学科所在区域 β 表面沾污水平均低于检测下限，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平（4Bq/cm²），属正常环境本底水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目辐射工作场所土建工程属于“中医医院康复治疗中心项目”建设内容之一，其施工期环境影响包含在《中医医院康复治疗中心项目环境影响报告表》中。医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

（二）营运期环境影响分析

1、辐射环境影响分析

医用直线加速器：通过加速器机房的实体防护后，职业人员的年剂量最大为 $1.04 \times 10^{-1} \text{mSv/a}$ ，公众的年剂量最大为 $1.19 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

ERCP：通过 ERCP 机房的实体防护后，在 ERCP 机房内参加手术的 2 名主刀医生所受剂量合计为 148mSv/a，2 名助手医生所受剂量合计 37mSv/a，2 名护士所受剂量合计为 16.5mSv/a，在控制室的 2 名技师最大受照剂量合计为 $1.28 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ；手术医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为 18.11mSv/a。公众的年剂量最大为 $9.07 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

DSA：通过 DSA 机房的实体防护后，在 DSA 机房内参加手术的 2 名主刀医生所受剂量合计为 5.09mSv/a，2 名助手医生所受剂量合计 1.99mSv/a，2 名护士所受剂量合计为 1.27mSv/a，在控制室的 2 名技师最大受照剂量合计为 $1.07 \times 10^{-5} \text{mSv/a}$ ，手术医生手术位腕部皮肤受照当量剂量为 17.25mSv/a。公众的年剂量最大为 $2.16 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 。

核医学科：分装和注射放射性药物的护士所受年剂量最大为 $4.7 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，摆位和操作设备的技师所受年剂量最大为 3.127mSv。

PET/CT 投入运行后，产生的 X 射线经机房墙体、门屏蔽防护后，对机房外公众和职业人员影响较小。

核医学科放射性废水、放射性废气、放射性固体废物经妥善处理后，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关标准要求。

综上所述，本项目工作人员所受的年剂量均低于本次评价中所确定的 5.0mSv 的年剂量约束值，公众所受的年剂量均低于本次评价中所确定的 0.1mSv 的年剂量约束值。辐射工作场所墙体、防护门均满足辐射防护要求。

2、其他环境影响分析

臭氧：医用直线加速器、ERCp、DSA 产生的臭氧室内浓度低于《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧最高允许浓度 0.3mg/m³ 的要求。医院拟在机房安装专门的通排风系统，将臭氧引出机房，最终经排风井引至医疗综合楼楼顶排放。机房内通排风采用“上送风、下排风”的方式，通排风管道均采用镀锌钢管道。PET/CT、ECT 机房臭氧通过核医学科专门通排风系统排放。

噪声：本项目噪声源主要为空调、水冷机房水泵、排风系统噪声，所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过65dB（A），均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

水环境：本项目运行后，核医学科产生的放射性废水经衰变池衰变，浓度小于 10Bq/L 排入医院污水处理系统，产生的生活污水先经医院污水处理系统处理，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准后，排入市政污水管网；水冷机房废水循环利用，不外排。

固体废物：本项目运营期工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾，均由市政环卫统一清运。核医学科产生放射性固体废物收集暂存于固废间，符合审管部门清洁水平后作为医疗废物处置。

六、环保设施与保护目标

按照环评报告落实后，医院环保设施配置较全，总体效能良好，可使保护目标所受年剂量低于本次确定的年剂量约束值。

七、事故风险与防范

医院按要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

医院按照环评要求完善相关内容后，对本项目辐射设备和场所而言，其具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位在公司网站上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

辐射安全防护设施		数量（套/个）
医用直线加速器		
实体防护	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	2 套
	铅防护门	2 扇
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带
	门机联锁、门灯联锁	2 套
警示装置	入口电离辐射警示标志	2 个
	机房入口工作状态显示	2 个
	机房内准备出束音响提示	设备自带
	控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	紧急开门按钮	2 个
	对讲装置	2 套
	紧急停机按钮	6 个
监测设备	机房内固定式剂量报警仪	2 台
	便携式辐射监测仪	1 台
	个人剂量报警仪	2 个
	个人剂量计	6 套

其他	通风系统	2 套
DSA		
场所设施	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	施源器与源联锁	设备自带
	管道遇堵自动回源	设备自带
	仿真源模拟运行系统	设备自带
	主机外表电离辐射警示标志	设备自带
	控制台显示放射源位置	设备自带
	控制台紧急停止照射按钮	设备自带
	停电或意外中断照射时自动回源装置	设备自带
	对讲装置	2 套
	手动回源装置	设备自带
	防护墙体、铅防护门、防盗门	各 1 套
	¹⁹² Ir 源专用贮存柜	设备自带
警示装置	入口处电离辐射警告标志	1 个
	入口处机器工作状态显示	1 个
	操作警示装置	1 套
紧急设施	放射源返回储源器的应急开关	1 套
	机房门与源联锁	1 套
	紧急开门按钮	1 个
	紧急停机按钮	3 个
	备用应急贮源罐	1 套
监测设备	便携式辐射监测仪	1 台
	机房内固定式剂量监测仪	1 套
	放射源在线监测仪	1 套
	个人剂量报警仪	1 个
	个人剂量计	3 套
其他	通风系统	1 套
ERCP		
场所设施	四周墙体+迷道+屋顶屏蔽	2 套
	铅防护门	2 扇
	防止非工作人员操作的锁定开关	2 套
	源位显示	2 套
	停机后源不能返回贮存位时报警	2 套
	治疗室监控对讲装置	2 套
	治疗室门与源联锁	2 套
	治疗床、控制台上紧急停机按钮	设备自带
	停电或意外中断照射时自动回源、手动回源装置	1 套
	紧急开门按钮	2 个
	紧急停机按钮	6 个
警示装置	入口处电离辐射警告标志	2 个
	入口处机器工作状态显示	2 套
监测设备	便携式辐射监测仪	1 台

	机房内固定式剂量监测仪	2 套
	放射源在线监测仪	2 套
	个人剂量计	6 套
	个人剂量报警仪	2 个
其他	通风系统	2 套
核医学科		
实体防护	防护墙体	13 套
	铅防护门	18 套
	给药窗口	1 套
	专用卫生间	3 间
	注射防护套	1 套
	通风橱（50mmPb 当量）	1 套
	核素暂存保险柜	1 套
	对讲系统	1 套
	通道门禁	1 套
放射性废物和废液	放射性表面去污用品和试剂	若干
	防护手套、口罩等防护用品	若干
	放射性废水衰变池	1 座
	高效空气过滤器+活性炭二级处理装置	1 套
	铅罐	2 个
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料、废物桶、废物袋	1 套
	具有铅屏蔽的废物桶	2 个
监测设备	活度计	1 套
	表面污染监测仪	1 套
	γ辐射监测仪	1 套
	个人剂量计	7 套
	个人剂量报警仪	2 个
	红外报警系统	1 套
其他	通风系统	1 套
相关制度	医院辐射防护安全责任制、辐射安全操作规程、辐射工作人员管理规章制度、医院剂量监测规章制度、辐射安全装置定期检查与维护规章制度、辐射事故处理、应急处置规章制度、定期剂量检测和剂量仪的校准制度、辐射工作人员培训计划、辐射工作设备操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、质量保证大纲和质量控制检测计划	《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所
建议和要求		
1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。 2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理规章制度。 3、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，培训超过 5 年的，应组织复训。 4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结		

果报送省生态环境厅和当地生态环境主管部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

6、医院须重视控制区和监督区的管理。

7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

9、本次环评放射性同位素及射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

10、若今后该核医学科不再使用，医院必须经生态环境主管部门监测并进行乙级非密封放射性工作场所退役环评后，方可再行使用；

11、加速器退役时，应对加速器部件的感生放射性进行一次调查，测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。

12、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定：

（1）建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（<https://www.mee.gov.cn/>）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少

于 20 个工作日。

建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205>）中备案，同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。