

核技术利用建设项目

乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民
民医院）新增医用核技术利用项目
环境影响报告表
（脱密公示本）

乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）（公章）

2024年5月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）
新增医用核技术利用项目
环境影响报告表

建设单位名称： 乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）

建设单位法人代表（签字或盖章）： _____

通讯地址： 乐山市市中区新村街 69 号

邮政编码： 614000 联系人：

电子邮箱： / 联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	21
表 3 非密封放射性物质	22
表 4 射线装置	23
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	24
表 6 评价依据	26
表 7 保护目标与评价标准	29
表 8 环境质量和辐射现状	38
表 9 项目工程分析与源项	45
表 10 辐射安全与防护	70
表 11 环境影响分析	97
表 12 辐射安全管理	154
表 13 结论与建议	164
表 14 审批	172

附图：

附图1 本项目地理位置图

附图2 本项目周边环境概况图

核医学科场所

附图 3 本项目核医学科拟建址所在楼层平面布局图

附图 4 本项目核医学科拟建址楼上 1 层（2 楼）平面布局图

附图 5 本项目核医学科和 DSA 手术室拟建址楼下 1 层（地下室）平面布局图

附图 6 本项目核医学科平面布局图

附图 7 本项目核医学科排风示意图

附图 8 本项目核医学科屋顶排口示意图

附图 9 本项目核医学科排水示意图

附图 10 本项目核医学科辐射防护措施示意图

附图 11-1 本项目衰变池进液管道和抽液管道示意图

附图 11-2 本项目衰变池平面示意图

附图 11-3 本项目衰变池剖面示意图

附图 12 本项目核医学科总排水路径示意图

DSA 手术室

附图 13 本项目 2 间 DSA 手术室拟建址所在楼层平面布局图

附图 14 本项目 2 间 DSA 手术室拟建址楼上 1 层（2 楼）平面布局图

附图 15 本项目 2 间 DSA 手术室平面布局图

附图 16 本项目 2 间 DSA 手术室防护措施图

附图 17 本项目 2 间 DSA 手术室通排风示意图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 建设单位事业单位法人证书

附件 4 医院辐射安全许可证正副本

附件 5 项目所在地不动产权证书

附件 6 乐山市市中区生态环境局文件《关于乐山市市中区人民医院整体搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书的批复》（乐中环审〔2021〕4号）

附件 7 医院原有核技术利用项目环评批复及验收材料

附件 8 乐山市市中区人民医院所有辐射工作人员个人剂量监测调查结果

附件 9 本项目监测报告

附件 10 辐射安全与防护考核承诺书

附件 11 屏蔽防护说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新增医用核技术利用项目				
建设单位		乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		乐山市市中区新村街 69 号				
建设项目地点		乐山市市中区通江街道杨山路与金紫街交汇处乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新院区 2 号楼住院楼 1 楼、1 号楼急诊医技楼 1 楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		■	项目环保投资（万元）	■	投资比例（环保投资/总投资）	■
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	■
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input checked="" type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类				
其他	/					
项目概述：						
一、建设单位基本情况						
<p>乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）原为乐山市红十字会医院，始建于 1924 年，2002 年建成国家二级甲等综合医院，2013 年创建成国家三级乙等综合医院，是集医疗、教学、预防、保健为一体的一所国家三级综合医院。医院承担了乐山市市中区及周边区、县卫生人员的进修、培训和病员的急诊急救工作。医院老院区占地 40 亩，建筑面积 34000 平米，编制床位 1000 张，开放床位 600 张。现有职工 700 余人，其中高、中级卫生专业技术人员 300 余人，省劳模 1 人，四川省学术技术带头人</p>						

后备人选 1 人，乐山市学术技术带头人后备人选 4 人，有乐山市高层次人才 5 人，“嘉州名医”2 人，“海棠名医”3 人，乐山市名中医 1 人，20 余名专家在省、市级专业学术委员会担任副主任委员、常委、常务理事，多名专家任省、市级专业学术委员会委员。经过百年的建设与发展，医院现学科门类齐全，医护力量雄厚，医疗技术精湛，设备先进，服务高效、安全、优质、便捷；开设诊疗科目 75 个，一级学科 22 个，二级学科 53 个；开展常规医疗技术 2646 项。

本项目所在的乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新院区位于乐山市市中区杨山路与金紫街交汇处，床位规模 1000 张，占地面积 112 亩，分两期建设。一期总建筑面积 122400m²，其中地上建筑面积 91800m²、地下建筑面积 30600m²。新院区一期建设有：1 号楼包含急诊医技楼和门诊大楼，均为地上 4 层，地下 1 层，楼高均为 23.65m；2 号楼住院楼，地上 15 层，地下 1 层，楼高 68.60m；3 号楼感染病区，地上 5 层，地下 1 层，楼高 25.75m；4 号楼行政后勤楼，地上 5 层，地下 1 层，楼高 27.75m；5 号楼能源中心，地上 1 层，无地下建筑，楼高 8.65m。同时还建设有污水处理站、医疗废物暂存间、液氧站、垃圾站等各类辅助用房。

乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）统一社会信用代码为 [REDACTED] 事业单位法人证书见附件 3。现已开展核技术利用项目，且已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[00610]”，种类和范围为“使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2028 年 08 月 20 日。原有辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。

二、项目由来

乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）作为一家具有百年历史的医院，由于历史原因，建筑面积狭小，交通拥挤不堪，绿化严重不足，服务能力受到严重限制。随着就医人群大量增加，医疗业务用房严重不足，医疗新技术、新项目无法正常开展，已影响到医院医疗水平的提升，给医院进一步发展带来困境。基于以上多种问题，区政府有关部门、区卫生健康局及医院领导，对乐山市市中区人民医院整体搬迁进行了多次的研究讨论，并形成了专题会议纪要，提出了要求加快乐山市市中区人民医院及附属设施建设项目的建设步伐，满足全区广大人民群众对医疗需求和医院未来长远发展的需要。建设单位拟在乐山市市中区通江街道杨山路与金紫街交汇处建设乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新院区（下文简称“新院区”）。

新院区建成后，建设单位将进行整体搬迁，原丙级非密封放射性物质工作场所和Ⅱ类、Ⅲ类射线装置不参与搬迁，本项目重新申领辐射安全许可证前建设单位将对原丙级非密封放射性物质工作场所履行退役手续，核医学科未使用完的核素交由厂家处理，放射源由厂家专业人员运输至新院区敷贴治疗室保险箱内；对Ⅱ类射线装置履行报废手续，完成相关手续后对场所进行环境监测，确认不存在污染后将老院区用地交还政府。

新院区建成后，为满足乐山市人民的综合诊疗需求，拟在2号楼住院楼1楼建设核医学科，分为门诊区及治疗区，拟涉及使用的非密封放射性物质包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I ，门诊区配套使用1台SPECT-CT（Ⅲ类射线装置），同时拟使用含有1枚V类放射源 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 的敷贴器，经计算，该核医学科场所等级为乙级。此外，建设单位拟在1号楼门诊急诊医技楼1楼建设2间DSA手术室，并在2间DSA手术室内各安装使用一台数字减影血管造影机（DSA）。

本项目为建设一个乙级非密封放射性物质工作场所、使用Ⅱ类射线装置，根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目应当履行环保手续，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》本项目应编制环境影响报告表。受乐山市市中区人民医院的委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托四川省永坤环境监测有限公司）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。本项目委托书见附件1，承诺书见附件2。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新增医用核技术利用项目
- （2）建设单位：乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）
- （3）建设性质：新建
- （4）建设地点：乐山市市中区通江街道杨山路与金紫街交汇处乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新院区2号楼住院楼1楼、1号楼急诊医技楼1楼

项目地理位置见附图 1。

（二）项目建设内容与建设规模

建设单位拟在新院区 2 号楼住院楼（地上 15 层，地下 1 层，楼高 68.60m）1 楼西部建设 1 个核医学科场所，拟在 1 号楼急诊医技楼（地上 4 层，地下 1 层，楼高 23.65m）1 楼北部建设 2 间 DSA 手术室及其辅助用房。

核医学科场所：

1、场所构成

核医学科拟建设在 2 号楼住院楼 1 楼西部，其总建筑面积约 448m²。核医学科西部为门诊区，东部为治疗区，两区共用分装间、甲亢/甲癌服碘室、抢救室、缓冲间。门诊区拟开展 ¹³¹I 甲吸检查、¹³¹I 甲亢治疗、^{99m}Tc 显像诊断和 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴治疗，功能用房包括注射前等候室、诊室 1、值班室、诊室 2、敷贴治疗室、男女卫生间、一更、二更（含淋浴区）、甲测室、分装间、甲吸室、ECT 注射室、保洁间 1、储源室、废物间 1、甲亢/甲癌服碘室、SPECT-CT 控制室、SPECT-CT 扫描室、注射后等候室及配套卫生间、留观室及配套卫生间、患者走道、缓冲间；治疗区拟开展 ¹³¹I 甲癌治疗，功能用房包括污被间、废物间 2、抢救室、核素病房 1（双人病房）及配套卫生间、核素病房 2（单人病房）及配套卫生间、保洁间 2、甲癌患者专用走廊。

2、核素使用情况

核医学科门诊区拟使用 ^{99m}Tc（药物外购，日最大使用量 3.7E+10Bq、日等效最大操作量 3.7E+08Bq、年最大使用量 9.25E+11Bq）用于诊断及显像检查。门诊区拟使用 ¹³¹I（药物外购，日最大使用量 5.55E+06Bq、日等效最大操作量 5.55E+05Bq、年最大使用量 1.39E+09Bq）用于甲吸检查，拟使用 ¹³¹I（药物外购，日最大使用量 2.78E+09Bq、日等效最大操作量 2.78E+08Bq、年最大使用量 6.95E+11Bq）用于甲亢治疗，¹³¹I（药物外购，日最大使用量 1.67E+10Bq、日等效最大操作量 1.67E+09Bq、年最大使用量 8.34E+11Bq）用于甲癌治疗。

同时核医学科门诊区敷贴治疗室拟使用 1 枚 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴源，为 V 类放射源，活度为：1.554E+09Bq，敷贴源暂存在敷贴治疗室内。显像检查拟配套使用 1 台 SPECT-CT（III 类射线装置，其最大管电压为 150kV，最大管电流为 1000mA）。

根据建设单位提供资料，本项目核素给药量、日最大患者人数、年最大患者人数统计见表 1-1。

表 1-1 核医学科就诊患者量及非密封放射性物质用量统计表

序号	核素	用途	患者给药用量 (人/次)	日最大 患者量 (人)	年最大 患者量 (人)	日最大用 量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	涉及场所
1	^{99m} Tc	显像 诊断	██████	██████	██████	3.70E+10	9.25E+12	储源室、分装间、 ECT 注射室、注射 后等候室、留观室、 SPECT-CT 扫描室、 抢救室、废物间
2	¹³¹ I (甲吸)	甲吸 检查	██████	██████	██████	5.55E+06	1.39E+09	分装间、甲吸室、甲 测室、储源室、抢救 室、废物间 1
3	¹³¹ I (甲亢)	甲亢 治疗	██████	██████	██████	2.78E+09	6.95E+11	分装间、甲亢服碘 室、留观室、抢救室、 废物间 1
4	¹³¹ I (甲癌)	甲癌 治疗	██████	██████	██████	1.67E+10	8.34E+11	分装间、甲癌服碘 室、核素病房、抢救 室、废物间 2

表 1-2 放射源与射线装置使用统计表

放射源		射线装置			
每日患者 (人)	每年患者 (人)	每日患者 (人)	每年患者 (人)	单次扫描时间 (min)	年扫描时间 (h)
██████	██████	██████	██████	██████	1666.7

3、核医学科场所等级计算

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C1 非密封放射性物质工作场所的分级判据。

表 1-3 非密封放射性物质工作场所的分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

根据附录 C2 放射性核素的日等效操作量的计算，放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。

表 1-4 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 1-5 操作方式与放射源状态修正因子

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

本项目各非密封放射性物质毒性参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）表 A.1 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB188871-2002）附录 D， ^{131}I 属中毒，毒性组别修正因子取 0.1； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 属低毒，毒性组别修正因子取 0.01。

表 1-6 本项目非密封放射性物质工作场所分级表

核素名称	日最大用量 /Bq	毒性分组	毒性组别修正 因子	性状	操作方式	操作方式修 正因子	日等效最大 操作量/Bq
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70E+10	低毒	0.01	液态	很简单操作	10	3.70E+07
^{131}I (甲吸)	5.55E+06	中毒	0.1	液态	简单操作	1	5.55E+05
^{131}I (甲亢)	2.78E+09	中毒	0.1	液态	简单操作	1	2.78E+08
^{131}I (甲癌)	1.67E+10	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.67E+09
合计日等效最大操作量/Bq				1.98E+09			
工作场所级别				乙级			

根据表 1-5，核医学科场所日等效最大操作量为 1.98E+09Bq，场所等级确定为乙级。

4、核医学科工作场所屏蔽

门诊区：本项目门诊区四周墙体为：200mm 实心砖、200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖、240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥；楼板均为 400mm 混凝土；地面均为 270mm 混凝土；防护门为 4mmPb 铅门、10mmPb 铅门、15mmPb 铅门；拟设置 0.5mmPb 铅衣、5mmPb 注射器、15mmPb 传递窗、40mmPb 手套箱、20mmPb 注射窗、4mmPb 观察窗、40mmPb 观察窗、40mmPb 铅罐、40mmPb 自动分装仪、5mmPb 废物桶、50mm 废物桶。

治疗区：本项目治疗区四周墙体为：200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+100mm 硫酸钡水泥、400mm 混凝土；楼顶板为：400mm 混凝土、400mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥；防

护门为 4mmPb 铅门、10mmPb 铅门、15mmPb 铅门；拟设置 5mmPb、50mmPb 废物桶。

核医学科工作场所屏蔽情况见下表：

表 1-7 核医学科防护方案一览表

场所	防护门	墙体	地面	楼顶	其他
门诊区					
分装间	1 扇 4mmPb 铅门 (至废物间 1)	南、西、北墙 240mm 实心砖 东墙 240mm 实心 砖+70mm 硫酸 钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 手 套箱
敷贴治疗 室	1 扇普通门	四面墙体 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
甲测室	2 扇普通门	南、西北墙 200mm 实心砖 东墙 240mm 实 心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
甲吸室	/	东、南、西墙 200mm 实心砖 北墙 240mm 实 心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	20mmPb 注 射窗， 5mmPb 废 物桶
ECT 注射 室	/	东、南、西墙 200mm 实心砖 北墙 240mm 实 心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	20mmPb 注 射窗， 5mmPb 废 物桶
保洁间 1	1 扇普通门	南、西墙 200mm 实心砖 北、东墙 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
储源室	2 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 铅 罐
废物间 1	2 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	50mmPb 废 物桶
甲亢/甲癌 服碘室	3 扇 15mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖 +70mm 硫酸钡 水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 观 察窗， 40mmPb 自 动分装仪， 5mmPb 废 物桶
注射后等 候室	2 扇 4mmPb 铅门	西墙 200mm 实 心砖+40mm 硫 酸钡水泥 东、南、北墙 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
SPECT-CT 扫描室	3 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 200mm 实心 砖+40mm 硫	270mm 混凝土	400mm 混凝土	4mmPb 观 察窗

		酸钡水泥			
留观室	2扇 4mmPb铅门	西墙 200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥 东、南、北墙 200mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
治疗区					
甲癌患者专用通道	/	西墙 240mm实心砖+20mm硫酸钡水泥 北墙 370mm实心砖+40mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	15mmPb传递窗
缓冲间	3扇 10mmPb铅门	南、北墙 200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥 东、西墙 200mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
废物间 2	1扇 4mmPb铅门	东、北墙 370mm实心砖、南墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	50mmPb废物桶
抢救室	1扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、南北墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、西墙 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
污被间	1扇 4mmPb铅门	四周墙体 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
核素病房 1	1扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实心砖+100mm硫酸钡水泥、西墙 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、南北墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土+70mm硫酸钡水泥	1扇 15mm铅屏风
核素病房 2	1扇 10mmPb铅门	东、南墙 370mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、西墙	270mm混凝土	400mm混凝土+70mm硫酸钡水泥	/

		400mm混凝土、 北墙 240mm实心 砖+70mm硫酸 钡水泥			
保洁间 2	1 扇普通门	西、北墙 200mm实心砖、 东、南墙 400mm混凝土	270mm混凝土	400mm混凝土	/
注：甲亢/甲癌患者入口防护门 4mm铅门；诊断患者入口防护门 4mm铅门； 5mmPb注射器；医护人员防护用品 0.5mmPb					

5、衰变池

本项目核医学科拟配套建设 1 座衰变池，包含 1 个应急池、1 个化粪池和 3 级并联衰变池，每级衰变池可使用容积为 98.2m³，总容积为 294.6m³。该衰变池拟建于核医学科场所北侧土质层下，衰变池每级均设置有止回阀、液位计、污水泵，能够有效防止废水倒灌。

DSA 手术室

建设单位拟在急诊医技楼（1 栋，地上 4 层，地下 1 层，建筑高度 23.65m）1 层北部建设 2 间 DSA 手术室及辅房，并在 DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 内各安装使用 1 台数字减影血管造影机（II类射线装置，型号未定，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA），主射方向由下向上。项目建成后，2 间 DSA 手术室将用于心内科和神经外科开展相应介入手术，根据院方提供资料，单台手术透视平均 20min，拍片平均 1min，每间 DSA 手术室年手术台数 500 台，两间 DSA 手术室共计 1000 台，则每间 DSA 手术室年透视时长 166.7h，年拍片时长为 8.4h。

DSA 手术室 1 长 7.96m，宽 6.26m，有效使用面积为 49.83m²（最小单边长度为 6.26m），DSA 手术室 2 长 8.06m，宽 6.26m，有效使用面积为 50.46m²（最小单边长度为 6.26m）。两间 DSA 手术室层高 5.4m，吊顶高 3.0m。2 间 DSA 手术室独立使用 2 间控制室，面积均为 6.58m²。2 间 DSA 手术室采用相同的屏蔽设计：四周墙体为 370mm 实心砖，楼上为 250mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥，地面为 250mm 混凝土楼板。2 间手术室共 8 扇防护门均为 4mmPb 铅防护门，2 扇 4mmPb 的铅观察窗。2 间手术室辅助用房包括控制室 1、控制室 2、设备间 1、设备间 2、污物打包 1、污物打包 2、病员通道 1、病员通道 2，以及共用的洗手消毒更衣、医护通道、换鞋、谈话间、配电房。

四、项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-8。

表 1-8 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境影响		
			施工期	运营期	
主体工程	核医学科	核医学科用房	核医学科拟建设在 2 号楼住院楼 1 楼西部，核医学科西部为门诊区，东部为治疗区，两区共用分装间、甲亢/甲癌服碘室、抢救室、缓冲间。门诊区包括甲吸室、甲测室、甲亢/甲癌服碘室、敷贴治疗室、ECT 注射室、保洁间 1、分装间、SPECT-CT 扫描室、控制室、注射后等候室及其配套卫生间、留观室及其配套卫生间、储源室、患者走道、废物间 1、缓冲间（包括出院检测区）。门诊区四周墙体为：200mm 实心砖、200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖、240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥；楼板均为 400mm 混凝土；地面均为 270mm 混凝土；防护门为 4mmPb 铅门、10mmPb 铅门、15mmPb 铅门；拟设置 0.5mmPb 铅衣、5mmPb 注射器、15mmPb 传递窗、40mmPb 手套箱、20mmPb 注射窗、4mmPb 观察窗、40mmPb 观察窗、40mmPb 铅罐、40mmPb 自动分装仪、5mmPb 废物桶、50mm Pb 废物桶。 治疗区包括废物间 2、抢救室、核素病房 1 及其配套卫生间、甲癌患者专属走廊、核素病房 2 及其配套卫生间、污被间、保洁间 2。治疗区四周墙体为：200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥、240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥、370mm 实心砖+100mm 硫酸钡水泥、400mm 混凝土；楼顶板为：400mm 混凝土、400mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥；防护门为 4mmPb 铅门、10mmPb 铅门、15mmPb 铅门；拟设置 5mmPb、50mmPb 废物桶。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
		核素	拟涉及使用的非密封放射性物质包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I ，经核算，属于乙级非密封放射性物质工作场所。	/	β 、 γ 射线、放射性三废、韧致辐射、 β 表面沾污、臭氧及氮氧化物
		放射源	核医学科敷贴室内拟使用 1 枚 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ （总活度 $1.554\text{E}+09\text{Bq}$ ）。	安装调试过程将产生 X 射线、臭氧及氮氧化物	X 射线、臭氧及氮氧化物、噪声
		射线装置	1 台 SPECT-CT，III 类射线装置，型号未定，最大管电压 150kV，最大管电流 1000mA。（未购）		

			物、噪声、固体废物	
DSA项目	DSA手术室	<p>本项目2间DSA手术室拟建于1号楼急诊医技楼1楼北部。DSA手术室1长7.96m，宽6.26m，有效使用面积均为49.83m²（最小单边长度为6.26m），DSA手术室2长8.06m，宽6.26m，有效使用面积为50.46m²（最小单边长度为6.26m），2间DSA手术室层高5.4m，吊顶高3.0m。2间DSA手术室采用相同的屏蔽设计：四周墙体为370mm实心砖，屋顶为250mm混凝土楼板+20mm硫酸钡水泥，地面为250mm混凝土楼板，共8扇防护门均4mmPb铅防护门，2扇4mmPb的铅观察窗。</p>	<p>施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾；</p>	X射线、臭氧及氮氧化物
	射线装置	<p>II类射线装置，型号未定，最大管电压为125kV，最大管电流为1000mA。项目建成后，2间DSA手术室将用于心内科和神经外科开展相应介入手术，根据院方提供资料，单台手术透视平均20min，拍片平均1min，2间DSA手术室年手术台数共计1000台（每间手术室500台），则每间DSA手术室年透视时长166.7h，年拍片时长为8.4h。</p>	<p>安装调试过程将产生X射线、臭氧及氮氧化物、噪声、固体废物</p>	
辅助工程	核医学科	<p>2号楼住院楼1楼核医学科工作场所功能性辅房及办公用房：护师站、诊室1、诊室2、男女卫生间、值班室、一更、二更（含淋浴区）。</p>	<p>施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾</p>	<p>生活废水与生活垃圾；二更（含淋浴区）产生的放射性废水</p>
	DSA手术室1、DSA手术室2	<p>SPECT-CT扫描室控制室1间（4.99m²） 2间手术室辅助用房包括控制室1、控制室2、设备间1、设备间2、污物打包1、污物打包2、病员通道1、病员通道2，以及共用的洗手消毒更衣、医护通道、换鞋、谈话间、配电房。</p>		
公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统等。		<p>生活废水与生活垃圾</p>	<p>生活废水、医疗废物、生活垃圾</p>
办公及生活设施	核医学科区域设计有医护人员使用的诊室、更衣室、男女卫生间、值班室；DSA手术室依托所在医技楼拟建的办公及生活设施。			

环保工程	核医学科	<p>通排风系统：本项目核医学科放射性物质工作场所拟设有独立的通排风系统，手套箱/自动化分装仪、治疗区、门诊区均拟设置独立的排风管道。新风风向气流由非限制区域流向监督区流向控制区，工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。放射性区域每根独立的排风管道前段均设置有活性炭过滤，在2号楼住院楼1层排风井处排风管道汇合由一根管道沿排风井将废气引至2号楼住院楼楼顶，楼顶排风口做活性炭过滤器处置后排放，楼顶排风口安装大功率排风机（8000m³/h），排风高度距地约为70.5m（楼高67.5m）。核医学科清洁区域采用单独的排风系统，不与核医学科辐射工作场所排风系统合用。</p> <p>本项目拟设置独立排水系统，排水管道在地下汇总后接核医学科衰变池，每级衰变池内均设液位计、污水泵和电动阀。</p> <p>本项目产生的放射性废物由专职清洁人员分类收集后，放入废物间1、废物间2内进行衰变暂存。对含^{99m}Tc废物存放30天后、含¹³¹I废物存放180天后，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β表面污染小于0.8Bq/cm²，可对废物清洁解控并作为医疗废物由拟建医疗固废收集系统进行处理。办公、生活垃圾依托院区拟建生活垃圾收集系统进行处理。</p>	医疗废物、放射性废气、放射性固废、放射性废水、噪声
	DSA手术室	<p>废水处理依托院区拟建的污水处理系统；</p> <p>废气处理依托院区拟建的通排风系统；</p> <p>医疗废物依托院区拟建医疗固废收集系统进行处理；办公、生活垃圾依托院区拟建生活垃圾收集系统进行处理。</p>	

五、主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-9。

表1-9 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	8000kW·h/a	城市电网	用电	/
水	生活用水	3000m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/
核医学科	核医学科手套、药棉、注射器等	1000kg/a	未定	核医学科分装、注射	/
	放射性同位素注射液或溶液	根据每日患者数量预定	未定	显像或治疗	/
DSA手术室	碘克沙醇注射液	100ml/瓶 1000瓶/a	未定	造影剂	320mg I/ml
	DSA手术室	手套	未定	介入手术	/
		纱布			
药棉					

碘克沙醇注射液：分子式 C₃₅H₄₄I₆N₆O₁₅，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H₂O（37℃），粘度为 11.4mPa·s（37℃），pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨

丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。因此本项目投运后将产生残留有少量造影剂的输液瓶。

六、工作人员及工作制度

工作制度：本项目辐射工作人员年工作天数为 250 天，实行 8 小时工作制。

1、核医学科

建设单位拟为本项目配备 7 辐射工作人员，其中沿用原 2 名辐射工作人员，同时再新增 5 名辐射工作人员。具体分工见下表。

表1-10 本项目核医学科辐射工作人员岗位、人数、操作量一览表

岗位	拟配人数	操作	单次操作时间 (min)	年患者人数 (人)	年操作时间 (h)
甲吸护士	1名	取药			41.7
		分装			83.3
		给药			41.7
^{99m} Tc护士	1名	取药			166.7
		分装			333.3
		给药			83.3
SPECT-CT 区域技师	1名	摆位			83.3
		显像			1666.7
甲亢护士	1名	分药（分装间控制自动分装仪）			41.7
		给药（分装间指导患者服药）			20.8
甲癌护士	1名	分药（分装间控制自动分装仪）			5
		服药（分装间指导患者服药）			2.5
医师	2名	甲吸检查			208.3
		住院查房			12.5
		敷贴治疗			208.3
专职清洁人员	1名	清洁			125

2、DSA 手术室

医院介入室原有 21 名辐射工作人员，医院搬迁后拟为本项目 2 间 DSA 手术室新增 7 名辐射工作人员，包括 20 名医师、4 名护士、4 名技师。一场手术时，手术室内通常为 2 名医师，一名护士。根据医院资料，单台手术透视 20min，拍片 1min，每间 DSA 手术室年手术台数 500 台，每间手术室年透视时间 166.7h，年拍片 8.4h，两间共计 1000 台/年；每名医师年透视时间为 33.34h，拍片时间为 1.67h，每名医师取 20% 余量后年透视时间和年拍片时间分别为 40h 和 2h；每名护士年透视时间为 83.34h，

拍片时间为 4.15h，每名护师取 20%余量后年透视时间和年拍片时间分别为 100h 和 5h；每名技师年透视时间为 83.34h，拍片时间为 4.15h，每名技师取 20%余量后年透视时间和年拍片时间分别为 100h 和 5h。

表1-11 本项目DSA手术室辐射工作人员岗位、人数、操作量一览表

名称	人员	总计数 量	单人年手 术台数(台)	单人年透视 时间(h)	单人年拍 片时间(h)	保守选取 20%余 量后年受照时间	
						透视 (h)	拍片 (h)
DSA 手术室 1、DSA 手术 室 2	医师	20	100	33.34	1.67	40	2
	护师	4	250	83.34	4.15	100	5
	技师	4	250	83.34	4.15	100	5

本项目核医学科、DSA 手术室拟配备的上述辐射工作人员除操作使用本项目射线装置外，不兼顾其他核技术利用项目相关岗位。

七、产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令）相关规定，本项目属于鼓励类第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

八、项目外环境关系、选址合理性及实践正当性分析

（一）项目外环境关系

本项目所在的新院区周围为城区环境均被城市道路包围。院区东侧为规划道路；南侧为杨山路；西侧为金紫街；北侧为规划道路，隔规划道路为阳光玖著小区。本项目地理位置示意图见附图 1，乐山市市中区人民医院新院区本项目周边环境概况图见附图 2。

核医学科

本项目核医学科工作场所位于 2 号楼住院楼 1 楼西部，其 50m 范围除北侧部分位于院区外，其余全部位于院区内。核医学科东侧 0m-50m 为 2 号楼住院楼；南侧 24m-50m 为急诊医技楼；西侧 43m-50m 为 5 号楼能源中心和 4 号楼行政后勤楼；北侧 16.2m 处为衰变池，北侧 27.3m-45m 处为规划道路，北侧 45m-50m 为阳光玖著小区。核医学科距离西南侧交通连廊二（高 14.85m）最近 38.7m，距离东南侧交通连廊一（高 20.25m）最近 43m。其余部分为院区道路、绿化及非机动车停车场。

本项目衰变池位于 2 号楼住院楼北侧，其 50m 范围除北侧部分位于院区外，其

余全部位于院区内。衰变池东侧 13.5m-43.3m 为非机动车停车场；衰变池南侧 16.2m-50m 为 2 号楼住院楼；衰变池西侧 44.3m-50m 为 5 号楼能源中心；衰变池北侧 4.7m-22.4m 为规划道路，22.4m-50m 为阳光玖著小区。

DSA 手术室

本项目两间 DSA 手术室拟建设于急诊医技楼 1 楼北部。东侧 50m 范围内为门急诊医技楼内；南侧 39.5m 范围内为急诊医技楼内，39.5m-50m 范围为院区道路；西侧 40.3m 范围为急诊医技楼内，40.3m-50m 范围内为院区绿化及道路；北侧 24m-50m 为 2 号楼住院楼；距离西侧交通连廊最近 40.3m，距离东侧交通连廊最近 31.6m。其余部分为院区道路、绿化。

（二）项目选址合理性分析

新院区建设项目已取得乐山市市中区发展和改革局《关于乐山市市中区人民医院整体搬迁及附属设施建设项目可行性研究报告及招标方案的批复》（乐中发改投资〔2019〕98 号），项目符合国家产业政策。新院区已获得乐山市自然资源局颁发的不动产权证书，新院区用地属于“医疗卫生用地”，因此本项目建设符合城市总体规划要求。新院区已获得乐山市市中区生态环境局文件《关于乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书的批复》（乐中环审〔2021〕4 号）。

新院区位于乐山市通江街道杨山路与金紫街交汇处，院区交通便捷，有利于医院和外界的联系。项目选址城市基础配套设施完善，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。

核医学科

本项目核医学科位于 2 号楼住院楼 1 楼，2 号楼住院楼位于整个院区的北侧，远离门诊楼等人流量较大的区域，兼顾了病员就诊的方便性和尽可能降低对周围辐射影响的要求。核医学科位置相对独立，其 50m 范围除北侧部分外其余均在院区内。核医学科周围的常驻保护目标较少，且为专门的工作场所，有良好的辐射屏蔽措施和安全防护措施，产生的影响可控。

DSA 手术室

本项目两间 DSA 手术室拟建设于急诊医技楼 1 楼放射科北侧，便于科室管理的同时，也使得除医护人员和病患外其他无关人员不得入内，区域内人流相对较少，楼下为地下停车场，楼上为功能检查科候诊区。DSA 手术室周围辅房完善，满足手术

需求，靠近电梯及门厅，有利于病人转运，能够节约病人黄金抢救时间，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。

本项目拟建设的核医学科、DSA 手术室项目为专门的辐射工作场所，拟建项目与院区规划相容，拟建设地址位于新建院区红线内，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周围环境影响较小，**从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。**

（三）实践正当性分析

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

医院在核素治疗/诊断、介入治疗/诊断过程中，对非密封放射性物质、放射源、射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对非密封放射性物质、放射源、射线装置的安全管理在建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理非密封放射性物质、放射源、射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。**符合辐射防护“实践的正当性”原则。**

九、与周边环境的兼容性分析

根据已经获得批复（乐中环审〔2021〕4号）的《乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书》：非感染性医疗废水、生活污水经管道收集后进入2号污水处理站，感染性医疗废水经预消毒装置消毒处理后进入院区1号污水处理站处理，出水可达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表2中预处理标准后，经市政管网排入乐山市海天污水厂处理达标后排入岷江。本项目核医学科设置有衰变池，用于贮存排入的放射性废水，设置有合理的排水周期，达到排水周期后排入医院的污水处理站，对周围的水环境影响较小。

本项目核医学科运营后，因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具，将产生一定量的放射性废物，经废物间1、废物间2暂存衰变至计划周期，经检测达标后转移至院区医废暂存间作为一般医疗废物暂存。核医学科的放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而

产生退役放射源属于放射性废物，由生产厂家回收处置，若生产厂家不能回收，则应交有收贮资质的单位回收处置。

本项目 DSA 手术室投入运营后将产生一定量医疗废物。治疗过程或手术过程中产生的医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，先转移至新院区拟建的医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位（乐山市净源垃圾处理有限公司）定期处置。生活垃圾则分类收集后交由市政环卫部门统一清运。综上，本项目产生的医疗废物和生活垃圾经妥善处理地对周围环境影响较小。

本项目产噪设备主要为通排风系统，排风系统声级较小，噪声影响不大，满足项目所在区域声环境功能区规划。且风机等设备均位于送风房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

十、与本项目相关的原有污染情况及主要环境问题

1、辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

建设单位目前已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[00610]”，种类和范围为“使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2028年8月20日。辐射安全许可证正副本复印件见附件4。

本项目所在的主体建筑所在院区已获得乐山市市中区生态环境局关于《关于乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书的审批意见》（乐中环审〔2021〕4号），在已审批的该项目整体环评中，有严格的污染控制措施要求以及完善的处理设施。本项目将依托院区拟建的污染控制处理措施的处理系统。

2、原有核技术利用项目

建设单位获得许可“使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所”。原有核技术利用项目均已履行环评/备案、许可手续，II类射线装置及非密封放射性物质场所均已通过验收。

经核查建设单位《2023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》，未发现有辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，经建设单位证实，医院开展核技术利用工作截至目前未发生过辐

射安全事故。医院现有核技术利用情况见表1-12。

表 1-12 乐山市市中区人民医院现有核技术利用项目一览表

放射源										
序号	放射源名称	数量	总活度 (Bq) /活度 (Bq) × 枚数	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注	
1	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	1	1.554E+09×1	V	医技楼 2 楼	使用	川环建函 (2008) 690 号	已许可	/	
非密封放射性物质										
序号	工作场所等级	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注		
1	丙级	¹³¹ I	1.85E+07	医技楼 2 楼	使用	川环建函 (2008) 690 号	已许可	已验收		
2	丙级	¹²⁵ I	8.51E+04	医技楼 2 楼	使用					
3	丙级	¹²⁵ I	1.332E+07	CT 室 1、粒子植入专用住院病房、粒子装源室	使用					
射线装置										
序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	移动式X射线机(美国 GE OEC 9900 Elite)	1	120	150	II	外科大楼 10 楼七手术室	使用	川环审批 (2017) 235 号	已许可	已验收
2	CT 机(日本通用 Optima CT660)	1	140	560	III	内科楼旁 CT 室 2	使用	已备案	已许可	/
3	DR(北京万东 新东方 1000)	1	150	630	III	医技楼 1 楼摄片室 1	使用	川环审批 (2017) 235 号	已许可	/
4	DR(北京万东 新东方 1000)	1	150	630	III	医技楼 1 楼摄片室 2	使用	已备案	已许可	/
5	DSA(华润万东 CGO-2100)	1	125	1000	II	医技楼 1 楼介入室	使用	川环审批 (2017) 235 号	已许可	已验收
6	数字乳腺X射线机(华润万东 DM-1)	1	40	160	III	医技楼 1 楼乳腺摄影室	使用	已备案	已许可	/
7	牙科X射线机(南昌泛泰 FT-C)	1	65	5	III	门诊楼 3 楼牙片室	使用	已备案	已许可	/
8	CT机(航卫通用 Optima CT520)	1	140	350	III	医技楼 1 楼 CT 室	使用	已备案	已许可	/

						1				
9	口腔 CT（合肥美亚光电 SS-X9010DPro-3DE）	1	90	10	III	门诊楼 3 楼口腔 CT 室	使用	已备案	已许可	/
10	碎石机（多尼尔医疗 Dornier Compact Delta II）	1	110	65	III	外科大楼 6 楼碎石机房	使用	已备案	已许可	/
11	骨密度仪（通用电气 GE Prodigy Pro）	1	76	3	III	骨密度检查室	使用	已备案	已许可	/
12	移动式摄影 X 射线机（北京万东 M40-1A）	1	125	500	III	ICU 病房	使用	已备案	已许可	/
13	移动式 C 型臂 X 射线机（uMC 560i）	1	100	35	III	外科大楼 10 楼七手术室	使用	已备案	已许可	/

注：¹³¹I核素用量后续有增量，且建设单位已做辐射安全分析报告。

3、原有辐射场所环境监测

根据医院2023年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求，机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位已配备有便携式辐射监测仪、表面污染监测仪及足够数量的个人剂量报警仪。

4、原有辐射工作人员情况

建设单位登记在册的辐射工作人员83名，从事核医学和介入放射学的23名辐射工作人员持有效期内的辐射安全与防护考核合格成绩单。其余操作III类射线装置的辐射工作人员均已开展自主考核，自主考核结果均已存档。

建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并建档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格，除王东（放射）和李志虎两名辐射工作人员有剂量超标的情况，其余所有辐射工作人员最新四个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。部分人员非全年在岗或已离岗，故无部分季度剂量监测。个人剂量统计结果见附件8。

医院在发生剂量超标事件后，立即组织调查会议，形成相应调查报告（见附件8），并已如实上报给相关单位。同时对超标人员的岗位和工作量进行调整，并要求各辐射

工作人员规范操作且将定期关注个人剂量，避免此类事件再度发生。

十、环境影响评价信息公开

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，方便公民、法人和其他组织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开力度。依据原国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：医院在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息，征求公众意见。

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	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	1.554E+09Bq×1 枚	V	使用	敷贴治疗	2 号楼住院楼 1 楼核 医学科敷贴治疗室	2 号楼住院楼 1 楼核医学 科敷贴治疗室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{99m}Tc	液态、低毒	使用	3.70E+10	3.70E+07	9.25E+12	显像（诊断）	很简单的操作	2号楼住院楼1楼核医学科	2号楼住院楼1楼核医学科储源室
2	^{131}I (甲吸)	液态、中毒	使用	5.55E+06	5.55E+05	1.39E+09	甲吸（诊断）	简单操作	2号楼住院楼1楼核医学科	2号楼住院楼1楼核医学科储源室
3	^{131}I (甲亢)	液态、中毒	使用	2.78E+09	2.78E+08	6.95E+11	甲亢（治疗）	简单操作	2号楼住院楼1楼核医学科	2号楼住院楼1楼核医学科甲亢/甲癌服碘室自动分装仪内
4	^{131}I (甲癌)	液态、中毒	使用	1.67E+10	1.67E+09	8.34E+11	甲癌（治疗）	简单操作	2号楼住院楼1楼核医学科	2号楼住院楼1楼核医学科甲亢/甲癌服碘室自动分装仪内
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	SPECT-CT	III	1	型号待定	150	1000	放射诊断	2 号楼住院楼 1 楼核医学科 SPECT-CT 扫描室	/
2	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1	型号未定	125	1000	放射诊断/介入治疗	1 号楼急诊医技楼 1 楼 DSA 手术室 1	/
3	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1	型号未定	125	1000	放射诊断/介入治疗	1 号楼急诊医技楼 1 楼 DSA 手术室 2	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科								
核医学科放射性固废：一次性注射器、口罩、口杯、擦拭纸和空药瓶、手套、塑料袋等	固态	^{99m}Tc 、 ^{131}I	/	/	1100kg	β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ；经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平	放射性废物暂存库内设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物分开存放，暂存至贮存计划周期	暂存衰变经过监测达标后，按医疗废物处理。
核医学科排风口更换下的活性炭	固态	^{99m}Tc 、 ^{131}I	/	/	480kg			
核医学科放射性废液：排泄废水、清洗废水、淋浴废水	液态	^{99m}Tc 、 ^{131}I	/	/	241m^3	衰变池存满181天直接排放	放射性废水通过专用管道排至衰变池暂存	经衰变池收集贮存到排水计划周期后排入医院污水处理站
核医学科放射性废气	气态	^{99m}Tc 、 ^{131}I	/	/	/	排口浓度最大为 $2.89\text{E}+03\text{Bq}/\text{m}^3$	不暂存	通过核医学科独立的排风系统引至屋顶高于屋面3m排放，在排风管道前端和末端设置活性炭过滤并在出口处设置雨帽
臭氧及氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	不暂存	通过排风管道引至屋顶排放，直接进入大气，常温常态常压的空气中臭氧50分钟可自动分解为氧气

射线装置								
名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为50分钟，可自动分解为氧气
医疗废物（DSA手术室）	固态	/	/	/	含少量废造影剂的输液瓶（110kg/a）、废药棉（105kg/a）、废纱布（95kg/a）、废手套（130kg/a）	/	暂存至院区的医疗废物暂存间	采用专门的容器集中收集后，委托有资质单位定期处置。
生活垃圾	液态	/	/	少量	少量	/	暂存至院区生活垃圾暂存间	由医院进行统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运
医疗废水、生活废水	液态	/	/	少量	少量	/	不暂存	经院区污水处理站处理达到预处理标准后经市政管网排入乐山市海天污水处理厂处理达标后排入岷江

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

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

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第9号，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订本），中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日修订；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起实施；</p> <p>4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，中华人民共和国国务院令第四49号，2019年3月2日修订，2005年12月1日起施行；</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订本），国务院令第六82号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修订本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2020年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>8) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400号；</p> <p>9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第十八号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，2017年12月5日起实施；</p> <p>11) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号，2016年6月1日实施；</p> <p>12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部部令第九号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019</p>
------------------	---

	<p>年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>16) 《国家危险废物名录》（2021年版），生态环境部令第15号，2020年11月5日通过，自2021年1月1日起施行；</p> <p>17) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行；</p> <p>18) 《关于发布放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005年 第62号）；</p> <p>19) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行；</p> <p>20) 《核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》生态环境部（国家核安全局）2017年9月26日发布；</p> <p>21) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，原环境保护部办公厅环办辐射函〔2016〕430号，2016年3月7日公布并实施；</p> <p>22) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，原环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局 2017年公告第65号，自2018年1月1日起施行；</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>7) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），《关于核医学标准相关条款咨询的复函》，中华人民共和国生态环境部辐射函〔2023〕20号，2023年9月13日发布并实施；</p> <p>8) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>9) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p>

	<p>10) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）；</p> <p>11) 《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）</p> <p>12) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）</p> <p>13) 《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017）</p> <p>14) 《表面污染测定 第1部分：β发射体（$E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）</p> <p>15) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p>
其他	<p>参考资料：</p> <p>1) 《2022 年全国辐射环境质量报告》，中华人民共和国生态环境部；</p> <p>2) 《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社）；</p> <p>3) NIST estar 数据库；</p> <p>4) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS/T613-2018）；</p> <p>5) 《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社）；</p> <p>6) 《Protection Against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine》（ICRP REPORT NO.33）</p> <p>7) 《STRUCTURAL SHIELDING DESIGN FOR MEDICAL X-RAY IMAGING FACILITIES》NCRP REPORT NO.147；</p> <p>8) 《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》（Published by Nuclear Technology Publishing）</p>

表 7 保护目标与评价标准

本项目为使用V类放射源、II类射线装置、III类射线装置项目和乙级非密封放射性物质工作场所项目，根据《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“非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙级取半径50m范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为核医学科、衰变池、DSA手术室各实体屏蔽物边界外50m的范围。具体50m范围区域见附图2。

保护目标

本项目核医学科工作场所、DSA手术室拟建址周围50m范围内环境保护目标为：

1. 本项目核医学科工作场所、DSA手术室操作及相关的辐射工作人员；
2. 本项目所在院区2号楼住院楼、1号楼急诊医技楼内的公众，50m范围内的4号楼行政后勤楼、5号楼能源中心、交通连廊一、交通连廊二、院区道路及绿化、非机动车停车场、规划道路和阳光玖著小区的公众。

本项目50m内环境保护目标见表7-1所示。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

名称	保护对象	方位与最近距离	规模	剂量约束值 (mSv/a)
2号楼住院楼1楼核医学科工作场所周围				
辐射工作场所	辐射工作人员	/	7名辐射工作人员	5.0
污洗去污区	周围公众	东侧 紧邻	预计10人	0.1
院区道路及绿化	周围公众	南侧和西侧 紧邻	预计200人	0.1
污梯、污物通道、院区道路及绿化	周围公众	北侧 紧邻	预计230人	0.1
血透中心、卫生间、缓冲间、新风机房、水处理、空桶间、配液间兼避难间、医废暂存	周围公众	楼上 紧邻	预计50人	0.1
送风机房、过厅、病案库二、消防水池一、疏散走道	周围公众	楼下 紧邻	预计20人	0.1
2号楼住院楼	周围公众	核医学科所在楼栋	50m范围内预计600人	0.1
交通连廊一	周围公众	东侧 最近43m	50m范围内预计100人	0.1
1号楼急诊医技楼	周围公众	南侧 最近24m	50m范围内预计400人	0.1
4号楼行政后勤楼	周围公众	西侧 最近43m	50m范围内预计30人	0.1

5号楼能源中心	周围公众	西侧 最近43m	50m范围内预计 20人	0.1
交通连廊二	周围公众	西南侧 最近 38.7m	50m范围内预计 100人	0.1
规划道路	周围公众	北侧 最近27.3m	50m范围内预计 300人	0.1
阳光玖著小区	周围公众	北侧 最近45m	50m范围内预计 50人	0.1
衰变池周围				
非机动车停车场	周围公众	东侧 最近13.5m	50m范围内预计 150人	0.1
规划道路	周围公众	北侧 最近4.7m	50m范围内预计 300人	0.1
阳光玖著小区	周围公众	北侧 最近22.4m	50m范围内预计 300人	0.1
5号楼能源中心	周围公众	西侧 最近44.3m	50m范围内预计 40人	0.1
2号楼住院楼	周围公众	南侧 最近16.2m	50m范围内预计 600人	0.1
院区道路及绿化	周围公众	顶部及四周 最 近紧邻	50m范围内预计 200人	0.1
DSA手术室1周围				
DSA手术室1		/		
控制室1	辐射工作人员	东侧 紧邻	28名辐射工作人员	5.0
洗手消毒、更衣		东侧 紧邻		
谈话间	周围公众	东侧 紧邻	预计10人	0.1
患者通道	周围公众	南侧 紧邻	预计30人	0.1
病员通道1	周围公众	西侧 紧邻	预计15人	0.1
设备间1	辐射工作人员	西侧 紧邻	预计2人	5.0
污物打包1	周围公众	西侧 紧邻	预计2人	0.1
院区道路及绿化	周围公众	北侧 紧邻	预计200人	0.1
功能检查科候诊区	周围公众	楼上 紧邻	预计50人	0.1
地下停车场	周围公众	楼下 紧邻	预计10人	0.1
DSA手术室2周围				
DSA手术室2		/		
控制室2	辐射工作人员	西侧 紧邻	28名辐射工作人员	5.0
洗手消毒、更衣		西侧 紧邻		
配电房	周围公众	西侧 紧邻	预计2人	0.1
患者通道	周围公众	南侧 紧邻	预计20人	0.1
病员通道2	周围公众	东侧 紧邻	预计15人	0.1
设备间2	辐射工作人员	东侧 紧邻	预计2人	5.0
污物打包2	周围公众	东侧 紧邻	预计2人	0.1
院区道路及绿化	周围公众	北侧 紧邻	预计200人	0.1
功能检查科候诊区	周围公众	楼上 紧邻	预计50人	0.1
排烟机房	周围公众	楼下 紧邻	预计2人	0.1
DSA手术室1、DSA手术室2整体50m范围				
1号楼急诊医技楼	周围公众	DSA手术室所在 楼栋	50m范围内预计 400人	0.1
2号楼住院楼	周围公众	北侧 最近24m	50m范围内预计	0.1

			600人	
交通连廊一	周围公众	东侧 最近31.6m	50m范围内预计 100人	0.1
交通连廊二	周围公众	西南侧 最近 40.3m	50m范围内预计 100人	0.1

评价标准

1. 电离辐射标准

1.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	要求
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv ③眼晶体的年当量剂量，150mSv ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

4.3.2 剂量限制和潜在照射危险限制

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

4.3.2.2 应对个人所受到的潜在照射危险加以限制，使来自各项获准实践的所有潜在照射所致的个人危险与正常照射剂量限值所相应的健康危险处于同一数量级水平。

表 7-3 表面污染控制水平 单位：Bq/cm²

表面类型		β放射性物质
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

表 7-4 非密封源工作场所的分级

级 别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4×10 ⁹
乙	2×10 ⁷ ~4×10 ⁹
丙	豁免活度值以上~2×10 ⁷

8.5 放射性废物管理

8.5.1 注册者和许可证持有者应确保在现实可行的条件下，使其所负责实践和源所产生的放射性废物的活度与体积达到并保持最小。

8.5.2 注册者和许可证持有者应按照本标准和国家其他有关法规与标准的要求，对其所负责实践和源所产生的放射性废物实施良好的管理，进行分类收集、处理、整备、运输、贮存和处置，确保：

a) 使放射性废物对工作人员与公众的健康及环境可能造成的危害降低到可以接受的水平；

b) 使放射性废物对后代健康的预计影响不大于当前可以接受的水平；

c) 不给后代增加不适当的负担。

8.5.3 注册者和许可证持有者进行放射性废物管理时，应充分考虑废物的产生与管理各步骤之间的相互关系，并根据所产生废物中放射性核素的种类、含量、半衰期、浓度以及废物的体积和其他物理与化学性质的差别，对不同类型的放射性废物进行分类收集和分别处理，以利于废物管理的优化。

8.6 放射性物质向环境排放的控制

8.6.1 注册者和许可证持有者应保证，由其获准的实践和源向环境排放放射性物质时符合下列所有条件，并已获得审管部门的批准：

a) 排放不超过审管部门认可的排放限值，包括排放总量限值和浓度限值；

b) 有适当的流量和浓度监控设备，排放是受控的；

c) 含放射性物质的废液是采用槽式排放的；

d) 排放所致的公众照射符合本标准附录 B（标准的附录）所规定的剂量限制要求；

e) 已按本标准的有关要求使排放的控制最优化。

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放注量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

1.2 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）**6.1 屏蔽要求**

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.6 放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.7 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

1.3 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）**5.1 一般要求**

5.1.5 在随机文件中关于滤过的内容，应符合：

c)除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl ；

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效面积、最小单边长度要求见表 7-6。

表 7-6 不同类型 X 射线设备机房的使用面积及单边长度要求

机房类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
单管头 X 射线机	20	3.5
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

6.2.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求：

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求见表 7-7。

表 7-7 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT）	2.5	

6.3.1 机房辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时，周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

1.4 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）

一、关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALImin ($9\text{E}+5$ 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALImin ($9\text{E}+6$ 贝可)。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

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

二、关于控制区剂量率

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。本条规定的具体含义为：

1.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ），周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2.控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目管理目标

医院综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），结合开展诊疗项目后预计收治病人数，职业人员年有效剂量按上述标准规定的约束限值的1/4执行：即辐射工作人员年有效剂量约束值不超过 5mSv ；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv ；眼晶体的年当量剂量率约束值为 37.5mSv 。公众年有效剂量约束限值按照上述标准的1/10执行，即不超过 0.1mSv 。

辐射场所剂量率控制水平：

核医学科场所

SPECT-CT机房周围30cm处的周围剂量当量率不超过**2.5 μ Sv/h**；

控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ），周围剂量当量率应小于 **2.5 μ Sv/h**。

控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于**10 μ Sv/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**2.5 μ Sv/h**，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于**25 μ Sv/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**2.5 μ Sv/h**。

DSA手术室

2间DSA手术室周围30cm处的周围剂量当量率不超过**2.5 μ Sv/h**。

放射性废物管理

固体放射性废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）“7.2.3 固体放射性废物处理”以及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“4.2.5 解控”规定，结合本项目核素特征确定管理目标：

A) 固体放射性废物暂存时间满足 B)，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 0.8 Bq/cm² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物/危险废物处理：

B) 针对半衰期大于 24 小时的相关固体放射性废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

C) 不能解控的固体放射性废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体应小于 4 Bq/cm²。

D) 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。

E) 已通知或已获准实践中的源（包括物质、材料和物品），如果符合审管部门规定的清洁解控水平，则经确认，可以不再遵循本标准的要求，即可以将其解控。

除非审管部门另有规定，否则清洁解控水平的确定应考虑 GB 18871-2002 附录 A（标准的附录）所规定的豁免准则，并且所定出的清洁解控水平不应高于本标准附录 A(标准的附录)中规定的或审管部门根据该附录规定的准则所建立的豁免水平。

液态放射性废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）“7.3.3 放射性废液排放”、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“4.2.5 解控”规定以及生态环境部辐射源安全监管司 2023 年 9 月 11 日《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）结合本项目核素特征确定管理目标：

本项目含废水设置的排水周期为 181 天，暂存满 181 天后，可直接排放；

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

气态放射性废物

①根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）5.2.3规定确定管理目标：

核医学工作场所的通风按表1要求，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手套箱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/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。

②根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）“6.2.2”“6.3 密闭和通风要求”和“7.4 气态放射性废物的管理”规定确定管理目标：

A) 核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

B) 放射性物质的分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭

设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行。手套箱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

C) 手套箱应有足够的通风能力。设有手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

D) 产生气态放射性废物的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。单独的排风系统意为手套箱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体可汇入到一个主管道中排放。

E) 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固体放射性废物进行收集、处理。

2.环境保护标准

根据已获得批复（乐中环审〔2021〕4号）的包括本项目各手术室所在主体建筑在内的《乐山市市中区人民医院整体搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书》，结合现行最新国家标准，本项目应执行的环境保护标准如下：

2.1.环境质量标准

- (1) 地表水执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准；
- (2) 环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准；
- (3) 声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

2.2.污染物排放标准

- (1) 医疗废水排放执行《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；
- (2) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (3) 医疗废物的贮存和处理执行《医疗废物管理条例》（国务院令308号）《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）；
- (4) 施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）运营期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目所在的新院区东侧为规划道路；西侧为金紫街；南侧为杨山路；北侧为规划道路。院区周边环境概况图见附图 2。1 号楼、2 号楼、项目周围、情况见表 8-1。

表 8-1 本项目辐射工作场所及所在建筑周边情况

建筑名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新院区	规划道路	杨山路	金紫街	规划道路	/	/
1 号楼急诊医技楼	1 号楼门诊楼	院区道路及绿化	院区道路及绿化	院区道路及绿化	/	/
2 号楼住院楼	院区道路及绿化	院区道路及绿化	院区道路及绿化	院区道路及绿化	/	/
辐射工作场所名称	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
核医学科	污洗去污区、污梯、楼梯	院区道路及绿化	院区道路及绿化	污梯、污物通道、院区道路及绿化	配液间兼避难间、新风机房、空桶间、水处理、医废暂存、缓冲、卫生间、护师站、血透中心、机房	送风机房、过厅、病案库二、疏散走道、消防水池一
DSA 手术室 1	控制室 1、洗手消毒更衣、谈话间	患者通道	病员通道 1、设备间 1、污物打包 1	院区道路及绿化	功能检查科候诊区	地下停车场
DSA 手术室 2	污物打包 2、设备间 2、病员通道 2	患者通道	控制室 2、洗手消毒更衣、配电间	院区道路及绿化	功能检查科候诊区	排烟机房



新院区鸟瞰图



新院区建设现场航拍图（1）



新院区建设现场航拍图（2）

图8-1 本项目拟建址现状图

二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目拟建址周围辐射环境。
- 监测因子：本项目拟建址周围天然辐射剂量率和 β 表面沾污水平。

- 监测点位：

γ 辐射剂量率：在新院区均匀布置 9 个点位；50m 范围内在新院区北侧规划道路和阳光玖著小区布置 13 个点位。

β 表面污染：在新院区均匀布置 9 个点位。

- 布点原则：

根据新院区施工现场条件，采取院区内部均匀布点。考虑到 50m 范围，在 50m 范围内的北侧规划道路和阳光玖著绿化各布置 1 个监测点位。考虑现场实际情况，在室外距地面 1m 高度处进行。在测量 β 表面污染时，考虑到源的效率，应该与检定条件一致，在不污染探头的前提下将探头尽可能靠近地面。

三、监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《表面污染测定 第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max} > 0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008）在新院区周围及内部均匀布置点位，测量 β 表面沾污水平。

质量保证措施：委托的检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加省厅组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行二级审核。

四、监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：四川省永坤环境监测有限公司

四川省生态环境监测业务系统单位资质编号：510106001405

四川省生态环境监测业务系统项目编号：SCSYKHJJCYXGS1247-0001

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（1）计量认证

四川省永坤环境监测有限公司于 2024 年 3 月通过了四川省市场监督管理局的计量认证，证书编号为：242312051074，有效期至 2030 年 3 月 12 日，在有效期内。

（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。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

表8-2 监测仪器及监测环境

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	测量范围	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	1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 中国测试技术研究院 证书编号： 202311000199 检定/校准有效期：	天气：晴 温度： 18°C~21°C 湿度： 55.2%~58.5

			2023.11.02~2024.11.01 校准因子：1.09（使用 137Cs 校准源）	%
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	

监测结果：本项目新增医用核技术利用项目拟建址周围 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 8-3，核医学科 β 表面沾污仪水平监测结果见表 8-4，监测点位见下图（报告见附件 9）。

表 8-3 本项目拟建址周围环境 X- γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境 X- γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1	乐山市市中区人民医院北部（西）	76	1.9	无
2	乐山市市中区人民医院北部（中）	75	1.0	
3	乐山市市中区人民医院北部（东）	76	1.8	
4	乐山市市中区人民医院中部（东）	72	1.2	
5	乐山市市中区人民医院中部（中）	76	1.3	
6	乐山市市中区人民医院中部（西）	77	1.5	
7	乐山市市中区人民医院南部（西）	78	3.1	
8	乐山市市中区人民医院南部（中）	80	2.7	
9	乐山市市中区人民医院南部（东）	80	1.3	
10	乐山市市中区人民医院北侧规划道路	78	2.1	
11	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 3 幢 1 楼	81	2.7	
12	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 3 幢 5 楼	90	2.1	
13	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 3 幢 10 楼	91	1.5	
14	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 3 幢 15 楼	85	1.5	
15	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 3 幢 20 楼	83	1.2	
16	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 4 幢 1 楼	85	1.8	

17	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 4 幢 5 楼	87	3.5	
18	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 4 幢 10 楼	85	1.3	
19	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 4 幢 15 楼	84	1.4	
20	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 4 幢 20 楼	84	1.5	
21	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 21 幢 1 楼	84	1.8	
22	乐山市市中区人民医院北侧阳光玖著小区 21 幢 3 楼	85	1.6	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

表 8-4 本项目拟建址周围环境 β 表面污染水平结果 单位：Bq/cm²

点位	监测位置	β 表面污染水平		备注
		平均值*	标准差	
1	乐山市市中区人民医院北部（西）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	无
2	乐山市市中区人民医院北部（中）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
3	乐山市市中区人民医院北部（东）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
4	乐山市市中区人民医院中部（东）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
5	乐山市市中区人民医院中部（中）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
6	乐山市市中区人民医院中部（西）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
7	乐山市市中区人民医院南部（西）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
8	乐山市市中区人民医院南部（中）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	
9	乐山市市中区人民医院南部（东）	$\leq\text{LLD}_\beta$	/	

注：LLD： LLD_β 代表仪器探测下限。



图8-2 X-γ剂量率、β表污监测点位示意图

根据中华人民共和国生态环境部《2022年全国辐射环境质量报告》中四川省环境 X-γ空气吸收剂量率为 61.9nGy/h~151.8nGy/h。根据监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新增医用核技术利用项目拟建址及周围环境辐射周围空气吸收剂量率为 72nGy/h~91nGy/h，各监测点位的 X-γ空气吸收剂量率低于当地天然本底涨落水平。本项目所在区域β表面污染水平低于检测限，属正常环境本底水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

通过现场勘查核实可知，新院区正在修建，主体建筑工程在已获得批复的院区环评中已进行分析。本项目施工期主要为主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，因此本次评价对于施工期仅进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

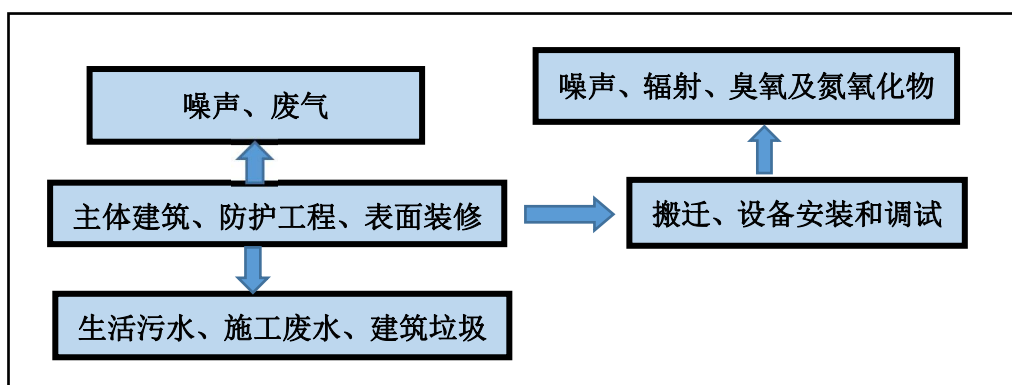


图9-1 本项目核技术利用项目施工期环境影响示意图

施工过程中以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中5.2.2要求，不同类别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不同，根据设计单位提供资料，本项目场所内所有核素用房均拟设置结构屏蔽，地面与墙壁接缝均无缝隙，表面易清洗，分装间内拟设置有手套箱，场所内各房间通风均拟设置特殊的强制通风，拟设置感应式或脚踏式等手部非接触开关控制的洗手盆以及配备去污设备。本项目敷贴治疗室内高1.5m以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其是在患者治疗位置，应铺有可更换的质地较软有容易去污染的铺料。

本项目核医学科场所采用实心砖建成墙体，墙体建成后在部分墙面涂抹40mm、70mm、100mm硫酸钡水泥，硫酸钡水泥表面刮一层腻子后使用无机涂料进行表面装饰；顶部楼板均为400mm混凝土，且在核素病房1和核素病房2顶部涂抹70mm硫酸钡水泥，各房间顶部搭建轻钢龙骨骨架，使用铝扣板进行吊顶；地面为混凝土楼板，然后通过自流平找平层，最后以PVC胶地板面层进行表面装修。

本项目 2 间 DSA 手术室采用相同的屏蔽设计和装修方式：四周墙体为 370mm 实心砖，用无机预涂板进行表面装饰；屋顶为 250mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥，搭设钢结构龙骨，最后采用铝塑板进行表面装修工作；地面为 250mm 混凝土楼板，然后通过自流平找平层，最后做 PVC 胶地板面层；两间 DSA 手术室共 8 扇防护门均为 4mmPb 铅门，2 扇 4mmPb 的铅玻璃观察窗。

本项目风管穿孔位置处均采用不低于墙体防护屏蔽的材料作屏蔽补偿，排水管采用不锈钢材质，3mm 铅皮包裹第一层后再使用 3mm 铅皮包裹第二层。核医学科 SPECT-CT 和 2 间 DSA 手术室电缆均采用“U”型穿墙方式。为防止辐射泄漏，防护门与墙的重叠宽度应至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。所有防护门窗均定制组装完成后送现场安装至预留门洞和窗洞。

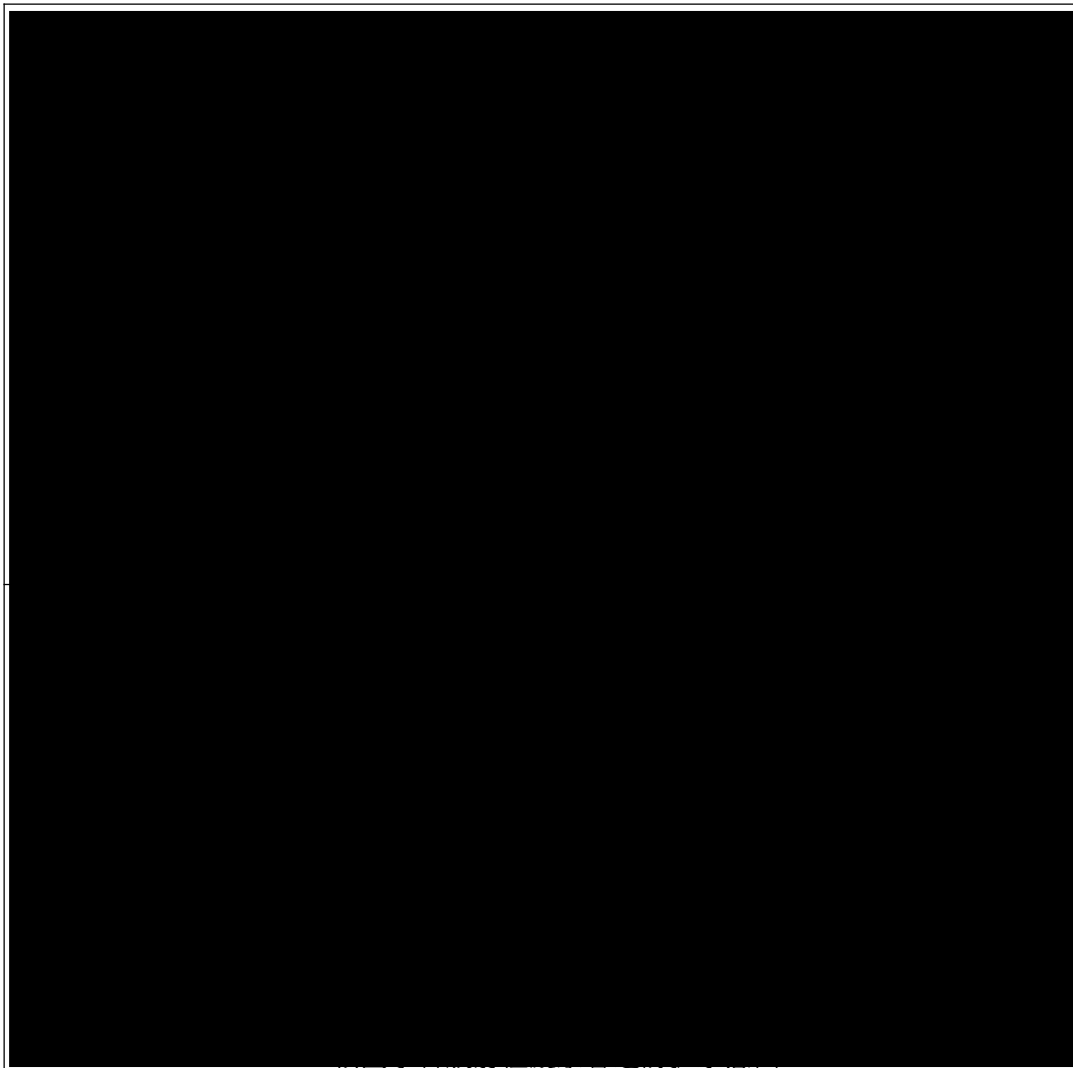


图 9-2 排水管防护与风管穿墙示意图

本项目设备的安装和调试阶段会产生一定的辐射影响，本项目放射源的搬迁、射线装置的运输和射线装置的安装与调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在运输、安装、调试过程中，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，在运输设备和机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备与放射源的车辆和机房上锁。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用射线装置。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

二、运营期工作流程及产物环节分析

（一）核医学科工作场所

1、工程设备

本项目核医学科拟建址位于 2 号楼住院楼一层，核医学科总建筑面积约 448m²，包括核素病房、分装间、SPECT-CT 扫描区、甲吸室、甲测室、甲亢/甲癌服碘室、敷贴室及 ECT 注射室等辐射工作场所。拟使用 ^{99m}Tc、¹³¹I 非密封放射性物质，拟开展甲吸检查、甲亢治疗、甲癌治疗、敷贴治疗及显像检查，并配套使用 1 台 SPECT-CT。同时建设单位在该场所内拟使用含有 1 枚 V 类放射源 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 的敷贴器，用于敷贴治疗。核医学科拟使用核素的参数见表 9-1。

表 9-1 本项目核医学科主要技术参数表

非密封放射性物质						
核素名称	理化性质	半衰期	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线能量/MeV	用途
^{99m} Tc	液体	6.02h	IT（100%）	/	0.14051	显像诊断
¹³¹ I	液体	8.04d	β ⁻ （100%）	0.606	0.364	甲吸检查、甲亢治疗、甲癌治疗
放射源						
核素名称	理化性质	半衰期	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线能量/MeV	用途
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y	固体	29.1a	β ⁻ （100%）	0.54	/	敷贴治疗

SPECT-CT 的基本结构分 3 部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT-CT 将功能显像的 SPECT 与解剖显像的 CT 图像有机融合，提高信噪比，在获取衰减校正后的核医学影像同时与同机 CT 图像融

合，实现 SPECT 的高敏感性优势及 CT 的解剖准确性优势互补，即可显示病变的血液及功能改变，又可显示其解剖学影像，有效提高病灶的检出能力和定位能力，提高疾病诊断的准确率从而大大提高了诊断的效能。常见的 SPECT-CT 外观图见图 9-3。

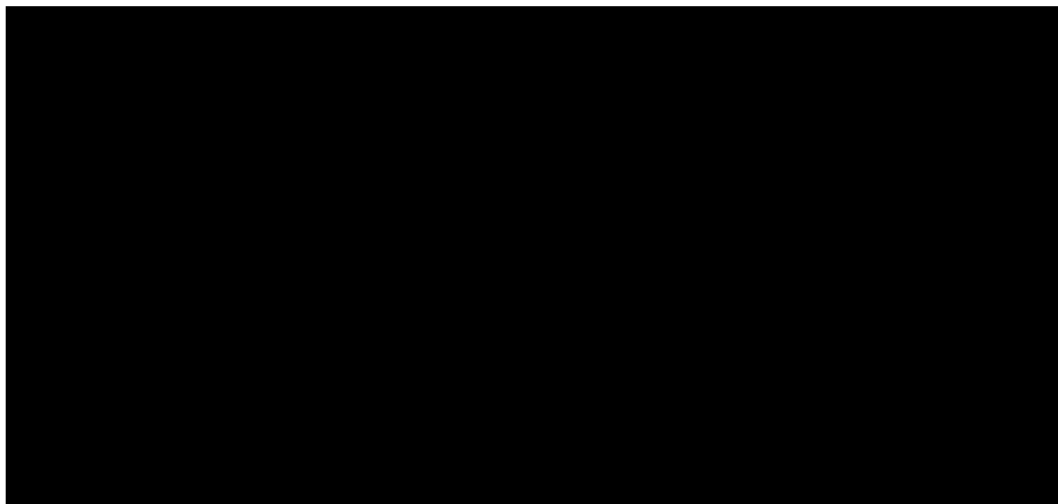


图 9-3 常见 SPECT-CT 外观图

表 9-2 本项目核医学科 SPECT-CT 主要技术参数表

设备名称	工作模式	主射方向	X 射线管/准直器的最低总过滤当量	额定工况		常用工况	
				管电压	管电流	管电压	管电流
SPECT-CT	拍片	东侧、西侧、楼顶、地面	$\geq 2.5\text{mmAl}$	150kV	1000mA	40~100kV	100~600mA

2、工作原理

(1) ^{131}I 甲吸检查工作原理

核素 ^{131}I 功能试验是了解甲状腺碘代谢的常用方法。甲状腺具有摄取和浓聚碘的能力，碘参与甲状腺激素合成、分泌的全过程。患者在空腹条件下，口服放射性 ^{131}I 后，经胃肠吸收并随血流进入甲状腺，并迅速被甲状腺滤泡上皮细胞摄取，其摄取量与速度与甲状腺的功能密切相关。因此，利用甲状腺功能测定仪获得不同时间的甲状腺摄碘率，以此来评价甲状腺的功能状态。

(2) ^{131}I 甲亢治疗工作原理

甲亢治疗是利用甲状腺具有强大的聚碘功能，口服一定量的碘 ^{131}I 后，可被甲状腺组织大量摄取。 ^{131}I 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）。甲状腺组织被破坏后逐渐坏死，并纤维化，从而减少甲状腺激素的合成和分泌，达到类似于甲状腺全切除

的目的。

（3） ^{131}I 甲癌治疗工作原理

一般来说，甲癌病人在颈部的病灶可以通过手术切除，但是有一些病灶是超出了颈部或者是颈部病灶很广泛，甲状腺腺体组织没有完全切除干净，一般可进行 ^{131}I 治疗。利用特异性抗体作为载体，与能释放 β 射线或 γ 射线的放射性核素结合，借助抗体的靶向作用，与肿瘤组织特异性结合，使肿瘤组织区域浓聚大量的放射性核素，并滞留一定时间，放射性核素在衰变过程中发射出 β 射线或 γ 射线，通过射线的辐射作用破坏或干扰肿瘤细胞的结构和功能，起到抑制、杀伤或杀死肿瘤细胞的作用。

（4） $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗工作原理

放射性核素敷贴治疗是使用放射性核素(一般选用 β 射线发射体)，如把 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器紧贴于病变的表面，对表浅病变进行外照射治疗。某些病变对 β 射线较敏感，经电离辐射作用，微血管发生萎缩、闭塞等退行性改变，某些症经照射后引起局部血管渗透性改变、白细胞增加和吞噬作用增强而获得治愈；增生性病变经辐照后细胞分裂速度变慢使病变得以控制，从而可达到治疗目的的一种治疗方法。

（5）SPECT-CT显像工作原理

SPECT-CT 即单光子发射计算机断层成像术（Single-Photon Emission Computed Tomography），本项目 SPECT-CT 利用发射单光子的核素药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行检查，将放射性药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT-CT 的基本成像原理是 γ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的 γ 光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。SPECT-CT 除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。

3、工作流程及产污环节

（1） ^{131}I 甲吸检查

A.测定流程

本项目甲吸检查使用量为 0.015mCi ，根据预约的患者量向供药公司订购非密封放射性物质 ^{131}I ，并由供药公司运输到医院， ^{131}I 存放在储源室内。辐射工作人

员将药物从储源室内取出放到分装间的手套箱中进行分装，分装完成后由辐射工作人员（穿戴各类防护用品）通过给药窗送至甲吸室，指导患者服下。

B.产污环节

甲吸检查过程会产生 β 、 γ 射线、韧致辐射、 β 表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的韧致辐射；清洁过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物；同时 β 射线 γ 射线电离空气产生微量臭氧和氮氧化物。

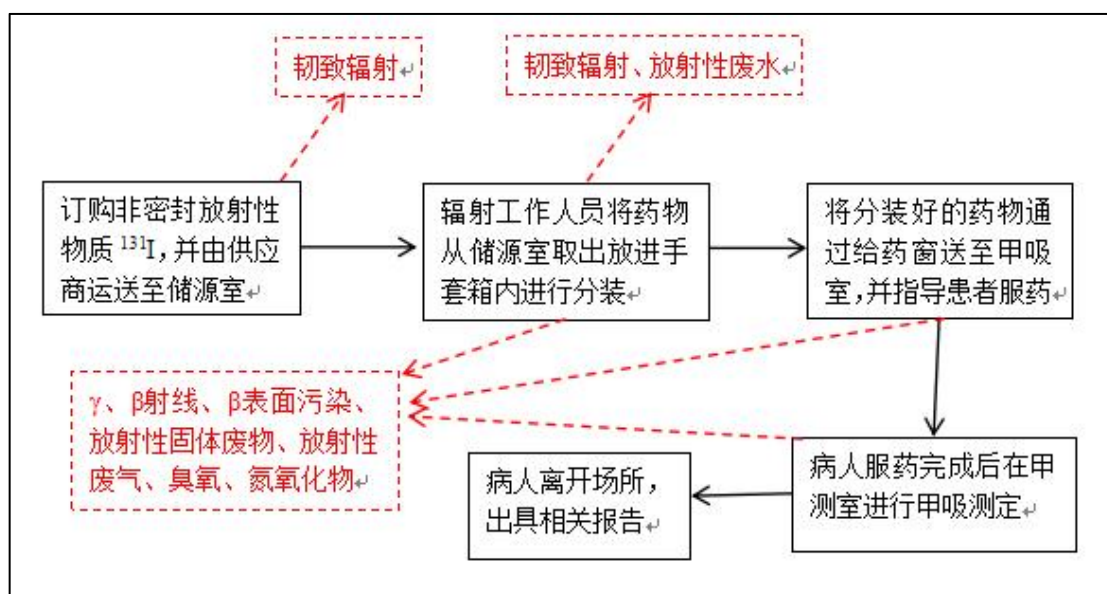


图 9-4 甲吸检查流程图

(2) ^{131}I 甲亢治疗

A.治疗流程

本项目甲亢治疗使用量为15mCi，根据预约的患者量向供药公司订购非密封放射性物质 ^{131}I ，并由供药公司运输到医院，存放在甲亢/甲癌服碘室的自动分装仪内。辐射工作人员在分装间操控自动分装仪进行药物分装，分装完成后由辐射工作人员指导患者服下，患者服药后在留观室观察，留观结束后离开辐射工作场所。

B.产污环节

甲亢治疗过程会产生 β 射线、 γ 射线、韧致辐射、 β 表面污染、放射性废水、

放射性固废、放射性废气。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程及患者服药过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的韧致辐射；清洁过程及患者留观时产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物；同时 β 射线、 γ 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

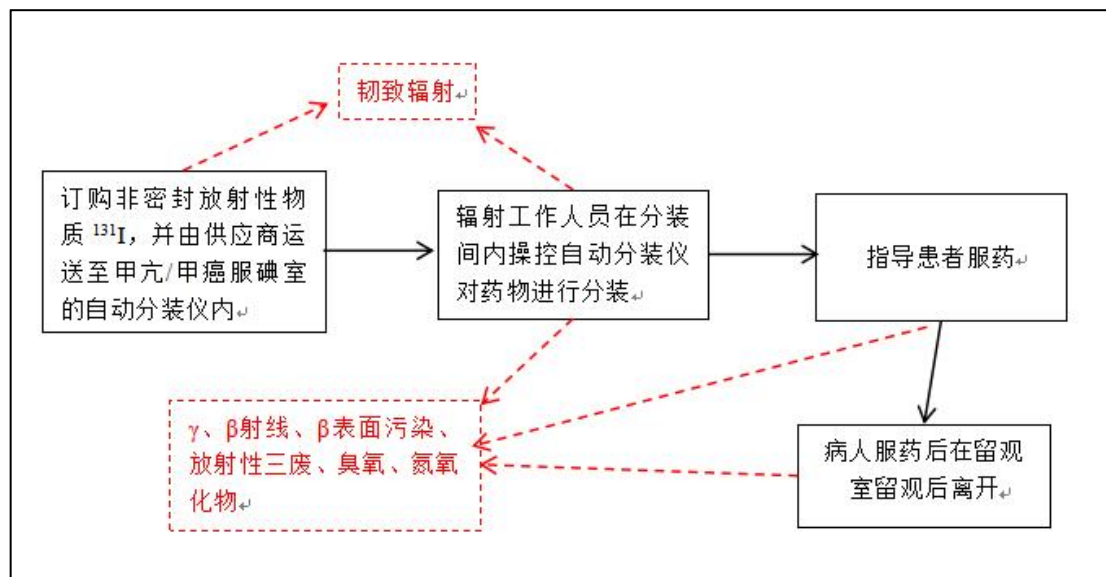


图 9-5 甲亢治疗流程图

(3) ^{131}I 甲癌治疗

A. 治疗流程

由于甲癌患者服药剂量较大，根据建设单位介绍，本项目甲癌患者最大服药量为 150mCi 。从某种程度上讲，服药患者相当于一个流动的放射源，在一段时间内，对近距离接触的公众可能产生 γ 外照射，并且患者排泄物也会对环境可能产生一定的影响。因此，甲癌患者通常采取住院治疗，住院时间3~5天，达到出院标准后方可出院，医院再进行下一患者治疗。

①首先详细询问病史、临床表现，进行相关体格检查后进行相关辅助检查：甲功（TT3、FT3、T4、FT4、TSH、Tg、TgAb）、颈部超声、肝肾功能等；

②根据患者病史、症状及体征并结合辅助检查结果进行病情评估，办理住院手续拟行 ^{131}I 治疗；

③ ^{131}I 治疗前，向患者详细说明治疗过程，并说明治疗的禁忌症及可能出现的不良反应和副作用，详细宣教 ^{131}I 治疗后对周围人群的辐射防护；

④治疗方案制定：由科室副主任医师或以上人员根据患者病情进行治疗方案的制定；

⑤治疗前说明该治疗可能导致的不良反应及副作用之后，取得患者同意，签署知情同意书，准备治疗；

⑥治疗前嘱患者停用甲状腺片、优甲乐、雷替斯等甲状腺制剂、含碘食物药物1~2周，治疗当日空腹；

⑦¹³¹I治疗药物剂量：根据患者病史、病情及相关辅助检查结果进行药物剂量的确定；

⑧¹³¹I药物准备：主管医师根据确定的治疗方案中的¹³¹I剂量向厂家订购，厂家根据用量进行配送，并将药物放入甲亢/甲癌服碘室的自动分装仪内；本项目使用自动分装仪和对讲装置，因此实际在甲癌治疗过程中，辐射工作人员在分装间操控自动分装仪进行药物分装。服药过程可通过对讲装置指导患者将药品服下；

⑨主管医师负责患者的管理，即接诊→开具辅助检查申请单→诊断确认→病历病程书写→治疗前谈话→药物准备→治疗实施的整个过程，必要时可请相关科室会诊；

⑩治疗完毕嘱告知患者治疗后注意事项、颈部及全身可能出现的不良反应，如出现不良反应由病房当班医师给予相应对症处理；

⑪甲状腺癌¹³¹I治疗患者服用药物后禁止外出，仅允许在病房内部自由活动，服药后住院观察，如无明显不良反应则准予出院，并告知患者出院后注意事项、药物使用及复诊时间和内容；

⑫患者离开前在检测区进行检测，确保患者出院时体内放射性活度不超过400MBq或距离患者体表1m处的周围剂量当量率不大于25μSv/h。患者出院后清洁人员进行病房内的清洁工作，更换被套、转运放射性固体废物等。

B.产污环节

甲癌治疗过程会产生β、γ射线、韧致辐射、β表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗

物等放射性固体废物；操作过程产生的韧致辐射；清洁过程及患者住院时产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物；同时β射线、γ射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

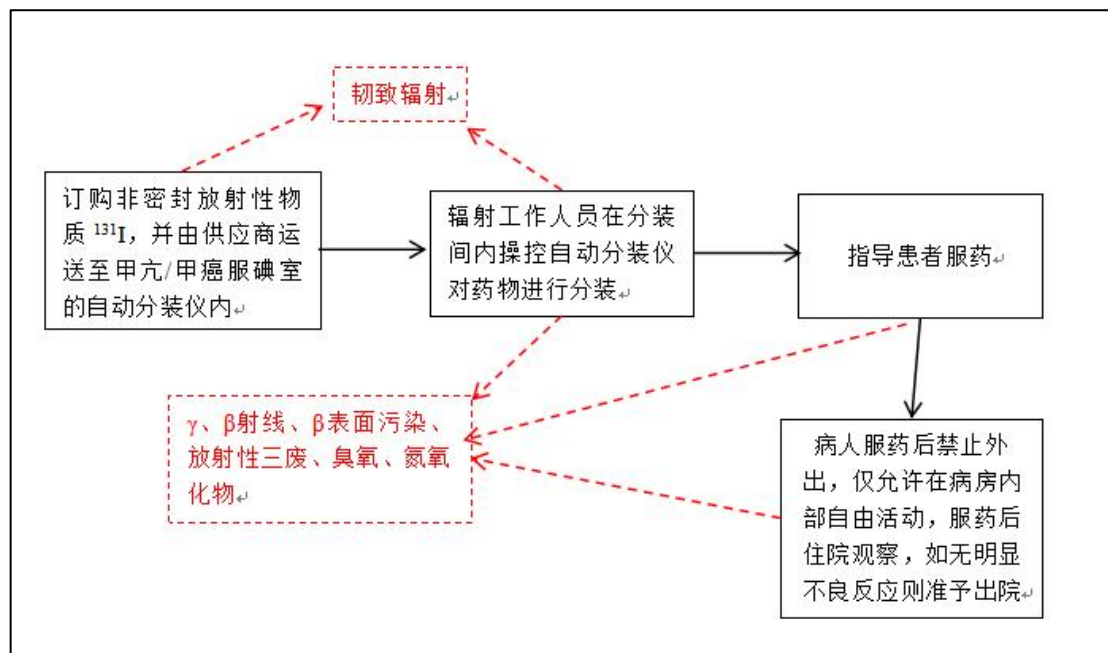


图 9-6 甲癌治疗流程图

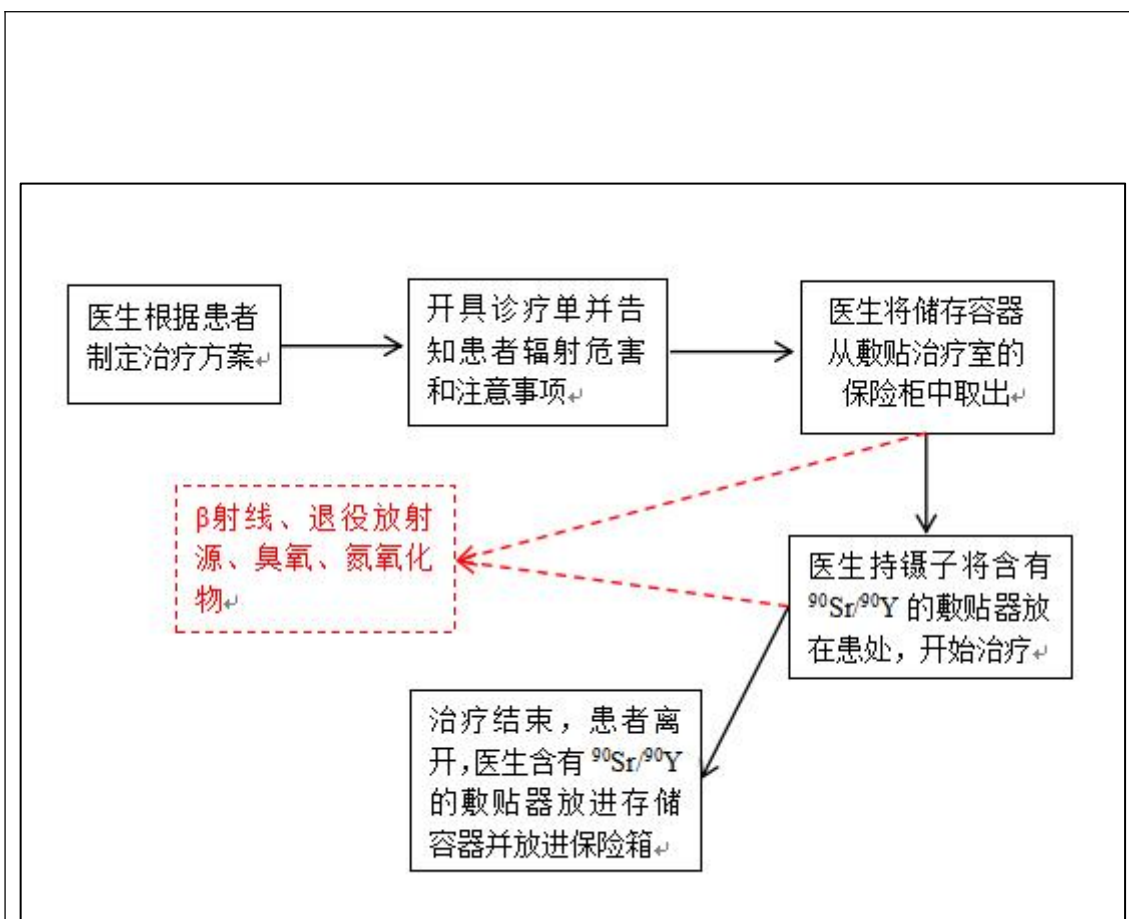
(4) $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗

A. 操作流程

含有 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 的敷贴器保存在核医学敷贴治疗室的保险柜中。患者进入敷贴治疗室后，医师根据患者病变的大小、厚薄及部位的不同，选择不同的剂量和疗程，确定每次照射时间；治疗时，医师打开存储容器，持手柄取出敷贴器放在患处，治疗完毕，医师将含有 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 的敷贴器放回存储容器，将存储容器放回保险柜中。

B. 产污环节

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器经一段时间的使用后，其活度会降低至不适宜用于治疗，届时建设单位拟对不能使用的 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器进行密封源退役处理，退役的放射源由生产厂家回收处置，若生产厂家不能回收，则应交有收贮资质的单位回收处置。

图 9-7 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗流程图

(5) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物均为外购，其分装、注射和显像流程如下：

辐射工作人员将药物从2号楼住院楼一层核医学科储源室中取出到分装间手套箱内分装（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等），辐射工作人员分装好的药物对患者进行注射，患者注射完药物后进入注射后等候室，观察等待时间约5min。等待结束后注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的患者进入SPECT-CT扫描室，扫描结束后患者休息一定时间后可直接离开。

B.产污环节

分装、给药及显像诊断过程会产生 γ 、X射线、 β 表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如给药使用放射性药物的注射器、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物；同时 γ 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。SPECT-CT开机过程中将产生的X射线，X射线电离空气可能产生的极少量臭氧及氮氧化

物。

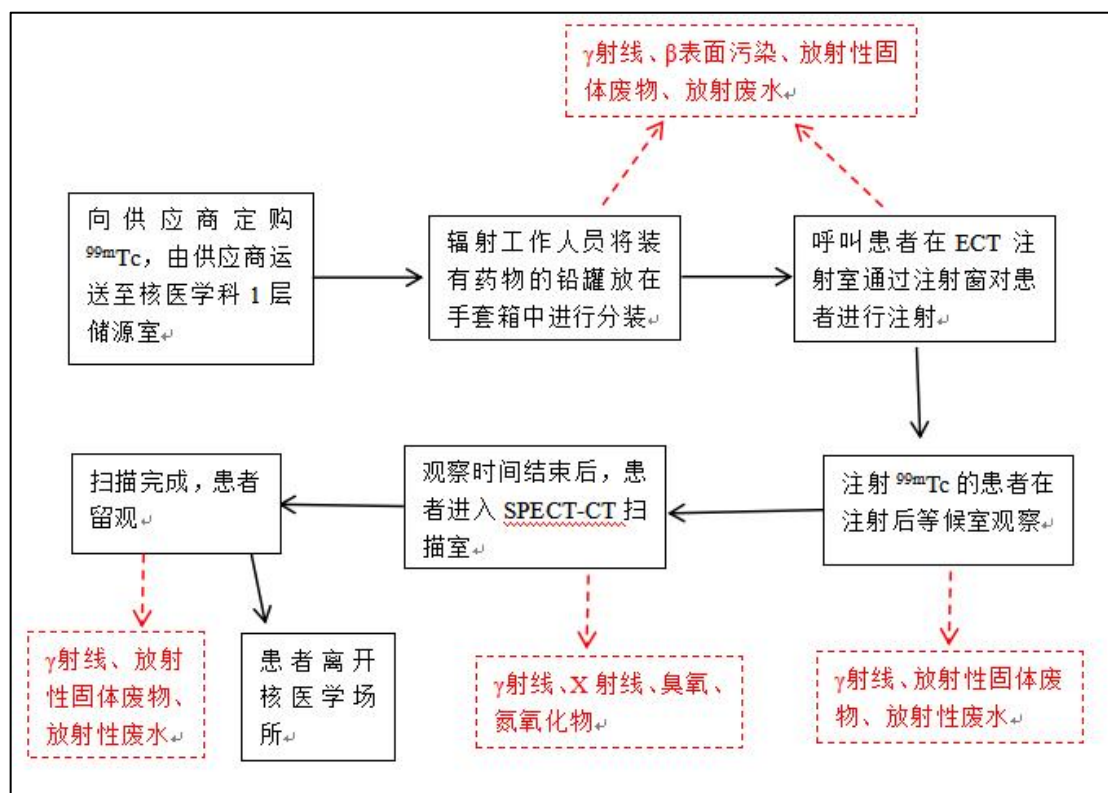


图 9-8 ^{99m}Tc 分装、注射和显像流程图

4.人流物流路径

①辐射工作人员：

分装间：每日医护人员由2号楼住院楼西侧大门通过注射前等候区经一更二更进入分装间。每日工作结束待所有患者检查结束后，所有医护人员在二更换好衣物，并进行表面污染检测，检测放射污染合格，才能回到非放射工作场所。

敷贴治疗室、甲测室：每日医护人员由2号楼西侧大门进入核医学科，经过注射器前等候室通过走廊分别进入敷贴治疗室和甲测室，治疗和检测完成之后医护人员由南侧出口离开或者原路返回诊室。

SPECT-CT扫描室：每日技师由2号楼西侧大门进入核医学科，进走廊进入SPECT-CT扫描室控制室。每日工作结束待所有患者检查结束后，通过南侧出口离开核医学科。

②患者：

敷贴患者：患者通过2号楼住院楼西侧大门进入核医学科，经过注射前等候室通过走廊进入敷贴治疗室，完成治疗后通过南侧出口离开核医学科。

甲吸患者：患者通过2号楼住院楼西侧大门进入核医学科，经过注射前等候

室通过走廊进入甲吸室、甲测室，完成检查后经过缓冲间离开核医学科。

甲亢患者：患者通过2号楼住院楼西侧大门进入核医学科，通过分装间北侧走廊进入甲亢/甲癌服碘室，服药后从南侧走廊到留观室，留观后通过缓冲间离开核医学科。

^{99m}Tc 患者：患者通过2号楼住院楼西侧大门进入核医学科，经过注射前等候室通过走廊进入ECT注射室，完成注射后进入注射后等候室，再进入SPECT-CT扫描室，完成扫描后进入留观室，经过缓冲间离开核医学科。

甲癌患者：患者通过2号楼住院楼西侧大门进入核医学科，通过分装间北侧走廊进入甲亢/甲癌服碘室，服药后通过东侧防护门进入对应的核素病房，病房均配有独立卫生间，减少了患者在房间外走动的频率。完成治疗后，患者离开前，在缓冲间进行检测，确保患者出院时体内放射性活度不超过400MBq或距离患者体表1m处的周围剂量当量率不大于25 $\mu\text{Sv/h}$ 。

因此，医院拟控制每个时段就诊患者数量，前一位病人注射（服药）完进入注射后等候室（留观室）后，医师通知下一位病人进行注射（服药），同理，当上一位病人扫描完从通道离开后，方通知下一位病人进行扫描。本项目线路设置可有效避免带有放射性的病人对其它人员造成不必要照射。

本项目核医学科人流路径示意图见图9-9。

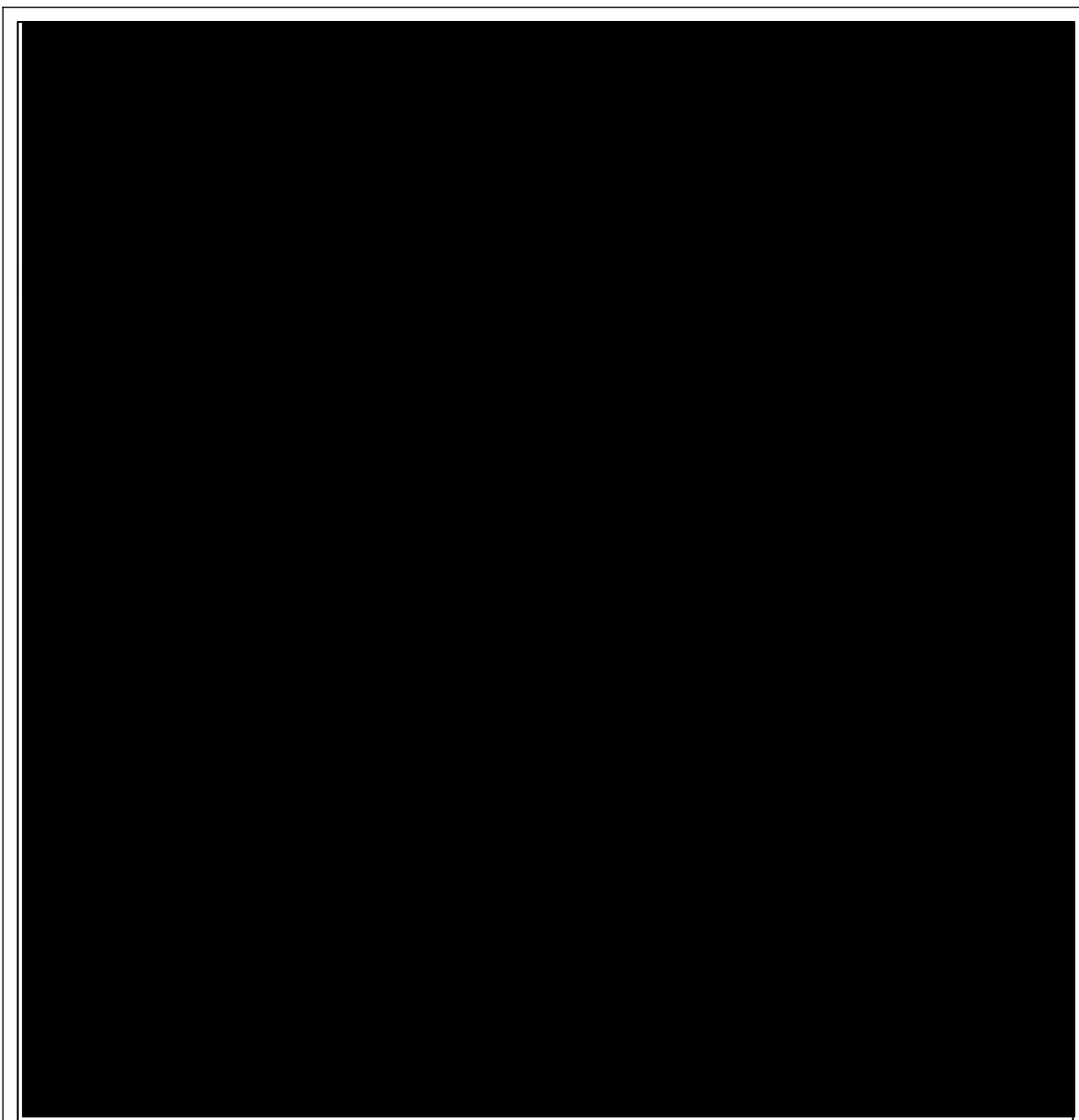


图9-9-本项目核医学科人流路径示意图

③药物及废物通道

药物运入：

医院根据患者预约情况提前1天向厂家预约，当日早上由值班医护人员接应，厂家在用药当天医护人员上班前将核素送到核医学科，从2号楼住院楼西侧大门进入核医学科由分装间北侧走廊将甲亢和甲癌的 ^{131}I 送至甲亢甲癌服碘室的自动分装仪内，将甲吸的 ^{131}I 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 运至储源室。如有剩余药物，则在用药第二天上班前由厂家连同铅罐一并取得。药物运送时避开人流集中时间段，不与医护人员、患者出入时间交叉，符合要求。

废物运出：

放射性同位素操作过程中产生的如一次性注射器、手套、棉签、药瓶、吸水纸等带微量放射性同位素的固体废弃物，由分装间、甲吸室、甲测室、ECT注射室、注射后等候室、留观室、各病房等房间内铅废物暂存桶收集，所有废物集中分类收集工作在患者和医护人员均离开后开展。门诊区的放射性废物收集后暂存于区域内的废物间1内，治疗区的放射性废物收集后暂存于区域内的废物间2内，均在铅废物存储罐进行贮存衰变，经检测达标后经缓冲间运至院区存放普通医疗废物的医疗废物暂存间。对于患者使用过的被服应放在污被间内先进行存放衰变，衰变至少一个半衰期再进行清洗。废气排风口设置的活性炭过滤器更换下的过滤装置作为放射性固废处理。

因此，在时间上药物早上运入，废物晚上运出；在空间上药物经医护人员通道运入，废物经患者通道运出。物流互不交叉的同时，在时间上能够和人流实现分流。本项目核医学科物流路径示意图见图9-10。

本项目核医学科服药后的患者与医师进出路径不交叉重叠，药物与废物流通路径通过时间管控，人流与物流能够实现时间隔离，本项目核医学科路径规划满足要求。

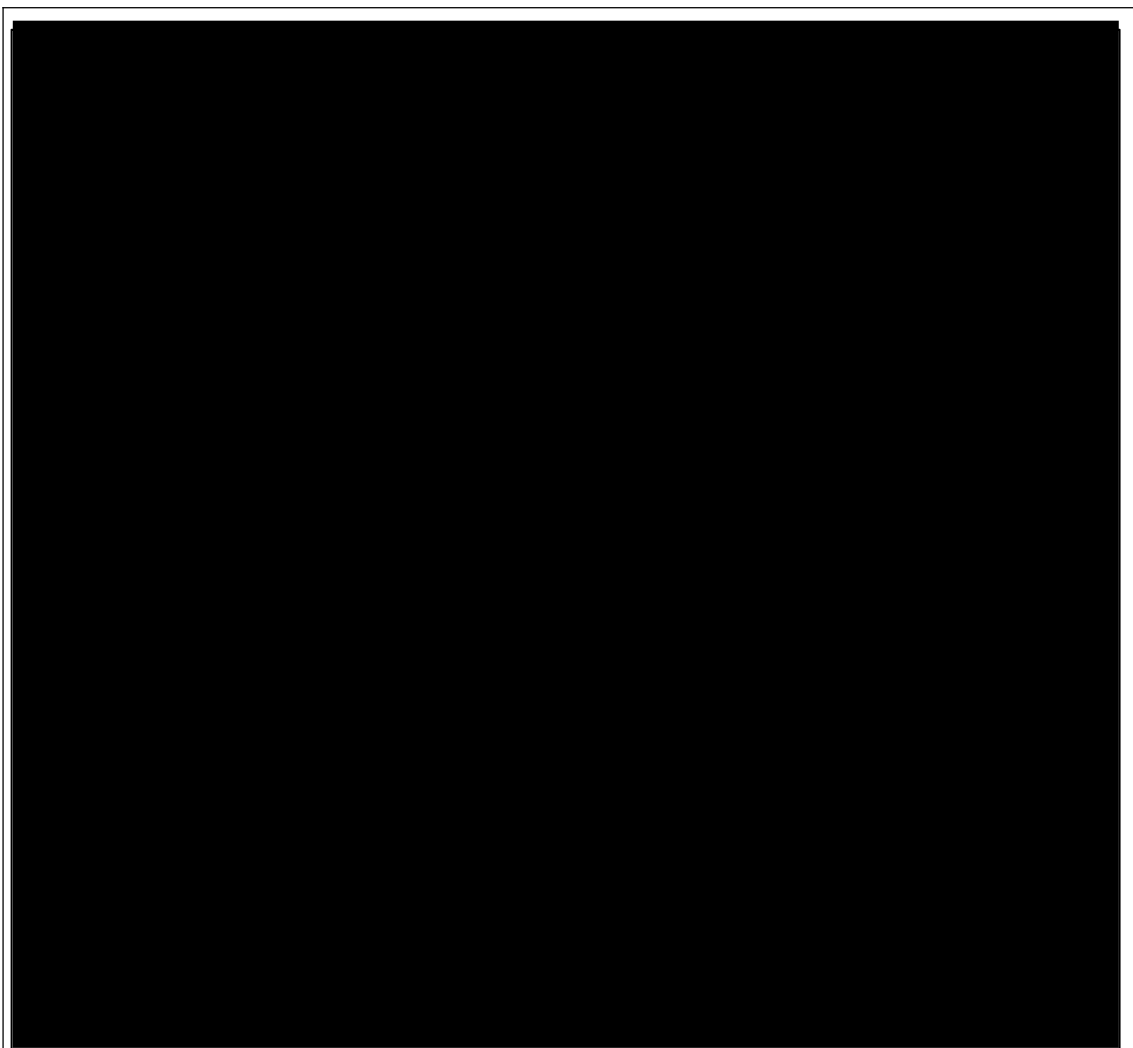


图9-10 本项目核医学科物流路径示意图

（二）、DSA 项目

1.工程设备

本项目辐射工作场所由 2 间 DSA 手术室、2 间控制室、2 间污物打包、2 间设备间、2 间病员通道、1 个洗手消毒更衣区、1 间谈话间和 1 间配电间构成，本项目数字减影血管造影机（DSA）由包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线控制器等，和图像检测系统，包括光栅、影像增强器或平板探测器、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

表 9-3 本项目 DSA 射线装置主要技术参数表

工作场所	设备名称	最大工况		常用工况		主射线方向	固有过滤	泄漏辐射	
		管电压	管电流	工作模式	管电压				管电流
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2	DSA	125kV	1000 mA	拍片	40~90kV	100~600mA	由下向上	\geq 2.5mmAl	\leq 1.0mGy/h
				透视	60-90kV	1~20mA			

2.设备原理

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称DSA）是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在X射线照射下会显影）后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。数字X线系统原理图见图9-11。

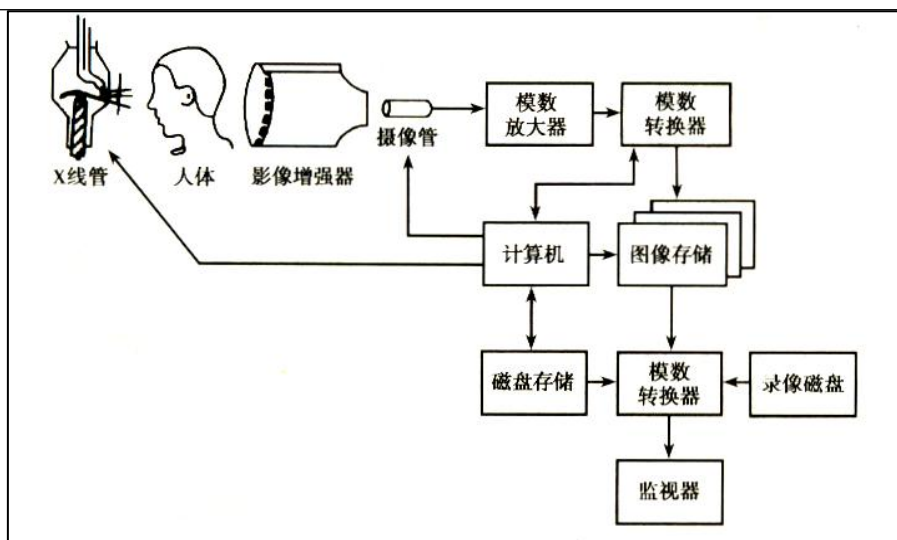


图 9-11 数字 X 线系统原理图

介入治疗原理

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约1.5-2毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医师已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

心内科手术

心脏介入是一种新型诊断与治疗心血管疾病技术，经过穿刺体表血管，在数字减影的连续投照下，送入心脏导管，通过特定的心脏导管操作技术对心脏病进行确诊和治疗的诊治。它是目前较为先进的心脏病诊治方法，进展也非常迅速，它介于内科治疗与外科手术治疗之间，是一种超微创的诊治技术。

神经外科介入

神经外科介入是神经外科学和神经放射学的结合产物，它结合DSA造影通过血管途径将治疗药物或装置送入中枢神经系统以达到治疗目的，使许多以往认为不治或难治之症，如巨大的、功能区或手术达不到的脑、脊髓脑动静脉畸形、颅内动脉瘤、Galen氏静脉瘤、硬脑膜动静脉瘘等得到了有效治疗，使一些以前需要手术治疗的脑血管疾病如颈动脉海绵窦瘘等免除开颅之苦，使一些难度高、危险性大、出血多的手术，如颅底脑膜瘤等通过术前栓塞变的容易了，它是目前为脑血管疾病的主要治疗方法之一。

3. 工作流程及产污环节

本项目 DSA 介入诊疗流程如下所示：

（1）病人候诊、准备、检查：由主管医师写介入诊疗申请单；接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

（2）向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医师向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。

（3）设置参数，病人进入手术室、摆位：根据不同手术及检查方案，设置射线装置系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入手术室并进行摆位。

（4）根据不同的治疗方案，医师及护师密切配合，完成介入手术或检查；
产污：射线装置开机过程中将产生X射线；X射线电离空气将产生臭氧及氮氧化物；

（5）治疗完毕关机：手术/检查医师应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的病人，手术医师应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房的病历保管处。

产污：手术过程中的耗材将转化为医疗废物。

本项目 DSA 工作流程及产污环节如图 9-12：

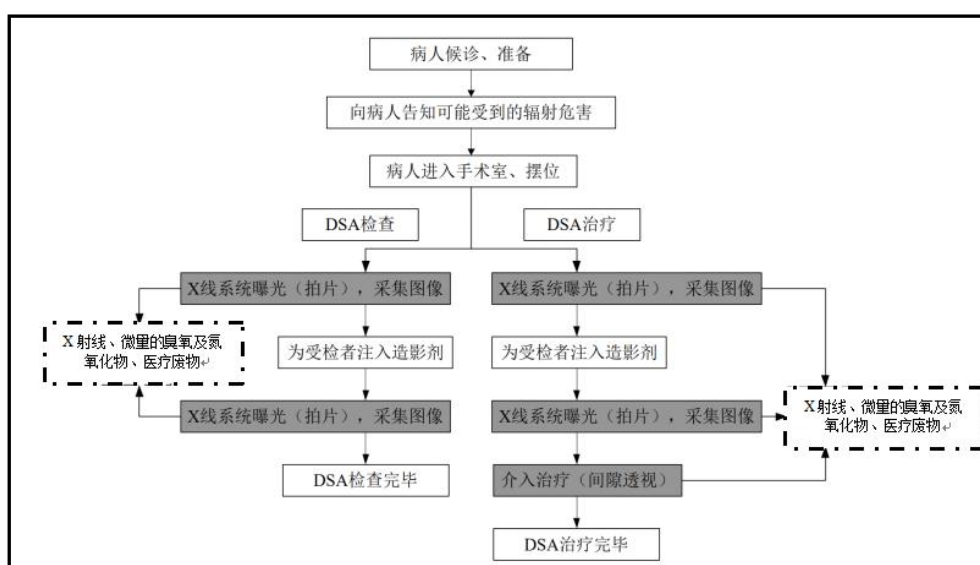


图 9-12 本项目 DSA 工作流程及产污环节示意图

4.人流物流路径规划

人流：

医护人员：医护人员首先由1号楼急诊医技楼东北侧医梯进入1层，穿过等候区通过患者通道进入换鞋区，随后经医护人员进入洗手消毒更衣区进行防护用品的穿戴。技师进入控制室内进行机器预热和调试，医师护师进入各DSA手术室进行手术工作。手术结束后，医护人员原路返回。

患者：患者由1号楼急诊医技楼东北侧医梯进入1层，进入等候区，随后通过病员通道进入各DSA室。每场手术结束，患者由原路返回。

物流：

每场手术结束后(确认无患者进入)的污物通过污物通道门放至污物打包间。待当天所有手术完成后，污物从污物打包间经北侧门通过室外院区道路运至院区的医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。本项目2间DSA手术室人流物流路径示意图见图9-13。



图 9-13 本项目 2 间 DSA 手术室人流物流路径示意图

三、原有工艺不足及改进情况

乐山市市中区人民医院原有辐射工作场所均已履行环评手续和竣工环保验收手续，并已取得辐射安全许可证，编号为“川环辐证[00610]”。根据辐射工作场所的年检报告可知，原有辐射工作场所剂量率、屏蔽体、使用面积等均满足相关要求，且所有辐射工作场所防护措施及相关制度齐全。同时根据设备性能检测报告可知其符合仪器相关质控评价标准。目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格，除王东（放射）和李志虎两名辐射工作人员有剂量超标的情况，其余所有辐射工作人员最新四个季度个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。个人剂量统计结果见附件 8。

综上所述，本项目原有工艺不存在不足和改进情况。由于历史久远、建筑面积、交通、绿化、服务能力、就医人群大量增加、医疗业务用房严重不足等原因。建设单位拟在乐山市市中区通江街道杨山路与金紫街交汇处建设新院区，新院区建成后，建设单位将进行整体搬迁（不包括核医学科和大型医疗设备）。

建设单位原开展 ^{125}I 放免检测日最大用量为 $7.40\text{E}+05\text{Bq}$ （属于豁免），新院区运行后根据《关于实施碘-125 放射免疫体外诊断试剂使用有条件豁免管理的公告》医院将继续规范放免药盒的使用，并于每年 1 月 31 日前将放免药盒使用情况年度报告报当地市级以上环保部门；原开展的 ^{125}I 粒子植入手术，新院区将继续开展本项技术，对于老院区未使用完的粒子源交由厂家处理，新院区使用的 ^{125}I 粒子源根据建设项目环境影响评价分类管理名录填写建设项目环境影响登记表；建设单位对参与搬迁的 III 类射线装置填写建设项目环境影响登记表，不参与搬迁的 II 类、III 类射线装置根据要求进行报废处理；建设单位对原核医学科产生的放射性固体和液体暂存至 1188 要求的周期后，委托有资质单位监测后清洁解控，没有用完的核素交由厂家处理。在本项目获得批复，建设完毕，重新申领辐射安全许可证后，委托厂家将放射源运输到新院区敷贴治疗室保险箱内妥善存放。然后对旧场进行清洁，委托有资质单位监测，确认不存在污染后根据建设项目环境影响评价分类管理名录填写建设项目环境影响登记表。

污染源项描述

一、施工期污染源项分析

本项目辐射工作场所基建内容已在项目所在的环境影响评价中进行了评价，本次建设涉及防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设等施工期工作。在施工过程中，主要环境问题表现为扬尘、废水、噪声、废渣和装修废气等。通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生影响较小，且该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经原有废水收集系统排入专用排污管道，在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的施工废渣送指定的建筑垃圾处置场。

在搬迁、安装调试阶段，主要环境影响为 β 射线（放射源）、X射线（射线装置）和包装固体废物影响。

二、运营期污染源项分析

（一）核医学科场所

1.辐射污染源分析

（1）外照射

根据涉及使用的放射性核素的物理特性，运行过程可产生的电离辐射包括： β 、 γ 射线、韧致辐射（本项目核素能量见表 9-1），同时 SPECT-CT 扫描时 CT 会产生 X 射线，SPECT-CT 最大管电压为 150kV，使用 1 枚 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴源，为 V 类放射源，活度为：1.554E+09Bq。

（2）表面污染

核医学工作人员操作放射性药物时，有可能出现溢出、滴洒等，均会造成工作台面、地面、设备表面和操作器械的放射性污染；这些表面污染如果不及时发现、处理，会对人员产生外照射。

（3）放射性废气：

本项目涉及使用的核素除 ^{131}I 其他均为属于不易挥发性核素，但在使用过程中仍可能会产生一定量的气载性流出物。参考《放射性碘的污染和防护》（潘自强编著，原子能出版社），瑞典 AB 原子能公司 ^{131}I 生产车间排入大气中元素态碘的量约为处理量的 1%（碘为易挥发核素）。考虑到使用的其他绝大部分核素不易挥发且基本都在手套箱中进行操作，故按 0.1%统计废气中不易挥发的放射性核素的份额。本项目采用两级滤过，即排风管道前端和末端均使用活性炭进行

过滤。本项目保守按照 1 次滤过比例 90% 计算。

根据表 1-1 可知各个核素的日最大操作量，同时由设计单位提供资料，本项目排口额定排风量为 8000m³/h，保守按照通风 1h 计算，结合上述信息，可计算放射性废气排口最大的排放浓度，见下表。

表 9-4 核医学科放射性废气排放汇总表

核素	日最大操作量 (Bq)	挥发系数	过滤比例	日最大排放量 (Bq)	排口平均排放浓度 Bq/m ³
^{99m} Tc	3.70E+10	0.1%	90%	3.70E+06	4.63E+02
¹³¹ I (甲癌)	1.67E+10	1%	90%	1.67E+07	2.08E+03
¹³¹ I (甲吸)	5.55E+06	1%	90%	5.55E+03	6.94E-01
¹³¹ I (甲亢)	2.78E+09	1%	90%	2.78E+06	3.47E+02

因此排口浓度最大为 2.89E+03Bq/m³。

(4) 放射性废水:

本项目涉及使用非密封放射性物质的 ^{99m}Tc、¹³¹I，除甲癌患者外均不需进行住院观察，所以在注射、服药后候诊过程中产生的废水主要来源于少量排泄废水及清洗废水。

参考《建筑给水排水设计标准》(GB 50015-2019) 和《医院污水处理技术指南》(环发〔2003〕197 号) 中平均日情况下，门诊患者用水定额取 6~12L/次·人，住院患者用水定额取 100~200L/床·d，检查区医护人员用水定额取 (60~80L/班·人)。另废水排放系数取 0.80。

表 9-5 核医学科废水产生汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	用水量 L/d·人	排放量 (L/d·人)	人数 /d	日产生量 (L/d)	年产生量 (m ³ /a)
患者							
¹³¹ I(甲吸)	8.04d	排泄、清洗	9	7.2	10	72	18
¹³¹ I(甲亢)	8.04d	排泄、清洗	9	7.2	5	36	9
¹³¹ I(甲癌)	8.04d	排泄、清洗	150	120	3	360	90
^{99m} Tc(显像检查)	6.02h	排泄、清洗	9	7.2	40	288	72
总计						756	189
辐射工作人员							
¹³¹ I (甲吸)			70	56	1	56	14
¹³¹ I (甲亢/甲癌)			70	56	1	56	14
^{99m} Tc 分装			70	56	1	56	14
总体总计						168	52

注：排放量=用水定额平均值×废水排放系数；敷贴器为密封源，因此使用者不会产生带有非密封放射性物质的废水。

据上表，本项目核医学科投运后，每年患者产生废水 189m³，医护人员产生废水 52m³，共计 241m³。

（5）放射性固体废物：

本项目核医学工作场所产生的放射性固废有：因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具，产生量约 50g/d·人·次，本项目核医学科每天门诊患者人数 55 人，每年患者人数约 13750 人，则每天放射性废物产生量约 2.75kg/d，年产生量约 687.5kg/a；每周住院患者人数 3 人，每年患者人数约 150 人，同时住院患者每天还会产生生活垃圾，产生量约 0.5kg/d·人，则每周放射性废物产生量约 7.5kg/周，年产生量约 375kg/a。每天医护人员垃圾产生量为 0.15kg/d，年产生量约 37.5kg/a。

核医学科排风管道前端和末端设置的活性炭过滤器更换的活性炭年产生量约 480kg/a。综上所述，本项目核医学科运行后每年将产生 1580kg 的放射性固体废物。

（6）放射源：

核医学科场所内使用的 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 放射源随着核素的自然衰变，放射源的活度不断降低，当放射源使用到一定年限后，会产生退役的放射源。

2.非辐射污染源项分析

噪声影响

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小。

（二）、DSA手术室

1.辐射污染源分析

由数字减影血管造影机工作原理可知，其只有在开机并处于出束状态时才会发出X射线，故在DSA在开机期间，X射线是项目主要污染物。利用X射线束对病人进行诊断和手术的同时，射线装置产生的主射线、泄漏射线及散射射线也可能穿透DSA手术室的六面屏蔽体、观察窗、防护门等对手术室内外的职业人员产生辐射影响。介入手术过程中需要长时间的透视和大量的摄片，因此对病人和医务人员有一定的附加辐射剂量。

介入放射学主要辐射危害因素可分为两个类别：初级辐射和次级辐射。次级辐射为两项：散射辐射和泄漏辐射。初级辐射是从X射线管遮光器出射的，是在

与受检者、床和影像接收器作用前的辐射，受检者及影像接收器对初级辐射有很大衰减。典型的入射到受检者体表剂量到mGy数量级，及到达影像接收器的剂量为 μ Gy数量级。同时，根据IAEA官网在“Radiation protection of medical staff in interventional fluoroscopy”（介入荧光透视领域医护人员的辐射防护）环节的介绍，入射到病人的射线只有1%~5%会穿出人体。散射辐射取决于受检者受照范围、初级辐射能量和受照角度。电子作用于靶向各方向发射X射线，泄漏辐射是从含有铅屏蔽防护的管套透射出的射线。

2.非辐射污染源分析

废气：射线装置工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

废水：本项目射线装置运行过程中产生的废水主要为辐射工作人员工作中所产生的医疗废水及生活污水。

固体废物：本项目射线装置均采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理，故无不产生废胶片。本项目介入手术时产生的废造影剂瓶（110kg/a）、废药棉（105kg/a）、废纱布（95kg/a）、废手套（130kg/a）及废医用器具为医疗废物，以及项目相关人员会产生少量的生活垃圾。

噪声：本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施			
一、工作场所布局及分区			
（一）核医学科场所			
1.工作场所布局			
<p>本项目核医学科拟建设于2号楼住院楼1层；西部为门诊区，东部为治疗区，两区共用分装间、甲亢/甲癌服碘室、抢救室、缓冲间。门诊区拟开展¹³¹I甲吸检查、¹³¹I甲亢治疗、^{99m}Tc显像诊断和⁹⁰Sr/⁹⁰Y敷贴治疗，功能用房包括注射前等候室、诊室1、值班室、诊室2、敷贴治疗室、男女卫生间、一更、二更（含淋浴区）、甲测室、分装间、甲吸室、ECT注射室、保洁间1、储源室、废物间1、甲亢/甲癌服碘室、SPECT-CT控制室、SPECT-CT扫描室、注射后等候室及配套卫生间、留观室及配套卫生间、患者走道、缓冲间；治疗区拟开展¹³¹I甲癌治疗，功能用房包括污被间、废物间2、抢救室、核素病房1（双人病房）及配套卫生间、核素病房2（单人病房）及配套卫生间、保洁间2、甲癌患者专用走廊。</p>			
2.布局合理性分析			
表10-1 本项目选址布局合理性对照分析一览表			
	核医学辐射防护与安全要求》 (HJ 1188-2021)	本项目设计情况	是否满足要求
选址	核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员物流通道。	本项目核医学科位于2号楼住院楼一层，与非放射性区域相通的地方均设置有防护门、实体墙体屏蔽等物理隔离措施，其防护门拟设置门禁，设置有单独的人员物流通道。	满足
	核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	本项目核医学科处于整个院区的北侧，距离人流量较大的区域较远，不靠近产科、儿科、食堂等部门。核医学科设有独立的患者出口，与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	满足
	核医学工作场所排风口的的位置尽可能远离周边高层建筑	本项目核医学科排风管道通过排风井引至2号楼住院楼楼顶排放，2号楼住院楼为院区最高建筑，距离周边高层建筑较远。	满足
布局	核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	本项目辐射工作场所分为西部门诊区和东部治疗区，门诊区与治疗区设置墙体分隔；本项目控制区相对集中，高活室集中在各区域的一侧；本项目储源室及废物间在满足需求的同时，存放范围较小；本项目设置有2间病房3张病床，病房门上均安装有门禁，限	满足

	<p>核医学工作场所应设计相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。</p>	<p>制给药后患者只能在病房内休息。</p> <p>本项目送药在营业之前，废物运出在患者、医护人员离开之后，药物运进与废物运出路径在时间上能够和人流实现分流，且运送通道较短捷。服药后的患者与医护进出路径不交叉重叠，注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉。</p>	<p>满足</p>
	<p>核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射，控制区的出入口应设立卫生缓冲区，给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患者的专用卫生间。</p>	<p>本项目控制区所有进出口均拟设置门禁系统，核素病房设置门禁系统及禁止串门标记，禁止无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动；放射性药物给药器有适当的屏蔽，病房内拟设置铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射；本项目配套设施齐全，拟为本项目辐射工作人员及患者配备必要的防护用品和监测设备，在分装间的进出口设计有卫生通过间（二更），可进行污染检测；在缓冲区设计有出院检测，患者检测达标后才可出院。控制区内注射后等候室、留观室和病房设有给药患者的专用卫生间</p>	<p>满足</p>

综上所述，以上设计能够符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）设计要求，布局合理。

3.控制区监督区分区原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，本项目项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 以及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）4.3 要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

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。控制区入口应有 GB18871 规定的电离辐射警告标志；除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开。

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。

4.控制区、监督区两区划分

综上，本项目核医学科两区划分如下：



图 10-1 本项目核医学科两区划分示意图

表10-2 本项目核医学科“两区”划分一览表

工 作 场 所	控制区	监督区	备注
核 医 学 科	分装间、甲测室、甲吸室、ECT 注射室、保洁间 1、保洁间 2、储源室、敷贴治疗室、甲亢/甲癌服碘室、患者走道、SPECT-CT 扫描室、核素病房 1、核素病房 2、给药后患者的专用卫生间、废物间 1、废物间 2、抢救室、甲癌患者专用走廊、注射后等候室、留观室、衰变池系统。	SPECT-CT 扫描室 控制室、一更、二更、分装间北侧走廊、缓冲间、衰变池上方栅栏区域	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

控制区防护手段与安全措施：

- ①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的指示。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限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开；

②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；

③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；

④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；

⑤运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

⑥在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

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、安全措施或该区的边界；

⑧控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。

监督区防护手段与安全措施：

①采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。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。

新建衰变池所在位置上方应进行栅栏隔离，防止无关人员进入，并竖立电离辐射警告标志牌。

（二）DSA 手术室

1.工作场所布局

本项目 2 间 DSA 手术室拟建于院区急诊医技楼 1 层北侧，DSA 手术室 1 东侧由北往南依次为洗手消毒更衣区、控制室 1 和谈话间，南侧为患者通道，西侧

由南往北依次是病员通道 1、设备间 1、污物打包 1，北侧为室外院区道路；DSA 手术室 2 东侧由北往南依次是污物打包 2、设备间 2 和病员通道 2，南侧是患者通道，西侧由南往北依次是配电房、控制室 2 和洗手消毒更衣区，北侧是室外院区道路。

2.布局合理性分析

(1) DSA 手术室工作场所由 DSA 手术室 1、DSA 手术室 2、控制室 1、控制室 2、污物打包 1、污物打包 2、设备间 1、设备间 2、洗手消毒更衣区、病员通道 1、病员通道 2 和谈话间构成，手术室配套设施完善且手术室有效使用面积分别为 49.8m² 和 50.4m²，充分考虑了手术开展的空间需求和医师病人需求，基本能够满足介入手术的开展。

(2) 两间 DSA 手术室均位于 1 号楼急诊医技楼医技楼 1 层北部，1 号楼急诊医技楼医技楼 1 层北部为医学影像科，便于科室管理的同时，也使得除医护人员和病患外其他无关人员不得入内，区域内人流相对较少。

(3) 两间 DSA 手术室楼下均为地下停车场，楼上为功能检查科候诊区，楼上楼下无病房等长期停留的人员。

(4) 本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

(5) 两间 DSA 手术室均设置有患者防护门、医护防护门，靠近电梯及门厅，有利于病人转运，能够节约病人黄金抢救时间，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，**所以其平面布置是合理的。**

3.控制区监督区分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则：应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定位**控制区**；将未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为**监督区**。

4.控制区监督区两区划分

本项目 DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 为本项目两间 DSA 手术室辐射工作场

所控制区，出束时 X 射线管球管发射的射线被 DSA 手术室屏蔽墙体屏蔽，因此属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区；而控制室、污物打包、洗手消毒更衣区、设备间、病员通道、谈话间和配电房紧邻 DSA 手术室 1 和 DSA 手术室 2，需要经常对职业照射条件进行监督和评价，属于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。

综上，本项目 DSA 手术室辐射工作场所的两区划分如下：



图10-2 本项目DSA手术室两区划分示意图

表10-3 本项目DSA手术室辐射工作场所“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2	DSA手术室1内、DSA手术室2内	控制室 1、控制室 2、污物打包 1、污物打包 2、洗手消毒更衣区、医护通道、设备间 1、设备间 2、病员通道 1、病员通道 2、谈话间和配电房	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。监督区范围内应限制无关人员进入。

控制区：在控制区的进出口及其他适当位置处张贴电离辐射警告标志。

监督区：在监督区入口处的合适位置悬挂监督区标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

二、工作场所污染防治措施

（一）核医学科场所

1. 防护要求

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），核医学的非密封放射性物质工作场所根据操作放射性核素的权重活度分为三级，见表 10-4；本项目放射性核素毒性权重系数和操作性质修正系数见表 10-5 和表 10-6。

表 10-4 临床核医学工作场所权重活度分级

分级	权重活度, MBq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

注：权重活度=（计划的日最大操作活度×核素毒性权重系数）/操作性质修正系数。

表 10-5 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	毒性权重因子
A	¹³¹ I	100
B	^{99m} Tc	1

表10-6 不同操作性质的修正因子

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

按照表 10-5~10-6，本项目各个场所核素权重活度计算结果见表 10-7。

表10-7 权重活度计算结果

场所	核素	日最大操作量 (Bq)	操作性 质修正 因子	毒性 权重 因子	权重活度 (MBq)	防护分 级
门诊区						
分装间	¹³¹ I	5.55E+06	1	100	5.55E+02	II
	^{99m} Tc	3.70E+10	1	1	3.70E+04	
甲测室	¹³¹ I	5.55E+06	10	100	5.55E+01	II
甲吸室	¹³¹ I	5.55E+06	1	100	5.55E+02	II
ECT 注射室	^{99m} Tc	3.70E+10	1	1	3.70E+04	II
储源室	¹³¹ I	5.55E+06	100	100	5.55	II
	^{99m} Tc	3.70E+10	100	1	3.70E+02	
废物间 1	¹³¹ I	1.95E+10	10	100	1.95E+05	I
	^{99m} Tc	3.70E+10	10	1	3.70E+03	
甲亢/甲癌服碘室	¹³¹ I	1.95E+10	1	100	1.95E+06	I
注射后等候室	^{99m} Tc	3.70E+10	10	1	3.70E+03	II
留观室	¹³¹ I	2.78E+09	10	100	2.78E+04	II
	^{99m} Tc	3.70E+10	10	1	3.70E+03	
SPECT-CT 扫描室	^{99m} Tc	3.70E+10	10	1	3.70E+03	II
治疗区						
废物间 2	¹³¹ I	1.67E+10	10	100	1.67E+05	I
抢救室	¹³¹ I	1.95E+10	1	100	1.95E+06	I
	^{99m} Tc	3.70E+10	1	1	3.70E+04	
污被间	¹³¹ I	1.67E+10	10	100	1.67E+05	I
核素病房 1	¹³¹ I	1.11E+10	1	100	1.11E+06	I

核素病房 2	¹³¹ I	5.56E+09	1	100	5.56E+05	I
--------	------------------	----------	---	-----	----------	---

根据表 10-7 计算结果，可以得出不同级别工作场所室内防护要求，见表 10-8。

表 10-8 按不同级别工作场所室内表面和装备的要求

场所分级	I	II	III
工作场所	废物间 1、抢救室、污被间、废物间 2 核素病房 1、核素病房 2；甲亢/甲癌服碘室。	分装间、甲测室、甲吸室、ECT 注射室、储源室、注射后等候室、SPECT-CT 扫描室、留观室	/
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	墙壁接缝无缝隙	墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必需
通风	特殊的强制通风（风速不小于 1m/s）	良好通风（风速不小于 0.5m/s）	一般自然通风
管道	特殊的管道*	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆*和去污设备	洗手盆*和去污设备	洗手盆*
*下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测			
*洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制			

2 防护措施

本项目核医学科采取的辐射防护与放射性污染防治措施主要包括以下方面：

2.1 工作场所辐射屏蔽防护设计

本项目辐射工作场所的设计和修建均由专业设计院与建筑公司进行设计和装饰，房间的四周及屋顶均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽方案见表 10-9。

表 10-9 核医学科防护方案一览表

场所	防护门	墙体	地面	楼顶	其他
门诊区					
分装间	1 扇 4mmPb 铅门（至废物间 1）	南、西、北墙 240mm 实心砖 东墙 240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 手套箱
敷贴治疗室	1 扇普通门	四面墙体 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
甲测室	2 扇普通门	南、西北墙 200mm 实心砖 东墙 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
甲吸室	/	东、南、西墙 200mm 实心砖 北墙 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	20mmPb 注射窗， 5mmPb 废物桶
ECT 注射室	/	东、南、西墙 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	20mmPb 注射窗，

		北墙 240mm 实心砖			5mmPb 废物桶
保洁间 1	1 扇普通门	南、西墙 200mm 实心砖 北、东墙 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
储源室	2 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 铅罐
废物间 1	2 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	50mmPb 废物桶
甲亢/甲癌服碘室	3 扇 15mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖 +70mm 硫酸钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	40mmPb 观察窗, 40mmPb 自动分装仪, 5mmPb 废物桶
注射后等候室	2 扇 4mmPb 铅门	西墙 200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 东、南、北墙 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
SPECT-CT 扫描室	3 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	4mmPb 观察窗
留观室	2 扇 4mmPb 铅门	西墙 200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 东、南、北墙 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
治疗区					
甲癌患者专用通道	/	西墙 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥 北墙 370mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	15mmPb 传递窗
缓冲间	3 扇 10mmPb 铅门	南、北墙 200mm 实心砖 +40mm 硫酸钡水泥 东、西墙 200mm 实心砖	270mm 混凝土	400mm 混凝土	/
废物间 2	1 扇 4mmPb 铅门	东、北墙 370mm 实心砖、南墙 240mm 实心砖 +70mm 硫酸钡水泥	270mm 混凝土	400mm 混凝土	50mmPb 废物桶

抢救室	1 扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、南北墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、西墙 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
污被间	1 扇 4mmPb铅门	四周墙体 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
核素病房 1	1 扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实心砖+100mm硫酸钡水泥、西墙 200mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、南北墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土+70mm硫酸钡水泥	1 扇 15mm铅屏风
核素病房 2	1 扇 10mmPb铅门	东、南墙 370mm实心砖+70mm硫酸钡水泥、西墙 400mm混凝土、北墙 240mm实心砖+70mm硫酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土+70mm硫酸钡水泥	/
保洁间 2	1 扇普通门	西、北墙 200mm实心砖、东、南墙 400mm混凝土	270mm混凝土	400mm混凝土	/
注：甲亢/甲癌患者入口防护门 4mm铅门；诊断患者入口防护门 4mm铅门；5mmPb注射器；医护人员防护用品 0.5mmPb					

2.2 操作过程的防护措施

①^{99m}Tc 的操作防护

本项目拟使用的 ^{99m}Tc 药物外购，辐射工作人员在进行核素药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，佩戴好个人剂量计，将源库药物储存罐（内有放射性药品）移至手套箱内，进行分药操作。分药操作台表面均为瓷砖贴面，分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染，分装完成后使用注射器对患者进行放射性药物注射。另外，操作台、注射室内各设置一个放射性废物暂时收

集桶，收集桶为铅材质，上面加盖铅盖。当天收集的放射性固废暂存于收集桶内，一天的工作结束后需及时分类集中放置于废物间 1。

②¹³¹I 的操作防护

患者经前期检查后，医院根据患者病情所需药物的使用量，向放射性核素供应单位提前订购，并由供应商指定专人负责运送至自动分装仪和储源室内。医护人员在进行甲吸病人的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，佩戴好个人剂量计，将源库药物储存罐（内有放射性药品）移至手套箱内，分药操作台表面均为瓷砖贴面，分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染，分装完成后采用专用服药杯口服，口服完后患者使用纯净水冲洗服药杯，再将冲洗水口服，反复三次，以防药物沾在口服杯上而达不到治疗效果，服完药后服药杯交医师处理。

医护人员在进行甲亢/甲癌给药分药操作时，应穿好防护服，佩戴好个人剂量计后，在分装间内操控甲亢/甲癌服碘室内的自动分装仪进行药物分装。辐射工作人员当天按计划对患者用药，由于部分药物半衰期较短，医院需要提前制定计划并预定药物和预约患者，因此在每日药物分装完成后基本不会有放射性核素存放，现场剩余药物由供应商带走。

甲亢甲癌分装后指导患者服药时，辐射工作人员于分装间内后通过对讲机指导患者服用药物，服药注意事项如下：

A、患者听工作人员提示，戴上一次性手套及吸水纸，从防护罐中用镊子取出药瓶。取出时，另一只手握紧药瓶。

B、请小心打开瓶盖，不要把药液洒出。

C、服药时，不要把药液洒出。

D、服完后，患者拿起预备好的针筒对准药瓶瓶口，轻轻将针筒内的水打入药瓶内并喝下。

E、继续根据工作人员提示，患者重复上面的步骤。

F、服完后，盖好空的药瓶，放回防护罐中，盖好防护罐。

G、拿起准备好的水杯，将水杯中的水喝下，紧闭嘴巴漱口。

H、完成上述步骤后，患者把用过的杯子、针筒和手套放入塑料袋中，并封

口放入放射性废物暂时收集桶。

I、患者听从工作人员安排至病床休息。

③敷贴相关操作防护

本项目拟将原有的一枚⁹⁰Sr/⁹⁰Y放射源搬迁至新院区，由厂家专业人员运送，医护人员接收过程中穿戴好防护用品，佩戴好个人剂量计，而后放进敷贴治疗室保险箱内。

敷贴治疗：在治疗过程中，使用⁹⁰Sr/⁹⁰Y放射源，辐射工作人员均应做好相应的个人防护，放射源使用完成后应及时放回铅罐内，放进敷贴治疗室保险箱内。

④放射性药物的存放

本项目核医学科使用放射性药物由供应单位派专人直接送至储源室和自动分装仪内。储源室和甲亢/甲癌服碘室设有监控摄像头，对其进行24小时监控，并且实施双人双锁专管制度。储存的放射性药物，有良好的外包装和专门的材料，其屏蔽体外的辐射水平可符合国家相关标准，再经距离衰减和墙体屏蔽后，其所致室外环境和公众剂量，可低于国家标准规定的限值。

储源室和甲亢/甲癌服碘室的墙体可满足防护要求，积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。

①放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽。放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

②储源室和甲亢/甲癌服碘室要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员不准许进入；

③储存放射性药物要有进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

④医院有完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

⑤对服药和注射后患者防护措施

本项目不需住院的患者，服药后实行患者与陪护人员及其他公众的隔离管理，隔离期间禁止患者随意流动，并使用患者专用厕所进行大小便，在观察结束后按指定线路离开核医学科。

对于住院的患者，实行患者与陪护人员及其他公众的隔离管理，患者服药后

经过住院患者专用通道进入与自己对应的病房，进入病房后非必要不外出走动。针对本项目双人病床，拟在病床与病床之间设置铅屏风进行屏蔽防护；患者住院期间，不允许家属进行探视。

⑥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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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，须在有负压的手套箱内进行，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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

⑦住院患者被服管理措施

本项目住院患者出院后，且在晚上核医学科所有人员都离开后，由专职清洁人员对病房内被服进行更换，将使用过的被服收集放进污被间分类管理，并设置污被清洗台账，污被静置暂存八天后方可进行清洗。

2.3 辐射安全与防护措施

警告标志及设施：控制区的入口、铅废物桶表面、自动分装仪表面、各防护门表面、储源保险箱表面、手套箱表面拟设置电离辐射警告标志，监督区入口处拟设置标明监督区的标牌；拟为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射警告标志。

防护用品：拟为从事放射性药物操作的工作人员和患者配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，核素病房 1 拟设置铅屏风，以减少患者与患者之间的叠加剂量。

自动分装仪：本项目 ^{131}I 甲癌/甲亢的给药将采用隔室控制自动分装仪进行自动分装操作的方式，医护人员通过观察窗和对讲装置指导患者服药。

手套箱：本项目核医学科分装间内拟配备手套箱。

双人双锁：本项目储源柜拟设置双人双锁，分别由专人保管。贮存、领取、使用、归还辐射源时，应当进行登记、检查，做到账物相符。并对辐射源定期进行盘存，确保其处于指定位置，具有可靠的安全保障；

废物铅桶：将设置废物铅桶，其内将放置专用塑料袋直接收纳废物，将确保每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h， β 表面污染水平 $<0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，质量不超过 20kg。

固定式剂量率报警仪：拟安装在分装间内，对分装间内剂量率进行实时监督。

监测仪器：核医学科拟将原有的表面沾污监测仪、X- γ 辐射剂量率监测仪搬迁至新院区使用，所有辐射工作人员要求配备个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量计定期送检。

防盗装置：储源室内拟设专门贮存放射性物质的药物储存罐和保险柜，定期进行辐射水平监测，不允许无关人员入内。另为敷贴治疗室的放射源配备贮存保险柜。

门禁系统：辐射工作场所所有控制区出入口及病房门口拟设置单向门禁系统，入口只进不出，出口只出不进，禁止无关人员进入。

视频监控和对讲装置：核医学科控制区内安装视频监控及对讲装置，视频监控及对讲装置对患者进行叫号管理，减少患者对周围人员交叉辐射影响。

工作状态指示灯：本项目扫描室外防护门上方将设置工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的警示语句，工作状态指示灯与防护门设置门灯连锁；

闭门装置：拟在平开机房门位置设置自动闭门装置。

出院检测：核医学出口区域将配备能够测量体内活度的设备或测量周围剂量当量率的仪器，患者出院前将进行监测，待距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 后，方可出院。

应急物资：放射性表面去污用品（如抹布、滤纸）、去污试剂、警戒线等应急物资。

（二）DSA 手术室

1.设备固有安全防护措施

本项目数字减影血管造影机（DSA）购置于正规厂家，保障设备各项安全措施齐全，仪器本身应采取多种安全防护措施：

①采用栅控技术：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、提高有用射线质量并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或平板探测器的窗口处放置合适过滤板，以消除软 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 DSA 不同应用时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，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了于监视器上显示（即称之为图像冻结），利用此方法可以明显缩短总透视时间，以减少不必要的照射。

⑤配备有相应的表征剂量的指示装置，当 DSA 手术室内出现超剂量照射时会出现报警。

⑥本项目设备在床体和操作台上各自带 1 个急停按钮，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

⑦装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

⑧装置带有 0.5mm 铅当量的床旁铅帘和铅吊屏。

有用线束主要为从下往上，同时，也要求建设单位定期按照规章制度对于设备进行维护检修。

2. 人员的安全与防护

在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

在 DSA 诊疗中，手术医师必须认真做好自身的防护工作。具体要求是：

①进一步提高安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识。

②结合诊疗项目实际，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施。

③ DSA 手术中，佩戴好个人防护用具。

④必须开展 DSA 诊疗手术医师的个人剂量监测。

⑤发现问题及时整改。

同时，医师在为患者实施DSA治疗时还须采取以下防护措施：

①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。

②距离防护：对患者非投照部位做好保护工作，在不影响工作质量的前提下，尽可能加大患者与射线装置的距离。操作人员采取隔室操作方式，控制室与DSA手术室之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

③缩小照射野：在不影响操作的前提下尽量缩小照射野。

④缩短物片距：尽量让平板探测器靠近患者，减少散射线。

⑤在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

⑥定期维护DSA设备：制定和执行DSA诊疗中的质量保证计划。

⑦防护用品：辐射工作人员在诊疗过程中应自行穿戴相应铅防护用品并使用铅防护用品遮挡患者非诊疗部位，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》，医院需制订《射线装置操作规程》，并严格按照该规程操作。在该规程中明确规定：医师必须佩戴个人剂量计、铅防护用品，在DSA诊疗中必须认真做好自身的防护工作，同时DSA诊疗中必须做好患者的防护工作。

3.机房辐射防护屏蔽设计

本项目2间DSA手术室采用相同的屏蔽设计，设计的屏蔽参数见下表。

表 10-10 DSA 手术室屏蔽材料一览表

场所	屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度
DSA 手术室 1 DSA 手术室 2	四面墙体	370mm 实心砖
	楼板	250mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
	防护门	4mmPb 铅防护门
	防护窗	4mmPb 铅玻璃

根据医院资料，本项目两台DSA的管电压不超过125kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C.1.2可计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.2以及附录

表C.2可知：

辐射透射因子 B：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \text{-----公式 10-1}$$

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——材质厚度（mm）；

α ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——材质对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

铅当量厚度 X：

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \text{-----公式 10-2}$$

B——给定材质厚度的屏蔽透射因子；

X——铅厚度（mm）；

α ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

β ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数；

γ ——铅对不同管电压 X 射线衰减的有关的拟合参数。

折合屏蔽体铅当量时，保守按照 125kV 下主射线辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-11 不同屏蔽材料对不同管电压的 X 射线（主束）辐射衰减拟合参数

管电压 125kV			
材料	α (mm ⁻¹)	β (mm ⁻¹)	γ (mm ⁻¹)
铅	2.219	7.923	0.5386
混凝土	0.03502	0.07113	0.6974

本项目浇筑的标准混凝土（C20 以上）密度为 2.35g/cm³，使用的实心砖密度为 1.65g/cm³（370mm 实心砖根据密度折合为 259.8mm 标准混凝土），使用的硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm³，根据《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）P62-P64 表 3.3、表 3.4 和表 3.5 不同屏蔽材料在不同管电压的 X 射线下对应的铅当量数据，采用 OriginLab 拟合得到 125kV 管电压下 3.2g/cm³ 硫酸钡水

泥厚度对应铅当量的拟合函数，将硫酸钡水泥厚度输入拟合函数得到铅当量，从而可根据公式 10-1、10-2 将 DSA 手术室的屏蔽材料折算成等效屏蔽铅当量，结果见表 10-12。

表 10-12 本项目 DSA 手术室屏蔽、尺寸参数及防护措施铅当量合规评价

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2				
四周墙体	370mm 实心砖	3.55mm 铅当量	两间 DSA 手术室屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 2mm，非有用线束方向铅当量 2mm。	满足
楼板	250mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥	3.40mm+2.15mm 铅当量=5.55mm 铅当量		满足
地面	250mm 混凝土	3.40mm 铅当量		满足
观察窗	20mm 厚的观察窗	4mm 铅当量		满足
防护门	4mm 铅板	4mm 铅当量		满足
手术室尺寸	DSA 手术室 1 有效使用面积 49.8m ² ，最小单边长度为 6.26m；DSA 手术室 2 有效使用面积 50.4m ² ，最小单边长度为 6.26m		机房内最小有效使用面积为 20m ² ，机房内最小单边长度为 3.5m	满足

本项目 2 间 DSA 手术室有效使用面积、最小单边长及理论屏蔽厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求。

4 辐射安全与防护措施

警示标志：拟在所有防护门朝向室外的一面均将张贴电离辐射警告标志，拟在监督区入口出口处设置监督区标牌；在通道位置张贴或悬挂《放射防护注意事项告知栏》。

门灯联锁：拟在所有防护门朝向室外的一面上方将设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上有“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，工作状态指示灯能与防护门有效关联，防护门打开，灯箱熄灭，防护门关闭，灯箱亮起，以警示周围公众。

闭门装置及开门按钮：每间 DSA 手术室平开机房门将安装有自动闭门装置；针对推拉式机房门拟在制度中的操作规程章节强调曝光时应关闭防护门。每间 DSA 手术室内侧靠近机房大门位置拟设置开门按钮，如有事故发生时，能够按下按钮从内部离开 DSA 手术室。

防夹措施：所有的电动推拉门将设置防夹装置。

防护用品：本项目每间 DSA 手术室内最多有 3 名辐射工作人员及 1 名病人，因此为本项目每间手术室各配备 3 套 0.5mm 铅当量的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子及 2 双 0.025mm 铅当量的介入防护手套，另多备 1 套，应对紧急突发情况；拟为病人配备 1 套 0.5mm 铅当量的铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套及铅橡胶帽子；拟为术者位、护师位配备铅吊屏和铅胶帘等防护措施，铅当量为 0.5mmPb。

监测仪器：拟为本项目每台 DSA 术者位、护师位各配备 1 个个人剂量报警仪。拟将老院区配备的 1 台便携式 X- γ 剂量监测仪搬迁至新院区，用于新院区在使用期间定期巡检。

个人剂量监测和职业健康体检：辐射工作人员应配备足量的个人剂量计，医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。定期开展职业健康体检，建立个人剂量档案和个人职业健康监护档案。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

（五）辐射安全管理措施

（1）管理机构：建设单位已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构，需根据本项目进行完善。

（2）管理制度：本项目建设单位涉及使用乙级非密封放射性物质工作场所、V 类放射源、II 类射线装置、III 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第 3 号）“第十六条”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），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-3，建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院，需在运行前根据本项目完善相关辐射安全管理制度。

（3）制度悬挂：拟在核医学科工作场所、DSA 手术室合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

三废的治理

一、施工期三废治理

1. 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等

措施来进行控制。

2.噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且禁止夜间施工，也尽可能选用噪音较小的施工设备。

3.废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，将依托医院临时污水处理设施处理。

4.固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，施工垃圾和生活垃圾均已由医院统一收集并移交环卫部门清运。

二、运营期三废治理

（一）核医学科场所

1.放射性废气

本项目核医学科放射性物质工作场所设有独立的通排风系统，每路排管道进入风井前均拟设置止回阀，各支管均设置防倒灌装置，工作场所内保持负压，避免废气倒灌和泄漏。在设计有辐射防护屏蔽的房间，对于穿墙后的风管采取不小于墙壁铅当量的屏蔽措施。

1.1废气排放

本项目核医学科设立有独立的通排风系统，设置三条排风管道，其中治疗区、甲亢/甲癌服碘室、分装间、一更、二更共用一支独立排风管道；手套箱、自动分装仪共用一致独立排风管道；甲测室、敷贴治疗室、甲吸室、ECT注射室、保洁间、储源室、废物间、注射后等候室及其配套卫生间、留观室及其配套卫生间、患者走道、SPECT-CT扫描室共用一致独立排风管道，三条管道在排风井中汇合进入主管道，满足国家核安全局2023年9月13日发布的《关于核医学相关条款咨询的复函》中“经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求”的要求。

每支排风管道进入风井前均拟设置止回阀，避免废气倒灌和泄漏。排风管道

通过1层排风井引至2号楼住院楼楼顶（15层，楼高67.5m，为院区最高建筑），排风管道前端和末端均做活性炭过滤（保守预计总的过滤效率大于90%）处置后排放，楼顶排风口安装大功率排风机（排风量为8000m³/h），排风高度距地约为70.5m，排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标。

1.2 活性炭过滤器

本项目拟采用的活性炭过滤器主要是用于去除放射性气溶胶颗粒，一次装量约20kg，过滤器内部呈Z字型的排布以保证密封性。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，可加大对空气中挥发的¹³¹I等进行吸附，吸附效率可至少达到90%。

1.3 相关要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）针对气态放射性废物提出如下管理措施要求：

（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。

活性炭过滤器过滤使用寿命一般为6~12个月，为保证过滤效率的有效性，建设单位需根据设备特性定期进行维护，每半年对其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，造成放射性污染事故，且更换下的活性炭需作为放射性固废进行管理和处理。

2. 放射性废水

本项目放射性废水主要来自于患者的排泄废水、清洗废水，辐射工作人员产生的废水。本项目核医学科设置有独立的患者专用卫生间，且设置有独立的排水系统，并与衰变池相连。本项目衰变池位于核医学科区域的北侧土质层内，拟建位置避开人群集中活动区域，并将池体埋入地下，下水管采用耐酸防腐材料，室外部分下水管道位于地下1m处，室内部分暴露在地下室顶板，暴露部分下水管外径用6mm铅皮包裹，尽量减小对公众的辐射影响。

2.1 衰变池设计

衰变池为3级并联衰变池，设计有1个化粪池、1个应急池和3级衰变池，用于存放含有核素的放射性废水，每级衰变池独立设计并使用混凝土分隔。衰变池每级池子可使用容积为98.2m³，总容积294.6m³。根据设计，本项目核医学科放射性废水通过下水管道（采用6mm铅皮包裹）进入衰变池进行衰变，核医学科废水管道排布方式可见附图9。本项目衰变池采用地埋式现浇混凝土结构，进行防腐防水处理，顶板和四周池壁厚300mm，底板厚300mm，池与池之间隔板厚240mm，采用C30防水混凝土浇灌。污水管采用耐酸防腐材料，且管外径用铅皮包裹（6mm铅皮包裹）。衰变池池壁内表面及池底均抹防水砂浆及耐酸碱腐蚀涂料。检修口井盖为53mm厚铸铁盖板。具体衰变池设计可见附图11-1、附图11-2和附图11-3。

2.2 衰变池容纳放射性废水的合理性分析

根据表9-6可知，每天病人产生的放射性废水0.756m³，辐射工作人员产生核素放射性废水0.168m³，同时考虑辐射工作人员应急冲洗废水0.5m³/年，根据相关要求，拟计划排水周期为181天。保守按照放射性废水待放满第一个衰变池起计算衰变时间，则放射性废水在达到排水周期前需要的体积为167.7m³，本项目设计的衰变池使用体积为98.2m³×2=196.4m³，因此衰变池完全能够满足本项目核医学科核素排水周期内的容纳需求。

2.3 衰变池运行方式

3级衰变池交替使用，放射性废水首先进入化粪池，通过水泵运转放射性废液进入1级衰变池，此时，另两级衰变池的进水口和出水口全部处于关闭状态，当1级衰变池废液注满后，系统自动关闭1级衰变池进水阀，2级衰变池的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入2级衰变池。当2级衰变池废液注满后，系统自动关闭2级衰变池进水阀，3级衰变池的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入3级衰变池。当3级衰变池废液注满后，系统自动关闭3级衰变池进水阀。当1级衰变池废液达到排水周期时将1级衰变池废水排至医院污水处理系统，作为普通医疗废水处理。所有废水通过提升泵将废水经医院污水管网导入污水处理站，经院区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中预处理标准后排放至专用排污管道，由专用排污管道送至乐山海天市污水处理厂处理。

2.4 衰变池管理及相关要求

根据生态环境部辐射源安全监管司2023年9月11日《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号），本项目含¹³¹I废水设置的排水周期为181天，暂存满181天后，可直接排放。

放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账、衰变池维护和检修操作规程，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，并定期对衰变池进行维护和检修，保证衰变池安全有效运行。衰变池需设立明显的电离辐射警告标志，同时衰变池上方四周应设立栏挡。

3.放射性固废

3.1放射性固废处理措施

本项目核医学工作场所产生的放射性固废有：因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具、废气排风口设置活性炭过滤器更换下的活性炭等。

本项目放射工作场所除储源间外其余各房间均设置有铅废物桶，分装/注射准备间涉及使用¹³¹I、^{99m}Tc两种核素，因此设置2个铅垃圾桶，桶上贴好标记标签，做好对应说明。每天工作结束后，由专职清洁人员将各铅垃圾桶内的放射性废物分类转移至废物间内的铅废物桶内暂存衰变，经监测达标后作为医疗废物处置。废气排风管道前端和末端设置的活性炭过滤器更换下来的活性炭作为放射性固废处理。

3.2 相关要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）针对固体放射性废物的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

①固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。放射性废物每袋重量不超过20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至废物间贮存。产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

②放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射

性核素的通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

③对于固体放射性废物暂存时间，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

④经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

⑤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。

3.3 贮存能力分析

本项目场所各区域内设置有铅废物桶和废物间，各固废间均设置有放射性暂存容器（长方体，外尺寸： $0.5\text{m}\times 0.5\text{m}\times 1.0\text{m}=0.25\text{m}^3$ ，容量为 0.2m^3 ），根据医院提供信息， 1m^3 的医疗废物大致重量在 90kg - 130kg ，本项目保守按照 90kg 转换。

表 10-13 本项目固废间贮存能力分析一览表

场所		日最大产生量 (kg)	暂存周期	达到贮存周期后的最大产生量 (m^3)	固废间大小 (m^3)	需要多少个暂存容器	整体容器体积 (m^3)	是否满足
门诊区	^{131}I 甲吸、 ^{131}I 甲亢（患者+医护人员）	0.8	181 天	1.6	$2.6\times 2.2\times 5.4=30.9$	8	2	满足
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ （患者+医护人员）	2.05	31 天	0.7		4	1	满足
治疗区	^{131}I 甲癌（患者+医护人员）	0.15	181	0.3	$1.8\times 3\times 5.4=29.2$	2	0.5	满足

核医学科的活性炭过滤器半年一换，更换下来的活性炭滤过总计 240kg ，暂存时间按照易挥发核素 ^{131}I 暂存周期181天计算，暂存期间体积约 2.67m^3 ，放在固废间内可以满足贮存要求。

4.放射源处理方式：

核医学科场所内使用的 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 放射源随着核素的自然衰变，放射源的活度不断降低，当放射源使用到一定年限后，从而产生退役放射源属于放射性废物，由生产厂家回收处置，若生产厂家不能回收，则应交有收贮资质的单位回收处置。

（二）DSA 手术室

1. 废气

本项目2间DSA手术室均拟采用新风、排风系统进行通排风，新风口位于吊顶西部，室内排风口位于东部距离地面200mm，采用垂直管道由下往上排风，管道水平穿墙，穿墙处采用不低于墙体防护的铅板做屏蔽补偿，室外排风口位于洗手消毒更衣区北侧墙外，距离地面高度约5m，拟设计排风风量为1000m³/h。本项目DSA手术室体积最大为252.3m²，DSA手术室排风量约4次/h，因此DSA手术室所采用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

2. 废水

本项目 DSA 手术室运营后产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水、医疗废水。根据已经获得批复（乐中环审〔2021〕4号）的《乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书》：非感染性医疗废水、生活污水经管道收集后进入2号污水处理站，感染性医疗废水经预消毒装置消毒处理后进入院区1污水处理站处理，出水可达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表2中预处理标准后，经市政管网排入乐山市海天污水处理厂处理达标后排入岷江。

3. 固体废物

本项目 DSA 手术室投入运营后将产生一定量医疗废物。医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，先运往 DSA 手术室西侧和东侧的污物打包1和污物打包2。待当天所有手术完成后，污物由污物暂存间运至院区东北侧的医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

4. 噪声影响

本项目核医学科场所、射线装置的噪声主要来自于通排风系统等设备，以及进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声，声级较小，噪声影响不大。

（三）射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。本项目使用射线装置在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

环保设施及投资

本项目总投资 █████ 万元，其中环保投资 █████ 万元，占总投资约 █████。

表 10-14 本项目环保投资一览表

项目	环保措施	投资（万元）
核医学科		
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修、衰变池修建	█████
	手套箱	
	注射窗 2 扇、观察窗 2 扇、传递窗 1 扇	
	防护门 21 扇	
	储源室药品储存罐	
	放射性固废收集桶若干	
	废物间铅废物桶若干	
通排风系统	通排风系统	█████
	活性炭过滤器	
安全措施	储源室和敷贴治疗室保险柜	█████
	固定式辐射监测仪报警系统	
	自动分装仪 1 台	
	对讲装置	
	监控系统	
	门禁系统	
	警告标志（电离辐射警告标志、中文警告标志和警戒线、禁止串门标志）若干	
	SPECT-CT 机房门灯联锁 3 套	
	SPECT-CT 机房闭门装置 3 套	
	SPECT-CT 急停按钮 2 个	
	灭火装置若干	
	去污用品	
	铅屏风	
规章制度上墙		
人员防护用品	医护人员防护用品	█████
监测用品	β表面沾污仪 2 台（利旧 1 台）	
	出院监测设备	
	个人剂量报警仪 7 个	

	个人剂量计 7 套	每年固定支出
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2		
辐射屏蔽措施	防护工程、表面装修工程	
	防护门各 4 扇（共计 8 扇）	
	铅观察窗各 1 扇（共计 2 扇）	
通排风系统	通排风系统（共计 2 套）	
安全措施	门灯联锁（含工作状态指示灯）各 4 套（共计 8 套）	
	急停按钮各 2 个（共计 4 个）	
	闭门装置各 3 个（共计 6 个）	
	开门按钮各 1 个（共计 2 个）	
	防夹装置各 1 个（共计 2 个）	
	电离辐射警告标志、控制区警告标志	
	灭火装置各 1 个（共计 2 个）	
防护用品	放射防护注意事项告知栏和制度牌各 1 套（共计 2 套）	
	医护人员防护用品各 3 套，另外各多备 1 套（共 8 套）	
监测用品	患者防护用品各 1 套（共计 2 套）	
	个人剂量报警仪各 3 个（共计 6 个）	
	个人剂量计 28 套	
院区		
监测用品	便携式 X-γ剂量监测仪 1 台	
其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试	
	应急和救助的物资准备	
监测费用	本项目辐射工作场所监测费用	
	合计	

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目所在院区正在建设中，所在院区环评已获得《关于乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书的批复》（乐中环审〔2021〕4号）。本项目所在主体建筑的施工期阶段环境影响已在院区环评中详细描述。

施工期主要为防护工程、表面装修、设备装置安装与调试，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。射线装置安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

一、施工期对环境产生如下影响：**（1）施工期大气环境影响分析**

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的扬尘，但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染已（拟）采取以下措施：

- a) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- c) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，项目施工期施工人员污水产生量很少。施工人员产生的少量生活废水进入污水处理系统处理后进入城市污水管网，项目施工期废水对外环境影响较小。

（3）施工期噪声环境影响分析

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，声源强度在 65~95dB(A)，会造成局部时段边界噪声超标，因此，项目拟加强管理，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

（4）施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位已在施工场地出入口设置临时垃圾桶，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。建筑材料可回收利用部分重新

利用后剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

二、射线装置安装调试期对环境会产生如下影响：

射线装置安装调试期对于环境主要影响为 X 射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目射线装置的安装与调试均要求在项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，避免发生辐射事故。

由于设备的安装和调试均在 DSA 手术室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置。

总之，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的，建设项目建成后，影响即自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中应切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，施工期的环境影响将得到有效控制，建设项目施工期对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

（一）核医学科

1 非密封放射性物质、放射源

表11-1 本项目核医学科辐射影响一览表

核素	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线/MeV
^{99m} Tc	IT（100%）	-	0.14051
¹³¹ I	β-（100%）	0.606	0.364
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y 敷贴器	β-（100%）	0.54	/

*^{99m}Tc 发生γ衰变时放出单纯的γ射线。

（1）本项目 β 射线辐射影响分析

本项目使用的 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴器为纯β衰变。日常工作中本项目辐射工作人员将采取一定的防护措施，如穿戴辐射防护服、防护眼镜以及防护手套。操作核素的器械材质最基础为有机玻璃，注射时将在注射器外套上防护套。根据射线能量查阅 NIST estar 数据库，采用公式 11-1，计算射线在空气、有机玻璃、混凝土、铅中的射程，结果见表 11-2。

$$R = R_{CSRA} \div \rho \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

R——β射线射程（cm）；

R_{CSRA} ——质量射程(Continuous Slowing Down Approximation-Range) (g/cm^2) ;
 ρ ——材料密度 (g/cm^3) , 分别取空气、有机玻璃、混凝土、铅的密度在 NIST 数据库中对应数据。

表 11-2 各种核素 β 射线在不同屏蔽物质中的最大射程

核素	主要 β 粒子 能量 (MeV)	CSDA Range (g/cm^2)	ρ (g/cm^3)		R (cm)
^{131}I	0.606	2.558E-01	空气	1.205E-03	212
		2.33E-01	有机玻璃	1.19	0.196
		3.771E-01	铅玻璃	3.86	0.098
		2.690E-01	混凝土	2.35	0.117
		4.250E-01	铅	11.35	0.0374
$^{90}Sr/^{90}Y$ 敷贴器	0.54	2.274E-01/1.374	空气	1.205E-03	189/1140
		2.070E-01/1.291	有机玻璃	1.19	0.174/1.08
		2.970E-01/1.862	铅玻璃	3.86	0.077/0.482
		2.392E-01/1.459	混凝土	2.35	0.102/0.621
		3.804E-01/2.016	铅	11.35	0.0335/0.178

由上表可知在核素操作过程中, 辐射工作人员在穿戴好防护用品后, 再经过操作器械和防护用品两次屏蔽后基本可以消除 β 射线影响, 屏蔽体外不受到 β 射线辐射影响。

(2) 本项目 γ 射线辐射影响分析

1.1 计算公式

本项目在进行辐射环境影响预测时, 将放射性药物、已注射药物的患者及储存的放射性废物等简化成点源, 则周围空气比释动能率近似按照点源模式估算, 参考方杰主编的《辐射防护导论》中的公式估算关注点周围剂量当量率:

$$H = \Gamma \times A \times \eta / r^2 \dots\dots\dots \text{(公式 11-2)}$$

H——关注点处周围剂量当量率 $\mu Sv/h$;

A——辐射源活度 (Bq) ;

Γ ——辐射源裸源周围剂量当量率常数($\mu Sv \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$), 参考《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录 H 中表 H.1; 患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数 ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot MBq^{-1} \cdot h^{-1}$), 参考《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录 L 中表 L.1;

r——辐射源到关注点的距离 (m) ;

η ——透射比, 无屏蔽情况下取 1, 有屏蔽情况下, 按照辐射源的平均射线能量及屏蔽材料的厚度查《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录 I 中表 I.1 及

《辐射安全手册》（潘自强主编）图 6.4、表 6.5 可通过计算得到相应的透射比。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）I.2采用什值层计算本项目屏蔽材料透射比：

$$\eta = 10^{-\frac{X}{TVL}} \dots\dots\dots \text{（公式11-3）}$$

X：屏蔽材料厚度，mm；

TVL：不同核素对应什值层厚度，mm。

1.2 参数选择

表11-3 本项目发射γ射线的核素单次操作最大活度A及常数Γ一览表

核素	A (MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数 (μSv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)	裸源 A×Γ (μSv·m ² ·h ⁻¹)	患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数 (μSv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)	患者体内 A×Γ (μSv·m ² ·h ⁻¹)
^{99m} Tc（诊断显像）	■	3.03E-02	2.80E+01	2.07E-02	1.91E+01
¹³¹ I（甲吸）	■	5.95E-02	3.30E-02	5.83E-02	3.24E-02
¹³¹ I（甲亢）	■	5.95E-02	3.30E+01	5.83E-02	3.24E+01
¹³¹ I（甲癌）	■	5.95E-02	3.30E+02	5.83E-02	3.24E+02

表 11-4 本项目发射γ射线的核素每天累积操作最大活度 A 及常数Γ一览表

核素	A (MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数 (μSv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)	裸源 A×Γ (μSv·m ² ·h ⁻¹)	患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数 (μSv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)	患者体内 A×Γ (μSv·m ² ·h ⁻¹)
^{99m} Tc（诊断显像）	■	3.03E-02	1.12E+03	2.07E-02	7.66E+02
¹³¹ I（甲吸）	■	5.95E-02	3.30E-01	5.83E-02	3.24E-01
¹³¹ I（甲亢）	■	5.95E-02	1.65E+02	5.83E-02	1.62E+02
¹³¹ I（甲癌）	■	5.95E-02	9.91E+02	5.83E-02	9.71E+02

表 11-5 本项目发射γ射线的核素在不同材料中的什值层

核素	混凝土（2.35g/cm ³ ）	砖（1.65g/cm ³ ）	铅（11.35g/cm ³ ）	硫酸钡水泥（3.2g/cm ³ ）
	TVL	TVL	TVL	TVL
^{99m} Tc	110mm	160mm	1mm	40mm
¹³¹ I	170mm	240mm	11mm	80mm

表11-6 本项目屏蔽材料透射比计算结果

材质及厚度	^{99m} Tc	¹³¹ I
200mm 实心砖	5.62E-02	1.47E-01
240mm 实心砖	3.16E-02	1.00E-01
200mm 实心砖+40mm	5.62E-03	4.64E-02

硫酸钡水泥		
200mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.00E-03	1.96E-02
240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	1.00E-02	5.62E-02
240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	3.16E-03	3.16E-02
240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	5.62E-04	1.33E-02
370mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	4.87E-04	9.09E-03
370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	8.66E-05	3.83E-03
370mm 实心砖+100mm 硫酸钡水泥	1.54E-05	1.62E-03
270mm 混凝土	3.51E-03	2.58E-02
400mm 混凝土	2.31E-04	4.44E-03
400mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	4.11E-06	5.92E-04
0.5mmPb	3.16E-01	9.01E-01
4mmPb	1.00E-04	4.33E-01
5mmPb	1.00E-05	3.51E-01
10mmPb	1.00E-10	1.23E-01
15mmPb	1.00E-15	4.33E-02
20mmPb	1.00E-20	1.52E-02
40mmPb	1.00E-40	2.31E-04

率计算结果见表11-7。

表11-7 储源室内铅罐表面周围剂量当量率最大值

位置	核素	日最大用量(MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	铅罐/自动分装仪透射比	铅罐表面周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)
储源室	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	3.70E+04	3.03E-02	1.00E-40	1.12E-37
	^{131}I	5.55E+00	5.95E-02	2.31E-04	7.63E-05

甲亢甲癌服碘室	^{131}I	1.95E+04	5.95E-02	2.31E-04	2.68E-01
---------	------------------	----------	----------	----------	----------

本项目针对在操作过程中会产生 γ 射线的各类核素对周围环境产生的周围剂量当量率进行分析。根据表11-3和表11-6，关注点处的周围剂量当量率和核素的活度A、常数 Γ 和透射比 η 有关。根据不同房间使用的不同核素分别对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{131}I 的影响进行分析。

因此根据不同核素评估本项目关注点的周围剂量当量率是否满足标准限值。同时，根据限值点位要求，选取控制区外人员可达的周围剂量当量率最高处、控制区内屏蔽体外周围剂量当量率最高处，手套箱外以及各岗位职业人员操作位置周围剂量当量率最高处作为本项目关注点，所有点位均取屏蔽体外表面0.3m处。

1.3 计算结果

关注点周围剂量当量率

表11-8 γ 射线引起的周围剂量当量率估算结果

关注点	关注点	核素	距离 (m)	屏蔽材料	透射比	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足 要求
门诊区								
甲测室	甲测室西侧门外 30cm 处（走廊）	1 名 ^{131}I 患 者体内	1.6	普通门	1	1.26E-02	2.5	满足
	甲测室西侧墙外 30cm 处（走廊）		1.5	200mm 实心砖	1.47E-01	2.11E-03	2.5	满足
	医生检查位		0.3	0.5mm 铅衣	3.16E-01	1.14E-01	/	/
	甲测室楼上 30cm 处（血透中心过 道）		4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-06	2.5	满足
	甲测室楼下 170cm 处（疏散 走道）		5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-05	2.5	满足
甲吸室	甲吸室东侧墙外 30cm 处（ECT 注 射室）	1 名 ^{131}I 患 者体内	1.3	200mm 实心砖	1.47E-01	2.81E-03	2.5	满足
	甲吸室注射窗外 30cm 处（分装间）		1.3	20mmPb 铅窗	1.52E-02	2.91E-04	2.5	满足
	甲吸室楼上 30cm 处（血透中心过 道）		4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-06	2.5	满足

	甲测室楼下 170cm 处（疏散 走道）		5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-05	2.5	满足
ECT 注 射室	ECT 注射室西侧 墙外 30cm 处（甲 吸室）	1 名 ^{99m} Tc 患 者体内	1.3	200mm 实心砖	5.62E-02	6.37E-01	2.5	满足
	ECT 注射室注射 窗外 30cm 处（分 装间）		1.3	20mmPb 铅窗	1.00E-20	1.13E-19	2.5	满足
	ECT 注射室楼上 30cm 处（血透中 心过道）		4.7	400mm 混凝土	2.31E-04	2.00E-04	2.5	满足
	ECT 注射室楼下 170cm 处（疏散 走道）		5.7	270mm 混凝土	3.51E-03	2.07E-03	2.5	满足
分装间	注射窗 30cm 处	¹³¹ I 甲吸裸 源	0.8	20mmPb 铅窗	1.52E-02	7.84E-04	2.5	满足
		^{99m} Tc 裸源	0.8	20mmPb 铅窗+5mmPb 注射器	1.00E-25	4.38E-24	2.5	满足
	手套箱外	¹³¹ I 甲吸裸 源	0.3	40mmPb 手套箱	2.31E-04	8.48E-05	25.0	满足
		^{99m} Tc 裸源	0.3		1.00E-40	3.11E-38	25.0	满足
	给药位	¹³¹ I 甲吸裸 源	0.3	0.5mmPb 铅衣	9.01E-01	3.30E-01	/	/
		^{99m} Tc 裸源	0.3	5mmPb 注射器	1.00E-05	3.11E-03	/	/
	分装间南侧墙外 30cm 处（ECT 注 射室）	¹³¹ I 甲吸裸 源	0.8	240mm 实心砖	1.00E-01	5.16E-03	2.5	满足
		^{99m} Tc 裸源	0.8	240mm 实心砖+5mmPb 注射 器	3.16E-02	1.38E+00	2.5	满足

	分装间西侧门外 30cm 处（二更）	¹³¹ I 甲吸裸源	3.1	普通门	1	3.44E-03	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	3.1	普通门+5mmPb 注射器	1.00E-05	2.92E-05	2.5	满足	
	分装间楼上 30cm 处（卫生间、缓 冲）	¹³¹ I 甲吸裸源	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.63E-06	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	4.7	400mm 混凝土+5mmPb 注射器	2.31E-09	2.93E-09	2.5	满足	
	分装间楼下 170cm 处（疏散 走道）	¹³¹ I 甲吸裸源	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.62E-05	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	5.7	270mm 混凝土+5mmPb 注射器	3.51E-08	3.03E-08	2.5	满足	
	储源室	取药位	¹³¹ I 甲吸裸源	0.3	40mmPb 铅罐	2.31E-04	8.48E-05	2.5	满足
			^{99m} Tc 裸源	0.3		1.00E-40	3.11E-38	2.5	满足
储源室北侧墙外 30cm 处(分装间)		¹³¹ I 甲吸裸源	1.5	240mm 实心砖+40mmPb 铅罐	2.31E-05	3.39E-07	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	1.5		3.16E-42	3.94E-41	2.5	满足	
储源室北侧门外 30cm 处(分装间)		¹³¹ I 甲吸裸源	1.5	40mmPb 铅罐+4mmPb 铅门	1.00E-04	1.47E-06	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	1.5		1.00E-44	1.25E-43	2.5	满足	
储源室楼上 30cm 处（血透中心过 道）		¹³¹ I 甲吸裸源	4.7	400mm 混凝土+40mmPb 铅罐	1.02E-06	1.53E-09	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	4.7		2.31E-44	2.93E-44	2.5	满足	
储源室楼下 170cm 处（疏散 走道）		¹³¹ I 甲吸裸源	5.7	270mm 混凝土+40mmPb 铅罐	5.96E-06	6.06E-09	2.5	满足	
		^{99m} Tc 裸源	5.7		3.51E-43	3.03E-43	2.5	满足	
废物间		废物间南侧墙外	¹³¹ I 裸源	1.5	240mm 实心砖	1.00E-01	1.00E-02	10.0	满足

	30cm处（患者走道）	^{99m} Tc 裸源	1.5		3.16E-02	3.16E-03	10.0	满足
	废物间北侧门外30cm处（分装间）	¹³¹ I 裸源	1.5	4mmPb 铅门	4.33E-01	4.33E-02	2.5	满足
		^{99m} Tc 裸源	1.5		1.00E-04	1.00E-05	2.5	满足
	废物间楼上30cm处（血透中心过道）	¹³¹ I 裸源	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	4.52E-05	2.5	满足
		^{99m} Tc 裸源	4.7		2.31E-04	2.35E-06	2.5	满足
	废物间楼下170cm处（疏散走道）	¹³¹ I 裸源	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	1.79E-04	2.5	满足
		^{99m} Tc 裸源	5.7		3.51E-03	2.43E-05	2.5	满足
甲亢/甲癌服碘室	甲亢甲癌服碘室南侧门外30cm处（患者走道）	¹³¹ I 甲癌裸源	1.6	15mmPb 铅门	4.33E-02	5.58	10.0	满足
		1名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	1.6		4.33E-02	5.47	10.0	满足
	甲亢甲癌服碘室西侧窗外30cm处（分装间）	¹³¹ I 甲癌裸源	1.6	40mmPb 铅窗	2.31E-04	2.98E-02	2.5	满足
		1名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	1.6		2.31E-04	2.92E-02	2.5	满足
	西侧墙外30cm处（自动分装仪内自动分甲癌药时）	¹³¹ I 甲癌裸源	1.5	240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.33E-02	1.96	2.5	满足
	西侧墙外30cm处（甲癌服药时）	1名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	1.5	240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.33E-02	1.92	2.5	满足
	西侧墙外30cm处（自动分装仪内自动分甲亢药时）	¹³¹ I 甲亢裸源	1.5	240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.33E-02	1.96E-01	2.5	满足
	西侧墙外30cm	1名 ¹³¹ I 甲	1.5	240mm 实心砖+70mm 硫酸钡	1.33E-02	1.92E-01	2.5	满足

	处（甲亢服药时）	亢患者体内		水泥				
	甲亢甲癌服碘室楼上 30cm 处（血透中心）	¹³¹ I 甲癌裸源	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.63E-02	2.5	满足
		1 名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	4.7		4.44E-03	6.50E-02	2.5	满足
	甲亢甲癌服碘室楼下 170cm 处（疏散走道）	¹³¹ I 甲癌裸源	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.62E-01	2.5	满足
		1 名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	5.7		2.58E-02	2.57E-01	2.5	满足
注射后等候室	注射后等候室南墙外 30cm 处（留观室）	3 名 ^{99m} Tc 患者体内	2.1	200mm 实心砖	5.62E-02	7.32E-01	2.5	满足
	注射后等候室北侧门外 30cm 处（患者走道）		2.1	4mmPb 铅门	1.00E-04	1.30E-03	10.0	满足
	注射后等候室楼上 30cm 处（血透中心）		4.7	400mm 混凝土	2.31E-04	6.01E-04	2.5	满足
	注射后等候室楼下 170cm 处（消防水池一）		5.7	270mm 混凝土	3.51E-03	6.21E-03	2.5	满足
留观室	留观室北侧墙外 30cm 处（注射后等候室）	1 名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	2.1	200mm 实心砖	1.47E-01	1.08	2.5	满足
		3 名 ^{99m} Tc 患者体内	2.1		5.62E-02	7.32E-01	2.5	满足
	留观室门外 30cm 处（患者走道）	1 名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	2.1	4mmPb 铅门	4.33E-01	3.18	10.0	满足
		3 名 ^{99m} Tc 患者体内	2.1		1.00E-04	1.30E-03	10.0	满足

	留观室楼上 30cm 处（血透中心）	1 名 ^{131}I 甲 亢患者体内	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-03	2.5	满足
		3 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患 者体内	4.7		2.31E-04	6.01E-04	2.5	满足
	留观室楼下 170cm 处（消防 水池一）	1 名 ^{131}I 甲 亢患者体内	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-02	2.5	满足
		3 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患 者体内	5.7		3.51E-03	6.21E-03	2.5	满足
Spect-C T 扫描室	Spect-CT 扫描室 南侧墙外 30cm 处（院区道路及 绿化）	1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患 者体内	3.9	200mm 实心砖+40mm 硫酸 钡水泥	5.62E-03	7.08E-03	2.5	满足
	Spect-CT 扫描室 门外 30cm 处（控 制室）		4.9	4mmPb 铅门	1.00E-04	7.97E-05	2.5	满足
	Spect-CT 扫描室 窗外 30cm 处（控 制室）		4.3	4mmPb 铅窗	1.00E-04	1.04E-04	2.5	满足
	摆位		0.5	0.5mmPb 铅衣	3.16E-01	2.42E+01	/	/
	Spect-CT 扫描室 楼上 30cm 处		4.7	400mm 混凝土	2.31E-04	2.00E-04	2.5	满足
	Spect-CT 扫描室 楼下 170cm 处 （疏散走道、消 防水池一）		5.7	270mm 混凝土	3.51E-03	2.07E-03	2.5	满足
门诊入 口	门诊入口门外 30cm 处	1 名 ^{131}I 甲 吸患者体内	1.5	4mmPb 铅门	4.33E-01	6.23E-03	2.5	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患 者体内	1.5		1.00E-04	8.51E-04	2.5	满足

治疗区								
甲癌患者专用走廊	甲癌患者专用走廊西侧墙外30cm处（患者走道）	1名 ¹³¹ I患者体内	1.5	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥	5.62E-02	8.09	10.0	满足
	传递窗外30cm处		1.5	15mmPb 铅传递窗	4.33E-02	6.23	10.0	满足
	甲癌患者专用走廊北侧墙外30cm处（接收大厅）		1.5	370mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	9.09E-03	1.31E+00	2.5	
	甲癌患者专用走廊南侧门外30cm处（缓冲间）		2.8	15mmPb 铅门	4.33E-02	1.79	2.5	满足
	甲癌患者专用走廊楼上30cm处（血透中心）		4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-02	2.5	满足
	甲癌患者专用走廊楼下（疏散走道）		5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-01	2.5	满足
废物间	废物间南侧墙外30cm处(抢救室)	¹³¹ I 裸源	1.3	240mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.33E-02	1.78E-03	2.5	满足
	废物间东侧墙外30cm处(洁具间)	¹³¹ I 裸源	1.3	370mm 实心砖	2.87E-02	3.82E-03	2.5	满足
	废物间门外30cm处（甲癌患者专用走廊）	¹³¹ I 裸源	2.5	4mmPb 铅门	4.33E-01	1.56E-02	10.0	满足
	废物间楼上30cm处（血透中心）	¹³¹ I 裸源	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	4.52E-05	2.5	满足
	废物间楼下	¹³¹ I 裸源	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	1.79E-04	2.5	满足

	170cm 处（疏散走道）							
抢救室	抢救室西侧墙外 30cm 处（污被间）	1 名 ^{131}I 甲癌患者体内	2.5	200mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.96E-02	1.01	10	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者体内	2.5		1.00E-03	3.06E-03	10	满足
	抢救室东侧墙外 30cm 处（洁具间）	1 名 ^{131}I 甲癌患者体内	1.5	370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	3.83E-03	5.51E-01	2.5	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者体内	1.5		8.66E-05	7.37E-04	2.5	满足
	抢救室门外 30cm 处（甲癌患者专用走廊）	1 名 ^{131}I 甲癌患者体内	2.5	10mmPb 铅门	1.23E-01	6.38	10.0	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者体内	2.5		1.00E-10	3.06E-10	10.0	满足
	抢救室楼上 30cm 处（血透中心）	1 名 ^{131}I 甲癌患者体内	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-02	2.5	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者体内	4.7		2.31E-04	2.00E-04	2.5	满足
	抢救室楼下 170cm 处（消防水池一）	1 名 ^{131}I 甲癌患者体内	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-01	2.5	满足
		1 名 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者体内	5.7		3.51E-03	2.07E-03	2.5	满足
核素病房 1	核素病房 1 西侧墙外 30cm 处（污被间）		2.5	200mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.96E-02	2.03	10	满足
	核素病房 1 东侧墙外 30cm 处（检查包装及灭菌区）	2 名 ^{131}I 甲癌患者体内	2.0	370mm 实心砖+100mm 硫酸钡水泥	1.62E-03	2.61E-01	2.5	满足

	核素病房 1 门外 30cm 处（甲癌患者专用走廊）		4.0	10mmPb 铅门	1.23E-01	4.99	10.0	满足
	核素病房 1 楼上 30cm 处（护师站、血透中心）		4.7	400mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	5.92E-04	1.73E-02	2.5	满足
	核素病房 1 楼下 170cm 处（消防水池一）		5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	5.14E-01	2.5	满足
核素病房 2	核素病房 2 门外 30cm 处（甲癌患者专用走廊）	1 名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	4.0	10mmPb 铅门	1.23E-01	2.49	10.0	满足
	核素病房 2 东侧墙外 30cm 处（检查包装及灭菌区）		2.0	370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.62E-03	1.31E-01	2.5	满足
	核素病房 2 南侧墙外 30cm 处（院区道路及绿化）		1.6	370mm 实心砖+70mm 硫酸钡水泥	1.62E-03	2.04E-01	2.5	满足
	核素病房 2 楼上 30cm 处（血透中心）		4.7	400mm 混凝土+70mm 硫酸钡水泥	5.92E-04	8.67E-03	2.5	满足
	核素病房 2 楼下 170cm 处（消防水池一）		5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-01	2.5	满足
病房内	医师查房位	2 名 ¹³¹ I 甲癌患者体内	2.5	0.5mm 铅衣	9.01E-01	9.33E+01	/	/
缓冲间	南侧门外 30cm 处	1 名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	1.5	10mmPb 铅门	1.23E-01	1.77	2.5	满足

		1名 ^{99m} Tc患者体内	1.5		1.00E-10	8.51E-10	2.5	满足
南侧墙外 30cm 处		1名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	1.5	200mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥	4.64E-02	6.67E-01	2.5	满足
		1名 ^{99m} Tc患者体内	1.5		5.62E-03	4.79E-02	2.5	满足
楼上 30cm 处		1名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	4.7	400mm 混凝土	4.44E-03	6.50E-06	2.5	满足
		1名 ^{99m} Tc患者体内	4.7		2.31E-04	2.00E-04	2.5	满足
楼下 170cm 处		1名 ¹³¹ I 甲亢患者体内	5.7	270mm 混凝土	2.58E-02	2.57E-05	2.5	满足
		1名 ^{99m} Tc患者体内	5.7		3.51E-03	2.07E-03	2.5	满足

注：本项目屏蔽体对源库内核素产生的 γ 射线的透射比取透射比值最大参数进行保守考虑，屏蔽体对放射性废物暂存库内核素产生的 γ 射线的透射比结合核素半衰期与透射比值参数进行保守考虑；放射性废物暂存间内废物袋表面周围剂量当量率参考《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188—2021）“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”；甲亢/甲癌服碘室内自动分装仪分装甲亢/甲癌日最大核素用量。四周及楼上取屏蔽体外表面0.3m处，楼下取离地1.7m，手套箱人员操作位取外表面30cm处。

根据表11-8可知，本项目核医学科周围和内部的周围剂量当量率能够满足本项目管理目标。

(4) 核医学科 X 射线辐射影响分析

1.1 计算条件

评估参数选取

院方拟在 SPECT-CT 扫描室内安置 1 台 SPECT-CT，本项目根据市场销售的 CT 实际使用较大工况保守估计，计算工况为见下表。

表11-9 本项目扫描室内射线装置评价工况一览表

SPECT-CT 机房（型号未定）					
模式	拍片	管电压	100kV	管电流	600mA

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“5.1 一般要求 c)除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl”可知，设计要求 X 射线管/准直器的最低总过滤当量是 2.5mmAl。为进行保守预计，本项目按照过滤材料为 2.5mmAl 进行计量估算。结合 ICRP33 号报告 P32 图 2 从而可知 SPECT-CT 扫描室内射线装置距离机头 1m 处空气比释动能率，见表 11-10。

表11-10 本项目X射线机辐射源强

射线装置	距靶1m处的发射率 (mGy/mA·min)	评价电流 (mA)		空气比释动能率 (μGy/h)
		拍片	600	
SPECT-CT扫描室	7.5			2.70E+08

根据《医用电气设备 第1-3部分：基本安全和基本性能的通用要求 并列标准：诊断 X 射线设备的辐射防护》（GB 9706.103-2020）中“12.4 加载状态下的泄漏辐射 X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射，当其相当于基准加载条件下以标称X射线管电压运行时，距焦点1m处，在任一100cm²区域（主要线性尺寸不大于20cm）的空气比释动能不应超过1.0mGy。因此综合考虑，本项目射线装置在1m处泄漏射线的空气比释动能率保守取1.00E+03μGy/h。

透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录文献可得不同管电压下不同材质的拟合参数，见表 11-11。

表 11-11 铅、混凝土 100kV 下 X 射线辐射衰减拟合参数

铅/混凝土对不同管电压的 X 射线（主束/泄漏）辐射衰减拟合参数			
铅（100kV）	2.5	15.28	0.7557
混凝土（100kV）	0.03925	0.08567	0.4273
铅/混凝土对不同管电压的 X 射线（散射）辐射衰减拟合参数			
铅（100kV）	2.507	15.33	0.9124
混凝土（100kV）	0.0395	0.0844	0.5191

表 11-12 SPECT-CT 扫描室屏蔽参数及辐射透射因子一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	铅当量折算	对散射线的透射因子	对主/泄漏射线的透射因子
SPECT-CT 扫描室	四面墙体	200mm 实心砖 +40mm 硫酸钡水泥	2.18mmPb+4.95mm Pb=7.13mmPb	2.21E-10	9.91E-11
	楼顶	400mm 混凝土	6.32mmPb	/	1.03E-08
	楼下	270mm 混凝土	4.28mmPb	/	1.68E-06
	防护门	4mmPb	4mmPb	5.14E-06	/
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	4mmPb	5.14E-06	/
设备自带	SPECT-CT	设备自带硬件	0.85mmPb	/	1.14E-02

注：根据NCRP于2004年出版的第147号报告《针对医用X射线影像设备的结构防护设计》P44：Dixon在1994年，Dixon和Simpkin在1998年的年度AAPM TG系列报告中给出了硬件设施的等效铅当量。由文中表4.6可得，影像接收器等硬件设施的等效铅当量为0.85mm。

利用因子和居留因子

计算时按照射线装置机头拟放置位置确定到达关注点距离，根据《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition.Mosby, 032010, p300）对于利用因子一律取1。另根据NCRP147号报告P31的表4.1 医疗场所居留因子建议值对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

1.3 计算公式

(1) 主射线辐射影响计算公式

$$H_{pr} = \frac{H_{1m} \cdot B}{r_x^2} \quad \dots \text{ (公式 11-4)}$$

式中：

H_{pr} ：关注点处的主射线的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_{1m} ：距离靶点1m处空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，

B ：屏蔽透射因子；

r_x ：离球管 1m 处至关注点的距离，m。

(2) 散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算，可参照《辐射防护手册》（第一分册）公式 10.10 采用以下公式：

$$H_{sr} = \frac{H_{1m} \cdot \mu \cdot (s/400) \cdot \alpha \cdot B}{(d_0)^2 (d_s)^2} \quad \dots \text{ (公式 11-5)}$$

H_{sr} ：关注点处的散射线的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_{1m} : 距靶点1m处空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

μ : 利用因子, 它表示射线被利用的程度, 也就是有用射线束指向有关照射点的工作负荷分数;

B : 屏蔽墙对散射线的屏蔽透射因子;

α : 相对于 400cm^2 散射面积的受照物对入射 X 射线的散射比, 根据《辐射防护手册》(第一分册, 李德平、潘自强主编) 中表 10.1 对于 100kV 的 X 射线取 0.0013 (90° 散射角);

s : 散射面积, 此处保守参考标准水模尺寸取 400cm^2 ;

d_0 : 源与受照体的距离 1m;

d_s : 源与关注点的距离。

(3) 泄漏射线辐射影响参数

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为:

$$H_{LR} = \frac{H_L \cdot B}{r^2} \dots\dots\dots \text{(公式11-6)}$$

式中:

H_{LR} : 关注点处的泄漏辐射空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

H_L : 距靶点1m处泄漏射线的剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

B : 屏蔽透射因子;

r : 源与关注点的距离, m。

计算SPECT-CT检查室周围关注点在开机时主射线、散射线和泄漏射线产生的空气比释动能率, 结果见表11-13。

根据上述公式计算机房周围关注点和术者位在开机时的周围剂量当量率, 结果见表11-12, 关注点位图见图11-3。

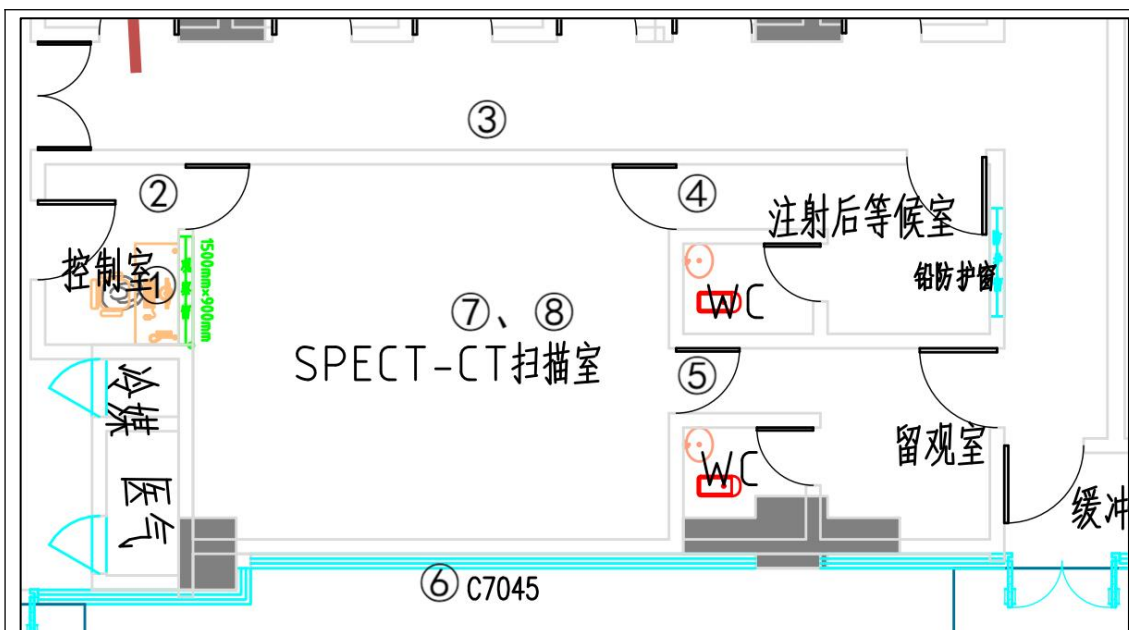


图 11-3 SPECT-CT 机房点位图

表11-12 本项目SPECT-CT机房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率核算结果

关注点	预测点	距离 (m)	屏蔽材料	透射因子	利用因子	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	泄漏射线方向 (观察窗)	4.5	4mmPb	3.39E-06	1	2.76E-04
	散射线方向 (观察窗)	4.5	4mmPb	5.14E-06	1	1.53E-01
2	泄漏射线方向 (西侧防护门)	5	4mmPb	3.39E-06	1	2.24E-04
	散射线方向 (防护门)	5	4mmPb	5.14E-06	1	1.24E-01
3	主射线方向 (北侧墙体)	3.2	200mm实心砖+40mm硫酸钡水泥+0.85mmPb	1.13E-12	1	5.14E-05
4	泄漏射线方向 (东侧防护门)	3.1	4mmPb	3.39E-06	1	5.82E-04
	散射线方向 (东侧防护门)	3.1	4mmPb	5.14E-06	1	3.22E-01
5	泄漏射线方向 (东侧防护门)	2.8	4mmPb	3.39E-06	1	7.13E-04
	散射线方向 (东侧防护门)	2.8	4mmPb	5.14E-06	1	3.95E-01

	门)					
6	主射线方向 (南侧墙体)	3.3	200mm实心砖+40mm硫酸 钡水泥+0.85mmPb	1.13E-12	1	5.14E-05
7	主射线方向 (楼上)	5.4	400mm 混凝土 +0.85mmPb	1.16E-10	1	1.84E-03
8	主射线方向 (楼下)	6.2	270mm 混凝土 +0.85mmPb	1.94E-08	1	2.34E-01

注：根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表B1中可知，100kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.65。

表11-13 本项目SPECT-CT机房X射线和γ射线影响叠加分析

叠加点位	X射线 ($\mu\text{Sv/h}$)	γ射线 ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
控制室	1.53E-01	1.04E-04	1.53E-01
南侧墙外30cm处	4.83E-05	7.08E-03	7.13E-03
楼上	1.84E-03	2.00E-04	2.04E-03
楼下	2.34E-01	2.07E-03	2.36E-01

综上所述，本项目场所周围和内部的周围剂量当量率能够满足本项目管理目标。

(五) 年有效剂量分析

1. γ射线

表 11-14 职业及公众受照射γ射线时间核算表

核素	操作方式	单次操作时 (min)	年最大患者 量(人)	年操作时间(h)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	职业	取药	[REDACTED]	166.7
		分装		333.3
		注射/给药		83.3
		摆位		83.3
		显像		1666.7
	公众	分装		333.3
		注射/给药		83.3
		摆位		83.3
		显像		1666.7
		注射后等候/留观		3333.4
^{131}I (甲吸)	职业	取药	41.7	
		分药	83.3	
		服药	41.7	
	公众	分药	83.3	
		服药	41.7	
^{131}I (甲亢)	职业	分药(分装间控制自 动分装仪)	41.7	
		服药(分装间指导患	20.8	

	公众	者服药)	[REDACTED]	
		分药		41.7
		服药		20.8
		留观		416.7
¹³¹ I (甲癌)	职业	分药（分装间控制自 动分装仪）	[REDACTED]	5
		服药（分装间指导患 者服药）		2.5
		查房		20.8
	公众	分药		5
		服药		2.5
		住院		6000
专职清 洁人员	职业	清洁		125

(1) γ 射线所致辐射工作人员年有效分析

结合表11-8、表11-14及居留因子可以计算得到本项目核医学科辐射工作场所负责各项工作的职业人员年有效剂量，计算结果见表11-15。

表11-15 不同核素产生的 γ 射线累积影响一览表

核素	操作方式	周围剂量当量率 (μ Sv/h)	辐射工作 人员年操 作时间(h)	居 留 因 子	年有效剂量 (mSv)	
^{99m} Tc	职业	取药	8.48E-05	166.7	1	1.41E-05
		分装	3.11E-38	333.3	1	1.04E-38
		注射/给药	3.11E-03	83.3	1	2.59E-04
		摆位	2.42E+01	83.3	1	2.02
		显像	1.04E-04	1666.7	1	1.73E-04
¹³¹ I(甲吸)	职业	取药	8.48E-05	41.7	1	3.53E-06
		分装	8.48E-05	83.3	1	7.06E-06
		给药	3.67E-01	41.7	1	1.53E-02
		检查	1.14E-01	208.3	1	2.37E-02
¹³¹ I(甲亢)	职业	分装（分装 间控制服药 室内的自动 分装仪）	1.96E-01	41.7	1	8.16E-03
		服药（对讲 指导服药）	1.92E-01	20.8	1	3.99E-03
¹³¹ I(甲癌)	职业	分装（分装 间控制服药 室内的自动 分装仪）	1.96	5	1	9.79E-03

		服药（对讲 指导服药）	1.92	2.5	1	4.79E-03
		查房	9.33E+01	20.8	1	1.94
专职清洁 人员		清洁	2.5	125	1	0.31

表11-16 γ 射线所致辐射工作人员年有效剂量一览表

岗位	人数	辐射工作人员年有效剂量（mSv）	是否满足要求
甲吸取药、分装、给药护 师	1名	$3.53E-06+7.06E-06+1.53E-02=1.53E-02$	满足
甲亢/甲癌分装、给药护 师	1名	$8.16E-03+3.99E-03+9.79E-03+4.79E-03=2.68E-02$	满足 满足
甲测检查、查房医师	2名	$2.37E-02+1.94=1.96$	满足
^{99m}Tc 取药、分装、注射护 师	1名	$1.41E-05+1.04E-38+2.59E-04=2.74E-04$	满足
SPCET-CT区域技师 (摆位+显像)	1名	$1.73E-04+2.02=2.02$	满足
专职清洁人员	1名	0.31	满足

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目辐射工作人员所受的年有效剂量（ γ 射线贡献）最大为**2.02mSv**。

（2） γ 射线所致公众年有效剂量分析

结合表11-8和表7-1，对于本项目处于不同位置的公众受到的年有效剂量进行统计，计算结果见表11-17。周围公众受照时间按照一天工作8h，一年250天，即2000h，若时间低于2000h则按照操作时间，高于2000h则取2000h。

表11-17 本项目公众年有效剂量估算结果

位置	参考关注点	受照时间 (h)	周围剂量 当量率参 考值 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	年有效剂量（mSv）	
卫生间、 缓冲、医 废暂存	分装间楼上	$333.3+83.3+83.3+41.7=541.6$	6.63E-06	1/16	2.24E-07	6.16E-06
	废物间楼上	2000	1.53E-09		5.94E-06	
	储源室楼上	2000	6.01E-04		1.92E-10	
血透中心	注射后等候室楼上	2000	4.75E-05	1	9.50E-05	7.24E-02
	Spect-CT 扫描室楼 上	1666.7	2.00E-04		3.34E-04	
	留观室楼上	2000	7.10E-03		1.42E-02	
	核素病房1楼上	2000	1.73E-02		3.47E-02	
	核素病房2楼上	2000	8.67E-03		1.73E-02	
	甲亢甲癌服碘室楼 上	$41.7+20.8+5+2.5=70$	6.63E-02	4.64E-03		
疏散走道	储源室楼下	2000	6.06E-09	1/16	7.57E-10	1.49E-03

	分装间楼下	333.3+83.3 +83.3+41.7 =541.6	3.03E-03		1.03E-04	
	废物间楼下	2000	2.03E-04		2.54E-05	
	甲亢甲癌服碘室楼下	41.7+20.8+ 5+2.5=70	2.62E-01		1.15E-03	
	Spect-CT 扫描室楼下	1666.7	2.07E-03		2.16E-04	
消防水池 一	核素病房 1	2000	5.14E-01	1/40	2.57E-02	4.05E-02
	核素病房 2	2000	2.57E-01		1.29E-02	
	注射后等候室	2000	6.21E-03		3.10E-04	
	留观室	2000	3.19E-02		1.60E-03	
	Spect-CT 扫描室楼下	1666.7	2.07E-03		8.62E-05	
洁具间	废物间东侧墙外	2000	3.82E-03	1/40	1.91E-04	4.08E-02
	抢救室东侧墙外	2000	5.51E-01		2.75E-02	
	核素病房 1 东侧墙外	2000	2.61E-01		1.31E-02	
检查包装 及灭菌区	核素病房 1 东侧墙外	2000	2.61E-01	1/16	3.26E-02	4.90E-02
	核素病房 2 东侧墙外	2000	1.31E-01		1.63E-02	
院区道路 及绿化	核素病房 2 南侧墙外	2000	2.04E-01	1/16	2.55E-02	
接收大厅	甲癌患者专用走廊 北侧墙外	41.67	1.31	1/5	1.09E-02	

*选取剂量率最大的点作为参考点。

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目公众所受的年有效剂量（ γ 射线贡献）最大为**7.24E-02mSv**。

2、X 射线所致辐射工作人员及周围公众年有效分析

表11-18 X射线所致人员年有效剂量分析一览表

保护目标	周围剂量当量 率($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时 间 (h)	居留因子	所致年有效剂 量(mSv)
SPECT-CT技师	1.53E-01	1666.7	1	2.55E-01
SPECT-CT扫描室楼上（血 透中心）	1.84E-03	1666.7	1	3.07E-03
SPECT-CT扫描室楼下（疏 散走道、消防水池一）	2.34E-01	1666.7	1/16	2.44E-02
南侧墙外(院区绿化及道路)	4.83E-05	1666.7	1/16	5.03E-06

3、韧致辐射所致辐射工作人员年有效剂量影响分析

本项目敷贴源 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 烧结在陶瓷釉中，再将瓷片装入铝壳内，液压收口后用环氧树脂密封（材质原子序数均不超过56，因此可忽略韧致辐射影响）。根据《辐射防护手册》（潘自强主编）5.3： β 粒子被自身源物质及周围其他物质阻止时分部产生内、外韧致辐射。在估算外照射剂量时，必须考虑外韧致辐射，韧致

辐射产生的总剂量率公式为（McLintock，1994）：

$$D = \frac{6AE_{\beta}^2}{d^2}(Z+I)\mu_{en} \dots\dots\dots \text{（公式11-7）}$$

D：预测点处的辐射剂量率，μSv/h；

A：β辐射体的活度，MBq；

E_β：β粒子最大能量，MeV；

d：距离源的距离，cm，取 d=100cm；

Z：吸收体的有效原子序数，针对铅为 82；

I：考虑到内韧致辐射贡献的修正因子，针对铅为 4；

μ_{en}：韧致辐射的质能吸收系数，查询 NIST X-Ray Mass Attenuation Coefficients 数据库获得。

表 11-19 韧致辐射所致辐射剂量率及辐射工作人员年有效剂量

	核素	β粒子最大能量 (MeV)	A MBq	μ _{en} (cm ² /g)	D (μSv/h)	最薄屏蔽透射因子	周围剂量当量率 (μSv/h)	年操作时间(h)	年有效剂量(mSv)
储源室	¹³¹ I	0.606	5.55	6.82E-02	7.17E-03	1.0	7.97E-02	65	5.18E-03
甲亢甲癌服碘室	¹³¹ I (甲亢+甲癌)	0.606	19500	6.82E-02	2.52E+01	1.23E-02	1.49E-01	70	1.05E-02
甲吸分药时	¹³¹ I (甲吸)	0.606	5.55	6.82E-02	7.17E-03	1.0	7.97E-02	41.7	3.23E-03

由上表可知分装制药的辐射工作人员受到的年有效剂量（韧致辐射）最大为 5.18E-03mSv。

表 11-20 韧致辐射所致辐射剂量率及公众年有效剂量

方位	核素	D (μSv/h)	屏蔽透射因子	R (m)	周围剂量当量率(μSv/h)	居留因子	年操作时间 (h)	年有效剂量(mSv)
储源室楼上	¹³¹ I	7.17E-03	4.44E-03	4.7	1.44E-06	1/16	2000	1.80E-07
储源室楼	¹³¹ I	2.51E+01	2.58E-02	5.7	1.99E-02	1/16		7.12E-07

下							
甲亢 甲癌 服碘 室楼 上	¹³¹ I	2.51E+01	4.44E-03	4.7	5.06E-03	1/16	6.33E-04
甲亢 甲癌 服碘 室楼 下	¹³¹ I	2.51E+01	2.58E-02	5.7	2.00E-02	1/16	2.50E-03

注：按照每日工作8h，每年工作250天，考虑储源室韧致辐射所致周围公众的年有效剂量。

由上表可知储源室的对公众的年有效剂量（韧致辐射）最大为2.50E-03mSv。

根据前文分析描述，辐射工作人员年有效剂量叠影响分析见下表。

表 11-21 本项目核医学科年有效剂量叠加影响分析一览表

保护目标		γ射线影响 (mSv)	X射线影响 (mSv)	韧致辐射 (mSv)	叠加总计 年有效剂 量 (mSv)	是否 满足 要求
职业	¹³¹ I (甲吸) 护师	1.53E-02	/	3.23E-03+5.18E-03 =8.41E-03	2.37E-02	满足
	¹³¹ I (甲亢) / ¹³¹ I (甲癌) 护师	2.68E-02	/	1.05E-02	3.73E-02	满足 满足
	^{99m} Tc护师	2.74E-04	/	/	2.74E-04	满足
	SPCET-CT技师	2.02	2.55E-01	/	2.28	满足
	¹³¹ I检查/甲癌查房医师	1.96	/	/	1.96	满足
	清洁人员	0.31	/	1.05E-02+5.18E-03 =6.23E-02	3.72E-01	满足
公众	卫生间、缓冲、医废暂 存	6.16E-06	/	1.78E-03	1.79E-03	满足
	血透中心	7.24E-02	3.07E-03	6.33E-04	7.61E-02	满足
	疏散走道	1.49E-03	2.44E-02	2.50E-03	2.84E-02	满足
	消防水池一	4.05E-02	2.44E-02	/	6.49E-02	满足
	洁具间	4.08E-02	/	/	4.08E-02	满足
	检查包装及灭菌区	4.90E-02	/	/	4.90E-02	满足
	院区道路及绿化	2.55E-02	5.03E-06	/	2.55E-02	满

						足
	接收大厅	1.09E-02	/	/	1.09E-02	

本项目50m范围内的保护目标还包括1号楼急诊医技楼、4号楼行政后勤楼、5号楼能源中心、连廊一、连廊二、规划道路和阳光玖著小区，距离本项目最近为1号楼急诊医技楼24m，选取表11-8中核素病房2南侧墙外周围剂量当量率 $2.04E-01\mu\text{Sv/h}$ 作为计算参考，时间取甲癌住院周围公众6000h，居留因子保守取1，则本项目50m范围建筑内的周围公众保守计算年有效剂量为： $0.204*6000/24/24/1000=2.13E-03\text{mSv}$ ，满足相关要求。

综上所述，经过所有叠加分析后，本项目核医学科辐射工作人员的年有效剂量最大为 2.28mSv ，周围公众的年有效剂量最大为 $7.61E-02\text{mSv}$ 。因此综合来看，本项目运行后，核医学科场所相关的辐射工作人员以及周围公众受到的周围剂量当量率、年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中对周围剂量当量率、职业人员和公众年有效剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值。

（六）患者离开医院后对环境的影响

对于本项目非密封性放射物质的出院管理，《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）等标准未作出具体要求。以核素 ^{131}I 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 为例，单人实际注射最大量分别为 150mCi （甲癌）、 15mCi （甲亢）、 0.015mCi （甲吸）； 25mCi （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 显像检查），检查患者从辐射工作场所内离开预计花费1h时间，甲癌患者住院5天后离开医院，根据ICRP Publication 94《Release of patients after therapy with unsealed radionuclides》可知，甲癌患者住院5天后体内核素剩余15%（ $5550\text{MBq}\times 15\%=832.5\text{MBq}$ ），第五天， ^{131}I 距离1m处剂量率转换系数（ $\mu\text{Sv/h/MBq}$ ）为0.007，则患者出院时1m处周围剂量当量率为 $832.5\text{MBq}\times 0.007\mu\text{Sv/h/MBq}=5.83\mu\text{Sv/h}$ ；甲亢 ^{131}I 距离1m处剂量率转换系数（ $\mu\text{Sv/h/MBq}$ ）为0.006。则出院后患者体外1m处周围剂量当量率随时间变化见表11-22。

表11-22 使用核素的患者离开院后不同时间段内1m处周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

注射核素	注射完成离开时/甲癌患者住院5天后（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	1h	8h	15h	24h
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1.71E+01	1.52E+01	6.79	3.04	1.08

^{131}I （甲吸）	3.22E-02	3.21E-02	3.13E-02	3.05E-02	2.96E-02
^{131}I （甲亢）	1.94	1.93	1.89	1.84	1.78
^{131}I （甲癌）	5.83	5.81	5.66	5.52	5.35

因此医院应对患者离院做出书面指导，短期内禁止到公共场所活动，1天内需尽量避免与家人亲密接触。

针对使用碘-131患者，应遵循《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）表L.3及表L.4限制。结合本项目核素用量，具体处于管理要求见表11-23、表11-24。

表11-23 甲亢和甲状腺癌患者出院后与同事和亲属接触的相关限制

施用量（MBq）	治疗类型	不上班时间（d）	与伴侣不同床时间（d）	限制与<2岁儿童接触的时间（d）	限制与2~5岁儿童接触的时间（d）	限制>5岁儿童接触的时间（d）
200	甲亢	0	15	15	11	5
400	甲亢	3	20	21	16	11
600	甲亢	6	24	24	20	14
1850	甲状腺癌	3	16	16	13	10
3700	甲状腺癌	7	20	20	17	13
5500	甲状腺癌	10	22	22	19	16

表11-24 甲亢和甲状腺癌出院患者出门旅游的相关限制

离出院的天数（d）	离患者1m处的周围剂量当量率近似值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	自由行旅游	参团旅游
8	≤ 11.5	可以，但与同伴保持距离>1m	建议不参加
16	≤ 5.7	可以，但与同伴保持距离>1m	参加3天以内的短期旅游，但与同伴保持距离>1m
24	≤ 2.8	可以	可以，但与同伴保持距离>1m
32	≤ 1.4	可以	可以

（七）大气环境影响分析

1.放射性废气

公众：参考《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）规定的公众成员食入放射性核素年摄入量限值（取1~2岁为最小参考值）进行评估。

表 11-25 AERSCREEN 基础参数设置

核素	日操作量 Bq	挥发系数	过滤比率	排风量 m ³ /h	排放速率 (Bq/s)
碘-131	1.95E+10	1%	90%	8000	2.44E+03
锝-99	3.70E+10	0.1%	90%	8000	4.63E+02

注：保守按照 1Bq 放射性气溶胶重量为 1g 进行预估

关注点落地浓度根据《环境影响评价技术导则大气环境》（HJ2.2-2018）中推荐模型AERSCREEN估算得出结果见表11-25。

表11-25 各保护目标处最大年摄入量及年有效剂量汇总

¹³¹ I 吸入内照射剂量计算					
方位距离(m)	落地浓度 Bq/m ³	BR 呼吸率 m ³ /h	时间 (h)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D ^{inh} _i (mSv)
43（交通连廊一）	0.106	1.2	130	7.40E-09	1.22E-04
24（1号楼急诊医技楼）	0.0185	1.2	130	7.40E-09	2.14E-05
43（4号楼行政后勤楼）	0.106	1.2	130	7.40E-09	1.22E-04
43（5号楼能源中心）	0.106	1.2	130	7.40E-09	1.22E-04
38.7（交通连廊二）	0.0874	1.2	130	7.40E-09	1.01E-04
27.3（规划道路）	0.0299	1.2	130	7.40E-09	3.45E-05
45（阳光玖著小区）	0.113	1.2	130	7.40E-09	1.30E-04
^{99m} Tc 吸入内照射剂量计算					
43（交通连廊一）	0.0203	1.2	333.3	1.20E-11	9.74E-08
24（1号楼急诊医技楼）	0.0035	1.2	333.3	1.20E-11	1.68E-08
43（4号楼行政后勤楼）	0.0203	1.2	333.3	1.20E-11	9.74E-08
43（5号楼能源中心）	0.0203	1.2	333.3	1.20E-11	9.74E-08
38.7（交通连廊二）	0.0167	1.2	333.3	1.20E-11	8.02E-08
27.3（规划道路）	0.0057	1.2	333.3	1.20E-11	2.74E-08
45（阳光玖著小区）	0.0216	1.2	333.3	1.20E-11	1.04E-07

表11-26 放射性核素公众最大年摄入量汇总

核素	保护目标处年最大 摄入量(吸入) (Bq)	年摄入量最小限值 (Bq)	备注
锝-99m	8.64	7.60E+06	满足
碘-131	17.63	5.50E+03	满足

根据表11-25和表11-26，所有核素在保守情况下均能满足保护目标处的公众成员的放射性核素年摄入量最小限值，对周围公众附加年有效剂量满足管理目标，且公众叠加吸入后内照射影响，其最大年有效剂量**7.61E-02mSv**仍满足**0.1mSv/a**剂量约束值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

职业：吸入剂量转换因子根据GB18871-2002表B7取值，结合核素操作时间，根据公式11-8可推算工作人员吸入污染空气可致肺部内照射剂量，计算结果见下表。

$$D_i^{inh} = C_i \cdot BR \cdot t \cdot DRF_{inh} \dots\dots\dots \text{公式11-8}$$

D_i^{inh} ——吸入内照射剂量，Sv；

C_i ——空气中放射性物质的活度浓度，Bq/m³。

BR ——呼吸率，m³/h，根据《辐射防护导论》P206页表7.2按照人轻体力劳动时吸入的空气量20L/min，则呼吸率为1.2m³/h；

t ——人员受照时间，h；

DRF_{inh} ——吸入剂量转换因子，根据GB 18871-2002附录取值。

表11-27 职业人员吸入内照射年有效剂量

核素	日最大操作量 (Bq)	日操作时间 (h)	C _i (Bq/m ³)	BR m ³ /h	t (h)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D _i ^{inh} (mSv)
^{99m} Tc	3.70E+10	1.33	3.48E+02	1.2	333.3	1.20E-11	1.67E-03
¹³¹ I (甲吸)	5.55E+06	0.33	2.1	1.2	83.3	7.40E-09	1.55E-03

注：¹³¹I甲亢和¹³¹I甲癌为隔室操作。

因此辐射工作人员叠加吸入后内照射影响，其最大年有效剂量**2.28mSv/a**仍满足5mSv/a剂量约束值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

2.臭氧及氮氧化物

SPECT-CT 检查室采用机械通排风，通风条件良好，产生的臭氧通过排风管道抽排至大气环境中，经自然分解和稀释对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。

(八)、水环境影响分析

本项目核医学科场所设置有接纳放射性废水的水管，室外部分下水管道位于地下1m处，部分暴露在地下室顶板，暴露部分下水管外径用6mm铅皮包裹，人员均不可接触。保守按照甲癌区域计算，服用¹³¹I核素的患者（单个患者用药量为5550MBq，周围剂量当量率常数（裸源）为0.0595(μSv·m²·MBq⁻¹·h⁻¹)，在住院时24h使用了厕所（根据ICRP根第94号出版物给出的数据，患者体内大约55%施予活度的¹³¹I在服药后24h内排出体外，22%的¹³¹I在第2个24h排出），保守按照第1个24h内的核素排出量计算，即患者体内55%核素量随着尿液（考虑成

人每天 4-8 次小便，保守按照每天 4 次小便计算排出的核素量）排入水管（一般水管直径为 0.1m，管道埋地深 1m）中，此时近似看成点源，室外地面处的瞬时剂量率为： $3.14 \times 0.05^2 \times 5550 \text{MBq} \times 3 \times 0.0595 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \times 55\% / 4 / 1^2 = 0.89 \mu\text{Sv/h}$ ，满足相关要求。

本项目放射性废水由单独的排水系统排放至衰变池静置衰变，本项目衰变池设计 181 天的排水周期，根据国家核安全局 2023 年 9 月 13 日发布的《关于核医学标准相关条款咨询的复函》中“含碘-131 液态放射性废物暂存 180 天后，衰变池废水可直接排放”因此衰变池存够 181 天后可排放至医院污水处理站。经污水处理站处理出水可达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表 2 中预处理标准后，排放至专用排污管道，由专用排污管道送至乐山海天市污水处理厂处理。

综上所述，本项目放射性废水对周边水环境影响较小。

四、固体废物环境影响分析

本项目辐射工作场所产生的放射性固废有：因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具、废气排风口设置有活性炭过滤器更换下的活性炭等。

本项目放射工作场所除储源室外其余各房间均设置有铅垃圾桶，分装间涉及使用¹³¹I、^{99m}Tc两种核素，因此设置2个铅垃圾桶，桶上贴好标记标签，做好对应说明。每天工作结束后，由专职清洁人员将各铅垃圾桶内的放射性废物分类转移至废物间1内的放射性废物暂存容器内暂存衰变，经监测达标后作为医疗废物处置。2号楼住院楼屋顶废气排风口设置的活性炭过滤器更换下来的活性炭作为放射性固废处理。

由上述可知，本项目固体放射性废物的处理措施有效可行，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中有关固体放射性废物处理的要求。本项目固体放射性废物本身沾染的放射性核素活度浓度较低，各房间每天产生的固体放射性废物较少，经过各房间废物铅桶的屏蔽后，废物铅桶外的辐射剂量率满足小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求，对周围环境辐射影响很小。

五、声环境影响分析

本项目产生噪声设备主要为通排风系统，空调机组及风机进出口设软接头、水泵进出口设橡胶减振接头；通风设备及部分风管、水管吊架采用隔振吊架；通风空调系统设备选用低噪声设备，设备安装采用减振支吊架等措施，经距离衰减后声级较小，噪声影响不大。

（二）DSA室项目辐射环境影响分析

1.辐射种类和计算方法

据原中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年第66号公告《射线装置分类》，数字减影血管造影机（DSA）属于II类射线装置。DSA工作时主要环境影响因素为工作时产生的X射线，包含主射线、散射线和泄漏射线。主射线方向从下往上。

由本项目引用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）进行理论预估。《辐射防护手册》由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写，涉及范围广泛，主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，应用于我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等多个领域，能很好地满足从事辐射防护工作的广大科技人员的实际需要。

本项目理论预测采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算方式10.8和10.10演变可得。

2.计算条件

（1）评估参数选取

本项目2台DSA以表9-3中最大值作为本项目评价工况。

表11-27 本项目DSA射线装置评价工况一览表

评估工况					
模式	透视	管电压	90kV	管电流	20mA
	拍片		90kV		600mA

主射线：本项目2间DSA手术室根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“5.1 一般要求 c)除牙科摄影和乳腺摄影用X射线设备外，X射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于2.5mmAl”可知，设计要求X射线管/准直器的最低固有过滤当量是2.5mmAl。为进行保守预计，本项目按照过滤材料为2.5mmAl进行计量估算。根据ICRP33号报告P32图2，结合评

估工况里的电流参数，从而可知 DSA 透视时距离机头 1m 处空气比释动能率见下表。

表11-28 本项目DSA距离机头1m处空气比释动能率

射线装置	距靶1m处的发射率 (mGy/mA·min)	评价电流 (mA)		空气比释动能率 (μGy/h)
		透视	拍片	
本项目介入导管室	6.6	20		7.92E+06
		600		2.38E+08

泄漏射线：根据《医用电气设备 第一部分：安全通用要求 三、并列标准诊断X射线设备辐射防护通用要求》（GB 9706.12-1997）中“29.204.3 加载状态下的泄漏辐射X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射。当其相当于规定的1h最大输入能量加载条件下以标称X射线管电压运行时，距焦点1m处，在任意100cm²区域范围内平均空气比释动能，应符合下列要求：对于其他各种X射线管组件及X射线源组件，应不超过1.0mGy/h。因此综合考虑，本项目射线装置在1m处泄漏射线的空气比释动能率保守取1.00E+03μGy/h。

(2) 散射线能量

由于屏蔽体透射因子的取值与射线的能量有关，根据《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）P354中可知，射线经过散射后，其能量由公式11-9推导，单位为kV。光子散射后的能量E为(θ为散射角)：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{511}} \text{-----公式11-9}$$

根据上式计算得出，本项目射线装置在管电压为90kV时，θ=90°时的散射线能量约为80kV。

(3) 透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录文献可得不同管电压下不同材质的拟合参数，见下表。

表 11-29 铅、混凝土对不同管电压的 X 射线辐射衰减拟合参数参数

材料	α (mm ⁻¹)	β (mm ⁻¹)	γ (mm ⁻¹)
（主射线/泄漏射线）管电压 90kV			
铅	3.067	18.83	0.7726
混凝土	0.04228	0.1137	0.469
（散射线）管电压 70kV			
铅	5.369	23.49	0.5883
混凝土	0.0509	0.1697	0.3849

（散射线）管电压 100kV			
铅	2.507	15.33	0.9124
混凝土	0.0395	0.0844	0.5191

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），评价结果见下表。

表 11-30 本项目 2 间 DSA 手术室当前屏蔽参数一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	透射因子	
			散射线	主射线/泄漏射线
DSA 手术室 1、 DSA 手术室 2	四面墙体	370mm 实心砖	2.61E-06	3.89E-07
	楼顶	250mm 混凝土楼板+20mm 硫酸钡水泥	/	3.22E-10
	地面	250mm 混凝土楼板	3.84E-06	1.60E-06
	观察窗	4mmPb 铅玻璃	3.43E-06	3.69E-07
	防护门	4mmPb 铅门	3.43E-06	3.69E-07
防护用品	吊屏/铅帘	0.5mm 铅当量	3.32E-02	2.52E-02
	铅手套	0.025mm 铅当量	6.33E-01	6.26E-01
	铅眼镜	0.25mm 铅当量	9.68E-02	8.41E-02
	铅衣	0.5mm 铅当量	3.32E-02	2.52E-02
	铅屏风	4mmPb	3.43E-06	3.69E-07

（4）利用因子和居留因子

计算时按照射线装置机头拟放置位置确定到达关注点距离，根据《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010,p300）对于利用因子一律取1。另根据NCRP147号报告P31的表4.1 医疗场所居留因子建议值对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

3 计算公式与计算结果

（1）主射线辐射影响计算公式

本项目手术室上方主要考虑主射线影响，四周主要考虑散射线和泄漏射线影响。采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算公式10.8进行推导：

$$\dots\dots\dots H_{pr} = \frac{H_0 \cdot B}{r^2} \quad (\text{公式 11-10})$$

式中：

H_{pr} ：关注点处的主射线的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ：距离靶点1m处空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ，

B ：屏蔽透射因子；

r_x : 源与关注点的距离, m。

(2) 散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算,可参照《辐射防护手册》(第一分册)公式 10.10 采用以下公式:

$$H_{sr} = \frac{H_{1m} \cdot \mu \cdot (s/400) \cdot \alpha \cdot B}{(d_0)^2 (d_s)^2} \dots\dots\dots \text{(公式11-11)}$$

H_{sr} : 关注点处的散射线的空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

H_{1m} : 距靶点1m处空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

μ : 利用因子,它表示射线被利用的程度,也就是有用射线束指向有关照射点的工作负荷分数;

B : 屏蔽墙对散射线的屏蔽透射因子;

α : 相对于 400cm^2 散射面积的受照物对入射 X 射线的散射比,根据《辐射防护手册》(第一分册,李德平、潘自强主编)中表 10.1 对于 90kV 的 X 射线取 0.00103 (90° 散射角);

s : 散射面积,此处保守参考标准水模尺寸取 400cm^2 ;

d_0 : 源与受照体的距离;

d_s : 源与关注点的距离。

(3) 泄漏射线辐射影响参数

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为:

$$H_{LR} = \frac{H_L \cdot B}{r^2} \dots\dots\dots \text{(公式11-12)}$$

式中:

H_{LR} : 关注点处的泄漏辐射空气比释动能率, $\mu\text{Gy/h}$;

H_L : 距靶点1m处泄漏射线的剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

B : 屏蔽透射因子;

r : 源与关注点的距离, m。

根据上述公式计算DSA手术室周围关注点和术者位在开机时的周围剂量当量率,结果见下表。

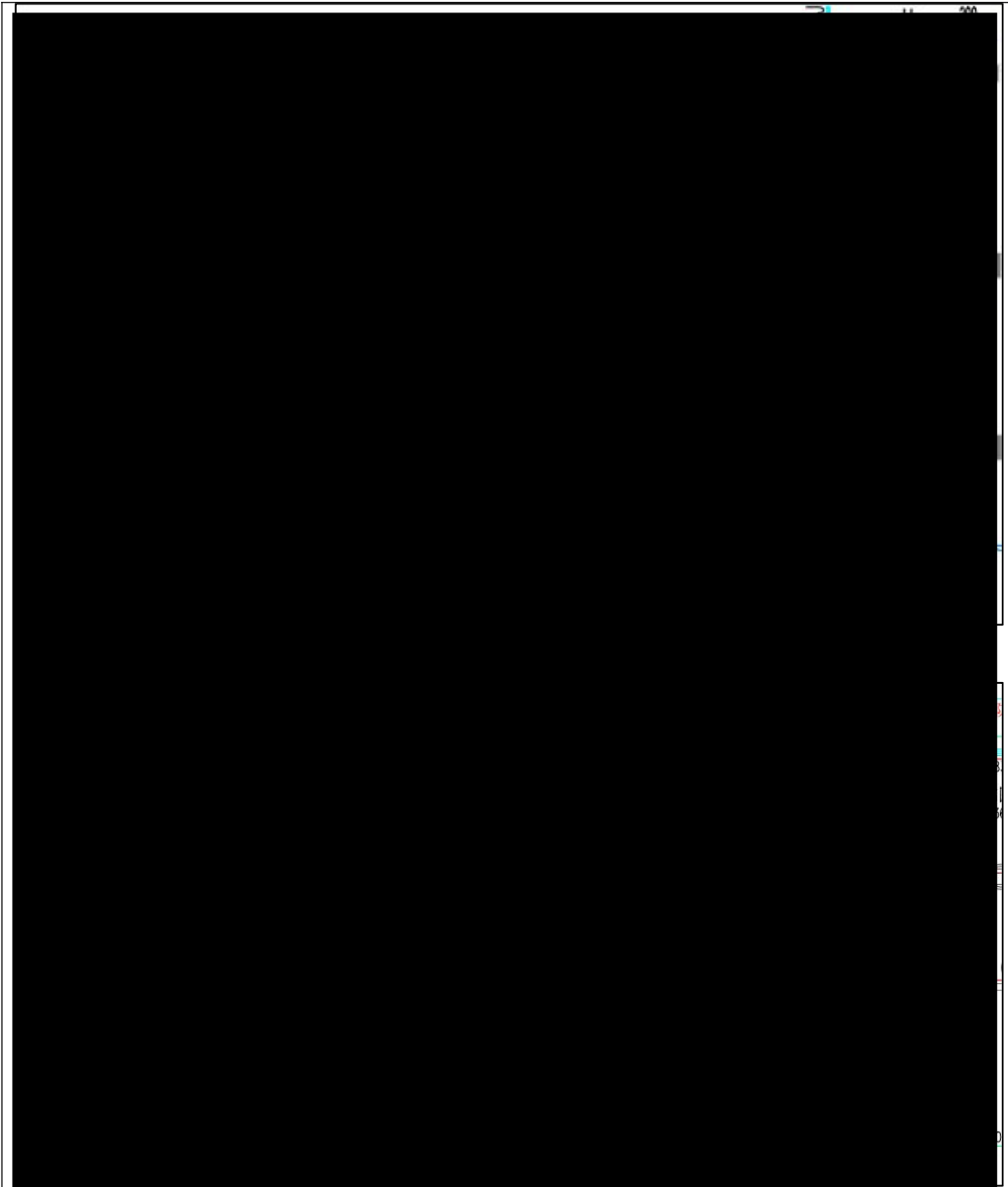


图11-5 本项目DSA手术室周围计算点位图

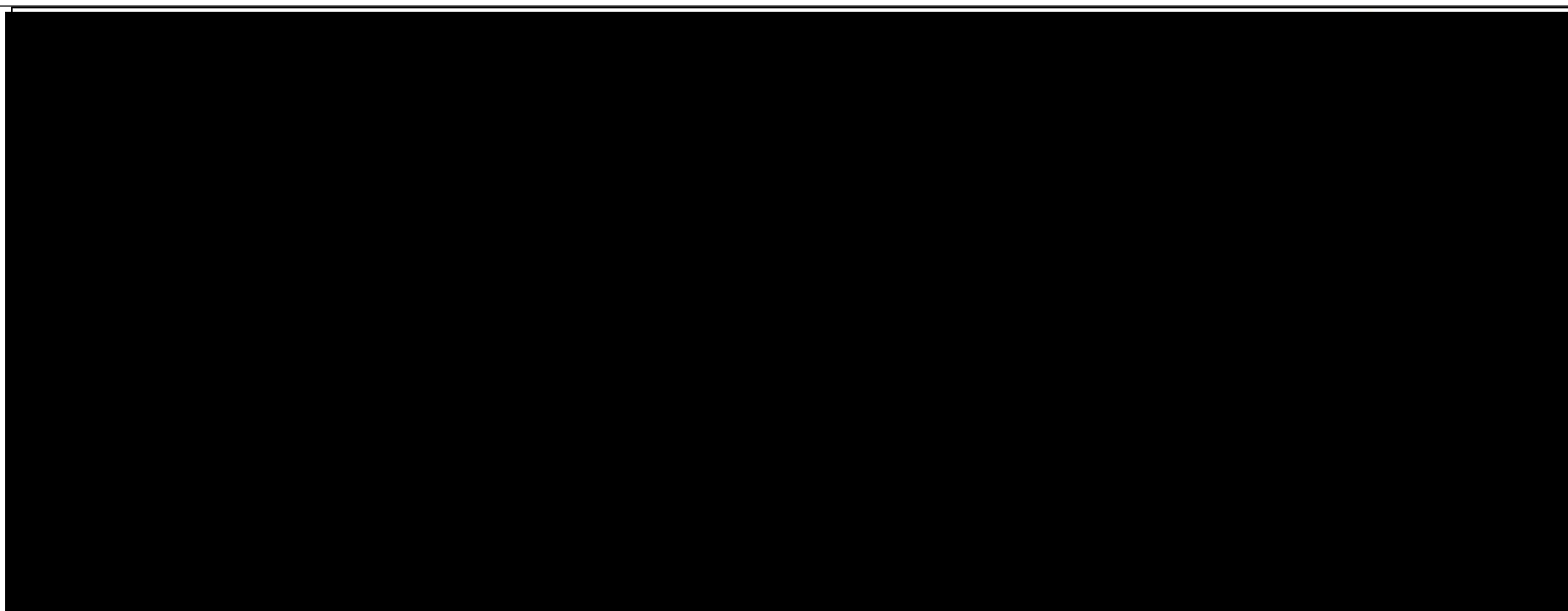


图11-6 本项目DSA手术室周围计算点位图

表11-31 不同介入诊疗条件下本项目DSA手术室主射线方向周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	透射因子	空气比释动能率($\mu\text{Gy/h}$)	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足限值
13、M	楼上30cm处（候诊区）	透视	5.4	250mm混凝土+20mm硫酸钡水泥	3.22E-10	8.75E-05	1.48E-04	满足
		拍片			3.22E-10	2.62E-03	4.43E-03	满足

注：由《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表B1中90kV下，K=1.69。

表11-32 不同介入诊疗条件下本项目DSA手术室非主射线方向周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	透射因子		瞬时剂量率(μGy/h)		合计周围剂量当量率(μSv/h)	是否满足限值
						散射线	泄漏射线	散射线	泄漏射线		
DSA 手术室 1											
4	手术室东侧窗外30cm处(控制室1)	透视	4.09	4mmPb 铅窗	1	3.43E-06	3.69E-07	1.67E-03	2.21E-05	2.91E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	5.01E-02	2.21E-05	8.63E-02	满足
5	手术室东侧门外30cm处(控制室1)	透视	4.14	4mmPb 铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	1.63E-03	2.15E-05	2.84E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	4.89E-02	2.15E-05	8.42E-02	满足
6	手术室东侧墙外30cm处(谈话间)	透视	4.58	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.01E-03	1.85E-05	1.77E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	3.04E-02	1.85E-05	5.23E-02	满足
7	手术室南侧墙外30cm处(患者通道)	透视	3.93	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.38E-03	2.52E-05	2.41E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	4.13E-02	2.52E-05	7.11E-02	满足
8	手术室西侧门外30cm处(病员通道1)	透视	5.93	4mmPb 铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	7.95E-04	1.05E-05	1.38E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	2.38E-02	1.05E-05	4.10E-02	满足
9	手术室西侧墙外30cm处(设备间1)	透视	5.23	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	7.77E-04	1.42E-05	1.36E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	2.33E-02	1.42E-05	4.01E-02	满足
10	手术室西侧门外30cm处(污物打包1)	透视	5.59	4mmPb 铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	8.95E-04	1.18E-05	1.56E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	2.68E-02	1.18E-05	4.62E-02	满足

11	手术室北侧墙外 30cm 处（院区绿化）	透视	3.86	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.43E-03	2.61E-05	2.50E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	4.28E-02	2.61E-05	7.37E-02	满足
12	手术室东侧墙外 30cm 处（洗手更衣消毒）	透视	4.37	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.11E-03	2.04E-05	1.95E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	3.34E-02	2.04E-05	5.75E-02	满足
14	楼下 （楼板 30cm 处）	透视	0.85	250mm 混凝土	1	3.84E-06	1.60E-06	4.34E-02	2.22E-03	7.84E-02	满足
		拍片				3.84E-06	1.60E-06	1.30	2.22E-03	2.24	满足
DSA 手术室 2											
D	手术室西侧窗外 30cm 处（控制室 2）	透视	4.05	4mmPb 铅窗	1	3.43E-06	3.69E-07	1.70E-03	2.25E-05	2.97E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	5.11E-02	2.25E-05	8.80E-02	满足
E	手术室西侧门外 30cm 处（控制室 2）	透视	4.18	4mmPb 铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	1.60E-03	2.11E-05	2.79E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	4.80E-02	2.11E-05	8.26E-02	满足
F	手术室西侧墙外 30cm 处（配电房）	透视	4.64	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	9.87E-04	1.81E-05	1.73E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	2.96E-02	1.81E-05	5.10E-02	满足
G	手术室南侧墙外 30cm 处（患者通道）	透视	3.94	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.37E-03	2.50E-05	2.40E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	4.11E-02	2.50E-05	7.07E-02	满足
H	手术室东侧门外 30cm 处（病员通道 2）	透视	5.34	4mmPb 铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	9.80E-04	1.29E-05	1.71E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	2.94E-02	1.29E-05	5.06E-02	满足
I	手术室西侧墙东	透视	5.15	370mm 实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	8.02E-04	1.47E-05	1.40E-03	满足

	30cm处（设备间2）	拍片				2.61E-06	3.89E-07	2.40E-02	1.47E-05	4.14E-02	满足
J	手术室东侧门外30cm处（污物打包2）	透视	5.55	4mmPb铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	9.07E-04	1.20E-05	1.58E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	2.72E-02	1.20E-05	4.68E-02	满足
K	手术室北侧墙外30cm处（院区绿化）	透视	3.72	370mm实心砖	1	2.61E-06	3.89E-07	1.54E-03	2.81E-05	2.69E-03	满足
		拍片				2.61E-06	3.89E-07	4.61E-02	2.81E-05	7.93E-02	满足
L	手术室西侧门外30cm处（洗手消毒更衣）	透视	4.38	4mmPb铅门	1	3.43E-06	3.69E-07	1.46E-03	1.92E-05	2.54E-03	满足
		拍片				3.43E-06	3.69E-07	4.37E-02	1.92E-05	7.52E-02	满足
N	手术室楼下30cm处	透视	0.85	250mm混凝土	1	3.84E-06	1.60E-06	4.34E-02	2.22E-03	7.84E-02	满足
		拍片				3.84E-06	1.60E-06	1.30	2.22E-03	2.24	满足

注：由《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表B1中90kV下，K=1.69,80kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.72。

根据上表可知，DSA手术室四周墙体、铅防护门、观察窗、顶棚和地坪的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计的防护条件下，屏蔽体外0.3m处的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“具有透视功能的X射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h”要求。

表11-33 透视情况下医护人员剂量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	散射射线		泄漏射线		合计周围剂量当量率(μSv/h)
						屏蔽透射因子	瞬时剂量率(μGy/h)	屏蔽透射因子	瞬时剂量率(μGy/h)	
DSA手术室1、DSA手术室2										
1、A	第一手术位	透视	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅屏	1	1.49E-03	6.33E-04	4.88E+01	2.53E+00	8.82E+01

		拍片	2.0	4mm 铅板 +0.5mmPb 铅衣		1.14E-07	9.28E-09	6.97E-03	2.32E-06	1.20E-02
2、B	第二手术位	透视	0.8	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏	1	1.49E-03	6.33E-04	4.88E+01	2.53E+00	3.44E+01
		拍片	2.0	4mm 铅板 +0.5mmPb 铅衣		1.14E-07	9.28E-09	6.97E-03	2.32E-06	1.20E-02
3、C	护师位	透视	1.2	0.5mmPb 铅衣 +0.5mmPb 铅屏	1	1.49E-03	6.33E-04	4.88E+01	2.53E+00	1.53E+01
		拍片	2.0	4mm 铅板 +0.5mmPb 铅衣		1.14E-07	9.28E-09	6.97E-03	2.32E-06	1.20E-02

注：由《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表B1中90kV下，K=1.69,80kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.72。

4.DSA手术室辐射工作人员及周围公众年有效剂量评估

4.1计算公式

人员所受年有效剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告附录A公式计算手术室周围各关注点辐射工作人员和公众受到的X射线产生的外照射人均年有效剂量：

$$H_{Er} = D_r \times T \times t \times K \quad \dots\dots\dots(\text{公式11-13})$$

H_{Er} ：X射线外照射人均年剂量，mSv/a；

D_r ：关注点处空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

T ：居留因子；

t ：年照射时间，h；

K ：有效剂量与吸收剂量转换系数。本项目根据《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表 B1 中 90kV 下， $K=1.69$ ，80kV 下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为 1.72。

表11-34 本项目DSA手术室辐射工作人员及公众年有效附加剂量一览表

序号	位置	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		居留因子	年照射时间	保护目标	年有效剂量(mSv/a)
DSA手术室1							
1	西侧病员通道 1	透视	1.38E-03	1/5	透视： 166.7h； 拍片： 8.3h	周围公众	1.14E-04
		拍片	4.10E-02				
2	西侧设备间	透视	1.36E-03	1/20		周围公众	2.80E-05
		拍片	4.01E-02				
3	西侧污物打包 1	透视	1.56E-03	1/5		周围公众	1.29E-04
		拍片	4.62E-02				
4	北侧院区道路及绿化	透视	2.50E-03	1/16		周围公众	6.43E-05
		拍片	7.37E-02				
5	东侧洗手消毒、更衣	透视	1.95E-03	1/5	辐射工作人员	1.60E-04	
		拍片	5.75E-02				
6	东侧控制室 1	透视	2.91E-03	1	辐射工作人员	1.20E-03	
		拍片	8.63E-02				
7	东侧谈话间	透视	1.77E-03	1/5	辐射工作人员	1.46E-04	
		拍片	5.23E-02				
8	南侧患者通	透视	2.41E-03	1/5	周围公众	1.98E-04	

	道1	拍片	7.11E-02					
9	楼上候诊区	透视	1.48E-04	1/20	透视: 166.7h; 拍片: 8.3h	周围公众	3.07E-06	
		拍片	4.43E-03					
10	楼下地下停车场	透视	7.84E-02	1/40		周围公众	7.92E-04	
		拍片	2.24					
DSA 手术室 2								
1	西侧配电房	透视	1.73E-03	1/20		透视: 166.7h; 拍片: 8.3h	辐射工作人员	3.56E-05
		拍片	5.10E-02					
2	西侧控制室 2	透视	2.97E-03	1			辐射工作人员	1.23E-03
		拍片	8.80E-02					
3	西侧洗手消毒、更衣	透视	2.54E-03	1/5			辐射工作人员	2.10E-04
		拍片	7.52E-02					
4	北侧院区道路及绿化	透视	2.69E-03	1/16	周围公众		2.77E-05	
		拍片	7.93E-02					
5	东侧污物打包 2	透视	1.58E-03	1/5	周围公众		1.30E-04	
		拍片	4.68E-02					
6	东侧设备间 2	透视	1.40E-03	1/20	辐射工作人员	2.89E-05		
		拍片	4.14E-02					
7	东侧病员通道2	透视	1.71E-03	1/5	周围公众	1.41E-04		
		拍片	5.06E-02					
8	南侧患者通道	透视	2.40E-03	1/5	周围公众	1.97E-04		
		拍片	7.07E-02					
9	楼上候诊区	透视	1.48E-04	1/20	周围公众	3.07E-06		
		拍片	4.43E-03					
10	楼下排烟机房	透视	7.84E-02	1/40	周围公众	7.92E-04		
		拍片	2.24					
医护人员								
1	第一术者位	透视（铅衣内）	8.82E+01	1	40	辐射工作人员	3.53	
		拍片	1.20E-02					2
2	第二术者位	透视（铅衣内）	3.44E+01	1	40	辐射工作人员	1.38	
		拍片	1.20E-02					2
3	护师位	透视（铅衣内）	1.53E+01	1	100	辐射工作人员	1.53	
		拍片	1.20E-02					5
4.2 术者位腕部剂量估算								
医师腕部皮肤受照剂量计算模式参考《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》								

(GBZ/T

244-2017) 4.3，用下式进行估算：

$$D_s = C_{KS}(\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad \text{-----公式 11-14}$$

D_s ：皮肤吸收剂量（mGy）；

k ：X- γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ），本项目透视情况下 1m 处的空气比释动能率为 $7.92\text{E}+06\mu\text{Gy/h}$ ，1m 处泄漏射线的空气比释动能率保守取 $1.00\text{E}+03\mu\text{Gy/h}$ ，医师佩戴 0.025mmPb 的铅手套，手腕面积取 0.01m^2 ，插入导管操作时距离机头为 0.5m，根据公式 11-11 和公式 11-12 计算得出 X- γ 辐射场的空气比释动能率为 $2.71\text{E}+03$ （ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）。

C_{KS} ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（mGy/mGy），根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）表 A.4 进行取值（本项目保守按照术者位医师均为男性取值），90kV 的数据取值为 1.129mGy/mGy ，80kV 为 1.134mGy/mGy ；

t ：人员累积受照时间，单位为小时（h），预计在透视时有 1/4 时间在进行插入导管等操作，取值为 10h；

根据以上公式计算得术者位在导管插入操作时，腕部所受剂量为 30.6mGy/a ，单位转换系数为 1.69，辐射工作人员腕部所受剂量为 51.8mSv/a 。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv ，也满足本项目对于辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤当量剂量通常管理限值，即不超过 125mSv/a 的要求。

4.3 术者位眼晶体年当量剂量估算

医师眼晶体受照剂量计算模式参考《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》（GBZ/T 301-2017），用下式进行估算：

$$D_L = C_{KL}(\dot{k}) \cdot 10^{-3} \cdot t \quad \text{-----公式 11-15}$$

D_L ：眼晶状体吸收剂量（mGy）；

k ：X- γ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ），本项目透视情况下 1m 处的空

气比释动能率为 $7.92E+06\mu\text{Gy/h}$ ，1m 处泄漏射线的空气比释动能率保守取 $1.00E+03\mu\text{Gy/h}$ ，医师佩戴 0.25mmPb 的防护眼镜，散射面积取 0.01m^2 ，距离为 1.7m ，根据公式 11-11 和公式 11-12 计算得出 X- γ 辐射场的空气比释动能率为 $3.18E+01 (\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1})$ ；

C_{KL} ：空气比释动能到眼晶体吸收剂量的转换系数 (mGy/mGy)，根据《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》(GBZ/T 301-2017) 表 A.4 进行取值，照射方式为 LAT (斜射)，由 100kV 下和 80kV 下插值 90kV 取值为 1.11mGy/mGy ；

t ：人员累积受照时间，单位为小时 (h)，取术者位最大受照的透视时间， 40h ；

根据以上公式计算得术者位使用 DSA 时眼晶体所受当量剂量为 1.4mSv/a ，单位转换系数为 1.69 ，辐射工作人员眼晶体所受剂量为 2.4mSv/a 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的相关规定，职业人员眼晶体的年当量剂量不超过 37.5mSv 。

4.4 其他保护目标年有效剂量

本项目 2 间 DSA 手术室边界外 50m 范围还包括交通连廊一、交通连廊二、院区道路及绿化、2 号楼住院楼。以 DSA 手术室 2 东侧门外 30cm 处 (污物打包 2) 作为交通连廊一剂量率参考点，以 DSA 手术室 1 西侧门外 30cm 处 (病员通道 1) 作为交通连廊二剂量率参考点，两间 DSA 手术室相距较远，不考虑北侧剂量叠加，以 DSA 手术室 2 北侧墙外 30cm 处作为 2 号楼住院楼、院道路及绿化剂量率参考点。根据距离衰减可计算出其他保护目标年有效剂量，计算结果见下表。

表11-35 本项目50m周围公众年有效剂量一览表

序号	保护目标名称	距离及方位 (m)	居留因子	受照时间(h)	关注点周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)	
1	2号楼住院楼	北侧 最近 约 24m	1	透视： 166.7h ；拍 片： 8.4h	透视	$7.79E-07$	$1.92E-06$
					拍片	$1.14E-06$	
2	交通连廊一	东侧 最近 约 31.6m	1/5		透视	$5.28E-08$	$1.31E-07$
					拍片	$7.78E-08$	
3	院区道路及绿化	北侧 紧邻	1/16		透视	$2.80E-05$	$6.92E-05$
					拍片	$4.11E-05$	
4	交通连廊二	西南侧 最近 约 40.3m	1/5		透视	$2.83E-08$	$7.02E-08$
					拍片	$4.19E-08$	

综上所述，本项目 DSA 手术室相关辐射工作人员的年有效剂量最大为 3.51mSv ，周围公众的年有效剂量最大为 $1.22E-03\text{mSv}$ ，辐射工作人员腕部年有

效剂量最大为**109mSv**，辐射工作人员眼晶体年有效剂量最大为**5.4mSv**，手术室周围50m内其他保护目标年有效剂量均小于**0.1mSv**。DSA手术室相关的辐射工作人员以及周围公众受到的周围剂量当量率、年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众年有效剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值。

（三）、大气环境影响分析

本项目2间DSA手术室均拟采用新风、排风系统进行通排风，新风口位于吊顶西部，排风口位于东部距离地面200mm。采用垂直管道由下往上，拟设计排风风量为1000m³/h。本项目DSA手术室体积最大为252.3m²，DSA手术室排风量约4次/h，因此DSA手术室所采用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。DSA室内的臭氧和氮氧化物经排风管道引至一层室外排放，最终排口距地高度约5m。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

（四）、水环境影响分析

本项目DSA手术室运营后产生的废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水、医疗废水。根据已经获得批复（乐中环审〔2021〕4号）的《乐山市市中区人民医院整理搬迁及附属设施建设项目环境影响报告书》：非感染性医疗废水、生活污水经管道收集后进入2号污水处理站，出水可达《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表2中预处理标准后，经市政管网排入乐山市海天污水厂处理达标后排入岷江。

（五）、固体废物环境影响分析

本项目DSA手术室投入运营后将产生一定量医疗废物。医疗废物采用专门的收集容器集中处理后，先运往DSA手术室紧邻的的污物打包间。待当天所有手术完成后，污物由污物打包间运至院区东北侧的医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

（六）、声环境影响分析

本项目DSA手术室产生噪声设备主要为通排风系统，空调机组及风机进出口设软接头；通风设备及部分风管采用隔振吊架；通风空调系统设备选用低噪声设备，设备安装采用减振支吊架等措施，经距离衰减后声级较小，噪声影响不大。

环境影响风险分析

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

（1）非密封放射性物质

本项目非密封放射性物质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。

主要事故风险：

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、注射等操作，会产生洒漏的可能性，这样就会使辐射工作人员手部受到放射性污染。

（二）射线装置

（1）DSA 正常工作时，人员未穿戴防护用品停留于 DSA 手术室内；

在介入手术操作过程中，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留 DSA 手术室。

（2）CT 机

SPECT-CT 检查室使用的 CT 机为 III 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。

SPECT-CT 正常工作时，人员误入机房，导致发生误照射。

三、源项分析及事故等级分析

本项目主要的环境风险因子为 X、 β 、 γ 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条对于事故的分级原则，现将本项目的风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-36 中。

表 11-36 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	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	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	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	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

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-37。

表 11-37 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50.0Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

四、最大可能性事故分析

（一）核医学科场所

结合《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 N，针对病人、职业人员和普通公众可能发生的意外事件如下：

1.放射性药物意外泄漏事故

事故情景假设

①药瓶在分药室丢失，甲癌丢失时活度最大为 3 个病人用量，其余丢失时内

装活度最大按照为 5 个病人用量计算；

②假设丢失后在整个事故持续时间瓶内未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，周围人员无任何屏蔽措施；

④事故持续时间为 2h。

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，计算结果见表 11-37。

表 11-38 事故状态不同时间段所致辐射剂量计算表

核素		^{99m} Tc	¹³¹ I（甲吸）	¹³¹ I（甲亢）	¹³¹ I（甲癌）		
活度（mCi）		125	0.075	75	450		
周围剂量当量常数(μSv·m ² ·MBq ⁻¹ ·h ⁻¹)		0.0303	0.0595	0.0595	0.0595		
裸源 A×Γ(μSv·m ² ·h ⁻¹)		3.787 5	0.0044625	4.4625	26.775		
各事故持续时间段γ射线所致辐射有效剂量分布（mSv）							
核素	与源距离（m）	时间（min）					
		5	10	30	60	90	120
^{99m} Tc	0.1	3.16E-02	6.31E-02	1.89E-01	3.79E-01	5.68E-01	7.58E-01
	0.5	7.97E-06	2.53E-03	7.58E-03	1.52E-02	2.27E-02	3.03E-02
	1	5.03E-10	6.31E-04	1.89E-03	3.79E-03	5.68E-03	7.58E-03
	2	7.94E-15	1.58E-04	4.73E-04	1.12E-03	1.00E-02	1.89E-03
¹³¹ I（甲吸）	0.1	3.72E-05	7.44E-05	2.23E-04	4.46E-04	6.69E-04	8.93E-04
	0.5	1.49E-06	2.98E-06	8.93E-06	1.79E-05	2.68E-05	3.57E-05
	1	3.72E-07	7.44E-07	2.23E-06	4.46E-06	6.69E-06	8.93E-06
	2	9.30E-08	1.86E-07	5.58E-07	1.12E-06	1.67E-06	2.23E-06
¹³¹ I（甲亢）	0.1	3.72E-02	7.44E-02	2.23E-01	4.46E-01	6.69E-01	8.93E-01
	0.5	1.49E-03	2.98E-03	8.93E-03	1.79E-02	2.68E-02	3.57E-02
	1	3.72E-04	7.44E-04	2.23E-03	4.46E-03	6.69E-03	8.93E-03
	2	9.30E-05	1.86E-04	5.58E-04	1.12E-03	1.67E-03	2.23E-03
¹³¹ I（甲癌）	0.1	2.23E-01	4.46E-01	1.34	2.68	4.02	5.36
	0.5	8.93E-03	1.79E-02	5.36E-02	1.07E-01	1.61E-01	2.14E-01
	1	2.23E-03	4.46E-03	1.34E-02	2.68E-02	4.02E-02	5.36E-02
	2	5.58E-04	1.12E-03	3.35E-03	6.69E-03	1.00E-02	1.34E-02

事故后果

在上述事故情景假设条件下，靠近药物的人员在事故持续时间内已受到超过公众的年剂量限值的照射但未达到伤残致死剂量。

事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》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.手部剂量

①事故情景假设

A、假设发生事故时溅洒活度为单个病人操作活度，以剂量率影响最大的核素 ^{131}I （单个病人给药量 150mCi）为计算参考。

B、假设溅洒溶液在手部均匀分布，沾染面积取成人平均手部表面积 300cm^2 。

C、假设事故处理时间持续 1min。

②事故后果影响分析

根据《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》（Published by Nuclear Technology Publishing），不同放射性核素溅洒到手部时，每 $1\text{kBq}\cdot\text{cm}^2$ 对皮肤造成的剂量率及事故状态下受照剂量见下表。

表 11-39 放射性溶液溅洒对手部造成的剂量计算表

核素	手部沾染核素(kBq)	单位面积沾染活度 (kBq/cm ²)	沾染面积 (cm ²)	每 1kBq/cm ² 对皮肤造成的辐射剂量率 (mSv/h)	事故中皮肤受照剂量 (mSv)
^{131}I	5.55E+06	1.85E+04	300	1.95	601.25

经计算，单次事故状态下职业人员手部最大受照剂量为 601.25mSv，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值，构成一般辐射事故。

综上，本项目非密封放射性物质使用过程中发生辐射事故时，最大可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。

（二）射线装置

1.DSA

事故假设：

（1）DSA 正常工作时，人员未穿戴防护用品停留于 DSA 手术室内；

在介入手术操作过程中，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的公众误留 DSA 手术室。

剂量估算：

（1）DSA正常工作时，辐射工作人员未穿戴防护用品进入手术室内或公众

误入手术室内，对未穿戴防护用品的辐射工作人员及误入手术室内的公众造成意外照射。本项目DSA在透视工况下1m处无铅衣铅屏风遮挡的情况下比释动能率为 $7.92E+06\mu\text{Gy/h}$ ：

表11-40 透视工况下辐射工作人员及周围公众受到单次的剂量

距机头距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (mGy)					
	3min	6min	9min	12min	15min	20min
0.3m	7.84E-04	1.57E-03	2.35E-03	3.14E-03	3.92E-03	5.23E-03
0.6m	2.82E-04	5.65E-04	8.47E-04	1.13E-03	1.41E-03	1.88E-03
0.9m	8.72E-05	1.74E-04	2.61E-04	3.49E-04	4.36E-04	5.81E-04
1.2m	4.90E-05	9.80E-05	1.47E-04	1.96E-04	2.45E-04	3.27E-04
1.5m	3.14E-05	6.27E-05	9.41E-05	1.25E-04	1.57E-04	2.09E-04
总结	<p>实际情况下 0.5m~0.8m 范围站立着医师和护师，误入人员难以接近机头如此近的距离，若公众位于机头 0.6m 处，停留 9min 以上才有可能发生一般辐射事故，在此期间，室内和控制室内辐射工作人员有足够时间发现误入人员并按下急停按钮。因此在透视工况下手术过程中如果室内有误入人员，难以发生辐射事故。</p>					

事故后果：

对于 DSA 手术室而言，对于本项目数字减影血管造影机（DSA）透视过程中，无铅衣铅屏风遮挡情况下，职业人员和公众均很难造成一般辐射事故。

2.SPECT-CT

事故情景假设：

1) SPECT-CT 机正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射；控制系统失灵，发生误照射；发生以上情况时，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的辐射工作人员或公众误留手术室。

2) 维修射线装置时，人员受意外照射。

设备维护人员在维护射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态；机器上的指示灯和声音装置均失效。此时维护人员位于 X 射线主射束方向或站立位，无任何屏蔽措施。

本项目 SPECT-CT 属于 III 类射线装置，为低危险射线装置。根据其工作原理，当设备关机时不产生 X 射线，不存在辐射事故，只有当设备通电开机时才会产生 X 射线等危害因素。但其产生 X 射线能量不大，曝光时间较短。可能发生的最大事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，检修时候误照了维修人员或辐射工作人员，事故等级属一般辐射事故。本项目 SPECT-CT 控制台安装有急停开关，此外，在进行诊断时，医师严格按照操作规范进行操作，可避免辐射事

故发生。综上，医院在诊断过程中应注意对被检者的防护，在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，定期检查 CT 机房门机联锁等辐射安全设施，以避免辐射事故发生。

事故后果：

对于本项目 SPECT-CT，最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，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。

（三）事故处理方法及预防措施：

1.核医学科

（1）源丢失

对于这种类型的事件来说，至关重要的是盘存最新的库存，以便能够立即确定哪些源丢失，它的类型和活度是什么，最后了解何时何地 and 最后一个拥有它的人。另一种重要情况，是购买的源在预期时间。检查源在预期的收货时间内是否到达应包括在程序性文件内。应急预案中应包括下列行动：

- a. 从辐射防护管理人员获得援助；
- b. 进行本地搜索；
- c. 检查并确保其他源的安全和控制；
- d. 排查医院的所有可能性；
- e. 如果仍然没有找到，致电销售源的公司并告知他们有关情况，以便他们追踪货物并找出放射性物质的位置；
- f. 如果没有找到，则按照监管机构的规定报告丢失材料。

（2）少量放射性溢出

在发生这种溢出之后，应采取以下行动：

- a. 使用防护服和一次性手套；
- b. 用吸水垫快速吸收溢出物，防止其蔓延；
- c. 从泄漏处取下垫子；
- d. 用毛巾从污染区边缘向中心擦拭；
- e. 干燥区域并进行擦拭物测试；
- f. 继续清洁和擦拭测试循环，直到擦拭样品显示已经清理了溢出物；

- g. 使用塑料袋来容纳污染的物品，应提供合适的袋子以及湿纸巾。

(3) 溢出大量的放射性物质

在发生这种溢出之后，应采取以下行动：

- a. 应立即通知放射防护管理人员并直接监督清理工作；
- b. 将吸收垫放在溢出物上以防止其进一步污染蔓延；
- c. 所有非参与泄漏事故处置的人都应立即离开该场所；
- d. 在离开污染区时监测所有涉及泄漏的人是否受到污染；
- e. 如果衣服被污染，请将其取出并放入标有“放射性”的塑料袋中；
- f. 如果发生皮肤污染，请立即清洗；
- g. 如果发生眼睛污染，请用大量的水冲洗。

(4) 事故情况下的防范应对措施

本项目核医学科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，分别参照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。核医学科显像过程中较常见的事故有：

（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。

应对措施：放射性药物签收、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）射性药品注射操作时，会产生洒漏的可能性，这样就会使工作室、治疗室内的设备、地面等受到放射性污染。

应对措施：当发生放射性药物洒漏事故时，发现者应保护现场，同时先向应急办报告，应急救援小组接到报告后立即启动本单位辐射事故应急预案疏散现场无关人员，设置警戒区并在边界设置警告标志，禁止无关人员进入现场；事故处理人员在采取了防护措施的情况下进入事故区域，首先用滤纸等覆盖污染区域，控制表面扩散；对事故现场开展应急监测，掌握污染程度和污染范围；事故处理人员在清污时先用滤纸将洒漏的药剂吸干，再进行擦拭，清污产生的废滤纸、一次性手套等按放射性废物管理和处理，产生的少量冲洗器皿、台面等的废水应收集排入放射性废水衰变池；清污完成后再次对工作区域环境中的 γ 辐射剂量率和 β

表面污染水平进行监测，当监测值达到本底水平后，事故处理完毕。

对于上述可能发生的各种事故，核医学科除在硬件上配齐、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完善事故处理预案、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。

2.DSA 射线装置

事故处理方法

针对以上可能发生的事故风险，该医院拟根据可能发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围完善辐射事故应急方案。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发<2006>145号）规定，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（乐山市生态环境局：0833-2131721）和公安部门（乐山市公安局：0833-2411000）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（乐山市卫生健康委员会：0833-2495480）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

预防措施

医院严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

（1）辐射安全管理措施

①医院已成立以院领导为组长的辐射安全管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。医院应继续完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实辐射防护法律法规、行政规章和卫生

行业标准，确保临床放射诊疗质量和医疗安全，推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理；完善辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关质量控制方案；定期检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员和领导小组一起定期在国家培训平台上学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识；定期组织对辐射工作场所、射线装置的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量监测结果存档，组织本院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并分别建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康管理、培训管理档案。

②医院需根据法律法规继续完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等。

③医院需根据法律法规继续完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。

环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，完善各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②建设单位已制定辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

④建设单位所有辐射工作人员需在系统学习后，报名参加生态环境部组织的辐射安全与防护考试，均需持证上岗；

⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，增加医院内部应急领导小组成员电话。

（2）设备固有安全设施：本项目 DSA 射线装置自身采取了多重安全措施，以防止辐射事故的发生，如栅控技术、光谱过滤技术、“紧急停机”按钮等。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率，从而保证项目

的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

3. 其他风险的防范

外购的造影剂均应单独密闭保存，存放于不锈钢药品柜以避免药品受到污染或药品污染周围环境；未使用完和过期的造影剂均作为医废处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送，便于清除手术污染以预防院感。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与生态环境管理机构，或者至少有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与生态环境管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

建设单位已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。管理领导小组名单如下：

组长：██████████

副组长：██████████

成员：行政办负责人、医务科负责人、护理部负责人、公共卫生科/预防保健科负责人、设备科负责人、放射科负责人、核医学科负责人、后勤科负责人、社会服务部负责人。

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》的要求，建设单位已制定辐射安全管理制度，制度清单及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求见表12-1，环评要求运行本项目的建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性。

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《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。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

本项目建设单位涉及使用V类放射源、II类射线装置、III类射线装置和乙级

非密封放射性物质工作场所，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”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），需具备的辐射安全管理要求见表 12-3。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实，许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	本项目原有辐射工作人员操作Ⅱ类射线装置及核医学科的均持证且证书均在有效期内，Ⅲ类辐射工作人员均已组织自主考核，考核结果均已存档	本项目新增辐射工作人员应尽快自主学习并报名国家考试，新增辐射工作人员需持证才允许上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实，建设单位已成立以院领导为主的辐射安全领导小组	需将本项目纳入管辖范围
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	原有项目已落实	本项目拟利旧使用原有的辐射防护用品和监测仪器，并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录存档备查
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案制度	原有核技术利用项目已落实	需将本项目装置纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	需将本项目纳入管辖范围
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	原有辐射工作场所均已落实	新增辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	每年均委托有资质单位	需根据本项目增加的核技术利用项目（新建、改建、扩建和

		完成场所环境检测	退役)情况和存在的安全隐患及其整改情况,按照规范格式编制评估报告,并每年按时提交至发证机关
10	辐射息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mep.gov.cn/)中实施申报登记。申领、延续、变更许可证,新增或注销放射源和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
11	应建立动态的台帐,放射性同位素与射线装置应做到账物相符,并及时更新。	原有项目已落实	根据本项目射线装置、放射源的搬迁和新增情况、项目运行后增加放射性废水和放射性废物的暂存和排放台帐,对台帐进行及时更新,做到账物相符。

表12-2 建设单位辐射安全防护设施对照分析表

规定的措施和制度	落实情况	应增加的措施
核医学科		
房间隔断、防护工程、表面装修,衰变池修建	/	拟建设
分装间带屏蔽效果手套箱	/	拟设置
注射窗2扇;观察窗2扇;传递窗1扇	/	拟设置
各个房间的防护门共计21扇	/	拟设置
储源室药物储存罐	/	拟设置
场所各房间内铅废物桶若干、废物间内放射性废物暂存器若干	/	拟购置若干
防护用品若干 (运输操作药物使用的铅罐/铅盒、铅注射套等)	/	拟购置若干
通排风系统	/	拟设置
活性炭过滤器	/	拟购置
自动分装仪1台	/	拟购置
储源室和敷贴治疗室保险柜	/	拟购置
固定式辐射监测仪报警系统	/	拟设置
对讲装置	/	拟设置
监控系统	/	拟设置
单向门禁系统	/	拟设置
警告标志(电离辐射警告标志、禁止串门标志、监督区标牌)若干	/	拟设置若干
SPECT-CT扫描室门灯联锁3套	/	拟设置
SPECT-CT扫描室闭门装置3套	/	拟设置
SPECT-CT急停按钮2个 机身和控制室操作台自带1个急停开关	设备自带	/
灭火装置	/	拟购若干
去污用品	/	拟购若干

15mmPb 铅屏风 1 块	/	拟购 3 扇
规章制度上墙	/	拟设置
医护人员防护用品 7 套	/	拟配备 7 套
表面沾污仪 2 台	已落实	利旧 1 台, 拟购置 1 台
个人剂量报警仪 7 个	/	拟配备 7 个
个人剂量计 7 套	/	拟配备 7 套
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2		
防护工程、表面装修工程	/	拟建设
通排风系统（共计 2 套）	/	拟设置
门灯联锁（含工作状态指示灯）各 4 套（共计 8 套）	/	拟设置
急停按钮 2 个（共计 4 个）	设备自带	/
闭门装置各 3 个（共计 6 个）	/	拟设置
开门按钮各 1 个（共计 2 个）	/	拟设置
防夹装置各 1 个（共计 2 个）	/	拟设置
电离辐射警告标志、控制区中文警示标志 监督区警戒线	/	拟设置
灭火装置各 1 个（共计 2 个）	/	拟设置
放射防护注意事项告知栏和制度牌各 1 套（共计 2 套）	/	拟设置
医护人员防护用品各 3 套, 另外各多备 1 套 （共计 8 套）	/	拟配备 8 套
患者防护用品各 1 套（共计 2 套）	/	拟配备 2 套
0.5mm 铅当量铅悬挂防护吊屏+床侧防护帘各 1 套 （共计 2 套）	/	拟配备 2 套
4mmPb 铅屏风各 1 扇（共计 2 扇）	/	拟配备 2 扇
个人剂量报警仪各 3 个（共计 6 个）	/	拟配备 6 个
人剂量计 28 套	/	拟配备 28 套
院区		
便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台	已落实	利旧

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《辐射安全与环境保护管理机构文件》	将本项目纳入
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	《辐射安全管理规定》	将本项目纳入
3	辐射工作设备操作规程	《辐射工作设备操作规程》	为本项目新增的设备制定操作规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射防护设施设备维护维修制度》	增加衰变池维护和检修制度
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	将本项目纳入
6	放射源与射线装置台账管理制度	《放射源与射线装置台账管理制度》	根据本项目射线装置、放射源和放射性同位素的搬迁和新

			增情况,对台账进行及时更新,增加放射性废物、放射性废水的暂存和排放台账,做到账物相符
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》	对本项目辐射工作场所拟制定与场所相对应的监测方案
8	监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与校验管理制度》	/
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》	将本项目纳入
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量管理制度》	将本项目纳入
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急处理预案》	将本项目纳入
12	质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位）	《质量保证大纲和质量控制检测计划》	将本项目纳入
13	其他	《放射防护注意事项告知栏》	制定本项目《放射防护注意事项告知栏》

辐射监测

1. 监测方案

1.请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年1~2次，请由资质单位对产生辐射的仪器设备进行防护监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年1~2次。

2.辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019规定，每次送检时间相隔最长不超过3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；

3.定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为1次/月。

2.监测仪器

本项目应为核医学科场所的辐射工作人员每人配备1个人剂量计，应为DSA手术室内医师与护师配备至少2个人剂量计（医师建议配备3个），技

师配备 1 个人剂量计，用于监控其接受的有效剂量其中。建设单位利旧使用 1 台便携式 X- γ 剂量监测仪，鉴于放射诊断的特性，要求项目开展前为本项目配备 13 个人剂量报警仪。项目运行后医院应定期对机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

本项目拟配备 35 名辐射工作人员。新增工作人员拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，并拟定期组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

本报告针对所有医师和护师管理提出如下建议：

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中 8.2.2 要求，职业照射个人监测档案应终生保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用，每个季度及时送检。

根据《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）要求，应加强医护人员个人剂量的监督检查，对每季度检测数据超过 1.25mSv 的医院要求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，建设单位需进行超标原因调查，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；当连续 5 年的平均个人剂量超过 20mSv 或单年个人剂量超过 50mSv 时，建设单位应展开调查查明原因，确定为辐射安全事故时，应启动辐射事故应急预案。

3. 监测内容和要求

核医学科工作场所

（1）监测内容：运行前环境本底、运行后 X- γ 辐射剂量率、 β 表面沾污。

（2）监测范围：控制区、监督区、楼上和楼区域及周围关注点、衰变池及通风排口。

（3）监测点位和数据管理：应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的 γ 辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等的表面 β 放射

性污染。

射线装置工作场所：

- (1) 监测内容：本项目运行前环境本底、运行后X- γ 辐射剂量率
- (2) 监测范围：工作场所周围及其楼上、楼下
- (3) 监测点位和数据管理：应监测各机房、手术室屏蔽体外30cm处X射线剂量率；机房防护门及缝隙处、管线洞口等。委托监测每年至少1次，自行监测建议每月1次，本项目监测数据应当存档。

本项目定期监测点位见表12-4。

表 12-4 定期监测点位

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	β 表面沾污	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的 γ 辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	β 表面沾污仪
		γ 辐射剂量率	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面	建议 1 次/月	X- γ 辐射剂量率监测仪
	射线装置工作场所	γ 辐射剂量率	各机房、屏蔽体外 30cm 处 X 射线剂量率、机房防护门及缝隙处、管线洞口等。（开关机各测一组）	每月一次（记录监测数据存档）	X- γ 辐射剂量率监测仪

委托监测	非密封放射性物质工作场所	β表面沾污	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的γ辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	不少于1次/年	β表面沾污仪
		γ辐射剂量率	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面		X-γ辐射剂量率监测仪
	射线装置工作场所	X辐射剂量率	各机房、手术室屏蔽体外30cm处X射线剂量率、机房防护门及缝隙处、管线洞口等。	编制辐射防护年度评估报告（每年）	X-γ辐射剂量率监测仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计
		气载放射性核素浓度	排气口、50m评价范围内关注点	1次/年	委托监测

4.监测质保：确保执行制定的《监测仪表使用与校验管理制度》，并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在开始运营本项目后，应密切注意辐射工作人员个人剂量数值，根据累积剂量及时调整工作量，防止个人剂量超标。

辐射事故应急

建设单位针对可能产生的辐射事故情况已制定事故应急预案，应急预案内容包括有：

- (1) 总则；
- (2) 机构组织与职责；

- (3) 应急相应；
- (4) 应急保障；
- (5) 演练、培训；
- (6) 附则。

本项目建设单位应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）要求，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门（乐山市生态环境局：0833-2131721）和公安部门（乐山市公安局：0833-2411000）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门（乐山市卫健委：0833-2495480）报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。医院应加强管理，严格执行安全操作规程，并确认经常确认辐射工作场所周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

辐射安全许可证重新申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修订）“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当依照本章规定取得许可证”；在本项目环境影响评价文件取得四川省生态环境厅批复后，建设单位需准备以下材料并提交审管部门（四川省生态环境厅），申领辐射安全许可证。

办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达

表 13-4 辐射安全许可证重新申领材料

序号	材料名称	材料形式		材料类型	纸质材料规格	材料必要性	来源渠道	来源渠道说明	受理标准	填报须知
		纸质	电子							
1	《辐射安全许可证申请表》1份	1份	1份	原件	A4	必要	申请人自备	—	签字处盖章、骑缝章、逐页盖章	—

2	单位现存的和拟新增的放射源和射线装置明细表	1份	1份	复印件	A4	必要	申请人自备	—	—	—
3	事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证	1份	1份	复印件	A4	非必要	政府部门核发	事业单位登记管理局	—	—
4	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	1份	1份	复印件	A4	必要	申请人自备	—	—	—
5	经审批的环境影响评价文件	1份	1份	复印件	A4	非必要	政府部门核发	生态环境厅	—	—

表 13 结论与建议

结论

1. 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。乐山市市中区人民医院（乐山第二人民医院）新增医用核技术利用项目符合乐山市医疗服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

2. 产业政策相符性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第 7 号令）相关规定，本项目属于鼓励类第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

3. 选址、布局

项目地理和场所位置

本项目所在的新院区周围为城区环境均被城市道路包围。院区东侧为规划道路；南侧为杨山路；西侧为金紫街；北侧为规划道路，隔规划道路为阳光玖著小区。

核医学科：本项目核医学科位于 2 号楼住院楼内，2 号楼住院楼四周紧邻院区绿化和院区道路。核医学科位于 2 号楼住院楼一楼西部，核医学科东侧为污洗去污区，南侧和西侧均为院区道路及绿化，北侧为污梯、污物通道及院区道路和院区道路及绿化，楼上为避难间、新风机房、水处理、医废暂存、缓冲、卫生间、护师站、血透中心、机房，楼下为送风机房、过厅、病案库二、疏散走道、消防水池一。

本项目衰变池位于核医学科北侧土质层下，四周及底部均为土质层，顶部为院区绿化。

DSA 手术室：本项目 DSA 手术室 1 和 DSA 手术室 2 位于急诊医技楼内，急诊医技楼四周均为院区绿化及院区道路。DSA 手术室 1 东侧为洗手消毒更衣、DSA 手术室 1 控制室和谈话间，南侧为患者通道，西侧为病员通道 1、设备间 1 和污物打包 1，北侧为院区绿化。DSA 手术室 2 东侧为污物打包 2、设备间 2、

病员通道 2，南侧为患者通道，西侧为配电房、DSA 手术室 2 控制室和洗手消毒更衣，北侧为院区绿化，两间 DSA 手术室楼上为功能检查科候诊区，楼下为地下停车场和排烟机房。

DSA 手术室周围辅房完善，满足手术需求，靠近电梯及门厅，有利于病人转运，能够节约病人黄金抢救时间，一旦发生事故，周围公众也能够很快得到疏散。

本项目拟建设的核医学科、DSA 手术室项目为专门的辐射工作场所，拟建项目与院区规划相容，拟建设地址位于新建院区红线内，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周围环境影响较小，**从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。**

本项目核医学科总建筑面积约 448m²，西部为门诊区，东部为治疗区，两区共用分装间、甲亢/甲癌服碘室、抢救室、缓冲间。门诊区拟开展 ¹³¹I 甲吸检查、¹³¹I 甲亢治疗、^{99m}Tc 显像诊断和 ⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴治疗，功能用房包括注射前等候室、诊室 1、值班室、诊室 2、敷贴治疗室、男女卫生间、一更、二更（含淋浴区）、甲测室、分装间、甲吸室、ECT 注射室、保洁间 1、储源室、废物间 1、甲亢/甲癌服碘室、SPECT-CT 控制室、SPECT-CT 扫描室、注射后等候室及配套卫生间、留观室及配套卫生间、患者走道、缓冲间；治疗区拟开展 ¹³¹I 甲癌治疗，功能用房包括污被间、废物间 2、抢救室、核素病房 1（双人病房）及配套卫生间、核素病房 2（单人病房）及配套卫生间、保洁间 2、甲癌患者专用走廊

表 13-1 本项目辐射工作场所两区划分一览表

工作场所	控制区	监督区
核医学科	分装间、甲测室、甲吸室、ECT 注射室、保洁间 1、保洁间 2、储源室、敷贴治疗室、甲亢/甲癌服碘室、患者走道、SPECT-CT 扫描室、核素病房 1、核素病房 2、给药后患者的专用卫生间、废物间 1、废物间 2、抢救室、甲癌患者专用走廊、注射后等候室、留观室、衰变池系统。	SPECT-CT 扫描室控制室、一更、二更、分装间北侧走廊、缓冲间、衰变池上方栅栏区域
DSA 手术室	DSA 手术室 1 内、DSA 手术室 2 内	控制室 1、控制室 2、污物打包 1、污物打包 2、洗手消毒更衣区、医护通道、设备间 1、设备间 2、病员通道 1、病员通道 2、谈话间和配电房

4. 辐射屏蔽能力分析

表 13-2 本项目核医学科屏蔽设计一览表

场所	防护门	墙体	地面	楼顶	其他
门诊区					
分装间	1 扇 4mmPb铅门 (至废物间 1)	南、西、北墙 240mm实心砖 东墙 240mm实 心砖+70mm硫 酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	40mmPb手 套箱
敷贴治疗 室	1 扇普通门	四面墙体 200mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
甲测室	2 扇普通门	南、西北墙 200mm实心砖 东墙 240mm实 心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
甲吸室	/	东、南、西墙 200mm实心砖 北墙 240mm实 心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	20mmPb注 射窗， 5mmPb废 物桶
ECT 注射 室	/	东、南、西墙 200mm实心砖 北墙 240mm实 心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	20mmPb注 射窗， 5mmPb废 物桶
保洁间 1	1 扇普通门	南、西墙 200mm实心砖 北、东墙 240mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
储源室	2 扇 4mmPb铅门	四周墙体 240mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	40mmPb铅 罐
废物间 1	2 扇 4mmPb铅门	四周墙体 240mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	50mmPb废 物桶
甲亢/甲癌 服碘室	3 扇 15mmPb铅门	四周墙体 240mm实心砖 +70mm硫酸钡 水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	40mmPb观 察窗， 40mmPb自 动分装仪， 5mmPb废 物桶
注射后等 候室	2 扇 4mmPb铅门	西墙 200mm实 心砖+40mm硫 酸钡水泥 东、南、北墙 200mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
SPECT-CT 扫描室	3 扇 4mmPb铅门	四周墙体 200mm实心 砖+40mm硫 酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	4mmPb观 察窗
留观室	2 扇 4mmPb铅门	西墙 200mm实 心砖+40mm硫 酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/

		东、南、北墙 200mm实心砖			
治疗区					
甲癌患者 专用通道	/	西墙 240mm实 心砖+20mm硫 酸钡水泥 北墙 370mm实 心砖+40mm硫 酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	15mmPb传 递窗
缓冲间	3 扇 10mmPb铅门	南、北墙 200mm实心砖 +40mm硫酸钡 水泥 东、西墙 200mm实心砖	270mm混凝土	400mm混凝土	/
废物间 2	1 扇 4mmPb铅门	东、北墙 370mm实心 砖、南墙 240mm实心砖 +70mm硫酸钡 水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	50mmPb废 物桶
抢救室	1 扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实 心砖+70mm硫 酸钡水泥、南 北墙 240mm实 心砖+70mm硫 酸钡水泥、西 墙 200mm实心 砖+70mm硫酸 钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
污被间	1 扇 4mmPb铅门	四周墙体 200mm实心砖 +70mm硫酸钡 水泥	270mm混凝土	400mm混凝土	/
核素病房 1	1 扇 10mmPb铅门	东墙 370mm实 心砖+100mm 硫酸钡水泥、 西墙 200mm实 心砖+70mm硫 酸钡水泥、南 北墙 240m实 心砖+70mm硫 酸钡水泥	270mm混凝土	400mm混凝土 +70mm硫酸钡 水泥	1 扇 15mm 铅屏风
核素病房 2	1 扇 10mmPb铅门	东、南墙 370mm实心砖 +70mm硫酸钡 水泥、西墙 400mm混凝 土、北墙 240m 实心砖+70mm	270mm混凝土	400mm混凝土 +70mm硫酸钡 水泥	/

		硫酸钡水泥			
保洁间 2	1 扇普通门	西、北墙 200mm实心 砖、东、南墙 400mm混凝土	270mm混凝土	400mm混凝土	/
注：甲亢/甲癌患者入口防护门 4mm铅门；诊断患者入口防护门 4mm铅门； 5mmPb注射器；医护人员防护用品 0.5mmPb					

表 13-3 本项目 DSA 手术室屏蔽设计一览表

场所	屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度
DSA 手术室 1 DSA 手术室 2	四面墙体	370mm 实心砖
	楼板	250mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
	防护门	4mmPb 铅防护门
	防护窗	4mmPb 铅玻璃

根据理论计算本项目核医学科、DSA 手术室项目屏蔽墙、楼顶、地面、防护门、观察窗屏蔽厚度满足辐射防护要求。

5. 保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

6. 辐射安全措施

本项目辐射工作场所建筑均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度，对 X 射线、β射线、γ射线起到了有效地屏蔽。本项目运行后，辐射工作人员应按国家有关要求佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。建设单位拟为本项目辐射工作人员配备各项防护设施、防护用品和监测设施，且拟制定辐射安全与防护制度，要求规格符合有关法律法规的规定。

7. 辐射环境管理

1)医院拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

2)医院利旧使用 1 台便携式 X-γ巡测仪和 1 台β表面沾污仪，建设单位定期对工作场所辐射水平进行检测；

3)医院拟委托有资质的公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员要求

佩戴个人剂量计，为机房内医护人员增加相应个人剂量计数量。医院应及时跟踪监测单位核实数据原因，及时发现、解决问题。医院拟根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

建设单位拟为本项目配备辐射工作人员共计 35 名，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理暂行办法》的要求，为保护辐射工作人员身体健康，建设单位拟将定期委托单位对 35 名新增辐射工作人员进行职业健康体检。建设单位将在本项目开展前再对相关辐射工作人员进行岗前体检，再次确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求，建设单位应不断完善相关管理制度。

8.项目环保竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，工程建设执行污染治理设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

表 13-5 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保措施
核医学科	
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修
	手套箱 1 个
	注射窗 2 扇；观察窗 2 扇；传递窗 1 扇
	各个房间的防护门共计 21 扇
	储源室药品储存罐
	放射性固废收集桶若干
	废物间铅废物桶若干
	防护用品若干（运输操作药物使用的铅盒、铅注射套等）
通排风系统	通排风系统
	活性炭过滤器
安全措施	储源室和敷贴治疗室保险柜
	固定式辐射监测仪报警系统

	自动分装仪
	对讲装置
	监控系统
	门禁系统
	警告标志（电离辐射警告标志、中文警告标志和警戒线、禁止串门标志）若干
	SPECT-CT 机房门灯联锁 3 套
	SPECT-CT 机房闭门装置 3 套
	SPECT-CT 急停按钮 2 个
	灭火装置若干
	去污用品
	铅屏风
	规章制度上墙
个人防护用品	医护人员防护用品 7 套
监测用品	β 表面沾污仪 2 台
	个人剂量报警仪 7 个
	个人剂量计 7 套
DSA 手术室 1、DSA 手术室 2	
辐射屏蔽措施	防护工程、表面装修工程
	防护门各 4 扇（共计 8 扇）
	铅防护窗各 1 扇（共计 2 扇）
通排风系统	通排风系统（共计 2 套）
安全措施	门灯联锁（含工作状态指示灯）各 4 套（共计 8 套）
	急停按钮各 2 个（共计 4 个）
	闭门装置各 3 个（共计 6 个）
	开门按钮各 1 个（共计 2 个）
	防夹装置各 1 个（共计 2 个）
	电离辐射警告标志、控制区警告标志
	灭火装置各 1 个（共计 2 个）
放射防护注意事项告知栏和制度牌各 1 套（共计 2 套）	
防护用品	医护人员防护用品各 3 套，另外各多备 1 套（共 8 套）
	患者防护用品各 1 套（共计 2 套）
监测用品	个人剂量报警仪各 3 个（共计 6 个）
	个人剂量计 28 套
监测用品	便携式 X- γ 剂量监测仪 1 台

综上所述，乐山市市中区人民医院（乐山市第二人民医院）新增医用核技术利用项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限值，应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。

5) 医院应当对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

6) 本项目环评审批、建设完成后，医院应及时到四川省生态环境厅申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施重新申领辐射安全许可证。根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规定进行项目竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日