

核技术利用建设项目

乐山市人民医院高新院区新增核医学
科门诊及甲癌治疗区项目

环境影响报告表

(公示本)



乐山市人民医院（公章）

2023 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目 环境影响报告表



建设单位名称：乐山市人民医院

建设单位法人代表（签字或盖章）

通讯地址：市中区白塔街 238 号

邮政编码：614000 联系人：

电子邮箱：25 联系电话：

编制单位和编制人员情况表

项目编号	p21g4n		
建设项目名称	乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	乐山市人民医院		
统一社会信用代码	125110004515		
法定代表人 (签章)	曾国军		
主要负责人 (签字)	魏茂刚		
直接负责的主管人员 (签字)	赵鸿鹰		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵凌宇	201905035320000015	BH020792	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	
赵凌宇	表1、项目基本情况 表2、放射源 表3、非密封放射性物质 表4、射线装置 表5、废弃物 (重点是放射性废弃物) 表6、评价依据	BH020792	
陈佳慧	表7、保护目标与评价标准 表8、环境质量和辐射现状 表9、项目工程分析与源项 表10、辐射安全与防护 表11、环境影响分析 表12、辐射安全管理 表13、结论与建议	BH056315	

环评项目负责人职业资格证书（复印件）

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。



中华人民共和国
人力资源和社会保障部
生态环境部

姓名：赵凌宇

证件号码：3212

性别：

出生年月：

批准日期：20

管理号：2019



江苏省社会保险权益记录单（参保单位）



参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司

现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57

查询时间：202310-202312

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险		工伤保险		失业保险	
缴费总人数		21		21		21	
序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）		缴费起止年月		缴费月数	
1	赵凌宇			202310 - 202312		3	
2	陈佳慧			202310 - 202312		3	

- 说明：
- 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
 - 本权益单为打印时参保情况。
 - 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
 - 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

仅用于乐山市人民医院高新院区新增核医学科



表 1 项目基本情况

建设项目名称		乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目				
建设单位		乐山市人民医院				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		市中区白塔街 238 号				
建设项目地点		乐山高新区惠安路 639 号乐山市人民医院高新院区 6 号楼 1 层、6 号楼附楼				
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		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)	1850
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类			
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☒ III类 ☐ IV类 ☒ V类			
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物			
		☐ 销售	/			
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙			
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类			
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类			
		☒ 使用	☐ II类 ☒ III类			
	其他	/				
项目概述: 一、建设单位基本情况 乐山市人民医院前身为加拿大联合教会医生启尔德博士创建的“嘉定福音医院”“仁济医院”，始建于 1894 年。1952 年，人民政府将“仁济医院”与 1942 年国民政府建立的“公立乐山中心卫生院”合并为“乐山专区医院”。1985 年，随地改市更名为“乐山市人民医院”。医院本部位于市中区白塔街，另有城北病区和永安院区，3 个院区共计占地面积 189.26 亩，其中，医院本部 148.11 亩、城北病区 4.66 亩、永安院区（城南病区）36.49 亩。医院现有人员 2146 人，卫生专业技术人员 1918 人。						

本项目所属的高新院区建成后由乐山市人民医院接手运营，位于乐山高新区惠安路 639 号，床位规模 2000 张，占地面积 360 亩，总建筑面积 38 万 m^2 ，其中地上建筑面积 26 万 m^2 、地下建筑面积 12 万 m^2 。高新院区建设有 10 栋功能性建筑，1 号楼：妇儿中心，地上 10 层，地下 1 层，楼高 45.55m；2 号楼：心肺中心，地上 11 层，地下 1 层，楼高 49.75m；门诊急诊楼（分为急诊区域和门诊区域）：地上 4 层，地下 1 层，楼高 20.65m（1 号楼、2 号楼、门诊急诊楼为一体建筑）；3 号楼：医技楼，地上 4 层，地下 1 层，楼高 21.85m；4 号楼：神经/骨科，地上 8 层，地下 1 层，楼高 36.25m；5 号楼：眼科/泌尿/肾病，地上 10 层，地下 1 层，楼高 44.65m；6 号楼：肿瘤中心，地上 7 层，地下 1 层，楼高 30.85m，设有 1 栋 6 号楼附楼，位于 6 号楼西南侧，地上 1 层，地下 1 层，楼高 5.5m；7 号楼：会议中心，地上 2F，地下 1 层，楼高 14.10m；8 号楼：行政楼，地上 5F，地下 1 层，楼高 20.65m；9 号楼：感染科，地上 3F，楼高 12.85m。同时还建设有污水处理站、医疗废物暂存间、高压氧舱、医疗气体中心、浆洗中心等各类辅助用房。

乐山市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 [REDACTED] 种类和范围为“使用Ⅲ类、V类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2026 年 04 月 13 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

按照乐山市委、乐山市政府适时提出的推进城乡一体化、构建和谐乐山的战略部署，根据《乐山市城市总体规划（2011-2030）》（2017年版）要求在高新区新建市级医院，以提高应对大型突发性公共卫生危机的能力，因此，决定在乐山市高新区设置乐山市新区医院，建设工程由乐山乐高健康产业有限公司负责实施。考虑乐山市人民医院现接诊量大、用地范围狭窄受限，按照乐山市人民政府的要求，新区医院建成后由乐山市人民医院接手运营，成为乐山市人民医院的第四个院区——高新院区。

为满足乐山市人民的综合诊疗需求，乐山市人民医院高新院区拟在 6 号楼肿瘤中心 1 层西南侧建设一个核医学科门诊区，核医学科门诊区包括门诊治疗及检查区域、 ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域，拟涉及使用的非密封放射性物质包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{99}Mo 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P ，拟使用 2 枚 V 类放射源 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器。

经计算，核医学科门诊区场所等级为乙级。核医学科门诊区配套使用2台SPECT-CT（Ⅲ类射线装置），诊断设备配套使用校准源（未定，项目开展前将按照《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进行备案登记）。

同时建设单位拟在6号楼肿瘤中心西南侧位置修建6号楼附楼（未建，地上1层，地下1层，楼高5.5m），并在附楼内建设甲癌治疗区，拟涉及使用的非密封放射性物质为 ^{131}I ，用于甲癌患者的住院治疗。经计算，甲癌治疗区场所等级为乙级。

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》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受乐山市人民医院的委托，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，单位在四川省生态环境厅环境监测业务公开系统中资质编号：[REDACTED]、评价分析，编制该项目环境影响报告表。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：乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目
- （2）建设单位：乐山市人民医院
- （3）建设性质：新建
- （4）建设地点：乐山市高新区惠安路639号乐山市人民医院高新院区6号楼1层、6号楼附楼

项目地理位置见附图1。

（二）项目建设内容与建设规模

1.场所构成及项目组成

建设单位拟在高新院区建设2个核医学科场所：拟在6号楼肿瘤中心（1栋，地上7层，地下1层，楼高30.85m）1层西南侧建设核医学科门诊区；拟在6号楼肿瘤中心西南侧位置修建6号楼附楼（1栋，地上1层，地下1层，楼高5.5m），并在附楼内建设甲癌治疗区。

(1) 核医学科门诊区：

核医学科门诊区总建筑面积约 1200m²，从东北至西南依次包括门诊治疗及检查区域、^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域。

门诊治疗及检查区域设计有甲吸给药室、功能检查室、储源间 1、分装注射准备室 1 及卫生通过间、电动分装控制室、敷贴室、甲亢给药室及留观室、⁸⁹Sr 给药室及留观室、固废间 1、保洁室 1、抢救室 1 及相应走廊。

涉及使用的非密封放射性物质包括：¹³¹I（甲亢治疗：单个患者每次用药量 11mCi，每天 10 个患者，则日最大使用量 4.07E+09Bq，日等效最大操作量 4.07E+08Bq，每年 2500 个患者，年最大使用量 1.02E+12Bq；甲吸/肾图检查：单个患者每次用药量 0.01mCi，每天 15 个患者，日最大使用量 5.55E+06Bq，日等效最大操作量 5.55E+05Bq，每年 3750 个患者，年最大使用量 1.39E+09Bq；甲亢、甲吸/肾图合计：日最大使用量 4.08E+09Bq、日等效最大操作量 4.08E+08Bq、年最大使用量 1.02E+12Bq）；⁸⁹Sr（骨癌转移治疗，单个患者每次用药量 4mCi，每天 3 个患者，则日最大使用量 4.44E+08Bq、日等效最大操作量 4.44E+07Bq，每年 750 个患者，年最大使用量 1.11E+11Bq）；³²P（敷贴治疗，单个患者每次敷贴用药量 10mCi，每天 5 个患者，则日最大使用量 1.85E+09Bq、日等效最大操作量 1.85E+08Bq，每年 1250 个患者，年最大使用量 4.63E+11Bq）。

同时建设单位拟在敷贴室内使用 2 枚⁹⁰Sr/⁹⁰Y 敷贴源（V 类放射源，活度为：3.70E+08Bq×2），用于敷贴治疗，该敷贴源暂存储源间 1 内。

^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域设计有留样间、灭菌间、一更二更室、污洗检测区、缓冲间、理化实验室、淋洗间、标记间、污物间、拆包间及相应走廊。

根据建设单位提供资料，本项目每周拟使用 1 个 1Ci（即 3.70E+10Bq）规格钼铯发生器，⁹⁹Mo 日最大使用量 3.70E+10Bq、日等效最大操作量 3.70E+07Bq，每年使用 50 个钼铯发生器，则 ⁹⁹Mo 年最大使用量 1.85E+12Bq。淋洗出来的 ^{99m}Tc 每天一次取 1mCi 进行质控，则参与质控的 ^{99m}Tc 日最大使用量 3.70E+07Bq，日等效最大操作量 3.70E+04Bq，年最大使用量 9.25E+09Bq。

SPECT-CT 显像检查区域设计有宣教/病史采集室、储源间 2、给药室、分装注射准备室 2 及卫生通过间、固废间 2 和 3、肺通气室、运动负荷室、抢救室 2、注射后候诊室 1 和 2 及卫生间、留观室及卫生间、保洁室 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2 及

其设备间和共用控制室、患者走廊。

涉及使用的非密封放射性物质为： ^{99m}Tc （显像扫描检查：单个患者每次用药量 30mCi，每天 42 个患者，日最大使用量 $4.66\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $4.66\text{E}+07\text{Bq}$ ，每年 10500 个患者，年最大使用量 $1.17\text{E}+13\text{Bq}$ ；肺通气：单个患者每次用药量 10mCi，每天 2 个患者，则日最大使用量 $7.40\text{E}+08\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $7.40\text{E}+05\text{Bq}$ ，每年 500 个患者，年最大使用量 $1.85\text{E}+11\text{Bq}$ ；合计：年最大使用量 $1.18\text{E}+13\text{Bq}$ 、日最大使用量 $4.74\text{E}+10\text{Bq}$ 、日等效最大操作量 $4.74\text{E}+07\text{Bq}$ ）

根据建设单位提供资料，本项目使用的 ^{99m}Tc 一部分来源于钼锝发生器淋洗，每天淋洗 500mCi，考虑钼锝发生器的淋洗效率为 90%，则淋洗得到的 ^{99m}Tc 量为 450mCi，剩余 830mCi 的 ^{99m}Tc 均外购而来。

同时 SPECT-CT 显像检查区域拟配套使用 2 台 SPECT-CT（III 类射线装置，其最大管电压均为 150kV，最大管电流均为 1000mA，年最大扫描人数 11000 人，每人扫描最长 10min，则年扫描时间为 1833.33h），SPECT-CT 检查室 1、SPECT-CT 检查室 2 与有效使用面积均为 44.28m^2 （ $8.23\text{m}\times 5.38\text{m}$ ）。SPECT-CT 将配套使用豁免源或 V 类放射源用于校准，校准源种类、活度和枚数未定，待确定采购内容后建设单位将对校准源单独进行备案登记。

（2）甲癌治疗区

甲癌治疗区总建筑面积约 500m^2 ，设计有患者入口、储源间、服药室、分装准备室及卫生通过间、分装电控室、抢救室、洁净被服间、备餐间、保洁室、污染被服间、固废间、核素病房 1-4 及其卫生间、患者走廊、出院检测；配套使用的辅助用房有医生办公室、护士台、男值班室兼更衣室、女值班室兼更衣室、男卫生间、女卫生间、医生走廊、排风机房、强/弱电间。

甲癌治疗区拟涉及使用的非密封放射性物质为 ^{131}I ，用于甲癌治疗，平均每位患者给药量不超过 150mCi，每日给药患者不超过 4 人，则日最大使用量 $2.22\text{E}+10\text{Bq}$ ，日等效最大操作量 $2.22\text{E}+09\text{Bq}$ ，每年收治患者不超过 400 人，则年最大使用量 $2.22\text{E}+12\text{Bq}$ 。

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

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	人均配药量 (人/次)	日最大用药患者数 (人)	年最大患者量 (人)	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	合计日最大用量 (Bq)	合计年最大用量 (Bq)	主要分布场所
核医学科门诊区										
1	⁹⁹ Mo	制备 ^{99m} Tc	/	/	/	3.70E+10	1.85E+12	/	/	淋洗间、污物间
2	^{99m} Tc	质控	1mCi/次/天	/	250 次	3.70E+07	9.25E+09	4.74E+10	1.18E+13	理化实验室、灭菌间、留样间、污物间
3		肺通气	10mCi	2	500	7.40E+08	1.85E+11			分装/注射准备室 2、储源间 2、肺通气给药室、给药室、运动负荷室、注射后候检室 1 和 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2、固废间 2 和固废间 3、保洁室 2
		显像诊断	30mCi	42	10500	4.66E+10	1.17E+13			
4	¹³¹ I	甲吸肾图	0.01mCi	15	3750	5.55E+06	1.39E+08	4.08E+09	1.02E+12	分装/注射准备室 1、甲吸服药室、功能检查室、储源间 1、固废间 1、保洁室 1
		甲亢治疗	11mCi	10	2500	4.07E+09	1.02E+12			分装/注射准备室 1、甲亢给药室、甲亢留观室、储源间 1、固废间 1、保洁室 1
5	⁸⁹ Sr	骨癌转移治疗	4mCi	3	750	4.44E+08	1.11E+11	/	/	分装/注射准备室 1、 ⁸⁹ Sr 给药室、 ⁸⁹ Sr 留观室、储源间 1、固废间 1、保洁室 1
6	³² P	敷贴治疗	10mCi	5	1250	1.85E+09	4.63E+11	/	/	分装/注射准备室 1、敷贴室、储源间 1、固废间 1、保洁室 1
甲癌治疗区										

1	^{131}I	甲癌治疗	150mCi	每日给药患者不超过4人	400	2.22E+10	2.22E+12	/	/	分装准备室、服药室、储源间、核素病房1-4、固废间、保洁室
---	------------------	------	--------	-------------	-----	----------	----------	---	---	-------------------------------

2.工作场所屏蔽

(1) 核医学科门诊区

门诊治疗及检查区域屏蔽设计：四周墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡防护涂层；地面为 180mm 混凝土；楼板为 120mm 混凝土+15mm 硫酸钡防护涂层；防护门为 3mm 铅当量/4mm 铅当量/10mm 铅当量/15mm 铅当量；给药窗、传递窗为 3mm 铅当量/10mm 铅当量；手套箱、铅罐为 40mm 铅当量。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗标记及理化实验室区域屏蔽设计：四周墙体为 120mm 实心砖/240mm 实心砖墙，在此基础上涂抹 40mm 硫酸钡防护涂层；地面为 180mm 混凝土；楼板为 120mm 混凝土；防护门、手套箱为 1mm 铅当量/3mm 铅当量；传递窗为 3mm 铅当量；铅罐为 5mm 铅当量。

SPECT-CT 显像检查区域屏蔽设计：四周墙体为 120mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡防护涂层；分装注射室、SPECT-CT 检查室 1 和 2 地面为 180mm 混凝土+50mm 硫酸钡防护涂层，楼板为 120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层；其余地面为 180mm 混凝土，楼板为 120mm 混凝土+15mm 硫酸钡防护涂层；防护门、传递窗、给药窗手套箱、铅罐均为 5mm 铅当量。

(2) 甲癌治疗区

甲癌治疗区采用混凝土连续浇筑，四周墙体为 300mm/450mm 混凝土，并在此基础上双面涂抹 40mm 硫酸钡防护涂层；楼板为 400mm 混凝土；防护门 20mm 铅当量/30mm 铅当量；传递窗为 30mm 铅当量；手套箱、铅罐为 50mm 铅当量。地下无建筑，因此地面为钢筋混凝土基础底板，无其他防护措施。

(3) 其余屏蔽措施

甲癌病房内病人与病人之间拟设置 15mmPb 铅屏风；SPECT-CT 显像检查区注射后候检室 1 和 2 病人与病人之间拟设置 5mmPb 铅屏风；门诊治疗及检查区域固废间 1 拟设置 40mmPb 废物暂容器， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗标记及理化实验室区域污物间拟设置 3mmPb 废物暂容器，SPECT-CT 显像检查区固废间 2 和固废间 3 拟设置 5mmPb 废物暂容器，甲癌治疗区固废间拟设置 50mmPb 废物暂容器。

电缆线位于电缆沟内，电缆沟四周使用混凝土回填，上方加盖不锈钢盖板，避免漏射产生；风管穿孔位置均采用与墙体等效铅当量的铅板进行屏蔽补偿，不会破坏屏蔽体的屏蔽效果；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。

核医学科工作场所屏蔽情况见下表：

表 1-2 核医学科防护方案一览表

门诊治疗及检查区域					
场所	防护门	墙体	楼顶	地面	其他
功能检查室	2 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
甲吸给药室	2 扇 3mmPb 铅门，1 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	3mmPb 给药窗
储源间	1 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	40mmPb 铅罐；10mmPb 传递窗
分装/注射准备室	6 扇 10mmPb 铅门；1 扇 4mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	40mmPb 手套箱
敷贴室	1 扇 10mmPb 铅门；1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
甲亢给药室	2 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
⁸⁹ Sr 给药室	1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	10mmPb 给药窗
固废间	1 扇 4mmPb 铅门；1 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	40mmPb 废物暂容器
保洁室	1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
抢救室	1 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
甲亢留观室	1 扇 15mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
⁸⁹ Sr 留观室	1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
患者走廊	出入口 2 扇 10mmPb 铅	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/

门					
^{99m}Tc淋洗标记及理化实验室区域					
留样间	1 扇 1mmPb 铅门	靠近患者出口走廊及院区道路侧的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	/
灭菌间	1 扇 1mmPb 铅门	靠近患者出口走廊及院区道路侧的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	/
理化实验室	1 扇 1mmPb 铅门	靠近走道的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	1mmPb 手套箱；3mmPb 传递窗
淋洗间	3 扇 3mmPb 铅门	靠近院区道路的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 手套箱；3mmPb 传递窗
污物间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近院区道路及患者入口走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡 其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 传递窗；3mmPb 废物暂容器
拆包间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近患者入口走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 传递窗
标记间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近走道及患者入口走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡；其余侧 120 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 手套箱；3mmPb 传递窗
SPECT-CT 显像检查区					
宣教/病史采集室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
储源间	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	10mmPb 传递窗
分装/注射准备室	4 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	5mmPb 手套箱；5mmPb 给药窗
固废间 1	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	5mmPb 废物暂容器
运动负荷室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
抢救室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/

给药室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	5mmPb 给药窗
肺通气给药室	2 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
注射后候检室 1 和 2	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	病人之间拟设置 5mm 铅屏风
SPECT-CT 检查室 1 和 2	2 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡	5mmPb 观察窗
保洁室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
留观室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	病人之间拟设置 5mmPb 铅屏风
固废间 2	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	5mmPb 废物暂容器
患者走廊	进出口 2 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡	120mm 混凝土+15mm 硫酸钡	180mm 混凝土	/
甲癌治疗区					
场所	防护门	墙体	楼顶	其他	
患者入口	1 扇 30mmPb 铅门	四周墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	/	
储源间	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	30mmPb 传递窗、50mmPb 铅罐	
服药室	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	/	
分装准备室	3 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	50mmPb 手套箱	
抢救室	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	/	
患者走廊	2 扇 30mmPb 铅门 9 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm 混凝土+40mm 硫酸钡 东北侧墙体 200mm 空心砖墙 其余侧墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	2 扇 30mmPb 传递窗	
保洁室	1 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm 混凝土+40mm 硫酸钡 其余侧墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	/	
污染被服间	1 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm 混凝土+40mm 硫酸钡 其余侧墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	/	
固废间	1 扇 20mmPb 铅门	西南、东南侧墙体 450mm 混凝土+40mm 硫酸钡 其余侧墙体 300mm 混凝土+40mm 硫酸钡	400mm 混凝土	1 扇 30mmPb 传递窗；50mmPb 废物暂容器	
核素病房	1 扇 20mmPb	东南侧墙体 450mm 混凝土	400mm 混凝土	病人之间拟设置	

1、2、3	铅门	+40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡		15mm 铅屏风
核素病房 4	1 扇 20mmPb 铅门	东北、东南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm 混凝土 +40mm 硫酸钡	400mm混凝土	病人之间拟设置 15mm 铅屏风
出院检测	1 扇 30mmPb 铅门	东北侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 西南侧墙体 200mm空心砖墙 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/
注：5mmPb注射器；医护人员防护用品 0.5mmPb				

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	0.01

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, ^{99}Mo 与 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P 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	用途	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
核医学科门诊区								
⁹⁹ Mo	制备 ^{99m} Tc	3.70E+10	中毒	0.1	液态	源的贮存	100	3.70E+07
^{99m} Tc	质控	3.70E+07	低毒	0.01	液态	很简单操作	10	3.70E+04
	肺通气	7.40E+08						7.40E+05
	显像诊断	4.66E+10						4.66E+07
¹³¹ I	甲吸肾图	5.55E+06	中毒	0.1	液态	简单操作	1	5.55E+05
	甲亢治疗	4.07E+09					1	4.07E+08
⁸⁹ Sr	骨癌转移治疗	4.44E+08	中毒	0.1	液态	简单操作	1	4.44E+07
³² P	敷贴治疗	1.85E+09	中毒	0.1	液态	简单操作	1	1.85E+08
合计日等效最大操作量/Bq					7.22E+08			
工作场所级别					乙级			
甲癌治疗区								
¹³¹ I (甲癌)	甲癌治疗	2.22E+10	中毒	0.1	液态	简单操作	1	2.22E+09
合计日等效最大操作量/Bq					2.22E+09			
工作场所级别					乙级			

根据上表可知, 核医学科门诊区场所日等效最大操作量为 7.22E+08Bq, 场所等级确定为乙级; 甲癌治疗区场所日等效最大操作量为 2.22E+09Bq, 场所等级确定为乙级。

4.衰变池

本项目拟在 6 号楼附楼东北侧土质层下配套建设一处放射性废水处理设施, 由 1 号衰变池系统和 2 号衰变池系统组成, 每个系统均由 1 级沉砂池和 3 级衰变池并联组成。1 号衰变池用于接纳产生的 ^{131}I 放射性废水, 每级衰变池可使用容积为 245m³, 总容积为 735m³; 2 号衰变池用于接纳产生的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性废水, 每级衰变池可使用容积为 12m³, 总容积为 36m³。1 号衰变池、2 号衰变池每级均用带孔洞的墙体分隔, 以确保承重安全。每级衰变池内均设液位计、污水泵和电动阀。

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 1-7。

表 1-7 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	核医学科门诊区	核医学科门诊区总建筑面积约 1200m ² ，从东北至西南依次包括门诊治疗及检查区域、 ^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域。 门诊治疗及检查区域的主要功能用房有甲吸给药室、功能检查室、储源间 1、分装注射准备室及卫生通过间、电动分装控制室、敷贴室、甲亢给药室及留观室、 ⁸⁹ Sr 给药室及留观室、固废间 1、保洁室 1、抢救室 1 及相应走廊。 ^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域的主要功能用房有留样间、灭菌间、一更二更室、污洗检测区、缓冲间、理化实验室、淋洗间、标记间、污物间、拆包间及相应走廊。 SPECT-CT 显像检查区域的主要功能用房有宣教/病史采集室、储源间 2、给药室、分装注射准备室及卫生通过间、固废间 2 和 3、肺通气室、运动负荷室、抢救室 2、注射后候诊室 1 和 2 及卫生间、留观室及卫生间、保洁室 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2 患者走廊。	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污水与生活垃圾	/
	甲癌治疗区	甲癌治疗区总建筑面积约 500m ² ，设计有患者入口、储源间、服药室、分装准备室及卫生通过间、分装电控室、抢救室、洁净被服间、备餐间、保洁室、污染被服间、固废间、核素病房 1-4 及其卫生间、患者走廊、出院检测。		
	核素	核医学科门诊区 拟涉及使用的非密封放射性物质包括： ⁸⁹ Sr、 ³² P、 ⁹⁹ Mo、 ^{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、放射性废水、放射性固废、放射性废气、β表面沾污、废旧钼铎发生器、退役放射源、臭氧及氮氧化物
		甲癌治疗区 拟涉及使用的非密封放射性物质为 ¹³¹ I，经核算，属于乙级非密封放射性物质工作场所。		
	放射源	核医学科门诊区敷贴室内拟使用 2 枚 ⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y(V 类放射源，总活度 7.40E+08Bq)。		
	射线装置	2 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)	X 射线、臭氧、氮氧化物(调试过程中)	X 射线、臭氧及氮氧化物、噪声
辅助工程	核医学科门诊区	SPECT-CT 检查室 1 设备间 1 间、SPECT-CT 检查室 2 设备间 1 间、共用控制室 1 间、TPS 计划室	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污水与生活垃圾	生活污水与生活垃圾
	甲癌治疗区	配套使用的辅助用房有医生办公室、护士台、男值班室兼更衣室、女值班室兼更衣室、男卫生间、女卫生间、医生走廊、排风机房、强/弱电间。		
公用工程	依靠高新院区拟建的给排水、配电、供电和通讯系统等公用工程。			
办公及生	核医学科门诊区办公及生活设施依靠北侧拟设计的办公			

活设施	室、值班室、卫生间等； 甲癌治疗区办公及生活设施依靠甲癌治疗区拟建的配套辅助用房。	圾	
环保工程	核医学科设独立通排风系统及独立下水系统。 通排风系统：本项目核医学科门诊区及甲癌治疗区均设有独立的通排风系统，排风、新风、手套箱、病房均设置独立的排风管道。风向气流由清洁区流向监督区流向控制区，每个区域之间压差在-5Pa 到-10Pa，保证工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。核医学科门诊区排风管道通过 1 层排风井引至院区 6 号楼楼顶，排风口做高效活性炭过滤处置后排放，楼顶排风口安装大功率排风机，排风高度距地约为 33.8m（楼高 31.8m），清洁区域采用单独的机械排风系统，不与核医学科辐射工作场所排风系统合用，排风引至 6 号楼楼顶排放；甲癌治疗区排风管道引至 6 号楼附楼楼顶，排风口做高效活性炭过滤处置后排放排风高度距地约为 8.0m（楼高 5.5m）； 独立下水系统在地下汇总后接核医学科衰变池。每级衰变池用带孔洞的墙体分隔，以确保承重安全，每级衰变池内均设液位计、污水泵和电动阀。	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污水与生活垃圾	放射性废气、放射性固废、放射性废水、噪声

五、主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-8。

表 1-8 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	15000kW·h/a	城市电网	用电	/
水	生活用水	500m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/
医疗/手术耗材	手套、药棉、注射器等	2000kg/a	每年供应商招标	核医学科分装、注射	/
核医学科门诊区	钼铈发生器	50柱/a	未定	制备 ^{99m} Tc	/
	放射性同位素注射液或溶液	/	未定	显像或治疗	/
	敷贴源	/	未定	敷贴治疗	/
甲癌治疗区	放射性同位素注射液或溶液	/	未定	甲癌治疗	/

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。乐山市人民医院高新院区拟为本项目核医学科新增 11 名辐射工作人员。

具体分工见下表：

表1-9 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/肾图医师/护师	1名	分装 （电动分装控制室）	2	3750	125.0
		给药	1	3750	62.5
		检查	5	3750	312.5

甲亢医师/ 护师	1名	分装 (电动分装控制室)	2	2500	83.3
		给药	1	2500	41.7
⁸⁹ Sr医师/ 护师	1名	分装	2	750	25.0
		给药	1	750	12.5
³² P敷贴医 师/护师	1名	制备	5	1250	104.2
		治疗	5	1250	104.2
^{99m} Tc医师/ 护师	1名	淋洗	10	1次/d	41.7
		标记	5	1次/d	20.8
		质控	5	1次/d	20.8
SPCET-CT 区域医师/ 护师1	2名	分装	2	11000	366.7
		给药	1	11000	183.3
SPCET-CT 区域医师/ 护师2	2名	摆位	0.5	5500	45.9
		显像	10	5500	916.65
甲癌护师	1名	分装 (电动分装控制室)	2	400	13.3
		指导患者服药 (电动分装控制室)	1	400	6.7
		清洁	10	250天	41.67
甲癌医生	1名	查房	5	400	33.3

七、产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2021年修订，国家发展改革委2021年第49号令）中的“鼓励类”第三十六条“教育、文化、卫生、体育服务业”第29款“医疗卫生服务设施建设”，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

核医学科门诊区50m范围均在院区范围内。西北侧31m-50m范围为7号楼（会议中心）；东侧42m-50m范围为洗浆中心；南侧21m-50m范围为6号楼附楼；西南侧36m-50m范围为地面停车场；西北侧0m-15m范围、北侧0m-50m范围为6号楼；其余范围内均为院区道路及院区绿化。

甲癌治疗区东南侧20m-50m范围为双林路；西侧35m-50m范围为地面停车场；北侧21m-50m范围为6号楼（肿瘤中心）；西南侧44m-50m范围为院区外荒地；其余范围内均为院区道路及院区绿化。

本项目衰变池拟建于6号楼附楼东北侧土质层下，四周及下方均为土质层，上方为院区绿化。西南侧40m-50m范围为6号楼附楼；南侧10m-40m范围为院区外双林

路、40m-50m 范围为院区外荒地；西北侧 41m-50m 范围为 6 号楼（肿瘤中心）；其余范围内均为院区道路及院区绿化。

（二）项目选址合理性分析

乐山市人民医院高新院区建设项目已取得乐山高新技术产业开发区管理委员会出具的《关于乐山市新区医院建设项目可行性研究报告变更的批复》，项目符合国家产业政策。院区已获得乐山市自然资源局颁发的不动产权证书，院区用地属于“医卫慈善用地”，因此本项目建设符合院区总体规划要求。所在院区已获得乐山市生态环境局《关于乐山市新区医院建设项目环境影响报告书的审批意见》（乐环[2021]32 号）。

乐山市人民医院高新院区位于乐山市高新区惠安路 639 号，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。

本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区较为集中，均处于整个院区的西南侧，远离门诊、急诊、医技楼等人流量较大的区域；且核医学科门诊区、甲癌治疗区附近均有出入口，便于本项目患者进出，与其他普通患者出入口距离较远；核医学科门诊区位于 6 号楼内，6 号楼为肿瘤中心，楼内无新生儿科、产科等特殊人群，甲癌治疗区为单独的 6 号楼附楼，四周大部分为院区道路及绿化。核医学科门诊区及甲癌治疗区 50m 范围内环境无敏感区，且为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，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、核素诊断过程中，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

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，排水之前应由有资质的单位进行监测，达标合格后排入医院的污水处理站。根据已经获得批复 [] 的《乐山市高新院区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综合污水处理站，感染性医疗废水经预消毒装置消毒处理后进入院区综合污水处理站；然后经“格栅+调节池+水解酸化池+接触氧化池+斜管沉淀池+混凝沉淀池+接触消毒池+脱氯池”处理工艺处理，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第二污水处理厂处理达标后排入泊滩堰，最终汇入岷江。对周围的水环境影响较小。

本项目运营后，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，经放射性废物暂存间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。核医学科产生的废旧钼铯发生器将委托有资质的单位进行回收处置。

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

目前，乐山市人民医院已取得辐射安全许可证，[]，种类和范围为“使用Ⅲ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所”，有效期至：2026年04月13日。原有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生态环境局关于《乐山市新区医院建设项目环境影响报告书的审批意见》[] 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

在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

乐山市人民医院获得许可使用23台Ⅲ类射线装置，4台Ⅱ类射线装置，1个乙级非密封放射性物质场所，3枚Ⅲ类放射源，2枚Ⅴ类放射源。原有核技术利用项目均已履行环评、许可手续，除医科达 Elekta Synergy型直线加速器及城南病区的后装机房正在验收中，其余Ⅱ类射线装置及非密封放射性物质场所均已通过验收。

医院于2023年4月27日、2023年9月25日分别取得乐山市生态环境局关于《乐山市人民医院高新院区迁建及扩建数字减影血管造影机（DSA）项目环境影响报告表》及四川省生态环境厅关于《乐山市人民医院高新院区高新院区新增医用核技术利用项目环境影响报告表》的批复，允许其建设9间介入手术室、2间加速器机房、1间后装治疗室、2间ERCP室，以上2个项目目前正在建设中。

经核查建设单位《2022年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，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，医院开展放射诊疗工作截至目前未发生过辐射安全事故。医院原有核技术利用情况见表1-10。

表 1-10 乐山市人民医院辐射安全许可证登记的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	1	7.4E+08×1	V	院本部核医学科楼（原制剂楼）一层和二层	使用	川环审批（2010）12号/川环审批（2016）83号	已许可	/
2	¹³⁷ Cs	1	3.378E+06×1	V	核医学科楼（原院本部制剂楼）一层和二层	使用		已许可	/
3	⁶⁰ Co	3	9.25E+10×1	III	城南病区放疗区后装治疗室	使用	乐环辐审（2017）8号	已许可	正在验收
			4.63E+10×2						
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	乙级	⁸⁹ Sr	9.00E+07	院本部核医学科楼（原制剂楼）一层和二层	使用	川环审批（2010）12号/川环审批（2016）83号	已许可	已验收	
2	乙级	¹³¹ I	1.10E+09		使用				
3	乙级	³² P	1.85E+08		使用				

4	乙级	¹²⁵ I	1.85E+08		院本部核医学科楼（原制剂楼）一层和二层、手术室		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
院本部										
1	数字化医用X射线摄影系统（DR）（北京通用电气化伦医疗设备有限公司 DEFINI UM6000）	1	150	1000	III	门诊六楼摄影室1	使用	已备案	已许可	/
2	医用诊断 X 射线机（日本岛津公司 RADSPE EDM）	1	150	630	III	门诊六楼摄影室2	使用	已备案	已许可	/
3	数字化医用 X 射线摄影系统（DR）（德国西门子 Multix Select）	1	135	640	III	门诊六楼摄影室3	使用	已备案	已许可	/
4	医用诊断 X 射线机（CT）（飞利浦 Brilliance 16）	1	140	500	III	第四住院大楼北侧 CT 室（1）	使用	已备案	已许可	/
5	医用诊断 X 射线机（CT）（飞利浦 Brilliance 64）	1	140	500	III	第四住院大楼北侧 CT 室（2）	使用	已备案	已许可	/
6	移动式C臂X射线机 X射线机（日本岛津 WHI-50）	1	125	100	III	第一住院大楼八楼、九楼手术室	使用	已备案	已许可	/
7	移动式X射线机（通用电气OEC医疗系统公司 GEOEC FluorostarCompact D）	1	110	20	III	第一住院大楼八楼、九楼手术室	使用	已备案	已许可	/
8	医用血管造影X射线机（DSA）（株式会社岛津制作所BRANSIST alexa）	1	125	1000	II	第一住院大楼三楼介入室	使用	川环审批（2016）83 号	已许可	拟报废
9	骨密度仪（美国 GE DPX-NT）	1	76	3	III	体检中心骨密度室	使用	已备案	已许可	/
10	口腔 X 射线机（Sirona 牙科系统	1	90	16	III	口腔科摄片室1	使用	乐环辐审（2017）8	已许可	/

	有限公司 ORTHOP HOS XG3D Ceph)							号		
11	牙科 X 射线机 (福 建梅生医疗科室股 份有限公司 MSD-III)	1	65	1.5	III	门诊大 楼三楼 口腔科 摄片室 2	使用	乐环辐审 (2017)8 号	已许可	/
12	移动式数字摄影 X 线系统 (北京岛津 医疗器械有限公司 MUX-200D)	1	133	400	III	第一住 院大楼 重症医 学科	使用	乐环辐审 (2017)8 号	已许可	/
13	乳腺钼靶机(霍洛基 公司 Selenia Dimensions)	1	49	200	III	门诊大 楼六楼 乳腺摄 影室	使用	乐环辐审 (2017)8 号	已许可	/
14	胃肠机 (株式会社 岛津制作所 SONIAL VISION G4)	1	150	800	III	门诊六 楼胃肠 检查室	使用	已备案	已许可	/
15	移动式 C 型臂 X 射 线机 (株式会社岛津 制作所 OPESCOPE ACTENO)	1	110	20	III	第一住 院大楼 八楼、九 楼手术 室	使用	已备案	已许可	/
16	医用血管造影 X 射 线 系 统 (飞 利 浦 UNIQ FD20)	1	125	813	II	门诊六 楼导管 室	使用	川环审批 (2010) 12 号	已许可	/
17	移动式 C 型臂 X 射 线机 (西门子 ARCADIS Orbic)	1	110	23	III	第一住 院大楼 十楼	使用	已备案	已许可	/
18	X 射线骨密度检测 仪 (通用电气医疗系 统超声及基础医疗 诊断有限公司 Prodigy)	1	76	3	III	体检中 心骨密 度检查 室 2	使用	已备案	已许可	/
19	X 射线计算机体层 摄影设备 (东软医 疗系统股份有限公 司 Neviz 64 In)	1	140	420	III	乐山市 人民医 院	使用	已备案	已许可	/
20	移动式 X 光机 (深 圳迈瑞生物医疗电 子股份有限公司 700T)	1	150	500	III	第一住 院大楼 十楼	使用	已备案	已许可	/
21	X 线计算机体层摄 影设备(方舱 CT)(上 海联影 UCT780)	1	140	667	III	乐山人 民医院	使用	已备案	已许可	/
永安院区 (城南病区)										
22	医用电子直线加速 器 (医科达有限公司	1	X 射线: 15MV 电子线: 18MeV		II	城南病 区放疗	使用	川环审批 (2010)	已许可	已验 收

	Precise)					室		131 号		
23	模拟定位机(江苏海明医疗器械有限公司 HM-MD-1)	1	125	400	III	城南病区放疗室	使用	川环审批(2010)131 号	已许可	/
24	医用诊断 CT 机(东芝大连有限公司 Asteion4)	1	120	300	III	城南病区 CT 室	使用	已备案	已许可	/
25	直线加速器(医科达 Elekta Synergy)	1	X 射线:10MV 电子束: 15MeV		II	城南病区加速器 2 室	使用	川环审批(2020)16 号	已许可	/
26	大孔径 CT 机(飞利浦 Brilliance CT Big Bore)	1	140	500	III	城南病区 CT2 室	使用	川环审批(2020)16 号	已许可	/
27	X 射线计算机体层摄影设备(CT)(通用电气医疗系统有限公司 Revolution)	1	140	740	III	CT 室(5)	使用	已备案	已许可	/

3、原有辐射场所环境监测

根据医院2022年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知,目前各院区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。建设单位已在各院区均配备有便携式辐射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

乐山市人民医院现登记在册的辐射工作人员312名,现有143名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护考核成绩合格单,另有10名辐射工作人员目前正在积极参加培训,准备下月考试。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

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。持证情况和个人剂量统计结果见附件8。

表1-11 建设单位原有辐射工作人员个人剂量监测结果超标一览表

序号	姓名	工作类别	个人剂量监测结果 (mSv)					超标原因
			2022 年第四季度	2023 年第一季度	2023 年第二季度	2023 年第三季度	4 个季度总计	
		2E	0.86	0.956	1.572	0.441	3.829	佩戴期间工作量较之前有所增加，同时手术操作距离机头近且无铅屏风阻挡
		2E	1.91	2.171	0.920	0.781	8.431	佩戴期间工作量较之前有所增加
		2E	2.21	0.279	0.339	0.324	3.359	佩戴期间工作量较之前有所增加
		2A	4.48	0.1	0.005	0.005	4.59	未查找原因，医院应加强管理
		2E	0.63	1.434	1.662	0.943	4.669	佩戴期间工作量较之前有所增加
		2E	0.30	1.733	0.201	0.037	2.271	铅围裙内外剂量计混淆佩戴

对于个人剂量超标的情况，建设单位已形成相应调查报告（见附件 8）。医院在发生以上剂量超标事件后，已开始不定时抽查辐射工作人员剂量计佩戴情况，并对管理人员进行了问责，邀请相关专家开展针对管理人员的辐射安全管理制度和法律法规的集中培训。建设单位应强化个人剂量计的佩戴管理以及对于辐射工作人员个人剂量计佩戴方式的培训，要求辐射工作人员的个人剂量计应严格按照规定随身携带，每季度送检，在出现超标情况后应及时查明原因。同时，医院应合理安排介入辐射工作人员的手术量、辐射工作人员的工作量，并要求各辐射工作人员规范操作。建设单位已对个人剂量超标的人员进行了职业健康体检，目前均是正常，无异常。

建议建设单位对辐射工作人员进行分组管理，每个小组明确 1 名监督检查组长，监督组员佩戴。严格要求第一手术位人员除剂量计外佩戴个人剂量报警仪，进行剂量累计记录，一旦累计超标后，医院应及时将超标人员调离岗位。

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；各级环保主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

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	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	3.70E+08Bq×2 枚	V	使用	敷贴治疗	高新院区 6 号楼 1 楼 敷贴治疗室	核医学科门诊区 门诊治疗及检查区储源间 1	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	^{99}Mo	液态、中毒	使用	3.70E+10	3.70E+07	1.85E+12	制备 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	源的贮存	高新院区 6 号楼 1 楼 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗标记及理化实验室区域	淋洗间
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	液态、低毒	使用	4.74E+10	4.74E+07	1.18E+13	显像 (诊断)	很简单的操作	高新院区 6 号楼 1 楼 SPECT-CT 显像检查区	SPECT-CT 显像检查区域储源间 2
3	^{89}Sr	液态、中毒	使用	4.44E+08	4.44E+07	1.11E+11	骨癌转移治疗	简单操作	高新院区 6 号楼 1 楼门诊治疗及检查区域	门诊治疗及检查区域储源间 1
4	^{131}I	液态、中毒	使用	5.55E+06	5.55E+05	1.39E+09	甲吸/肾图 (诊断)	简单操作	高新院区 6 号楼 1 楼门诊治疗及检查区域	门诊治疗及检查区域储源间 1
5	^{131}I	液态、中毒	使用	4.07E+09	4.07E+08	1.02E+12	甲亢 (治疗)	简单操作	高新院区 6 号楼 1 楼门诊治疗及检查区域	门诊治疗及检查区域储源间 1
6	^{32}P	液态、中毒	使用	1.85E+09	1.85E+08	4.63E+11	敷贴治疗	简单操作	高新院区 6 号楼 1 楼门诊治疗及检查区域	门诊治疗及检查区域储源间 1
7	^{131}I	液态、中毒	使用	2.22E+10	2.22E+09	2.22E+12	甲癌治疗	简单操作	高新院区 6 号楼附楼甲癌治疗区	甲癌治疗区储源间
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	高新院区 6 号楼 1 层核医学科门诊区 SPECT-CT 检查室 1	/
2	SPECT-CT	III	1	型号待定	150	1000	放射诊断	高新院区 6 号楼 1 层医学科门诊区 SPECT-CT 检查室 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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
核医学科								
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 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P	/	/	995kg	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地水平	各固废间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，按医疗废物或一般废物处理。
核医学科放射性固废：甲癌病人住院产生的生活垃圾	固态	^{131}I	/	/	200kg			
核医学科排风口更换的过滤器，更换的活性炭	固态	^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P	/	/	800kg			
废钼铯发生器	固态	^{99}Mo (^{99m}Tc)	/	/	50 柱	/	暂存至污物间内	废钼铯发生器其包装由有资质单位回收处理
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 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P	/	/	692.3m^3	总 β 不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度不大于 $10\text{Bq}/\text{L}$	放射性废水通过专用管道排至衰变池暂存；其中 ^{32}P 废液使用废液桶暂存收集	经衰变池收集贮存到排水计划周期，监测达标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 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P	/	/	/	排口浓度最大为 $4.44\text{E}+04\text{Bq}/\text{m}^3$	不暂存	经手套箱过滤净化系统净化后通过核医学科独立的排风系统引至屋顶高于屋面排放，并在出口处设置雨帽及中效、高效两级过滤装置
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分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ，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/m^3)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法 规 文 件	1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第9号，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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18号公布，自2011年5月1日起施行； 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； 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； 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； 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； 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9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
------------------	---

	年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 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）； 16)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》中华人民共和国生态环境部2021年第9号公告，2021年3月15日起实施； 17)《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； 18)《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； 19)《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）； 20)《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； 21)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012年3月发布实施； 22)《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； 23)《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； 24)《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。
技术标准	1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 2)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； 3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4)《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； 5)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 6)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 7)《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；

	8) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) ; 9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) ; 10) 《表面污染测定 第1部分: β发射体($E_{\beta \max} > 0.15\text{MeV}$)和$\alpha$发射体》(GB/T 14056.1-2008) ; 11) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002) ; 12) 《裂变钼 99-钨 99m 色层发生器》(GB/T 13172-2009) ; 13) 《辐射防护用参考人 第3部分: 主要生理学参数》(GBZ/T200.3-2014) ; 14) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002) ; 15) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB 11930-2010) 。
其他	参考资料: 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; 2) 《辐射安全手册》(潘自强主编, 科学出版社) ; 3) NIST estar 数据库; 4) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WS/T613-2018) ; 5) 《辐射防护导论》(方杰主编, 原子能出版社) ; 6) 《STRUCTURAL SHIELDING DESIGN FOR MEDICAL X-RAY IMAGING FACILITIES》NCRP REPORT NO.147; 7) 《RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK 2002》(Published by Nuclear Technology Publishing) 。

表 7 保护目标与评价标准

本项目为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,确定本项目评价范围为核医学科门诊区、甲癌治疗区、衰变池实体屏蔽物边界外50m的范围。具体50m范围区域见附图2。

保护目标

本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区拟建址周围50m范围内环境保护目标为:

1. 本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区操作及相关的辐射工作人员;
2. 本项目所在6号楼及6号楼附楼内的周围公众,50m范围内的院区内7号楼、院区道路、院区绿化、地面停车场、洗浆中心及院区外双林路、荒地的周围公众。

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)
甲癌治疗区				
甲癌治疗区	辐射工作人员	/	3名辐射工作人员	5.0
院区绿化	周围公众	四周 紧邻	约5名/d	0.1
屋面	/	楼顶 紧邻	/	/
甲癌治疗区50m范围				
6号楼	周围公众	北侧 最近约21m	50m范围内预计 70名/d	0.1
地面停车场	周围公众	西侧 最近约35m	50m范围内预计 10名/d	0.1
院区道路	周围公众	西南侧、西北侧 最近约9m	约50名/d	0.1
双林路	周围公众	东南侧 最近约 20m	50m范围内预计 10名/d	0.1
荒地	周围公众	西南侧 最近约 44m	约1名/d	0.1
核医学科门诊区				
核医学科门诊区 辐射工作场所	辐射工作人员	/	8名辐射工作人员	5.0
院区道路	周围公众	南侧 紧邻	约50名/d	0.1
财务室、结算室、 更衣室	周围公众	东北侧 紧邻	约5名/d	0.1
走道、合用前室	周围公众	北侧 紧邻	约30名/d	0.1
走道	周围公众	西南侧 紧邻	约10名/d	0.1
肿瘤病房区及其部 分辅房	周围公众	楼顶 紧邻	约30名/d	0.1
空调换热机房、配	周围公众	楼下 紧邻	约50名/d	0.1

电房、放疗区域辅助用房、体外实验室区域				
核医学科门诊区50m范围				
6号楼	周围公众	/	约300名/d	0.1
院区绿化	周围公众	四周、顶部 最近为顶部紧邻	50m范围内预计10名/d	0.1
地面停车场	周围公众	西南侧 最近36m	50m范围内预计15名/d	0.1
7号楼	周围公众	西北侧 最近31m	50m范围内预计50名/d	0.1
6号楼附楼	辐射工作人员	南侧 最近21m	3名/d	5.0
洗浆中心	周围公众	东侧 最近42m	50m范围内预计5名/d	0.1
衰变池				
土质层	/	四周及下方紧邻	/	/
院区绿化	周围公众	上方 紧邻	约1名/d	0.1
衰变池 50m 范围				
6号楼	周围公众	西北侧 最近41m	50m范围内预计50名/d	0.1
6号楼附楼	辐射工作人员	西南侧 最近40m	3名/d	5.0
双林路	周围公众	南侧 最近10m	50m范围内预计40名/d	0.1
荒地	周围公众	南侧 最近40m	约1名/d	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

对象	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

β粒子最大能量小于 0.3MeV 的β放射性物质的表面污染控制水平，可为表 B11 中所列数值的 5 倍。

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，并应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 $10\text{ALI}_{\min}$ ($\text{ALI}_{\min}$ 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 $1\text{ALI}_{\min}$ ，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 《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）

表 7-5 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放限值（日均值）

控制项目	衰变池排放口排放标准 (Bq/L)	依据
总β	10	(GB18466-2005) 表 2 限值

1.5 《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
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
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 2.5μSv/h；测量时，X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

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量，执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：

SPECT-CT检查室周围30cm处的周围剂量当量率不超过**2.5μSv/h**；

结合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）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）确定本项目屏蔽要求如下：

A) 距辐射工作场所各控制区内工作人员经常性停留的场所(人员居留因子 $\geq 1/2$) 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, 即工作人员较少停留或无需到达的场所(人员居留因子 $< 1/2$), 其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

B) 放射性药物分装的箱体应设有屏蔽结构, 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 放射性药物分装箱体非正对人员操作位表面(柜体外表面 5cm 处)的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ 。

C) 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

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/cm^2 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/cm^2 。

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”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)所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经确认后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 1Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

B)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、手套箱等密闭设备中进行，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（通风设计厂家推荐半年一次）。更换下来的过滤器按固体放射性废物进行收集、处理。

辐射剂量控制水平：

辐射工作人员剂量约束值不超过**5mSv**

辐射工作人员单季度剂量约束值为**1.25mSv**

公众剂量约束值不超过**0.1mSv**

2.环境保护标准

根据已获得批复（乐市环审〔2022〕32号）的包括本项目各手术室所在主体建筑在内的《乐山市高新院区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；恶臭气体排放执行《恶臭污染物排放标准》（GB14551-93）二级标准。

(3) 一般工业固体废物贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）。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) 营运期噪声排放执行《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**

本项目所在的乐山市人民医院高新院区东侧为碧水路，南侧为双林路，西南侧为荒地，西侧为泊滩堰，北侧为惠安路及建业大道。

本项目核医学科门诊区位于 6 号楼内，6 号楼四周紧邻院区道路。核医学科门诊区位于 6 号楼 1 层西南部，核医学科门诊区东侧为院区道路；南侧为走道；西侧为走道；北侧为入院前的更衣室、结算室和财务室；楼上为肿瘤病房区及其部分辅房；楼下为空调换热机房、配电房、放疗区域辅助用房、体外实验室区域。

甲癌治疗区位于 6 号楼附楼内，6 号楼附楼为独栋建筑，四周紧邻院区绿化，无楼上楼下建筑。

本项目衰变池拟建于 6 号楼附楼东北侧土质层下，四周及下方均为土质层，上方为院区绿化。

二、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目高新院区新增核医学科门诊、甲癌治疗区项目、衰变池拟建址周围辐射环境。

- 监测因子：本项目高新院区新增核医学科门诊、甲癌治疗区、衰变池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：在核医学科门诊区拟建址均匀布置 18 个点位，并在其楼上、楼下对应位置各均匀布置 18 个点位；在甲癌治疗区拟建址均匀布置 7 个点位；在其衰变池拟建址布置 1 个点位。在 50m 范围内其他建筑最近处各布置 1 个点位。

β 表面污染：在核医学科门诊区拟建址均匀布置 18 个点位，并在其楼上、楼下对应位置各均匀布置 18 个点位；在甲癌治疗区拟建址均匀布置 7 个点位；在其衰变池拟建址布置 1 个点位。在 50m 范围内其他建筑最近处各布置 1 个点位。

- 布点原则：

由于甲癌治疗区目前为荒地，因此在拟建址位置均匀布置点位。核医学科门诊区拟建址未进行房间隔断，因此根据承重柱找到位置后均匀布点，楼下亦是如

此。考虑到 50m 范围内还包含其他建筑，在 50m 范围内其他建筑各布置 1 个监测点位。在建筑物内测量，考虑建筑物的类型与层次，在室内中央距地面 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 6 号楼、6 号楼附楼本项目辐射工作场所周围及内部布设监测点位，测量 6 号楼、6 号楼附楼、衰变池本项目辐射工作场所周围及内部天然辐射剂量率及 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

四川省生态环境监测业务系统

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 2018 年 1 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：182312050067，有效期至 2024 年 1 月 28 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8-1 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： 202210005087 检定/校准有效期： 2022.10.24~2023.10.23 校准因子：1.06 (使用 ¹³⁷ Cs 校准源)	天气：晴 温度： 16.3℃~18.8℃ 湿度： 53.4%~55.5%
α、β表面污染	CoMo170 表面污染监测仪 编号： YKJC/YQ-06	表面发射率响应 R _α =0.36 R _β =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：本项目高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目拟建址周围X-γ辐射剂量率监测结果见表 8-2，核医学科β表面沾污仪水平监测结果见表 8-3，监测点位见下图（报告见附件 9）。

表 8-2 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	
甲癌治疗区域				
1	甲癌治疗区拟建址西部	102	1.9	/
2	甲癌治疗区拟建址西北部	103	2.1	
3	甲癌治疗区拟建址北部	101	2.8	
4	甲癌治疗区拟建址南部	102	3.0	
5	甲癌治疗区拟建址东南部	104	1.7	
6	甲癌治疗区拟建址东部	99	2.4	
核医学科门诊区域				
1	门诊治疗及检查区域拟建址东北部	124	2.2	/
2	门诊治疗及检查区域拟建址北部	123	2.6	
3	门诊治疗及检查区域拟建址东南部	125	2.8	
4	门诊治疗及检查区域拟建址西北部	122	2.9	
5	门诊治疗及检查区域拟建址南部	123	3.7	
6	门诊治疗及检查区域拟建址西南部	120	1.7	

7	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址东北部	126	2.3	
8	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址北部	122	1.9	
9	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址东南部	128	2.2	
10	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址西北部	125	3.2	
11	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址南部	126	3.3	
12	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址西南部	122	1.8	
13	SPECT-CT 显像检查区域拟建址东北部	128	1.8	
14	SPECT-CT 显像检查区域拟建址北部	128	3.2	
15	SPECT-CT 显像检查区域拟建址东南部	127	2.6	
16	SPECT-CT 显像检查区域拟建址西北部	126	2.6	
17	SPECT-CT 显像检查区域拟建址南部	126	1.9	
18	SPECT-CT 显像检查区域拟建址西南部	126	2.8	
19	门诊治疗及检查区域拟建址楼上东北部	126	2.6	
20	门诊治疗及检查区域拟建址楼上北部	124	2.5	
21	门诊治疗及检查区域拟建址楼上东南部	123	2.2	
22	门诊治疗及检查区域拟建址楼上西北部	126	2.3	
23	门诊治疗及检查区域拟建址楼上南部	119	2.7	
24	门诊治疗及检查区域拟建址楼上西南部	123	2.9	
25	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上东北部	121	3.7	
26	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上北部	125	1.9	
27	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上东南部	125	3.6	
28	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上西北部	126	2.1	
29	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上南部	121	3.2	
30	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上西南部	125	3.0	
31	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上东北部	126	2.0	
32	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上北部	126	2.3	
33	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上东南部	125	1.7	
34	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上西北部	126	2.1	
35	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上南部	129	2.0	
36	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上西南部	126	2.6	

37	门诊治疗及检查区域拟建址楼下东北部	132	3.3	/
38	门诊治疗及检查区域拟建址楼下北部	125	1.6	
39	门诊治疗及检查区域拟建址楼下东南部	126	1.8	
40	门诊治疗及检查区域拟建址楼下西北部	125	2.9	
41	门诊治疗及检查区域拟建址楼下南部	128	2.1	
42	门诊治疗及检查区域拟建址楼下西南部	124	1.8	
43	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下东北部	123	2.8	
44	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下北部	123	3.1	
45	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下东南部	126	4.0	
46	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下西北部	124	2.9	
47	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下南部	123	1.9	
48	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下西南部	123	2.3	
49	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下东北部	122	1.7	
50	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下北部	127	2.3	
51	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下东南部	128	3.2	
52	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下西北部	127	1.8	
53	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下南部	126	2.7	
54	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下西南部	124	2.7	
50m 范围内区域				
1	核医学科门诊区拟建址南侧院区道路	110	1.7	/
2	核医学科门诊区拟建址西北侧院区道路	111	2.9	
3	核医学科门诊区拟建址北侧 7 号楼	114	2.3	
4	核医学科门诊区拟建址西侧院区道路	113	3.6	
5	核医学科门诊区拟建址西侧地面停车场	110	2.2	
6	甲癌治疗区拟建址南侧院区绿化	113	2.6	
7	甲癌治疗区拟建址西南侧院区道路	111	2.8	
8	衰变池拟建址	109	2.3	
9	院区西侧荒地	111	2.7	
10	院区南侧外双林路	111	2.1	
11	洗浆中心	112	1.6	

12	院区南侧荒地	112	1.7	
----	--------	-----	-----	--

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

表 8-3 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	
甲癌治疗区域				
1	甲癌治疗区拟建址西部	<LLD _β	/	/
2	甲癌治疗区拟建址西北部	<LLD _β	/	
3	甲癌治疗区拟建址北部	<LLD _β	/	
4	甲癌治疗区拟建址南部	<LLD _β	/	
5	甲癌治疗区拟建址东南部	<LLD _β	/	
6	甲癌治疗区拟建址东部	<LLD _β	/	
核医学科门诊区域				
1	门诊治疗及检查区域拟建址东北部	<LLD _β	/	/
2	门诊治疗及检查区域拟建址北部	<LLD _β	/	
3	门诊治疗及检查区域拟建址东南部	<LLD _β	/	
4	门诊治疗及检查区域拟建址西北部	<LLD _β	/	
5	门诊治疗及检查区域拟建址南部	<LLD _β	/	
6	门诊治疗及检查区域拟建址西南部	<LLD _β	/	
7	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址东北部	<LLD _β	/	
8	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址北部	<LLD _β	/	
9	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址东南部	<LLD _β	/	
10	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址西北部	<LLD _β	/	
11	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址南部	<LLD _β	/	
12	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址西南部	<LLD _β	/	
13	SPECT-CT 显像检查区域拟建址东北部	<LLD _β	/	
14	SPECT-CT 显像检查区域拟建址北部	<LLD _β	/	
15	SPECT-CT 显像检查区域拟建址东南部	<LLD _β	/	
16	SPECT-CT 显像检查区域拟建址西北部	<LLD _β	/	

17	SPECT-CT 显像检查区域拟建址南部	<LLD _β	/	
18	SPECT-CT 显像检查区域拟建址西南部	<LLD _β	/	
19	门诊治疗及检查区域拟建址 楼上东北部	<LLD _β	/	/
20	门诊治疗及检查区域拟建址楼上北部	<LLD _β	/	
21	门诊治疗及检查区域拟建址 楼上东南部	<LLD _β	/	
22	门诊治疗及检查区域拟建址 楼上西北部	<LLD _β	/	
23	门诊治疗及检查区域拟建址楼上南部	<LLD _β	/	
24	门诊治疗及检查区域拟建址 楼上西南部	<LLD _β	/	
25	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上东北部	<LLD _β	/	
26	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上北部	<LLD _β	/	
27	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上东南部	<LLD _β	/	
28	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上西北部	<LLD _β	/	
29	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上南部	<LLD _β	/	
30	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼上西南部	<LLD _β	/	
31	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上东北部	<LLD _β	/	
32	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上北部	<LLD _β	/	
33	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上东南部	<LLD _β	/	
34	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上西北部	<LLD _β	/	
35	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上南部	<LLD _β	/	
36	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼上西南部	<LLD _β	/	
37	门诊治疗及检查区域拟建址楼下东北部	<LLD _β	/	/
38	门诊治疗及检查区域拟建址楼下北部	<LLD _β	/	
39	门诊治疗及检查区域拟建址楼下东南部	<LLD _β	/	
40	门诊治疗及检查区域拟建址楼下西北部	<LLD _β	/	
41	门诊治疗及检查区域拟建址楼下南部	<LLD _β	/	
42	门诊治疗及检查区域拟建址楼下西南部	<LLD _β	/	
43	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下东北部	<LLD _β	/	
44	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下北部	<LLD _β	/	

45	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下东南部	<LLD _β	/	
46	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下西北部	<LLD _β	/	
47	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下南部	<LLD _β	/	
48	^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域拟建址楼下西南部	<LLD _β	/	
49	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下东北部	<LLD _β	/	
50	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下北部	<LLD _β	/	
51	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下东南部	<LLD _β	/	
52	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下西北部	<LLD _β	/	
53	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下南部	<LLD _β	/	
54	SPECT-CT 显像检查区域拟建址楼下西南部	<LLD _β	/	
50m 范围内区域				
1	核医学科门诊区拟建址南侧院区道路	<LLD _β	/	/
2	核医学科门诊区拟建址西北侧院区道路	<LLD _β	/	
3	核医学科门诊区拟建址北侧 7 号楼	<LLD _β	/	
4	核医学科门诊区拟建址西侧院区道路	<LLD _β	/	
5	核医学科门诊区拟建址西侧地面停车场	<LLD _β	/	
6	甲癌治疗区拟建址南侧院区绿化	<LLD _β	/	
7	甲癌治疗区拟建址西南侧院区道路	<LLD _β	/	
8	衰变池拟建址	<LLD _β	/	
9	院区西侧荒地	<LLD _β	/	
10	院区南侧外双林路	<LLD _β	/	
11	洗浆中心	<LLD _β	/	

注: β 表面污染探测下限 $\text{LLD}_\beta=4.1\times 10^{-2} \text{ Bq/cm}^2$

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),乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区项目拟建址及周围环境辐射周围空气吸收剂量率为 99nGy/h~129nGy/h,各监测点位的 X- γ 空气吸收剂量率处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，乐山市人民医院高新院区正在修建，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。

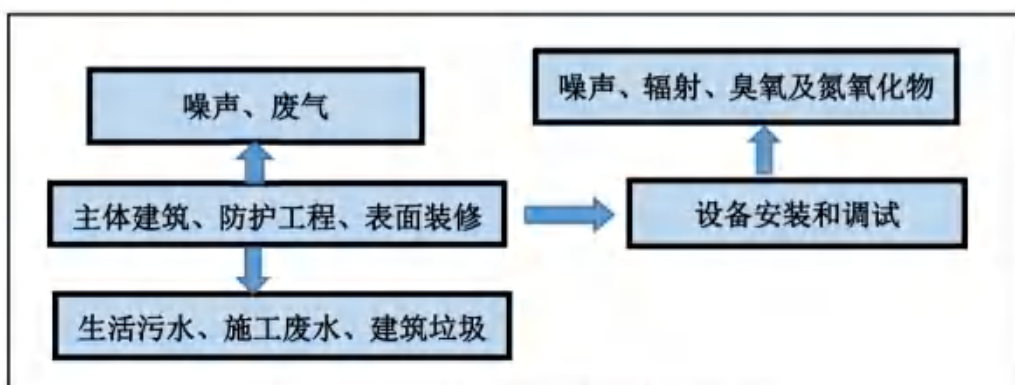


图9-1 本项目施工期环境影响示意图

施工过程以施工机械噪声、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。

本项目核医学科门诊区根据场所不同功能情况采用120mm或240mm实心砖建成墙体，墙体建成后涂抹40mm硫酸钡防护涂层，最后采用抗倍特板表面装修；楼顶为180mm混凝土，在此基础上涂抹50mm或不涂硫酸钡防护涂层，最后以铝扣板进行表面装修；地面楼板为120mm混凝土，在此基础上涂抹30mm、15mm或不涂硫酸钡防护涂层，最后以PVC胶地板面层进行表面装修。

甲癌治疗区辐射工作场所采用300mm或450mm混凝土建成墙体，墙体建成后涂抹40mm硫酸钡防护涂层，最后采用抗倍特板表面装修；楼顶为400mm混凝土，最后以铝扣板进行表面装修；地下为土质层，底板为钢筋混凝土底板，最后以PVC地板面层进行表面装修。

电缆线位于电缆沟内，电缆沟四周使用混凝土回填，上方加盖不锈钢盖板，避免漏射产生；风管穿孔位置均采用与墙体等效铅当量的铅板进行屏蔽补偿，不会破坏屏蔽体的屏蔽效果；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。另外，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，所有防护门窗均在施工单位处定制组装完成后送现场安装至预留门洞和窗洞。

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、非密封放射性物质运输应交由有资质单位的进行，射线装置的运输、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并派人看守。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

建设单位拟在 6 号楼肿瘤中心 1 层西南侧建设一个核医学科门诊区，核医学科门诊区包括门诊治疗及检查区域、 ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域，拟涉及使用的非密封放射性物质包括： ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{99}Mo 、 ^{89}Sr 、 ^{32}P ，同时拟使用 2 枚 V 类放射源 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器，并配套使用 2 台 SPECT-CT（III 类射线装置）。建设单位拟在 6 号楼肿瘤中心西南侧位置修建 6 号楼附楼，并在附楼内建设甲癌治疗区，拟涉及使用的非密封放射性物质为 ^{131}I ，用于甲癌患者的住院治疗。

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 9-2。



图 9-2 常见 SPECT-CT 外观图

表 9-1 本项目核医学科 SPECT-CT 主要技术参数表

设备名称	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	两侧墙体、楼板、地面	$\geq 2.5\text{mmAl}$	150kV	1000mA	40~100kV	100~600mA

2、工作原理

(1) 钼铯发生器工作原理

本项目显像诊断使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由钼铯发生器淋洗而成。该发生器属于裂变色层发生器，基本部件是钼酸铯柱/活化氧化铝柱、淋洗系统和用于保护工作人员的辐射屏蔽套（发生器色谱柱自带铅屏蔽）。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由钼酸铯柱内 ^{99}Mo 不断衰变产生，并被钼酸铯柱吸附，当加入适当的淋洗剂时， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 便以 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 的形式被淋洗出来，整个过程称为“挤奶”。为了使用方便，一套发生器除基本部件外，常附加子体核素溶液接收瓶（即负压瓶）和一定量的淋洗剂（生理盐水）。由于母体核素的不断衰变就不断地产生子体核素，因而核素发生器可以反复淋洗制得子体核素，一般情况下，发生器4、6小时淋洗一次。

(2) ^{131}I 甲状腺吸碘功能测定（甲吸测定）及肾功能测定工作原理

核素 ^{131}I 功能试验是了解甲状腺碘代谢及肾功能测定的常用方法。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，其摄取的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。患者在空腹条件下，口服放射性 ^{131}I 后，利用它能迅速通过肾脏分泌和排泄的原理，

分别测定它在肾脏中通过肾动脉、肾小管和尿道所需的时间及放射性强度，描记成曲线即为肾图。主要用于肾功能测定。观察慢性肾炎、慢性肾盂肾炎和肾结核等治疗前后功能改变，可用于监测疗效。

(3) ^{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。

(4) ^{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。

(5) ^{32}P 、 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴治疗工作原理

放射性核素敷贴治疗：某些病变对 β 射线较敏感，可利用 ^{32}P 、 ^{90}Sr 或 ^{90}Y 对表浅病变进行外照射治疗。 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 为成品放射源，取出后可直接使用于患处， ^{32}P 通常制成敷料，适用于不同患处。

(6) ^{89}Sr 骨转移治疗原理

^{89}Sr 放射性药物主要用于缓解乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛，用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的，骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏，成骨细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。浓聚的放射性核素在衰变过程中发射出来的射线对病变进行集中照射，在局部产生足够的电离辐射生物学效应，使受到大剂量照射

的细胞因繁殖能力丧失、代谢紊乱、细胞衰老或死亡，从而达到抑制或破坏病变组织，达到治疗目的。本项目使用 ^{89}Sr 核素治疗骨转移癌。

(7) SPECT-CT显像工作原理

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 甲状腺吸碘功能测定（甲吸测定）及肾功能测定

A. 测定流程

本项目甲吸测定、肾图使用量均为 0.01mCi ，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 存放在门诊治疗及检查区域的储源间中。辐射工作人员将装有核素药品的铅罐放置到自动分碘仪（自动分碘仪位于手套箱内）后，可在电动分装控制室远程操控自动分碘仪进行药物分装，分装完成后由护师（穿戴各类防护用品）通过给药窗送至甲吸给药室，辅导患者服下，后在功能检查室进行测定检查。

B. 产污环节

甲吸测定过程会产生 β 射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废水、放射性固废、放射性废气。具体为电动分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；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；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水；同时 β 射线、 γ 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

(2) ^{131}I 甲亢治疗

A. 治疗流程

本项目甲亢治疗使用量为 11mCi ，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 存放在门诊治疗及检查区域的储

源间中。辐射工作人员将装有核素药品的铅罐放置到自动分碘仪（自动分碘仪位于手套箱内）后，可在电动分装控制室远程操控自动分碘仪进行药物分装，分装完成后由护师（穿戴各类防护用品）送至甲亢给药室，在电动分装控制室辅导患者服下，患者服药后在甲亢留观室观察。

B.产污环节

甲亢治疗过程会产生 β 射线、 γ 射线、 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、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。

（3） ^{89}Sr 核素治疗

A.治疗流程

①核医学科门诊区接诊恶性肿瘤骨转移患者，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。根据患者病史、症状及体征并结合辅助检查结果进行病情进行 ^{89}Sr 治疗。 ^{89}Sr 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。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。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。

②治疗实施：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，然后根据预约的患者量向供药公司订购非密封放射性物质 ^{89}Sr ，并由供药公司运输到医院。供药公司在营业前将订购量的 ^{89}Sr 送往医院，运输过程由供药公司负责，运输过程中 ^{89}Sr 药物放在铅罐内。供药公司送来的药物放入门诊治疗及检查区域的储源间中；

③ ^{89}Sr 药物准备：分装室辐射工作人员将在手套箱外对装有放射性药物进行分装。分装完成后通过对讲机呼叫患者进行药物注射，注射时，工作人员和患者采用隔室操作；治疗完毕嘱告知患者治疗后注意事项，辐射工作人员酌情处理紧急情况；

④ ^{89}Sr 治疗患者注射后在留观室留观0~3小时，无异常后患者离开。

B.产污环节

^{89}Sr 肿瘤转移治疗过程电动分装、给药会产生 β 射线、 β 表面污染、放射性废气和放射性固废。具体为电动分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；电动分装、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注射器、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭等放射性固体废物；同时 β 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

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

A.操作流程

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 皮肤敷贴器保存在门诊治疗及检查区域储源间的铅罐中。患者由接诊台的护士带入敷贴治疗室后，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，医师打开铅罐，持手柄取出敷贴器放在患处，治疗完毕，医师/护师将放射源放回铅罐，将铅罐放回储源间的保险柜中。

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，退役的密封源拟签订合同由厂家进行回收；同时 β 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

(5) ^{32}P 敷贴治疗

A.操作流程

^{32}P 放射性溶液保存在门诊治疗及检查区域储源间的铅罐中。患者由接诊台的护士带入敷贴治疗室后，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，在手套箱内制作不同的 ^{32}P 敷贴器。

①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，然后根据预约的患者量向供药公司订购非密封放射性物质 ^{32}P ，并由供药公司运输到医院。供药公司在营业前将订购量的 ^{32}P 送往医院，运输过程由供药公司负责，运输过程中 ^{32}P 药物放在铅罐内。供药公司送来的药物放入门诊治疗及检查区域储源间。辐射工作人员穿戴乳胶手套，采用优质滤纸按病变形状要求剪成规格大小及形状不同的纸片，作为 ^{32}P 溶液的支持物，滤纸上画有格子；

②用生理盐水分别将不同大小与形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加 ^{32}P 溶液的毫升数；

③用手控移液管吸取预先计算好的混有色剂的 ^{32}P 溶液，按每张滤纸的吸水量分格滴加 ^{32}P 溶液，通过颜色的深浅来调整 ^{32}P 活度的分布均匀性。

④烤干滤纸，色剂均匀分布。用三层优质塑料薄膜与胶布套封，经检测表面无放射性污染后即可使用。

B.产污环节

^{32}P 敷贴器制作、治疗过程中会产生 β 射线、 β 表面污染、放射性废气和放射性固废。具体为制备、分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；制备、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，如使用治疗后的废弃自制敷贴器、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭等放射性固体废物；同时 β 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

(6) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物一部分由医生通过发生器自行进行制备，一部分进行购买，其制备、注射和显像流程如下：

①淋洗：在淋洗间先把生理盐水瓶插入发生器的双针，一分钟后整体拔下外有防护罐的负压瓶，即制得淋洗液，制得的淋洗液贮存于外有防护罐的负压瓶之中。通常整个淋洗过程约需2min；

②测量活度：测量活度在淋洗间进行，由负责标记的工作人员完成。工作人员用注射器吸取少量淋洗液，测量其放射性活度，得出该瓶淋洗液的比活度，同时可测量淋洗液的纯度；

③标记：标记在标记间内进行，工作人员同测量活度的人员为同一人，用注射器将已测量好活度的淋洗液迅速转移至冻干药盒，并充分摇匀，稀释到预设体积；

④质控：取标记好的药物1mCi送至理化实验室进行放射性纯度测定及细菌内毒素检测等实验。

⑤显像检查：患者采用注射方式进行，给药窗口的工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有放射性药物的铅罐装入操作台内，注射药物时，工作人员从铅罐内吸取药物进行注射，患者注射完药物后在等候室内休息观察，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检查室进行显像检

查，诊断结束后患者在留观室休息一定时间后可直接离开。

B.产污环节

分装、制药、质控、给药及显像诊断过程会产生 X、 β 、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废水、放射性固废、放射性废气。具体为制备、分装、质控、给药过程对辐射工作人员产生外照射；制备、分装、质控、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，如质控实验产生的手套、口罩、污染擦拭等放射性固体废物，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；质控、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。发生器废弃时将转化为放射性固废交由有资质单位处理。

(7) ^{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，按规定时间全身扫描复查，以观察甲癌残留灶及转移灶的摄碘情况，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，必要时行颈胸部CT扫描及SPECT颈胸部 ^{131}I 或 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI扫描；

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；

⑦ ^{131}I 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；

⑧ ^{131}I 药物准备：主管医师根据副主任医师确定的治疗方案中的 ^{131}I 剂量向厂家订购，厂家根据用量进行配送；本项目使用自动分碘仪和对讲装置，因此实际在甲癌治疗过程中，辐射工作人员将装有核素药品的铅罐放置到自动分碘仪（自动分碘仪位于手套箱内）后，可在电动分装控制室远程操控自动分碘仪进行药物分装。服药过程也可通过对讲机指导患者将药品混合后服用；

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 ^{131}I 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。

B.产污环节

甲癌治疗过程会产生 β 射线、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废水、放射性固废、放射性废气。辐射工作人员使用自动分碘仪进行分装，在电动分装控制室指导患者服药，分装、过程对辐射工作人员产生的外照射及对工作台面、地面等造成的表面污染影响较小；患者服药及住院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；患者服药及住院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 、 γ 射线电离空气产生微量臭氧、氮氧化物。

4.人流物流路径

(1) 核医学科门诊区

①辐射工作人员：

门诊治疗及检查区域：门诊治疗及检查区域的辐射工作人员每日从6号楼门厅进入楼内，经过走道通过卫生通过间（穿戴防护用品）进入分装/注射准备室，每日工作结束待所有患者检查结束后，所有医护人员在卫生通过间更换好衣物，并进行放射性表面污染检测功能，检测放射污染合格，才能回到非放射工作场所。

^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域： ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域的辐射工作人员每日从6号楼门厅进入楼内，经过走道到达医生走廊，进入更衣室内进行衣物更换，穿戴防护用品后进入各工作区。在淋洗标记区内进行药物制备，制备好的药物在理化实验室进行药物质控实验（放射性纯度测定及细菌内毒素检测等实验），确认药物没有问题后，经过放射性表面污染检测，检测放射污染合格后，将药物送入SPECT-CT显像区储源间。辐射工作人员每日工作完成后在污洗检测进行放射性表面污染检测，检测放射污染合格，才能回到非放射工作场所。

SPECT-CT显像检查区域：SPECT-CT显像检查区域的辐射工作人员由6号楼西北侧小门进入楼内，技师经过走道进入控制室，完成工作后原路返回；其余人员经过走道通过卫生通过间（穿戴防护用品）进入分装/注射准备室，每日工作结束待所有患者检查结束后，所有医护人员在卫生通过间更换好衣物，并进行放射性表面污染检测功能，检测放射污染合格，才能回到非放射工作场所。

②患者：

门诊治疗及检查区域：门诊治疗及检查区域所有患者均从6号楼门厅进入楼内，在护士站对其进行宣教。敷贴患者经走道进入敷贴室，治疗完成后原路返回；甲吸、肾图患者经走道进入甲吸给药室，在功能检查室完成相应检查后从功能检查室门离开；甲亢、 ^{89}Sr 患者经走道进入患者走廊后进入甲亢给药室、 ^{89}Sr 给药室，给药完成后进入甲亢留观室、 ^{89}Sr 留观室，留观后从患者出口走廊离开。

SPECT-CT显像检查区域：SPECT-CT显像检查区域患者由患者入口走廊进入楼内，在宣教室对其进行宣传宣教工作。患者在接受宣教后，根据不同的检查经患者走道进入给药室或者肺通气给药室进行服药，检查患者根据需要服药后进入运动负荷室运动，然后在注射后候检室等待。根据医护人员安排进入SPECT-CT

检查室进行扫描，扫描后进入留观室留观一段时间后通过西南侧出口区离开。

③药物运入：

医院根据患者预约情况向厂家预约相关药物，送药当日由值班医护人员接应，所有药物均放置在铅罐内。门诊治疗及检查区域的药物从储源间东北侧传递窗运入； ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域药物经患者入口走廊到达拆包间，从拆包间传递窗送入；淋洗标记好的药物经标记间传递窗、储源间传递窗送入；外购 ^{99m}Tc 药物经患者入口走廊通过传递窗送入储源间。

每日运药均在核医学科门诊区营业之前，不与医护人员、患者出入时间交叉，符合要求。

④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，在分装/注射准备室、各给药室、敷贴室、各留观室、各候检室等房间内由铅废物暂存桶收集，待所有患者离开，医护人员下班后，由专职核医学科清洁人员将各铅废物暂存桶内的放射性固体废物转移至各固废间，分类暂存衰变，经检测达标后运至院区医疗废物暂存间，定期委托有资质的单位进行处置。废气排风口设置的中效、高效过滤器更换下的过滤装置作为放射性固废处理，废钼铯发生器及其包装由资质单位回收处理。

每日放射性废物收集及运出均在核医学科门诊区歇业之后，不与医护人员、患者出入时间交叉，符合要求。

(2) 甲癌治疗区

①辐射工作人员:

甲癌治疗区辐射工作人员由西南侧医护入口进入6号楼附楼内, 经过走道在更衣室内换好洁净服后进入电动分装控制室, 或经过医生走廊通过卫生通过间(穿戴防护用品)后进入分装/注射准备室, 每日工作结束待所有患者服药住院后, 进入分装/注射准备室的辐射工作人员需在卫生通过间进行放射性表面污染检测功能, 检测放射污染合格, 才能回到非放射工作场所。

②患者:

甲癌患者从西南侧患者入口进入6号楼附楼内, 在护士台对其宣教后, 经缓冲间进入服药室进行服药, 服药后进入病房, 住院3~5天, 患者离开前在出院检测区进行检测, 确保患者出院时体内放射性活度不超过400MBq。

③药物运进:

医院根据患者预约情况向厂家预约药物, 送药当日由值班医护人员接应, 所有药物均放置在铅罐内, 甲癌治疗区药物从西南侧患者入口经传递窗运进储源间内, 运药均在患者入院之前, 不与医护人员、患者出入时间交叉, 符合要求。

④废物运出:

放射性同位素操作过程中产生的服药纸杯、手套、棉签、药瓶、吸水纸及患者住院产生的垃圾等带微量放射性同位素的固体废弃物, 在分装/注射准备室、服药室、核素病房等房间内由铅废物暂存桶收集, 待患者住院期满离开后, 医护人员下班后, 由专职核医学科清洁人员将各铅废物暂存桶内的放射性固体废物转移至固废间, 进行暂存衰变, 经检测达标后经传递窗运至院区医疗废物暂存间, 定期委托有资质的单位进行处置。废气排风口设置的中效、高效过滤器更换下的过滤装置作为放射性固废处理。

放射性废物收集及运出均在患者出院之后, 不与医护人员、患者出入时间交叉, 符合要求。

(3) 小结

本项目运药均在营业之前，废物运出均在患者、医护人员离开之后，药物运进与废物运出路径不交叉的同时，在时间上能够和人流实现分流。就诊患者与医生进出路径不交叉重叠，药物与废物流通路径通过时间管控不交叉重叠，且人流与物流能实现时间隔离，因此核医学科路径规划是合理的。

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。

在安装调试阶段，主要环境影响 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

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、 β 射线产生的韧致辐射（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。

(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。

2 非辐射污染源分析

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。两次过滤比例按 90%计算（根据《高效空气过滤器》（GB/T 13554-2020）检验要求，按照 GB/T6165 规定的方法检测过滤器过滤效率，高效空气过滤器可分为 35、40、45 三类，这三类在额定风量下的效率分别需要达到 $\geq 99.95\%$ 、 $\geq 99.99\%$ 、 $\geq 99.995\%$ ，故本项目保守取 90%）。

表 9-3 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)	排口最大排 放浓度 Bq/m ³
¹³¹ I 甲吸/肾图、甲亢	4.08E+09	1%	90%	4.08E+06	8.16E+03
⁸⁹ Sr	4.44E+08	0.1%	90%	4.44E+04	8.88E+01
³² P	1.85E+09	0.1%	90%	1.85E+05	3.70E+02
⁹⁹ Mo	1.85E+10	0.1%	90%	1.85E+06	3.70E+03
^{99m} Tc 质控	3.70E+07	0.1%	90%	3.70E+03	7.40
^{99m} Tc 显像检查	4.74E+10	0.1%	90%	4.74E+06	9.48E+03
¹³¹ I 甲癌	2.22E+10	1%	90%	2.22E+07	4.44E+04

因此排口浓度最大合计为 4.44E+04Bq/m³。

放射性废水：

参考《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019）中平均日情况下，门诊患者用水定额为 6~12L/次·人，本项目取 9L/次·人；住院患者（设单独卫生间）用水定额为 220~320L/日·床位，本项目取 270L/日·床位；治疗区医护人员用水定额为（130~200L/班·人），本项目取 165L/班·人；检查区医护人员用水定额为（60~80L/班·人），本项目取 70L/班·人。另废水排放系数取 0.80。

表 9-4 核医学科废水排放汇总表

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/ 肾图	8.04d	排泄、清洗	9	7.2	15	108	27
¹³¹ I (甲亢)	8.04d	排泄、清洗	9	7.2	10	72	18
^{99m} Tc 显像 检查	6.02h	排泄、清洗	9	7.2	44	316.8	79.2
¹³¹ I (甲癌)	8.04d	排泄、清洗	270	216	8	1728	432
总计						2224.8	556.2
辐射工作人员							
¹³¹ I (甲吸/肾图)			80	80	1	56	14

^{131}I （甲亢）	80	80	1	56	14
^{32}P （自制敷贴器）	0.5	0.4	1	0.4	0.1
^{131}I （甲癌）	200	160	2	264	66
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 淋洗、标记、质控、分装	80	80	3	168	42
总计				544.4	136.1

注：敷贴器和籽源实际为密封源，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 556.2m^3 ，医护人员产生废水 136.1m^3 ，共计 692.3m^3 。

放射性固体废物：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，产生量约 $50\text{g}/(\text{d}\cdot\text{人}\cdot\text{次})$ ，本项目核医学科门诊区总计每天最多患者人数 77 人，每年最多患者人数约 19500 人，则每天放射性废物产生量约 $3.85\text{kg}/\text{d}$ ，年产生量约 $975\text{kg}/\text{a}$ 。

本项目甲癌治疗区住院患者每周 8 人，每年 400 人，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 $50\text{g}/(\text{d}\cdot\text{人}\cdot\text{次})$ ，年产生量约 $20\text{kg}/\text{a}$ 。住院患者每天还会产生生活垃圾，产生量约 $0.5\text{kg}/\text{d}\cdot\text{人}$ ，总计每周患者人数 8 人，甲癌患者每周住院 5 天，年产生量约 $200\text{kg}/\text{a}$ 。

废气排风口设置有中效及高效过滤器，共 10 个排口，建设单位将每半年进行校正和更换，产生量约 $800\text{kg}/\text{a}$ ；此外还有使用的钼铯发生器，产生量约 $40\text{kg}/\text{a}$ 。

综上所述，本项目运行后每年将产生 2035kg 的放射性固体废物。

放射源：

核医学科门诊区内使用的 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 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，会产生退役的放射源。

3.噪声影响

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			
1.工作场所布局			
核医学科门诊区总建筑面积约 1200m ² ，从东北至西南依次包括门诊治疗及检查区域、 ^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域。			
门诊治疗及检查区域设计有甲吸给药室、功能检查室、储源间 1、分装注射准备室 1 及卫生通过间、电动分装控制室、敷贴室、甲亢给药室及留观室、⁸⁹Sr 给药室及留观室、固废间 1、保洁室 1、抢救室 1 及相应走廊。^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域设计有留样间、灭菌间、一更二更室、污洗检测区、缓冲间、理化实验室、淋洗间、标记间、污物间、拆包间及相应走廊。SPECT-CT 显像检查区域设计有宣教/病史采集室、储源间 2、给药室、分装注射准备室 2 及卫生通过间、固废间 2 和 3、肺通气室、运动负荷室、抢救室 2、注射后候诊室 1 和 2 及卫生间、留观室及卫生间、保洁室 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2 及其设备间和共用控制室、患者走廊。 甲癌治疗区总建筑面积约 500m²，设计有患者入口、储源间、服药室、分装准备室及卫生通过间、分装电控室、抢救室、洁净被服间、备餐间、保洁室、污染被服间、固废间、核素病房 1-4 及其卫生间、患者走廊、出院检测；配套使用的辅助用房有医生办公室、护士台、男值班室兼更衣室、女值班室兼更衣室、男卫生间、女卫生间、医生走廊、排风机房、强/弱电间。			
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。	核医学科门诊区位于 6 号楼内，甲癌治疗区为单独的 6 号楼附楼，楼内及 50m 范围内均无长期居留人群；与非放射性区域相通的地方均设置有防护门与实体墙体屏蔽措施，其防护门拟设置门禁，设置有单独的人员物流通道，无关人员无法进入。	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，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区较为集中，均处于整个院区的西南侧，远离门诊、急诊、医技楼等人流量较	满足

		大的区域，不靠近产科、儿科、食堂等部门；核医学科门诊区、甲癌治疗区附近均有单独院区的出、入口，与其他普通患者出入口距离较远。核医学科门诊区也设有独立的患者出口，避免与普通患者过多接触。与非放射性工作场所有明确的分界隔离。	
	核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑	本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区均设有独立的通排风系统，排风、新风、手套箱、病房均设置独立的排风管道。风向气流监督区流向控制区，每个区域之间压差在-5Pa到-10Pa，保证工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。所有放射性区域排风管道通过排风井引至相应楼顶，排风口做中效和高效过滤器过滤处置后排放。	满足
	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门诊区（6号楼内）及甲癌治疗区（6号楼附楼），住院与门诊场所严格分开；本项目控制区集中，不分散，高活室集中在各区域的一端；本项目储源间及固废间在满足需求的同时，存放范围较小；本项目设置有4间病房8张病床，病房门上均安装有门禁，限制给药后患者只能在病房内休息。	满足
布局	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。	本项目运药均在营业之前，废物运出均在患者、医护人员离开之后，药物运进与废物运出路径不交叉的同时，在时间上能够和人流实现分流，且运送通道短捷。就诊患者与医生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，药物与废物路径不交叉，人流与物流能实现时间隔离。	满足
	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。	本项目场所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；本项目配套设施齐全，控制区内设有给药患者的专用卫生间，拟为本项目辐射工作人员及患者配备必要的防护用品；放射性药物给药器有适当的屏蔽，在SPECT-CT区域注射后休息室内及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；在各分装/注射准备室的出口均设计有卫生通过间，可进行污染检测；在甲癌治疗出口设计有出院检测，患者检测达标后才可出院。	满足

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)及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)设计要求,选址及布局合理。

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:

表10-2 本项目核医学科“两区”划分一览表

控制区	监督区	备注
门诊治疗及检查区域:功能检查室、甲吸给药室、分装/注射准备室1、储源间1、敷贴室、电动分装控制室、甲亢给药室、^{89}Sr给药室、固废间1、保洁室1、抢救室1、^{89}Sr留观室、甲亢留观室、患者走廊; $^{99\text{m}}\text{Tc}$淋洗标记及理化实验室区域:灭菌间、留样间、理化实验室、淋洗间、标记室、拆包间、污物间; SPECT-CT显像检查区:分装/注射准备室2、储源间2、走廊、固废间2、肺通气给药室、给药室、运动负荷室、抢救室2、注射后候检室1和2、SPECT-CT检查室1和2、留观室、保洁室2、污物间、固废间3; 甲癌治疗区:分装准备室、储源间、卫生通过间、服药室、保洁室、污物被服间、固废间、抢救室、4间核素病房及配套卫生间、患者走廊; 衰变池。	门诊治疗及检查区:卫生通过间、患者出口走廊; $^{99\text{m}}\text{Tc}$淋洗标记及理化实验室区域医生走廊、一更、二更、污洗检测、缓冲间; SPECT-CT显像检查区:卫生通过间、患者入口走廊、病史采集/宣教室、缓冲间、SPECT-CT控制室、2间SPECT-CT设备间; 甲癌治疗区:患者入口、电动分装控制室、医生走廊、洁净被服间、备餐间、出院检测区。	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定期检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、工作场所污染防治措施

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 10-3；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 10-4 和表 10-5。

表 10-3 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 10-4 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	^{99}Mo 、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y	100
B	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	1

表10-5 不同操作性质的修正因子

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

按照表 10-3~10-5，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-6。

表10-6 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
门诊治疗及检查区						
分装/注射准备室 1	^{131}I	4.07E+09			4.07E+05	I
	^{32}P	1.85E+09			1.85E+05	
	^{89}Sr	4.44E+08			4.44E+04	
储源间 1	^{131}I	4.07E+09			4.07E+03	II
	^{32}P	1.85E+09			1.85E+03	
	^{89}Sr	4.44E+08			4.44E+02	
敷贴室	^{32}P	3.64E+08			3.70E+04	II
甲吸给药室	^{131}I	1.85E+05			5.55E+02	II
功能检查室	^{131}I	1.85E+05			5.55E+01	II
甲亢给药室	^{131}I	4.07E+08			4.07E+04	II
甲亢留观室	^{131}I	8.14E+08			4.07E+03	II
^{89}Sr 给药室	^{89}Sr	1.48E+08			1.48E+04	II
^{89}Sr 留观室	^{89}Sr	1.48E+08			1.48E+03	II

固废间 1	¹³¹ I	4.07E+09		4.07E+04	II
	³² P	1.85E+09		1.85E+04	
	⁸⁹ Sr	4.44E+08		4.44E+03	
抢救室 1	¹³¹ I	4.07E+08		4.07E+04	II
	³² P	3.70E+08		3.70E+04	
	⁸⁹ Sr	1.48E+08		1.48E+04	
^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区					
拆包间	⁹⁹ Mo	1.85E+11		1.85E+04	II
淋洗间	⁹⁹ Mo	1.85E+11		1.85E+06	I
	^{99m} Tc	1.67E+10		1.67E+04	
标记室	^{99m} Tc	1.67E+10		1.67E+04	II
污物间	^{99m} Tc	1.67E+10		1.67E+03	II
理化实验室	^{99m} Tc	3.70E+07		3.70E+01	III
灭菌间	^{99m} Tc	3.70E+07		3.70E+01	III
留样间	^{99m} Tc	3.70E+07		3.70E+01	III
SPECT-CT 显像检查区					
分装/注射准备室 2	^{99m} Tc	4.74E+10		4.74E+04	II
储源间 2	^{99m} Tc	4.74E+10		4.74E+02	II
固废间 2 和 3	^{99m} Tc	4.74E+10		4.74E+03	II
肺通气给药室	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+02	II
给药室	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+02	II
运动负荷室	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+01	III
抢救室 2	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+02	II
注射后候检室 1 和 2	^{99m} Tc	1.48E+09		1.11E+02	II
SPECT-CT 检查室 1 和 2	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+01	III
留观室	^{99m} Tc	3.70E+08		3.70E+01	III
甲癌治疗区					
储源间	¹³¹ I	2.22E+10		2.22E+04	II
分装准备室	¹³¹ I	2.22E+10		2.22E+06	I
服药室	¹³¹ I	5.55E+09		5.55E+05	I
抢救室	¹³¹ I	5.55E+09		5.55E+05	I
固废间	¹³¹ I	2.22E+10		2.22E+05	I
污染被服间	¹³¹ I	2.22E+10		2.22E+05	I
各核素病房	¹³¹ I	1.11E+10		1.11E+06	I

根据表 10-6 计算结果,可以得出不同级别工作场所室内防护要求,见表 10-7。

表 10-7 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	门诊治疗及检查区：分装/注射准备室 1； ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区：淋洗间； 甲癌治疗区：分装准备室、服药室、抢救室、固废间、污染被服间、核素病房 1~4	门诊治疗及检查区：敷贴室、甲吸给药室、功能检查室、甲亢给药室、甲亢留观室、 ^{89}Sr 给药室、 ^{89}Sr 留观室、固废间 1、抢救室 1； ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区：拆包间、标记室、污物间；SPECT-CT 显像检查区：分装/注射准备室 2、储源间 2、固废间 2 和 3、肺通气给药室、给药室、注射后候检室 1 和 2、抢救室 2、污物间；甲癌治疗区：储源间	^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区：理化实验室、灭菌间、留样间； SPECT-CT 显像检查区：运动负荷室、 SPECT-CT 检查室 1 和 2、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

本项目核医学科门诊区根据场所不同功能情况采用 120mm 或 240mm 实心砖建成墙体，墙体建成后涂抹 40mm 硫酸钡防护涂层；楼顶为 180mm 混凝土，在此基础上涂抹 50mm 或不涂硫酸钡防护涂层；地面楼板为 120mm 混凝土，在此基础上涂抹 30mm、15mm 或不涂硫酸钡防护涂层。

甲癌治疗区辐射工作场所采用 300mm 或 450mm 混凝土建成墙体，墙体建成后涂抹 40mm 硫酸钡防护涂层；楼顶为 400mm 混凝土；地下为土质层，底板为钢筋混凝土底板。

2.2 操作过程的防护措施

①放射性药品、自行制备和分装的药品的操作防护

本项目 ^{32}P 均外购而得， ^{32}P 敷贴器由辐射工作人员在手套箱内制作完成，辐射工作人员在制作 ^{32}P 敷贴器时应该做好个人防护，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。制作完成后辐射工作人员对患者进行治疗，敷贴室设置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铅收集桶内，一天的工作结束后需及时分类集中放置于固废间 1。

^{99m}Tc 药物一部分外购，一部分淋洗制备。 ^{99m}Tc 药物分药采用人工分药， ^{99m}Tc 的制备采用发生器淋洗制得，淋洗和标记过程是在淋洗间和标记间的手套箱中进行，医院同时会将淋洗标记的药物送入理化实验室进行质控实验。医生在进行核素药品的淋洗、质控及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，将储源间药物储存罐（内有放射性药品）或钼锝发生器移至手套箱内，进行分药或淋洗操作。操作侧下方设两个活动式铅门，作为两个操作口，医生通过此操作口进行操作。分药操作台表面均为瓷砖贴面，分药及淋洗时药品、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。

分药完成后辐射工作人员对患者进行静脉注射，操作台和给药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铅收集桶内，一天的工作结束后需及时分类集中放置于固废间 2 和固废间 3。

②放射性药品的操作防护

本项目使用的 ^{131}I 均为外购而得：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，并由供应单位指定专人负责运送至对应储源间内。本项目 ^{131}I 核素的分装操作均采用远程分装：辐射工作人员穿好防护服，佩戴好个人剂量计后，将装有核素药品的铅罐放置到自动分碘仪内，在电动分装控制室内远程操控自动分药装置进行药物分装。辐射工作人员当天按计划对患者用药，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。

甲吸/肾图、甲亢药物分装后送至各服药室，指导患者服药，甲吸/肾图而后进行功能性检查，甲亢患者进入留观室内进行留观，该过程中辐射工作人员应穿戴好辐射防护用品，佩戴好个人剂量计。

甲癌治疗区域的辐射工作人员于分装电控室内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，患者请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，患者请把用过的杯子、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相应储源间，并置于储源间放置于保险柜的大铅罐内。每个储源间设有红外报警仪，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。

各储源间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。

评价要求：

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各储源间要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员不准许进入；

③储放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医院需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。

④对服药和注射后患者防护措施

针对住院用药患者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甲癌治疗区；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；针对患者住院期间有探视者进入病房的情况，需经管理人员同意并登记，探视前需提前告知辐射可能带来的危害性，探视期间严格控制探视时间（不大于15min）及与患者之间的距离，并采取必要的辐射屏蔽措施，如穿着铅服或设置隔离铅屏风等。

针对不用住院患者，服药短暂观察后可直接出院。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辐射工作场所。

⑤表面污染控制措施

为保证非密封源工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护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。

2.3 辐射安全与防护措施

（1）警告标志及设施：控制区的入口拟设置电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处拟设置标明监督区的标志；铅废物桶表面、手套箱表面拟设置电离辐射警告标志，警告无关人员不要靠近和逗留；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。

(2) 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，SPECT-CT 区域注射后休息室、核素病房的床位旁拟设置铅屏风等屏蔽体，以减少患者与患者之间的叠加剂量。

(3) 监测仪器：核医学科拟配备表面沾污监测仪、固定式辐射剂量监测仪及 X- γ 辐射剂量率监测仪，所有新增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，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。

(4) 防盗装置：所有储源间内拟设专门贮存放射性物质的药物储存罐和保险柜，贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。储源间另设有红外报警仪，对其进行 24 小时监控，拟设置双人双锁及防盗装置。

(5) 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门禁系统，防止无关人员进入。

(6) 视频监控和对讲装置：辐射工作场所拟设置视频监控，控制区内拟设置对讲装置，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。

(7) SPECT-CT 检查室

医院拟在 2 间检查室设置如下辐射防护措施：所有防护门外顶部设置工作状态指示灯箱，防护门要与工作状态显示联锁；拟在平开机房门位置设置自动闭门装置；拟在电动推拉门位置设置防夹装置；拟在机房与其控制室内设置对讲装置；拟在控制区出入口处醒目位置张贴电离辐射警告标志及中文警示标志；在监督区出入口外设置警戒线并张贴中文警示标志；拟为患者配置防护用品。

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

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，排风、新风、手套箱、核素病房均设置独立的排风管道。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。对于裸露在外的排风管道的防护，在需要低铅当量防护的位置直接采用铅板包裹，在需要高铅当量防护的位置则在风管外侧用5#角钢做外骨架后包裹铅板，并用角钢联结天棚楼板或梁柱支撑固定。

具体排风措施如下表所示。

表10-9 本项目核医学科工作场所排风措施一览表

排风管道连接场工作场所	排风量、排风机编号	排风措施
门诊治疗及检查区		手套箱顶壁安装活性炭或其他过滤装置。 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，避免废气倒灌和泄漏。风向气流监督区流向控制区，每个区域之间压差在-5Pa到-10Pa，保证工作场所内的空气从低活度区域流向高活度区域。完全洁净区采用单独管道。 所有排风管道均设置有两级过滤装置，其中一级安装中效过滤器，二级安装高效过滤器，保守预计总的过滤效率大于90% （高效过滤器按照《高效空气过滤器》（GB/T 13554-2020）过滤
甲吸检查室、功能检查室、甲亢给药室、 ⁸⁹ Sr给药室、固废间、保洁室、抢救室、甲亢留观室、 ⁸⁹ Sr留观室、患者走廊、敷贴室、卫生通过间	3500m ³ /h EA(5)-RF/1-33	
手套箱	500m ³ /h EA(5)-RF/1-53	
储源间、分装/注射准备室、电动分装控制室	1000m ³ /h EA(5)-RF/1-62	
^{99m} Tc淋洗标记及理化实验室区		
手套箱	500m ³ /h EA(5)-RF/1-48	
净化区域手套箱	3000m ³ /h EA(5)-RF/1-12	
缓冲间、一更区、二更区、污洗检测区、标记室、淋洗间、拆包间、污物间	5500m ³ /h EA(5)-RF/1-26	

理化实验室、灭菌间、留样间	1000m ³ /h EA(5)-RF/1-49	效果应大于99%)。 核医学科门诊区放射性区域排风管道通过排风井引至6号楼楼顶(5层,楼高31.8m),排风口做高效活性炭过滤处置后排放,楼顶排风口安装大功率排风机,排风高度距地约为33.8m,排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标。 甲癌治疗区排气口放射性区域排风管道通过排风井引至6号楼附楼楼顶(1层,楼高5.5m),排风口做高效活性炭过滤处置后排放,楼顶排风口安装大功率排风机,排风高度距地约为8.0m,排口朝向院区西侧荒地,不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标。 所有排口拟设置取样、采样平台,便于日常的环境监测。
SPECT-CT显像检查区		
卫生通过间、分装/注射准备室、肺通气给药室、给药室、患者走廊、运动负荷室、抢救室、注射后候检室1和2、保洁室	5700m ³ /h EA(5)-RF/1-25	
储源间、固废间1、SPECT-CT检查室1和2、留观室、固废间2	1100m ³ /h EA(5)-RF/1-64	
手套箱	500m ³ /h EA(5)-RF/1-63	
甲癌治疗区		
手套箱	800m ³ /h EA-HS-RF-1	
储源间、分装准备室、卫生通过间	1500m ³ /h EA-HS-RF-2	
抢救室、走道、服药室	1300m ³ /h EA-HS-RF-3	
核素病房1~4	2500m ³ /h EA-HS-RF-4	
污染被服间、固废间	1300m ³ /h EA-HS-RF-5	

1、中效空气过滤器

中效过滤器中滤料特殊的结构,使滤床孔隙率很快形成上下大小的梯度密度,使过滤器滤速快、截污量大、易反复冲洗,通过特殊的设计,使加药、混合、絮凝、过滤等过程在一个反应器内进行,使设备能有效除去空气中悬浮颗粒。在空气过滤中属F系列过滤器,F系列中效空气过滤器分袋式和非袋式两种,其中袋式包括F5、F6、F7、F8、F9,F9过滤效率能够达到99%。

2、高效空气过滤器(HEPA)

高效空气过滤器,是指达到HEPA标准的过滤网,由非常细小的有机纤维交织而成,对于0.1 μ m和0.3 μ m的有效过滤率达到99%,前置高效空气过滤器的作用主要是用于去除空气中的灰尘、气溶胶以及细菌等。

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。

中效空气过滤器与高效空气过滤器的过滤使用寿命一般为8~12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,且更换下的过滤器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。本项目衰变池位于甲癌治疗区的东北侧土质层内,上方为绿化,拟建位置避开人群集中活动区域,并将池体埋入地下,下水管道均位于地下,没有外露,下水管采用耐酸防腐材料,且管外径用6mm铅皮包裹,尽量减小对公众的辐射影响。

衰
放
可
性
排
时

变池使用体积为 $245\text{m}^3 \times 2 = 490\text{m}^3$,因此衰变池完全能够满足本项目核医学科 ^{131}I 核素排水周期内的容纳需求。

积
0.
应
射
需

变池完全能够满足本项目核医学科 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素排水周期内的容纳需求。

放射性废水衰变池拟设废水取样口和检修口,排放前应对放射性废水进行取

容
水
员
放
前
衰

样监测，监测结果符合排放标准后方可排放。建设单位应根据监测数据，结合废水在衰变池中的储存周期，制定排水计划，按照计划定期将废水排放至院区污水处理站进一步处理达标后纳入专用排污管道。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。

根据设计，本项目核医学科放射性废水通过地下的下水管道进入衰变池进行衰变，废水管道排布方式可见附图10、附图16。本项目衰变池均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400mm，底板厚300mm，池与池之间隔板厚300mm，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。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 $\phi 800$ 带箍现浇混凝土C30预制盖板3层，每层100mm厚，预埋提升挂钩以及 $\phi 700$ 铸铁箍，下井口预埋 $\phi 1040$ 铸铁箍，设有止水条，井盖密封，防止雨水灌入池体。并从衰变池中间向各侧找坡，中间高于各侧，防止雨水长期停留在衰变池顶部。具体衰变池设计可见附图18-1。

运行方式：2座3级衰变池均交替使用，以1号衰变池为例，放射性废水首先进入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3级衰变池废液注满前，对1级衰变池废液进行取样监测，经确认后通过排放池排至医院污水处理系统，若检测不达标继续衰变直至检测合格后经排放池排至医院的污水处理系统，作为普通医疗废水处理。所有监测达标后的废水通过提升泵将废水经医院污水管网导入综合污水处理站，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第二污水处理厂处理达标后排入泊滩堰，最终汇入岷江。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）针对液态放射性废物的管理提出如下要求：①所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放；所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过

10倍最长半衰期（含 ^{131}I 核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 β 不大于10Bq/L、 ^{131}I 的放射性活度浓度不大于10Bq/L。②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。③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拦挡。

3.放射性固废

3.1放射性固废处理措施

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、废气排风口设置有中效、高效过滤器更换下的过滤装置以及废钼铱发生器等。本项目辐射工作场所的房内均拟设置放射性固废收集桶，用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入放射性废物暂存库内的铅废物桶进行暂存衰变。废气排风口设置的活性炭过滤器更换下的活性炭作为放射性固废处理。废钼铱发生器及其包装由资质单位回收处理。本次要求建设单位将定期更换的中效过滤器、高效过滤器作为放射性固废进行收集处理。

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放射性废物暂存间贮存。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。

3.2 贮存能力分析

本项目一年产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶总计重量达到 995kg。医疗废物密度按照国家统计结果平均值是 $488.85\text{kg}/\text{m}^3$ ，考虑到器皿体积等附加因素，保守按照平均密度 $1\times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ 对于医疗固废进行统计，则每年医疗固废体积约为 0.995m^3 。另外考虑到换下的过滤器同样在放射性废物暂存库贮存，颗粒柱状密度一般都在 $0.45\times 10^3\text{kg}/\text{m}^3\sim 0.65\times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，则预计本项目每年产生的废弃过滤器达到 800kg，体积为 1.78m^3 。而本项目用于集中贮存放射性废物的总计容量为 95m^3 。本项目半衰期最长的核素为 ^{89}Sr （50.5d，用量极小），按照固废贮存 505 天，505 天后所产生的放射性固废约 3.84m^3 ，本项目废物贮存室体积完全能够满足贮存周期内存放的固废量。

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，会产生退役的放射源，退役放射源由原厂家回收处置。

（五）噪声影响

本项目核医学科场所、射线装置、后装机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。

（六）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 5000 万元，其中环保投资 671.7 万元，占总投资约 13.43%。

表 10-10 本项目环保投资一览表

项目	环保措施	投资（万元）
辐射屏蔽措施	房间隔断、防护工程、表面装修，衰变池修建	
	各分装注射室带屏蔽效果手套箱	
	各分装注射室带屏蔽效果注射窗	
	储源间药物储存罐	
	放射性废物暂存库铅废物桶若干	
	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	
	两级过滤装置	
安全措施	储源间保险柜	
	储源间的红外报警仪和防盗装置	
	固定式辐射监测仪报警系统	
	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 检查室门灯联锁 4 套	
	SPECT-CT 检查室闭门装置 2 套	
	SPECT-CT 检查室防夹装置 2 套	
	SPECT-CT 急停按钮 4 个	
	机身和操作台自带 1 个急停开关	
	灭火装置若干	
	去污用品	
人员防护用品	15mmPb 铅屏风 4 块；5mmPb 铅屏风 4 块	
	规章制度上墙	
	患者防护用品：每个区域各 3 套	
监测用品	医护人员防护用品 11 套	
	β表面沾污仪 2 台	
	个人剂量报警仪 11 个	
监测用品	足够个人剂量计	
	便携式 X-γ剂量监测仪 2 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		671.7

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目所在建筑为正在建设中的门诊大楼，所在院区环评已获得《关于乐山市高新区医院建设项目环境影响报告书的审批意见》（乐市环审〔2022〕32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污水进入建设单位原有的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。其中生活垃圾约 5kg/d。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机房内进行,经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。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

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
^{99}Mo	β^- (100%)		
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	IT (100%)		
^{131}I	β^- (100%)		
^{89}Sr	β^- (100%)		
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器	β^- (100%)		
^{32}P	β^- (100%)		

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 发生 γ 衰变时放出单纯的 γ 射线。

2.本项目 β 射线辐射影响分析

本项目使用的 ^{89}Sr 、 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ 敷贴器及 ^{32}P 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。



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)
⁸⁹ Sr			空气	656
			有机玻璃	0.614
			混凝土	0.362
			铅	0.107
⁹⁹ Mo			空气	532
			有机玻璃	0.496
			混凝土	0.294
			铅	0.0885
¹³¹ I			空气	212
			有机玻璃	0.196
			混凝土	0.117
			铅	0.0374
⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y 敷贴器			空气	189/1140
			有机玻璃	0.174/1.08
			混凝土	0.104/0.634
			铅	0.0335/0.178
³² P			空气	779
			有机玻璃	0.732
			混凝土	0.422
			铅	0.126

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。

3.本项目 γ 射线辐射影响分析

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 $\mu\text{Sv/h}$;

A——辐射源活度 (Bq) ;

Γ ——辐射源裸源周围剂量当量率常数($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), 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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$), 参考《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020) 附录 L 中表 L.1; 其他核素参数参考《辐射安全手册》(潘自强主编);

r—辐射源到关注点的距离 (m) ;

η —透射比, 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。

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	单个患者配药活度 A (MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	裸源 $A\times\Gamma$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$	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 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	患者体内 $A\times\Gamma$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (质控)	37	0.0303	1.12	/	/
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (肺通气)	370	0.0303	1.12E+01	0.0207	7.66
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 诊断显像	1110	0.0303	3.36E+01	0.0207	2.30E+01
^{131}I (甲吸/肾图)	0.37	0.0595	2.20E-02	0.0583	2.16E-02
^{131}I (甲亢)	407	0.0595	2.42E+01	0.0583	2.37E+01
^{131}I (甲癌)	5550	0.0595	3.30E+02	0.0583	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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	裸源 $A\times\Gamma$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)	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	患者体内 $A\times\Gamma$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)
----	---------	--	--	--------------------------------	--

				($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 质控	37	0.0303	1.12	/	/
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 肺通气	740	0.0303	2.24E+01	0.0207	1.53E+01
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (诊断显像)	46620	0.0303	1.41E+03	0.0207	9.65E+02
^{131}I (甲吸/肾图)	5.55	0.0303	1.68E-01	0.0207	1.15E-01
^{131}I (甲亢)	4070	0.0595	2.42E+02	0.0583	2.37E+02
^{131}I (甲癌)	22200	0.0595	1.32E+03	0.0583	1.29E+03

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)	硫酸钡水泥 (3.2g/cm ³)	铅 (11.35g/cm ³)
	TVL	TVL	TVL	TVL
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	110mm	160mm	45mm	1mm
^{131}I	170mm	240mm	85mm	11mm

表11-6 本项目屏蔽材料透射比计算结果

材质及厚度	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{131}I
120mm 实心砖墙	1.78E-01	3.16E-01
240mm 实心砖墙	3.16E-02	1.00E-01
15mm 硫酸钡防护涂层	4.64E-01	6.66E-01
30mm 硫酸钡防护涂层	2.15E-01	4.44E-01
40mm 硫酸钡防护涂层	1.29E-01	3.38E-01
50mm 硫酸钡防护涂层	7.74E-02	2.58E-01
120mm 混凝土	8.11E-02	1.97E-01
180mm 混凝土	2.31E-02	8.73E-02
300mm 混凝土	1.87E-03	1.72E-02
400mm 混凝土	2.31E-04	4.44E-03
450mm 混凝土	8.11E-05	2.25E-03
0.5mm 铅	3.16E-01	9.01E-01
1mm 铅	1.00E-01	8.11E-01
3mm 铅	1.00E-03	5.34E-01
4mm 铅	1.00E-04	4.33E-01
5mm 铅	1.00E-05	3.51E-01
10mm 铅	1.00E-10	1.23E-01
15mm 铅	1.00E-15	4.33E-02
20mm 铅	1.00E-20	1.52E-02
30mm 铅	1.00E-30	1.87E-03
40mm 铅	1.00E-40	2.31E-04
50mm 铅	1.00E-50	2.85E-05

由于本项目运营过程中核素药物采用当日运输当日使用的原则，其中 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 每

日淋洗量为500mCi，剩余^{99m}Tc药物外购。故储源间内贮存辐射源的铅罐表面最大周围剂量当量率计算结果见表11-7。

表11-7 储源间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 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	铅罐厚度 (mm)	铅罐透射比	铅罐表面周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)
^{99m} Tc 淋洗、标记间	^{99m} Tc	18500	0.0303	10	1.00E-10	2.24E-07
SPECT-CT 显像检查区储源间	^{99m} Tc	47360	0.0303	10	1.00E-10	5.74E-07
门诊治疗及检查区	¹³¹ I	4075.55	0.0595	40	2.31E-04	2.24E-01
甲癌治疗区储源间	¹³¹ I	22200	0.0595	50	2.85E-05	1.51E-01

注：距铅罐表面0.5m。

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《核医学科防护与安全要求》及国家核安全局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》：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（居留因子 $<1/2$ ）的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于**10 $\mu\text{Sv/h}$** ；放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等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 $\mu\text{Sv/h}$** 。因此本项目参考以上周围剂量当量率要求进行校核屏蔽条件是否满足。

选取场所区域重要的房间对其门、墙、窗、楼下、楼上进行评价，针对一个房间，选取屏蔽最薄、距离最近对周围影响最大的位置进行计算。甲癌治疗区病房对周围环境的影响进行叠加计算：针对核素病房3和核素病房4楼上、门外、墙外周围剂量率采取4名¹³¹I患者体内，医生查房位置、核素病房1墙外采取2名¹³¹I患者体内，病人与病人之间均拟设置15mm铅屏风。SPECT-CT显像检查区注射后候检室及留观室均采用3名^{99m}Tc患者体内。经过计算，本项目辐射工作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。

4.SPECT-CT 显像检查区 X 射线辐射影响分析

计算条件

评估参数选取

院方拟在 2 间 SPECT-CT 检查室内各安装使用 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，预计本项目 SPECT-CT 评价工况为 100kV，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 检查室内射线装置距离机头 1m 处空气比释动能率，见表 11-9。

表11-9 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）
SPECT-CT检查室1、2内 SPECT-CT	7.5	600	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：X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射，当其在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，1小时内任一100cm²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”，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

铅及混凝土的透射因子计算公式采用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的公式C.1，泄漏射线、散射线的相应参数根据NCRP147号表A.1中100kV下对应的数值



	7
	3
	4
	1

硫酸钡防护涂层的透射因子采用十值层折算，十值层取值采用《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）P64 表 3.5，100kV 钡水泥的十值层为 7。

表 11-11 各机房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	对散射线的透射因子	对主/泄漏射线的透射因子
SPECT-CT 检查室	四面墙体	240mm 实心砖墙+40mm 硫酸钡水泥涂层	2.86E-10	1.90E-10
	楼顶	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥涂层	/	3.89E-08
	楼下	180mm 混凝土+50mm 硫酸钡水泥涂层	/	4.43E-12
	防护门/观察窗	5mmPb	4.19E-07	2.78E-07
	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，保守对于利用因子取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。

计算公式

(1) 主射线辐射影响计算公式

$$D_{\text{主}} = \frac{A \cdot \Gamma \cdot t}{r^2} \cdot U \cdot F \cdot 10^{-4} \quad (11-1)$$

(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:

的工

(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:

产生

漏射线

由于2间SPECT-CT检查室对症,因此只计算SPECT-CT检查室2周围剂量当量

率，根据上述公式计算各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。

表11-12 本项目SPECT-CT检查室屏蔽体外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	主射线方向(墙体)	3.2	240mm实心砖墙+40mm硫酸钡水泥涂层+0.85mmPb	$2.17\text{E-}12$	1	$9.46\text{E-}05$
2	主射线方向(人员门)	5.2	5mmPb+0.85mmPb	$4.45\text{E-}10$	1	$5.24\text{E-}02$
4	主射线方向(控制间门)	5.4	5mmPb+0.85mmPb	$3.18\text{E-}09$	1	$4.86\text{E-}02$
5	主射线方向(观察窗)	3.8	5mmPb+0.85mmPb	$3.18\text{E-}09$	1	$9.81\text{E-}02$
7	主射线方向(楼上)	4.5	120mm混凝土+30mm硫酸钡水泥涂层+0.85mmPb	$3.18\text{E-}09$	1	$7.00\text{E-}02$
8	主射线方向(楼下)	4.5	180mm混凝土+50mm硫酸钡水泥涂层+0.85mmPb	$4.43\text{E-}12$	1	$9.76\text{E-}05$
3	泄漏射线方向(东北侧墙体)	5.5	240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡水泥涂层	$1.90\text{E-}10$	1	$5.49\text{E-}06$
	散射射线方向(东北侧墙体)	5.5	240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡水泥涂层	$2.86\text{E-}10$	1	
6	泄漏射线方向(西南侧墙体)	3.3	240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡水泥涂层	$1.90\text{E-}10$	1	$1.53\text{E-}05$
	散射射线方向(西南侧墙体)	3.3	240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡水泥涂层	$2.86\text{E-}10$	1	

2间SPECT-CT检查室周围剂量当量率叠加影响分析:

2间SPECT-CT检查室需对其进行X射线和 γ 射线影响叠加分析，叠加分析的点位有患者走廊、控制室及楼上楼下。由于是2间检查室，因此考虑2间检查室之间的互相影响，保守取各自2倍结果进行叠加。

表11-13 本项目SPECT-CT检查室X射线和 γ 射线影响叠加分析结果

叠加点位	X射线($\mu\text{Sv/h}$)	γ 射线($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量($\mu\text{Sv/h}$)
患者走廊	$5.24\text{E-}02*2$	$1.24\text{E-}05*2$	$1.05\text{E-}01$

控制室	9.81E-02*2	8.62E-03*2	2.13E-01
楼上	7.00E-02*2	4.35E-02*2	2.27E-01
楼下	9.76E-05*2	2.03E-02*2	4.08E-02

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。

5.本项目韧致辐射影响分析

本项目敷贴源 ^{90}Sr 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。经过计算,考虑韧致辐射后屏蔽体外周围剂量当量率仍满足本项目管理目标。

6.年有效剂量分析

1) .辐射影响时间

表 11-16 职业受照射 γ 射线时间核算表

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/肾图医师/护师	1名	分装 (电动分装控制室)	2	3750	125.0
		给药	1	3750	62.5
		检查	5	3750	312.5
甲亢医师/护师	1名	分装 (电动分装控制室)	2	2500	83.3
		给药	1	2500	41.7
^{89}Sr 医师/护师	1名	分装	2	750	25.0
		给药	1	750	12.5
^{32}P 敷贴医师/护师	1名	制备	5	1250	104.2
		治疗	5	1250	104.2
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 医师/护师	1名	淋洗	10	1次/d	41.7
		标记	5	1次/d	20.8
		质控	5	1次/d	20.8
SPCET-CT区域医师/护师1	2名	分装	2	11000	366.7
		给药	1	11000	183.3
SPCET-CT区域医师/护师2	2名	摆位	0.5	5500	45.9
		显像	10	5500	916.65
甲癌护师	1名	分装 (电动分装控制室)	2	400	13.3
		指导患者服药	1	400	6.7

甲癌医生	1名	(电动分装控制室)			
		清洁	10	每年250天	41.7
		查房	5	400	33.3

表 11-17 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)
^{99m}Tc	公众	淋洗、标记、质控	20	1次/d	83.33
		分装、注射/给药	3	11000	550
		摆位	0.5	11000	91.67
		显像	10	11000	1833.33
		注射后等候/留观	5	11000	916.7
^{131}I (甲吸/ 肾图)	公众	分药、给药	3	3750	187.5
		检查	5	3750	312.5
^{131}I (甲亢)	公众	分药、给药	3	2500	125
		留观	5	2500	208.33
^{89}Sr	公众	每日仅3位病人, 仅贮存及分药过程可能受韧致辐射影响 预计分药过程年受影响时间不超过25h 贮存过程年受影响时间预计不超过250h			
^{32}P	公众	每日仅5位病人, 仅贮存及制备过程可能受韧致辐射影响 预计制备过程年受影响时间不超过104.2h 贮存过程年受影响时间预计不超过250h			
^{131}I (甲癌)	公众	服药	1	400	6.70
		住院	一周5天, 一年50周	400	6000

辐射工作人员年有效分析

结合表11-8、表11-13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, 居留因子均取1, 计算结果见表11-14。

表11-18 辐射工作人员年有效剂量一览表

岗位	操作	γ 射线贡献周围 剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	X射线贡献周围 剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	韧致辐射贡献周围剂量 当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年操作 时间 (h)	年有效剂 量 (mSv)
甲吸/肾图 医师/护师	分装 电动分装 控制室	7.67E-04	/	2.21E-04	125	0.026
	给药	1.80E-02	/	4.78E-04	62.5	
	检查	7.77E-02	/	/	312.5	
甲亢医师/ 护师	分装 电动分装 控制室	7.67E-04	/	0.162	83.33	0.056
	给药	4.75E-01	/	0.526	41.67	

⁸⁹ Sr医师/护师	分药	/	/	3.49	25	0.089
	给药		/	0.178	12.5	
³² P敷贴医师/护师	制备	/	/	6.59	104.2	0.82
	治疗	/	/	1.32	104.2	
^{99m} Tc护师	淋洗	1.25E-02	/	/	41.7	0.027
	标记	1.25E-02	/	/	20.8	
	质控	1.25	/	/	20.8	
SPCET-CT区域护师1	分装	1.59E-01	/	/	366.7	0.062
	给药	2.24E-02	/	/	183.3	
SPCET-CT区域护师2	摆位	11.4	/	/	45.9	0.62
	显像	8.62E-03	9.81E-02	/	916.65	
甲癌护师	分装 电动分装 控制室	2.01E-05	5.11E-05	5.11E-05	13.33	0.098
	指导患者 服药 电动分装 控制室	/	/	/	6.67	/
	清洁	2.5	/	/	41.7	0.104
甲癌医生	查房	93.8	/	/	33.33	3.13

注：甲癌服药室距电动分装控制室距离较远，且中间经过多层屏蔽，影响可忽略不计。

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考虑所有叠加情况后所受的年有效剂量最大为**3.13mSv**。

公众年有效剂量分析

结合表11-8和表7-1，对于本项目处于影响最大位置的公众受到的年有效剂量进行统计。针对SPECT-CT检查室楼上楼下的公众，周围剂量当量率取表11-3中的数值。

表11-19 本项目γ射线所致公众年有效剂量估算结果

位置	γ射线贡献 周围剂量当 量率 (μSv/h)	X射线贡献 周围剂量当 量率 (μSv/h)	韧致辐射贡 献周围剂量 当量率 (μSv/h)	受照时间 (h)	居留 因子	年有效剂 量 (mSv)
门诊治疗及检查区						
储源间1楼上（单人间病房）	3.62E-04	/	0.012	250	1	3.09E-03
储源间1楼下（变配电房）	2.41E-04	/	0.012	250	1/40	7.65E-05
分装注射准备室东南侧院区道路	2.96E-03	/	0.062	312.5	1/16	1.27E-03
分装注射室楼上（单人间病房）	3.62E-04	/	0.062	187.5+125	1	1.95E-02
分装注射室楼下（交配电房）	2.41E-04	/	0.062	187.5+125	1/40	4.86E-04
甲亢留观室楼上	1.54E-01	/	/	208.33	1	3.21E-02

(单人间)						
甲亢留观室楼下 (空调换热机房)	1.02E-01	/	/	208.33	1/40	5.31E-04
固废间1楼上(单 人间病房)	1.62E-02	/	/	720	1	1.17E-02
固废间1楼下(空 调换热机房)	1.08E-02	/	/	8640	1/40	2.33E-03
^{99m} Tc 淋洗标记及理化实验室区						
留样间东南侧院区 道路	7.95E-04	/	/	83.33	1/16	4.17E-06
淋洗间楼上(单 人间)	4.49E-06	/	/	83.33	1	3.74E-07
淋洗间楼下(空 调机房)	1.28E-06	/	/	83.33	1/40	2.67E-09
SPECT-CT 显像检查区						
注射后候检室1东 南侧院区道路	8.69E-02	/	/	720	1/16	3.94E-03
注射后候检室1楼 上(休息区、单 人间病房)	1.28E-01	/	/	720	1	9.22E-02
注射后候检室1楼 下(值班室、卫 生间、办公室)	7.86E-02	/	/	720	1/8	7.07E-03
分装注射准备室楼 上(走廊、谈话 间、器械室、被 服库房)	1.24E-05	/	/	550	1/8	8.53E-07
分装注射准备室楼 下(更衣室、办 公室、走廊)	1.27E-06	/	/	550	1/8	8.73E-08
SPECT-CT 检查室 1楼上(更衣室、开 水间、卫生间)	4.35E-02*2	7.00E-02*2	/	720	1/8	2.04E-02
SPECT-CT 检查室 1楼下(试剂储藏 间、准备间、体 外实验室)	2.03E-02*2	9.76E-05*2	/	720	1/8	3.67E-03
固废间3墙外走道	1.14E-01	/	/	720	1/16	5.17E-03
固废间3楼上(VIP 病房)	5.21E-02	/	/	720	1	3.75E-02
固废间3楼下(样 品接收间)	3.19E-02	/	/	8640	1/40	6.89E-03
甲癌治疗区						
核素病房3.4西北 侧院区绿化	15	/	5.11E-05	6000	1/40	4.18E-03
患者走廊东北侧院 区道路	25	/	5.11E-05	6000	1/16	4.33E-02

注：甲癌治疗区楼上为不上人屋面。

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目周围毗邻公众所受的年有效

剂量（ γ 射线贡献）最大为 $9.22\text{E-}02\text{mSv}$ 。

本项目50m范围内的建筑有7号楼会议中心、洗浆中心、地面停车场、双林路、荒地，最近距离本项目为20m，选取表11-8中最大的周围剂量当量率—— $0.75\mu\text{Sv/h}$ 作为计算参考，时间取甲癌治疗区周围公众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： $0.75*6000/20/20/1000=0.011\text{mSv}$ ，2个辐射场所叠加后为 0.022mSv ，仍是满足相关要求。

综上所述，经过所有叠加分析后，本项目辐射工作人员的年有效剂量最大为 3.13mSv ，周围公众的年有效剂量最大为 $9.22\text{E-}02\text{mSv}$ 。因此综合来看，本项目运行后，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。

7、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）、 11mCi （甲亢）、 0.01mCi （甲吸）； 30mCi （ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 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，则出院后患者体外1m处周围剂量当量率随时间变化见表11-20。

表11-20 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	注射完成时/ 甲癌患者住 院5天后	1h	8h	15h	24h
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$2.05\text{E}+01$	$1.83\text{E}+01$	$8.15\text{E}+00$	$3.64\text{E}+00$	$1.29\text{E}+00$
^{131}I （甲吸）	$2.15\text{E-}02$	$2.14\text{E-}02$	$2.09\text{E-}02$	$2.04\text{E-}02$	$1.97\text{E-}02$
^{131}I （甲亢）	$2.36\text{E}+01$	$2.36\text{E}+01$	$2.30\text{E}+01$	$2.24\text{E}+01$	$2.17\text{E}+01$
^{131}I （甲癌）	$2.10\text{E}+02$	$2.10\text{E}+02$	$2.04\text{E}+02$	$1.99\text{E}+02$	$1.93\text{E}+02$

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11-21、表11-22。

表11-21 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
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11-22 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 $> 1\text{m}$	建议不参加
16	≤ 5.7	可以, 但与同伴保持距离 $> 1\text{m}$	参加3天以内的短期 旅游, 但与同伴保持 距离 $> 1\text{m}$
24	≤ 2.8	可以	可以, 但与同伴保持 距离 $> 1\text{m}$
32	≤ 1.4	可以	可以

二、大气环境影响分析

1.放射性废气

本项目使用的核素中只有 ^{131}I 属于易挥发核素, 其余核素均不易挥发, 同时场所内设置有独立的排风系统, 排风管道内设置有两级过滤装置, 一级安装中效过滤器, 二级安装高效过滤器, 总的过滤效率大于90%。

本项目排风风管设计在有辐射防护屏蔽的房间内, 对于穿墙后的风管采用屏蔽补偿措施(与墙体屏蔽相当), 经过防护措施后, 对周围环境的辐射影响较小。

辐射工作人员在手套箱前进行核素操作, 因此对辐射工作人员进行吸入内照

射有效剂量

BR—		人轻体力劳动
时吸入		
t—		
DRF _{inh}		量
核素		D_i^{inh} (mSv)
^{99m} Tc（淋洗标记）		1.07E-08
^{99m} Tc（显像检查）		1.21E-04
¹³¹ I（甲吸/肾图、甲亢）		2.24E-02
⁸⁹ Sr		2.00E-05
³² P		2.96E-04
¹³¹ I（甲癌）		7.79E-03
		3.07E-02

由上表得出，辐射工作人员/周围公众受到的最大内照射所致年有效剂量为**3.07E-02mSv/a。**

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。

三、水环境影响分析

项目运行后，每月排放活度或每一次排放活度不超过按照 GB18871-2002 中 8.6.2 规定的限值要求计算的值，且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗，每次排放应作记录并存档。

表11-24 衰变池上方辐射水平估算结果

参考点位置	源强（Bq）	屏蔽材料及厚度	屏蔽距离（m）	透射比	参考点辐射剂量水平（μSv/h）
衰变池上方	^{99m} Tc (1.42E+10)	400mm混凝土	1.95	1.52E-03	0.514
	¹³¹ I (1.61E+10)	400mm混凝土	2.95	1.50E-02	

由上表估算结果可知，衰变池周围辐射剂量率为 0.514μSv/h，满足不大于 2.5μSv/h 的管理目标限值要求。本项目衰变池四周及下方为土质层，上方为院区绿化，且上方用栅栏包围，让公众无法在此逗留，因此本项目衰变池对周围公众辐

射影响很小。

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，短半衰期核素监测达标（总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ ）后排放至医院污水处理站；本项目 ^{131}I 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”因此存够 ^{131}I 衰变池存够181天后可排放至医院污水处理站。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 衰变池设计废水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，经市政管网排入乐山市第二污水处理厂处理达标后排入泊滩堰，最终汇入岷江。

^{32}P 自制敷贴器制作过程中没有用完的药物送回生产厂家处置，辐射工作人员每日清洗产生的清洗废水0.5L，通过废液桶（每个废液桶体积为20L）收集送至固废间暂存。

综上所述，本项目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、废气排风口设置有中效、高效过滤器更换下的活性炭以及废钼铯发生器等。

表11-25 本项目放射性固废衰变后达标情况分析

核素名称	日产生量(g)	日沾染活度(Bq)	计划存放周期	达到存放周期后活度(Bq)	活度浓度(Bq/g)	豁免活度浓度(Bq/g)	豁免活度(Bq)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$					9.06E-01	1.00E+02	1.00E+07
^{131}I （甲吸/肾图）					1.86E-05	1.00E+02	1.00E+06
^{131}I （甲亢）					1.37E-02	1.00E+02	1.00E+06
^{89}Sr					8.57	1.00E+03	1.00E+06
^{32}P					3.55E+01	1.00E+03	1.00E+05
^{131}I （甲癌）					7.45E-02	1.00E+02	1.00E+06

*本项目放射性固体废物沾染的放射性核素量保守按照操作核素总活度的1‰考虑。

本项目分装注射/准备室、各注射/服药室、各检查室、各留观室、核素病房等涉及施用核素的房间内均拟设置放射性固废收集桶，用于分核素种类收集产生的核素放射性固废，到达一定量时转入固废间内铅废物桶进行暂存衰变，固废间的铅废物桶表面0.3m处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。废气排风口设置的中效、

高效过滤器更换下的过滤装置作为放射性固废处理。废钼铯发生器及其包装由有资质单位回收处理。本次要求建设单位将定期更换下的中效、高效过滤器作为放射性固废进行收集处理。

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。

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。

（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 11-26 中。

表 11-26 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

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-27），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故。

表 11-27 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

四、最大可能性事故分析

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，丢失时内装活度最大为 5 个病人用量；

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 11-28。

表 11-28 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）		150	0.05	55	6000		
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)		4.55	1.49E-03	3.27	3.57E+02		
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	3.79E-02	7.58E-02	2.27E-01	4.55E-01	6.82E-01	9.09E-01
	0.5	1.52E-03	3.03E-03	9.09E-03	1.82E-02	2.73E-02	3.64E-02
	1	3.79E-04	7.58E-04	2.27E-03	4.55E-03	6.82E-03	9.09E-03
	2	9.47E-05	1.89E-04	5.68E-04	1.14E-03	1.70E-03	2.27E-03
¹³¹ I（甲吸）	0.1	2.48E-05	4.96E-05	2.27E-01	2.98E-04	4.46E-04	5.95E-04
	0.5	9.92E-07	1.98E-06	5.95E-06	1.19E-05	1.79E-05	2.38E-05
	1	2.48E-07	4.96E-07	1.49E-06	2.98E-06	4.46E-06	5.95E-06
	2	6.20E-08	1.24E-07	3.72E-07	7.44E-07	1.12E-06	1.49E-06
¹³¹ I（甲亢）	0.1	2.73E-02	5.45E-02	1.49E-04	3.27E-01	4.91E-01	6.55E-01
	0.5	1.09E-03	2.18E-03	6.55E-03	1.31E-02	1.96E-02	2.62E-02
	1	2.73E-04	5.45E-04	1.64E-03	3.27E-03	4.91E-03	6.55E-03
	2	6.82E-05	1.36E-04	4.09E-04	8.18E-04	1.23E-03	1.64E-03
¹³¹ I（甲癌）	0.1	2.98	5.95	1.79E+01	3.57E+01	5.36E+01	7.14E+01
	0.5	1.19E-01	2.38E-01	7.14E-01	1.43	2.14	2.86
	1	2.98E-02	5.95E-02	1.79E-01	3.57E-01	5.36E-01	7.14E-01
	2	7.44E-03	1.49E-02	4.46E-02	8.93E-02	1.34E-01	1.79E-01

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和职业人员的年剂量限值的照射但未达到伤残致死剂量，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。

2.手部沾染剂量

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 ¹³¹I（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 300cm²。

C、假设事故处理时间持续 1min。

②事故后果影响分析



表 11-29 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					60.125

经计算，单次事故状态下职业人员手部最大当量剂量为 60.125mSv，小于《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 125mSv 的限值，不构成辐射事故。

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。

SPECT-CT 事故情景假设：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。

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。本项目 SPECT-CT 控制台安装有急停开关，此外，在进行诊断时，医生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。

（三）事故处理方法及预防措施：

（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）钼铯发生器损坏

发生器含有相对大量的放射性。在钼铯发生器损坏的情况下，采取的措施是：

- a. 立即撤离该地区；
- b. 通知放射防护管理人员确认泄漏，并监督去污和监测程序实施；
- c. 记录事件并根据监管机构的规定进行报告。

（3）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。

（4）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。

(5) 事故情况下的防范应对措施

本项目按国家标准《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。核医学科辐射工作场所中较常见的事故有：

(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) 放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，医院除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，

在软件设施上也注意了建设、补充和完善相关制度，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。

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考核。

乐山市人民医院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。

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，乐山市人民医院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乐山市人民医院在日后工作实践中，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。

本项目医院涉及使用V类放射源、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），医院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	已落实，	待本项目环评工作完成，项目建

	与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	许可证在有效期内	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以及管理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机构或配备专（兼）职管理人员	已落实，并设置人员专职管理各院区核技术利用项目	拟根据本项目完善
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	本项目拟按要求配备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	需将本项目装置纳入管辖范围
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完成场所环境监测	需增加核技术利用项目（新建、改建、扩建和退役）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	辐射信息网络	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帐物相符,并及时更新。	原有项目已落实	需将本项目装置纳入台账管理范围

表12-2 医院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	/	拟建设
各分装注射室带屏蔽效果手套箱/手套箱	/	拟设置
各分装注射室带屏蔽效果注射窗口操作台	/	拟设置
储源间药物储存罐	/	拟设置
放射性固废收集桶若干	/	拟购置若干
放射性废物暂存库铅废物桶若干	/	拟购置若干
防护用品若干(运输操作药物使用的铅盒、铅注射套等)	/	拟购置若干
通排风系统	/	拟建设
两级过滤装置	/	拟设置
储源间保险柜	/	拟购
储源间的红外报警仪和防盗装置	/	拟设置
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
门禁系统	/	拟设置
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	/	拟设置若干
SPECT-CT 检查室门灯连锁 4 套	/	拟设置 4 套
SPECT-CT 检查室闭门装置 2 套	/	拟设置 2 套
SPECT-CT 检查室防夹装置 2 套	/	拟设置 2 套
SPECT-CT 急停按钮 4 个 机身和操作台自带 1 个急停开关	设备自带	/
灭火装置若干	/	拟购
去污用品	/	拟购
15mmPb 铅屏风 4 块; 5mmPb 铅屏风 4 块	/	拟购 8 扇
规章制度上墙	/	拟设置
患者防护用品	/	拟购
医护人员防护用品	/	拟购 11 套
β 表面沾污仪	/	拟购 4 台
个人剂量报警仪	/	拟购 11 台
个人剂量计		拟配置足够个人剂量计
便携式 X- γ 剂量监测仪	拟配备	4 台

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	《关于调整核辐射安全与环境保护	/

	文件	保护管理领导小组成员的通知》	
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	《辐射工作场所安全管理要求》 《辐射安全管理规定》	/
3	辐射工作设备操作规程	《辐射工作设备操作规程》	将本项目纳入
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射防护设施设备 维修维护制度》	将本项目纳入
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》	将本项目纳入
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》	将本项目纳入
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

本项目应为新增的所有辐射工作人员配备足够个人剂量计，用于监控其接受

的有效剂量。建设单位拟为本项目配置 2 台便携式 X- γ 剂量监测仪 2 台 β 表面沾污仪、11 台个人剂量报警仪。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 11 名辐射工作人员（均为新增辐射工作人员，并不存在兼岗情况）。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

（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、衰变池废水总 β 、气载放射性核素浓度。

（2）监测范围：控制区、监督区、楼上和楼下区域及周围关注点、衰变池及排风口。

（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。

表 12-5 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	不少于 1 次/月	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
	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
		总 β	衰变池排放口	每次排放前	委托监测
		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

乐山市人民医院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) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

实施本项目的乐山市人民医院应依据《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

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。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。

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。乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区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. 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2021 年修订，国家发展改革委 2021 年第 49 号令）中的“鼓励类”第三十六条“教育、文化、卫生、体育服务业”第 29 款“医疗卫生服务设施建设”，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**

本项目所在的乐山市人民医院高新院区东侧为碧水路，南侧为双林路，西南侧为荒地，西侧为泊滩堰，北侧为惠安路及建业大道。

本项目核医学科门诊区位于 6 号楼内，6 号楼四周紧邻院区道路。核医学科门诊区位于 6 号楼 1 层西南部，核医学科门诊区东侧为院区道路；南侧为走道；西侧为走道；北侧为入院前的更衣室、结算室和财务室；楼上为肿瘤病房区及其部分辅房；楼下为空调换热机房、配电房、放疗区域辅助用房、体外实验室区域。

甲癌治疗区位于 6 号楼附楼内，6 号楼附楼为独栋建筑，四周紧邻院区绿化，无楼上楼下建筑。

本项目衰变池拟建于 6 号楼附楼东北侧土质层下，四周及下方均为土质层，上方为院区绿化。

本项目核医学科门诊区、甲癌治疗区较为集中，均处于整个院区的西南侧，远离门诊、急诊、医技楼等人流量较大的区域；且核医学科门诊区、甲癌治疗区附近均有出入口，便于本项目患者进出，与其他普通患者出入口距离较远；核医学科门诊区位于 6 号楼内，6 号楼为肿瘤中心，楼内无新生儿科、产科等特殊人

群，甲癌治疗区为单独的 6 号楼附楼，四周大部分为院区道路及绿化。核医学科门诊区及甲癌治疗区 50m 范围内环境无敏感区，且为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

核医学科门诊区总建筑面积约 1200m²，从东北至西南依次包括门诊治疗及检查区域、^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域、SPECT-CT 显像检查区域。

门诊治疗及检查区域设计有甲吸给药室、功能检查室、储源间 1、分装注射准备室 1 及卫生通过间、电动分装控制室、敷贴室、甲亢给药室及留观室、⁸⁹Sr 给药室及留观室、固废间 1、保洁室 1、抢救室 1 及相应走廊。

^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域设计有留样间、灭菌间、一更二更室、污洗检测区、缓冲间、理化实验室、淋洗间、标记间、污物间、拆包间及相应走廊。

SPECT-CT 显像检查区域设计有宣教/病史采集室、储源间 2、给药室、分装注射准备室 2 及卫生通过间、固废间 2 和 3、肺通气室、运动负荷室、抢救室 2、注射后候诊室 1 和 2 及卫生间、留观室及卫生间、保洁室 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2 及其设备间和共用控制室、患者走廊。

甲癌治疗区总建筑面积约 500m²，设计有患者入口、储源间、服药室、分装准备室及卫生通过间、分装电控室、抢救室、洁净被服间、备餐间、保洁室、污染被服间、固废间、核素病房 1-4 及其卫生间、患者走廊、出院检测；配套使用的辅助用房有医生办公室、护士台、男值班室兼更衣室、女值班室兼更衣室、男卫生间、女卫生间、医生走廊、排风机房、强/弱电间。

本项目各辐射工作场所相关场所“两区”划分一览表

表 13-1 本项目辐射工作场所两区划分一览表

控制区	监督区	备注
门诊治疗及检查区域：功能检查室、甲吸给药室、分装/注射准备室 1、储源间 1、敷贴室、电动分装控制室、甲亢给药室、⁸⁹Sr 给药室、固废间 1、保洁室 1、抢救室 1、⁸⁹Sr 留观室、甲亢留观室、患者走廊； ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域：灭菌间、留样间、理化实验室、淋洗间、标记室、拆包间、污物间； SPECT-CT 显像检查区：分装/注射准备室 2、储源间 2、走廊、固废间 2、肺通气给药室、给药室、运动负荷室、抢救室 2、注射后候诊室 1 和 2、SPECT-CT 检查室 1 和 2、留观室、保	门诊治疗及检查区：卫生通过间、患者出口走廊； ^{99m}Tc 淋洗标记及理化实验室区域医生走廊、一更、二更、污洗检测、缓冲间； SPECT-CT 显像检查区：卫生通过间、患者入口走廊、病史采集/宣教室、缓冲间、SPECT-CT 控制室、2 间	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

洁室2、污物间、固废间3： 甲癌治疗区：分装准备室、储源间、卫生通过间、服药室、保洁室、污物被服间、固废间、抢救室、4间核素病房及配套卫生间、患者走廊； 衰变池。	SPECT-CT设备间： 甲癌治疗区：患者入口、电动分装控制室、医生走廊、洁净被服间、备餐间、出院检测区。	制无关人员进入。
---	--	----------

4. 辐射屏蔽能力分析

本项目核医学科门诊区根据场所不同功能情况采用120mm或240mm实心砖建成墙体，墙体建成后涂抹40mm硫酸钡防护涂层；楼顶为180mm混凝土，在此基础上涂抹50mm或不涂硫酸钡防护涂层；地面楼板为120mm混凝土，在此基础上涂抹30mm、15mm或不涂硫酸钡防护涂层。

甲癌治疗区辐射工作场所采用300mm或450mm混凝土建成墙体，墙体建成后涂抹40mm硫酸钡防护涂层；楼顶为400mm混凝土；地下为土质层，底板为钢筋混凝土底板。屏蔽状况见下表。

表13-2 核医学科防护方案一览表

门诊治疗及检查区域					
场所	防护门	墙体	楼顶	地面	其他
功能检查室	2扇3mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	/
甲吸给药室	2扇3mmPb铅门，1扇10mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	3mmPb给药窗
储源间	1扇10mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	40mmPb铅罐；10mmPb传递窗
分装/注射准备室	6扇10mmPb铅门；1扇4mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	40mmPb手套箱
敷贴室	1扇10mmPb铅门；1扇3mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	/
甲亢给药室	2扇10mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	/
⁸⁹ Sr给药室	1扇3mmPb铅门	四周墙体240mm实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝土+15mm硫酸钡	180mm混凝土	10mmPb给药窗
固废间	1扇4mmPb	四周墙体240mm实心	120mm混凝土	180mm混凝土	40mmPb废物

	铅门: 1 扇 10mmPb 铅门	砖墙+40mm硫酸钡	土+15mm硫酸钡	凝土	暂容器
保洁室	1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土+15mm硫酸钡	180mm 混凝土	/
抢救室	1 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土+15mm硫酸钡	180mm 混凝土	/
甲亢留观室	1 扇 15mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土+15mm硫酸钡	180mm 混凝土	/
⁸⁹ Sr 留观室	1 扇 3mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土+15mm硫酸钡	180mm 混凝土	/
患者走廊	出入口 2 扇 10mmPb 铅门	四周墙体 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土+15mm硫酸钡	180mm 混凝土	/
^{99m}Tc淋洗标记及理化实验室区域					
留样间	1 扇 1mmPb 铅门	靠近患者出口走廊及院区道路侧的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡; 其余侧 120 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	/
灭菌间	1 扇 1mmPb 铅门	靠近患者出口走廊及院区道路侧的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡; 其余侧 120 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	/
理化实验室	1 扇 1mmPb 铅门	靠近走道的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡; 其余侧 120 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	1mmPb 手套箱; 3mmPb 传递窗
淋洗间	3 扇 3mmPb 铅门	靠近院区道路的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡; 其余侧 120 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 手套箱; 3mmPb 传递窗
污物间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近院区道路及患者入口走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡 其余侧 120 实心砖墙+40mm硫酸钡	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 传递窗; 3mmPb 废物暂容器
拆包间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近患者入口走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸钡; 其余	120mm 混凝土	180mm 混凝土	3mmPb 传递窗

		侧 120 实心砖墙 +40mm硫酸钡			
标记间	1 扇 3mmPb 铅门	靠近走道及患者入口 走廊的墙体为 240mm 实心砖墙+40mm硫酸 钡；其余侧 120 实心砖 墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土	180mm混 凝土	3mmPb手套 箱；3mmPb 传递窗
SPECT-CT显像检查区					
宣教/病史 采集室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	/
储源间	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	10mmPb传递 窗
分装/注射 准备室	4 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+30mm硫 酸钡	180mm混 凝土 +50mm硫 酸钡	5mmPb手套 箱；5mmPb 给药窗
固废间 1	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	5mmPb废物 暂容器
运动负荷 室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	/
抢救室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	/
给药室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	5mmPb给药 窗
肺通气给 药室	2 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	/
注射后候 检室 1 和 2	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	病人之间拟 设置 5mm铅 屏风
SPECT-CT 检查室 1 和 2	2 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+30mm硫 酸钡	180mm混 凝土 +50mm硫 酸钡	5mmPb观察 窗
保洁室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	/
留观室	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	病人之间拟 设置 5mmPb 铅屏风
固废间 2	1 扇 5mmPb 铅门	四周墙体 240mm实心 砖墙+40mm硫酸钡	120mm混凝 土+15mm硫 酸钡	180mm混 凝土	5mmPb废物 暂容器
患者走廊	进出口 2 扇	四周墙体 240mm实心	120mm混凝	180mm混	/

	5mmPb铅门	砖墙+40mm硫酸钡	土+15mm硫酸钡	凝土	
甲癌治疗区					
场所	防护门	墙体	楼顶	其他	
患者入口	1 扇 30mmPb 铅门	四周墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
储源间	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	30mmPb 传递窗、50mmPb 铅罐	
服药室	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
分装准备室	3 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	50mmPb 手套箱	
抢救室	1 扇 20mmPb 铅门	四周墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
患者走廊	2 扇 30mmPb 铅门 9 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 东北侧墙体 200mm空心砖墙 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	2 扇 30mmPb 传递窗	
保洁室	1 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
污染被服间	1 扇 20mmPb 铅门	西南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
固废间	1 扇 20mmPb 铅门	西南、东南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	1 扇 30mmPb 传递窗；50mmPb 废物暂容器	
核素病房 1、2、3	1 扇 20mmPb 铅门	东南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	病人之间拟设置 15mm 铅屏风	
核素病房 4	1 扇 20mmPb 铅门	东北、东南侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 其余侧墙体 300mm 混凝土 +40mm 硫酸钡	400mm混凝土	病人之间拟设置 15mm 铅屏风	
出院检测	1 扇 30mmPb 铅门	东北侧墙体 450mm混凝土 +40mm硫酸钡 西南侧墙体 200mm空心砖墙 其余侧墙体 300mm混凝土 +40mm硫酸钡	400mm混凝土	/	
注：5mmPb注射器；医护人员防护用品 0.5mmPb					
根据理论计算，本项目辐射工作场所的屏蔽墙、楼顶、地面、防护门、观察窗、传递窗、手套箱、衰变池、管道等屏蔽厚度均满足辐射防护要求。					

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）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（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)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)建设单位拟配备 2 台便携式 X- γ 巡测仪，拟配备 11 台个人剂量报警仪，2 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。医院应及时跟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。

乐山市人民医院高新院区拟为本项目配备辐射工作人员共计 11 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，医院拟将定期委托单位对 11 名新增辐射工作人员进行职业健康体检。医院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，乐山市人民医院高新院区应不断完善相关管理制度。

8. 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文件并提交审管部门（四川省生态环境厅），重新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 13-3 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	原件和复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章	—
2	企业法人营业执照正、副本或事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证原件及其复印件，机构代码证复印件，营业执照（统一社会信用代码）复印件，审验后留存复印件	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章，逐页盖章	—
3	满足《射线同位素与射线装置安全许可管理办法》第十四条和第二十三条相应规定的证明材料： 1、使用II类射线装置的设立专门辐射安全与环境保护管理机构文件； 2、辐射工作的人员通过省环保厅认可的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的合格证；3、辐射相关管理制度，包括： ①辐射工作设备操作规程②辐射设备维护、维修制度③辐射防护和安全保卫制度	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章	—

9. 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 13-4 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	房间隔断、防护工程、表面装修，衰变池修建
	各分装注射室带屏蔽效果手套箱
	各分装注射室带屏蔽效果注射窗
	储源间药物储存罐
	放射性废物暂存库铅废物桶若干
	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	两级过滤装置
	储源间保险柜
安全措施	储源间的红外报警仪和防盗装置
	固定式辐射监测仪报警系统
	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 检查室门灯连锁 4 套
	SPECT-CT 检查室闭门装置 2 套
	SPECT-CT 检查室防夹装置 2 套
	SPECT-CT 急停按钮 4 个
	机身和操作台自带 1 个急停开关
	灭火装置若干
	去污用品
	15mmPb 铅屏风 4 块; 3mmPb 铅屏风 4 块
人员防护用品	规章制度上墙
	患者防护用品: 每个区域各 3 套
	医护人员防护用品 11 套
监测用品	β 表面沾污仪 2 台
	个人剂量报警仪 11 个
	足够个人剂量计

	便携式 X- γ 剂量监测仪 2 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

综上所述,乐山市人民医院高新院区新增核医学科门诊及甲癌治疗区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”中实施首次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