

核技术利用建设项目

成都市温江区人民医院新增核医学科

项目环境影响报告表

(脱密公示本)

成都市温江区人民医院(公章)

2022年03月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	19
表 3 非密封放射性物质.....	19
表 4 射线装置.....	20
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	21
表 6 评价依据.....	22
表 7 保护目标与评价标准.....	25
表 8 环境质量和辐射现状.....	32
表 9 项目工程分析与源项.....	41
表 10 辐射安全与防护.....	55
表 11 环境影响分析.....	76
表 12 辐射安全管理.....	102
表 13 结论与建议.....	110
表 14 审批.....	117

附图：

- 1) 附图 1 成都市温江区人民医院本项目地理位置图
- 2) 附图 2 成都市温江区人民医院院区及本项目周边环境概况图
- 3) 附图 3 成都市温江区人民医院本项目核医学科平面布置图
- 4) 附图 4 成都市温江区人民医院地下室区域平面布置图
- 5) 附图 5 成都市温江区人民医院本项目核医学科楼上区域平面布置图
- 6) 附图 6 成都市温江区人民医院本项目核医学科人流物流路径示意图
- 7) 附图 7 成都市温江区人民医院本项目两区划分示意图
- 8) 附图 8 成都市温江区人民医院本项目核医学科辐射安全与防护措施分布图
- 9) 附图 9 成都市温江区人民医院本项目核医学科通排风系统示意图（1）
- 10) 附图 10 成都市温江区人民医院本项目核医学科通排风系统示意图（2）
- 11) 附图 11 成都市温江区人民医院本项目核医学科通排风系统示意图（3）
- 12) 附图 12 成都市温江区人民医院本项目核医学科衰变池设计图（1）
- 13) 附图 13 成都市温江区人民医院本项目核医学科衰变池设计图（2）
- 14) 附图 14 成都市温江区人民医院本项目核医学科废水管道系统示意图

附件：

- 1) 附件 1 委托书
- 2) 附件 2 承诺书
- 3) 附件 3 事业单位法人证书
- 4) 附件 4 辐射安全许可证正副本
- 5) 附件 5 辐射安全与防护考核承诺书
- 6) 附件 6 《关于成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书的审查批复》（成环建评〔2017〕191 号）
- 7) 附件 7 建设用地规划许可证
- 8) 附件 8 医疗废物委托处置合同
- 9) 附件 9 辐射工作人员辐射安全培训情况及个人剂量监测统计情况
- 10) 附件 10 房屋租赁合同
- 11) 附件 11 公示截图
- 12) 附件 12 本项目辐射环境本底监测报告

医院总建筑面积 14.2 万平方米，设置临床科室 39 个、医技科室 10 个、区域医疗质量控制中心 13 个。医院配置有 3.0T、1.5T 核磁共振成像系统（MR）各一台、256 排超高端宽体 X 线螺旋断层扫描装置（CT）、高能医用电子直线加速器（LA）、智能移动血管造影系统（DSA）、DSA 复合手术室高端医疗设备设施。医院现有消化内科（微创方向）、超声诊断学、肿瘤学等四川省医学甲级重点建设专科，以及微创消化专科、超声医学科、护理学、呼吸与危重症医学科等成都市医学重点（建设）专科。

成都市温江区人民医院老院区位于成都市温江区万春东路10号，由于医院基础设施落后和设备不足且业务用房远不能满足患者寻医问药的需要，将现有医院整体搬迁至成都市温江区芙蓉大道二段33号。搬迁完成后，老院区建筑及医疗用地交由区人民政府作后续处置。本项目搬迁后医院主体用房直接使用温江区芙蓉大道二段33号原有已建好的楼房，不再新建主体用房。成都市温江区芙蓉大道二段33号原为“成都康城投资开发有限公司康城嘉苑新居配套一期项目”，定位为成都国际医学城新居配套医疗卫生用房，该项目环评已经完成，且于2010年4月29日由原成都市温江区环境保护局出具了“成都康城投资开发有限公司康城嘉苑新居配套一期项目环境影响评价报告书”的审查批复，批复号为“温环建[2010]30号”。

2020年8月，成都康城投资开发有限公司与成都市温江区人民医院签署了房屋租赁合同（见附件10），提供给医院使用2#、3#、7#、8#、9#、10#共6栋楼，并将其建设成为成都市温江区人民医院新院区，该院区已获得原成都市环境保护局《关于成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书的审查批复》（成环建评〔2017〕191号，见附件6）。医院搬迁前，位于新院区西南侧的康泰路尚未修建完成，待搬迁完成后，该道路投入使用，且考虑到医院周边环境与患者诊疗路线，医院将入口设置在面朝康泰路方向，**新院区注册地址为成都市温江区康泰路86号**。目前新院区已完成环保竣工验收，配套的污水处理站及医疗废物暂存间也同步投入使用。

医院新院区包括 2#楼（原栋号为 3#楼，科研大楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 5 层，H=25.85m），3#楼（原栋号为 4#楼，健康大楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 5 层，H=25.85m），7#楼（原栋号为 10#楼，第三住院楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 8 层，H=37.25m），8#楼（原栋号为 9#楼，第二住院楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 7 层，H=33.45m），9#楼（原栋号为 8#楼，第一住院楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 6 层，H=29.65m），10#楼（原栋号为 7#楼，门急诊综合楼，已建，1

栋，地下 1 层，地上最高 7 层，H=34.55m）及其它公辅设施、环保设施等。本次新增的核医学科项目位于新院区 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼。

成都市温江区人民医院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 [REDACTED]，种类和范围为“使用 II 类、III 类射线装置”，有效期至：2026 年 7 月 11 日。原有辐射安全许可证正副本见附件 4。

1.2 项目由来

为更好地为周边居民提供多层次的医疗服务，拓宽医疗服务范围，提高服务水平和区域医疗服务能力，成都市温江区人民医院拟在新院区 10#楼（门急诊综合楼，已建，1 栋，地下 1 层，地上最高 7 层，H=34.55m）负 1 楼东北端区域设置核医学科，新增甲吸测定、甲亢治疗、甲癌治疗以及 SPECT/CT 显像检查项目。项目拟使用的非密封放射性物质包括：**钼-99、锝-99m、碘-131**，并拟配置使用 1 台 SPECT/CT（III 类射线装置，型号未定，预计最大管电压 140kV，最大管电流 800mA）开展核医学影像诊断工作。经核算，本项目新增核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。

本项目核医学科投运后，拟新增辐射工作人员共 5 名，包括 1 名医师，2 名护师，2 名技师。

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。受成都市温江区人民医院委托，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监测业务系统单位资质编号：[REDACTED]）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。建设单位委托书见附件 1，非密封放射性物质、射线装置使用承诺书见附件 2。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 项目名称：成都市温江区人民医院新增核医学科项目
- (2) 建设单位：成都市温江区人民医院
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：成都市温江区康泰路 86 号成都市温江区人民医院 10#楼（门急诊

综合楼) 负 1 楼

项目地理位置见附图 1。

1.3.2 项目建设内容与建设规模

成都市温江区人民医院拟在新院区 10#楼 (门急诊综合楼) 负 1 楼东北端区域设置核医学科, 新增甲吸测定、甲亢治疗、甲癌治疗以及 SPECT/CT 显像检查项目。项目拟使用的非密封放射性物质包括: **钼-99、钨-99m、碘-131**, 并拟配置使用 1 台 SPECT/CT (III类射线装置, 型号未定, 预计最大管电压 140kV, 最大管电流 800mA) 开展核医学影像诊断工作。经核算, 本项目新增核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。

(1) 分区

核医学科总建筑面积约 1032m², 北部为核医学科治疗区, 南部为核医学科检查区; 另有功能性辅房及医护人员办公用房若干。核医学科的设计能够从时间管理和空间分隔上实现患者、医护、废物、核素运输路线分流。

(2) 场所构成和项目组成

1) 核医学科清洁区域

核医学科清洁区域包括: 主任办公室、医生办公室、技师办公室、男女值班室、男女卫生间、男女更衣间、前室、病人电梯、病人电梯厅、空调水井、会诊室、空调机房、强电室、弱电室、等候区、污水提升间 1、自助打印区、诊室 01、阅片室、预约挂号室、留置针室、病史采集室。

2) 核医学科辐射工作场所

检查区辐射工作场所:

核医学科检查区域工作场所包括: 骨密度室、控制室、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套卫生间、抢救室及其配套卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室、检查区患者通道。

治疗区辐射工作场所:

核医学科治疗区域工作场所包括: 核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、缓冲间 1、缓冲间 2、甲癌服药室、备餐室、取餐室、治疗区患者通道。

共用辐射工作场所:

核医学科检查区与治疗区共用工作场所包括: 放射性废物暂存库、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间、被服间、活性分装室、源库、卫生通过间、医护通道。

衰变池：衰变池本体分为1个化粪池、1个排放池以及4级并联衰变池。每级衰变池用带孔洞的墙体分隔，以确保承重安全。化粪池可使用容积16.3m³，排放池可使用容积31.3m³；每级衰变池可用容积81.2m³，每级衰变池内均设液位计、污水泵和电动阀。

(3) 辐射工作场所屏蔽措施

表 1-1 核医学科辐射工作场所屏蔽措施一览表

工作场所	四周墙体	屋顶	防护门	观察窗/ 传递窗/ 注射窗	
检 查 区	SPECT-CT 机房	370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板	100mm 混凝土 +350mmC15 素混凝土回 填+3mmPb 防 辐射板	5mmPb	5mmPb
	骨密度室	240mm 实心砖	100mm 混凝土 +350mmC15 素混凝土回 填	2mmPb	2mmPb
	控制室	西南侧墙体：370mm 实心砖， 其余三侧墙体为 240mm 实心 砖		/	/
	SPECT-CT 留观室	西南侧墙体：240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板，其余三侧 墙体为 370mm 实心砖		5mmPb	/
	缓冲间 4	东北侧和西北侧墙体： 370mm 实心砖，东南侧和西 南侧墙体：240mm 实心砖		东北门： 5mmPb	/
	缓冲间 3	西南侧墙体：240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板，其余三侧 墙体为 370mm 实心砖		西北门： 5mmPb	/
	抢救室	370mm 实心砖		10mmPb	/
	SPECT-CT 给药后 候诊室			5mmPb	/
	SPECT-CT 注射室 和运动间			5mmPb	5mmPb
	甲吸室	东北侧墙体：240mm 实心砖， 其余三侧墙体：370mm 实心 砖		5mmPb	5mmPb
	甲亢服药室	370mm 实心砖		东南门： 10mmPb 西北门： 15mmPb	15mmPb
	甲亢服药留观	西南侧墙体：370mm 实心砖， 其余三侧墙体：240mm 实心		8mmPb	/

		砖+8mmPb 防辐射板			
治疗区	甲癌服药室	西南侧和东南侧墙体： 370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板，其余墙体：370mm 实心砖		20mmPb	/
	甲癌取餐室	东北侧和东南侧墙体： 370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板，其余墙体：370mm 实心砖		/	15mmPb (双面传递窗)
	核素病房 01-03	240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		20mmPb	/
	污洗间 1	东南侧墙体：370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板，其余三侧墙体为 240mm 实心砖		/	/
	治疗区缓冲间 1	240mm 实心砖，并在东北侧和东南侧墙体加 15mmPb 防辐射板		东北门： 15mmPb	/
	治疗区缓冲间 2	东北侧墙体为 240mm 实心砖，其余三侧墙体为 370mm 实心砖，并在西南侧和东南侧墙体加 9mmPb 防辐射板		西南门： 15mmPb	/
	治疗区患者通道	东南侧墙体为 370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板、其余三侧墙体为 240mm 实心砖		/	/
其他	放射性废物暂存库	西南侧墙体：240mm 实心砖+2mmPb 防辐射板，其余三侧墙体为 370mm 实心砖		3mmPb	/
	污染被服间	东南侧墙体：370mm 实心砖，其余三侧墙体为 240mm 实心砖		3mmPb	/
	被服间			/	/
	污洗间 2	西南侧墙体：240mm 实心砖，其余三侧墙体为 370mm 实心砖		/	/
	污水提升间 2			5mmPb	/
	活性分装室	370mm 实心砖		15mmPb	/
	卫生通过间			5mmPb	
源库			5mmPb	/	
自动分碘仪铅筒/手套箱/药物储存罐/铅废物桶/转运容器：40mmPb，注射器防护套：5mmPb，铅废物暂存桶：8mmPb，移动铅屏风：8mmPb，辐射工作人员和患者防护设备：0.5mm 铅当量					
*核医学科下方为土层					
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。放射、放射治疗、影像用房管道采用非磁性材料管道；放射性同位素管理区域内风管采用氯乙烯衬里风管。对于裸露在外的排风管道的防护，在需要低铅剂量防护的位置					

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。

(4) 非密封放射性物质

本项目涉及使用的非密封放射性物质中，钨-99m 的制备涉及使用钼钨发生器，因此涉及使用钼-99 核素。医院预计采购钼钨发生器规格为 3Ci/注（ $1.11E+11Bq$ ），一周使用 1 柱，一年使用 50 柱。其余诊断用和治疗用的核素确定诊疗量后提前 1 天向厂家下单，厂家在用药当天将核素运送至核医学科源库保险柜中存放，因患者身体状况等原因未进行用药致使药物剩余的暂存至源库保险柜中存放。根据建设单位核医学科提供参数，本项目非密封放射性物质用量统计见表 1-2。

表 1-2 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	单个患者配药消耗实际用量 (mCi/人/次)	日最大患者量 (人)	年最大患者量 (人)	日最大用量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	主要使用场所
1	钼-99	制备 ^{99m} Tc	/	/	/	$1.11E+11$	$5.55E+12$	活性分装室、源库
2	钨-99m	显像诊断	25mCi	10	2500	$9.25E+09$	$2.31E+12$	活性分装室、源库、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间
3	碘-131 (甲癌)	甲癌治疗	200mCi	3	150	$2.22E+10$	$1.11E+12$	活性分装室、源库、甲癌服药室、核素病房 01~03 及其配套卫生间
4	碘-131 (甲亢)	甲亢治疗	10mCi	4	1000	$1.48E+09$	$3.70E+11$	活性分装室、源库、甲亢服药室、甲亢服药留观室及其配套卫生间
5	碘-131 (甲吸)	甲吸诊断	0.005mCi	20	5000	$3.70E+06$	$9.25E+08$	活性分装室、源库、甲吸室

治疗计划：碘-131 甲癌患者因需要住院一周，故 1 周仅安排 3 人入院，其余核素的使用者均按照每年 250 日均有人入院进行预计。

(5) 非密封放射性物质工作场所分级

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

参考环办辐射函（2016）430 号，医疗机构使用“钨-99m 相关活动视为“很简单操作”，使用碘-131 核素相关活动视为“简单操作”。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准则》（GB18871-2002）附录 D。

表 1-6 本项目非密封放射性物质工作场所分级表

核素名称	日最大操作量/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
钨-99	1.11E+11	中毒	0.1	液态	源的贮存	100	1.11E+08
钨-99m	9.25E+09	低毒	0.01	液态	很简单操作	10	9.25E+06
碘-131	2.37E+10	中毒	0.1	液态	简单操作	1	2.37E+09

合计日等效最大操作量/Bq	2.49E+09
工作场所级别	乙级

根据上表，本项目日等效最大操作量为 2.49E+09Bq，场所等级确定为乙级。

(6) III类射线装置

SPECT/CT 机房有效面积 51.7m²(5.91m×8.74m)，机房内拟配置使用 1 台 SPECT/CT (III类射线装置，型号未定，预计最大管电压 140kV，最大管电流 800mA) 进行显像诊断，预计年扫描次数为 3000 人次（其中开展 ^{99m}Tc 显像检查 2500 人次，甲癌患者出院前检查 500 人次），单次扫描时间为 15min，年扫描时间约 750h。

表 1-7 核医学科射线装置统计表

设备名称	型号	类别	数量	额定电压	额定电流	用途	活动种类	工作场所	单次扫描时间(min)	年扫描时间(h)
SPECT-CT	待定	III	1	140kV	800mA	显像诊断	使用	核医学科 SPECT-CT 机房	15	750

1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-8。

表 1-8 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境影响	
		施工期	运营期
主体工程	在医院 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼东北端部建设面积约 1032m ² 的核医学科，涉及辐射工作场所主要有：骨密度室、控制室、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套卫生间、抢救室及其配套卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室、检查区患者通道、核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、缓冲间 1、缓冲间 2、甲癌服药室、备餐室、取餐室、治疗区患者通道、放射性废物暂存库、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间、被服间、活性分装室、源库、卫生通过间、医护通道。 辐射工作场所屏蔽设计见表 1-1。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
	项目拟使用的非密封放射性物质包括：钼-99、钨-99m、碘-131，经核算，本项目新增核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。 (未购)	/	β、γ射线、放射性废水、放射性固废、放射性废气、β表面沾污、臭氧及氮氧化物；废旧钼铈

	射线装置	SPECT/CT, III类射线装置, 型号未定, 预计最大管电压 140kV, 最大管电流 800mA。(未购)	X 射线、臭氧、氮氧化物(调试过程中)	发生器 X 射线、臭氧及氮氧化物、噪声
辅助工程	SPECT/CT 控制室 1 间, 有效使用面积为 27.1m ² 病人电梯、病人电梯厅 (核医学科专用)		施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣以及施工人员产生的生活废水与生活垃圾	/
公用工程	依托医院 10#楼 (门急诊综合楼) 配电、供电、通讯系统等, 依托院内供水管网供给; 放射性废水经单独排水管网接至核医学科放射性废水衰变池贮存, 待监测达标后接院区污水处理系统处置, 处理达标后排入市政官网; 放射性固废由专人收集后送至放射性废物暂存库贮存, 待监测表面满足要求后送院区 9#楼 (第一住院大楼) 负 1 楼的医疗垃圾暂存点内分类暂存当医疗废物处置; 废旧钨铊发生器由厂家回收。			生活废水、医疗废水、医疗废物
办公及生活设施	核医学科区域设计有医护人员使用的医生办公室、技师办公室、男女值班室、男女更衣室、男女卫生间、会诊室			生活垃圾
环保工程	核医学科设计有放射性废物暂存库 1 间, 有效使用面积为 5.77m ² 核医学科设独立通排风系统及独立下水系统。 通排风系统: 本项目核医学科放射性物质工作场所设有独立的通排风系统, 检查区、治疗区、手套箱均设置独立的排风管道, 各排风管道安装独立机械排风装置, 排风口安装大功率排风机, 排风量达 13000m ³ /h。风向气流由非限制区域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。放射性核素淋洗、标记以及放射性药物的分装等操作均在专用铅防护手套箱内进行。放射性区域排风管道汇至负 1 层排风机房引至 10#楼 (门急诊综合楼) 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 31.65m (楼高 28.65m)。核医学科清洁区域采用一套独立的通排风系统, 同层排放。 独立下水系统在地下汇总后接 10#楼 (门急诊综合楼) 北侧衰变池。			医疗废物、放射性废气、放射性固废、放射性废水

1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-9。

表1-9 本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	3000kW·h/a	城市电网	核医学科用电	/
水	生活用水	1000m ³ /a	城市生活用水管网	生活用水	/
医疗耗材	手套、纱布、药棉、注射器等	1000kg/a	每年供应商招标	/	/
主要原材料	钨铊发生器	/	未定	/	制备药物
	放射性同位素注	/	未定	/	显像或治疗

射液或溶液				
-------	--	--	--	--

1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

除射线装置外本项目将使用的设备技术参数见表 1-10。

表1-10 主要设备配置及主要技术参数

设备名称	型号	数量	设备厂家	用途	备注
甲状腺吸碘功能测量仪	JXY-II 型	1	合肥众成机电技术开发责任公司	甲吸测定	新增
同位素全自动分装仪	未定	未定	未定	分药操作	新增

表1-11 本项目非密封放射性物质及放射源主要技术参数表

核素名称	半衰期	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线能量/MeV	药品名称	用途
钼-99	67h	β-(100%)	1.23	0.78	钼酸钠溶液	制备钨-99m
钨-99m	6.02h	IT(100%)	-	0.14051	高钨酸钠注射液	显像诊断
碘-131	8.04d	β-(100%)	0.606	0.364	碘化钠口服液	甲状腺吸碘功能测定、甲亢治疗和甲癌治疗

^{99m}Tc 发生 γ 衰变时放出单纯的 γ 射线。

1.3.6 工作人员及工作制度

本项目核医学科投运后，拟新增辐射工作人员共 5 名，包括 1 名医师，2 名护师，2 名技师。核医学科年运行时间 250 天，每天工作时间 8h。本项目核医学科辐射工作人员均为新增人员，且不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

表1-12 本项目工作人员情况

科室	岗位	人数	主要工作场所	备注
核医学科	医师	1	治疗区、检查区	定岗定责，不从事其他辐射工作岗位
	护师	2	治疗区、检查区	
	技师	2	检查区 SPECT-CT 控制室	

1.3.7 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（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2021 年令 49 号）中的“鼓励类”第三十七条“卫生健康”第 5 款“医疗卫生服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目选址合理性、外环境关系及实践正当性分析

1.4.1 项目选址合理性分析

成都市温江区人民医院新院区位于成都市温江区康泰路 86 号，根据成都市温江区规划管理局出具的《建设用地规划许可证》（XXXXXXXXXX）（见附件 7）可知，成都市温江区人民医院新建项目用地性质属于医疗卫生用地，符合当地总体规划

要求。该建设项目已获得原成都市环境保护局《关于成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书的审查批复》（成环建评〔2017〕191号，见附件6）。

本项目新增核医学科拟设置于10#楼（门急诊综合楼）负1楼东北端区域，处于建筑物地下的端部有利于避开人群。本项目核医学科拟建设地址位于新建院区红线内，不涉及新增占地，拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建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。

拟建项目与院区规划相容，且建设的核医学区域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。

1.4.2 外环境关系分析

医院新院区位于成都市温江区康泰路86号，院区西北侧为和居路，隔该区域由西向东依次为英菲克幼儿园、四川省听力语言康复中心、四川省八一康复中心（四川省康复医院）宿舍楼；东侧为绿地，隔该区域为八一路北段；东南侧为4#楼（锐视医学影像中心）及成都康城投资开发有限公司4#楼、5#楼；南侧为1#楼（四川省精神医学中心），隔该区域为芙蓉大道一段；西南侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅。本项目地理位置图见附图1，成都市温江区人民医院及本项目周边环境概况图见附图2。

本项目拟新建的核医学科位于新院区10#楼（门急诊综合楼）负1楼东北端，10#楼（门急诊综合楼）西北侧为院内道路；东北侧为院内道路，隔该区域为9#楼（第一住院大楼）；东南侧为3#楼（健康大楼）；南侧为2#楼（科研大楼）；西侧为院内道路。根据院区总平面图，核医学科区域50m范围内，西北侧0m~16m为院区红线范围，16m~45m为和居路，45m~50m为四川省听力语言康复中心；东侧最近约23m为连廊；东北侧最近约41m为院区9#楼（第一住院楼）。

1.4.3 与周边环境的兼容性分析

根据已经获得批复（成环建评〔2017〕191号，见附件6）的《成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书》：地理式污水处理站位于医院的南面，处理工艺为“预处理+一级强化处理+次氯酸钠消毒”，污水处理站的处理能力设计为1200m³/d（该污水处理站为成都市温江人民医院和四川省精神医学中心共用）。处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中“表2”预处理标准要求后，经芙蓉大道污水管网外排进入市政管网，再通过温江区城市污水处理厂处理后达到《城镇污

水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中一级 A 标排后,外排进入江安河。污水处理站污泥及预处理池污泥经脱水后采用石灰消毒,集中收集,送有资质单位处置。

经核医学科放射性废物暂存库暂存至计划周期后的医疗废物采用专门的收集容器集中收集后,转移至医院 9#楼(第一住院大楼)负 1 楼的医疗垃圾暂存点内分类暂存,定期按照医疗废物执行转移联单制度,委托当地有资质单位(成都瀚洋环保实业有限公司,成都市医疗废物集中处置服务协议见附件 8)定期处置。

本项目产噪设备不多(主要为通排风系统),声级较小,噪声影响不大,不会改变区域声环境功能区规划。且风机等设备均位于负 1 楼设备房内,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。

1.4.4 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。

医院在放射诊断及放射治疗过程中,对射线装置和放射性核素的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施,对射线装置和放射性核素的安全管理应完善相应的规章制度。因此,在正确使用和管理射线装置和放射性核素的情况下,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。

1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

1.5.1 辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

目前,成都市温江区人民医院已取得四川省生态环境厅核发的辐射安全许可证,编号为“XXXXXXXXXX”,种类和范围为“使用 II 类、III 类射线装置”,有效期至:2026 年 7 月 11 日。建设单位待本项目获得批复后重新申领辐射安全许可证时将根据各环评批复调整辐射安全许可证台账部分。

本项目所在的主体建筑所在院区已获得原成都市环境保护局《关于成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书的审查批复》(成环建评〔2017〕

191号)，在已审批的该项目整体环评中，有严格的污染控制措施要求以及完善的处理设施。本项目将依托院区已建和拟建的污染控制处理措施。

1.5.2 原有核技术利用项目

成都市温江区人民医院现有25台射线装置，其中24台在用，1台停用。现已获得许可使用21台III类射线装置，3台II类射线装置，目前无放射源或非密封放射性物质场所。

表 1-13 成都市温江区人民医院现有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称、型号、厂家	数量	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	备注
1	C型臂X射线成像系统 Everview7500 (北京通用电气华伦医疗设备有限公司)	1	110	8	III	康泰路86号10号楼6楼麻醉科手术室02: 麻醉科手术室02	使用	已环评	已许可	/
2	数字乳腺X射线摄影系统 ASR-4000 (深圳安科高技术股份有限公司)	1	49	140	III	康泰路86号3号楼4楼放射科乳腺室2: 体检中心乳腺室2	使用	已环评	已许可	/
3	医用电子直线加速器 AccStar (成都利尼科医学技术发展有限公司)	1	X射线: 10MV		II	万春东路10号住院部直线加速器治疗室: 第三住院部加速器治疗室	停用	已环评	已许可	已验收
4	医用血管造影X射线机 CGO-2100 (北京华润万东医疗装备股份有限公司)	1	125	1000	II	康泰路86号门急诊综合楼负一层放射科介入室1: 门急诊综合楼负一层放射科介入室1	使用	已环评	已许可	已验收
5	全身X射线计算机断层螺旋扫描装置 SOMATOM Perspective (上海西门子公司)	1	130	345	III	康泰路86号3号楼5楼放射科CT室4: 健康体检中心CT室4	使用	已环评	已许可	/
6	医用诊断高频X射线机 HGYX-20-RR (珠海保税区和佳医学影像设备有限公司)	1	150	1000	III	康泰路86号医用体检车放射室: 医用体检车放射室	使用	已环评	已许可	/
7	DR机 uDR596i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	800	III	康泰路86号3号楼4楼放射科X射线摄片室5	使用	已环评	已许可	/

8	DR机 uDR 596i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	800	III	康泰路 86 号 10 号楼 1 楼放射科 X 射线摄片室 3	使用	已环评	已许可	/
9	DR 机 uDR 780i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	1000	III	康泰路 86 号 10 号楼负 1 楼放射科 X 射线摄片室 1	使用	已环评	已许可	/
10	骨密度仪 AKDX-09W-I (深圳市艾克瑞电气有限公司)	1	80	1.2	III	康泰路 86 号 3 号楼 4 楼健康体检中心骨密度室 2	使用	已环评	已许可	/
11	CT机 uCT 530 (上海联影医疗科技有限公司)	1	140	420	III	康泰路 86 号 10 号楼 1 楼放射科 CT 室 3	使用	已环评	已许可	/
12	DR机 uDR 370i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	400	III	康泰路 86 号 10 号楼 1 楼急诊科抢救室	使用	已环评	已许可	/
13	牙片机 x-mind dc (蒂高森公司)	1	70	8	III	康泰路 86 号 10 号楼 2 楼口腔科牙片室	使用	已环评	已许可	/
14	口腔CT机 SS-X9010DMax-3DE (合肥美亚光电技术股份有限公司)	1	90	10	III	康泰路 86 号 10 号楼 2 楼口腔科口腔 CT 室	使用	已环评	已许可	/
15	C形臂 uMC 560i (上海联影医疗科技有限公司)	1	110	30	III	康泰路 86 号 10 号楼 6 楼麻醉科手术室 03	使用	已环评	已许可	/
16	DR 机 uDR 550i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	630	III	康泰路 86 号 10 号楼负 1 楼放射科 X 射线摄片室 2	使用	已环评	已许可	/
17	DR 机 uDR 370i (上海联影医疗科技有限公司)	1	150	400	III	康泰路 86 号 10 号楼 1 楼急诊科移动 X 光机储存室	使用	已环评	已许可	/
18	胃肠机 Luminos Fusion (上海西门子医疗器械有限公司)	1	150	530	III	康泰路 86 号 10 号楼负一层放射科数字肠胃室	使用	已环评	已许可	/
19	乳腺机 MAMMOMAT Inspiration (西门子医疗有限公司)	1	40	190	III	康泰路 86 号 10 号楼负一层放射科数字乳腺室 1	使用	已环评	已许可	/
20	CT机 Revolution CT (通用电气医疗系统有限公司)	1	140	780	III	康泰路 86 号 10 号楼负一层放射科 CT 室 1	使用	已环评	已许可	/
21	CT机 uCT 500 (联	1	140	420	III	康泰路 86 号 3 号楼	使	已	已	/

	影(常州)医疗科技有限公司)					三层健康体检中心CT室5	用	环	许	
22	小C形臂 DG3310C1 (南京华东电子集团 医疗装备有限责任公 司)	1	120	60	III	康泰路86号9号楼 一层泌尿外科体外 冲击波碎石	使用	已 环 评	已 许 可	/
23	X射线骨密度检测仪 Prodigy Pro Compact (通用电气医疗系统 超声及基础医疗诊断 有限公司)	1	100	2.5	III	10号楼负一层核医 学科骨密度室1	使用	已 环 评	已 许 可	/
24	医用直线加速器 Halcyon (瓦里安医 疗设备(中国)有限 公司)	1	X射线: 6MV		II	康泰路86号8号楼 负一层肿瘤科放疗 室; 8号楼负一层肿 瘤科放疗室	使用	已 环 评	已 许 可	已 验 收
25	医用血管造影X射线 机 Discovery IGS 7OR (GE MEDICAL SYSTEMS SCS通用 电气医疗系统两合公 司)	1	125	1000	II	康泰路86号10号 楼六层麻醉科手术 室06; 10号楼六层 麻醉科手术室06	使用	已 环 评	已 许 可	已 验 收

1.5.3 原有辐射工作人员职业健康体检及个人剂量监测情况

成都市温江区人民医院2021年度辐射工作人员共计114人, 均已完成岗前职业健康体检, 2021年各季度个人剂量监测结果均无剂量超标情况(部分人员因新增或者其他原因, 未进行个人剂量监测)。个人剂量统计结果见附件9。

1.5.4 辐射安全与防护培训证书

成都市温江区人民医院2021年度辐射工作人员共计114人, 其中4人为第三季度新入职人员, 计划2022年参加全院自主培训考试, 其余110人均已通过辐射安全培训, 具体情况见附件9。针对本项目新增辐射工作人员及核技术利用项目管理负责人, 建设单位将组织其通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台(官方网站: <http://fushe.mee.gov.cn/>) 免费学习有关法律、法规、专业技术、安全防护和应急响应等知识, 并通过微信小程序“HJSJLY”报名并参加机考, 待其获得辐射安全与防护考核合格证明后方允许上岗; III类射线装置辐射工作人员由医院自行组织考试。建设单位应在本项目辐射工作人员上岗前为每人建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。届时若有非以上辐射工作人员的其他科室医生需参与诊疗, 同样要求其取得辐射安全与防护考核合格证明, 并为其建立剂

量监测档案以及职业健康档案。

1.5.5 医院辐射安全管理情况

(1) 目前事业单位法人证书法定代表人和注册地址未变更；
(2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围待本项目结束后会更新；
(3) 辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。

(4) 医院自从事放射诊疗以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

1.5.6 年度评估报告及应急演练

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与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。成都市温江区人民医院已于2022年1月11日编制《2021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》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统<http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。2021年10月15日15时，医院肿瘤放疗中心进行了医用直线加速器在放射治疗时，突然控制台失效，病人接受过量X线辐射事件的模拟应急演练。

1.5.7 辐射场所环境监测

根据医院2021年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前院区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。

1.5.8 监测仪器及防护用品

根据医院2021年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前院区辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求，机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位已配备有便携式辐射监测仪及足够数量的个人剂量报警仪。

1.6 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部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

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。

根据以上要求，建设单位在成都市温江区人民医院官方网站上公示了《成都市温江区人民医院新增核医学科项目》全本信息，以征求公众意见（公示截图见附件 11）。

公示期间未收到反映情况或意见。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	钼-99	液态、中毒	使用	1.11E+11	1.11E+08	5.55E+12	制备钼-99m	源的贮存	10#楼（门急诊综合楼）负1楼核医学科	源库保险柜
2	钨-99m	液态、低毒	使用	9.25E+09	9.25E+06	2.31E+12	放射诊断	很简单操作	10#楼（门急诊综合楼）负1楼核医学科	源库保险柜
3	碘-131	液态、中毒	使用	2.37E+10	2.37E+09	1.48E+12	放射诊断/放射治疗	简单操作	10#楼（门急诊综合楼）负1楼核医学科	源库保险柜
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	140	800	放射诊断	10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼核医学科 SPECT-CT 机房	本次新增
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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、注射器等	固态	钼-99、 钨-99m、 碘-131	/	/	575kg	α 表面污染小于0.08Bq/cm ² 、 β 表面污染小于0.8Bq/cm ² ；每袋废物表面剂量率不超过0.1mSv/h；每袋废物重量不超过20kg	放射性废物暂存库内设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物分开存放，暂存至贮存计划周期	衰变到清洁解控水平后，按医疗废物处理。	
核医学科排风口更换下的过滤器，更换的活性炭	固态		/	/	80kg				
废旧的钼钨发生器	固态		/	/	50柱	/	/		废钼钨发生器及其包装由厂家回收处理
核医学科放射性废液：排泄废水、清洗废水、淋浴废水	液态		/	/	331m ³	总 α 不大于1Bq/L、总 β 不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L	放射性废水通过专用管道排至衰变池暂存		经衰变池收集停留到排水计划周期，监测结果经审管部门认可后排入医院污水处理站
核医学科放射性废气	气态		/	/	/	<1.12E+04 Bq/m ³	不暂存		经手套箱两级过滤净化系统净化后通过核医学科独立的排风系统导至屋顶高于屋面排放，并在出口处设置雨帽及活性炭过滤装置
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20~30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/m³，年排放总量用kg。

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

表 6 评价依据

法规 文件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第九号，2014年4月24日修订，2015年1月1日起实施；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令第二十四号，2018年12月29日修订，2003年9月1日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第六号，2003年6月28日通过，2003年10月1日起实施；</p> <p>4) 《国家危险废物名录》（2021年版），生态环境部令第15号，2020年11月5日通过，自2021年1月1日起施行。</p> <p>5) 《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449号，2019年3月2日修订，2005年12月1日起施行；</p> <p>6) 《建设项目环境保护管理条例》，中华人民共和国国务院令682号，2017年08月01日发布，2017年10月1日起施行；</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环保总局总局令第31号，2021年1月4日修改，2006年3月1日起施行；</p> <p>8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部部令第16号，2020年11月5日通过，2021年1月1日起施行；</p> <p>9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>10) 《射线装置分类》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月6日印发，2017年12月6日起实施；</p> <p>11) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令49号，2021年12月27日通过；</p> <p>12) 《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3月29日通过，2016年6月1日实施；</p> <p>13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级和处理报告制度的通知》，国家环保总局环发【2006】145号，2006年9月26日印发；</p> <p>14) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办[2013]103号，2014年1月1日试行；</p>
----------	---

	<p>15) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》，川环函【2016】1400号，2016年9月22日实施；</p> <p>16) 《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，2019年12月24日印发，2020年1月1日起施行；</p> <p>17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，生态环境部公告2021年第9号，2021年3月12日印发，2021年3月15日起实施；</p> <p>18) 《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。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；</p> <p>4) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>5) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>6) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>9) 《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）</p> <p>10) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>11) 《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）；</p> <p>12) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>13) 《裂变钼 99-钼 99m 色层发射器》（GB13172-2009）；</p> <p>14) 《辐射防护用参考人 第3部分：主要生理学参数》（GBZT 200.3-2014）。</p>
<p>其他</p>	<p>参考资料：</p> <p>1) 《关于印发<四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案（2015 版）>的通知》（川环发[2015]60 号）；</p> <p>2) 《放射事故管理规定》，中华人民共和国卫生部、中华人民共和国公安部16号，2001年8月26日起实施；</p>

- 3) 《2020 年全国辐射环境质量报告》，中华人民共和国生态环境部；
- 4) 《辐射安全手册》（潘自强主编，科学出版社）；
- 5) NIST estar 数据库；
- 6) 《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS T613-2018）；
- 7) 《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社）；
- 8) 《核医学》（张永学、黄钢主编，人民卫生出版社）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围				
<p>本项目为使用III类射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所项目，根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，乙级取半径50m范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为核医学科场所实体屏蔽物边界外50m的范围，具体50m范围区域见附图2。</p>				
保护目标				
<p>本项目核医学科拟建址周围50m范围内环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本项目核医学科操作及相关的辐射工作人员； 2. 本项目所在10#楼（门急诊综合楼），周围9#楼（第一住院楼）、10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊内医患人员、陪同家属及院内公众；院区西北侧和居路、四川省听力语言康复中心公众。 <p>本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、医院辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目50m内环境保护目标见表7-1所示。</p>				
表7-1本项目环境保护目标情况一览表				
名称及保护对象		方位与最近距离	规模	剂量约束值 (mSv/a)
核医学科	辐射工作人员	/	5名	5.0
10#楼(门急诊综合楼)负1楼	公众	/	200人/d	0.1
10#楼(门急诊综合楼)	公众	上方 最近约8.3m	1000人/d	0.1
10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊	公众	东侧 最近约23m	200人/d	0.1
9#楼(第一住院楼)	公众	东北侧 最近约41m	400人/d	0.1
和居路	公众	西北侧 最近约16m	1000人/d	0.1
四川省听力语言康复中心	公众	西北侧 最近约45m	100人/d	0.1
评价标准				
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	<p>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：</p> <p>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv</p> <p>②任何一年中的有效剂量，50mSv</p> <p>③眼晶体的年当量剂量，150mSv</p>			

公众照射 剂量限值	<p>④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv</p> <p>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。</p>
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。	
本项目管理目标	
<p>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，从而确定本项目的管理目标。辐射工作人员年有效剂量按上述国家标准中规定的照射剂量限值的1/4执行；辐射工作人员剂量约束值不超过5mSv；公众年剂量约束值按照上述国家标准的1/10执行，即不超过0.1mSv。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，使用SPECT-CT等射线装置，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，医院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。</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● 辐射场所剂量率控制水平： 	
<p style="padding-left: 40px;">SPECT/CT机房周围30cm处的周围剂量当量率不超过2.5μSv/h；</p>	
<p style="padding-left: 40px;">距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率应小于2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于10μSv/h；</p>	
<p style="padding-left: 40px;">放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面30cm处人员操作位的周围剂量当量率小于2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于25μSv/h；</p>	
<p style="padding-left: 40px;">固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面30cm处的周围剂量当量率小于2.5μSv/h。</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ● 辐射剂量控制水平： 	
<p style="padding-left: 40px;">辐射工作人员年剂量约束值不超过5mSv</p>	
<p style="padding-left: 40px;">辐射工作人员单季度剂量约束值为1.25mSv</p>	

公众年剂量约束值不超过**0.1mSv**

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
1) 该区内的 高污染子区 除外。		

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国家其他有关法规与标准的要求，对其所负责实践和源所产生的放射性废物实施良好的管理，进行分类收集、处理、整备、运输、贮存和处置，确保：

- a) 使放射性废物对工作人员与公众的健康及环境可能造成的危害降低到可以接受的水平；
- b) 使放射性废物对后代健康的预计影响不大于当前可以接受的水平；
- c) 不给后代增加不适当的负担。

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

8.6 放射性物质向环境排放的控制

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

- a) 排放不超过审管部门认可的排放限值，包括排放总量限值和浓度限值；
- b) 有适当的流量和浓度监控设备，排放是受控的；
- c) 含放射性物质的废液是采用槽式排放的；
- d) 排放所致的公众照射符合本标准附录 B（标准的附录）所规定的剂量限制要求；
- e) 已按本标准的有关要求使排放的控制最优化。

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

- a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；
- b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

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。

3) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）

6.1 X 射线设备机房布局

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 7-5。

表 7-5 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

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 3 的规定。

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 7-6。

表 7-6 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 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

b) CT 机机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h

6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到患者和受检者状态。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

6.4.7 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.25mmPb;介入防护手套铅当量应不小于0.025mmPb;甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于0.5mmPb;移动铅防护屏风铅当量应不小于2mmPb。

6.5.4 应为儿童的X射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品,防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时,应妥善存放,不应折叠放置,以防止断裂。

7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作,并应通过观察窗等密切观察受检者状态。

表 7-7 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层扫描(隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙(方形)或方巾、铅橡胶颈套 选配:铅橡胶帽子	—

注:“—”表示不要求。

8 X 射线设备机房防护检测要求

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求:

a) X 射线设备机房防护检测指标和要求应符合 6.3 的规定;

b) X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上,对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括:四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等,点位选取应具有代表性:

8.2 X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收,在使用过程中,应进行定期检查和检测,定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中,医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查,对其余防护设施应进行定期检查。

4) 《医疗机构水污染排放标准》(GB18466-2005)

表 7-8 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

5) 《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率(67.5~121.3nGy/h)。

6) 根据已获得原成都市环境保护局批复的（成环建评〔2017〕191号）包括本项目所在主体建筑在内的《成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁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。

6.1 电离辐射标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准。

6.2 环境质量标准

- 1、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 2、水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类水域标准；
- 3、声环境质量标准执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准。

6.3 污染物排放标准

- 1、废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准；
- 2、废水：医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）预处理标准；
- 3、噪声：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中各施工阶段标准；运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中2类标准；
- 4、固体废物：固体废物排放执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）标准和医疗废物相关规定。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

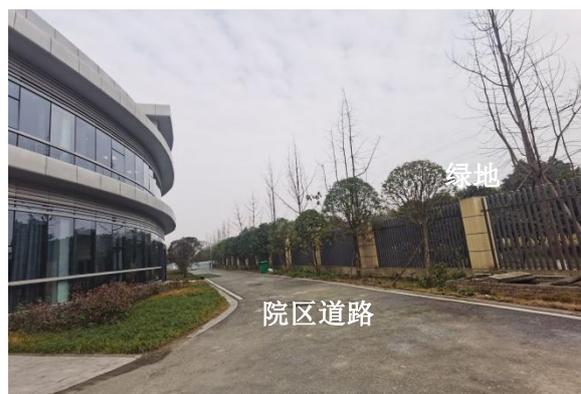
医院新院区位于成都市温江区康泰路 86 号，院区西北侧为和居路，隔该区域由西向东依次为英菲克幼儿园、四川省听力语言康复中心和四川省八一康复中心（四川省康复医院）宿舍楼（共 3 栋）；东侧为绿地，隔该区域为八一路北段；东南侧为 6#楼（锐视医学影像中心）及成都康城投资开发有限公司的 4#楼、5#楼；南侧为 1#楼（四川省精神医学中心），隔该区域为芙蓉大道一段；西南侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅。本项目地理位置图见附图 1，成都市温江区人民医院及本项目周边环境概况图见附图 2。

本项目拟新建的核医学科位于新院区 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼东北端，10#楼（门急诊综合楼）西北侧为院内道路；东北侧为院内道路，隔该区域为 9#楼（第一住院大楼）；东南侧为 3#楼（健康大楼）；南侧为 2#楼（科研大楼）；西侧为院内道路。

核医学科西北侧为同层放射科污物走道和循环水泵房；东北侧为办公室、值班室、污水提升间、视频监控室、消防控制室、排风机房、楼梯；东南侧为走道和男女卫生间，隔该区域为停车场；西南侧为放射科。核医学科楼上（1 楼）为药库、办公室、库房、空调中心、影像远程会诊中心、CT 机房、男女刷手/淋浴间等（对于核医学科治疗区核素病房 01~03 楼上的区域，建设单位已设计为学习室、处置室、治疗室、医师通道、发热诊断、标本采集站等功能性用房），楼下为土质层。本项目核医学科、楼上区域平面布置图见附图 3、4、5。



院区西北侧合居路、四川省听力语言康复中心



院区东侧绿地



院区东南侧4#楼（锐视医学影像中心）



院区南侧1#楼（四川省精神医学中心）



10#楼（门急诊综合楼）东北侧第一住院大楼



10#楼（门急诊综合楼）东南侧3#楼（健康大楼）



10#楼（门急诊综合楼）南侧2#楼（科研大楼）



核医学科拟建址东北侧走道



核医学科拟建址东南侧停车场



核医学科拟建址西南侧放射科



核医学科拟建址楼上区域



核医学科拟建址

图8-1 本项目建设地址周围环境现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目核医学科拟建址周围辐射环境。
- 监测因子：本项目核医学科拟建址周围天然贯穿辐射剂量率和 β 表面沾污水平。
- 监测点位：

γ 辐射剂量率：在 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼核医学科拟建址内部、周围及楼上布置监测点位，共计 26 个监测点位。另在本项目评价范围内 9#楼（第一住院大楼）西侧、10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊、院区西北侧和居路靠近门急诊综合楼边界、院区西北侧四川省听力语言康复中心东南侧进行布点，共计 4 个监测点位。

β 表面污染：在 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼拟建址内部、周围及楼上布置监测点位，共计 18 个监测点位。另在本项目评价范围内 9#楼（第一住院大楼）西侧、10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊、院区西北侧和居路靠近门急诊综合楼边界、核医学科衰变池上方、院区西北侧四川省听力语言康复中心东南侧进行布点，共计 5 个监测点位。

- 布点原则：由于核医学科拟建址为医院预留区域，部分用房未建，故在核医学科拟建址内部均匀布点。另在本项目评价范围内 9#楼（第一住院大楼）西侧、10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊、院区西北侧和居路靠近门急诊综合楼边界、核医学科衰变池上方、院区西北侧四川省听力语言康复中心东南侧进行布点。在建筑物内测量 γ 辐射剂量率，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。

3. 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（ $E_{\beta \max}$

>0.15MeV)和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)在核医学科周围及内部布设监测点位,测量核医学科周围及内部天然贯穿辐射剂量率和 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。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位:四川省永坤环境监测有限公司

四川省生态环境监测业务系统单位资质编号: [REDACTED]

四川省生态环境监测业务系统项目编号: [REDACTED]

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: [REDACTED],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: 上海市计量测试技术研究院 检定/校准有效期: 2022.01.07~2023.01.06 校准因子: 1.06 (使用 ^{137}Cs 辐射源)	天气: 晴 温度: 12.8~13.7 $^{\circ}\text{C}$ 湿度: 56.5~59.0%
α 、 β 表面污染	CoMo170 表面污染监测仪 编号: YKJC/YQ-06	表面发射率响应 $R_{\alpha}=0.38$ $R_{\beta}=0.46$	检定/校准单位: 中国测试技术研究院 检定/校准有效期至: 2021.07.23~2022.07.22	

监测结果：本项目核医学科拟建址周围 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 8-3，β 表面沾污水平监测结果见表 8-4，监测点位见图 8-2、8-3、8-4（报告见附件 12）。

表 8-3 新增核医学科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	X-γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
0	环境本底值			室外
1	核医学科治疗区西侧			室内
2	核医学科治疗区西北侧			
3	核医学科治疗区西南侧			
4	核医学科治疗区中部			
5	核医学科治疗区东南侧			
6	核医学科检查区西侧			
7	核医学科检查区西北侧			
8	核医学科检查区东北侧			
9	核医学科检查区西南侧			
10	核医学科检查区东南侧			
11	核医学科检查区东侧			
12	科室外西北侧			
13	科室外东北侧			
14	科室外东南侧			
15	科室外西南侧			
16	核医学科治疗区楼上西侧			
17	核医学科治疗区楼上西北侧			
18	核医学科治疗区楼上西南侧			
19	核医学科治疗区楼上中部			
20	核医学科治疗区楼上东南侧			
21	核医学科检查区楼上西侧			
22	核医学科检查区楼上西北侧			
23	核医学科检查区楼上东北侧			
24	核医学科检查区楼上西南侧			
25	核医学科检查区楼上东南侧			
26	核医学科检查区楼上东侧			
27	9#楼（第一住院楼）西侧			室外
28	10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊			
29	院区西北侧和居路			
30	院区西北侧四川省听力语言康复中心			

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

表 8-4 新增核医学科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 表面污染计算结果		备注
		测量值	标准差	
0	环境本底值	<LLD _β	/	室外
1	核医学科治疗区西侧	<LLD _β	/	室内
2	核医学科治疗区西北侧	<LLD _β	/	
3	核医学科治疗区西南侧	<LLD _β	/	
4	核医学科治疗区东南侧	<LLD _β	/	
5	核医学科检查区西侧	<LLD _β	/	

6	核医学科检查区东北侧	<LLD _β	/		
7	核医学科检查区西南侧	<LLD _β	/		
8	核医学科检查区东侧	<LLD _β	/		
9	科室外西北侧	<LLD _β	/		
10	科室外东北侧	<LLD _β	/		
11	科室外东南侧	<LLD _β	/		
12	科室外西南侧	<LLD _β	/		
13	核医学科治疗区楼上西南侧	<LLD _β	/		
14	核医学科治疗区楼上东南侧	<LLD _β	/		
15	核医学科检查区楼上西侧	<LLD _β	/		
16	核医学科检查区楼上东北侧	<LLD _β	/		
17	核医学科检查区楼上西南侧	<LLD _β	/		
18	核医学科检查区楼上东侧	<LLD _β	/		
19	9#楼（第一住院楼）西侧	<LLD _β	/		室外
20	10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊	<LLD _β	/		
21	核医学科衰变池旁	<LLD _β	/		
22	院区西北侧和居路	<LLD _β	/		
23	院区西北侧四川省听力语言康复中心	<LLD _β	/		

注：1.监测布点见附件12；2.LLD：LLD_β代表仪器探测下限。

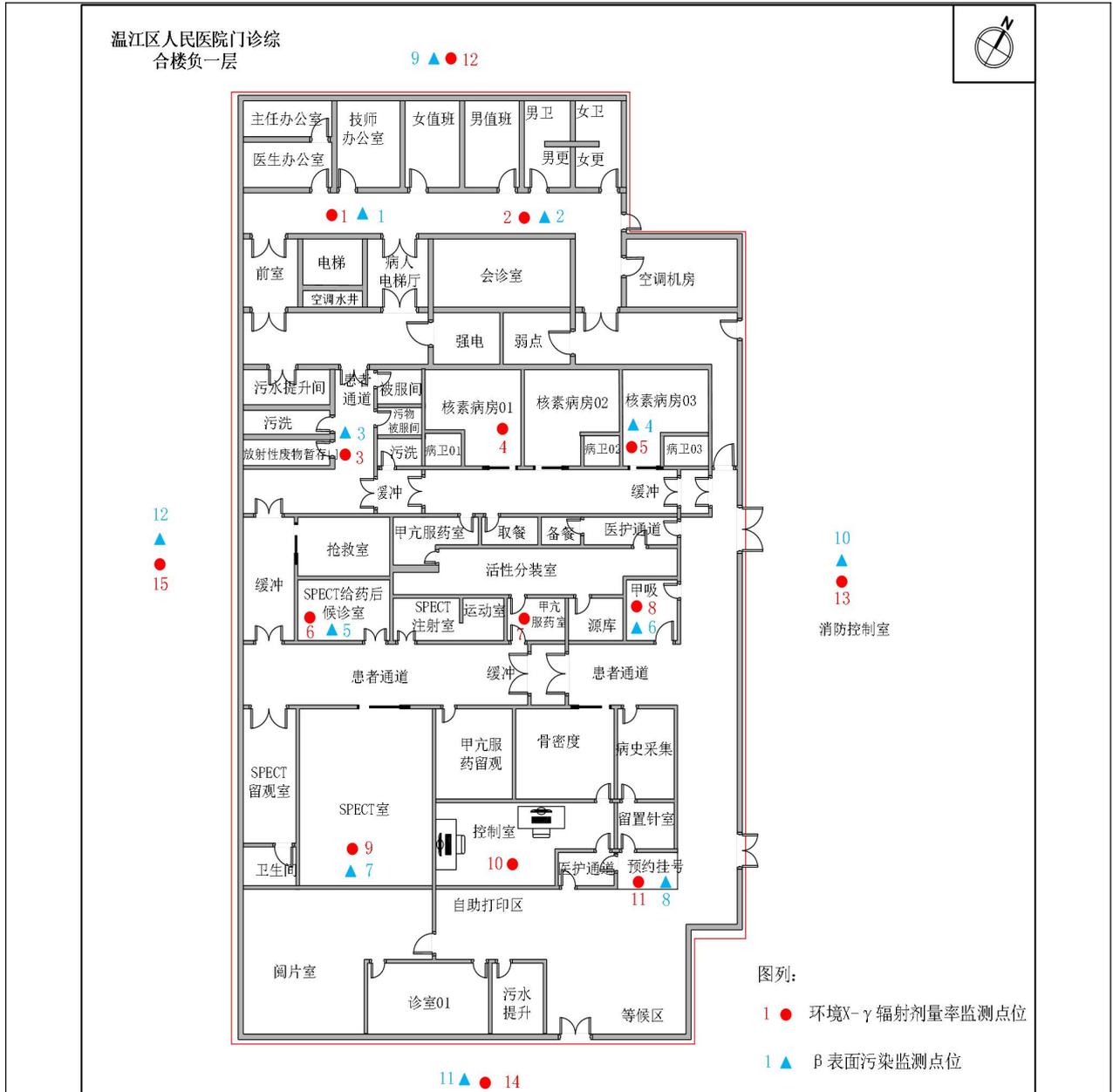


图8-2 新增核医学科项目拟建址周围环境监测点位图

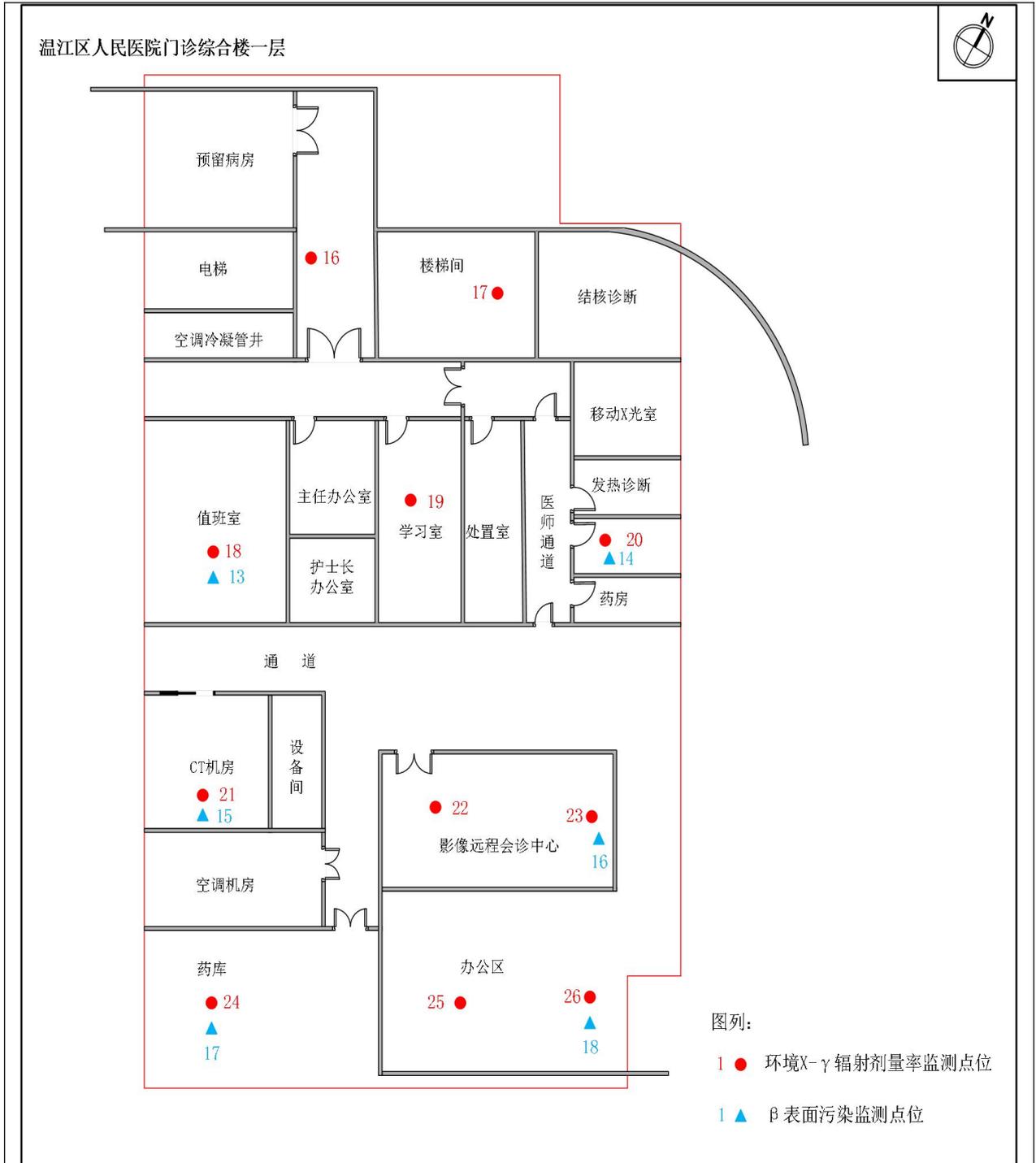


图8-3 新增核医学科项目拟建址周围环境监测点位图（楼上）

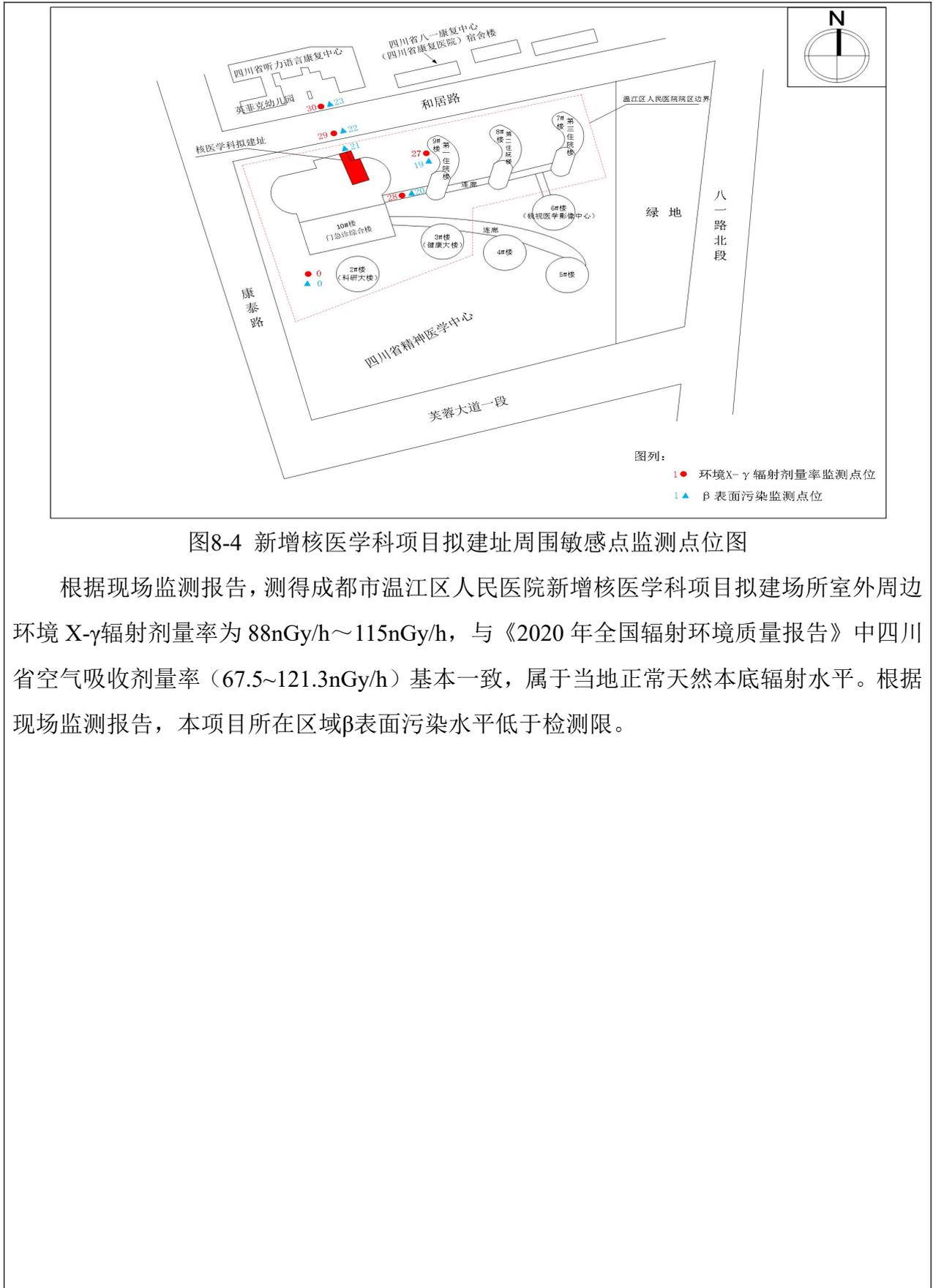


表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.工程设备

1) 核医学科清洁区域

核医学科清洁区域包括：主任办公室、医生办公室、技师办公室、男女值班室、男女卫生间、男女更衣间、前室、病人电梯、病人电梯厅、空调水井、会诊室、空调机房、强电室、弱电室、等候区、污水提升间 1、自助打印区、诊室 01、阅片室、预约挂号室、留置针室、病史采集室。

2) 核医学科辐射工作场所

检查区辐射工作场所：

核医学科检查区域工作场所包括：骨密度室、控制室、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套卫生间、抢救室及其配套卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室、检查区患者通道。

治疗区辐射工作场所：

核医学科治疗区域工作场所包括：核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、缓冲间 1、缓冲间 2、甲癌服药室、备餐室、取餐室、治疗区患者通道。

共用辐射工作场所：

核医学科检查区与治疗区共用工作场所包括：放射性废物暂存库、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间、被服间、活性分装室、源库、卫生通过间、医护通道。

2.工艺分析

2.1 施工期工作流程及产污环节分析

通过现场勘查核实可知，本项目所在的 10#楼（门急诊综合楼）已修建，主体建筑工程在已获得批复的院区环评中已进行分析。本项目施工期主要进行防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，因此本次评价对于施工期仅进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

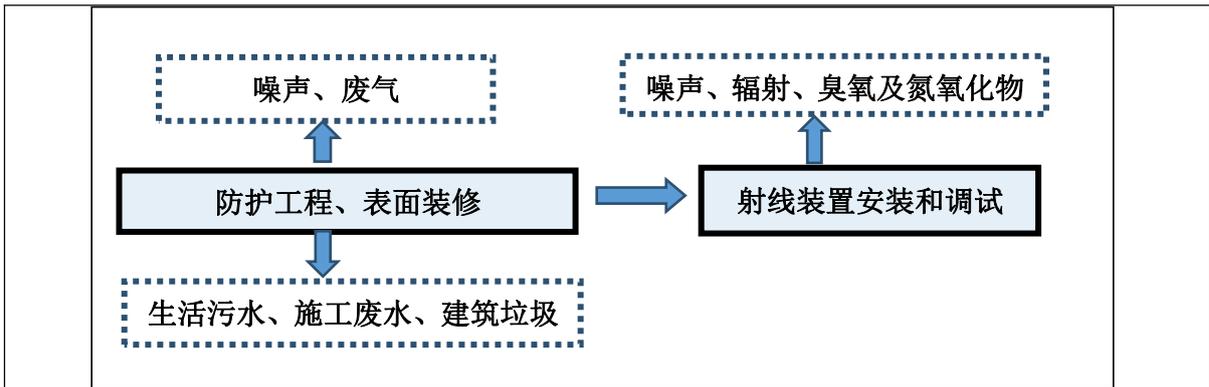


图9-1 本项目核医学科施工期环境影响示意图

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

本项目射线装置的安装调试阶段会产生X射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、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。

2.2 营运期工作流程及产污环节分析

2.2.1 检查区 SPECT-CT 显像诊断项目

(1) 钼铯发生器工作原理

本项目显像诊断使用的铯-99m由钼铯发生器淋洗而成，医院预计采购钼铯发生器规格为3Ci/注，一周使用1柱，一年使用50柱。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（发生器色谱柱自带屏蔽）。铯-99m由钼酸铯柱内钼-99不断衰变产生，并被钼酸铯柱吸附，当加入适当的淋洗剂时，铯-99m便以 $^{99m}\text{TcO}^4$ 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，发生器的内部结构及实景见图9-2。

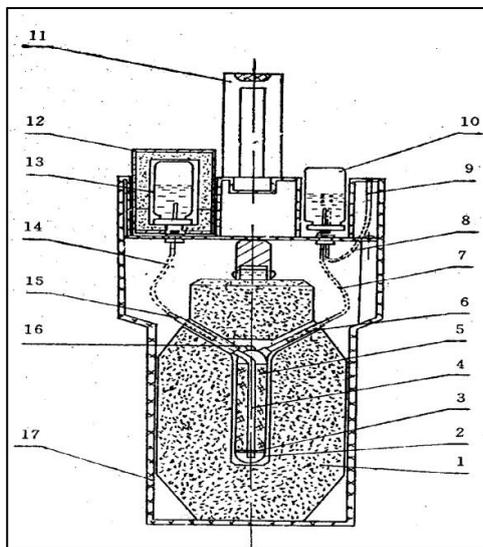


图9-2 钼铈发生器的内部结构图

组成部件：1.发生器铅罐；2.吸附柱；3.筛板；4.淋洗液排出管；5.钼酸铈柱/活化氧化铝柱；6.生理盐水进口接头；7.连接胶管；8.连接胶管；9.空气过滤器；10.生理盐水瓶；11.发生器提把；12. 钨合金罐；13.淋洗液接收瓶（负压瓶）；14.连接胶管；15.淋洗液出口接头；16.装料管接头；17.塑料外壳。

(2) SPECT-CT设备组成及工作原理

SPECT-CT 即单光子发射计算机断层成像术（Single-Photon Emission Computed Tomography），SPECT-CT 主要由三部分（探头、旋转运动机架、计算机、CT 及其他辅助设备）组成。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路 等组成。SPECT-CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。SPECT 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、肾功能的变化等。SPECT 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。本项目使用 SPECT-CT 是单光子发射型计算机断层显像仪和 CT 一体化组合的影像诊断设备，将功能代谢与解剖结构完美结合显示成像，是目前临床核医学最广泛应用的医学影像诊断设备。



图9-3 SPECT/CT示意图

(3) 诊疗流程

SPECT诊断项目正式开展后，拟使用1台SPECT-CT开展扫描工作，预计年扫描次数为3000人次（其中开展 ^{99m}Tc 显像检查2500人次，甲癌患者出院前检查500人次），单次扫描时间为15min，年扫描时间约750h。

开展 ^{99m}Tc 显像检查日患者数最多10人，其诊疗流程如下：

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：在骨密度室进行骨扫描（产污：骨密度仪开机过程中将产生轻微的X射线）；

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，确定核素用量；

③医师向厂家订购钼铈发生器，厂家根据用量进行配送；

④铈- 99m 由医生通过发生器自行进行制备，其制备、注射和显像流程如下：

1.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：测量活度在活性分装室进行，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：标记仍旧在活性分装室进行，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；

⑤给药试验、测定患者采用注射方式进行，活性分装室内的工作人员（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，接受SPECT-CT诊断的患者通过病人通道到达SPECT-CT注射窗口注射药物，注射后需要进行运动的患者在运动间加强运动一段时间后进入SPECT-CT给药后候诊室候诊。等待结束后注射 ^{99m}Tc 的患者进入SPECT-CT机房，诊断结束后患者在SPECT-CT留观室休息一定时间后可直接离开。

本项目SPECT-CT工作流程及产污环节如图所示：

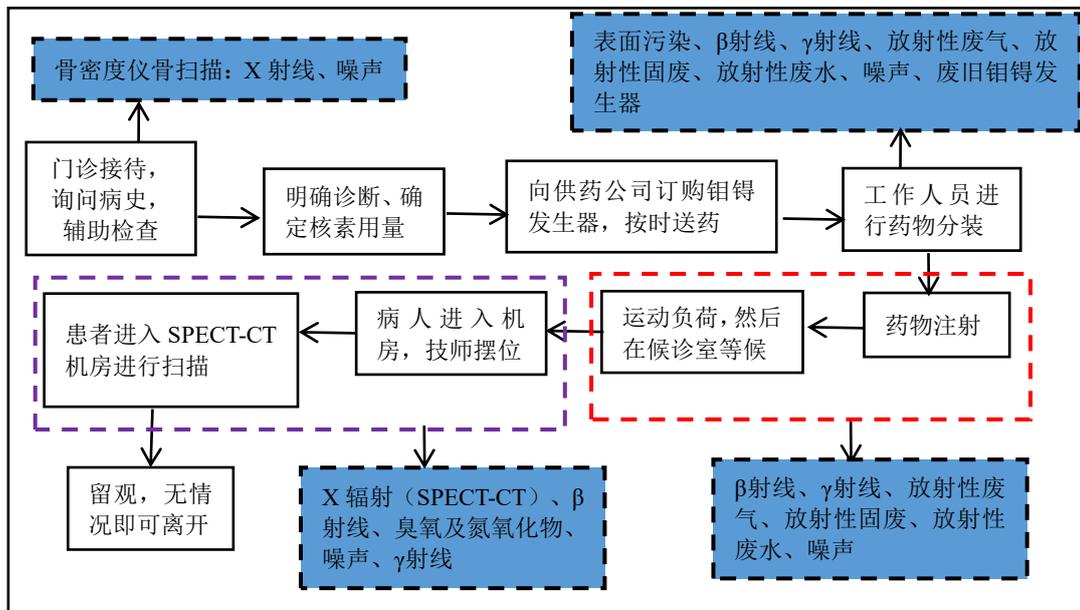


图9-4 本项目SPECT-CT工作流程及产污环节示意图

据了解，SPECT-CT还用于甲癌患者出院前检查，工作流程如下所示：

①甲癌患者根据工作人员指导，在甲癌病房内等候，再通过语音呼叫患者通过患者通道进入SPECT-CT机房；

②医师在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（个别病人需医生进入机房进行现场摆位），确认无人滞留后，离开机房，关闭防护门，返回控制室；

③技师隔室操作对患者实施扫描诊断，扫描时间约为 15min；

④扫描完成后，甲癌患者从原路返回至甲癌病房。

（4）产污环节

辅助检查、分装、制药、给药及显像诊断过程会产生X、 β 、 γ 射线、表面污染、放射性废水和放射性固废、废旧钼锝发生器、噪声。具体为制备、分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程因撒漏可能对工作台面、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、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生

的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物；骨密度仪、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。

2.2.2 碘-131甲状腺吸碘功能测定（甲吸测定）

（1）工作原理

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

（2）测定流程

本项目甲状腺吸碘-131功能测定使用量为0.005mCi，购买已分装好的碘^[131I]化钠药品，由放射性药物供应单位将分装好的药物直接送至源库药物储存罐内，由医生取药后供患者口服。甲吸病人在甲吸室服药，在甲吸室完成检查后若无不良反应可直接离开医院。

（3）产污环节

甲状腺吸碘-131功能测定过程会产生β、γ射线、β表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为给药过程对辐射工作人员产生外照射；给药过程因撒漏可能对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物。

2.2.3 碘-131甲亢治疗

（1）工作原理

甲亢治疗是利用甲状腺具有强大的聚碘功能，口服一定量的碘-131后，可被甲状腺组织大量摄取。碘-131在衰变过程中，可释放β射线和γ射线。^{131I}衰变为^{131Xe}时放射出95%的β射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此，^{131I}甲亢治疗可破坏一部分甲状腺组织，使得甲状腺功能下降，从而控制甲亢。

（2）治疗流程

本项目甲亢治疗使用碘-131，最大使用量为 $3.70 \times 10^8 \text{Bq/人}$ （10mCi）。本项目中碘

-131存放在源库中，在活性分装室手套箱中进行分装，在甲亢服药室进行服药。甲亢病人用药后在甲亢服药留观室进行一定时间的观察，如无异常情况，可以离开医院。

(3) 产污环节

甲亢治疗过程会产生 β 、 γ 射线、 β 表面污染、放射性废水和放射性固废。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程因撒漏可能对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物。

2.2.4 碘-131 甲癌治疗

(1) 工作原理

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。

(2) 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200mCi。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3~7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，必要时行颈部CT扫描及SPECT颈胸部碘-131或 ^{99m}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，办理住院手续拟行碘-131治疗；

③碘-131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，详细宣教碘-131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碘-131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碘-131药物准备：主管医师根据确定的治疗方案中的碘-131剂量向厂家订购，厂家根据用量进行配送；本项目使用同位素全自动分装仪和对讲装置，因此实际在甲癌治疗过程中，辐射工作人员将装有核素药品的铅罐放置到同位素全自动分装仪后，可远程操控同位素全自动分装仪进行药物分装。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甲状腺癌碘-131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，出院前一天视病情进行SPECT全身扫描，了解全身碘-131摄取情况以预评估本次治疗效果，并告知患者出院后注意事项、药物使用及复诊时间和内容；

⑫患者离开前在检测区进行检测，确保患者出院时体内放射性活度不超过400MBq或距离患者体表1米处的周围剂量当量率不大于25 μ Sv/h。

本项目设置了甲癌专用病房，且病室均设置了甲癌患者专用卫生间。

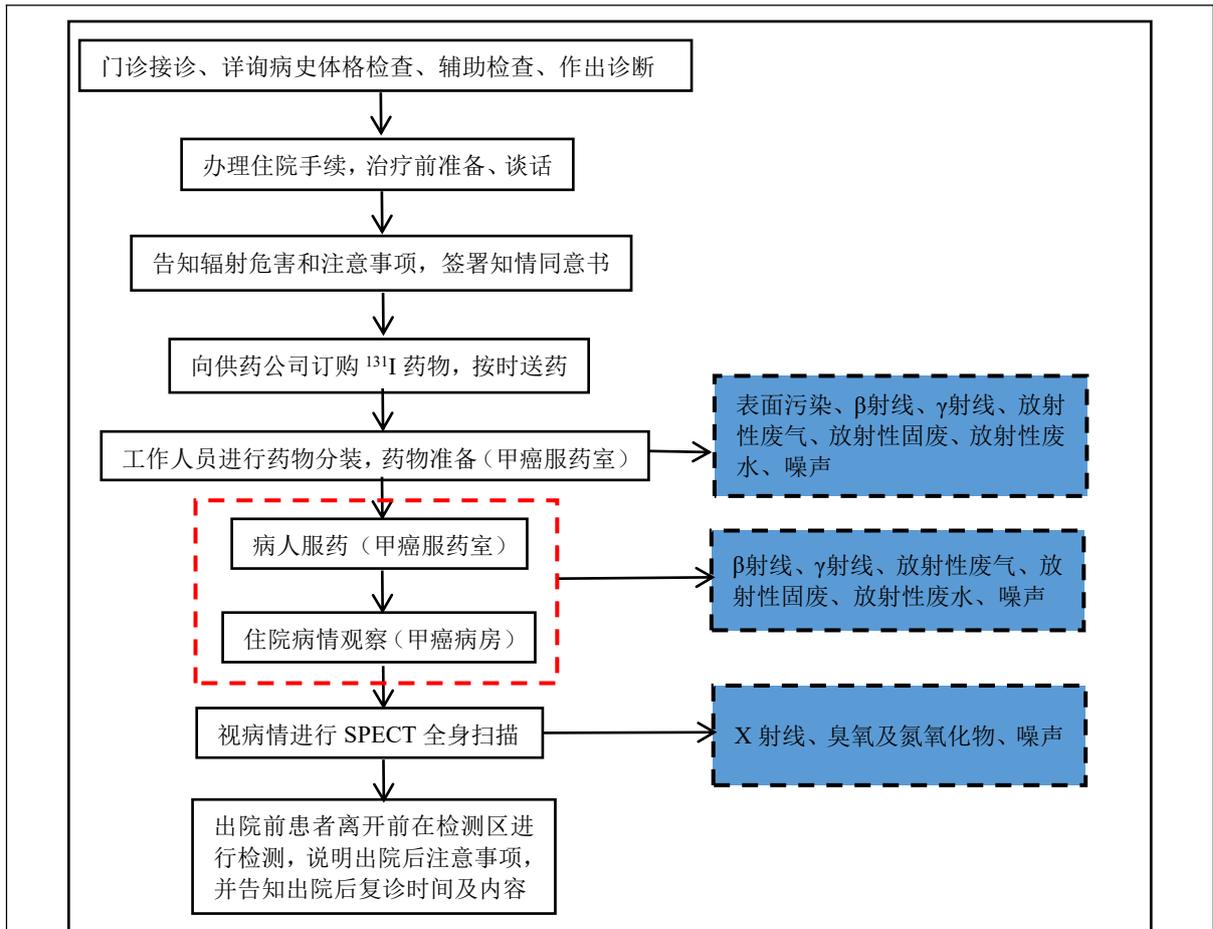


图9-5 甲癌项目工作流程及产污环节示意图

(3) 产污环节

甲癌治疗过程会产生 β 、 γ 射线、表面污染、放射性废水和放射性固废、噪声。具体为分装、给药过程对辐射工作人员产生外照射；分装、给药过程因撒漏可能对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的服药杯、可能沾染放射性药物的棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如清洗废水、使用放射性药物患者的排泄物。额外的扫描检查的过程中在开机时将产生的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。

2.2.5 人流物流路径规划

(1) 人员流通合理性

辐射工作人员：

每日患者到达前乘坐电梯到达10#楼（门急诊综合楼）负1楼，从医护人员入口进入核医学科办公区，由北至南通过医护通道在相关工作房进行准备工作。每日工作结

束待所有检查患者离开后对治疗区患者一一查房并与值班医护人员进行交接，最后医护人员由南往北返回乘坐电梯离开，技师从南侧出口就近离开。离开前将路过卫生通过间，卫生通过间包含更衣、淋浴及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。

检查区患者：

进入：检查区患者乘坐电梯到达10#楼（门急诊综合楼）负1楼，由核医学科检查区患者入口进入核医学科等候区；

接诊和诊断：经护士引导进入诊室01进行初步问诊或确认诊疗流程。然后经过东侧走廊进入患者通道，开启诊疗过程；必要时进行辅助检查：骨扫描；

给药和候诊：

SPECT-CT显像检查：在SPECT-CT注射室注射窗口注射药物，注射后需要进行运动的患者在运动间加强运动一段时间后进入SPECT-CT给药后候诊室候诊，其他患者直接进入SPECT-CT给药后候诊室候诊；

甲吸测定：患者在甲吸室服药，服药后等待医护人员后续安排；

甲亢治疗：医护人员在活性分装室通过对讲机指导患者在甲亢服药室将药品混合后服用，服药后的患者进入甲亢服药留观室留观；

显像：根据叫号进入SPECT-CT机房进行显像诊断；

留观：显像后患者进入留观室；

离开：不需要扫描的患者依次通过缓冲间3以及西北侧患者通道离开检查区。

治疗区患者：

进入：治疗区患者直达门急诊综合大楼停车场，由核医学科治疗区患者入口进入治疗区；

接诊和诊断：经过护士引导交代注意事项或确认住院手续并联系医师接诊；

给药及住院：首先在甲癌服药室服药，进入对应病房入住，病房均配有独立卫生间，减少了患者在房间外走动的频率；

出院前SPECT-CT扫描：出院前一天视病情进行SPECT全身扫描，了解全身碘-131摄取情况以预评估本次治疗效果；

离开：办理完毕出院手续，患者离开前，需在缓冲间2经过检测确认体内放射性物质活度达到对应核素的出院标准，其后可通过患者通道北侧单向出口离开治疗区，

通过出口的病人电梯离开负1楼。

由此可见，在时间和空间上医护人员与患者不交叉，从而使得本项目实现了医护人员和患者的分流，医生及患者流通过程见附图6。

(2) 药物及废物通道合理性

药物运入：

医院根据患者预约情况提前1天向厂家预约，当日早上由值班医护人员接应，厂家在用药当天医护人员上班前将核素运送至门急诊综合大楼负1楼核医学科东侧，经核医学科药物运输入口通过药物传递窗运送至活性分装室，存放于源库保险柜中。如有剩余药物，则在用药第二天上班前由厂家连同铅罐一并取回。药物运送时避开人流集中时间段，不与医护人员、患者出入时间交叉，符合要求。

废物运出：

放射性同位素操作过程中产生的如一次性注射器、手套、棉签、药瓶、吸水纸等带微量放射性同位素的固体废弃物，在活性分装室、甲吸室、各服药室、各留观室、核素病房等房间内铅废物暂存桶收集。所有废物集中分类收集工作在检查区患者和非值班医护人员均离开后开展，检查区和治疗区的放射性废物均在核医学科放射性废物暂存库进行贮存衰变，经检测达标后从前室经核医学科医疗废物运出口运至院区存放普通医疗废物的污物处置用房。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。废钨铈发生器及其包装由厂家回收处理。

因此，在时间上药物早上运入，废物晚上运出；在空间上药物经医护人员通道运入，废物经患者通道运出。物流互不交叉的同时，在时间上能够和人流实现分流，放射性药物及废物流通路径见附图6。

(3) 小结

本项目核医学科就诊患者与医生进出路径，药物与废物流通路径不交叉重叠，且人流与物料能够实现时间隔离，能够实现活度由南往北、由东往西依次递减，该核医学科路径规划是合理的。

污染源项描述

1. 施工期污染源项

本项目辐射工作场所基建内容已在项目所在的环境影响评价中进行了评价，本次建设涉及防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设等施工期工作。在施工

过程中，主要环境问题表现为扬尘、废水、噪声、废渣和装修废气等。通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生影响较小，且该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经原有废水收集系统排入市政污水管网，在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的施工废渣送指定的建筑垃圾处置场。

在安装调试阶段，主要环境影响为 X 射线（射线装置）和包装固体废物影响。

2. 运营期污染源项

2.1 电离辐射

(1) 外照射

根据核医学科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，各核素产生的射线特性见表 1-11。 β 、 γ 射线主要产生的环节：

操作放射性药物时（如分装、注射、显像等环节）、施有放射性药物的患者、固体放射性废物、用于操作放射性药物的容器，工作场所地面、操作器械表面、工作服和鞋袜的表面污染等引起的 β 、 γ 外照射。但主要是来自放射性核素的分药、注射、显像扫描过程。

X 射线装置机开机工作时，通过高压发生器和 X 光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的 X 射线，SPECT/CT 产生的最大 X 射线能量均为 140kV，不开机时不产生辐射。

(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。

2.2 放射性废水

本项目核医学科碘-131 甲吸检查用药量很小，且服药后立即离开医院，产生的放射性废水可以忽略；锝-99m、碘-131 甲亢治疗患者均不需进行住院观察，所以在注射、服药或用药后候诊过程中产生的废水主要来源于少量排泄废水、清洗废水；碘-131 甲癌病人由于需要进行住院观察，观察期间产生的废水主要来源于排泄废水、清洗废

水、淋浴废水。本项目核医学科拟新增 5 名辐射工作人员，治疗区拟配备 1 名，检查区拟配备 4 名，辐射工作人员产生的废水几乎不含有放射性。

参考《建筑给水排水设计标准》（GB 50015-2019）中平均日情况下，门诊患者用水定额取 6~12L/次·人，住院患者（设单独卫生间）用水定额取 220~320L/日·床位，治疗区医护人员用水定额取 130~200L/班·人，检查区医护人员用水定额取 60~80L/班·人。另废水排放系数取 0.8，本项目核医学科放射性废水产生情况见下表。

表 9-1 核医学科废水排放汇总表

患者所产生的废水量							
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)
钨-99m	6.02h	排泄、清洗				96.0	24.0
碘-131(甲亢)	8.04d	排泄、清洗				38.4	9.6
碘-131(甲癌) (住院前 5 天)	8.04d	排泄、清洗、淋浴				768.0	192.0
碘-131(甲癌) (第 6 天)	8.04d	排泄、清洗				28.8	1.4
合计						931.2	227.0
辐射工作人员所产生的废水量							
辐射工作人员			用水量(L/班·人)	排放量(L/班·人)	人数	日产生量(L/d)	年产生量(m ³ /a)
治疗区						160.0	40.0
检查区						256.0	64.0
合计						560.0	104.0

注：废水排放系数取 0.8；本项目所有人员用水量保守按照参考文献中平均日最高情况估算；预估本项目核医学科甲癌住院患者共住院 6 天，于住院最后一天上午办理出院手续，仅会产生极少量的废水，故甲癌住院患者住院第 6 天即出院当天的用水量按照一般门诊用量计算。

据上表，本项目核医学科投运后，每年患者产生废水 227m³，医护人员产生废水 104m³，共计 331m³。

2.3 放射性固废

本项目核医学工作场所产生的放射性固废有：因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具，产生量约 50g/d·人·次，同时治疗住院患者每天还会产生生活垃圾，产生量约 1kg/d·次，年产生量约 575kg/a；废气排风口设置有活性炭过滤器，每个排口一次装填 40kg 活性炭，建设单位将每半年进行校正和更换，产生量约 80kg/a；钨钨发生器一年用掉约 50 柱，废钨钨发生器及其包装由厂家回收。本项目核医学科放射性固废产生情况见表 9-2。

表 9-2 核医学科放射性固废排放汇总表

核素名称	产生来源	产生量	人数/a	年产生量 kg/a
钨-99m	一次性注射器、口罩、手套、药品			125

	及擦拭废物			
碘-131 (甲癌)	一次性注射器、口罩、手套、药品 及擦拭废物、生活垃圾			150
碘-131 (甲亢)	一次性注射器、口罩、手套、药品 及擦拭废物			50
碘-131 (甲吸)	一次性注射器、口罩、手套、药品 及擦拭废物			250
	废活性炭	/	/	80
	钼铯发生器	/	/	50 柱

2.4 放射性废气

本项目涉及使用的钨-99m 属于不易挥发性核素，碘-131 属于易挥发性核素，在使用过程中会产生一定量的碘-131 气载性流出物。钨-99m 制备等、碘-131 分药操作在防护手套箱中进行，工作人员将佩戴过滤性口罩。本项目核医学科活性分装室拟配备手套箱，废气经配套的专用排风管道引至同层排风机房，并于楼顶排放。为除去含碘放射性废气，在楼顶排风口安装有“两级”过滤净化系统，“两级”过滤净化系统由高效空气过滤器（HEPA）和后置活性炭过滤器组成。易挥发核素按照 1% 排放系数统计，不易挥发核素按照 0.1% 排放系数统计，第二次过滤比例按 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%），额定排风量为 $13000\text{m}^3/\text{h}$ ，保守预计每日操作时间 1h，则放射性废气日产量情况见表 9-3。

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)	排口平均排放浓度 Bq/m^3
钨-99m					$7.12\text{E}+01$
碘-131					$1.82\text{E}+03$

因此排口浓度最大合计为 $1.89\text{E}+03\text{Bq}/\text{m}^3$ 。

2.5 噪声

本项目核医学科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，不会改变区域声环境功能区规划。项目噪声通过墙体隔声和科室内采用吸声材料，并加强管理，可确保项目厂界噪声不扰民。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施**1. 工作场所布局及分区****1.1 工作场所布局**

医院新院区位于成都市温江区康泰路 86 号，院区西北侧为和居路，隔该区域由西向东依次为英菲克幼儿园、四川省听力语言康复中心和四川省八一康复中心（四川省康复医院）宿舍楼（共 3 栋）；东侧为绿地，隔该区域为八一路北段；东南侧为 6#楼（锐视医学影像中心）及成都康城投资开发有限公司的 4#楼、5#楼；南侧为 1#楼（四川省精神医学中心），隔该区域为芙蓉大道一段；西南侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅。

本项目拟新建的核医学科位于新院区 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼东北端，10#楼（门急诊综合楼）西北侧为院内道路；东北侧为院内道路，隔该区域为 9#楼（第一住院大楼）；东南侧为 3#楼（健康大楼）；南侧为 2#楼（科研大楼）；西侧为院内道路。

核医学科西北侧为同层放射科污物走道和循环水泵房；东北侧为办公室、值班室、污水提升间、视频监控室、消防控制室、排风机房、楼梯；东南侧为走道和男女卫生间，隔该区域为停车场；西南侧为放射科。核医学科楼上（1 楼）为药库、办公室、库房、空调中心、影像远程会诊中心、CT 机房、男女刷手/淋浴间等（对于核医学科治疗区核素病房 01~03 楼上的区域，建设单位已设计为学习室、处置室、治疗室、医师通道、发热诊断、标本采集站等功能性用房），楼下为土质层。

1.2 布局合理性分析

（1）本项目核医学科拟建于 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼东北端，位置相对独立布置，拟建的核医学工作场所不靠近产科、儿科、食堂等部门（楼上为医院发热门诊），同层为放射科、地下停车场和设备用房（均有明确的分界隔离），少有院区公众驻留；

（2）核医学科有单独出、入口，未设置在门诊大厅、收费处等人群稠密区域；前往治疗区的患者可直接从地下停车场前往治疗区，也可直接在出院检查后乘坐专用病人电梯直接乘车离开，避免了和院内其他公众接触的可能性；

（3）核医学科南侧为检查区，北侧为治疗区，每个区设置均有独立门禁出入口，

能够使得仅接受放射诊断的检查区门诊患者尽可能少受到治疗区住院患者影响，也能避免南北两区的患者误入另一诊疗区受到额外照射或沾污；

(4) 核医学工作人员每日诊疗前从医护人员入口进入工作场所；

检查区患者从核医学科检查区患者入口进入；治疗区患者由核医学治疗区患者入口进入治疗区，最后在缓冲间2经最后检测活度达标后可离开治疗区，布局合理；

所需要的放射性药物每日医护人员到达前由专人从核医学科药物运输入口运进，存放于源库保险柜的铅罐中；所有废物集中分类收集工作在检查区患者和非值班医护人员均离开后开展，在检查区和治疗区由东往西、由南至北进行收集，最终检查区和治疗区的放射性废物均在核医学科西北端放射性废物暂存库进行贮存衰变，待废物检测达标后将通过医疗废物运出口运往同层第一住院大楼医疗废物暂存间统一处置。

本项目核医学科病人在诊断或治疗结束后均通过专用离开通道出院，能实现不同诊疗项目病人之间、病人与医护人员之间流动路线的分离。由此可见，核医学科工作人员通道和患者通道分开，减少了给药后患者对其他人员的照射，且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短捷；

(5) 核医学科配套设施齐全，拟为从事放射性药物操作的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，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁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；

(6) 根据院方规划治疗区共计3张病床，均用于碘-131甲癌病人住院需求，由于甲癌病人需住院3-5日，一周仅安排3位病人入院。预计核医学科周围剂量当量率较大的区域为治疗区碘-131病房，其上方为学习室、处置室、治疗室、医师通道、发热诊断、标本采集站等功能性用房，常驻人员较少，对其周围工作的辐射影响较小；

(7) 治疗区和检查区分药配药场所均设置有铅废物暂存桶，另在核医学科设置有放射性废物暂存库，能够确保活度较高的放射性废物能够通过较短的距离即可进行贮存，减少运输过程沾污可能性；在活性分装室的出口设计有卫生通过间，可进行污染检测；

(8) 本项目核医学科操作放射性药物场所级别达到乙级，拟配备手套箱。核医学科放射性物质工作场所设有独立的通排风系统，检查区、治疗区、手套箱均设置独立的排风管道，各排风管道安装独立机械排风装置，排风口安装大功率排风机。所有

精密设备的空调使用一套独立的空调系统；核医学科清洁区域采用一套独立的通风系统。放射性区域排风管道汇总至负1层排风井引至门诊综合综合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31.65m（楼高28.65m）；清洁房间设置单独的机械排风系统，不与上述系统合用，排风就近平层排放。

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

1.3 控制区监督区分区原则

本项目核医学科检查区辐射工作场所包括：骨密度室、控制室、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套卫生间、抢救室及其配套卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室、检查区患者通道。

本项目核医学科治疗区辐射工作场所包括：核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、缓冲间 1、缓冲间 2、甲癌服药室、备餐室、取餐室、治疗区患者通道。

本项目核医学科检查区与治疗区共用工作场所包括：放射性废物暂存库、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间、被服间、活性分装室、源库、卫生通过间、医护通道。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 以及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）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。《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）4.3.2 规定，核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

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。《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）4.3.3 规定，核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生

通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

综上，本项目核医学辐射工作场所的**控制区**主要包括活性分装室、源库、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室及其配套的卫生间、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套的卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套的卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、骨密度室、抢救室及其配套的卫生间、甲癌服药室、核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、取餐室、治疗区患者通道、缓冲间 1、缓冲间 2、放射性废物暂存库、衰变池。

核医学科辐射工作场所的**监督区**主要包括控制室、患者通道、缓冲间 3、缓冲间 4、卫生通过间、医护通道、备餐室、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间。

具体控制区和监督区划分表和示意图见表 10-1 和附图 7。

表10-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	核医学科	备注
控制区	活性分装室、源库、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室及其配套的卫生间、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套的卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套的卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、骨密度室、抢救室及其配套的卫生间、甲癌服药室、核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、取餐室、治疗区患者通道、缓冲间 1、缓冲间 2、放射性废物暂存库、衰变池	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	控制室、患者通道、缓冲间 3、缓冲间 4、卫生通过间、医护通道、备餐室、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间	监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

控制区防护手段与安全措施：

①在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开；

②核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射；

③控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间；

④制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

⑤运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）

限制进出控制区；

⑥在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑦定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界；

⑧控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。

监督区防护手段与安全措施：

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

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

另外本次环评要求：新建衰变池所在位置上方绿地边缘应进行栅栏隔离，防止无关人员进入。并树立电离辐射警告标志牌。

2. 核医学科工作场所污染防治措施

2.1 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 10-2；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 10-3 和表 10-4。

表 10-2 临床核医学工作场所分级

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 10-3 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	^{68}Ge 、 ^{89}Sr 、 ^{99}Mo 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu	100
B	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{123}I	1

表10-4 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 10-2~10-4，本项目各个核素权重活度计算结果见表 10-5。

表10-5 权重活度计算结果

工作场所		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
检查区	SPECT-CT 机房	锝-99m	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	9.25E+01	II
	SPECT-CT 留观	锝-99m				1.85E+02	II
	SPECT-CT 给药后候诊室	锝-99m				1.85E+02	II
	SPECT-CT 注射室和运动间	锝-99m				9.25E+01	II
	甲吸室	碘-131				1.85E+01	III
	甲亢服药室	碘-131				3.70E+04	II
	甲亢服药留观	碘-131				7.40E+03	II
治疗区	甲癌服药室	碘-131				7.40E+05	I
	甲癌取餐室	碘-131				7.40E+05	I
	核素病房 01-03	碘-131				7.40E+05	I
	污洗间 1	碘-131				7.40E+04	I
	治疗区缓冲间 2	碘-131				7.40E+04	I
其他	活性分装室	钼-99				1.11E+07	I
		锝-99m				9.25E+03	
		碘-131	2.37E+06				
	源库	钼-99	1.11E+05				
		锝-99m	9.25E+01				
		碘-131	2.37E+04				
	放射性废物暂存库	钼-99	1.11E+03				
		锝-99m	9.25E-01				
		碘-131	2.37E+02				

根据表 10-5 计算结果，可以得出不同级别工作场所室内防护要求，见表 10-6。

表 10-6 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	甲癌服药室、甲癌取餐室、核素病房 01-03、污洗间 1、治疗区缓冲间 2、活性分装室、源库、放射性废物暂存库	SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观、SPECT-CT 给药后候诊室、SPECT-CT 注射室和运动间、甲亢服药留观、甲亢服药室	甲吸室
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			

综上所述，通过计算分析甲癌服药室、甲癌取餐室、核素病房01-03、污洗间1、治疗区缓冲间2、活性分装室、源库、放射性废物暂存库需达到I级场所防护要求；SPECT-CT机房、SPECT-CT留观、SPECT-CT给药后候诊室、SPECT-CT注射室和运动间、甲亢服药留观、甲亢服药室需达到II级场所防护要求；检查区的甲吸室需达到III级场所防护要求。

2.2 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：

2.2.1 工作场所辐射屏蔽防护设计

本项目辐射工作场所的设计和修建均由专业设计院与建筑公司进行设计和装饰，房间的四周及屋顶均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽状况见表 10-7。

表10-7 核医学科防护方案一览表

工作场所	台面	地面	墙体	屋顶和地面	通风	防护门	观察窗/传递窗/注射窗/手套箱	
检查区	SPECT-CT 机房	无	墙面与地面交接应作圆角处理，地面全部敷设易去污并可以拆除更换的材料，其边缘高出地面 15~25cm，且地面光滑，并具有易去污、受	370mm 实心砖 +3mmPb 防辐射板	屋顶： 100mm 混凝土 +350mmC15 素混凝土回填 +3mmPb 防辐射板（下方为土层）	单独排风机（医护办公室等清洁房间设置单独的机械排风系统，不与上述系统合用）	5mmPb	5mmPb
	SPECT-CT 留观	无	西南侧墙体： 240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板，其余三侧墙体为 370mm 实心砖	屋顶： 100mm 混凝土 +350mmC15 素混凝土回填（下方为土层）	5mmPb		/	
	SPECT-CT 给药后候诊室	无	370mm 实心砖		5mmPb		5mmPb	
	SPECT-CT 注射室和运动间	易清洁不锈钢台面	东北侧墙体： 240mm 实心砖，其余三侧墙体： 370mm 实心砖		5mmPb		5mmPb	
	甲吸室	无	370mm 实心砖		东南门： 10mmPb 西北门：		15mmPb	

			辐照后不易老化、防水等特性				15mmPb		
	甲亢服药室	无		西南侧墙体： 370mm 实心砖， 其余三侧墙体： 240mm 实心砖 +8mmPb 防辐射板				8mmPb	/
	甲亢服药留观	无		370mm 实心砖 +3mmPb 防辐射板				5mmPb	/
治疗区	甲癌服药室	无		西南侧和东南侧墙体：370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板，其余墙体：370mm 实心砖				20mmPb	/
	甲癌取餐室	无		东北侧和东南侧墙体：370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板，其余墙体：370mm 实心砖				/	15mmPb (双面传递窗)
	核素病房 01-03	无		240mm 实心砖 +15mmPb 防辐射板				20mmPb	/
	污洗间 1	无		东南侧墙体： 370mm 实心砖 +9mmPb 防辐射板，其余三侧墙体为 240mm 实心砖				/	/
	治疗区缓冲间 1	无		240mm 实心砖，并在东北侧和东南侧墙体加 15mmPb 防辐射板				15mmPb	/
	治疗区缓冲间 2	无		东北侧墙体为 240mm 实心砖，其余三侧墙体为 370mm 实心砖，并在西南侧和东南侧墙体加 9mmPb 防辐射板防护				15mmPb	/
	其他	活性分装室	易清洁 不锈钢	370mm 实心砖				15mmPb	/

	台面						
源库	无					5mmPb	/
放射性废物暂存库	无		西南侧墙体： 240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板，其余三侧墙体为 370mm 实心砖			3mmPb	/
自动分碘仪铅筒/手套箱/药物储存罐/铅废物桶/转运容器：40mmPb，注射器防护套：5mmPb，铅废物暂存桶：8mmPb，移动铅屏风：8mmPb，辐射工作人员和患者防护设备：0.5mm 铅当量							

2.2.2 操作过程的防护措施

①钨-99m（显像诊断）放射性药品的操作防护

购入型药品的分药采用人工分药，钨-99m 的制备采用钼钨发生器淋洗制得，分药及淋洗过程是在活性分装室的手套箱中进行。医生在进行核素药品的分药及淋洗操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，佩戴好个人剂量计，将源库药物储存罐（内有放射性药品）或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。患者给药采用注射方式进行，活性分装室内的工作人员（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，接受 SPECT-CT 诊断的患者通过病人通道到达 SPECT-CT 注射窗口注射药物，活性分装室内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（废物桶为 8mm 铅当量）。放射性固废在一天的工作结束后需及时分类集中放置于放射性废物暂存库。废钼钨发生器及其包装由厂家回收。

②碘-131 放射性药品的操作防护

本项目碘-131 甲吸检查购买已分装好的碘^[131I]化钠药品，由放射性药物供应单位将分装好的药物直接送至源库药物储存罐内，由医生取药后供患者口服。本项目碘-131 甲亢治疗分药采用人工分药，分药在活性分装室的手套箱中进行。本项目碘-131 甲亢治疗采用同位素全自动分装仪自动分药，病人自行取药服用的方式。

建设单位购买药品：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源库。对于碘

-131 甲癌治疗分药，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同位素全自动分装仪内，远程操控同位素全自动分装仪进行药物分装。辐射工作人员当天按计划对患者用药，由于部分药物半衰期较短，医院需要提前指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。放射性药物由专业供货商每天一早在医院上班之前送至医院。放射性药物送至医院后由核医学科专人接收、登记。核医学科工作人员接收药物后，从门诊急诊综合楼东侧楼梯进入地下层，从工作通道将药物送至源库储存。药物运送全程避开了人群。

分装后运至各服药室，辐射工作人员于服药室内后通过对讲机指导患者服用药物，服药注意事项如下：

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

B、请小心打开瓶盖，不要把药液洒出。

C、服药时，不要把药液洒出。

D、服完后，患者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品内并喝下。

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。放射性固废在一天的工作结束后需及时分类集中放置于放射性废物暂存库。

I、患者听从工作人员留观或安排病床休息。

对于碘-131 甲癌治疗，患者服药后必须在专用的病房内住院治疗，待患者体内的放射性核素活度衰减到国家标准规定的水平以下方能出院。

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源库，并置于源库保险柜的药物储存罐内。源库设有红外报警仪，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。

源库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源库要有专人进行管理，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

本项目检查区患者无需住院，服药短暂观察后可直接出院。不管是住院还是非住院用药患者，均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（特别是治疗区患者），并使用患者专用厕所进行大小便，在观察结束后按指定线路离开核医学科。治疗区病房内床位之间和检查区休息室、留观室座位之间设置铅屏风。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。

⑤表面污染控制措施

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

①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

②操作放射性药物时，须在有负压的手套箱内进行，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《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

⑥对患者进行外科手术和尸体处理措施

如经过放射性核素治疗的患者需进行外科手术需遵循如下原则：

①应尽可能推迟到患者体内放射性活度降低到可接受水平不需要放射防护时再作手术处理；

②进行手术的外科医生及护理人员应佩戴个人剂量计；

③对手术后的手术间应进行放射防护监测和去污，对敷料、覆盖物等其他物件也应进行放射防护监测，无法去污时应作放射性废物处理；

本项目核医学科，对治疗过程出现意外死亡患者的处理不得超过《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）相关标准要求。

2.2.3 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，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁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。

（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：源库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。源库另设有红外报警仪，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：核医学科控制区出入口拟设置门禁系统，防止无关人员进入核医学科。

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

3. 射线装置工作场所污染防治措施

3.1 设备固有安全防护措施

本项目 SPECT-CT 机型号未定，拟采购的设备各项安全措施应齐全，仪器本身应采取多种安全防护措施：

① 配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警。

② 设备的机房内机身、控制室内操作台上一般有急停按钮各一个，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

3.2 对医生及患者的辐射防护措施

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条及《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第七条，医院需不断完善《射线装置操作规程》，并严格按照该规程操作。在该规程中明确规定：在放射诊断过程中必须认真做好自身的防护工作，同时也必须做好患者的防护工作。

3.3 机房辐射防护屏蔽设计

本项目 SPECT-CT 管电压不超过 140kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C1.2 可知，可根据 NCRP147 号报告计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.1、C.2 以及附录表 C.2 将 SPECT-CT 机房的屏蔽材料折算成等效屏蔽铅当量，并根据折算后铅当量计算辐射透射因子，结果见表 10-8。

表 10-8 CT 机房当前屏蔽参数一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果
SPECT-CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板	6.41mm 铅当量
	楼顶	100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土 +3mmPb 防辐射板	7.75mm 铅当量
	防护门	5mmPb 铅门	5mm 铅当量
	防护窗	5mmPb 铅玻璃	5mm 铅当量

本次评价采用《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中给出的不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求，其中对于 CT 机房，要求有用束和非有用

束方向均为 2.5mm 铅当量。本项目结合考虑楼顶承重条件和尽量减少未来铅污染的环保需求，防护设计满足防护要求。综上所述，本项目防护设计在满足屏蔽要求的情况下未造成过度防护，也考虑到污染防患问题，符合防护最优化原则。

3.4 辐射安全措施

(1) **警告标志及设施：**SPECT-CT 机房各防护门表面上均要求设置有电离辐射警告标志及中文警告标志以及工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。同时，在作为监督区入口设置中文警告标志，并在地面张贴警戒线。

(2) **闭门装置：**建设单位拟为SPECT-CT机房平开机房门设置自动闭门装置；推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施；电动推拉门宜设置防夹装置。

(3) **急停开关：**本项目设备通常在机身和控制室操作台各带 1 个急停开关，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

(4) **门灯连锁：**所有防护门拟设置工作状态指示灯且能与机房有效关联。

(5) **对讲装置：**开机时控制室和 SPECT-CT 机房内拟设置对讲装置，便于技师在操作室知晓患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

(6) **防护用品：**根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求，本项目所有拟配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量已达到 0.25mmPb 以上。医院拟为患者配备防护用品。

(7) **监测仪器：**医院拟为技师配备 1 个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴，并定期送检，且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。

(9) **管理机构：**成都市温江区人民医院已建立以院领导为第一责任人的安全管理机构。

(10) **管理制度：**本项目建设单位涉及使用III类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3，目前建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院。

(11) **制度悬挂：**拟在控制室和 SPECT-CT 机房内合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；候诊大厅应设置放射防护注意事项告知栏。

三废的治理

1.施工期三废治理

1.1 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。

1.2 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。且已禁止夜间施工，也已尽可能选用噪声较小的施工设备。

1.3 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，已依托医院污水处理设施处理。

1.4 固体废物

施工中固体废物主要为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。

2. 运营期三废治理

2.1 废气治理措施

本项目核医学科操作放射性药物场所级别达到乙级，拟配备手套箱。核医学科放射性物质工作场所设有独立的通排风系统，检查区、治疗区、手套箱均设置独立的排风管道，各排风管道安装独立机械排风装置，排风口安装大功率排风机，排风量达13000m³/h。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。风向气流由非限制区域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。放射性核素淋洗、标记以及放射性药物的分装等操作均在专用铅防护手套箱内进行。本项目核医学科通排风系统示意图见附图9、附图10、附图11。

清洁房间设置单独的机械排风系统，不与上述系统合用，排风就近平层排放。放射性区域排风管道通过负1层排风井引至门急诊综合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31.65m（楼高28.65m），排口主要朝向西南侧，因而不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标，排气口拟设置取样、采样平台，便于日常

的环境监测。同时为防止公众进入楼顶避免不必要的误照射，要求建设单位将门急诊综合大楼顶划为管控区域，并进行封闭管理。排风管道设置有两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，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）过滤效果应大于99%）。

1、高效空气过滤器（HEPA）

高效空气过滤器，是指达到HEPA标准的过滤网，由非常细小的有机纤维交织而成，对于0.1 μm 和0.3 μm 的有效过滤率达到99.7%，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。

2、活性炭过滤器

本工程拟采用的活性炭过滤器主要是用于去除放射性气溶胶颗粒，一次装量约40kg，过滤器内部呈Z字型的排布以保证密封性。本项目所使用的活性炭过滤器为浸渍活性炭过滤器，该过滤器经过特殊的浸渍剂浸渍处理，可加大对空气中挥发的碘-131等进行吸附，吸附效率可至少达到99%。

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

2.2 固体废弃物处理措施

1、放射性固废处理措施

本项目核医学工作场所产生的放射性固废有：因采用注射、口服的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具、废气排风口设置有活性炭过滤器更换下的活性炭以及废钼铯发生器等。本项目活性分装室、甲吸室、注射室、服药室和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（8mm铅当量），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。废钼铯发生器及其包装由厂家回收处理。本次要求建设单位将定期更换下的活性炭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：

1.1 固体放射性废物收集

(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。

(2) 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

(3) 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。

1.2 固体放射性废物贮存

(1) 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。

(3) 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。

(4) 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见附录C。

(5) 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

1.3 固体放射性废物处理

(1) 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 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：

a) 所含核素半衰期小于24小时的放射性固体废物暂存时间超过30天；

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

c) 含碘-131核素的放射性固体废物暂存超过180天。

(2)不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于4Bq/cm²、其他 α 发射体应小于0.4Bq/cm²。

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

2、一般医疗废物处理措施

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。

3、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575kg。医疗废物密度国家统计局结果平均值是488.85kg/m³，考虑到器皿体积等附加因素，保守按照平均密度1×10³kg/m³对于医疗固废进行统计，则每年医疗固废体积约为0.575m³。另外考虑到换下的活性炭同样在放射性废物暂存库贮存，颗粒柱状活性炭密度一般都在0.45×10³kg/m³-0.65×10³kg/m³，则预计本项目每年产生的废弃活性炭达到80kg，体积为0.18m³。而本项目用于集中贮存放射性废物的放射性废物暂存库房间大小为3.24m×1.78m×5.90m，总计容量为34m³。本项目半衰期最长的核素为碘-131（8.04d），按照固废贮存180天进行周期预估，180天后核医学科所产生的放射性固废约0.38m³。废钨铈发生器及其包装由厂家回收。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。

2.3 废水处理措施

本项目放射性废水主要来自于患者的排泄废水和清洗废水，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，该衰变池位于核医学科北侧，并将池体埋入地下，且避开人群集中活动区域。池体距离核医学科北侧约6.5m处，下水管道均位于地下，没有外露，已尽量减小对公众的辐射影响。

衰变池设计有4级并联衰变池，每级衰变池用带孔洞的墙体分隔，以确保承重安全，每级衰变池可用容积81.2m³。每天病人产生废水0.9m³，医护人员产生废水0.4m³，

计划排水周期为181天。保守按照放射性废水待放满第一个衰变池起计算衰变时间，则放射性废水在达到排水周期前需要的体积为 235.3m^3 。考虑衰变池容积可以满足放射性废水在衰变池贮存至达到排放标准的要求，本项目设计的衰变池使用体积为 $81.2\text{m}^3 \times 3 = 243.6\text{m}^3$ ，因此完全能够满足排水周期内的的容纳需求。

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（181天），制定181天一次的排水计划，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市政管网。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，核医学科废水管道排布方式可见附图13。衰变池本体分为1个化粪池、1个排放池以及4级并联衰变池，每级衰变池用带孔洞的墙体分隔，以确保承重安全。化粪池可使用容积 16.3m^3 ，排放池可使用容积 31.3m^3 ；每级衰变池可用容积 81.2m^3 ，每级衰变池内均设液位计、污水泵和电动阀。

本项目衰变池均采用地埋式钢筋混凝土结构，进行防腐防水处理，顶板和四周池壁厚 300mm ，底板厚 410mm ，池与池之间隔板厚 200mm ，采用C30防水混凝土浇灌。污水管采用耐酸防腐材料，且管外径用铅皮包住。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 $\phi 800$ 带箍钢筋混凝土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12、附图13。

运行方式：四级衰变池交替使用，经化粪池过滤后的放射性废水首先进入衰变池1，此时，另三级衰变池的进水口和出水口全部处于关闭状态。当衰变池1废液注满后，系统自动关闭衰变池1进水阀，衰变池2的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入衰变池2。当衰变池2废液注满后，系统自动关闭衰变池2进水阀，衰变池3的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入衰变池3。当衰变池3废液注满后，系统自动关闭衰变池3进水阀，衰变池4的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入衰变池4。当衰变池4废液注满前，通过PLC控制系统启动泵将衰变池1的放射性废水抽至排放池中，对衰变池1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。当衰变池1排空后、衰变池4池水位达到液位计后，废液重新进入衰变池1，待衰变池1再次注满前，对衰变池2进行取样监测。监测达标经确认后衰变池2排水阀开，排水泵工作，如此往复循环。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污水处理站，最后通过医院污水处理站处理达标方可排入市政污水管网，外排进入江安河。

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（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总 α 不大于1Bq/L、总 β 不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L。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。

2.4 噪声的产生及治理措施

本项目运行期通排风系统工作时将产生一定的噪声，由于通排风系统为低功率设备，属于低噪设备，再加上建筑物墙体的隔声作用及医院场址内的距离衰减，预计场界噪声能够满足标准要求。

2.5. 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。

环评要求：本项目使用的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 ████████，其中环保投资 ████████，占总投资约 ████████。按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）相应要求：拟新增辐射工作人员共5名，包括1名医师，2名护师，2名技师。医师、护师建议配备2个人剂量计（1

个腰部、1个颈部），技师配备1个个人剂量计（1个胸部）。本项目要求为需要近距离接触病人或操作核素的医师和护师以及技师配备个人剂量报警仪。具体环保设施及投资见下表。

表 10-9 本项目环保预算一览表

项目	环保措施	投资(万元)
辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程	
	带屏蔽材料（40mm 铅当量）的同位素全自动分装仪 1 台	
	活性分装室带屏蔽效果（40mm 铅当量）的手套箱 1 套	
	活性分装室带屏蔽效果（5mm 铅当量）注射窗口操作台 1 个	
	源库药物储存罐（40mm 铅当量）3 个	
	放射性固废收集桶（8mm 铅当量）若干	
	放射性废物暂存库铅废物罐（40mm 铅当量）1 个	
	防护用品若干（运输操作药物使用的铅盒、铅注射套、铅屏风等）	
通排风系统	通排风系统	
	两级过滤装置（高效过滤器、活性炭过滤器）	
安全措施	源库保险柜（双人双锁）1 个	
	源库的红外报警仪和防盗装置 1 套	
	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	
	门灯联锁 2 套（CT 机房防护门）	
	闭门装置 1 个	
	防夹装置 1 个	
	急停开关 2 个（CT 机身和操作台自带 1 个急停开关）	
	灭火装置	
	去污用品	
人员防护用品	患者防护设备 5 套	
	医护人员防护设备 5 套	
	清洁人员防护设备 2 套	
监测用品	固定式辐射监测仪报警系统	
	X-γ辐射剂量率监测仪 1 台	
	β表面沾污仪 2 台	
	个人剂量报警仪 5 个	
	个人剂量计 10 个	
监测费用	核医学科工作场所监测费用	
综合管理	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	
	规章制度上墙	
	应急和救助的物资准备	
	合计	

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

成都市温江区人民医院拟将成都市温江区康泰路 86 号新院区 10#楼（门急诊综合楼）负 1 楼东北端区域划分为核医学科。该院区已获得原成都市环境保护局《关于成都康城投资开发有限公司温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书的审查批复》（成环建评〔2017〕191 号）。本项目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，故本项目仅进行简要分析。

本项目施工期主要为防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，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）。SPECT-CT 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。

1.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废气，但影响仅局限在施工现场附近区域。通过及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度可减少大气对环境的影响。

（2）施工期废水环境影响分析

施工期间，有一定量的建筑装修废水产生，待施工期结束后，建筑废水对环境的影响会随着施工期结束而随之消除；项目施工期施工人员生活污水产生量较小，已进入建设单位污水处理系统处理后进入城市污水管网。

（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，因此，项目将加强管理，尽量在医院手术层无人的周末进行施工。且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

（4）施工期固体废物影响分析

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位拟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制定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

2.安装调试期对环境会产生如下影响：

本项目射线装置的安装调试阶段会产生 X 射线，可能造成一定的辐射影响，因此要求安装和调试均在辐射防护建设完成后进行。本项目射线装置运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、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。

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

1. 辐射环境影响分析

表11-1 本项目核技术利用项目辐射影响一览表

核素	主要衰变方式	主要β粒子能量/MeV	主要γ射线/MeV	X 射线管电压/kV
钨-99	β- (100%)	1.23	0.78	/
钨-99m	IT (100%)	-	0.14051	/
碘-131	β- (100%)	0.606	0.364	/
SPECT-CT	/	/	/	140

*^{99m}Tc 发生 γ 衰变时放出单纯的 γ 射线。

1.1 本项目 α 射线辐射影响分析

本项目辐射工作场所未使用发射α射线的核素。

1.2 本项目 β 射线辐射影响分析

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 11-1。

$$\dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

R——β射线射程（cm）；

R_{CSRA}——质量射程(Continuous Slowing Down Approximation-Range)（g/cm²）；

ρ——材料密度（g/cm³），分别取空气、有机玻璃、混凝土、铅的密度在 NIST 数据库中对应数据。

表 11-2 各种核素 β 射线在不同屏蔽物质中的最大射程

核素	主要β粒子能量 (MeV)	CSDA Range(g/cm ²)	ρ (g/cm ³)	R (cm)	
钼-99	1.23	[REDACTED]	空气	[REDACTED]	532
			有机玻璃	[REDACTED]	0.496
			混凝土	[REDACTED]	0.294
			铅	[REDACTED]	0.0885
碘-131	0.606	[REDACTED]	空气	[REDACTED]	212
			有机玻璃	[REDACTED]	0.196
			混凝土	[REDACTED]	0.117
			铅	[REDACTED]	0.0374

*^{99m}Tc 发生 γ 衰变时放出单纯的 γ 射线。

由上表可知所以在核素操作过程中，在穿戴好防护设备后，再经过操作器械和防护设备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。

1.3 本项目 γ 射线辐射影响分析

(1) 计算公式

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

$$\dots\dots\dots \text{（公式 11-2）}$$

H——关注点处周围剂量当量率μSv/h；

A——辐射源活度（Bq）；

Γ——辐射源裸源周围剂量当量率常数(μSv·m²·MBq⁻¹·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(μSv·m²·MBq⁻¹·h⁻¹)，参考《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 L 中表 L.1；钼-99 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，无屏蔽情况下取 1，有屏蔽情况下，按照辐射源的平均射线能量及屏蔽材料的厚度查《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中表 I.1 及《辐射安全手册》（潘自强主编）图 6.4、表 6.5 可通过计算得到相应的透射比。

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

$$\eta = \frac{1}{10^{X/TVL}} \dots\dots\dots \text{（公式11-3）}$$

X:屏蔽材料厚度，mm；

TVL：不同核素对应什值层厚度，mm。

(2) 参数选择

表11-3 非密封放射性物质计算参数一览表

核素	单个患者配药活度 (MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)
钼-99			/
锝-99m			0.0207
碘-131 (甲癌)			0.0583
碘-131 (甲亢)			
碘-131 (甲吸)			

表 11-4 本项目发射 γ 射线的核素单次操作最大活度 A 及常数 Γ 一览表

核素	A (MBq)	辐射源裸源周围剂量当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	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 $A\times\Gamma(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1})$
锝-99m			28.03		19.15
碘-131 (甲癌)			440.30		431.42
碘-131 (甲亢)			22.02		21.57
碘-131 (甲吸)			0.01		0.01

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 (2.2g/cm ³)	砖 (1.65g/cm ³)	铅 (11.3g/cm ³)
	TVL (mm)	TVL (mm)	TVL (mm)
钼-99	24	31	2.9
锝-99m	110	160	1
碘-131	170	240	11

表 11-6 职业及公众受照射时间核算表

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)
锝-99m	职业	淋洗、分装、标记	3	2500	125

		注射	0.5		21	
		摆位	0.5		21	
		显像	15		625	
		公众	淋洗、分装、标记		3	125
			注射		0.5	21
			候诊		10	417
			显像		15	625
					留观	10
碘-131 (甲癌)	职业	分药	2	150	5	
		服药	1		3	
		查房	5		13	
	公众	分药	2		5	
		服药	1		3	
		住院	2640		6600	
碘-131 (甲亢)	职业	分药	2	1000	33	
		服药	1		17	
	公众	分药	2		33	
		服药	1		17	
		留观	20		333	
碘-131 (甲吸)	职业	取药	1	5000	83	
		服药	1		83	
		检查	10		833	
	公众	取药	1		83	
		服药	1		83	
		检查	10		833	

*需要住院的甲癌患者以住院6天计算，第6天上午办理出院；核医学科周围公众在工作时间内停留8h；院区内的医生护士等医护人员为全居留。

表11-7 本项目屏蔽材料透射比计算结果

材质及厚度	钼-99	钨-99m	碘-131
240mm 实心砖	1.81E-08	3.16E-02	1.00E-01
370mm 实心砖	1.16E-12	4.87E-03	2.87E-02
100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土回填	1.62E-15	5.93E-04	8.16E-03
0.5mm 铅当量防护设备	6.72E-01	3.16E-01	9.01E-01
2mmPb 防辐射板	2.04E-01	1.00E-02	6.58E-01
3mmPb 铅门/防辐射板	9.24E-02	1.00E-03	5.34E-01
5mmPb 铅门/铅玻璃/注射器防护套	1.89E-02	1.00E-05	3.51E-01
8mmPb 铅门/移动铅屏风/废物暂存桶	1.74E-03	1.00E-08	1.87E-01
10mmPb 铅门	3.56E-04	1.00E-10	1.23E-01
15mmPb 铅门/铅玻璃/传递窗	6.72E-06	1.00E-15	4.33E-02
20mmPb 铅门	1.27E-07	1.00E-20	1.52E-02
40mmPb 自动分碘仪铅筒/手套箱/药物储存罐 /铅废物桶/转运容器	1.61E-14	1.00E-40	2.31E-04

由于本项目核医学科运营过程采用当日运输当日使用的原则，故源库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11-8。

表11-8 源库内铅罐表面周围剂量当量率最大值

位置	核素	日最大用量 (Bq)	辐射源裸源周围剂量 当量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	铅罐透射比	铅罐表面周围 剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
源库	钼-99	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	3.86E-11
	钨-99m				2.80E-38
	碘-131 (甲癌)				3.05E-01
	碘-131 (甲亢)				2.03E-02
	碘-131 (甲吸)				5.09E-05

本项目针对在操作过程中会产生 γ 射线的钼-99、钨-99m、碘-131对周围环境产生的周围剂量当量率进行分析。关注点处的周围剂量当量率和核素的活度A、常数 Γ 和透射比 η 有关。根据表11-4和表11-7，针对检查区的影响较大的核素有钼-99、钨-99m、碘-131，针对治疗区影响最大的核素为碘-131，根据这三种核素来评估本项目关注点的周围剂量当量率是否满足标准限值。同时，根据限值点位要求，选取控制区外人员可达的周围剂量当量最高处、控制区内屏蔽体外周围剂量当量最高处，手套箱外以及各岗位职业人员操作位置周围剂量当量最高处作为本项目关注点，关注点位图见图11-1，所有点位均取屏蔽体外表面0.3m处，手套箱外取表面5cm处。各关注点处周围剂量当量率计算结果评估见表11-9。

(三) 计算结果

关注点周围剂量当量率

表11-9 γ 射线引起的周围剂量当量率估算结果

关注点	预测点	核素	距离(m)	屏蔽材料	透射比	周围剂量当量率($\mu\text{Sv/h}$)	控制目标值($\mu\text{Sv/h}$)	是否满足要求
1	甲吸室东北墙外	碘-131(甲吸)患者体内	■	240mm 实心砖	■	1.48E-04	2.5	满足
2	甲吸室东南门外	碘-131(甲吸)患者体内		5mmPb 铅门		1.05E-03	2.5	满足
3	甲吸室内(医护人员)	碘-131(甲吸)患者体内		8mmPb 铅屏风+0.5mm 铅衣		2.91E-04	2.5	满足
4	源库东南墙外	钼-99 裸源		370mm 实心砖+40mmPb 药物储存罐		1.38E-23	2.5	满足
		锝-99m 裸源				4.21E-42	2.5	满足
		碘-131 裸源				9.47E-04	2.5	满足
5	源库西北门外(医护人员)	钼-99 裸源		5mmPb 铅门+40mmPb 药物储存罐+0.5mm 铅衣		2.90E-13	2.5	满足
		锝-99m 裸源				5.24E-45	2.5	满足
		碘-131 裸源				2.00E-02	2.5	满足
6	源库内取药位(医护人员)	钼-99 裸源		40mmPb 药物储存罐+0.5mm 铅衣		7.21E-11	2.5	满足
		锝-99m 裸源				2.46E-39	2.5	满足
		碘-131 裸源				2.67E-01	2.5	满足
7	甲亢服药室东南墙外	碘-131(甲亢)患者体内		370mm 实心砖		3.16E-01	2.5	满足
8	甲亢服药室东南门外	碘-131(甲亢)患者体内		10mmPb 铅门		1.18E+00	2.5	满足
9	甲亢服药室西北门外	碘-131(甲亢)患者体内	15mmPb 铅门	2.12E-01	2.5	满足		
10	甲亢服药留观室东北墙外	碘-131(甲亢)患者体内	240mm 实心砖+8mmPb 防辐射板	4.78E-01	2.5	满足		
11	甲亢服药留观室西北门外	碘-131(甲亢)患者体内	8mmPb 铅门	4.37E-01	2.5	满足		
12	SPECT-CT 注射室和运动间东南墙外	锝-99m 患者体内	370mm 实心砖	1.49E-02	2.5	满足		
13	SPECT-CT 注射室和运动间东南门外	锝-99m 患者体内	5mmPb 铅门	4.79E-05	2.5	满足		
14	SPECT-CT 给药后候诊室楼	锝-99m 患者体内	100mm 混凝土+350mmC15	3.55E-04	2.5	满足		

	上			素混凝土回填				
15	SPECT-CT 给药后候诊室东南门外	锝-99m 患者体内		5mmPb 铅门		3.74E-05	2.5	满足
16	SPECT-CT 给药后候诊室西南墙外	锝-99m 患者体内		370mm 实心砖		8.29E-02	2.5	满足
17	SPECT-CT 机房摆位处 (技师)	锝-99m 患者体内		0.5mm 铅衣		2.42E+01	/	/
18	SPECT-CT 机房楼上	锝-99m 患者体内		100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土回填+3mmPb 防辐射板		3.52E-07	2.5	满足
19	SPECT-CT 机房西北门外	锝-99m 患者体内		5mmPb 铅门		1.14E-05	2.5	满足
20	SPECT-CT 机房东北窗外 (技师)	锝-99m 患者体内		5mm 铅当量铅玻璃+0.5mm 铅衣		4.42E-06	2.5	满足
21	SPECT-CT 机房东南墙外	锝-99m 患者体内		370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板		8.56E-06	2.5	满足
22	SPECT-CT 留观室西北门外	锝-99m 患者体内		5mmPb 铅门		2.28E-05	2.5	满足
23	SPECT-CT 留观室西南墙外	锝-99m 患者体内		240mm 实心砖+2mmPb 防辐射板		4.19E-03	2.5	满足
24	活性分装室内 (医护人员)	锝-99m 裸源		5mmPb 铅玻璃+5mmPb 注射器防护套+0.5mm 铅衣		2.46E-09	2.5	满足
		碘-131 裸源		15mmPb 铅玻璃+5mmPb 注射器防护套+0.5mm 铅衣		1.24E-02	2.5	满足
25	活性分装室楼上	锝-99m 裸源		100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土回填+5mmPb 注射器防护套		5.20E-09	2.5	满足
		碘-131 裸源				2.92E-05	2.5	满足
26	活性室分装室手套箱外 (医护人员)	钼-99 裸源		40mm 铅当量+0.5mm 铅衣		2.60E-11	2.5	满足
		锝-99m 裸源			8.86E-40	2.5	满足	
		碘-131 裸源			6.77E-05	2.5	满足	
27	甲癌服药室东南门外 (医护人员)	碘-131 (甲癌) 患者体内		20mmPb 铅门+0.5mm 铅衣		9.45E-01	2.5	满足
28	取餐室东北窗外 (医护人员)	碘-131 (甲癌) 患者体内		15mmPb (双面传递窗)		1.16E-01	2.5	满足

				+0.5mm 铅衣				
29	核素病房 03 东北墙外	碘-131 (甲癌) 患者体内		240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		4.23E-01	2.5	满足
30	核素病房 03 西北墙外	碘-131 (甲癌) 患者体内		240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		4.27E-02	2.5	满足
31	核素病房 03 东南墙外	碘-131 (甲癌) 患者体内		240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		3.53E-01	2.5	满足
32	核素病房 03 东南门外	碘-131 (甲癌) 患者体内		20mmPb 铅门		1.14E+00	2.5	满足
33	核素病房内 (医护人员)	碘-131 (甲癌) 患者体内		8mmPb 铅屏风+0.5mm 铅衣		7.28E+01	/	/
34	核素病房 03 楼上	碘-131 (甲癌) 患者体内		100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土回填		1.16E-01	2.5	满足
35	治疗区缓冲间 2 西南门外	碘-131 (甲癌) 患者体内		15mmPb 铅门		1.62E+00	2.5	满足
36	核素病房 01 西南墙外	碘-132 (甲癌) 患者体内		240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		4.23E-01	2.5	满足
37	放射性废物暂存库东北门外	0.1mSv/h		3mmPb 铅门+40mmPb 铅废物桶		1.01E-03	2.5	满足
38	放射性废物暂存库东南墙外	0.1mSv/h		370mm 实心砖+40mmPb 铅废物桶		5.74E-05	2.5	满足
39	放射性废物暂存库西南墙外	0.1mSv/h		240mm 实心砖+2mmPb 防辐射板+40mmPb 铅废物桶		5.26E-04	2.5	满足

*屏蔽体对源库内核素产生的 γ 射线的透射比取透射比值最大参数进行保守考虑,屏蔽体对放射性废物暂存库内核素产生的 γ 射线的透射比结合核素半衰期与透射比值参数进行保守考虑;放射性废物暂存库内废物袋表面周围剂量当量率参考《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188—2021) 7.2.3.2 放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过0.1mSv/h,单袋废物取0.1mSv/h;所有点位均取屏蔽体外表面0.3m处,手套箱外取表面5cm处

根据表11-9可知,本项目核医学科周围和内部的周围剂量当量率能够满足本项目管理目标。

保护目标年有效剂量

结合表11-4、表11-6、表11-7、表11-9及居留因子可以计算得到本项目核医学科辐射工作场所负责各项工作的职业人员年有效剂量，计算结果见表11-10。

表11-10 不同核素产生的 γ 射线累积影响一览表

核素	操作方式		周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年操作时间 (h)	居留 因子	年有效剂量 (mSv)
锝-99m	职业	淋洗、分装、 标记	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	3.24E-12
		注射				5.13E-11
		摆位				5.05E-01
		显像				2.76E-06
碘-131 (甲吸)	职业	取药				1.57E-05
		服药				2.43E-05
		检查				1.05E-03
碘-131 (甲亢)	职业	分药				2.26E-06
		服药				2.06E-04
碘-131 (甲癌)	职业	分药				/
		服药				/
		查房				9.10E-01

*根据NCRP147号报告表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。摆位工作由技师和护士共同分担，同时医护人员可利用对讲系统隔室指导病人自行到位。

①职业人员年有效剂量预测

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目辐射工作人员所受的年有效剂量（ γ 射线贡献）最大为**0.91mSv**，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中规定的“一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a”要求。

②公众年有效剂量预测

本项目每日运行8小时，每年运行250天，如果保护目标处于全居留空间，则受到影响的最长时间为2000h。结合表11-9和表7-1，对于本项目处于不同位置的公众受到的年有效剂量进行统计，计算结果见表11-11。

表11-11 本项目公众年有效剂量估算结果

位置	参考关注点	周围剂量当量率 参考值 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离参考 点距离(m)	居留 因子	年有效剂 量 (mSv)
10#楼(门急诊综合楼)负1楼	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	4.15E-05
核医学科上方(10#楼(门急诊综合楼))					3.38E-03
10#楼(门急诊综合楼)东侧 连廊					4.52E-05
9#楼(第一住院楼) 和居路					5.69E-04
四川省听力语言康复中心					8.27E-05
					4.18E-04

*10#楼(门急诊综合楼)负1楼公众所受剂量保守按照同时受到锝-99m和碘-131的 γ 辐射影响来估计。

由上表可知，未考虑核素衰减因素情况下本项目公众所受的年有效剂量（ γ 射线贡献）最大为**3.38E-03mSv**，低于本项目管理目标。

③患者服药后辐射剂量率预测

根据ICRP第94号出版物给出的数据，患者体内大约55%施予活度的碘-131在服药后24h内排出体外，22%的碘-131在第2个24h排出，即最初2d内随尿液排出总计77%，总量85%在5d内排出体外，总量90%在6d内排出体外。表11-12列出了服用碘-131的甲癌患者周围辐射剂量率变化情况。

表11-12 甲癌患者服用碘-131后周围 γ 射线剂量率分析表

时间	Day0	Day1	Day3	Day6
距离 1m 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h/MBq}$)	[REDACTED]			
服用 200mCi 患者 1m 处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	444.00	166.50	68.08	22.20

*本项目甲癌患者住院6天；甲癌患者给药后不同时间内距其1m处的平均剂量率 ($\mu\text{Sv/h/MBq}$)，参考ICRP第94号表6.3。

由上表预测值中可以看出，服药后患者对周围辐射环境影响随时间的增加而逐渐减小。甲癌患者服药后初期体外1m处 γ 辐射剂量率为444.00 $\mu\text{Sv/h}$ ，随着时间衰变，服药6天后，患者体外1m处 γ 辐射剂量率为22.20 $\mu\text{Sv/h}$ 。对于接受碘-131治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至400MBq以下或距离患者体表1米处的周围剂量当量率不大于25 $\mu\text{Sv/h}$ 方可出院，则本项目甲癌患者住院6天后均可达到出院标准。

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。但是这种影响是暂时的，其影响将随着时间的推移越来越小，因此医院应加强对服药患者管理，向患者及其家属作出口头及书面的住院期间及出院后的防护措施指导，给出辐射防护建议，要求患者在一定时间内避免外出。

④诊断患者离开医院后对环境的影响

对于本项目碘-131以外非密封性放射物质的出院管理，《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)等标准未作出具体要求。以影响较大的参考核素锝-99m(6.02h)为例，单人实际注射量分别为25mCi，患者出院预计花费1h，则出院后患者体外1m处周围剂量当量率随时间变化见表11-13。

表11-13 使用参考核素的患者离开院后不同时间段内1m处周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)

注射核素	1h	8h	15h	24h
锝-99m	17.07	7.62	3.40	1.21

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11-14、表11-15。

表11-14 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
7400	甲状腺癌	12	23	24	21	17

表11-15 甲亢和甲状腺癌出院患者出门旅游的相关限制

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

1.4 本项目X射线辐射影响分析

1.4.1 SPECT-CT辐射影响

辐射种类和计算方法

(一) 辐射种类和计算方法

据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公告2017年第66号《射线装置分类》，CT属于III类射线装置。工作时不产生放射性废水或放射性固废，不使用显、定影液，不产生废胶片，其主要环境影响因素为工作时产生的X射线，包含主射线、散射线和泄漏射线。

由于《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中未给出相关剂量率预估的参考方式，故本项目引用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）进行理论预估。《辐射防护手册》由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写，涉及范围广泛，主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，应用

于我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等多个领域，能很好地满足从事辐射防护工作的广大科技人员的实际需要。

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

（二）计算条件

（1）距离靶1m处的剂量率

根据射线装置的工作原理和实际工作状态可知，本项目采购的CT额定电压不超过140kV，额定电流不超过800mA，保守以(140kV，800mA)工况进行预测。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求可知，设计要求X射线管/准直器的最低固有过滤当量是2.5mmAl。为进行保守预计，本项目按照过滤材料为2.5mmAl进行计量估算。应用结合《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）P236图4.4c，查询对应照射量率（照射量和空气比释动能针对10-1500kV的X射线的换算系数针对空气为8.76mGy/R），结合拍片和透视工况(乘以电流)，距离靶1m处的剂量率为4.20E+08 μ Gy/h。

（2）透射因子

本项目透射因子见表 11-16。

表 11-16 SPECT-CT 机房当前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	对散射线的辐射透射因子	对主/泄漏射线的辐射透射因子
SPECT-CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板	3.87E-09	3.69E-09
	楼顶	100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土+3mmPb 防辐射板	1.73E-10	2.16E-09
	防护门	5mmPb 铅门	9.65E-07	1.47E-06
	防护窗	5mmPb 铅玻璃	9.65E-07	1.47E-06

（3）利用因子和居留因子

计算时按照关注点到达距离球管0.3m处距离，根据《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography; Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010, p300）对于利用因子一律取1。根据NCRP147号报告表 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。

则科计算CT机房周围关注点在开机时主射线、散射线和泄漏射线产生的空气比释动能率，结果见表11-17。

表11-17 本项目SPECT-CT屏蔽体外30cm出周围剂量当量率核算结果

关	预测点	距离	屏蔽材料	透射因子	利用	空气比释
---	-----	----	------	------	----	------

注点		(m)		因子	动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	主射线方向 (墙体)		370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板		1.13E-01
2	主射线方向 (楼顶)		100mm 混凝土+350mmC15 素混凝土+3mmPb 防辐射板		3.01E-02
3	泄露射线方向 (防护门)		5mmPb 铅门		4.01E-02
	散射线方向 (防护门)		5mmPb 铅门		
4	泄露射线方向 (观察窗)		5mmPb 铅玻璃		3.82E-02
	散射线方向 (观察窗)		5mmPb 铅玻璃		
5	泄露射线方向 (墙体)		370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板		1.20E-04
	散射线方向 (墙体)		370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板		

*SPECT-CT机房楼下为土层，楼上为药库；所有点位均取屏蔽体外表面0.3m处。根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)表A.9进行取值，有效剂量与吸收剂量转换系数K=1.52

因此，即使是在额定工况下，屏蔽体外表面0.3m外的周围剂量当量率均小于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中要求。结合工作时间，本项目SPECT-CT技师所受的年有效剂量(X射线贡献)最大为0.11mSv。因此本项目技师所受年有效剂量(X射线、 γ 射线叠加影响)最大为0.63mSv。

1.5 韧致辐射影响分析

根据《辐射防护手册》(潘自强主编)5.3: β 粒子被自身源物质及周围其他物质阻止时分部产生内、外韧致辐射。在估算外照射剂量时，必须考虑外韧致辐射。

韧致辐射产生的总剂量率公式为(McLintock, 1994):

$$\text{[Redacted Formula]} \text{----- (公式11-4)}$$

D: 预测点处的辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A : β 辐射体的活度, MBq;

E_{β} : β 粒子最大能量, MeV,;

d: 距离源的距离, cm, 取 $d=100\text{cm}$;

Z: 吸收体的有效原子序数, 针对铅为 82;

I: 考虑到内韧致辐射贡献的修正因子, 针对铅为 4;

μ_{en} : 韧致辐射的质能吸收系数, 查询 NIST estar 获得。

表 11-18 韧致辐射所致 1m 外辐射剂量率

核素	β 粒子最大能量 (MeV)	A	μ_{en} (cm ² /g)	D(μ Sv/h)	透射因子	铅罐外1m处周围剂量当量率 (μ Sv/h)	年操作时间(h)	年有效剂量 (mSv)
钨-99								2.21E-11
碘-131								3.97E-04

因而如果考虑韧致辐射的叠加影响,分装制药的辐射工作人员受到的年有效剂量(γ 射线、韧致辐射)最大为**6.03-04mSv**。

综上所述,本项目辐射工作人员的年有效剂量最大为**0.91mSv**,周围公众的年有效剂量最大为**3.38E-03mSv**,50m范围内其他建筑周围公众的年附加有效剂量远小于**0.1mSv**。因此综合来看,本项目运行后,核医学科场所相关的辐射工作人员以及周围公众受到的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。本项目射线装置屏蔽体防护能力能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)铅当量要求,屏蔽体外30cm处周围剂量当量率也能够满足要求。

2. 大气环境影响分析

臭氧及氮氧化物: CT机房采用机械通排风,通风条件良好,产生的O₃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。

放射性气溶胶

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

表 11-19 AERSCREEN 基础参数设置

核素	日操作量 Bq	挥发系数	活性炭过滤后比率	排风量 m ³ /h	排放速率 (Bq/s)
钨-99				13000	2.57E+02
碘-131				13000	6.58E+03

注:保守按照 1Bq 放射性气溶胶重量为 1g 进行预估

关注点落地浓度根据《环境影响评价技术导则大气环境》(HJ2.2-2018)中推荐模型AERSCREEN估算得出表11-20。

表 11-20 各保护目标处最大年摄入量及年有效剂量汇总

钨-99m 吸入内照射剂量计算					
距离(m)	落地浓度 Bq/m ³	BR 呼吸率 m ³ /h	时间 (h)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D ^{inh} _i (mSv)
23 (10#楼(门急诊综合楼)东侧连廊)					3.45E-06
41 (9#楼(第一住院楼))					2.81E-06

16（和居路）				9.88E-07
45（四川省听力语言康复中心）				2.42E-06
2500（大气评价范围）				1.59E-07
25（最大落地浓度）				3.65E-06
碘-131 吸入内照射剂量计算				
23（10#楼（门急诊综合楼）东侧连廊）				7.03E-05
41（9#楼(第一住院楼)）				5.77E-05
16（和居路）				2.06E-05
45（四川省听力语言康复中心）				5.05E-05
2500（大气评价范围）				3.33E-06
25（最大落地浓度）				7.62E-05

表 11-21 放射性核素公众最大年摄入量汇总

核素	保护目标处年最大摄入量(吸入)(Bq)	年摄入量最小限值(Bq)	备注
钨-99m	3.04E-02	7.60E+06	满足
碘-131	1.03E-03	5.50E+03	满足

根据表11-20、11-21，所有核素在保守情况下均能满足保护目标处的公众成员的放射性核素年摄入量最小限值，对周围公众附加年有效剂量满足管理目标。

职业：吸入剂量转换因子根据GB18871-2002表B7取最大值，结合核素操作时间，根据GBZ120-2020附录D中的公式D.1可推算工作人员吸入污染空气可致肺部内照射剂量：

$$D_i^{inh} = C_i \cdot BR \cdot t \cdot DRF_{inh} \dots\dots\dots \text{（公式11-5）}$$

D_i^{inh} ——吸入内照射剂量，Sv；

C_i ——空气中放射性物质的活度浓度，Bq/m³；

BR——呼吸率，m³/h，参考《辐射防护用参考人 第3部分：主要生理学参数》（GBZT 200.3-2014）P5页表5中推荐的成年男性呼吸率，1.5m³/h；

t——工作人员受照时间，s；

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

表11-22 工作人员吸入内照射年有效剂量

核素	日最大用量 (Bq)	日操作时间 (h)	C _i (Bq/m ³)	BR(m ³ /h)	T (h)	DRF _{inh} (Sv/Bq)	D _i ^{inh} (mSv)
钨-99m							1.07E-04

注：碘-131为远程操作

因此手套箱前操作人员叠加吸入后内照射影响，其最大年有效剂量**1.07E-4mSv/a**仍满足5mSv/a剂量约束值，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

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。放射、放射治疗、影像用房管道采用非磁性材料管道；放射性同位素管理区域内风管采用氯乙烯衬里风管。对于裸露在外的排风管道的防护，在需要低铅放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。

3. 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。每日按照对应核素最大日操作量进行预估，一个排放周期内保守按照125个工作日计算；甲癌按照工作25周进行计算甲癌患者保守按核素使用量的90%排入衰变池（数据引自《Release of patients after therapy with unsealed radionuclides》ICRP Publication 94），其余患者按核素使用量的20%排入衰变池。

$$I_{j,L} \dots \dots \dots \text{（公式 11-6）}$$

$I_{j,L}$ ——放射性核素 j 的年摄入量限值；

DL——相应的有限剂量的年剂量限制，GB18871-2002 中对职业人员受照剂量限值的要求为年有效剂量不超过 20mSv，因此 DL 为 20mSv；

e_j ——放射性核素 j 的单位摄入量所致的待积有效剂量的相应值，数据见 GB18871-2002 表 B3。

表 11-23 废水中放射性核素排放导出限值

核素名称	$e_j(\text{Sv/Bq})$	$I_{j,L}(\text{Bq/年})$	1ALI _{min} (Bq/次)	10ALI _{min} (Bq/月)
铈-99m			1.67E+09	1.67E+10
碘-131 (甲吸)			2.63E+06	2.63E+07
碘-131 (甲亢)			2.63E+06	2.63E+07
碘-131 (甲癌)			2.63E+06	2.63E+07

*由《电离辐射防护与辐射安全基本标准》(GB18871-2002)B1.3.5: 对于职业照射，可将 $I_{j,L}$ 用作 AL。

表 11-24 第 1 个衰变池中碘-131 的相关参数估算一览表

批次	排入衰变池核素量 (Bq)	核素半衰期 (d)	存放天数	剩余核素活度 (Bq)	每次/每月排入废水中核素活度 (Bq)	活度浓度(Bq/L)
第 1 批		8.04	356		2.50E+05	3.08
第 2 批		8.04	349			
第 3 批		8.04	342			
第 4 批		8.04	335			
第 5 批		8.04	328			
第 6 批		8.04	321			
第 7 批		8.04	314			

第 8 批		8.04	307			
第 9 批		8.04	300			
第 10 批		8.04	293			
第 11 批		8.04	286			
第 12 批		8.04	279			
第 13 批		8.04	272			
第 14 批		8.04	265			
第 15 批		8.04	258			
第 16 批		8.04	251			
第 17 批		8.04	244			
第 18 批		8.04	237			
第 19 批		8.04	230			
第 20 批		8.04	223			
第 21 批		8.04	216			
第 22 批		8.04	209			
第 23 批		8.04	202			
第 24 批		8.04	195			
第 25 批		8.04	188			
第 26 批		8.04	181			

表 11-25 第 1 个衰变池中其他核素的相关参数估算一览表

核素名称	排入衰变池核素量 (Bq)	核素半衰期	存放天数	剩余核素活度 (Bq)	每次/每月排入废水中核素活度 (Bq)	活度浓度 (Bq/L)
钨-99m					1.54E-206	1.90E-211

污水管采用耐酸防腐材料，且管外径用铅皮包住。且由上表可知经衰变池衰变后每次排出的各核素总活度小于 ALI_{min} ，每月排出的放射性废水总活度不超过 $10ALI_{min}$ ，合计总 β 浓度预计小于 $1Bq/L$ ，低于放射性废水排放限值（总 $\beta \leq 10Bq/L$ ），因此预计本项目废水对周边水环境影响是可以接受的。

4. 固体废物环境影响分析

1、放射性固体废物

表11-26 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)
钨-99m				2.33E+03	1.55E+00	1.00E+02	1.00E+07
碘-131 (甲癌)				4.06E+00	7.51E-06	1.00E+02	1.00E+06
碘-131 (甲亢)				2.71E-01	7.51E-06	1.00E+02	1.00E+06
碘-131 (甲吸)				6.76E-04	3.76E-09	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；放射性固废计划暂存周期保守按照180天估计。

2、非放射性固体废物

非放射性医疗废物采用专门的收集容器集中收集后先转移至院区污物处置用房暂存，按普通医疗废物执行转移联单制度，定期委托当地有资质单位进行处置；此外本项目工作人员产生的少量生活垃圾经医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理。以上处理方式对当地环境影响程度较小。

5. 声环境影响分析

本项目产生噪声设备主要是通排风系统，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，不会改变区域声环境功能区规划。

环境影响风险分析

1. 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。

2. 风险识别

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，会产生撒漏的可能性，这样就会使室内的设备、地面等受到放射性污染。

3. 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 11-27 中。

表 11-27 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 11-28），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故。

表 11-28 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

4. 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：

异常照射事例

4.1 辐射事故

4.1.1 复苏期间病人的放射性溢出

为了尽量减轻由转移性甲状腺癌引起的食管压迫，给 87 岁的病人施用 7400MBq

的碘-131 治疗量。病人有胃造口管和 Foley 导管。接受该剂量约 34 小时后，病人心肺骤停。5 名工作人员试图为病人复苏；他们的努力包括插入起搏器。受到放射性污染的血液和尿液被洒出，但未对在场人员的衣服进行污染检测。虽然污染是广泛的，随后的甲状腺生物测定表明没有发现工作人员体内污染。个人监测显示，其中一位护士的最高读数为 0.3mGy。

事故后果

在上述事故情景假设条件下，未达到职业人员的年剂量限值，未构成辐射事故。

4.1.2 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，丢失时锝-99m 内装活度按照最大 2 个病人用量估算，碘-131 按照最大 3 个病人用量估算；

②假设丢失后在整个事故持续时间瓶内未发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

③保守假设事故持续时间内，周围人员无任何屏蔽措施；

④事故持续时间为 2h。

剂量估算

在假设事故情景下，计算携带人员在事故持续时间内的受照剂量，计算结果见表 11-28。

表 11-29 事故状态不同时间段所致辐射剂量计算表

核素	锝-99m		碘-131			
活度 (mCi)						
周围剂量当量常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)						
裸源 $A\times\Gamma$ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$)						
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)				
		10	30	60	90	120
锝-99m	0.1	0.93	2.80	5.61	8.41	11.21
	0.5	0.04	0.11	0.22	0.34	0.45
	1	0.01	0.03	0.06	0.08	0.11
	2	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03
碘-131	0.1	22.02	66.05	132.09	198.14	264.18
	0.5	0.88	2.64	5.28	7.93	10.57
	1	0.22	0.66	1.32	1.98	2.64
	2	0.06	0.17	0.33	0.50	0.66

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。

事故等级

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

4.1.3 放射性物质泄漏造成空气、水环境、地表、土壤污染时（以铯-90 当量为标准）

空气污染：本项目使用的碘-131 日用量最大为 $2.37E+10Bq$ （该用量为所有核素中最大用量），根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成气态放射性物质的释放量小于 $5.0E+11Bq$ 的碘-131 当量，因此最多达到一般辐射事故。

水环境、地表、土壤污染：本次评价以各核素单日最大操作量为事故状态下的释放量，各核素在完全释放的状态下对应的铯-90 当量释放量计算结果见表 11-30。

表11-30 事故状态下铯-90 当量释放量计算表

核素	日最大用量 (Bq)	食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	铯-90 食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	铯-90 当量释放量 (Bq)
钼-99				8.20E+08
碘-131				1.85E+10
合计				1.94E+10

*注：食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B6 查得 1 岁以下对象参数；铯-90 当量释放量=评价核素释放量 (Bq) ×评价核素食入待积有效剂量 (Sv/Bq) /铯-90 食入待积有效剂量 (Sv/Bq)。

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+11Bq$ 的铯-90 当量时或者事故造成地表、土壤污染(未造成地下水污染)时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+12Bq$ 的铯-90 当量时为一般辐射事故。根据表 11-29 计算结果，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

4.1.4 射线装置意外照射

事故情景假设：

1) CT 正常工作时，人员误留机房，导致发生误照射；控制系统失灵，发生误照射；发生以上情况时，有未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品的辐

射工作人员或公众误留手术室。

2) 维修射线装置时，人员受意外照射。

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

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

事故后果及事故等级：

对于本项目 SPECT-CT (CT) 装置，最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。

5. 应急情况处理措施

5.1 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。

5.2 铈-99m 发生器损坏

发生器含有相对大量的放射性。在铈-99m 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。

5.3 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。

5.4 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

本项目核医学科属于乙级非密封放射性物质工作场所。按国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，分别参照II类密封型放射

源工作场所的相关要求，实施辐射安全管理。由于核素的操作量较大，一旦发生事故有可能导致环境的放射污染。核医学科显像过程中较常见的事故有：

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

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

(2) 射性药品注射操作时，会产生撒漏的可能性，这样就会使工作室、治疗室内的设备、地面等受到放射性污染。

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

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

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

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

表 12 辐射安全管理

辐射安全与生态环境管理机构的设置

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，使用核技术利用项目的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

成都市温江区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，成都市温江区人民医院应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 12-2，环评要求运行本项目的成都市温江区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。建设单位拟在核医学科工作场所内墙上显著位置补充张贴大小和字体都足够醒目的以上相应制度，并于等候区墙上张贴放射防护注意事项告知栏。

本项目建设单位涉及使用Ⅲ类X射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3。

按照法律法规中关于应用射线装置单位使用条件的规定，将其与医院防护工作现

状列于表12-1、表12-2和表12-3中进行对照分析。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实，许可证在有效期内，部分台账需要进行修正	待本项目环评工作完成后一并提交发证机关重新申领辐射安全许可证并修正相应台账部分
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	需落实	新增无证人员需通过考试后持证上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实	建议增加机构人员所在岗位
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	需落实	需购入5套医护人员防护设备、5套患者防护设备、2套清洁人员防护设备，拟配备固定式剂量监测仪并配备便携式辐射监测仪进行日常巡测
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，特别应做好医用直线加速器和血管造影机的实体保卫及防护措施	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	需完善新增项目操作规程
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	医院原有辐射工作人员已落实	本项目新增辐射工作人员需落实
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告标志	需落实	拟在检查区和治疗区进出口以及所有 CT 机房进出口设置
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检测	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	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.mec.gov.cn/rsmsreq/login.jsp) 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	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

序号	项目	环保措施	落实情况	应增加的措施
1	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程	拟建	/
2		带屏蔽材料(40mm 铅当量)的同位素全自动分装仪 1 台	拟购	1 台
3		活性分装室带屏蔽效果(40mm 铅当量)的手套箱 1 套	拟购	1 套
4		活性分装室带屏蔽效果(5mm 铅当量)注射窗口操作台 1 个	拟购	1 个
5		源库药物储存罐(40mm 铅当量) 3 个	拟购	3 个
6		放射性固废收集桶(8mm 铅当量)若干	拟购	若干
7		放射性废物暂存库铅废物罐(40mm 铅当量) 1 个	拟购	1 个
8		防护用品若干(运输操作药物使用的铅盒、铅注射套、铅屏风等)	拟购	若干
9	通排风系统	通排风系统	拟建	/
10		两级过滤装置(高效过滤器、活性炭过滤器)	拟设置	/
11	安全措施	源库保险柜(双人双锁) 1 个	拟购	1 个
12		源库的红外报警仪和防盗装置 1 套	拟设置	1 套
13		对讲装置	拟设置	/
14		监控系统	拟设置	/
15		门禁系统	拟设置	/
16		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
17		门灯连锁 2 套(CT 机房防护门)	拟设置	2 套
18		闭门装置 1 个	拟设置	1 个
19		防夹装置 1 个	拟设置	1 个
20		急停开关 2 个(CT 机身和操作台自带 1 个急停开关)	仪器厂家配送	/
21		灭火装置	拟购	/
22		去污用品	拟购	/
23	防护用品	患者防护设备 5 套	拟购	5 套
24		医护人员防护设备 5 套	拟购	5 套
25		清洁人员防护设备 2 套	拟购	2 套
26	监测用品	固定式辐射监测仪报警系统	拟设置	/
27		X-γ辐射剂量率监测仪 1 台	拟购	1 台
28		β表面沾污仪 2 台	拟购	2 台
29		个人剂量报警仪 5 个	拟购	5 个
30		个人剂量计 10 个	拟配置	10 个
31	监测费用	核医学科工作场所监测费用	固定投入,不纳入总额计算	/
32	综合管理	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/	/
33		规章制度上墙	拟设置	/
34		应急和救助的物资准备	拟购	/

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《关于成立核辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》（温医发〔2021〕141号）	需将本项目装置纳入管辖范围
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	已制定	
3	辐射工作设备操作规程	已制定	
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射安全和防护设施维护维修制度》	
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	
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》	
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所常规监测制度》	
8	监测仪表使用与校验管理制度	《辐射工作场所自行监测记录表》	
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	已制定	
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
11	辐射事故应急预案	《辐射事故处理应急预案及流程》	
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）	已制定	
13	其他	/	需制定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；请有资质的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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警仪、辐射监

测等仪器。另根据《职业性外照射个人监测规范》：5.3.2 对于如介入放射学、核医学放射药物分装与注射等全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计。5.3.3 对于5.3.2所述工作情况，建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计）。

故本项目宜为本项目所有参与手术的医师、护师每人配备2个人剂量计（一个佩戴在铅橡胶防护服内的腰部，另一个佩戴在铅防护服的领部外侧），技师要求佩戴1个人剂量计，用于监控其受到的有效剂量。同时，考虑到同室操作的特性，要求为本项目医师、护师和技师增购5台个人剂量报警仪。项目运行后医院应定期对核医学科及各放射机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

本报告针对所有医师和护师管理提出如下建议：

对于佩戴于不同部位的个人剂量计，请发放剂量计的检测单位提供不同颜色的剂量计用于区分，并用佩戴人的姓名进行文字标签标记。建议医院建立个人剂量计收发档案，当日值班医师负责监督所有人员佩戴剂量计并签字。根据《职业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：项目运行前环境本底、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、楼上和楼区域及周围关注点、衰变池及通风排口。

（3）监测点位和数据管理：应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对

核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的 γ 辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等的表面放射性污染。各CT机房、骨密度室屏蔽体外30cm处X辐射剂量率。本项目监测数据应当存档。

表12-4 定期监测点位

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	非密封放射性物质工作场所	β 表面沾污	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的 γ 辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	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
	CT机房 骨密度室	X辐射剂量率	机房屏蔽体外30cm处	每月一次（记录监测数据存档）	X- γ 辐射剂量率监测仪
委托监测	非密封放射性物质工作场所	β 表面沾污	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面的 γ 辐射剂量率。放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，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	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

CT 机房 骨密度室	X 辐射剂量率	控制区	编制辐射防护年度评估报告（每年）	X-γ辐射剂量率监测仪
其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计
	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：确保执行完善后的《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。

在开始运营本项目核医学科后，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

成都市温江区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。

实施本项目的成都市温江区人民医院应依据《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应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向成都市温江区生态环境局（028-82722197）和成都市公安局温江分局（028-82740823）报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向温江区卫生健康局（028-82722794）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。成都市温江区人民医院核医学科核技术应用项目符合成都市医疗服务需要。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（2019年本）》中的“鼓励类”第三十七条“卫生健康”第5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

医院新院区位于成都市温江区康泰路86号，院区西北侧为和居路，隔该区域由西向东依次为英菲克幼儿园、四川省听力语言康复中心和四川省八一康复中心（四川省康复医院）宿舍楼（共3栋）；东侧为绿地，隔该区域为八一路北段；东南侧为6#楼（锐视医学影像中心）及成都康城投资开发有限公司的4#楼、5#楼；南侧为1#楼（四川省精神医学中心），隔该区域为芙蓉大道一段；西南侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅。

本项目拟新建的核医学科位于新院区10#楼（门急诊综合楼）负1楼东北端，10#楼（门急诊综合楼）西北侧为院内道路；东北侧为院内道路，隔该区域为9#楼（第一住院大楼）；东南侧为3#楼（健康大楼）；南侧为2#楼（科研大楼）；西侧为院内道路。

核医学科西北侧为同层放射科污物走道和循环水泵房；东北侧为办公室、值班室、污水提升间、视频监控室、消防控制室、排风机房、楼梯；东南侧为走道和男女卫生间，隔该区域为停车场；西南侧为放射科。核医学科楼上（1楼）为药库、办公室、库房、空调中心、影像远程会诊中心、CT机房、男女刷手/淋浴间等（对于核医学科治疗区核素病房01~03楼上的1楼区域，建设单位已设计为学习室、处置室、治疗室、

医师通道、发热诊断、标本采集站等功能性用房），楼下为土质层。

医院所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；本项目周围没有建设的制约因素，且该辐射工作场所相对独立，为专门的辐射工作场所，本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了患者就诊的方便性。综上所述，项目总平面布置是合理的。

本项目核医学辐射工作场所的**控制区**主要包括活性分装室、源库、甲吸室、甲亢服药室、甲亢服药留观室及其配套的卫生间、SPECT-CT 机房、SPECT-CT 留观室及其配套的卫生间、SPECT 给药后候诊室及其配套的卫生间、SPECT-CT 注射室和运动间、骨密度室、抢救室及其配套的卫生间、甲癌服药室、核素病房 01-03 及其配套的卫生间、污洗间 1、取餐室、治疗区患者通道、缓冲间 1、缓冲间 2、放射性废物暂存库、衰变池。核医学科辐射工作场所的**监督区**主要包括控制室、患者通道、缓冲间 3、缓冲间 4、卫生通过间、医护通道、备餐室、污洗间 2、污水提升间 2、污染被服间。

SPECT-CT 机房有效面积 51.7m²，最小单边长为 5.91m，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“CT 机房内最小有效使用面积不小于 30m²，单边长度不小于 4.5m。”的要求。本项目 CT 机房布局设计基本合理。

4. 辐射屏蔽能力分析

表13-1 核医学科防护设计一览表

工作场所		四周墙体	屋顶	防护门	观察窗/ 传递窗/ 注射窗
检查区	SPECT-CT 机房	370mm 实心砖+3mmPb 防辐射板	100mm 混凝土 +350mmC15 素混凝土回 填+3mmPb 防 辐射板	5mmPb	5mmPb
	骨密度室	240mm 实心砖	100mm 混凝土	2mmPb	2mmPb
	控制室	西南侧墙体：370mm 实心砖， 其余三侧墙体为 240mm 实心 砖	+350mmC15 素混凝土回 填	/	/
	SPECT-CT 留观室	西南侧墙体：240mm 实心砖		5mmPb	/

		+2mmPb 防辐射板,其余三侧墙体为 370mm 实心砖			
	缓冲间 4	东北侧和西北侧墙体: 370mm 实心砖, 东南侧和西南侧墙体: 240mm 实心砖		东北门: 5mmPb	/
	缓冲间 3	西南侧墙体: 240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板,其余三侧墙体为 370mm 实心砖		西北门: 5mmPb	/
	抢救室	370mm 实心砖		10mmPb	/
	SPECT-CT 给药后候诊室			5mmPb	/
	SPECT-CT 注射室和运动间			5mmPb	5mmPb
	甲吸室	东北侧墙体: 240mm 实心砖, 其余三侧墙体: 370mm 实心砖		5mmPb	5mmPb
	甲亢服药室	370mm 实心砖		东南门: 10mmPb 西北门: 15mmPb	15mmPb
	甲亢服药留观	西南侧墙体: 370mm 实心砖, 其余三侧墙体: 240mm 实心砖+8mmPb 防辐射板		8mmPb	/
治疗区	甲癌服药室	西南侧和东南侧墙体: 370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板, 其余墙体: 370mm 实心砖		20mmPb	/
	甲癌取餐室	东北侧和东南侧墙体: 370mm 实心砖+9mmPb 防辐射板, 其余墙体: 370mm 实心砖		/	15mmPb (双面传递窗)
	核素病房 01-03	240mm 实心砖+15mmPb 防辐射板		20mmPb	/
	污洗间 1	东南侧墙体: 370mm 实心砖 +9mmPb 防辐射板,其余三侧墙体为 240mm 实心砖		/	/
	治疗区缓冲间 1	240mm 实心砖, 并在东北侧和东南侧墙体加 15mmPb 防辐射板		东北门: 15mmPb	/
	治疗区缓冲间 2	东北侧墙体为 240mm 实心砖, 其余三侧墙体为 370mm 实心砖, 并在西南侧和东南侧墙体加 9mmPb 防辐射板		西南门: 15mmPb	/
	治疗区患者通道	东南侧墙体为 370mm 实心砖 +9mmPb 防辐射板、其余三侧墙体为 240mm 实心砖		/	/
其他	放射性废物暂存库	西南侧墙体: 240mm 实心砖 +2mmPb 防辐射板,其余三侧墙体为 370mm 实心砖		3mmPb	/

污染被服间	东南侧墙体: 370mm 实心砖, 其余三侧墙体为 240mm 实心砖	3mmPb	/
被服间		/	/
污洗间 2	西南侧墙体: 240mm 实心砖, 其余三侧墙体为 370mm 实心砖	/	/
污水提升间 2		5mmPb	/
活性分装室	370mm 实心砖	15mmPb	/
卫生通过间		5mmPb	
源库		5mmPb	/

自动分碘仪铅筒/手套箱/药物储存罐/铅废物桶/转运容器: 40mmPb, 注射器防护套: 5mmPb, 铅废物暂存桶: 8mmPb, 移动铅屏风: 8mmPb, 辐射工作人员和患者防护设备: 0.5mm 铅当量

根据理论计算预测以及《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求, SPECT-CT 机房屏蔽墙、屋顶、地面、观察窗及防护门屏蔽厚度满足辐射防护要求。本项目机房屏蔽设计能够满足辐射防护要求。

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 射线或 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带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增配各项防护设施、防护用品和监测设施, 且拟完善辐射安全与防护制度。

7. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测。
- 2) 医院定期使用已有仪表对工作场所辐射水平进行检测; 另要求配备个人剂量报警仪。
- 3) 医院应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应配带个人剂量计, 其中医师和护师宜采用双剂量计监测法。医院及时跟监测单位核实数据原因, 及时发现、解决问题。医院应根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

成都市温江区人民医院拟为本项目配备辐射工作人员共计 5 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办法》、的要求，为保护辐射工作人员身体健康，医院应定期委托体检检验中心对该 5 名辐射工作人员进行职业健康体检。如今后有新增辐射工作人员，医院将尽快安排相关辐射工作人员进行职业健康体检，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，成都市温江区人民医院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》“有下列情形之一的，持证单位应当按照原申请程序，重新申请领取许可证：改变所从事活动的种类或者范围的；新建或者改建、扩建生产、销售、使用设施或者场所的。前款规定之外的单位的许可证，由省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门审批颁发。国务院环境保护主管部门向生产放射性同位素的单位颁发许可证前，应当将申请材料印送其行业主管部门征求意见。环境保护主管部门应当将审批颁发许可证的情况通报同级公安部门、卫生主管部门”。

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，建设单位需准备相应文件并提交审管部门（四川省生态环境厅核发），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

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 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保措施	数量
辐射屏蔽	主体建筑、防护工程	拟建

措施	带屏蔽材料（40mm 铅当量）的同位素全自动分装仪 1 台	拟购
	活性分装室带屏蔽效果（40mm 铅当量）的手套箱 1 套	拟购
	活性分装室带屏蔽效果（5mm 铅当量）注射窗口操作台 1 个	拟购
	源库药物储存罐（40mm 铅当量）3 个	拟购
	放射性固废收集桶（8mm 铅当量）若干	拟购
	放射性废物暂存库铅废物罐（40mm 铅当量）1 个	拟购
	防护用品若干（运输操作药物使用的铅盒、铅注射套、铅屏风等）	拟购
通排风系统	通排风系统	拟建
	两级过滤装置（高效过滤器、活性炭过滤器）	拟设置
安全措施	源库保险柜（双人双锁）1 个	拟购
	源库的红外报警仪和防盗装置 1 套	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
	门灯连锁 2 套（CT 机房防护门）	拟设置
	闭门装置 1 个	拟设置
	防夹装置 1 个	拟设置
	急停开关 2 个（CT 机身和操作台自带 1 个急停开关）	仪器厂家配送
	灭火装置	拟购
	去污用品	拟购
防护用品	患者防护设备 5 套	拟购
	医护人员防护设备 5 套	拟购
	清洁人员防护设备 2 套	拟购
监测用品	固定式辐射监测仪报警系统	拟设置
	X-γ辐射剂量率监测仪 1 台	拟购
	β表面沾污仪 2 台	拟购
	个人剂量报警仪 5 个	拟购
	个人剂量计 10 个	拟配置
监测费用	核医学科工作场所监测费用	固定投入，不纳入总额计算
综合管理	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/
	规章制度上墙	拟设置
	应急和救助的物质准备	拟购

综上所述，成都市温江区人民医院新增核医学科项目符合实践正当化原则，（已）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)、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)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) 医用射线装置报废前,医院应采取去功能化措施妥善处理,确保报废装置无法再次通电使用。

6) 医院应告知受检者检查完后,10个半衰期内应避免出入公共场所,并控制与家庭成员及公众的接触距离。

7) 医院应当对本单位的放射性同位素与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。

8) 本项目建设完成后,医院应及时到四川省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》,办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施重新申领登记。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,建设单位应按规范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