

编号：ZFHK-FB18220073

核技术利用建设项目
西昌市人民医院
新增核医学科核技术利用项目
环境影响报告表
(送审稿)

西昌市人民医院

2018年9月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

西昌市人民医院

新增核医学科核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：西昌市人民医院

建设单位法人代表：李杨健

通讯地址：四川省西昌市顺河街 169 号

邮政编码：615000

联系人：张永华

电子邮箱：450595429@qq.com

联系电话：13518426266

项目名称：西昌市人民医院新增核医学科核技术利用项目

文件类型：环境影响报告表

适用的评价范围：核与辐射项目

法定代表人：姚丹丹（签章）

主持编制机构：中辐环境科技有限公司（签章）

西昌市人民医院新增核医学科核技术利用项目

环境影响报告书（表）编制人员名单表

编制 主持人		姓名	职（执）业 资格证书编 号	登记（注册证） 编号	专业类别	本人签名
		李亚飞	00016672	B205600611	核工业	
主要 编制 人员 情况	序号	姓名	职（执）业 资格证书编 号	登记（注册证） 编号	编制内容	本人签名
	1	李昭龙	00017214	B205600311	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量与辐射现状、项目工程分析与源项	
	2	李亚飞	00016672	B205600611	辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理	72
表 13 结论与建议	67
表 14 审批	71

附图

- 附图 1 项目地理位置示意图
- 附图 2 医院周边环境概况图
- 附图 3 医院总平面布局图
- 附图 4 核医学科平面布局图（控制区和监督区划分示意图）及管线图
- 附图 5 衰变池结构设计示意图

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 事业单位法人证书
- 附件 3 辐射安全许可证
- 附件 4 非辐射项目环评批复
- 附件 5 现有核技术利用项目环评及竣工验收批复
- 附件 6 辐射本底监测报告
- 附件 7 辐射工作人员个人剂量监测报告
- 附件 8 辐射工作人员培训合格证
- 附件 9 辐射工作人员职业健康体检报告
- 附件 10 辐射管理规章制度
- 附件 11 执行标准确认函

附表

- 建设项目环评审批基础信息

表 1 项目基本情况

建设项目名称	西昌市人民医院新增核医学科核技术利用项目				
建设单位	西昌市人民医院				
法人代表	李杨健	联系人	张永华	联系电话	13518426266
注册地址	西昌市顺河街 169 号				
项目建设地点	西昌市天王山大道小庙乡李家村（攀西国际商贸城对面）				
建设项目总投资（万元）	1000	项目环保投资（万元）	60	投资比例（环保投资/总投资）	6%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	840
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input checked="" type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	1.1 项目概述				
1.1.1 建设单位情况					
<p>西昌市人民医院（社会信用代码：125134014527146457），始建于 1956 年，是凉山州县级医院中唯一一家国家三级乙等综合医院，医疗服务范围辐射全州 17 个县市。</p> <p>目前医院建筑面积 87826m²，编制床位 700 张，设置 62 个科室，现有职工 946 人，卫技人员 793 人，其中正高 9 人，副高 45 人，中级 136 人，硕士研究生 7 人。医院现有数字减影血管造影 X 线机（DSA）、奥泰 1.5T 超导磁共振机、飞利浦四维彩超等先进医疗设备。</p> <p>西昌市人民医院已取得四川省环境报告厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00548]），许可的种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置。</p>					
1.1.2 项目由来					
为推动全市优质医疗资源共享，提高全市医疗服务能力，更好惠及全市各族人民群众					

众，并提高医疗机构的医学影像诊断技术能力和服务水平，满足患者的诊疗需要，西昌市人民医院拟选址西昌市天王山大道小庙乡李家村建设西昌市人民医院健康管理、医学检验和医养中心（以下简称“医养中心”），该项目已取得凉山州环境保护局批复，批复文号：凉环建审[2018]27号。西昌市人民医院拟在医养中心A区一层新增核医学工作场所，新增1台PET-CT，使用 ^{18}F 放射性同位素用于显像诊断， ^{18}F 日等效操作量为 $5.55\times 10^6\text{Bq}$ ，为丙级非密封放射性物质工作场所，PET-CT为III类射线装置。

为加强辐射环境管理，防止放射性污染和意外事故的发生，确保非密封放射性物质和射线装置的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》中规定，本项目应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向省环保厅变更辐射安全许可证。

为保护环境，保障公众健康，西昌市人民医院委托中辐环境科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本环评报告表，供环保审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

- (1) 西昌市人民医院新增核医学科核技术利用项目
- (2) 建设单位：西昌市人民医院
- (3) 建设性质：扩建
- (4) 建设地点：西昌市天王山大道小庙乡李家村（攀西商贸城对面）

1.2.2 项目建设内容与建设规模

本项目拟建于医养中心大楼一层A区，医养中心大楼为地下一层，地上六层建筑。新增核医学科建筑面积为 380m^2 ，拟新增1台PET-CT，使用放射性核素 ^{18}F 用于显像诊断。核医学科建设内容包括PET-CT扫描间（ 43.2m^2 ）、控制室（ 20.8m^2 ）、注射间（ 10.2m^2 ）、注射后休息大厅和VIP休息室（含专用卫生间）（ 62.7m^2 ）、留观室（ 16.2m^2 ），配套建设候诊大厅、卫生通过间、办公室等设施。

PET-CT扫描间拟安装上海联影生产的uMI550系统1套，属III类射线装置，用于恶

性肿瘤早期诊断。PET-CT 使用显像剂 ^{18}F -FDG, PET-CT 使用 ^{18}F 日最大操作量为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$, 日等效操作量为 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$, 年用量 $1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$, 属于丙级非密封放射性物质工作场所。PET-CT 的 CT 部分最大管电压 140kV, 最大管电流为 420mA。

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	核医学科工作场所	建筑面积约为 380m ² , 新建 PET-CT 扫描间, 拟在 PET-CT 扫描间内安装一台 PET-CT, 额定管电压为 140kV, 额定管电流为 420mA, 属于 III 类射线装置; 并使用 ^{18}F 非密封放射性物质, 日最大操作量为 $5.55 \times 10^9 \text{Bq}$ (150mCi), 最大年用量为 $1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$ (37.5Ci)。核医学科工作场所计划日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$, 属于丙级非密封放射性物质工作场所。	施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣, 设备包装固废、射线装置安装调试阶段产生 X 射线等	X 射线、 γ 射线、放射性废水、放射性固废、 β 表面沾污
	1 台 PET-CT 拟在 PET-CT 扫描间内使用, 属于 III 类射线装置			
辅助工程	控制室、注射间、注射后休息大厅和 VIP 休息室 (含专用卫生间)、留观室等			
环保设施	<ul style="list-style-type: none"> ◆衰变池: 衰变池为 1 个阀门井和 3 个并联衰变池 (每个衰变池有效容量为 6m³, 2.0×2.0×1.5m)。 ◆收集放射性废物铅桶: 10mmPb 当量, 4 个; ◆废气处理设施: 1 套; ◆依托医院现有医疗废水处理站、废物处理设施。 			γ 射线、放射性废水、放射性固废、 β 表面沾污
公用工程	配电、供电和通讯系统等依托医院现有设施			
办公生活设施	医生办公室、阅片室等			生活垃圾, 生活废水

1.2.3 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及耗能情况

类别	名称	使用量	来源	主要化学成分
主要原辅材料	^{18}F	年用量为 $1.39 \times 10^{12} \text{Bq}$	原子高科股份有限公司	-
能源	煤 (T)	-	-	-
	电 (kW)	50000 度	市政网络	
	气 (Nm ³)	-	-	-
水量	地表水	300m ³ /a	市政管网	-
	地下水	-	-	-

1.2.4 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	使用场所	备注
1	PET-CT	uMI550	上海联影	140kV/420mA	III类	PET-CT 扫描间	拟购

1.2.5 本项目医用核素及使用一览表

本项目使用医用核素及其特性见表 1-4 和表 1-5。

表 1-4 本项目涉及核素特性

使用核素	半衰期	衰变方式(分支比/%)	粒子强度 /MeV(强度/%)	主要 γ 射线能量 /MeV (强度)
^{18}F	109.8min	EC (3.27) β^+ (96.73)	0.64	0.511

表 1-5 本项目使用核素诊疗用药情况

使用核素	物理状态	诊断治疗项目	年治疗人数	使用最大量	给药方式
^{18}F	液体	糖代谢、全身肿瘤诊断	3750	$3.7 \times 10^8 \text{Bq/人次}(10\text{mCi})$	静脉注射

1.2.6 本项目使用核素及工作场所分级

西昌市人民医院拟在医养中心大楼 A 区一层建核医学科工作场所，配置 1 台 PET-CT。PET-CT 工作场所用房相对独立，整个诊断流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，有明确的监督区和控制区划分，且本层内人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉。因此，可认为 PET-CT 工作场所为一个独立的非密封放射性物质工作场所。

PET-CT 使用核素 ^{18}F 进行扫描显像检查。根据 GB18871-2002 非密封源工作场所的分级原则，计划日等效最大操作量 $5.55 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属于豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7 \text{Bq}$ 的范围，故本项目核医学科工作场所属于丙级非密封放射性物质工作场所。

表 1-6 工作场所分级计算表

工作场所	核素名称	计划最大日操作量 (Bq)	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	计划日等效最大操作量 (Bq)	分级
核医学科工作场所	^{18}F	5.55×10^9	0.01	10	5.55×10^6	丙级

1.2.7 工作人员配置情况

工作制度：年工作日 250d，每天工作 8h。医院定岗定责，不存在剂量叠加问题。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 8 人，其中分装注射 4 人，阅片及摆位 4 人，均为新增人员。医院安排工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格

证书，持证上岗。医院可根据承担诊疗、教学科研任务、开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。本项目由医院新增核医学科进行管理，设备科进行维护工作。

1.3 本项目产业政策符合性

本项目为核与辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2011 年本）（修正）》（国家发展改革委 2013 年第 21 号令），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。本项目的运营可为西昌市病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平的重要内容，本项目具有放射实践的正当性。

1.4 本项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析

1.4.1 项目选址合理性分析

本项目位于西昌市天王山大道小庙乡李家村新建医养中心，医院周围为在建医院、周边商业等、预留空地，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。医院《西昌市人民医院健康管理、医学检验、医养中心业务用房改造工程环境影响报告书》已取得凉山州环境保护局批复，批复文号为凉环建审[2018]27号，项目建设及选址符合相关规划要求。

本项目新增核医学科工作场所位于医养中心大楼 A 区一层，所在区域为专门的辐射工作场所，位置相对独立，且工作场所通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围的环境影响较小，符合国家标准相关要求，其选址是合理的。项目周边环境示意图见附图2。

1.4.2 外环境关系分析

（1）医院外环境关系

西昌市人民医院医养中心位西昌市天王山大道小庙乡李家村，医养中心东侧和南侧为二期预留用地，西南约 60m 处为加油站，西侧为规划教堂，再往西为天王山大道，隔路为攀西国际商贸城，距离医养中心约 150m，北侧为规划市政道路，隔路为在建医院。医院地理位置详见附图 1。

（2）项目外环境关系

西昌市人民医院医养中心由整体一幢大楼组成，大楼呈 E 型：北侧为 A 区，中间连廊为 B 区和 D，中间为 C 区，南侧为 F 区。本项目核医学科工作场所位于 A 区一层，东侧为体检接待大厅、楼梯、外联办公室等，南侧为医院休闲广场，西侧为挂号收费办公区，北侧为医院内部道路。楼上为体检中心，楼下为地下车库。

项目核医学科工作场所边界外 50m 范围内主要为医院内部建筑、预留空地和在建医院，无居民敏感点。

(3) 项目布局合理性分析

本项目核医学科工作场所拟设置候诊大厅、PET控制室、卫生通过间、淋浴更衣间、PET-CT扫描间、注射间、注射后VIP休息室（内设患者专用卫生间）、注射后休息大厅（内设患者专用卫生间）、留观抢救室等相关用房。

本项目PET扫描间与控制室分开，并设置有观察窗观察病人，布局合理。控制区走廊出入口防护门设置有单向门禁系统，满足GBZ120-2006“控制区内走廊应避免无关人员通过。控制区除医务人员外，其他无关人员不得入内，患者也不应随便离开该区。”的要求。

核医学科工作场所药物分装注射与扫描检查分开，注射后休息大厅和休息室内设有注射后病人专用卫生间，满足《临床核医学卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于临床核医学工作场所对于布局的要求以及《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）中关于安全操作的要求。

环评认为，本项目辐射工作场所PET-CT机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。从便于放射诊疗工作、便于辐射安全管理角度而言，项目平面布局是合理的。

1.5 原有核技术利用许可情况

1.5.1 医院原有项目辐射安全许可证情况

医院现有医用辐射活动已取得《辐射安全许可证》，证书编号：川环辐证[00548]，许可各类和范围：使用II类、III类射线装置，有效期至2022年11月01日，见附件2。医院现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表1-7。

表 1-7 现有射线装置

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	工作场所	环评情况	验收情况
1	DSA	II类	1	GE Innova IG530	150	800	导管室	川环审批[2017]127号	已验收
2	移动式 X 线机	III类	1	PLX112B	100	5	手术室	已审批	已验收
3	CT	III类	1	Brilliance16T	150	50	放射科		
4	数字化 X 线成像系统	III类	1	EVOLUTION	125	500	放射科		
5	床旁数字化 X 线成像系统	III类	1	PLX5200	125	500	放射科		
6	牙片机	III类	1	CS200	100	5	放射科		
7	口腔 CT	III类	1	800S HD3D Plus	90	150	放射科	备案号: 201751340100000126	/
8	数字化 X 线成像系统	III类	1	EX5000S-DDR	150	800	体检中心		
9	数字化 X 线成像系统	III类	1	DIGITALD IAGNOST	150	800	放射科		

注：医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生辐射安全事故

1.5.2 原有核技术利用项目辐射安全管理

(1) 辐射安全管理制度

西昌市人民医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）等相关规定，成立辐射安全与防护管理工作领导小组，并明确各成员的工作职责。

医院已制定《辐射安全管理规定》、《辐射设备操作规程》、《放射源与射线装置台账管理制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平检测方案》、《辐射事故应急措施》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《设备检修维护制度》、《患者告知制度》、《质量保证大纲和质量控制检测计划》等规章制度。医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

医院已在制度中明确辐射工作场所每年需委托有资质的单位进行监测，环评要求医

院每年按照年度评估报告制度，年末编写年度评估报告，并将年度评估报告向当地环保局备案，建立评估记录。

该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常，同时，经建设单位证实，西昌市人民医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

（2）辐射工作人员个人剂量

医院共有 23 名辐射工作人员，医院已经组织辐射工作人员每年进行身体健康检查，并建立了个人健康档案。医院已委托凉山彝族自治州疾病预防控制中心完成个人剂量检测工作，现有辐射工作人员年度个人剂量最大值为 1.55mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员要求的剂量限值。

环评建议：医院需进一步完善个人剂量档案管理，要有专人发放并回收，且有专门的位置存放，做到人员剂量档案一人一档并具有可追溯性。当辐射工作人员每季度个人剂量监测数值超过 1.25 mSv 时，医院应予以重视，对该数据异常情况的出现进行及时调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字。此外，辐射工作人员若调离辐射工作岗位，其个人剂量档案应保存 30 年；如一直从事辐射工作直至退休，则其个人剂量档案应保存到 75 岁。医院还应保证每名辐射工作人员定期进行职业健康体检，若检查结果异常，应及时分析原因。

（3）工作人员及工作制度

本项目新增辐射工作人员 8 人，全部均为新增工作人员。环评要求医院需积极与地方环保局或环保厅进行沟通，及时组织新增人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，持证上岗，并且严格落实《辐射工作人员培训制度》。

医院现有辐射工作人员 23 人，年工作日 250 天，每天工作 8h。其中 9 人持有四川省环境保护厅辐射安全与防护培训合格证。

环评要求：医院应尽快安排相关辐射工作人员参加四川省环境保护厅举办的辐射安全与防护知识培训，并取得合格证书持证上岗；持证人员应每 4 年接受一次再培训。

（4）辐射工作场所监测

根据环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，西昌市人民医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行了监测。医用射线装置使用场所，主要针对射线装置机房周围（四周墙体、楼上和楼下、防护门和观察窗外）、控制室进行监测，监测数据记录存档。

西昌市人民医院委托成都华亚科技有限公司开展了 2017 年度辐射环境现状监测。根据成都华亚科技有限公司提供的检测报告（HYWJ(2017) 第 0522 号和 HYHJ(2017)），医用射线装置正常曝光时，其控制室和周围环境的 γ 射线空气吸收剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制目标值。

环评要求：医院对辐射工作场所进行定期监测，监测周期和频率根据射线装置的实际操作使用情况而定，监测数据应存档备案。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	生产或使用场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	液态低毒半衰期 109.7min	使用	5.55×10 ⁹	5.55×10 ⁶	1.39×10 ¹²	显像诊断	很简单操作	医养中心A区一层核医学科	按需订购，不贮存，核医学科使用

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速粒籽	最大能量 (MeV)	活动种类	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	装置名称	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	PET-CT	III	1	uMI 550	140	420	医疗诊断	医养中心 A 区一楼 PET/CT 机房	拟购

2	DSA	II	1	GE Innova IG530	150	800	介入治疗	导管室	现有
3	移动式 X 线机	III	1	PLX112B	100	5	医疗诊断	手术室	现有
4	CT	III	1	Brilliance16T	150	50	医疗诊断	放射科	现有
5	数字化 X 线成像系统	III	1	EVOLUTION	125	500	医疗诊断	放射科	现有
6	床旁数字化 X 线成像系统	III	1	PLX5200	125	500	医疗诊断	放射科	现有
7	牙片机	III	1	CS200	100	5	医疗诊断	放射科	现有
8	口腔 CT	III	1	800S HD3D Plus	90	150	医疗诊断	放射科	现有
9	数字化 X 线成像系统	III	1	EX5000S-DDR	150	800	医疗诊断	体检中心	现有
10	数字化 X 线成像系统	III	1	DIGITALD IAGNOST	150	800	医疗诊断	放射科	现有

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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
核医学科放射性废水	液态	^{18}F	/	<0.01Bq	/	总 α <1Bq/L 总 β <10Bq/L	设置 3 个并联衰变池（每个衰变池有效容量为 6m ³ ）	衰变后低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放导出限值后进入医院污水处理站进一步处理。
放射性固废	固态	^{18}F	/	/	/	<1×10 ¹ Bq/g	设 4 个 20L 衰变桶，置于注射间暂存	经衰变 10 个半衰期以上后达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。
废气	气态	臭氧 (O ₃)、 氮氧化物	/	少量	少量	/	通风换气次数不小于 4 次/h	排放至大气外环境中

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 实施);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2016 年 9 月 1 日实施);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施);</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(中华人民共和国国务院令第 682 号(2017 年 10 月 1 日发布施行);</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(环境保护部令第 44 号, 2017 年 9 月 1 日起施行);</p> <p>(6) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》(生态环境部令 第 1 号, 2018 年 4 月 28 日起施行);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号, 2005 年 12 月 1 日起施行, 2014 年 7 月 29 日部分修改);</p> <p>(8) 《放射性废物安全管理条例》(国务院令第 612 号, 2012 年 3 月 1 日起施行);</p> <p>(9) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》(环办辐射函[2016]430 号);</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(环境保护部令第 3 号, 2008 年 12 月 6 日实施, 2017 年 12 月进行修正);</p> <p>(11) 《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, 原国家环保总局、公安部、卫生部文件, 2006 年 9 月 26 日);</p> <p>(12) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日实施);</p> <p>(13) 《关于发布《射线装置分类》的公告》(环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号);</p> <p>(14) 《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过, 2016 年 6 月 1 日起实施)。</p>
----------------------------	--

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001);</p> <p>(4)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2016);</p> <p>(6)《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006);</p> <p>(7)《医疗照射防护基本要求》(GB179-2006);</p> <p>(8)《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013);</p> <p>(9)《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》(GBZ180-2006);</p> <p>(10)《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);</p> <p>(11)《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ133-2009);</p> <p>(12)《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005);</p> <p>(13)《操作非密封源的辐射防护规定》(GBZ11930-2010)。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1)《辐射防护导论》，方杰主编；</p> <p>(2)《简明放射性同位素应用手册》，卢玉楷主编；</p> <p>(3)《辐射防护手册》(第一分册)，李德平、潘自强主编；</p> <p>(4)《辐射防护技术与管理(电离辐射防护技术与管理)》，张丹枫、赵兰才；</p> <p>(5) 医院提供的其它与本项目有关的技术资料；</p> <p>(6)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016])。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目主要涉及非密封放射性物质工作场所和 III 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，结合本项目特点，确定本项目评价范围为：核医学科工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内，具体范围见图 2。

7.2 环境保护目标

本项目环境保护目标为医院内的辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员和以及公众。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	保护目标名称	方位	照射类型	距离	规模
院内保护目标	本项目辐射工作场所	-	职业照射	-	8 人
	体检中心	核医学科楼上	公众照射	0-50m	流动
	体检接待中心	核医学科东侧	公众照射	0-50m	流动
	休闲广场	核医学科南侧	公众照射	0-50m	流动
	挂号收费	核医学科西侧	公众照射	0-50m	流动
	市政道路	核医学科北侧	公众照射	0-50m	流动
	地下车库	核医学科楼下	公众照射	0-50	流动

7.3 评价标准

本项目执行标准如下：

7.3.1 环境质量标准

- (1) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准。
- (2) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。
- (3) 大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类标准。

7.3.2 污染物排放标准

- (1) 废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中预处理标准。
- (2) 噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

(3) 大气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准以及《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表3要求。

(4) 固体废物：执行《一般工业固体废物储存、处置场污染物控制标准》；如有危险废物产生，执行危废相关标准。

7.3.3 电离辐射标准

辐射标准执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的工作人员接受年剂量不超过20 mSv，公众接受的年剂量不超过1mSv。

项目单位根据该标准规定，制定本项目管理剂量约束值，见表7-2。工作场所β放射性表面污染控制水平见表7-3。

表7-2 本项目辐射环境影响评价标准 mSv/a

分类	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 基本限值标准	剂量约束值/评价标准
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

表7-3 本项目工作场所β放射性表面污染控制水平 Bq/cm²

表面类型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	40
	监督区	4

7.3.4 剂量控制水平

放射工作场所边界周围剂量率控制水平参照《医用 X 射线诊断辐射防护要求》（GBZ130-2013）有关规定，本项目 PET-CT 扫描间使用场所在距离机房屏蔽体外表面30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5μSv/h。

7.4 辐射环境评价相关标准列举

（一）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1) 防护与安全的最优化

4.3.3.1 款 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件(治疗性医疗照射除外)。

2) 剂量限值

(1) 职业照射

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

B1.1.1.1 款 应对任何工作人员的照射水平进行控制,使之不超过下述限值:

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv;

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;

c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;

d) 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量, 500mSv;

e) 其中, 对于年龄为 16 到 18 岁徒工或学生年有效剂量, 6mSv。

本项目取其四分之一即 **5mSv** 作为管理约束值。

(2) 公众照射

B1.2.1 款 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值:

a) 年有效剂量, 1mSv;

本项目取其十分之一即 **0.1mSv** 作为管理约束值。

3) 分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散,并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区: 这种区域未被定为控制区,在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施,但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

4) 表面放射性污染的控制

工作人员体表、内衣、工作服、以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循附录 B（标准的附录 B）B2 所规定的限制要求。

B2 款 表面污染控制水平

工作场所的表面污染控制水平如表 7-4 所列。

表 7-4 工作场所的放射性表面污染控制水平 (Bq/cm²)

表面类型		β 放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4×10 ¹
	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

5) 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所分级

C1 款 应按表 C1 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7-5 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

6) 放射性物质向环境排放的控制

8.6.2 款 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 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 10ALImin (ALImin 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 1ALImin，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

(二) 《操作非密封源的辐射防护规定》(GB11930-2010)

7.1.2 款 应从源头控制，减少放射性废物的产生，防止污染扩散。

7.1.3 款 应分类收储废物，采取有效方法尽可能进行减容或再利用，努力实现废物最小化。

7.1.4 款 应做好废物产生、处理、处置（包括排放）的记录，建档保存。

7.2.1 款 不得将放射性废液排入普通下水道；不允许利用生活污水系统洗涤被放射性污染的物品。

7.2.2 款 废液应妥善地收集在密闭的容器内。盛装废液的容器，除了其材质应不易吸附放射性物质外，还应采取适当措施保证在容器万一破损时其中的废液仍能收集处理。遇有强外照射时，废液收集地点应有外照射防护措施。

7.2.3 款 经过处理的废液在向环境排放前，应先送往监测槽逐槽分析，符合排放标准后方可排放。

（三）《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）

该标准适用于医疗机构污水排放的控制，医疗机构建设项目的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工验收及验收后的排放管理。

4.1.2 款 县级及县级以上或 20 张床位及以上的综合医疗机构和其他医疗机构污水排放执行表 2 的规定。直接或间接排入地表水体和海域的污水执行排放标准，排入终端已建有正常运行城镇污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

5.4 款 医疗机构的各种特殊排水应单独收集并进行处理后，再排入医院污水处理站。

5.4.1 款 地方设想废水应经衰变池处理

表 7-6 综合医疗机构和其他医疗机构水污染物排放标准（日均值）

序号	控制项目	排放标准	预处理标准
22	总 α (Bq/L)	1	1
23	总 β (Bq/L)	10	10

6.1 款 污水取样与及监测

6.1.1 款 应按规定设置科室处理设施排出口和单位污水外排口，并设置排放口标志。

6.1.2 款 总 α 、总 β 在衰变池出口取样监测。

本项目适用于上述表 7-4 中预处理标准，医院衰变池排放口排放限值执行该标准：放射性废水衰变池排放口总 α 满足 1Bq/L，总 β 满足 10Bq/L。

（四）《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ 133-2009）

1) 放射性废液

5.1.1 款 使用放射性核素其日等效最大操作量等于或大于 2×10^7 Bq 的临床核医学

单位和医学科研机构，应设置有放射性污水池以存放放射性废水直至符合排放要求时方可排放。放射性污水池应合理选址，池底与池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，应有防泄漏措施。

5.1.2 款 产生放射性废液而可不设置放射性污水池的单位，应将仅含短半衰期核素的废液注入专用容器中通常存放 10 个半衰期后，经审管部门审核准许，可作为普通废液处理。对含长半衰期核素的废液，应专门收集存放。

5.2.1 款 使用放射性药物治疗患者的临床核医学单位，应为住院治疗患者提供有防护标志的专用厕所，对患者排泄物实施统一收集和管理。

5.2.2 款 专用厕所应具备使患者排泄物迅速全部冲入专用化粪池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

5.2.8 款 符合下列条件之一的患者排泄物不需要统一管理：

a 注射或服用放射性药物的门诊患者排泄物；

b 符合出院条件的患者排泄物。

2) 固体废物管理

(1) 废物收集

6.1.2 款 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志，污物桶放置点应避开工作人员工作和经常活动的区域。

6.1.3 款 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转送贮存室，并放入专用容器中贮存。

6.1.4 款 对注射器和破碎器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入专用塑料袋内。

6.1.5 款 每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。

(2) 废物临时贮存

6.2.1 款 产生少了放射性废物的非密封型放射性核素应用单位，经审管部门批准可将其废物临时贮存在许可的场所和专门的容器中，贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值要求。

6.2.2 款 贮存室建造结构应符合放射卫生防护要求，且具有自然通风或安装通风设备，出入口设电离辐射警示标志。

6.2.3 款 废物袋、废物桶及其存放废物的容器必须安全可靠，并应在显著位置标

有废物类型、核素种类，比活度水平和存放日期等说明。

6.2.3 款 废物包装体外表面的污染控制水平 $\alpha < 0.04\text{Bq/cm}^2$ ， $\beta < 0.04\text{Bq/cm}^2$ 。

(3) 废物处理

6.3.3 款 未知核素的废物在其活度浓度小于或等于 $2 \times 10^4\text{Bq/kg}$ 时，或废物中的核素已知且其活度浓度符合 4.4 或者 4.5 时，可作免管固体废物处理。

4.4 如果经审管部门确认或批准，凡放射性活度小于或等于附录 B 所示清洁解控水平推荐值的放射性废物，按免管废物处理。

对于 ^{18}F ，其活度达到解控水平 ($1 \times 10^1\text{Bq/g}$)，可做免管固体废物处理。

(五) 《放射性废物管理规定》(GB14500-2002)

第 12.2.3.1 款 医院、学校、研究所和其他放射性同位素应用单位产生的少量放射性废物 (包括废放射源)，经审管部门批准可以临时贮存在许可的场所和专用容器中。贮存时间和总活度不得超过审管部门批准的限值。

第 12.2.3.2 款 应采用安全可靠的贮存容器，建立必要的管理办法，并配备管理人员，防止废物丢失或污染周围环境。

本项目使用的非密封放射性物质为 ^{18}F ，半衰期较短，可以将放射性废物收集暂存，待衰变时间超过所含半衰期最长核素的 10 个半衰期后，经监测符合清洁解控水平，经审管部门确认或批准后，再按医疗废物环境管理要求进行无害化处理。

(六) 《医用 X 射线诊断放射防护标准》(GBZ 130-2013)

本标准适用于医用诊断 X 射线机的生产和使用。

5 X 射线设备机房防护设施的技术要求

5.1 X 射线设备机房 (照射室) 应充分考虑邻室 (含楼上和楼下) 及周围场所的人员防护与安全。

5.2 每台 X 射线机 (不含移动式 and 携带式床旁摄影机与车载 X 射线机) 应设有单独的机房，机房应满足使用设备的空间要求。对新建、改建和扩建的 X 射线机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应不小于表 7-7 要求。

表 7-7 X 射线设备机房 (照射室) 使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积 m^2	机房内最小单边长度 m
CT 机	30	4.5

5.4 在距机房屏蔽体外表面 0.3m 处，机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求 (其

检测方法按 7.2 和附录 B 中 B.6 的要求):

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

b) CT 机、乳腺摄影、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 其余各种类型摄影机房外人员可能受到照射的年有效剂量约束值应不大于 0.25mSv , 测量时, 测量仪器读出值应经仪器响应时间和剂量检定因子修正后得出实际剂量率。

(七) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)

4.1 款 临床核医学的工作场所应按照 GB18871-2002 非密封源工作场所规定进行分级, 并采取相应的放射防护措施。

4.5 款 合成和操作放射性药物所用的通风橱, 工作中应有足够风速 (一般风速不小于 1m/s), 排气口应高于本建筑屋脊, 并酌情设有活性炭过滤或其他专用过滤装置, 排出空气浓度不应超过有关法规标准规定的限值。

4.7 款 临床核医学工作场所应备有收集放射性废物的容器, 容器上应有放射性标志。

4.8 款 临床核医学诊断及治疗工作场所 (包括通道) 应注意合理安排与布局。其布局应有助于实施工作程序, 如一端为放射性物质贮存室, 一次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过

4.9 款 临床核医学诊断用给药室与检查室应分开。如必须在检查室给药, 应具有相应的放射防护设备。

4.10 款 临床核医学诊断用候诊室应靠近给药室和检查室, 宜有受检者专用厕所。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 本项目所在地 γ 辐射空气吸收剂量现状监测

为了解本项目评价范围内的辐射环境质量现状，受中辐环境科技有限公司的委托，浙江建安检测研究院有限公司监测人员于 2018 年 7 月 24 日对本项目拟建场址进行了 γ 辐射空气吸收剂量率环境监测，监测报告见附件 6。

8.1.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(一) 环境现状评价对象

辐射工作场所周围环境贯穿辐射水平。

(二) 监测因子

γ 辐射剂量率

(三) 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) 有关布点原则进行布点，共计布点 28 个，分别布置在拟建核医学科工作场所及四周。

8.1.3 监测方案和结果、质量保证措施

(一) 监测方案

①监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

②监测日期：2018 年 7 月 24 日

③监测方式：现场监测

④监测依据：GB/T 14583-93 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

⑤监测频次：依据 GB/T14583-93 标准予以确定

⑥监测工况：辐射环境本底

⑦天气环境条件：天气：多云；温度：27℃；相对湿度：60%。

⑧监测设备：XH-2020 型环境级 X- γ 剂量率仪。

表 8-1 监测方法及方法来源

项目	监测方法	方法来源
γ 辐射剂量率	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范	GB/T14583-93
	辐射环境监测技术规范	HJ/T61-2001

表 8-2 监测仪器相关信息

仪器型号	XH-2020 型环境级 X-γ 剂量率仪
生产厂家	西安西核彩桥实业科技有限公司
仪器编号	05032997
能量范围	45keV~3MeV (±30%)
量程 (校准)	0.001~1500μSv/h
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
检定证书	2018H21-10-1353899002
检定有效期	2018 年 01 月 26 日~2019 年 01 月 25 日

(二) 质量保证措施

(1) 在拟建项目场地内及四周墙体外、评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

(2) 监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；

(3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

(4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验；

(5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(三) 监测结果

表 8-3 辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号	监测点位置	监测结果 (μGy/h)	备注
1#	核医学科北侧室外	0.121	道路
2#	挂号收费办公室	0.134	室内
3#	等候大厅	0.148	室内
4#	阅片室	0.142	室内
5#	医生办公室	0.148	室内
6#	问诊室	0.146	室内
7#	控制室	0.149	室内
8#	PET-CT 机房	0.150	室内

9#	注射间	0.149	室内
10#	注射后 VIP 休息室	0.149	室内
11#	注射后休息大厅	0.153	室内
12#	体检接待大厅	0.136	室内
13#	核医学科南侧室外	0.119	道路
14#	楼上体检中心	0.147	室内

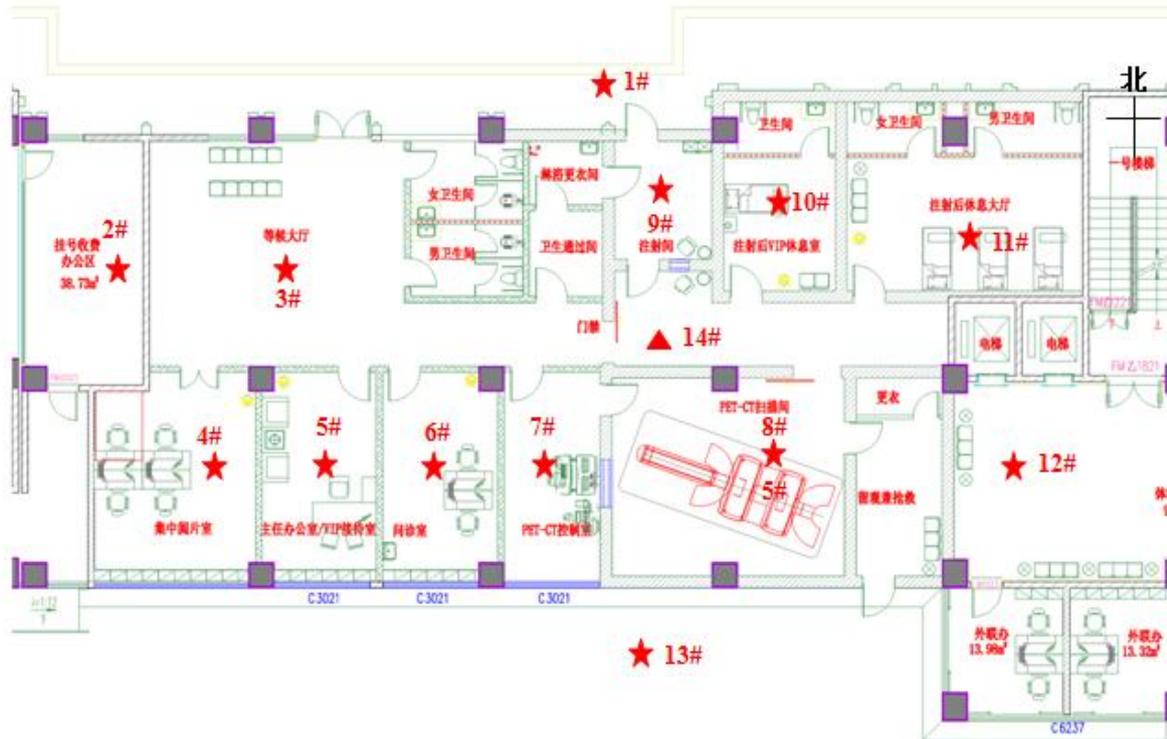


图 8-1 监测点位布局图

8.2 环境现状调查结果的评价

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

由表 8-3 的监测结果可知：拟建核医学科场所及周边环境的室内 γ 辐射剂量率本底值在 $0.134\sim 0.150\mu\text{Gy/h}$ 之间，室外 γ 辐射剂量率本底值为 $0.121\mu\text{Gy/h}$ 和 $0.119\mu\text{Gy/h}$ ，处于《中国环境天然放射水平》（1995 年，国家环保局）中四川省凉山地区天然贯穿辐射水平室内（ $0.11\sim 0.16\mu\text{Sv/h}$ ）和室外（ $0.10\sim 0.14\mu\text{Sv/h}$ ）正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程与源项分析

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期环境影响分析

西昌市人民医院健康管理、医学检验、医养中心业务用房改造工程环境影响报告书已获得凉山州环境保护局批复，批复文号为凉环建审[2018]27号，因此本项目施工期主要是对已有建筑物内部进行防护改造和装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收，施工期工艺流程及产污环节如下：

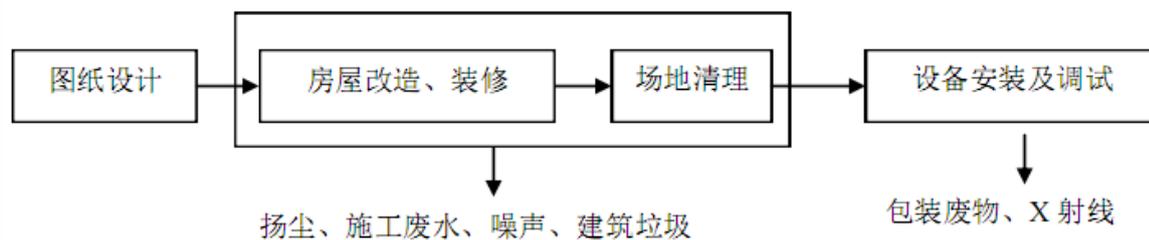


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

（一）扬尘

由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。

（二）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

（三）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，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托医院现有生活污水处理设施处理。

（四）固体废物

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

（五）X射线

本项目 PET-CT 设备安装调试不涉及放射性药物的使用，仅调试阶段 CT 会产生 X 射线，造成一定的辐射影响，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

9.1.2 运营期环境影响分析

(1) PET-CT设备组成

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

(2) PET-CT 诊断工作原理

PET-CT (Positron Emission Tomography and Computer Tomography)，全称正电子发射断层与计算机断层诊断技术，是在 PET 和 CT 的基础上发展起来的新设备，充分结合了 PET 高灵敏度和 CT 高分辨率的优势。其原理是通过正电子核素其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术；同时结合应用高档多排 CT 技术进行精确定位，可以精确地提供靶器官的解剖和功能双重信息，并能够独立完成多排螺旋 CT 的临床显像，大大提高临床使用价值。

西昌市人民医院核医学科拟配置的 PET-CT，型号为上海联影生产的 uMI550，其中使用的 CT 最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 420mA。PET-CT 拟使用放射性核素为 ^{18}F 。放射性核素的相关性状如表 9-1 所示。 ^{18}F 每人每次最大使用量为 $3.7 \times 10^8 \text{Bq/人次}$ (10mCi)，主要用于糖代谢、全身肿瘤显像。本项目所使用的 ^{18}F 外购，鉴于其半衰期仅 109.8min，使用时根据需要现买现用。 ^{18}F 在注射间进行分装和注射给药。分装在通风橱中完成，医生隔通风橱进行分装；注射时，医生与病人分别位于注射窗的两侧，距患者约 50cm。给药后的病人根据需要在注射休息室观察 10~40min 后，在扫描间进行核素显像。

表 9-1 放射性核素 ^{18}F 的相关性状

核素	半衰期	衰变类型及分支比 (%)	主要 α 、 β 辐射能量 (MeV)	主要 γ 、X 射线能量 (MeV)	空气比释动能率常数 ($\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \text{MBq}^{-1} \text{h}^{-1}$)
^{18}F	109.7min	EC (3.27) β^+ (96.73)	0.64	0.511	0.143

(3) 工艺流程及污染因子

PET-CT 诊断具体工作流程如下：

①接收患者，开具 PET-CT 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；

②医生根据病情确定使用核素的类别和剂量；

③病人通过注射将放射性药物摄入。在药品摄入过程中存在 γ 射线污染，同时会产生放射性废水、固废(注射器、棉球、药品盒)；

④病人注射药品后通过仪器进行器官显像和病情检查。此过程病人带有 γ 射线。

PET-CT 系统诊断工艺流程及产污位置图如图 9-2 所示。

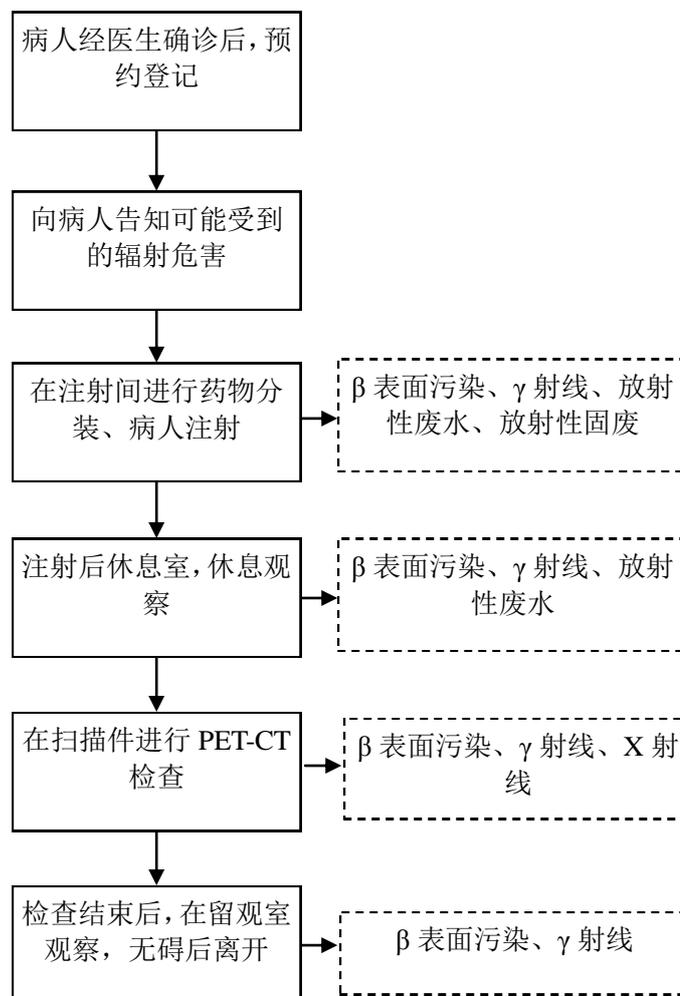


图 9-2 PET-CT 系统诊断工艺流程及产污位置简图

因此，用 ^{18}F 等核素标记 PET-CT 显像主要环境影响为分装、注射对工作人员产生的外照射；分装、注射过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、注射放射性药物患者的排泄物。CT 扫描时产生的 X 射线。

9.1.3 核医学科人流、物流路径规划

(1) 辐射工作人员路径

辐射工作人员从医生办公室由候诊大厅通道向北通过卫生通过间进入注射间，在注

射间内完成分装注射操作后原路返回。向南则直接进入控制室，进行扫描检查。

该路径上卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施，注射间设有废物衰变桶，产生的固体废弃物暂存于衰变桶。

2、PET患者路径：

受检者按预约日期首先到问诊室内接受宣讲和告知， ^{18}F 受检者向东通过单向门禁后到达注射窗，接受给药后进入 PET 注射后休息大厅或注射后 VIP 休息室内候诊，按叫号顺序前往 PET-CT 扫描间内接受检查，检查结束后由扫描间防护门进入留观室内留观，而后从留观室南侧门离开核医学科。

该路径上，受检者入口和受检者出口处均设置为单向门禁，仅允许受检者单向通行。注射后休息大厅和 VIP 休息室均设有独立的卫生间，患者在注射后候诊区内静卧候诊，在专用卫生间内如厕，不随意走动。

3、PET放射性药物路径：

^{18}F 放射性药物经由北侧通过注射间北侧门直接送至通风橱暂存。放射性核素均拟由有资质厂商按照约定时间将药物放置在通风橱。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设期

(1) 污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主要为防护改造和装饰装修、设备安装调试，工程量小，施工时间段，非放射性污染物产生量较小，设备调试阶段不涉及放射性同位素使用，仅 CT 调试会产生 X 射线。

(2) 非放射性污染源环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

9.2.2 运行期

(1) 辐射

PET-CT 扫描时产生的 X 射线；正电子药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线。以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

(2) β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 ^{18}F 的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的 β 放射性表面污染。

(3) 废气

本项目使用的 ^{18}F 在专业供应商放置在铅罐中直接送到注射间的通风橱中，无开放液面，空气中挥发散逸的放射性同位素几乎没有，因此放射性气溶胶非常少，其对医护人员和公众的内照射影响可以忽略。

(4) 废水

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

(5) 固体废物

放射性同位素操作过程中产生的如注射器、一次性手套、棉签、滤纸等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物，污染途径为操作过程中及收集固废过程中和贮存衰变时对医务人员产生的外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目辐射安全防护设施

10.1.1 工作场所平面布局

本项目辐射工作场所位于医养中心 A 区一层。核医学科工作场所六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 本项目工作场所周边布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
1	医养中心大楼 A 区一层	核医学科工作场所	东	体检接待大厅、外联办公室、楼梯
			南	休闲广场
			西	挂号收费办公区
			北	道路
			楼上	体检中心（体检大厅、抢救室、工作室、导医台）
			楼下	地下车库

从核医学科布局看，辐射工作场所相对独立，与其他场所有明显隔断，辐射场所内各功能用房布局分区明确，不相互穿插、干扰。辐射场所设有屏蔽门和工作人员进出门进出口均设有屏蔽门，既方便工作人员和病人的进出，又利于辐射防护辐射工作场所与周围环境设有一定的辐射安全防护距离。从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，该项目辐射工作场所的平面布置是合理的。

10.1.2 核医学科分区原则和区域划分情况

（一）分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

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，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。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（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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

督区的边界。

(二) 本项目控制区和监督区划分

医院拟将PET-CT扫描间、注射间、注射后休息大厅和VIP休息室（含专用卫生间）、留观抢救室作为本项目的辐射防护控制区边界，将卫生通过间及扫描间控制室作为辐射防护监督区，在机房醒目位置安装辐射指示灯，规范张贴电离辐射警告标志及中文警示说明，门外设置明显的警戒线。本项目辐射分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

场所	控制区	监督区
核医学科工作场所	PET-CT扫描间、注射间、注射后休息大厅、VIP休息室、留观抢救室、患者通道	卫生通过间，扫描间控制室、淋浴间

(三) 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

(1) 控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志；

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/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；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

(2) 监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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。

10.1.3 核医学科工作场所屏蔽设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-3。

表 10-3 核医学科工作场所屏蔽设计参数

名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
PET-CT 扫描间	四面墙体	370mm 厚实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	顶棚	100mm 厚钢筋混凝土+8mm 铅板+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土+1mmPb 当量硫酸钡水泥
	受检者防护门	8mm 铅板
	工作人员防护门	10mm 铅板
	观察窗	10mmPb 当量铅玻璃
注射间	四面墙体	370mm 厚实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	顶棚	100mm 厚钢筋混凝土+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
	防护门（3 扇）	8mm 铅板
	给药窗	20mmPb 当量铅玻璃
	通风橱	40mmPb 当量
注射后 VIP 休息室（含卫生间）	四侧墙体	370mm 实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	屋顶	120mm 厚钢筋混凝土+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
	防护门	8mm 铅板
注射后休息大厅（2 人同时候诊，含卫生间）	东侧墙体	240mm 厚实心砖+200mm 加气块+5mmPb 当量硫酸钡水泥
	南侧墙体	180mm 厚实心砖+200mm 加气块+10mm 铅板/370mm 厚实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	西、北侧墙体	370mm 实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	顶棚	120mm 厚钢筋混凝土+7mm 铅板+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
	防护门	8mmPb 铅板
注射后休息大厅东北角（对应二楼导医台）	顶棚	120mm 厚钢筋混凝土+17mm 铅板+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
留观抢救室	四侧墙体	370mm 实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	顶棚	120mm 厚钢筋混凝土+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
	西墙防护门	8mm 铅板
	出口处防护门	10mm 铅板
受检者通道	西侧墙体（入口处）	370mm 实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	顶棚	100mm 厚钢筋混凝土+2mmPb 当量硫酸钡水泥
	地坪	200mm 厚钢筋混凝土
	入口防护门	10mm 铅板
注：实心砖密度不低于 1.60g/cm ³ ，混凝土密度不低于 2.35g/cm ³ ，硫酸钡水泥密度不低于 2.79 g/cm ³ 。		

10.1.4 核医学科辐射安全和防护、环保相关设施

(1) 辐射安全措施

①PET-CT扫描间防护门上方安装工作状态指示灯，设置门灯连锁装置，机房与控制室之间拟设置对讲装置与监视器。

②在PET-CT扫描间防护门、注射后休息大厅及VIP休息室防护门、注射间防护门、衰变桶等处设置电离辐射警告标志；

③PET-CT扫描间门口均应设置黄色警戒线，告知公众成员在警戒线外等待。

④射线装置运行过程中，X射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风，排风系统图见附图 4-2。

⑤注射后休息大厅、VIP休息室和留观室均设置患者专用厕所，废水直接流向核医学科东侧地下衰变池，废水管线图详见附图 4-3。

(2) 防护设备与防护用品

本项目防护设备与防护用品设置情况详见表 10-4。

表 10-4 项目防护设备及防护用品设置情况表

序号	种类名称	设置场所	数量	规格
1	通风橱	注射间	1 个	40mmPb
2	铅废物桶	注射间	4 个	10mmPb
3	注射器防护套	注射间通风橱内	2 个	5mmPb (2ml、5ml 各 1 个)
4	注射器防护提盒	注射间	1 个	10mmPb
5	手动分装装置	注射间通风橱内	1 个	40mmPb
6	药物转运防护罐	注射间	1 个	50mmPb
7	移动铅屏风	PET-CT 机房	1 件	8mmPb
8	给药防护车	注射间	1 台	20mmPb
9	注射窗口	注射间与过道隔墙	1 套	20mmPb
10	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	PET-CT 控制室	1 套	0.5mmPb
11	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	卫生通过间	2 套	0.5mmPb
12	一次性工作服、工作帽、工作鞋、手套、口罩等	卫生通过间	按需购买	/
13	表面污染监测仪	注射间	1 台	/
14	X、 γ 剂量率检测仪	卫生通过间	1 台	/
15	便携式多功能射线剂量仪 (α 、 β 、 γ 、X 射线)	控制室	1 台	/
16	个人剂量报警仪	人员随身携带	4 台	/

17	个人剂量计	人员随身携带	人手一只	/
----	-------	--------	------	---

(4) 放射性药物的存放

本项目核医学科使用的 ^{18}F 由供应单位派专人直接送至注射间通风橱暂存，药物按需订购，当天用完。

(3) 表面污染控制措施

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

①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

②操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；

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。

(4) 人员防护措施

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者及本次评价范围内其他人员。

①辐射工作人员的防护

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

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

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

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

②其他人员防护

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

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的

停留时间。

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

(5) 操作过程中的防护措施

医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼睛、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。分装时，通过手动分装装置将定量的药物移至注射器，将其置于注射器防护提盒（10mmPb）内后，经测量核定药物活度后转移给病人注射。分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有 10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

^{18}F 放射性药物的注射是在 ^{18}F 注射窗口，在注射过程中医生均要做好个人防护措施，包括穿戴铅衣、铅帽、铅手套和铅围脖等，均具备 0.5mmPb 当量，注射操作台拟采用 20mmPb 当量的铅玻璃防护，并在注射位挡一厚度约 20mmPb 当量的挡板。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧。 ^{18}F 病人注射后进入注射后休息大厅或 VIP 休息室等候候诊。

(6) 核医学科对服药和注射后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性， ^{18}F 注射病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在候诊室内驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封源工作场所，同时需要求病人在注射后观察期内禁止随意走动，观察期间的呕吐物和排泄物要排入等候室内专用厕所，最终排入本项目衰变池。

10.2 辐射安全防护措施的可行性

结合《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）中的相关检查内容，将本项目在设计阶段拟采取的上述防护措施汇总列入表 10-5。

表 10-5 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

一、射线装置工作场所			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	隔室操作	已设计	符合
	观察窗防护	已设计	符合
	门防护	已设计	符合

	候诊位设置	已设置	符合
	辅助防护用品	拟配备	符合
	通风设施	拟设置, PET-CT 扫描件设置机械排风系统, 抽排至机房南侧顶楼顶部排放	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	入口处工作状态显示	拟设置	符合
其它	个人剂量计	拟增配	符合
二、非密封放射性物质			
场所设施	分区管理	拟执行	符合
	场所门外电离辐射警示标志	已设计	符合
	通风设施	已设计	符合
	注射用屏蔽设施	已设计	符合
	病人专用卫生间	已设计	符合
其它	门外电离辐射警示标志	拟设置	符合
	储源场所防火、防水、防盗、防丢失、防破坏措施	不设置储源室	/
	通风橱	拟设置, 通风橱风道连接机械排风系统, 抽排至楼顶部	符合
三、其它			
监测设备	便携式辐射剂量仪 （污染、辐射水平等）	拟配置	符合
	个人剂量计	拟配置	符合
放射性废液和放射性废物	放射性下水及标识（衰变池）	已设计	符合
	放射性废物暂存间, 防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露措施	拟设置	符合
	放射性固体废物收集容器、标识、标签	拟配备	符合
防护器材	个人防护用品	拟增配	符合
	放射性表面去污用品和试剂	拟配备	符合

从表 10-5 可见, 本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果, 本项目在正常运行工况下, 产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后, 所致工作人员的照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防

护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽各自辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的各辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

10.3 “三废”的治理

本项目核医学工作场所使用非密封性同位素过程中会产生含放射性固废、放射性废水和放射性废气，医院拟采取以下“三废”治理措施。

10.3.1 放射性废气

本项目核医学科工作场所排风井位于PET扫描间的南侧，排风管道从排风井出发分为2支，其中1支向北延伸，通过支管连接PET-CT检查各工作用房，如PET-CT扫描间、PET注射后休息大厅等，向东延伸，通过支管的形式连接留观抢救室，第2支管道连接分装室内设置的通风橱。各排风管内保持负压，拟安装防回流装置，通风管道布设如附图4-2所示。

核医学科产生的废气经由该排风井排至楼顶（六层），周围10m范围内无遮挡物。放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱的风速不小于1m/s，核医学排风系统排风口应与新风口对角布置，所使用的排风过滤器需定期更换，更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

本项目使用的III类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出，臭氧50分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

10.3.2 放射性废水

本项目PET工作场所工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液以及患者冲洗排便用水。上述放射性废水排放至核医学科东北侧的拟设置的地理式衰变池，衰变池混凝土浇注主体结构，配置动力及自动运行控制系统，可实现全自动或手动两种运行控制方式。待十个以上半衰期后放射性水平降至豁免值以下进行排放，排放限值按照一次不超过 1ALI_{min}，一个月内累计不超过 10ALI_{min}值，加以严格控制。衰变池设计图如附图 5 所示。

①处理措施

衰变池位于核医学科东北侧，地下设置。衰变池由 1 个阀门井和三个并联衰变池组成，每个衰变池有效容积为 6m^3 ($2.0 \times 2.0 \times 1.5\text{m}$)，用于存放PET工作场所产生的放射性废水。

放射性废水衰变池采用C30 抗渗混凝土浇筑，并设置有自动化运行控制系统和高水位传感器，通过PLC控制衰变池进水阀和出水阀，当第一个衰变池达到设定水位触发液位传感器发出信号，则关闭进水阀，并打开第二个衰变池进水阀，依次类推。第三个衰变池开始进水时则打开第一个衰变池出水阀进行排水。1 个循环（也可人为设置小于此周期）至一个衰变池达到设定水位后即停止废水进入并开始计时衰变。

②衰变池容量可行性分析

核医学科放射性废水主要来源是工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。该项目涉及的核素为 ^{18}F （半衰期为109.7min）。

患者产生的废水量：根据医院提供的资料，按本项目核医学科最大工作负荷：PET 使用 ^{18}F 显像诊断3750人次/年；工作人员在完成一天的制药和注射工作后需进行污染检测，并进行去污清洗而产生放射性废水，每天清洗废水产生量约为50L。保守按每检查一人次平均产生10L废水估算，则核医学科工作场所每年产生50m³a，平均每天产生0.14m³（按360天计），则衰变池可收纳85天内产生的废水，完全可以满足放射性废水在衰变池贮存10个半衰期以上的要求。

表 10-6 第二组衰变池放射性核素的相关参数一览表

核素名称	每日排入衰变池核素量 (Bq)	核素半衰期	排放时存放时间	核素 ALI _{min} (Bq)	每日/每月排放废水中核素活度 (Bq)
^{18}F	1.11×10^9	109.7min	85d	2.2×10^8	(< 0.01) / (< 0.1)

注： ^{18}F 核素检查的患者需要候诊、扫描等操作，在给药后候诊区停留时间较长且需要上厕所，保守按核素使用量的 20%排入衰变池考虑。

由上表可知经衰变池衰变 85 天后每日排出的各核素总活度小于 ALI_{min} ，符合国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002 低放废液向环境排放每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ ，每次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ 的条件，可以直接排放入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

放射性废水衰变池设有废水取样口和检修口，每次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经审管部门同意方可排放。

③环评要求

i 放射性衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，放射性衰变池应加以密封，应有防雨、防渗和防漏的措施。

ii 规定患者治疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

iii 专用厕所应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

iv 医院所修建放射性废水衰变池应保证放射性废水储存 10 个半衰期（本项目所用放射性核素最长的半衰期）以上，并对放射性废水进行监测，当总 β 放射性小于 10Bq/L 时，方可排入医院废水处理系统。衰变池需设置取样口，便于日常的环境监测。

10.3.3 放射性固废

本项目核医学科工作场所工作人员操作过程产生的服药杯子、注射器、棉棒、一次性卫生用品和垫料等放射性废弃物。

医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门收集，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容，按序封闭暂存于放射性衰变桶（10mm铅当量）内，让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期后衰变至符合清洁解控水平后，按照医疗废物处置。

本项目仅使用 ^{18}F 核素，其半衰期为109.2min，半衰期很短，本次评价建议将含 ^{18}F 核素在废物铅桶中暂存至少1天的时间进行衰变。根据医院提供的资料，患者诊断过程放射性固废产生量约0.05kg/人， ^{18}F 核素诊断每天诊断15人次，则每天产生固废量约0.75kg，则4个铅废物桶交替使用可满足条件。

因此本项目核医学工作场所产生的放射性固废经设定周期存放后可达到解控水平，经审管部门确认或批准后按免管废物处理。本项目放射性固体废物依托原有处理设施可行。

评价要求：

①放射性废物应收集在具有防护外层和电离辐射标志的固体废物桶中，固体废物桶应避免辐射工作人员和经常走动的地方，装满后的废物袋应密封，不破漏；

②存放废物的容器必须安全可靠，并在铅废物桶的显著位置处标有废物类型、核素种类、比活度范围和存放的日期等说明；

③放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令

第 612 号) 的相关规定。

10.4 非放射性污染防治措施

本项目运行期间产生的非放射性污染物主要是臭氧、噪声、生活污水、生活垃圾。具体治理措施如下：

(1) 生活污水和生活垃圾处理措施

本项目工作人员工作中会产生少量的生活污水、生活垃圾和办公垃圾，候诊病人候诊过程中产生少量的生活污水和生活垃圾，依托医院已有的污水处理系统和生活垃圾收集系统进行处理。

(2) 噪声治理措施

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，各机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，无需采用专门的降噪措施。

(3) 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PET-CT在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

环保投资估算

本项目总投资约 1000 万元，估算环保投资 60.0 万元，占总投资额的 6.0%。项目环保投资估算见表 10-7。

表 10-7 环保设施及投资估算一览表

环保设施		数量	投资（万元）
核医学科工作场所	防护墙体	/	计入建设费用
	铅防护门	10 套	计入建设费用
	观察窗	1 套	计入建设费用
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	1 套	0.3
	活度计	1 只	0.3
	注射防护套	2 套	1.0
	给药窗口	1 套	2.0
	通风橱	1 个	4.0
其它	对讲和视频监控系统	1 套	8.0
	通道门禁	1 套	3.0

	通道铅隔板	1 套	5.0
	场所门外电离辐射警示标志	5 套	0.2
	放射性废水衰变池	1 座	20.0
	个人剂量报警仪	8 台	1.5
	表面污染监测仪	1 台	1.0
	γ辐射监测仪	1 台	1.2
	放射性表面去污用品和试剂	2 套	1.5
	个人防护用品	2 套	8
	辐射安全培训费	-	3
	合计		60

今后在实践中，医院应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为防护装修和装修装饰，施工期短，施工范围小，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。因此，本项目不对施工期的环境影响进行具体分析。

11.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在各个机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时各机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.3 运行阶段辐射环境影响分析

11.3.1 工作负荷

PET-CT: ^{18}F ，检查 15 人次/天，75 人次/周，3750 人次/年，每人使用的核素平均活度为 370MBq(10mCi)。

11.3.2 估算公式

由《辐射防护手册》第三分册查出铅、混凝土和空心砖（本项目实心砖保守按空心砖考虑）对 ^{18}F 的半值层分别为 5.7mm、6.4cm 和 10.1cm； ^{18}F 的照射量常数 Γ 查表得到分别为 $0.143\mu\text{Gy m}^2/(\text{h MBq})$ 。

公示参考《辐射防护技术与工程》第一卷、《辐射源室屏蔽设计与评价》，辐射剂量率估算公式为：

$$Dr=f \cdot K^{-1} \cdot A \cdot \Gamma/R^2 \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

Dr ： γ 剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

K^{-1} ：屏蔽减弱系数，无量纲；

A ：放射源的预期最大放射性活度，MBq；

Γ ：空气吸收剂量率常数， $\mu\text{Gy m}^2/(\text{h MBq})$ ；

R ：距放射源的距离，m。

$$K^{-1} = 2^{-(h/HVL)} \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

K^{-1} ：屏蔽减弱系数，无量纲；

h ：屏蔽层的厚度，mm；

HVL：半值层厚度，mm。

年有效剂量估算计算公式

$$H=0.7 \times Dr \times T \times t \times U \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

0.7：转换系数；

H ：年有效剂量当量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

Dr ：空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t ：年受照时间，h/a；

T ：居留因子；

U ：使用因子，放射性核素以点源考虑， U 取1；

居留因子参照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）选取，具体数值见表11-1。

表 11-1 居留因子的选取

场所	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

11.3.3 核医学科工作场所辐射水平预测

PET-CT所用核素的 ^{18}F ，医院根据与病人预约情况向药物供应商订货，由药物供应商按需将药物放置于防护罐（50mmPb），直接运输至注射间通风橱待用。

根据医院提供的资料，本项目PET注射后休息大厅最多同时 2 人候诊，VIP休息室最多 1 人候诊；留观室 1 间，留观室最大只有 1 名患者，PET-CT扫描室每次仅能扫描一个病人，病人注射药物经过一段时间的等待，药物活度已经小于 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi），偏保守的角度仍按单个病人 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）点源计算。

分装室辐射剂量率按药物为点源计算，预测关注点示意图见图 11-1。

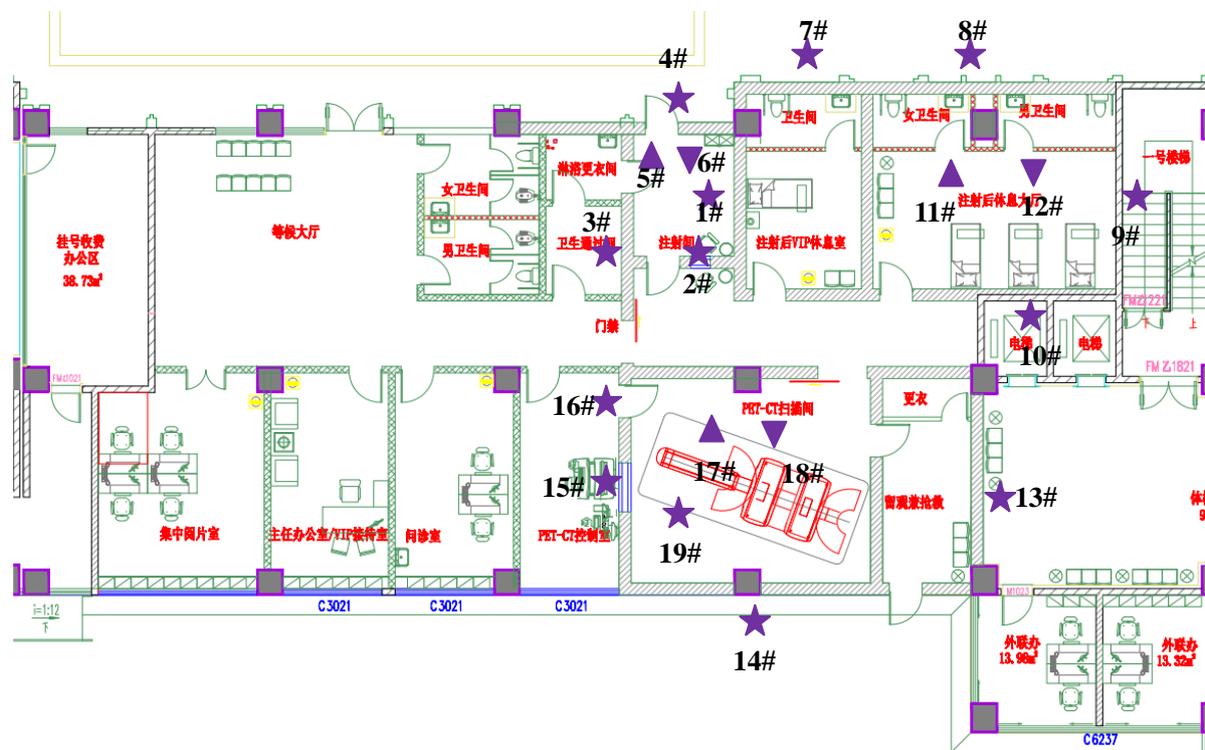


图 11-1 PET 工作场所预测关注点示意图

核医学科关注点位说明：

- 1#：注射间分装取药位；
- 2#：注射间注射位；
- 3#：注射间西侧墙体外 30cm 处；
- 4#：注射间北侧防护门外 30cm 处；
- 5#：注射间楼上顶棚 30cm 处；
- 6#：注射间楼下地面 100cm 处；
- 7#：VIP 休息室北侧墙外 30cm 处；

- 8#: 注射后休息大厅北侧墙外 30cm 处；
 9#: 注射后休息大厅东侧墙外 30cm 处；
 10#: 注射后休息大厅南侧墙外 30cm 处；
 11#: 注射后休息大厅顶棚 30cm 处；
 12#: 注射后休息大厅楼下地面 100cm 处；
 13#: 留观抢救室东侧墙外 30cm 处；
 14#: PET 扫描间南侧墙外 30cm 处；
 15#: PET 扫描间西侧防护窗外 30cm 处；
 16#: PET 扫描间西侧防护门外 30cm 处；
 17#: PET 扫描间顶棚 30cm 处；
 18#: PET 扫描间楼下地面 100cm 处；
 19#: PET 扫描间医生摆位处。

其中注射候诊辐射剂量率按病人为点源计算，按最大工况考虑，VIP 休息室按 1 个病人注射后等待，注射后休息大厅按 2 个病人同时候诊，扫描间、留观室均按 1 个病人为源强进行计算，单个病人注射 ^{18}F 为 3.7×10^8 (10mCi)。保守计算，不考虑病人在候诊过程的药物衰减。

根据式 11-1，式 11-2，PET 工作场所辐射剂量率计算结果见表 11-2。

表 11-2 PET 工作场所辐射剂量率计算结果

点位	关注点位置	受照者类型	源强 (MBq)	与源的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	关注点辐射水平 ($\mu\text{Gy/h}$)
1#	注射间通风厨分装取药位	职业照射	5550	0.5	50mmPb铅罐 +40mmPb通风厨 +0.5mmPb铅衣	0.053
		职业照射	370	0.5	10mm防护提盒 +5mm注射器防护套 +0.5mmPb铅衣	32.1
2#	注射间PET-CT注射位	职业照射	370	0.5	0.5mmPb铅衣 +5mm注射器防护 +20mmPb注射台	9.53
3#	注射间西侧墙体 外 30cm处	公众照射	370	2.8	370mm实心砖 +2mmPb当量硫酸 钡水泥	0.418
4#	注射间北侧防护 门外 30cm处	公众照射	370	3.8		0.227
5#	注射间楼上顶棚 100cm处	公众照射	370	4.5	100mm混凝土 +2mmPb当量硫酸 钡水泥	0.694
6#	注射间楼下地面 100cm处	公众照射	370	3.5	200mm混凝土	0.495

7#	VIP 休息室北侧墙外 30cm 处	公众照射	370	4.0	370mm 实心砖 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.205
8#	注射后休息大厅北侧墙体外 30cm 处	公众照射	740	3.5	370mm 实心砖 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.535
9#	注射后休息大厅东侧墙外 30cm 处	公众照射	740	3.5	240mm 实心砖 +200mm 加气块 +5mmPb 当量硫酸钡水泥	0.906
10#	注射后休息大厅南侧墙外 30cm 处	公众照射	740	3.5	370mm 厚实心砖 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.535
11#	注射后休息大厅顶棚外 100cm 处	公众照射	740	4.5	120mm 混凝土 +7mm 铅板 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.477
					120mm 混凝土 +17mm 铅板 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.141
12#	注射后休息大厅楼下地面 100cm 处	公众照射	740	3.5	200mm 混凝土	0.990
13#	留观抢救室东侧墙外 30cm 处	公众照射	370	1.8	370mm 实心砖 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	1.01
14#	PET 扫描间南侧墙外 30cm 处	公众照射	370	3.5	370mm 实心砖 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.267
15#	PET 扫描间西侧防护窗外 30cm 处	公众照射	370	4.5	10mmPb 当量铅玻璃	0.774
16#	PET 扫描间西侧防护门外 30cm 处	公众照射	370	4.5	8mm 铅板	0.988
17#	PET 扫描间顶棚 30cm 处	公众照射	370	4.5	100mm 混凝土 +8mm 铅板 +2mmPb 当量硫酸钡水泥	0.262
18#	PET 扫描间楼下地面 100cm 处	公众照射	370	3.5	200mm 混凝土 +1mmPb 当量硫酸钡水泥	0.438
19#	PET 扫描件医生摆位处	职业照射	370	1	8mm 铅屏屏风 +0.5mmPb 铅衣	18.8

从表 11-2 可以看出，PET 工作场所四周的辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，屏蔽设计满足要求。

实际病人在注射后候诊室等待过程中，因 ^{18}F 的半衰期较短，由于衰变的作用病人

体内核素的活度不断减少，因而对墙外或门外的辐射影响也不断降低。

11.3.4 PET-CT 扫描间 CT 部分 X 射线影响

PET-CT 扫描间设计使用面积、屏蔽材料与评价一览表如表 11-3 所示。

表 11-3 PET-CT 扫描室设计使用面积、屏蔽材料与评价一览表

场所类型	机房设计使用面积	标准要求	评价	屏蔽设计材料及厚度 (mmPb)	标准要求	评价
PET-CT 扫描间	43.2m ² (7.2m×6.0m)	机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m	符合	四周墙体：370mm 实心砖+2mmPb 当量硫酸钡水泥 (>5.0)	不小于 2.5mm 厚铅当量	符合
				顶棚：100mm 混凝土+6mm 铅板+2mmPb 当量硫酸钡水泥 (>8.0)		符合
				地坪：200mm 混凝土+1mmPb 当量硫酸钡水泥 (>3)		符合
				观察窗：10mmPb 当量铅玻璃 (10.0)		符合
				防护门：8mm 铅板 (8.0)		符合

由表 11-3 可知，本次项目 PET-CT 扫描间使用面积、单边长度及机房的屏蔽防护铅当量厚度均满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 相关要求。此外，本项目 PET 机房设置有动力排风装置，可保持良好的通风，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》(GBZ130-2013) 要求。

11.3.5 诊断患者离开医院对环境的影响

目前对于使用核素 ¹⁸F 的患者，允许其离开医院的体内最大活度，国家相关标准中没有明确规定。本项目 ¹⁸F 注射量为 10mCi，患者经候诊和诊断离开医院至少需要 1h，则患者离开医院时带药量约 6.8mCi，离开医院经 8h 后距离患者 1m 处的剂量率降至 1.7μGy/h，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，避免与家人亲密接触，则患者离院后对周围环境影响不大。

11.3.6 保护目标所受剂量评价

本项目核医学科位于西昌市人民医院新建医养中心，为新建院区，无现有核技术利用项目，所以不涉及到剂量叠加问题。

PET 工作场所拟设置 8 名放射工作人员，具体工作岗位设置如下：取药、分装和注射工作人员 4 人，控制室和摆位操作工作人员 2 人，阅片工作人员 2 名。

PET-CT：¹⁸F，每台检查 15 人次/天，75 人次/周，3750 人次/年，每人使用的核素平均活度为 370MBq(10mCi)。

根据上述估算的瞬时剂量率，以及医院提供的资料，在严格按照设计提供的屏蔽防护方案建设后，辐射工作人员和周边公众年有效剂量计算结果如下：

(1) 取药环节所受剂量

根据以上估算，分装取药过程工作人员通风橱前受照剂量为 $0.053\mu\text{Gy/h}$ ，取药走向注射台过程受照剂量 ^{18}F 为 $32.1\mu\text{Gy/h}$ 。

^{18}F 按 3750 人次/年，分装取药过程约 30s 完成，其中 25s 在通风橱前，5 秒在走向注射窗。分装取药过程年受照的总时间为 31.25h（其中 26.0h 在通风橱前），居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-3 计算得：分装取药环节所受年附加有效剂量为 $118.9\mu\text{Sv/a}$ 。

(2) 注射环节所受剂量

根据以上估算， ^{18}F 注射过程工作人员受照剂量为 $9.53\mu\text{Gy/h}$ ，一次注射过程的时间按照 30s 考虑。 ^{18}F 按 3750 人次/年，注射过程年受照的总时间为 31.25h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-3 计算得： ^{18}F 注射环节所受年附加有效剂量为 $208.5\mu\text{Sv/a}$ 。

(4) 摆位环节所受剂量

根据以上估算， ^{18}F 摆位过程工作人员身体受照剂量为 $18.8\mu\text{Gy/h}$ ，摆位人员在机房内指导受检者正确姿势，偏安全考虑，不考虑注射后药物的衰减，按摆位一个病人大约需要 1min。 ^{18}F 按 3750 人次/年，摆位过程年受照的总时间为 62.5h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-3 计算得： ^{18}F 摆位环节所受年附加有效剂量为 $822.5\mu\text{Sv/a}$ 。

(5) 阅片环节所受剂量

根据以上估算， ^{18}F 控制室工作人员受照最大剂量为 $0.774\mu\text{Gy/h}$ ， ^{18}F 控制室工作人员年受照的总时间为 2000h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-3 计算得：阅片环节所受年附加有效剂量为 $1083.6\mu\text{Sv/a}$ 。

综上，各岗位工作人员年受照剂量预测结果如表 11-4 所示。

表 11-4 PET-CT 工作场所保护人员年受照剂量预测结果表

岗位	年总有效剂量 (mSv)	人数	人均年有效剂量
分装注射	0.327	4	0.082
摆位和阅片	1.906	4	0.477

(6) 公众人员所受剂量

根据以上估算，本项目核医学科工作场所外公众可能接受的年有效剂量估算详见表 11-5。

表 11-5 核医学科外公众年有效剂量估算结果

关注区域	受照剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	居留因子	年工作时间	年有效剂量 (mSv)
休息大厅楼上公众(体检大厅)	0.477	1/4	750h(每天 12 人候诊,同时 2 人候诊,候诊约 30min)	0.063
休息大厅东北角导医台	0.141	1		0.074
休息大厅楼下公众(车库)	0.990	1/16		0.032
休息大厅北侧墙体外公众	0.535	1/16		0.018
PET 扫描间楼上公众(抢救室)	0.262	1/4	1875h(每天 15 人扫描,每人扫描 30min)	0.086
PET 扫描间楼下公众(车库)	0.438	1/16		0.036
PET 扫描间南侧墙体外公众	0.267	1/16		0.022
注射间楼上公众(工作间)	0.694	1	31.25h(每天 15 人次注射,每次注射 30s)	0.015
注射间楼下公众(车库)	0.495	1/16		0.001
抢救室东侧墙体外公众	1.01	1/16	10h(每年按抢救 10 计,抢救时间约 1h)	0.0004

根据以上估算,核医学科工作场所公众人员受照最大年有效剂量为 0.074mSv/a。

综上所述,本项目辐射工作人员和公众所受辐射年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“限值”要求,也低于本评价提出的 5.0mSv/a 和 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值。

11.4 核医学科“三废”影响分析

11.4.1 放射性废气影响分析

液态放射性同位素 ^{18}F 操作时挥发产生含微量放射性同位素的废气,放射性同位素释放的 γ 射线辐射会与空气发生电离作用,产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

本项目 PET-CT 扫描间、通风橱、PET 注射后休息大厅和内部厕所、留观室拟设置独立排风装置,通风换气次数应不小于 4 次/h。上述排风装置相应节点设置截止阀防止气体倒灌,其总排风口均拟设于 PET 机房扫描间南侧(楼高五层)并高出屋脊 1 米以上,则废气对周围环境影响不大。本项目核医学科通风平面布置见附图 4-2。

根据《两种粒度放射性气溶胶年摄入量限值》(GBZ/T154-2006) 6.1 中公式及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 表 B3 中给出的数据可得工作人员和公众的空气中放射性气溶胶的控制目标值(职业人员取 5.0mSv/a 的年管理剂量约

束值，公众取 0.1mSv/a 的年管理剂量约束值)。见表 11-6。

表 11-6 工作人员和公众的空气中放射性气溶胶的控制目标值

环境保护目标	^{18}F (Bq/m ³)
职业人员	2.24×10^7
公众人员	4.48×10^5

11.4.2 放射性废水影响分析

本项目核医学科工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废液以及患者冲洗排便用水。衰变池设计图如附图 5 所示。

建设单位拟在核医学科东侧空地地下设置一组放射性废水衰变池，通过独立的管道收集来自 PET-CT 工作场所的放射性废水，引入衰变池进行衰变处理，衰变达标后的废水经审管部门同意后排入医院普通医疗污水管网。衰变池位于核医学科东侧空地，地下设置。衰变池为 3 个并联衰变池（每个衰变池有效容量为 6.0m^3 ， $2.0 \times 2.0 \times 1.5\text{m}$ ），用于 PET-CT 工作场所产生的放射性废水。核医学科放射性废水衰变池分别设有废水取样口，每次排放前应对放射性废水进行取样监测，第一次监测结果符合排放标准后上报审管部门同意，同时制定排放计划，可定期按免管废水排放。

上述放射性废水排放至核医学科南侧的地下的衰变池，衰变十个以上半衰期后放射性水平降至排放标准以下进行排放，排放限值按照一次不超过 1ALImin ，一个月内累计不超过 10ALImin 值，加以严格控制，则放射性废水对周围环境影响很小。

环评要求：

(1) 医院所修建放射性废水衰变池应保证放射性废水储存 10 个半衰期以上，并委托有资质的单位对放射性废水进行监测，当总 β 放射性小于 10Bq/L 时，方可排入医院废水处理系统。医院须对每次放射性废水监测情况做好记录；

(2) 严格要求核医学科受检者使用专用卫生间；

(3) 专用卫生间应具备使病人排泄物迅速全部冲洗入池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

(4) 放射性衰变池池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，放射性衰变池应加以密封，应有防雨、防渗和防漏的措施。

(5) 在废水取样口设置标识。

11.4.3 放射性固废影响分析

本项目工作人员操作过程产生的服药杯子、注射器、棉棒、一次性卫生用品和垫料等放射性废弃物。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，包装袋要标明收贮时间、种类及数量等内容，按序封闭暂存于废物间的放射性衰变桶（10mm铅当量）内，让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期后衰变至符合清洁解控水平后，按照医疗废物处置，则放射性固废对周围环境影响很小。

环评要求：

（1）严格区分放射性废物与非放射性废物，不可混同处理，应力求控制和减少放射性废物产生量；

（2）对所有放射性固体废物采用先收集在各自相关工作场所的专用污物桶内，环评要求在衰变桶存放时间不低于 24h，然后按普通医疗固废处理。放射性核素收集袋表面应贴上标签，标明物品及最后一天的收集时间，内装注射器及碎玻璃等物品的废物袋应附加不易刺破的外套（如硬牛皮纸外套）；

（3）放射性废物的收集、暂存和处置应满足《放射性废物安全管理条例》（国务院令 第 612 号）的相关规定。

11.4.4 表面污染控制措施

为保证非密封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，放射性药物要妥善储存及转移，防止意外撒漏。
②操作放射性药物时，须在有负压和过滤的通风橱中进行，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医院自购的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。

11.4.5 非放射性污染物环境影响分析

（1）水环境影响分析

本项目运行期间产生的生活污水经医院生活污水处理系统预处理达标后，经市政污水管网进入区域污水处理厂处理，对项目所在地水环境影响较小。

（2）PET-CT系统CT扫描产生的臭氧

CT机能量小，扫描时间短，运行过程产生的臭氧量少。经机房排风系统排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。

(3) 声环境影响分析

本项目运行过程中产生的噪声，经房间隔声、距离衰减措施后，对项目区域外的声环境影响很小。

(4) 固体废弃物影响分析

本项目运行期间产生的生活垃圾和医疗废物经分类收集后，纳入医院现有的处理系统，由当地环卫部门和具有医疗废物处理资质的单位及时处理，不直接排入环境，对当地环境影响程度较小。

11.4.6 小结

综上所述，项目在正常运行期间产生的各项非放射性污染物均能实现达标排放或清洁处理，对当地环境影响较小。

11.5 环境影响风险分析

11.5.1 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。

11.5.2 事故等级分析

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第449号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目的可能发生的环境风险因子、潜在危害和事故等级如表11-10所示。

根据国家环保总局2006年145号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故：是指IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。“较大辐射事故是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为较大辐射事故。

表11-7 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
核医学科	γ 射线	核医学科、X 线机失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故
	X 射线		
	γ 射线	核医学科、X 线机失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾。	较大辐射事故

11.5.3可能产生的辐射事故

主要考虑电离辐射损伤和药物失控对环境的影响。

(一) 本项目共涉及Ⅲ类医用射线装置1台，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。Ⅲ类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

(二) 由于工作人员操作不熟练或违反放射操作规程或误操作等其他原因造成的工作是放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

(三) 由于未锁好核医学科进出口的大门或取用药物后未及时锁好防护门或保险柜等药物保管工作不到位致使放射药剂丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

(四) 核素治疗患者用药后未经允许离开核医学科，尤其是在用药初期离开候诊区，可能对接近患者的人员造成附加的照射剂量。

11.5.4 事故情况下环境影响分析

(一) X 射线装置

对于 X 射线装置，当设备关机时不会产 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。本项目只使用 1 台Ⅲ类射线装置，其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。事故情况下，X 射线直接照射到人员身上，保守考虑，误入人员或病人在距离射线头 1m 处被误照射，根据《医用 X 射线治疗卫生防护标准》(GBZ131-2002)，在治疗状态下，当 X 射线管额定电压≤150kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的 X 射线源组件泄露辐射不超过 1mGy/h。PET-CT 单次曝光时间均为 6s，则机房内误入人员所受的 X 射线辐射剂量率最大为 0.0017mSv/次，未超过 (GB18871-2002) 中特殊情况下职业人员 5 个连续年的年平均剂量限值 (20mSv)，公众 5 个连续年的年平均剂量限值 (1mSv)。

(二) 放射性药物意外泄漏或丢失事故

(1) 事故情景假设

①项目核医学科使用核素为 ^{18}F ，事故情况假设 ^{18}F 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 ^{18}F 的活度为 150mCi；

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

③保守假设事故持续时间内，丢失的药物被同一人随身携带，距离按 10cm 考虑；

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为 2h；

(2)计算结果

根据事故情景假设条件计算得出不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-8。

表 11-8 ^{18}F 丢失事故下不同持续时间不同距离处个人有效剂量分布

距源距离 (m)	各事故持续时间段 γ 射线所致辐射有效剂量分布 (mSv)				
	0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
0.1	13.2	39.7	79.4	119.0	158.7

(3)事故后果

在上述事故情景假设条件下，携带显像剂 (^{18}F) 人员或近距离公众在事故持续时间内已受到超过年剂量限值。考虑的整个事故持续周期 2h 内，急性放射病发病率均在 1% 之下，事故持续周期内可造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑 ^{18}F 衰变，计算结果偏保守。

11.5.5 事故影响防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，是辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

(1) 在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，当导致一般辐射事故时，医院即时上报当地环境保护局。

(2) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生，发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的

液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。并用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

(3) 制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。

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

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

(6) 严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果控制区各房间辐射水平监测结果表明防护墙外辐射水平偏高，应适当增加防护墙厚度。

11.6 事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，医院已制定了医院辐射事故应急预案，医院应在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

医院现有辐射应急预案仅针对现有射线装置应用，应根据本项目特点，对现有应急预案进行补充完善，增加非密封放射性同位素辐射事故应急措施等内容。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

医院目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确了管理人员职责。该机构是以院长李杨健为组长，张永华等人为组员的辐射安全与防护工作领导小组。领导小组下设办公室，负责日常辐射安全与防护工作。

辐射安全及防护管理领导小组职责：

(1) 负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度，并组织实施。

(2) 做好工作人员的辐射防护与安全培训、防护设施的供应与管理以及辐射防护档案的建立与管理等工作。

(3) 组织实施本院放射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康检查，建立个人健康监护档案，做到一人一档。

(4) 定期对辐射安全与防护工作进行督查，检查本院放射工作人员的技术操作情况，指导做好个人以及患者的辐射防护，确保不发生辐射安全事故。

此外，本项目所有辐射工作人员必须参加由环保部门组织的辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗。辐射培训证书到期人员还必须及时参加四年一次的复训。

环评要求：医院应进一步完善细化辐射安全与环境保护管理机构的职能，补充小组成员联系方式。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

医院现有的辐射工作人员均配备了个人剂量计，个人剂量计每 3 个月到相关部门检测一次，并建立了个人剂量档案，个人累积剂量均未超过标准限值要求。医院已开展职业健康体检工作，辐射工作人员在岗期间的职业健康检查结果：受检人员未见职业健康损害，可继续原放射工作。目前院区所有辐射工作人员取得《辐射安全和防护培训》合格证书，取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每四年接受一次再培训。医院每年底对辐射防护工作进行年度评估，历年工作未发生辐射事故。

环评要求：医院要严格执行辐射工作人员培训制度，将未进行辐射培训的辐射工作人员纳入医院的培训计划中；已培训的辐射工作人员证书不在有效期内的（有效期 4 年），需进行复训。在此基础上，环评认为，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.3 辐射安全管理规章制度

(一) 医院目前已制定的辐射防护工作管理制度有：

- (1) 辐射安全管理规定；
- (2) 辐射安全和防护设施维护维修制度；
- (3) 辐射人员岗位职责；
- (4) 放射源与射线装置台账管理制度；
- (5) 辐射工作场所和辐射环境水平检测方案；
- (6) 辐射工作人员培训制度和个人记录管理制度；
- (7) 辐射事故应急预案；
- (8) 监测仪表使用与校验管理制度；
- (9) 质量保证大纲和质量控制检测计划等。

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，辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

应制定的制度	落实情况	要求新增措施
辐射安全与环境保护管理机构文件	已有	/
辐射安全管理规定	已有	/
辐射工作设备操作规程	已有	需完善，增加 PET-CT 操作规程
辐射安全和防护设施维护维修制度	已有	需完善
辐射工作人员岗位职责	已有	需完善
放射性同位素与射线装置台账管理制度	已有	需完善
辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已有	需完善
监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
辐射工作人员培训制度	已有	/
辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
辐射事故应急预案	已有	需完善，增加非密封放射性物质辐射事故应急内容
质量保证大纲和质量控制检测计划	已有	需完善

医院本次项目包括：丙级非密封放射性物质工作场所和Ⅲ类射线装置，应结合新开展的丙级非密封放射性物质工作场所项目，及新增的Ⅲ类射线装置，尽快建立健全相应的规章制度和操作规程。并根据相关要求落实各项规章制度和操作规程，加强对辐射工作人员的安全防护培训和意识教育。

环评要求：

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，医院应对其制定的一系列相关管理制度进行补充完善，

(1) 对现有放射防护领导小组内容进行补充完善，由于本次项目新增非密封放射性物质工作场所和射线装置，相应辐射工作人员也将增加，因此建议根据人事变动情况及时调整人员名单，明确人员职责。

(2) 操作规程：医院拟根据本项目特点制订 PET-CT 操作规程，明确操作人员的权限以及操作时必须采取的防护措施，明确工作中的控制措施以及操作程序等；

(3) 岗位职责：明确辐射工作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

(4) 辐射防护和安全保卫制度：根据各科室的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是：定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换；工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。环境辐射剂量监测仪和表面沾污仪必须保持良好工作状态；制定放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）以及场所分区管理规定（含人流、物流路线图）。

(5) 设备检修维护制度：明确监控设备以及监测仪器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，剂量报警仪和监测仪器必须保持良好工作状态。

(6) 台帐管理制度：医院应当建立放射性同位素与射线装置台账，记载放射性同位素的核素名称、出厂时间和活度、标号、编码、来源和去向，及射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。

(7) 人员培训计划：明确培训人员、培训周期、培训形式、培训内容、频次等，培训记录建立档案，做到有据可查。本项目建成后，要求组织所有新增的辐射工作人员参加有资质单位的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并按每 4 年一次的要求进行复训，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

(二) 需要上墙的规章制度

《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。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

12.4 辐射监测

12.4.1 监测仪器和防护设备

医院本次项目核医学科属丙级非密封源工作场所，PET-CT 属 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》，核医学科应至少配置 1 台辐射巡测仪和 1 台表面沾污仪，每个 III 类 X 射线机机房应至少配置 1 台个人剂量报警仪。每个辐射工作人员均应配备个人剂量计。

12.4.2 监测计划

1、个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为 1 次/季（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。

环评要求：

(1) 如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限制时，暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字，并上报当地环境保护主管部门。单年剂量超过 20mSv 标准时，构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组上报当地环境保护主管部门及省级环境保护主管部门。同时上报公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。医院须建立个人剂量档案，辐射工作人员调离辐射工作岗位，个人剂量档案要保存 30 年，如果辐射工作人员一直从事辐射工作到退休，个人剂量档案要保存到 75 岁。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或停止辐射工作三十年。

2、辐射工作场所及周围环境监测

(1) 年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度测

报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(2) 日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少 1 次/月。

(3) 监测内容和要求

①监测内容：X- γ 空气吸收剂量率； β 表面污染水平等。

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

表 12-2 辐射工作场所监测计划建议

项目	监测内容	监测点位	监测周期	
			自行监测	委托监测
核医学科	X- γ 空气吸收剂量率	辐射工作场所内： PET-CT扫描间内医生摆位处、注射间、注射后候诊区、污物桶表面等。 辐射工作场所外： 控制室、观察窗铅玻璃处、防护门处、四面墙体外、顶上等处。	1次/月	1次/年
	β 表面放射性污染	工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套、工作鞋、手、皮肤等、卫生通过间、注射间通风橱、注射后候诊区	每次工作后	1次/年

③监测范围：控制区和监督区域及周围环境

④监测质量保证

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

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

iii 制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

3、放射性废水排放前监测

放射性废水在衰变池内放置 10 个半衰期后，排放前应自行或委托有资质的单位开展监测，保证排出水中放射性总活度不超过《医疗机构水污染物排放标准》

(GB18466-2005)规定的限值(总 β 小于10Bq/L)。

4、放射性废物处理前监测

放射性废物在放射性废物暂存间放置10个半衰期后,经对其外照射水平及表面污染水平监测合格后,方可作为一般医疗废物进行处理。

5、验收监测

本次评价项目竣工后,建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环环评[2017]4号)对配套建设的环境保护设施进行验收,委托有能力的技术机构编制验收报告,并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测(调查)报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组,采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后,其主体工程方可投入生产或者使用;未经验收或者验收不合格的,不得投入生产或者使用。

6、辐射监测的可行性

环评认为,按本次环评要求完善后的监测方案,应能够及时反映屏蔽设施的防护效能和放射废物排放达标情况。按这样监测方案开展的辐射监测是符合《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)等相关规定要求。

12.5 年度评估报告情况

医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》,近一年(四个季度)个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号)规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mep.gov.cn/>)中实施申报登记。延续、变更许可证,新增放射性同位素、射线装置或单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定,医院成立了马兵为主任、石平等人为成员的辐射事故应急处理领导小组,其负责组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。

医院目前已制定了辐射事故应急预案，该预案主要针对现有射线装置核技术利用，预案主要包括以下内容：

- ①应急响应的组织体系及其职责与职能；
- ②应急响应程序；
- ③应急联络方式；

环评要求：项目单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）第六章第四十三条规定，结合本项目实际情况，对原有辐射事故应急预案予以补充、完善。

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

- ①根据本项目特点，增加核医学科应急辐射事故类型及应急措施等内容；
- ②应急人员的组织、培训乙级应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ③辐射事故分级与应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告和处理程序
- ⑤辐射事故信息公开、公众宣传方案
- ⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第18号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号）等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

12.7 核医学科及射线装置使用能力综合评价

根据《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号），建设单位需具备的辐射安全管理基本要求对比分析如下表：

表 12-3 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）	实际情况	环评要求
1	（一）许可证有效性 1. 核技术利用单位应持有有效的《辐射安全许可证》，所从事的活动须与许可的种类和范围一致。	建设单位持有辐射安全许可证；新增项目	建设单位应及时变更辐射安全许可证。

	<p>2. 新（改、扩）建核技术利用项目应及时开展环评和执行“三同时”制度。</p> <p>3. 放射源与射线装置、工作场所以及单位法人与地址等变更后应在《辐射安全许可证》上及时变更。</p>	及时开展环评。	
2	<p>(二) 机构和人员</p> <p>1. 核技术利用单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作。</p> <p>2. 辐射工作人员（包括管理和操作人员）应参加与其从事活动等级相适应的辐射安全与防护培训并考核合格持证上岗，严禁无证人员从事辐射工作活动。培训合格证书的有效期为4年，有效期届满应参加复训。</p>	机构已设置；建设单位承诺辐射工作人员将参加四川省环保厅举办的辐射安全与防护培训和考核。	新增辐射工作人员须参加省环保厅组织辐射安全与防护培训，考试合格并持证上岗。
3	<p>(三) 放射性同位素和射线装置的台账</p> <p>1. 应建立动态的台账，放射性同位素与射线装置应做到帐物相符，并及时更新。 台账的内容应该包括：放射性同位素名称、初始活度、放射源编码、购买时间、收贮时间；射线装置型号、管电压、管电流、购买时间、报废时间；放射性同位素与射线装置使用或保管的部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；放射性同位素与射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等内容。</p> <p>2. 放射性同位素的转让（购买）、销售、收贮以及跨省转移等活动，必须在四川省人民政府政务服务中心环保窗口办理备案手续。 野外（室外）跨市（州）使用放射性同位素和Ⅱ类以上射线装置的活动，应到使用地市（州）环保局办理备案手续。</p>	已有射线装置及放射源台账	应完善的《放射源与射线装置台账管理制度》。
4	<p>(四) 管理制度和档案资料</p> <p>核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。</p> <p>1. 档案分类 辐射安全档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”和“废物处置记录”。</p> <p>2. 需建立的主要规章制度</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 辐射安全与环境保护管理机构文件 2) 辐射安全管理规定（综合性文件） 3) 辐射工作设备操作规程 4) 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 6) 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 8) 监测仪表使用与校验管理制度 9) 辐射工作人员培训制度（或培训计划） 10) 辐射工作人员个人剂量管理制度 11) 辐射事故应急预案 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） <p>3. 需上墙的规章制度</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 《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。 	<ol style="list-style-type: none"> 1、拟建立并执行完善的档案分类制度。 2、将按要求建立完善的规章制度。 3、将严格执行规章制度上墙。 	根据本项目特点，及时修订和完善现有规章制度。

	2) 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。		
5	(五) 辐射安全与防护措施 1. 通过查阅年度监测报告和核技术利用单位自我监测结果, 核实辐射工作场所辐射屏蔽防护措施的有效性。 2. 辐射工作场所应设置醒目的电离辐射警示标志, 出入口应具有工作状态显示、声音、光电等警示措施。 3. 辐射工作场所应合理分区, 并设置相应适时有效的安全连锁、视频监控和报警装置。	已设计完善的辐射安全与防护措施。	定期检查辐射安全措施, 以确保辐射安全系统运行良好。
6	(六) “三废”处理 1. 核技术利用单位应对其在辐射作业活动中产生的放射性废气实施相应处理后达标排放。 2. 辐射工作产生的含短寿命放射性核素的废水, 应采取衰变池或衰变桶等方式存放。放射性废水须经有资质单位监测, 确认达标后方可排放。放射性废水衰变及排放设施应设置相应的放射性警示标识。 3. 放射性固体废物贮存场所(设施)应具备“六防”(防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄露)措施。短寿命半衰期医用放射性废物在专用贮存容器内分类贮存并有放射性标识和放射性核素名称、批号、物理形态、出厂活度及存放日期等相关信息。 4. 妥善处置放射性废物。对废弃不用三个月以上的放射源, 应按有关规定退回生产厂家或送四川省城市放射性废物库贮存。短半衰期医用放射性废物存放衰变经监测合格后作为医疗废物处置。 5. 废显(定)影液(危险废物)暂存场所应防渗漏、防雨水和防倾倒等措施, 存放容器上应有危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位等相关信息。危险废物应送交有相应资质的单位处置并有危险废物转移联单。 6. 射线装置在报废前, 应采取去功能化的措施(如拆除电源或拆除加高压零部件), 确保装置无法再次通电使用。	医院拟设置完善的“三废”处理系统。	严格按照要求处理“三废”, 并定期检查。
7	(七) 监测设备和防护用品 核技术利用单位应配备与其从事活动相适应的辐射剂量监测仪、个人剂量仪、个人剂量报警仪以及防护用品(如铅衣、铅帽和铅眼镜、移动铅屏风等)。核技术利用单位自行配备的辐射监测仪器应每年进行比对或刻度。	拟配备监测设备和防护用品	/
8	(八) 监测和年度评估 1. 日常自我监测 1) 按照环评文件要求制定监测方案, 开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测, 并记录备查。 2) 短寿命放射性医疗固体废物经存放十个半衰期后, 应监测后方可作为一般医疗垃圾进行处置。 3) 核技术利用单位也可以委托有资质的单位定期开展场所的日常辐射监测。 2. 委托监测 1) 核技术利用单位应于每季度将个人剂量片送交有资质的检测部门进行检测。对于每季度检测数值超过1.25mSv的, 要进一步开展调查, 查明原因, 撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。 2) 每年委托有资质的机构对辐射作业场所及周围环境至少进行1次辐射监测。该辐射监测报告应作为	已制订辐射监测计划, 严格进行日常自我监测及委托监测工作, 及时上报安全和防护状况年度评估报告。	需对监测方案进行修订和完善。放射工作人员上岗期间, 必须佩戴个人剂量计对个人剂量计严格管理, 不允许将个人剂量片相互传借, 不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

	<p>《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。</p> <p>3) 放射性废水排放前应委托有资质的单位开展监测。</p> <p>3. 安全和防护状况年度评估报告</p> <p>核技术利用单位应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。</p>		
9	<p>(九) 辐射事故应急管理</p> <p>1. 辐射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报所在地人民政府环境保护主管部门备案，并及时予以修订。</p> <p>辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。</p> <p>2. 辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。</p> <p>3. 核技术利用单位应做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备，如使用放射源应急处理工具（如长柄夹具等）、放射源应急屏蔽材料或容器、灭火器材等。</p>	已制定辐射事故应急预案。	应修订和完善的辐射事故应急预案，定期演练。
10	<p>(十) 辐射信息网络</p> <p>1. 核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mep.gov.cn/)中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。</p> <p>2. 野外（室外）使用 I 类、II 类、III 类放射源，应当建立放射源在线监控系统。</p>	建设单位将及时在“全国核技术利用辐射安全申报系统”实施变更登记工作	/

综上所述，通过完善环评要求的各项措施后，评价认为项目建设单位西昌市人民医院从事辐射活动的技术能力符合相关法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：新增核医学科核技术利用项目

建设单位：西昌市人民医院

建设性质：扩建

建设地点：西昌市天王山大道小庙乡李家村

建设内容：西昌市人民医院拟在医养中心A区一层新增一处核医学科工作场所，新增PET-CT 1台，拟使用放射性核素 ^{18}F 用于显像诊断。

拟用射线装置和放射性同位素如下：

(1) PET-CT系统1套，属III类射线装置；

(2) PET-CT使用显像剂 ^{18}F -FDG，显像剂 ^{18}F -FDG，PET-CT 室 ^{18}F 日最大操作量 $5.55\times 10^9\text{Bq}$ ，年用量 $1.39\times 10^{12}\text{Bq}$ 。核医学科属于丙级非密封放射性物质工作场所。

13.1.2 产业政策符合性

项目属于核技术在医学领域内的运用，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录2011 年本》（修正）》（国家发展改革委 2013 年第 21 号令），本项目属鼓励类第六项核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目，符合国家产业政策。

13.1.3 选址合理性分析

本项目位于西昌市人民医院新建健康管理、医学检验和医养中心内，项目用地属于医疗卫生用地，医院周围评价范围内无自然保护区、文物保护区、风景名胜区、水源保护区等生态敏感点，本项目所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境及保护目标影响较小，满足各项标准的要求，因此选址是基本合理的。

核医学工作场所按功能及放射性操作水平划分为控制区和监督区，实施分区管理，分别设计有病人进出路线、医务人员进出路线，可有效避免带有放射性病人对其它人员造成不必要照射，符合《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中关于临床核医学工作场所对于布局的要求，项目布局基本合理。

13.1.4 辐射环境质量现状

现场监测数据表明：项目所在地的 X- γ 辐射剂量率与凉山州地区天然贯穿辐射水平相当，辐射环境质量现状处于正常水平。

13.1.5 环境影响评价结论

(1) 辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，本项目对辐射工作人员造成的附加有效剂量低于 5mSv/a 的职业人员剂量管理限值；对公众造成的附加有效剂量低于 0.1mSv/a 的公众人员剂量管理限值。

(2) 水环境影响分析

放射性废水在三个并联衰变池停留 10 个半衰期后，经监测达标后排入医院污水处理系统，对周围水环境影响很小。生活污水依托医院已有的污水处理系统处理达标后排放，对周围水环境影响很小。

(3) 固体废物影响分析

放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存于废物间衰变 10 个半衰期经监测达标后按照普通医疗废物处理，不外排，对周围环境影响较小。生活垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中回收并交由环卫部门统一处理，不外排，对周围环境影响较小。

(4) 大气环境影响分析

机房工作时产生的臭氧经排风系统通风后，满足评价标准要求，对机房周围的大气环境影响较小。

(5) 声环境影响分析

本项目产生的噪声较小，对医院边界噪声的贡献较小，对项目所在区域声学环境影响较小。

13.1.6 辐射防护措施有效性结论

本项目非密封放射性物质工作场所建筑均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度，对 X 射线、 β 射线或 γ 射线起到了有效地屏蔽。建设单位制定了有针对性的操作规程，职业人员工作时穿戴铅衣、铅围脖，佩戴防护眼镜等辐射防护用品。将分装室和注射候诊室等房间设为控制区并设置相应的警示标志，限制无关人员进入。在控制区周围有人员活动的区域内，职业人员和公众所受的照射均低于环评要求的剂量约束值。

13.1.7 事故风险与防范

建设单位将按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.8 环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

13.1.9 辐射安全管理的综合能力

医院已成立放射防护领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；医院现有辐射工作人员均已参加由环保部门组织的辐射安全与防护培训，并已取得了辐射安全与防护培训的合格证书，本项目建成后新增辐射工作人员也须进行上岗培训。该院已对现有辐射工作人员进行了职业健康监护和个人剂量监测，并建立了个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.2 项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，评价认为，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.3 建议与承诺

13.3.1 工作场所建设

(1) 墙体和衰变池施工时应请专门的施工单位进行施工，保证砖块缝隙间水泥砂浆密实饱满，并确保墙面防护涂料涂抹均匀，保证防护厚度符合要求；使用的屏蔽防护材料应向专业厂家购置；防护门、窗安装时注意搭接处的防护，防护门与墙、窗与墙、墙体之间搭接处重叠宽度应不小于空隙的 10 倍。

(2) 穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线，采取 S 形或 U 通过，避免正对辐射源和工作人员经常停留的地点。

13.3.2 人员培训

从事本项目工作的辐射工作人员，应按四川省环保厅的要求，安排工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，持证上岗。

13.3.3 管理制度

(1) 本项目竣工环境保护验收之前，确保拟制定的管理制度完成；原有制度应结合本项目实际情况予以补充、完善。

(2) 严格执行本项目放射性核素送入、存储和使用过程的管理措施，控制人流、物流通道，落实分区管理措施。

(3) 完善辐射事故应急处理预案。

13.3.4 其它建议和要求

(1) 医院应进一步加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 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。

(4) 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。

(5) 医院应告知本项目受检者检查完后，在十个半衰期内应避免出入公共产生，并控制与家庭成员及公众的接触距离。

(6) 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。

(7) 本项目环评审批后，医院应及时到四川省环保厅办理《辐射安全许可证》的变更手续，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mep.gov.cn/>)”中实施申报登记。

(8) 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。本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 项目环报竣工验收检查一览表

项目		设施	备注
PET 工作场所	辐射屏蔽措施及安全装置	PET-CT 扫描间、卫生通过间、注射间、注射后候诊区防护墙体、防护门、窗	新增
		易去污的工作台面和防污染覆盖材料	新购
		病人专用卫生间 2 间	新增
		放射性废水衰变池一组	新建
		铅隔板 1 套	新增
		注射防护套 2 套	新增
		放射性废物收集容器 4 个	新增
		电离辐射警示标志和工作状态指示灯若干	新增
		个人剂量计 8 个	新增
		个人剂量报警仪 3 台	新增
		放射性表面去污用品 1 套	新增
	个人防护用品	个人防护用品（如铅衣、铅围裙、三角巾）3 套	新增
	监测设备	γ 辐射监测仪 1 台、 β 表面污染监测仪 1 台	新增

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日