

核技术利用建设项目

简阳市人民医院

新增非密封放射性物质工作场所及

医用射线装置使用项目

环境影响报告表

(公示本)

简阳市人民医院

2021 年元月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

简阳市人民医院

新增非密封放射性物质工作场所及
医用射线装置使用项目

环境影响报告表

建设单位名称：简阳市人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省成都市简阳市医院路 180 号

邮政编码：641400

联系人：徐**

电子邮箱：308***5300@qq.com

联系电话：151****6453

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1.项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过30个字（两个英文字段作一个汉字）；

2.建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点；

3.行业类别——按国标填写；

4.总投资——指项目投资总额；

5.主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等；

6.结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结构，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论。同时提出减少环境影响的其他建议；

7.预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填；

8.审批意见——由负责审批该项目的生态环境行政主管部门批复。

目 录

表 1 项目基本情况.....	- 1 -
表 2 放射源.....	- 9 -
表 3 非密封放射性物质.....	- 9 -
表 4 射线装置.....	- 10 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	- 14 -
表 6 评价依据.....	- 15 -
表 7 保护目标与评价标准.....	- 17 -
表 8 环境质量和辐射现状.....	- 27 -
表 9 项目工程分析与源项.....	- 33 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 45 -
表 11 环境影响分析.....	- 61 -
表 12 辐射安全管理.....	- 87 -
表 13 结论与建议.....	- 93 -
表 14 审批.....	- 100 -
附图 1 新增非密封放射性物质工作场所.....地理位置示意图.....	- 101 -
附图 2 简阳市人民医院总平面图及评价范围.....	- 102 -
附图 3 简阳市人民医院门急诊医技大楼负一层改造前平面布局.....	- 103 -
附件 1：委托书.....	- 107 -
附件 2：辐射安全许可证正副本.....	- 108 -
附件 3：环境现状监测报告.....	- 114 -
附件 4：门急诊医技大楼环境影响报告书批复.....	- 124 -
附件 5：放射安全与防护领导小组文件.....	- 128 -
附件 6：简阳市人民医院应急预案.....	- 136 -
附表：建设项目环评审批基础信息表.....	- 148 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称	简阳市人民医院 新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目				
建设单位	简阳市人民医院				
法人代表	陶飞	联系人	徐**	联系电话	151****6453
注册地址	四川省成都市简阳市医院路 180 号				
项目建设地点	四川省成都市简阳市医院路 180 号医院门急诊医技大楼负一层				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	**	项目环保总投资 (万元)	**	投资比例(环保 投资/总投资)	17.2%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input checked="" type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p>项目概述</p> <p>一、建设单位简介</p> <p>简阳市人民医院(统一社会信用代码:12511881451543880K,以下简称“医院”)始建于 1939 年,是一所集医疗、教学、科研、急救、预防保健、康复于一体的三级甲等综合医院。是国家级住院医师规范化培训基地医院;是西南医科大学和成都医学院非直属附属医院;是四川省护理职业学院、雅安职业技术学院、甘孜州卫生学校、内江医科学校实习基地;是国家卫健委首批达到县级医院综合服务能力推荐标准的县级医院。先后获得全国卫生系统先进集体、全国百佳医院、全国院务公开示范点、全国</p>				

医院文化建设先进单位、全国精神文明建设工作先进单位、全国文明单位等荣誉称号。2019年在第三方机构排名中居全国县级医院第19位，连续十年保持西部第一。

截止目前，医院占地3.39万平方米，编制床位1600张，设职能部门27个、临床科室40个、医技科室9个，建有党支部28个，党员530名。在岗职工2400余人，高级职称280人，硕士生导师1人，博士11人，硕士160人；有享受国务院特殊津贴专家1人，四川省名中医1人，四川省有突出贡献优秀专家1人、四川省卫健委有突出贡献中青年专家2人、四川省卫健委学术技术带头人3人。有成都市院士（专家）创新工作站1个，四川省甲级重点专科4个（心外科、肾内科、肿瘤科、消化内科），成都市重点专科7个；立项建设成都市重点学科1个、重点专科1个；有国家级住院医师规范化培训专业基地24个，是四川省护士规范化培训基地。

二、任务由来

简阳市人民医院核医学科成立于2003年，由医院早起成立的同位素室发展而来，可开展 ^{131}I 治疗甲亢、 ^{131}I 分化型甲状腺癌， ^{90}Sr 敷贴治疗皮肤疾病和 ^{89}Sr 治疗骨转移癌等核素治疗工作。在2010医院创“三甲医院”成功后科室进入快速发展通道，当年引进了SPECT系统开展了脏器功能成像。科室新增开展心肌血流灌注显像、核素心功能显像、脑血流灌注显像、全身及局部骨显像、肾动态显像、甲状腺显像、肝胆动态显像、肝血池显像、肺血流灌注显像、淋巴显像、肾上腺髓质显像、腮腺显像和代谢显像等检查项目。成科以来，核医学科人员作为第一作者在全国公开医学杂志上发表论文7篇。经过10余年的努力，核医学专业得到迅速发展，目前已成为集体外检测、脏器显像、核素治疗一体的功能齐全的综合性科室。

核医学科建立后，年均门诊病人逐渐增加，目前门诊病人年均可达到3000余人次，年均核素治疗300余人次，年均检测已近1万人次。现有核医学的设备及科室使用面积已经严重制约了科室的发展。

故简阳市人民医院综合考虑选址门急诊医技大楼负一层西药库等区域，拟对该区域进行装修改造，建设1处乙级非密封放射性物质工作场所，将原有核医学的1套SPECT系统（使用放射性同位素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）搬迁至新的工作场所用于开展显像诊断，同时使用1台PET/CT（使用放射性同位素 ^{18}F ）用于开展显像诊断项目，PET/CT校准将使用1枚 ^{22}Na 放射源（棒源，活度为 $1.48\times 10^7\text{Bq}$ ，属于V类放射源），和6枚 ^{22}Na 放射源（点源，总活度为 $3.7\times 10^5\text{Bq}$ ，属于豁免放射源）。医院在本次核医学科工作

场所西北侧新修建 1 座总容积为 21m³ 的放射性废液处理系统（三级间歇式，每个池子为 7m³）。

三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程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《放射性同位素与射线装置防护条例》等相关法律法规要求，建设方简阳市人民医院需对该项目进行环境影响评价。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）的”应编制环境影响报告表。

为此，简阳市人民医院委托南京瑞森辐射技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。南京瑞森辐射技术有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合四川瑞迪森检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目环境影响评价报告表的评价内容与目的：

1、对新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。

2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。

3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。

4、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

四、项目概况

项目名称：简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

设计单位：智慧城建设计院有限公司

建设单位：简阳市人民医院

建设地点：四川省成都市简阳市医院路 180 号

1、建设内容与规模：

本项目位于四川省成都市简阳市医院路 180 号简阳市人民医院院区内，将门急诊医技大楼负一层西药库等区域进行拆除，建设 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，总占地面积约 750m²。医院本次改建的场所设有 1 间 PET/CT 机房及配套控制室、1 间 SPECT 机房及配套控制室、分装室、注射室、废物间、储源室、卫生通过间、PET/CT 候诊室、锝药注射后候诊室、留观及抢救室、放射性废水处理间等配套用房。医院拟在该场所内使用放射性同位素 ^{99m}Tc 开展 SPECT 显像诊断，使用 ¹⁸F 开展 PET/CT 显像诊断。

根据智慧城建设计院有限公司提供的防护设计方案，本项目核医学科工作场所各房间的防护情况如下：

5.56m² 的注射室（四面墙为 370mm 实心砖，顶棚为 120mm 混凝土+4mmPb 钡板，防护门为 8mmPb，注射 ^{99m}Tc 药物的注射窗为 5mmPb，注射 ¹⁸F 药物的注射窗为 40mmPb）；

19.5m² 的分装室（含废物间和储源室）（四面墙为 370mm 实心砖，顶棚为 120mm 混凝土+4mmPb 钡板，防护门为 8mmPb，暂存 ^{99m}Tc 药物的通风橱为 5mmPb，暂存 ¹⁸F 药物的通风橱为 40mmPb）；

7.0m² 的 PET/CT 候诊 1 室（东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙；东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板，顶棚为 120mm 混凝土+4mmPb 钡板，防护门为 8mm 铅当量）；

10.0m² 的 PET/CT 候诊 2 室（东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙；东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板，顶棚为 120mm 混凝土+4mmPb 钡板，防护门为 8mm 铅当量）；

17.4m² 的锝药注射后候诊室（东南、西南、西北侧为 240mm 实心砖墙；东北侧为 370mm 实心砖墙，顶棚为 120mm 混凝土+2mmPb 钡板，防护门为 5mm 铅当量）；

48.1m² 的 PET/CT 机房（四周墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 120mm 混凝土+4mmPb，西南侧防护门为 10mm 铅当量，东北侧防护门为 8mm 铅当量，观察窗为 10mmPb）；

37.0m² 的 SPECT 机房（四周墙体为 370mm 实心砖，顶棚为 120mm 混凝土+2mmPb，防护门为 5mm 铅当量，观察窗为 5mmPb）；

14.7m² 的留观及抢救室（东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙；东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板、120mm 厚混凝土+2mm 钡板、防护门为 8mm 铅当量）等工作场所，同时配套建设候诊大厅、卫生通过间、问诊室、医生办公室等辅助用房。

本次核医学诊断工作场所将配套建设 1 套衰变池系统，不与医院原有衰变池共用，该衰变池拟建于场所西北侧，拟设计 3 个并联小池，每个小池为 7m³，总容积为 21m³。本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1。

表 1-1 简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目情况一览表

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
1	²² Na	1.48 × 10 ⁷ × 1		V	使用	校准源	PET/CT	储源室内
2	²² Na	3.7 × 10 ⁵ (6 枚)		豁免	使用	校准源	PET/CT	
非密封放射性物质								
序号	核素	用途	单个病人最大用量 (mCi/人·次) /用药方式	日最大病人量 (人)	年最大病人量 (人)	日最大操作量 (Bq)		
1	^{99m} Tc	核素显像	20 (静脉注射)	30	7500	2.22 × 10 ¹⁰		
2	¹⁸ F	核素显像	10 (静脉注射)	8	2000	2.96 × 10 ⁹		
序号	工作场所名称	场所等级	核素	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	用途
1	核医学科	乙级	^{99m} Tc	2.22 × 10 ¹⁰	2.22 × 10 ⁷	5.55 × 10 ¹²	使用	核素显像
2			¹⁸ F	2.96 × 10 ⁹	2.96 × 10 ⁶	7.40 × 10 ¹¹	使用	
射线装置								
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注	
1	PET/CT	未定	≤140kV	≤800mA	III	使用	拟购	
由于本项目拟搬迁的 SPECT 系统不含 CT 系统，不纳入射线装置管理。								

2、项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
拆除工程	西药房东南侧等墙体拆除，以及地面装饰的拆除			\
主体工程	放射源	PET/CT 校准将使用 1 枚 ^{22}Na 放射源（棒源，活度为 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ，属于 V 类放射源），和 6 枚 ^{22}Na 放射源（点源，总活度为 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，属于豁免放射源）。		施工废气 施工噪声 施工废水 固体废物 生活污水 生活垃圾 X 射线、 γ 射线、 β 表面沾污、放射性废气、放射性废水、放射性固废、噪声、臭氧、医疗废物、生活污水、生活垃圾
	核素	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	日等效最大操作量 $2.22 \times 10^7 \text{Bq}$ ，年最大用量 $5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$	
		^{18}F	日等效最大操作量 $2.96 \times 10^6 \text{Bq}$ ，年最大用量 $7.40 \times 10^{11} \text{Bq}$	
		合计	日等效最大操作量 $2.516 \times 10^7 \text{Bq}$ （乙级）	
	射线装置	1 台 PET/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 800mA，其中 CT 属于 III 类射线装置）		
非密封放射性物质工作场所	场所设有 1 间 PET/CT 机房及配套控制室、1 间 SPECT 机房及配套控制室、分装室、注射室、废物间、储源室、卫生通过间、PET/CT 候诊室、锝药注射后候诊室、留观及抢救室、放射性废水处理间等配套用房。			
辅助工程	1、衰变池位于门急诊医技大楼核医学科西北侧，拟设计 3 个并联小池（ $7\text{m}^3+7\text{m}^3+7\text{m}^3$ ），总容积为 21m^3 。 2、新增收集放射性废物铅桶； 3、核医学科工作场所通风橱及通排风系统各 1 套（含屋顶活性炭过滤装置）			
公用工程	依托医院给水、供电、通风等配套设施。			\
办公生活设施	候诊大厅、示教室、问诊室、护士站、医生办公室和资料室等。			生活垃圾、生活污水

3、主要原辅材料及能耗

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-3。

表 1-3 主要能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途
主要原辅材料	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$5.55 \times 10^{12} \text{Bq}$	有资质单位购买	核素显像诊断
	^{18}F	$7.40 \times 10^{11} \text{Bq}$	有资质单位购买	核素显像诊断
能源	电(度)	5000kW·h/a	市政电网	/
水	生活用水	1000m ³ /a	市政管网	/

4、工作制度及人员配置

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

人员配置：本项目为扩建核医学科项目，辐射工作人员从现有核医学科的 10 名辐射工作人员中调配。医院核医学科现有的辐射工作人员情况详见表 1-4。

表 1-4 简阳市人民医院核医学科现有辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	工作类别	辐射安全培训证书	培训有效期	职业健康体检情况	个人剂量检测情况
1	倪 剑	核医学科	CHO18813	2021.03	可继续从事	均开展了个人剂量检测
2	付钦卿		CHO18812	2021.03	可继续从事	
3	钟彝璞		CHO15455	2020.05（过期）	定期复查	
4	唐 倩		CHO18816	2021.03	可继续从事	
5	陈淑屏		CHO18815	2021.03	可继续从事	
6	徐 敏		CHO34132	2022.10	可继续从事	
7	翁绍芳		CHO18814	2021.03	可继续从事	
8	李 洪		CHO34131	2022.10	可继续从事	
9	杨夏欣		CHO15453	2020.05（过期）	可继续从事	
10	陈 斌		CHO38688	2023.04	可继续从事	

上述 10 名核医学科辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训证书，其中钟彝璞、杨夏欣两名工作人员辐射安全与防护培训证书已过期，其余人员均在有效期内。医院应尽快安排两名证书过期人员参加生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）”报名并参加考核。考核合格后方可继续从事原放射工作。

另外，核医学科现有 10 名辐射工作人员均已参加了职业健康体检，体检结果均为“可继续从事”。后期随着工作量的不断增加，医院也计划持续引进技术熟练的核医学诊断医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

五、项目周边保护目标以及场址选址情况

本项目选址于简阳市人民医院门急诊医技大楼负一层，简阳市人民医院位于四川省成都市简阳市医院路 180 号（项目地理位置见附图 1）。门急诊医技大楼位于医院西北侧，门急诊医技大楼东侧约 38m 处为医院住院部；南侧紧邻医院综合住院大楼、放疗大楼、供应大楼及行政大楼；西北侧 10m 处依次为临街商铺及丽茗花园；东北侧为医院广场及医院路。医院总平面图见附图 2。

简阳市人民医院用地属于医疗卫生用地，从周边外环境关系可知，医院周边规划

为居民住宅和市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。

六、项目单位核技术应用现状

简阳市人民医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证（00225），有效期至2024年12月19日，许可种类和范围为：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所），其许可情况及验收情况见表2、表3及表4，辐射安全许可证正副本见附件2。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq)/ 活度 (Bq)×枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	⁹⁰ Sr	$1.11 \times 10^9 \times 1$	V	使用	敷贴治疗	核医学科	核医学科	已许可
2	²² Na	$1.48 \times 10^7 \times 1$	V	使用	校准源	PET/CT	储源室	本次环评
3	²² Na	3.7×10^5	豁免	使用	校准源	PET/CT	储源室	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
1	^{99m} Tc	液态/低毒 $T_{1/2}=6.02\text{h}$	使用	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	核素显像	注射 很简单操作	门急诊医技 大楼负一层	按需订购， 不贮存
2	¹⁸ F	液态/低毒 $T_{1/2}=109.8\text{min}$	使用	2.96×10^9	2.96×10^6	7.40×10^{11}	核素显像	注射 很简单操作	核医学科	按需订购， 不贮存
3	¹³¹ I	液态/中毒 $T_{1/2}=8.02\text{d}$	使用	1.33×10^9	1.33×10^8	3.33×10^{11}	核素治疗	口服 简单操作	核医学科	按需订购， 不贮存

4	¹²⁵ I (粒子源)	固态/中毒 T _{1/2} =59.4d	使用	2.96×10 ¹⁰	2.96×10 ⁷	8.88×10 ¹⁰	粒子植入	粒子植入 很简单操作		
5	⁸⁹ Sr	液态/中毒 T _{1/2} =50.53d	使用	7.4×10 ⁸	7.4×10 ⁷	1.85×10 ¹¹	核素治疗	注射 简单操作		
6	^{99m} Tc	液态/低毒 T _{1/2} =6.02h	使用	1.11×10 ¹¹	1.11×10 ⁸	1.30×10 ¹²	核素显像	注射 很简单操作		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线 加速器	II	1	Elekta Synergy	电子	10	600cGy	放射治疗	直线加速器治疗室	已许可 已验收
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	PET/CT	III	1	未定	≤140	≤800	放射诊断	核医学科	
2	模拟定位机	III	1	BMD-2	125	500	放射诊断	模拟定位机室	
3	数字化口内成像机	III	1	CS-2100	60	7	放射诊断	门急诊医技大楼六楼牙片检查室 2	
4	64 排多层螺旋 CT	III	1	Aquilion 64	150	600	放射诊断	门急诊医技大楼一楼 CT 检查室 2	
5	DR	III	1	X-3724	150	600	放射诊断	门急诊医技大楼九楼 DR 检查室 6	
6	钼靶乳腺 X 线机	III	1	MGU-1000A	35	100	放射诊断	门急诊医技大楼九楼乳腺检查室	
7	移动式 C 型臂 X 线机	III	1	WHA-200	125	200	放射诊断	手术室	
8	移动式 X 线机 (DR)	III	1	Mobile TT XP Digital	130	450	放射诊断	住院大楼	
9	数字减影 X 线机	II	1	INFX-8000C	150	1100	介入治疗	影像大楼三楼 DSA 室	
10	ERCP	II	1	OEC 9900 Elite	120	150	介入治疗	ERCP 手术室	
11	X 射线血管造影系统	II	1	Discovery IGS7	125	1000	介入治疗	门急诊医技大楼三楼 DSA 手术室 2	
12	移动式 C 型臂 X 线机	III	1	Ziehm Vision FD	110	20	放射诊断	手术室	

13	Brilliance CT Big Bore	III	1	Brilliance CT Big Bore	140	500	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 CT 检查室 3	
14	Revolution CT	III	1	Revolution CT	140	650	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 CT 检查室 4	
15	口腔 CT	III	1	CS9300C	90	15	放射诊断	牙片检查室 1	
16	DR	III	1	Digital Diagnos	150	800	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 DR 检查室 1	
17	16 层螺旋 CT	III	1	Brilliance 16	140	500	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 CT 检查室 1	
18	16 层 CT	III	1	uCT510	140	420	放射诊断	门急诊医技大楼九 楼 CT 检查室 5	
19	数字化 X 射线系统 DR	III	1	R-30H	150	600	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 DR 检查室 4	
20	双板悬吊式 X 射线成像系统	III	1	Yiso Max	150	800	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 DR 检查室 3	
21	数字化医用 X 射线影像系统	III	1	DP580	150	650	放射诊断	门急诊医技大楼一 楼 DR 检查室 2	
22	移动式 DR	III	1	Moblie ye700P	150	640	放射诊断	住院大楼二楼重症 医学科	
23	CT	III	1	uCT528	140	350	放射诊断	感染科 DR 检查室	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等	固体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/			小于清洁解控水平	暂存于分装注射室内铅废物桶内，随后转移至废物间	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为普通医疗废物处理
含放射性核素的卫生间下水及清洗废水	液体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	约 18m ³	约 216m ³	总 $\beta < 10 \text{ Bq/L}$	暂存于衰变池内	自然衰变十个半衰期，达到排放标准后，排至医院污水处理站
含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶	气体	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	/	微量	微量	微量	不暂存	在通风橱内操作，经通风橱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下 50 分钟后可自动分解为氧气
废活性炭	固体	/	/	/	/	小于清洁解控水平	更换后暂存在废物间内	存放十个半衰期，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理
退役校准源	固体	^{22}Na	/	/	/	/	存放于储源室	厂家回收

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

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

表 6 评价依据

<p>法规 文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令449号，2005年12月1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，（2019年修正本），2019年8月22日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年 第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令612号，2012年3月1日起施行；</p> <p>(11) 关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017年公告第65号公布，自2018年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级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日起施行；</p> <p>(13) 《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），2016年3月7日起施行；</p> <p>(14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告2019年第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(15) 《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</p>
------------------	---

	<p>态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>(16) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》，生态环境部，2019年部令第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(17) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(18) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用。《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第29号，2020年1月1日起施行。</p> <p>(19) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施；</p> <p>(20) 《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》(环环评[2016]150号)，2016年10月27日起施行。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)；</p> <p>(3) 《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ 120-2006)；</p> <p>(4) 《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)；</p> <p>(4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(7) 《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)；</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)；</p> <p>(9) 《核辐射环境质量评价的一般规定》(GB11215-1989)；</p> <p>(10) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环保部辐射安全与防护监督检查技术程序；</p> <p>(2) 工程设计图纸及相关技术资料；</p> <p>(3) 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)》的通知，川环函[2016]1400号；</p> <p>(4) 医院提供的相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 的范围。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”，确定为简阳市人民医院本次新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 2。

保护目标

本项目周围 50m 范围均位于医院院区内。50m 评价范围内无学校等环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

保护目标名称		方位	最近距离	规模
核医学科	辐射工作人员	分装注射室、控制室	/	10 人
	医护人员、患者、患者家属	核医学四周	约 5m	约 30 人
	MRI 检查室	场所东南侧	紧邻	约 30 人
	供应大楼、放疗大楼、住院综合楼	场所南侧	约 5m	约 100 人
	120 急救中心	场所西北侧	约 5m	约 20 人
	阅片室及药房	场所上方	紧邻	约 20 人

评价标准

一、执行标准

本项目执行标准如下：

1、环境质量标准

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

2、污染物排放标准

废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011），营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

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》（GB18599-2001）及其修改单相关标准；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

3、辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定。

二、辐射环境评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

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

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。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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。

监督区：

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。

表 B11 表面污染控制水平 单位: Bq/cm²

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

1) 该区内的污染子区除外。

1.2 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

2、《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）：

第 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二级污水处理厂的下水道的污水，执行预处理标准。

第 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。

第 5.4.1 款 低放射性废水应经衰变池处理。

3、《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）：

第 4.5 款 合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够的风速（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。

第 4.6 款 凡 I 类工作场所和开展放射性药物治疗的单位应设有放射性污水池，以存放放射性污水直至符合排放要求时方可排放。废原液和高污染的放射性废液应专门收集存放。

第 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。放射性废物应按长半衰期和短半衰期分别收集，并给予适当屏蔽。固体废物如污染的针头、注射器和破碎的玻璃器皿等应贮于不泄漏、较牢固、并有合适屏蔽的容器内。放射性废物应及时按 GBZ133 进行处理。

第 4.8 款 临床核医学诊断及治疗用工作场所（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，依次为给药室、候诊室、检查室、治疗室等。并且应避免无关人员通过。

第 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。

第 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。

4、参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

引至“第 5 款 工作场所的放射防护要求”内容，如下：

第 5.1 款 工作场所平面布局和分区

5.1.1 在医疗机构内部区域选择核医学场址，应充分考虑周围场所的安全，不应邻接产科、儿科、食堂等部门，这些部门选址时也应避开核医学场所。尽可能做到相对独立布置或集中设置，宜有单独出、入口，出口不宜设置在门诊大厅、收费处等人员稠密区域。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

- a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；
- b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；
- c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；
- d) 在分装和给药室的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

5.1.3 核医学工作场所从功能设置可分为诊断工作场所和治疗工作场所。其功能设置要求如下：

a) 对于单一的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室（根据放射性核素防护特性分别设置）、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房；

c) 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息站、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房；

5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

5.1.5 核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。治疗区域和诊断区域应相对分开设置。根据使用放射性药物的种类、形态、特性和活度，确定核医学治疗区（病房）的位置及其放射防护要求，给药室应靠近病房，尽量减少放射性药物和给药后患者或受检者通过非放射性区域。

5.1.6 通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。

5.1.7 应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。

第 5.2 款 放射防护措施要求

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.5 放射性废液衰变池的设置按环境主管部门规定执行。暴露的污水管道应做好防护设计。

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。

回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

第 5.3 款 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h，宜不大于 2.5 μ Sv/h；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μ Sv/h；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。屏蔽计算中所涉及的常用放射性药物物理特性见附件 H。PET 相关房间的辐射屏蔽计算方法和示例参见附录 I。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在的照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附件 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2。

表 2 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4 $\times 10$	4 $\times 10$
	监督区	4 $\times 10^{-1}$	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区、监督区	4 $\times 10^{-1}$	4 $\times 10^{-1}$	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-2}$	4 $\times 10^{-1}$

1) 该区内的高污染子区除外。

5、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

引自“第 6 款 X 射线设备机房防护设施的技术要求”内容，如下：

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

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

6.1.3 每台固定使用 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；

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、改建和改建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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 X 射线设备机房屏蔽

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。

6.2.2 医用诊断 X 射线防护中不同铅当量屏蔽物质厚度的典型值参见附录 C 中表 C.4~表 C.7。

表 3 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） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

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：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

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受检者状态及防护门开闭情况。

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。

6.4.10 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。

表 4 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		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	-

7.4 CT 设备操作的防护安全要求

7.4.1 CT 工作人员应根据临床的实际需要，正确选取并优化设备工作参数，在满足诊断需要的同时，尽可能减少受检者受照剂量。

7.4.2 对儿童进行 CT 检查时，应正确选取扫描参数，以减少受照剂量，使儿童的 CT 应用达到最优化。

5、《医用放射性废物的卫生防护管理》(GBZ 133-2009)：

表 B.1 以核素活度浓度表示的清洁解控水平推荐值

解控水平 (Bq/g)	核素
1×10^1	^{18}F
1×10^2	^{15}O 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Mo 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{113}In 、 ^{131}I 、 ^{198}Au 、 ^{203}Hg 、 ^{201}Tl
1×10^3	^{32}P 、 ^{151}Cr 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{113}Sn 、 ^{125}I 、 ^{133}Xe

注 1: 上述解控水平推荐值原则上只适用于在组织良好、人员训练有素的工作场所对产生少量放射性固体废物的医学应用或实验室。

2: 严禁为申报清洁解控而采用人工稀释等方法来降低核素活度浓度。

3: 本表数值取自 GB18871-2002 附录 A, 并与 GBZ167-2005 附录 B 的取值相一致。

三、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量管理限值

①职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第 4.3.2.1 条的规定, 对任何工作人员, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可作任何追溯平均) 20mSv。对于职业人员项目, 要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行 (即 5mSv/a)。四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。本项目评价标准按上述标准中规定的职业照射年有效剂量约束限值的 1/4 执行, 即 5mSv/a; 四肢 (手和足) 或皮肤的年当量剂量约束值为 125mSv。

②公众照射: 第 B1.2.1 条的规定, 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年有效剂量 1mSv。项目要求按上述标准中规定的公众照射年有效剂量约束限值的 1/10 执行, 即 0.1mSv/a。

2、放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型	β 放射性物质	
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}

3、放射性废水排放限值

废水执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 限值, 标准值见表

7-3。

表 7-3 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
总 α	1	

4、表面污染解控

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B2 表面污染控制水平：“工作场所中的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 B11 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时（即 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ），经审管部门或审管部门授权的部门确认同意后，可当作普通物品使用。”。

5、医用直线加速器机房外控制剂量率

在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5cm 的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

6、其他

核医学科内通风橱的排风装置设计风速不小于 $1\text{m}/\text{s}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

简阳市人民医院位于四川省成都市简阳市医院路 180 号。

门急诊医技大楼位于医院西北侧，门急诊医技大楼东侧约 38m 处为医院住院部；南侧紧邻医院综合住院大楼、放疗大楼、供应大楼及行政大楼；西侧 10m 处依次为临街商铺及丽茗花园；北侧为医院广场。

本项目非密封放射性物质工作场所位于门急诊医技大楼负一层，改造前为西药库等用房，其上方为阅片室及药房等，下方为土层。核医学拟建址周围环境现状见图 8-1 至图 8-8。



图 8-1 门急诊大楼东北侧



图 8-2 门急诊医技大楼东南侧



图 8-3 门急诊医技大楼西南侧



图 8-4 门急诊医技大楼西北侧



图 8-5 核医学拟建址东北侧



图 8-6 核医学拟建址西北侧



图 8-7 核医学科拟建址东南侧



图 8-8 核医学科拟建址上方

二、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，南京瑞森辐射技术有限公司委托四川瑞迪森检测技术有限公司于 2020 年 11 月 24 日按照标准规范对本次拟建新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目现场及周边环境进行了 γ 辐射剂量率和表面污染水平的布点监测，监测报告见附件 3。

1、监测因子

本项目为新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目，主要污染因子为工作场所运行时产生的 X 射线、 γ 射线及 β 表面沾污。为了更好反映实际情况，本项目的环境监测选取为 γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平作为监测因子。

2、监测内容

对拟建项目周围环境水平进行本底调查。

3、监测方案

(1) 监测项目、方法及方法来源表

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	探测限	备注
γ 辐射剂量率	《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》	GB/T14583-1993	10nSv/h	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标
表面污染水平	《表面污染测定第一部分：β 发射体 (Eβmax>0.15MeV) 和 α 发射体》	(GB/T14056.1-2008)	0.01 Bq/cm ²	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

(2) 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 中的方法布设监测点, 根据本次建设的新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目周围环境现状, 监测点位的选取覆盖新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。根据上述布点原则与方法, 本项目监测点位布置如图 8-9、图 8-10 所示。

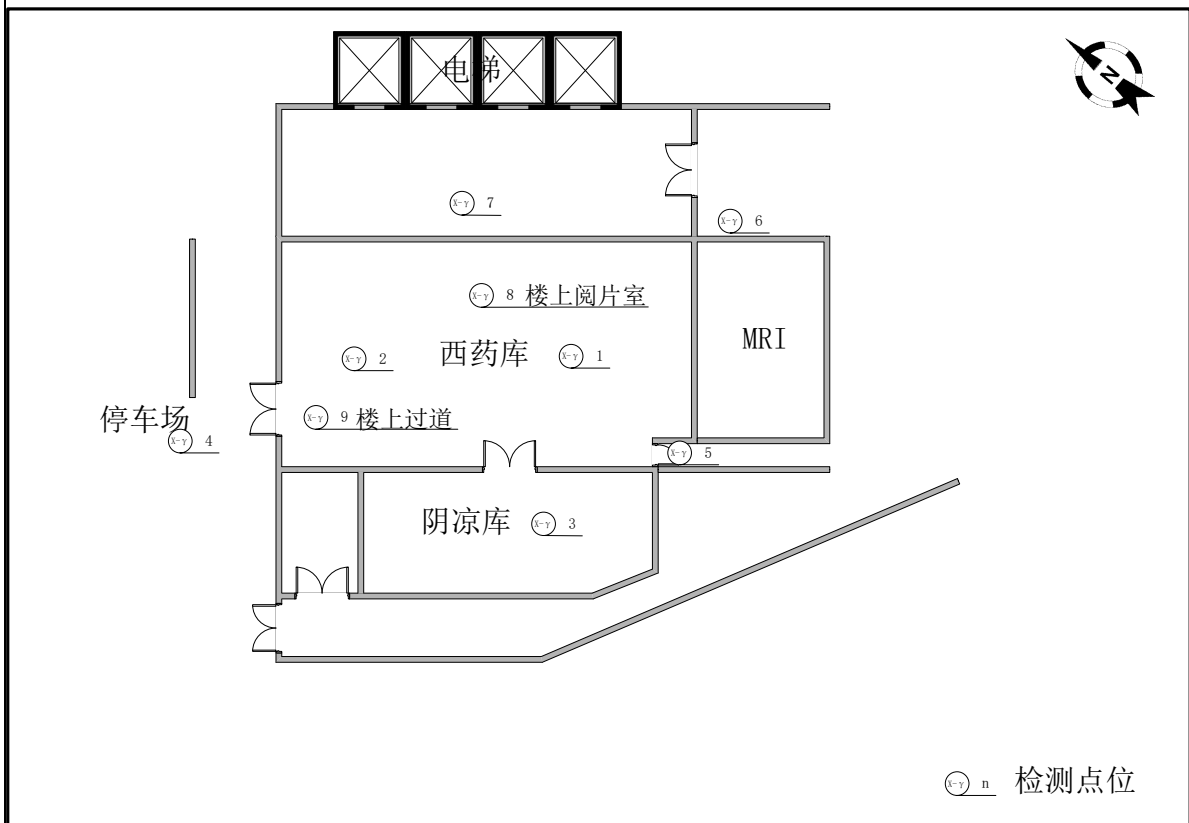


图 8-9 拟建址周围 γ 辐射剂量率监测点位示意图

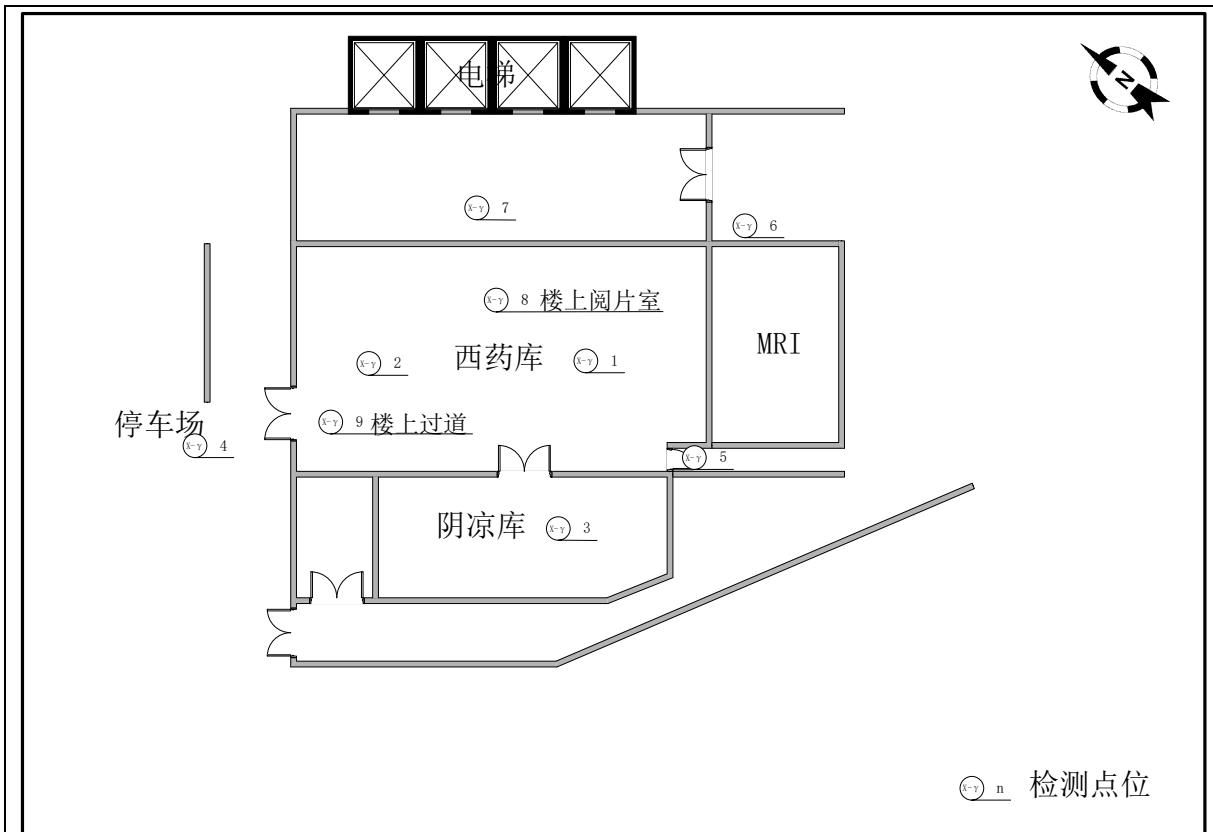


图 8-10 拟建址周围表面污染水平监测点位示意图

(3) 监测仪器

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	检定情况
γ 辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 型 X-γ 辐射剂量率仪	SCRDS-004	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2020.11.09-2021.11.08
表面污染水平	COMO170 型表面污染仪	SCRDS-007	检定单位：中国测试技术研究院 检定有效期：2020.11.05-2021.11.04

(3) 4、质量保证措施

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

监测记录：现场监测过程，专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

数据处理与复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核，最后由授权签字人审定签发。

5、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考四川省生态环境厅《2019年四川省生态环境状况公报》中四川省 γ 辐射空气吸收剂量率范围。

表 8-3 四川省空气吸收剂量率

地点	γ 辐射空气吸收剂量率范围 (nGy/h)
四川省电离辐射环境监测自动站	76.8~163

6、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家标准方法实施；测量数据处理符合统计学要求；布点合理，结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下：

表 8-4 项目拟建址 X- γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nSv/h)	备注
1	拟建址内（西药库内）	150	/
2	拟建址内（西药库内）	141	/
3	拟建址内（阴凉库内）	142	/
4	拟建址西北侧（停车场）	153	/
5	拟建址东南侧（过道）	155	/
6	拟建址东南侧（MRI 操作室门口）	159	/
7	拟建址东北侧（电梯厅门口）	136	/
8	拟建址楼上（阅片室）	134	/
9	拟建址楼上（过道）	143	/

表 8-4 项目拟建址 X- γ 辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	表面 β 放射性污染水平检测结果 (Bq/cm ²)	备注
1	拟建址内（西药库内）	0.05	/
2	拟建址内（西药库内）	0.16	/
3	拟建址内（阴凉库内）	0.10	/

由表 8-4 可知，本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在（134~159）nSv/h 之间，周围 γ 辐射剂量当量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则拟建址现场及周边环境的空气吸收剂量率为（134~159）nGy/h。根据《2019年四川省生态环境状况公报》中数据显示，全省 γ 辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献

值)为(76.8~163) nGy/h, 由此可知, 本项目拟建址区域周围辐射环境监测值与四川省天然贯穿辐射水平相当, 属于正常本底范围。

β 表面污染为 0.05Bq/cm²~0.16Bq/cm², 属于当地正常水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、施工期工艺分析

(一) 装修改造施工阶段

本项目施工期主要在简阳市人民医院门急诊医技大楼负一楼内部进行装修改造，涉及非密封放射性物质工作场所及其辅助用房的建设，设备安装、管线敷设、防护门及其他辐射安全防护设施的安装，不涉及土建施工，施工期主要的环境影响表现为噪声及固体废渣等。

1、噪声

项目噪声主要来源于材料搬运和切割、运输车辆、设备安装等。由于项目施工产生的噪声会对周围环境造成一定影响，为减少项目施工噪声对环境的影响，要求：

①加强施工队伍的管理，禁止高声喧哗，避免不必要的噪声发生；

②合理统筹施工进度和安排；

③禁止夜间施工，如需夜间施工应该办理夜间施工许可。由于本项目施工期较短，加强施工管理后，施工噪声对周围环境的影响可控制至最低程度，影响随着施工期的结束而结束。由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

2、固体废物

项目施工期产生的固体废弃物为建筑弃渣、装修垃圾以及工人生活垃圾。本项目装修垃圾分类收集，可利用部分回收处理，不可利用部分如建筑弃渣应按照规定路线并及时清运至政府指定的建筑垃圾填埋场；施工人员约10人，生活垃圾排放量按0.5kg/人·d 计算，则生活垃圾产生量约5kg/d，此类垃圾应经过垃圾桶收集后，由环卫部门统一处理。

3、废水

(1) 施工废水

本项目主要采用实心砖墙、PVC橡胶地板及铅板进行辐射防护，施工期产生的施工废水很少。

施工期施工单位采用容器拌合水泥砂浆，防止渗漏，严禁乱排乱倒。只要采取上述措施后，可以有效减少废水对周边环境的影响。

(2) 生活废水

施工期人员按10人计，每人生活用水量为0.06m³/d，则施工期总生活用水量约0.6m³/d，生活废水排放系数取0.80，则生活废水排放量为0.48m³/d，本项目施工期不设施工营地，产生的生活污水依托医院既有设施处理。

(二) 设备安装调试阶段

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

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，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

二、营运期工艺分析

(一) 工程设备

本项目位于四川省成都市简阳市医院路 180 号简阳市人民医院院区内，在医院门诊急诊医技大楼负一层新增 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，使用放射性同位素^{99m}Tc 和 ¹⁸F 开展 SPECT 及 PET/CT 显像诊断。本次拟新增辐射项目见表 9-1。

表 9-1 简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目情况一览表

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
1	²² Na	1.48 × 10 ⁷ × 1	V	使用	校准源	PET/CT	储源室内
2	²² Na	3.7 × 10 ⁵ (6 枚)	豁免	使用	校准源	PET/CT	

非密封放射性物质							
序号	工作场所名称	场所等级	核素	日最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	用途
1	核医学科	乙级	^{99m} Tc	2.22×10 ¹⁰	5.55×10 ¹²	使用	核素显像
2			¹⁸ F	2.96×10 ⁹	7.40×10 ¹¹	使用	核素显像
射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	PET/CT	未定	≤140kV	≤800mA	III	使用	/
<p>参照《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）中：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.有相对独立、明确的监督区和控制区划分； 2.工艺流程连续完整； 3.有相对独立的辐射防护措施的特点，工作场所人流及物流具有自己的独立通道，不与其他楼层交叉等条件。 <p>因此，简阳市人民医院本次新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目应作为一个独立的非密封放射性物质工作场所，场所具有独立的监督区、控制区划分。</p> <p>根据医院提供的预估工况分别核算其放射性核素日最大操作量和年总用量。再查阅《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）得到该核素的毒性组别及操作方式，根据核素的日最大操作量，经过毒性组别及操作方式的双重修正，得到整个非密封放射性物质工作场所的日等效操作量，并判断其工作场所等级。</p> <p>简阳市人民医院本次新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目使用的非密封放射性物质日最大用量及年总用量见表 9-2，其日等效最大操作量核算见 9-3。</p>							
表 9-2 本项目使用的放射性核素日使用量及年使用量							
^{99m} Tc	日最大用量	单次使用最大量 20mCi×日最高峰 30 人=2.22×10 ¹⁰ Bq					核素显像
	年总用量	单次使用最大量 20mCi×日最高峰 30 人×250 工作日=5.55×10 ¹² Bq					
¹⁸ F	日最大用量	单次使用最大量 10mCi×日最高峰 8 人=2.96×10 ⁹ Bq					核素显像
	年总用量	单次使用最大量 10mCi×日最高峰 8 人×250 天=7.40×10 ¹¹ Bq					

表 9-3 本项目使用的放射性核素日等效最大操作量核算

核素	物理状态/ 毒性组别	操作 方式	日等效最大操作量
^{99m} Tc	液态/低毒	注射	日最大操作量 (2.22×10 ¹⁰ Bq) ×0.01 (低毒) /10 (液态/很简单操作) =2.22×10 ⁷ Bq
¹⁸ F	液态/低毒	注射	日最大操作量 (2.96×10 ⁹ Bq) ×0.01 (低毒) /10 (液态/很简单操作) =2.96×10 ⁶ Bq
合计			2.516×10 ⁷ Bq

注：根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号）规定：医疗机构使用¹⁸F相关活动视为“很简单的操作”。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-2 和表 9-3 计算结果可知本项目核医学诊断工作场所日等效最大操作量为 2.516×10⁷Bq，属于（2×10⁷~4×10⁹）Bq 的范围，确定简阳市人民医院本次新增的工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所。

（二）工作原理及工作流程

1、SPECT 诊断项目

（1）SPECT 工作原理

SPECT 即单光子发射型显像（Single Photon emission computed tomography，简称 SPECT）。SPECT 显像，其原理是利用引入人体内的放射性核素发出的 γ 射线经碘化钠晶体产生闪光，闪烁光子再与光电倍增管的光阴极发生相互作用，产生光电效应。光电效应产生的光电子经光电倍增管，在荧光屏上形成闪烁影像。利用滤波反投影方法，借助计算机处理系统可以从一系列投影影像重建横向断层影像，由横向断层影像的三维信息再经影像重建组合获得矢状、冠状断层或任意斜位方向的断层影像。

SPECT 的基本结构分 3 部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT 除显示肿瘤病灶外，还可显示局部脏器功能的变化。常见的 SPECT 外观图见图 9-1。



图 9-1 常见的 SPECT 外观图

本项目 SPECT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-4。

表 9-4 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	同质异能跃迁	-	0.140	0.0303

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

(2) 工作流程、产污环节及污染因子

简阳市人民医院本次新增的核医学科拟使用的放射性药物 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 购自有资质供货商，其操作流程如下：医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商订购，供应商根据医院预约的时间和用量定时（患者就诊前）将药物从抢救室再通过内廊送达核医学科的储源室内，医院指定专人负责药物的接收和登记，并当天用完。

SPECT 核素显像是将放射性核素及其标记物注射或通过口服进入到人体内。由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内的分布和代谢来反映人体内的病理和生理变化。放射性药物进入人体后，特定的放射性药物按照自身的规律发生衰变，在此过程中可发射一定能量的 γ 射线，利用 SPECT 可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，从而能准确的观察到体内的病理和生理变化过程，为临床诊断提供可靠信息。

患者在接到通知后至注射室注射、服药窗口前注射或口服药物。医护人员在铅通

风橱内根据患者用药情况将药物分装至带铅套的注射器内或者容器内，测定活度，经校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为患者注射或者患者口服药物。注射完毕后的注射器及患者服药后的一次性器皿放入专用废物铅桶内。每次分装过程中近距离接触^{99m}Tc、¹³¹I药物的时间保守按 2min、注射或口服过程按 1min 估算。

患者根据注入的^{99m}Tc药物及口服¹³¹I药物特性，在 SPECT 等候区内静坐或静躺片刻，待药物代谢至靶器官，再进入 SPECT 机房，经医护人员摆位后，接受 SPECT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观及抢救室留观一段时间后，若无其他情况，从患者专用通道离开。SPECT 诊断项目工作流程及产污环节分析见图 9-2。

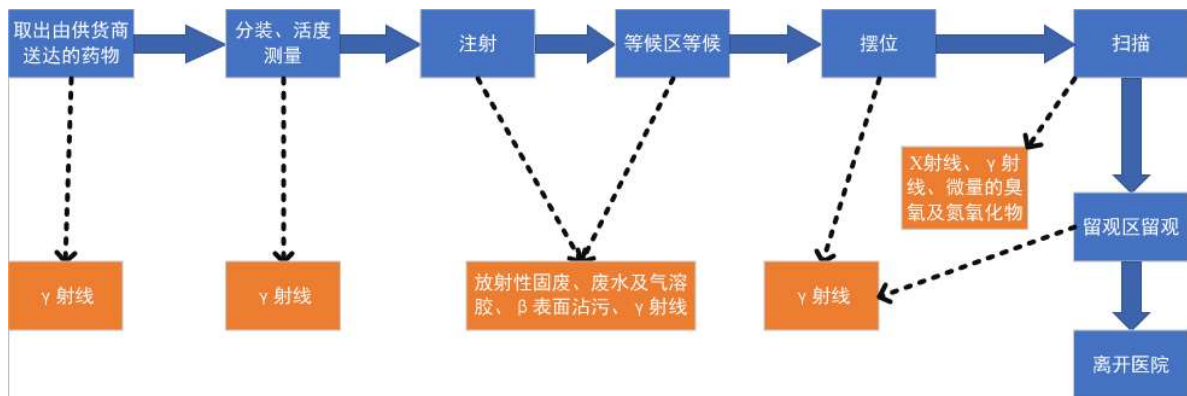


图 9-2 SPECT 诊断项目工作流程及产污环节分析示意图

因此，在 SPECT 核素显像检查过程中，主要环境影响为分装、给药对工作人员产生的外照射；分装、给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、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、使用放射性药物患者的排泄物。

2、PET/CT 诊断项目

(1) PET/CT 工作原理

核医学的体内诊断是将放射性核素及其标记物注射到人体内后，由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内分布和代谢来反映人体内的病理或生理变化。放射性核素进入人体后，特定的放射性核素按照自身的规律发生衰变，在此过程中发射一定能量的 γ 射线，采用特殊的探测装置可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，就能准确的观察到体内的病理或生理变化过程，为医学研究与临床诊断提供可靠信息。

PET 的成像技术是利用带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合湮没辐射产生两个能量相等、方向相反的 γ 光子。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。湮没辐射产生的 γ 光子互成 180° ，提供了很好的空间定位。正电子成像一般不需要机械准直器而采用电子准直，大大提高了探测灵敏度，改善了空间分辨率。正电子断层显像主要用于心血管疾病、脑及神经疾病和肿瘤的诊断，对肿瘤的良、恶性鉴别诊断、分期、化疗和放疗后疗效观察及判断肿瘤病灶转移与复发均有重要价值。近年来，为获得清晰的成像，又发展了与 X 射线 CT 融合的 PET/CT、PET/MR 等设备。

PET/CT 是将 PET 与 CT 联合在一起，通过 PET 扫描和 CT 扫描重叠联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。这样就可以采用 CT 图像对 PET 功能图像进行解剖定位，同时又可以采用人体 X 射线衰变图的衰变系数对 γ 射线在人体内的衰减进行校正，它自身带有 1 部 CT 机，属于 III 类射线装置。常见的 PET/CT 外观图见图 9-2。



图 9-3 常见的 PET/CT 外观图

本项目核医学诊断场所使用放射性同位素 ^{18}F ，配合新增的 PET/CT 进行诊断治疗。

当某种放射性核素或其标记物 (^{18}F) 通过注射等方式进入体内后, 依其化学及生物学特性不同, 随血流等进入某些特定的组织器官, 参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异, 使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 PET 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像, 其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构, 更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况, 提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常, 常是疾病的早期变化, 出现在形态结构发生改变之前。因此, PET 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

本项目 PET/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-5。

表 9-5 放射性核素特性一览表

核素名称	半衰期	衰变模式	α/β 最大能量 (MeV)	光子能量 (MeV)	周围剂量率当量率常数 (裸源) ^① ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$)
^{22}Na	2.6019a	β^+	0.545	0.511	0.280
^{18}F	109.8min	β^+ , EC	0.63 (+)	0.511	0.143

注: ①该数据来源于《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)。

(2) 工作流程、产污环节及污染因子

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 9-4 所示。

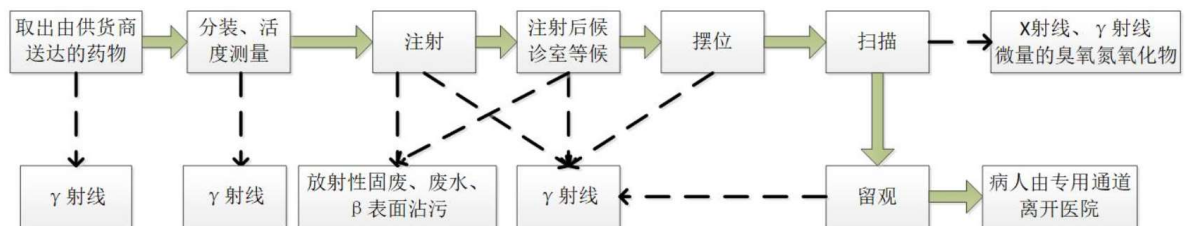


图 9-4 本项目核医学诊断流程及产污环节示意图

因此，用 ^{18}F 等核素标记 PET 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，PET/CT 扫描时产生的 X 射线。

（三）项目人流和物流的路径规划

本项目非密封放射性物质工作场所位于门急诊医技大楼负一层，改造前为西药库等用房，其上方为阅片室及药房等，下方为土层。改造后的核医学东北侧为病人候诊区及扫描区域，西南侧为医生活动区域。结合本项目的工艺流程，本次新增的非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目人流、物流路径规划具体如下：

1、工作人员路径：

工作场所的护士由西南侧的卫生通过间通过防护门分装注射室，在储源室取出所需注射的放射性药物至分装注射室的通风橱内，在通风橱内完成分装活度测量等操作，最后在注射窗口给患者施药。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，分装注射室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至核医学科的废物间内。

2、患者路径：

患者按预约日期首先到门急诊医技大楼负一层护士站登记，登记后的患者通过东北侧带有门禁装置的防护门进入诊断区域，首先到达注射室，在注射室注射窗口注射相对应的放射性药物后，在注射后等候区休息等待，一般等待大约 20~30min，再进入 SPECT 机房或 PET/CT 机房进行显像检查，检查完毕后在留观及抢救室休息约 10min 后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置为单向门禁，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

3、工作场所拟使用的药物运送路径：

本项目所使用的放射性药物会提前向有资质的供应商提前预定，供货单位会在病人就诊前将放射性药物通过核医学科西南侧的通道通过卫生通过间送至储源室暂存。

本次新增的工作场所区域划分及病人、医护人员流动路线见图 9-5。

新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目相关配套布局能够保

1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

①施工场地废水；②施工人员生活污水。

2、扬尘

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是墙体装修扬尘；二是来自建筑材料包括水泥、沙子等搬运扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

3、固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾及废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾。

4、噪声

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

二、营运期污染源

1、电离辐射

PET/CT 扫描时产生的 X 射线、放射性药物在取药、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。

^{22}Na 校准源校准过程中释放 γ 射线， γ 射线对医护人员产生的外照射影响。

2、 β 放射性表面污染

医生在对含有放射性同位素 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{18}F 的各种操作中，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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 在带有通风装置的通风橱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

在 CT 开机并曝光时，X 射线电离空气，会产生臭氧和氮氧化物。CT 曝光时间很短，臭氧和氮氧化物的产生量极少。

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

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。

退役或报废的 ^{22}Na 校准源由放置于储源室内，退役或报废的密封源交还给生产厂家。

6、噪声

本项目噪声主要来源于空调系统的室外机以及屋面的通排风系统的风机，本项目所使用的通排风系统为低噪声节能排风机，其噪声值低于 60dB(A)，噪声较小；空调系统的室外机其噪声值低于 58dB(A)，噪声较小。

7、非放射性三废

本项目废气为电离辐射产生的 O_3 、 NO_x 等废气；本项目废水为工作人员产生少量的生活污水；本项目的固体废物，主要为工作人员产生的生活垃圾以及医疗废物；本项目噪声主要设备运行过程中产生的噪声以及排风系统风机产生的噪声。

8、射线装置的报废处置

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。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作区域布局管理

(一) 工作场所布局合理性

简阳市人民医院本次新增的核医学工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所，该场所位于门急诊医技大楼负一层。改建后的场所东南侧为过道及 MRI，西南侧为核医学办公室，西北侧为医疗垃圾暂存间及 120 急救中心，东北侧为电梯间及候诊区。

本次新增的工作场所包括以下主要房间：注射室、分装室、废物间、储源室、卫生通过间、PET/CT 候诊室、锝药注射后候诊室、PET/CT 机房、SPECT 机房、设备间、留观及抢救室、控制室等。

本项目位于门急诊医技大楼负一层内，整个诊断工作场所相对独立建筑，与其他科室有明显的的界限，且位于负一层避开了人流量较大的门诊区，避免了对公众不必要的照射。

本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，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或其它人流活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。

简阳市人民医院用地性质为医疗用地，医院已完成门急诊医技大楼的环评并取得原四川省环境保护厅的批复，批复文号为：川环审批〔2012〕733 号（见附件 4），医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为医院内部重新装修改建，不新增用地，且拟建的辐射工作场所具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，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，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

(二) 两区划分

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区—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。

监督区—通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

2、控制区与监督区的划分

(1) 区域划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将注射室、分装室、废物间、储源室、PET/CT 候诊室、锝药注射后候诊室、PET/CT 机房、SPECT 机房、留观及抢救室等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素操作，是药物分装及带药病人的主要活动区域，设置有病人专用通道供带药病人行走，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：卫生通过间和控制室等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。控制区和监督区内病人及医护人员均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

科室名称	控制区	监督区
核医学科	注射室、分装室、废物间、储源室、PET/CT 候诊室、锝药注射后候诊室、PET/CT 机房、SPECT 机房、留观及抢救室等	卫生通过间和控制室等

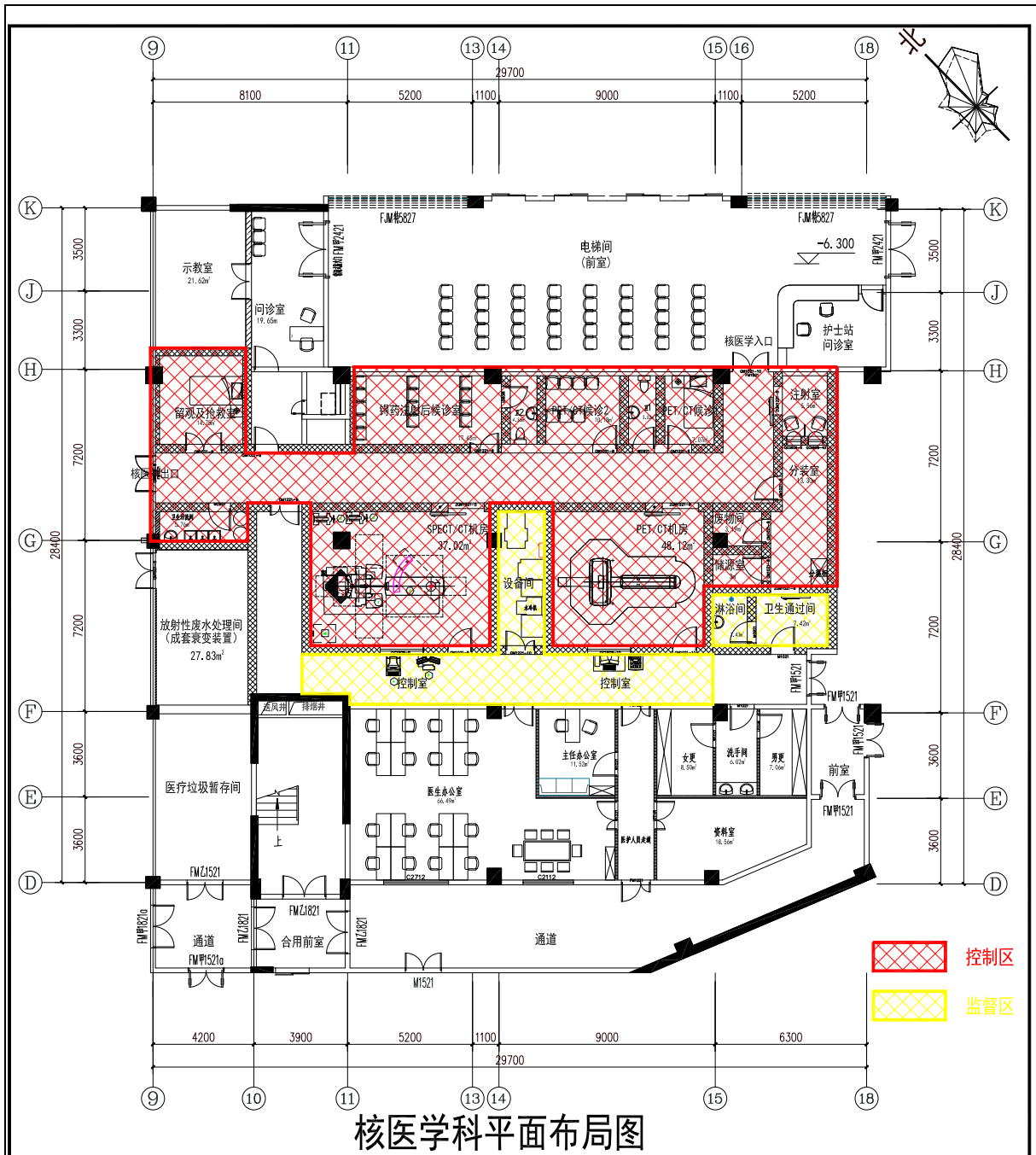
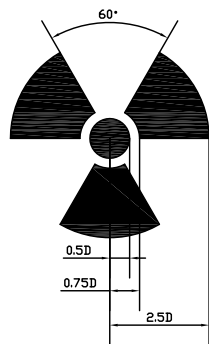


图 10-1 核医学科分区示意图

1) 控制区的防护手段与安全措施:

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志(如图 10-2)。



a. 电离辐射标志



b. 当心电离辐射警告标志

图 10-2 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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。

二、辐射安全及防护措施

1、机房屏蔽措施

本项目新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 防护屏蔽设计一览表

名称	屏蔽体	主要屏蔽材料及厚度
注射室	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 厚混凝土+4mmPb 钨板
	防护门	防护门为 8mmPb 铅防护门
	注射窗	5mmPb (^{99m} Tc 用)、40mmPb (¹⁸ F 用)

分装室 (含废物间、储源室)	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 厚混凝土+4mmPb 钡板
	防护门	8mmPb 铅门
	通风橱	5mmPb (^{99m} Tc 用)、40mmPb (¹⁸ F 用)
PET/CT 候诊 1	四面墙体	东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙； 东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板
	顶棚	120mm 厚混凝土+4mmPb 钡板
	防护门	8mmPb 铅门
PET/CT 候诊 2	四面墙体	东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙； 东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板
	顶棚	120mm 厚混凝土+4mmPb 钡板
	防护门	8mmPb 铅门
锆药注射后候诊室	四面墙体	东南、西南、西北侧为 240mm 实心砖墙； 东北侧为 370mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 厚混凝土+2mmPb 钡板
	防护门	5mmPb 铅门
PET/CT 机房	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 厚混凝土+4mmPb 钡板
	防护门	西南侧 10mmPb 铅门，东北侧 8mmPb 铅门
	观察窗	10mmPb 铅玻璃
	铅屏风	5mmPb
SPECT 机房	四面墙体	370mm 实心砖墙
	顶棚	120mm 厚混凝土+2mmPb 钡板
	防护门	5mmPb 铅门
	观察窗	5mmPb 铅玻璃
	铅屏风	1mmPb
留观及抢救室	四面墙体	东南、西南、西北侧为 370mm 实心砖墙； 东北侧为 370mm 实心砖墙+4mmPb 钡板
	顶棚	120mm 厚混凝土+2mmPb 钡板
	防护门	8mmPb 铅门
其他		核医学入口防护门为 10mmPb
		核医学出口防护门为 10mmPb
		通道顶部为 120mm 厚混凝土+4mmPb 钡板
		废物间防护门为 5mmPb
		储源室防护门为 5mmPb
		工作人员走廊防护门 8mmPb

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm³，铅板的密度不低于 11.3g/cm³，实心砖的密度不低于 1.65 g/cm³。

2、安全装置

(一) 新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目辐射安全措施

1、电离辐射警告标志

医院计划在核医学科控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全。在 PET/CT 机房受检者防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

2、紧急止动装置及紧急开门按钮

在控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急止动按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急止动按钮即可令 PET/CT 和 SPECT 停止运行。

在防护门入口处设置有紧急开门按钮，一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动紧急开门按钮即可打开防护门。

3、操作警示装置

PET/CT 和 SPECT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

4、视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核医学科工作场所进出/口情况；PET/CT 机房和控制室之间，SPECT 机房和控制室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。

5、门禁系统

在核医学科受检者各出入口处设置专用单向门禁系统，对受检者的出入进行控制。

6、注射后候诊室与留观室拟设置患者专用厕所，废水直接流向核医学科西北侧新建的衰变池系统内。

7、对控制区内带药病人的监督管理

医院应做好本项目控制区的监督管理工作，防止无关人员入内；加强对控制区内病人的监督管理，避免其给药后随意走动；同时应告知检查完成后病人离开路线，防止其对公众造成不必要照射。

8、“两区”内安全防护措施规定

工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采

除去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

(3) 放射性药物的存放安全措施

本项目所使用的^{99m}Tc、¹⁸F核素药物，医院将通过向有相关资质的放射性核素供应单位购买。医院根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至工作场所内，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续。建设单位将自行对购买的放射性核素进行分装。建设单位严禁无关人员进入工作场所所在区域，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。医院将在放射性核素交接结束后，开展进行放射诊断工作。

整个药液瓶被放置在铅罐内，能够满足当天病人的用药需求。建设单位根据所需的使用量，向有相关资质的放射性核素供应单位订购，并在放射性核素送达当天全部使用完，该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜。特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在核医学科存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在通风橱中存放。医院的工作场所外将设有视频监控系统和门禁系统，可以有效防止放射性核素的丢失隐患。

注射室防护门拟设计为铅防护门，钥匙由专人负责保管；日常期间由值班人员巡视检查；出入口安装摄像头。建设单位必须配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存帐、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。

(4) 工作场所的气流组织

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，机房拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。

本项目使用的^{99m}Tc、¹⁸F在带有通风装置的通风橱内进行分装，会产生少量放射性气溶胶。

本项目核医学科工作场所拟使用1台新风量为4000m³/h的风管机，排风风机共2台，分别为风量为1770m³/h的柜式离心风机（用于连接通风橱）、风量为4140m³/h的柜式离心风机（用于连接各场所内房间），两台排风风机合计排风量为5910m³/h，

保证了整个工作场所为负压工作场所。

(5) 表面污染控制措施

为保证非密封放射性物质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。

(6) 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辐射危害；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，尽量减少工作时间，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。

(7) 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，手动将定量的药物移至注射器或容器内，经测量核定药物活度后转移给病人注射或口服。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。

(8) 工作场所对注射或服药后病人防护措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，病人要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在等候区域内驻留，同时需要求病人在注射或口服后在等候内休息，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入专用厕所，最终排入废水衰变池。

三、辐射安全防护设施对照分析

根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
工作场所设施	场所分区分布是否合理及有无相应措施/标识	分区合理	/
	墙体防护、观察窗、铅防护门	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示标志、通道标志	本次新增	/
	独立的通风设施（流向）	本次新增	/
	有负压和过滤的工作箱/通风柜（乙级以上场所）	本次新增	/
	注射用屏蔽设施	本次新增	/
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料	本次新增	/
	移动放射性液体时容器不易破裂或有不易破裂套	本次新增	/
	病人专用卫生间	本次新增	/
	放射性同位素暂存库或设施	本次新增	/
	放射性固体废物收集容器和放射性标识	本次新增	/
	安全保卫设施（贮存场所必须）	本次新增	/
	人员出口配备污染监测仪	本次新增	/
	操作位屏蔽防护措施	本次新增	/
放射性废液暂存设施	本次新增	/	
警示装置	工作状态指示灯	本次新增	/
紧急设施	门机连锁、门灯连锁装置	本次新增	/
	室内安装紧急制动装置	本次新增	/

监测设备	便携式辐射监测仪（污染、辐射水平等）	本次新增	/
	个人剂量计	利旧	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	放射性活度计	本次新增	/
放射性废物和废液	放射性下水系统（衰变池）及标识	本次新增	/
	放射性固体废物暂存间（设施）	本次新增	/
	废物暂存间屏蔽措施	本次新增	/
	废物暂存间通风系统	本次新增	/
防护器材	门禁、监控装置	本次新增	/
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	本次新增	/
	个人防护用品	本次新增	/
	放射性表面去污用品和试剂	本次新增	/

四、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，医院将投入一定资金建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-4。

表 10-4 环保设施及投资估算一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）
工作场所	核医学科防护墙体及顶部改造	-	
	铅防护门	18 套	
	防护铅窗	2 套	
	易去污的工作台面和防污染覆盖材料、铅桶、废物桶、废物袋	1 套	
	活度计	1 套	
	注射防护套	2 套	
	给药窗口	2 套	
	通风橱	2 套	
	核素暂存保险柜、防盗门	1 套	
	病人专用卫生间	2 间	
	对讲和视频监控系统	1 套	
	通道门禁	2 套	
	铅罐	1 个	
	活性炭吸附装置	2 套	
监测设备	专用通道标志	1 套	
	场所门外电离辐射警示及禁止串门的标志	18 个	
	放射性废水衰变池	1 座	
	个人剂量计	10 套	
	个人剂量报警仪	5 个	
放射性废物和废液	表面污染监测仪	1 套	
	γ辐射监测仪	1 套	
	放射性表面去污用品和试剂	若干	

	防护手套、口罩等防护用品	若干	
防护器材	专用通风系统	1套	
合计			

本项目总投资**万元，环保投资**万元，占总投资的 17.2%。今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

本项目运行期产生的主要放射性三废为工作场所使用非密封性同位素过程中产生的含放射性固废、放射性废水和放射性废气，核医学诊断工作场所拟采取以下“三废”防治措施。

（一）放射性废气

本项目工作场所排风管道分为 2 支，其中 1 支单独连接分装注射室内设置的通风橱，放射性药物的各项操作均在通风橱内进行，通风橱由专业厂商提供，根据《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2006）中“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）”要求，医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 1m/s；第 2 支管连接各等候区、注射室、SPECT 机房、PET/CT 机房等。场所内的送风系统送风量为 4000m³/h，排风系统排风量为 5910m³/h，保证了非密封放射性物质工作为负压工作场所，通风管道布设如图 10-3 所示。

工作场所产生的废气经由排风系统排至门急诊医技大楼楼顶，在排风风管末端配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

工作场所各排风管道必须密封良好，不与门急诊医技大楼其他排风管道相通，过滤器及活性炭需定期更换（1~2 次/年），更换后的活性炭经贮存衰变 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。

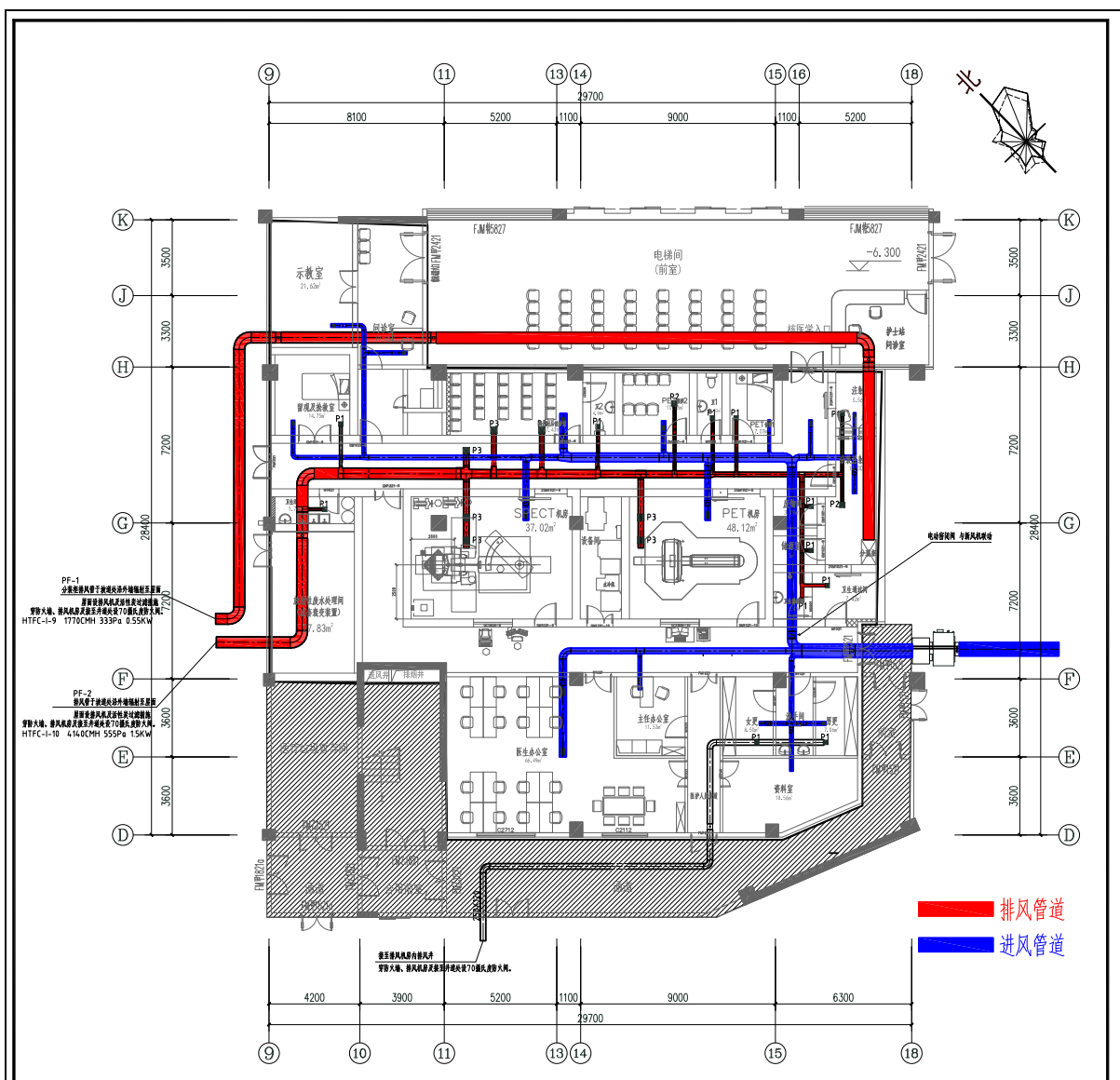


图 10-3 通排风管道布置示意图

(二) 放射性废水

本项目工作场所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，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水，以及患者冲洗排使用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至医技楼北侧本次新建的衰变池系统内，放射性废水先排至沉淀池再通过污水提升泵排至放射性废水衰变系统（见图 10-4），待放射性废水达到清洁解控水平后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

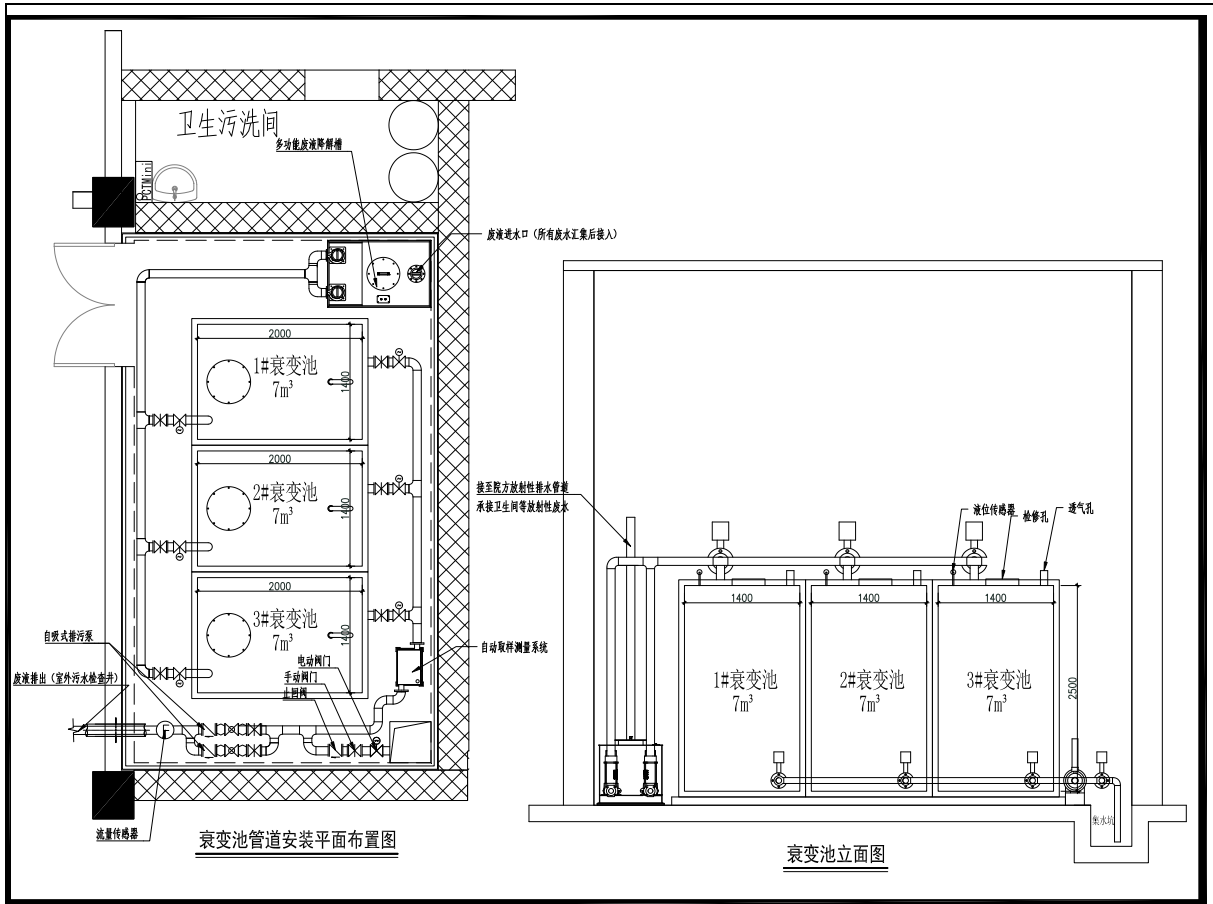


图 10-4 本项目使用的放射性废水衰变池系统

本项目新设置的放射性废水衰变系统通过专门管路收集放射性废水，采用间歇式衰变的处理方式设计。放射性废水衰变系统利用一台人机界面全面监控放射性废水的水量及阀门状态等信息，可掌控放射性废水的流向，避免出现放射性废水的意外排放以及不可追溯的事故。

1、处理措施

本项目工作场所放射性废水将排入拟建于场所西北新建的放射性废水处理间内，该衰变池系统共设 3 个相同体积的放射性废水衰变槽体，每个有效容积为 7m^3 ，放射性废水衰变系统采用并联排放运行。

2、衰变池容量可行性分析

工作场所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。

患者产生的废水量：参考《建筑给排水设计规范》（GB50015-2019）表 6.2.2 的医生生活用水量定额，同时根据该建设项目预期日检查人数，则本项目废水产生情况见表 10-5：

表 10-5 简阳市人民医院改建核医学科项目废水产生情况一览表

序号	用水类别	单人单次废水量	日诊疗人数	日产生废水量	备注
1	使用 ^{99m}Tc 患者	6L	30 人次	180L	/
2	使用 ^{18}F 患者	6L	8 人次	48L	/
3	工作人员	20L	10 人次	200L	/
4	场所清洗废水	150L/日		150L	/
合计				578L (约 0.6m ³)	

根据表 10-5 可知，项目日产生放射性废水约 0.6m³，且该场所仅使用两种放射性核素 ^{99m}Tc 和 ^{18}F ，取半衰期较长的核素进行估算，则 2.5 天（ ^{99m}Tc 的半衰期为 6.02h，十个半衰期约为 2.5d）共计产生 1.5m³，小于 21m³，故本项目衰变池的容积可满足废水处理的要求。

3、衰变池的运行原理

本项目本次新建的衰变池由一个沉淀池加三个容积均为 7m³ 的小池组成，核医学科产生的放射性废水先进入沉淀池进行初级沉淀后排入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学的废水通过沉淀池会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，第一个衰变池的放射性废水已经经过了大约 14 个半衰期（ ^{99m}Tc 的半衰期为 6.02h），此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站。三个衰变池以此往复运行。

在放射性废水衰变系统的排放出口设置防倒灌雨水及取样口，经衰变后的废水可排入医院污水管网，最后进入医院的总废水处理站统一排放。

医院规定：

(1) 规定患者诊疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

(2) 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。

(三) 放射性固废

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的一次性卫生用品、垫料、更换下的废高效过滤器滤芯及废活性炭等。工作场所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，最后转移至废物间内，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，按照医疗废物交由有资质单位进行处置。

医院应做到：

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。

此外 PET/CT 涉及的密封型校准源置于铅罐中，暂存于储源库，定期由供源厂家回收。

（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，并及时转至放射性废物储存室内，并放入专用容器中贮存；

（2）在放射性废物储存室出入口设电离辐射标志，存放废物的容器必须安全可靠；并在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。

（四）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、废气处理措施

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。

3、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,考虑到噪声的远距离衰减作用,各排风系统使用的风机均采用橡胶垫进行减震,噪声进一步减小,对周围环境影响可以忽略。

4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》,“射线装置在报废处置时,使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的 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。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、施工阶段

项目施工过程中有施工机械噪声、施工扬尘、建筑废渣及施工废水产生。

本项目主要的施工将在门急诊医技大楼内完成，主要为增加各墙体的屏蔽能力，衰变池为半成品式产品，仅在现场安装不涉及施工建造过程。因此，该项目施工工艺简单、施工周期短，且施工期产生的少量废水和固体废物均可依托医院现有的处理措施进行处理，只要建设单位和施工单位在施工过程中严格落实对施工扬尘的管理和控制措施，施工期的环境影响能降到最低程度。同时由于施工期对环境产生的影响均为暂时的、可逆的，随着施工期的结束，影响即自行消除。

1、大气污染防治措施

①施工场地扬尘可用洒水和清扫措施予以抑止；

②在装修工程施工中，施工人员应配备必要的防护装备和口罩，避免人体吸入粉尘；

③加强对施工人员的环保教育，提高全体施工人员的环保意识，坚持文明施工、科学施工、减少施工期的大气污染。

2、噪声防治措施

①门窗、预制构件、大部分钢筋的成品、半成品在工厂完成，减少施工场地内加工机械产生的噪声；

②不得随意扔、丢，减少金属件的碰击声。电钻等噪声设备使用时间尽量避开中午 12:00~14:00 和晚上 10:00 以后；

③加强现场运输车辆出入的管理，车辆进入现场禁止鸣笛；

④施工单位通过文明施工、加强有效管理，材料堆放必须轻拿轻放；

⑤施工单位在现场张贴通告和投诉电话，建设单位在接到投诉电话后及时与当地环保部门联系，以便及时处理各种环境纠纷。

3、固废防治措施

①装饰工程施工产生的废弃物料和生活垃圾等由市政环卫统一清运；

②在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，做到“工完、料尽、

场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

4、水污染防治措施

施工期水环境影响主要为施工人员的生活污水，其产量较小，可依医院现有生活污水处理设施处理。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目涉及的射线装置的安装调试阶段，会产生 X 射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

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，在此过程中应保证屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，工作结束后，启动安全联锁并经确认系统正常后才能启用射线装置；人员离开时运输设备的车辆和机房上锁并派人看守。

由于本项目涉及的射线装置的安装和调试均在机机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中第 1.2 款 ^{99m}Tc 诊断、 ^{131}I 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如 ^{99m}Tc 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{(-\frac{x}{TVL})} \dots \dots \text{公式 1}$$

上式中： \dot{H}_P —屏蔽体外关注点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

A —单个患者或者受检者所用放射源的最大活度（MBq）；

Γ —距源 1m 处的周围剂量当量率常数（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$ ）；

r —放射源到考察点的距离（m）；

x —屏蔽厚度（mm）；

TVL — γ 射线的十分之一值层厚度（mm）

由《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）查出铅、混凝土和实心砖

对 ^{99m}Tc 、 ^{18}F 什值层见表 11-1。

表 11-1 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表

核素名称	^{99m}Tc	^{18}F
铅什值层厚度 TVL ($\rho=11.3\text{g/cm}^3$)	1mm	16.6mm
砼什值层厚度 TVL ($\rho=2.35\text{g/cm}^3$)	110mm	176mm
实心砖什值层厚度 TVL ($\rho=1.65\text{g/cm}^3$)	160mm	263mm

再采用方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算参考点人员的有效剂量。

$$D_{\text{Eff}} = \dot{H}_p \cdot t \cdot T \cdot U \quad \dots\dots\text{公式 2}$$

上式中： D_{Eff} —考察点人员有效剂量（Sv）；

\dot{H}_p —考察点的空气比释动能率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t —考察点处受放射性核素影响的时间（h）；

T —居留因子，全部居留 $T=1$ ，部分居留 $T=1/4$ ，偶尔居留 $T=1/16$ ；

U —使用因子，因放射性核素以点源模式估算，而放射性衰变是持续发生的， U 取 1；

根据本项目的工程分析可知，SPECT 和 PECT/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士分装、取药和活度测量（保守按照 2min 估算）、药物注射（保守按照 1min 估算）、病人候诊（等候约 20min，本项目不开展心肌灌注）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对核医学科工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。

1、使用核素 ^{99m}Tc 开展 SPECT 显像诊断项目

根据公式（1）可估算出项目周围各参考点处的辐射水平，各参考点位置见图 11-1，预测结果见表 11-2。

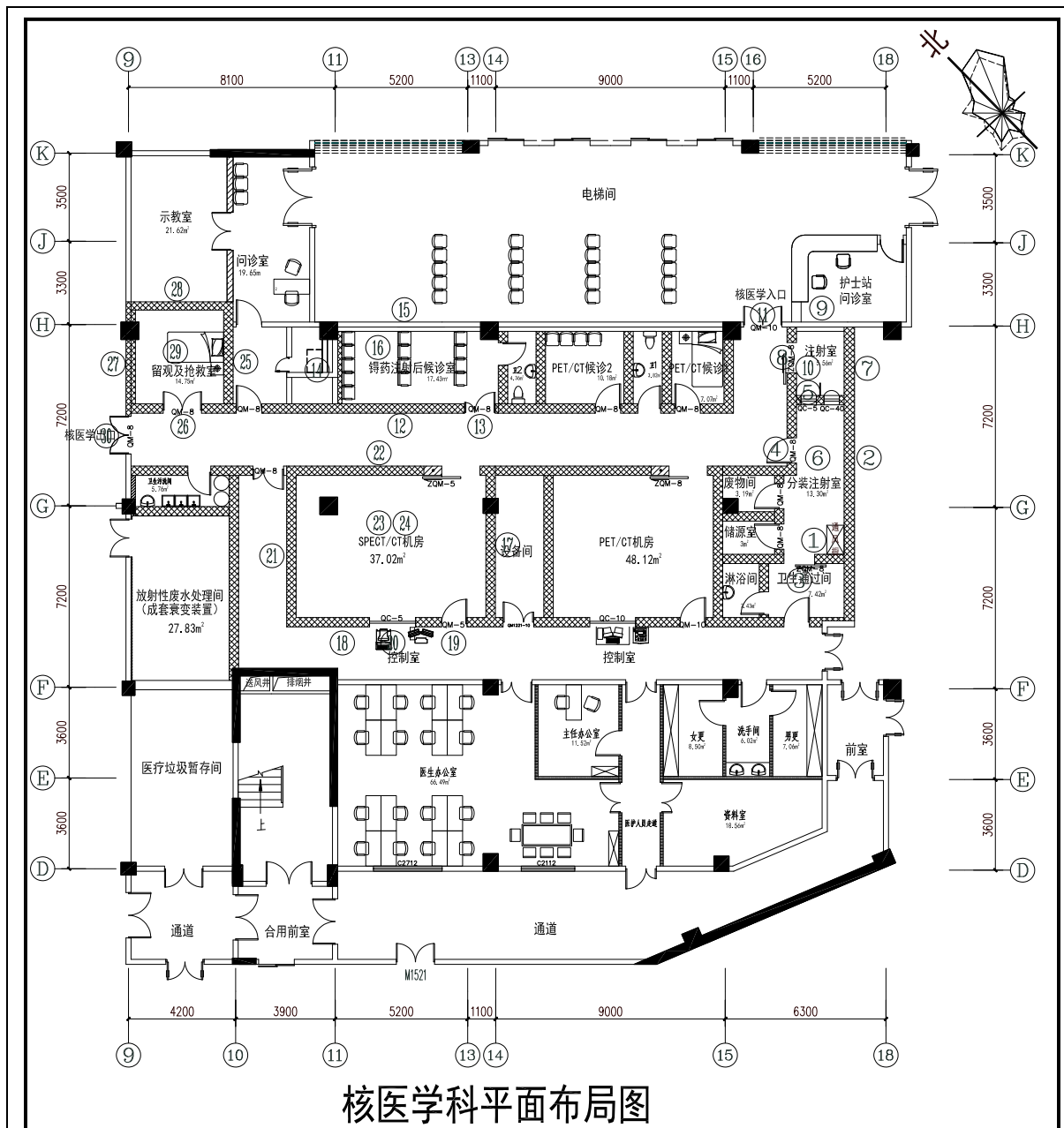


图 11-1 核医学工作场所使用 ^{99m}Tc 时估算点位示意图

表 11-2 理论估算结果汇总

点 位	关注点位置	源强 (Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	关注点辐射水平及 标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
1	通风橱外表面 5cm	$600 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	5mmPb	1.0×10^{-5}	0.027	25	通风橱为 5mmPb
2	分装室东南墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	370mm 实心砖+5mmPb	4.9×10^{-8}	<0.001	2.5	注射针套为 5mmPb
3	分装室西南侧防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.4	5mmPb +8mmPb	1.0×10^{-13}	<0.001	2.5	
4	分装室西北侧防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.2	5mmPb +8mmPb	1.0×10^{-13}	<0.001	25	
5	注射位	$20 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	5mmPb	1.0×10^{-5}	0.001	25	注射窗为 5mmPb
6	分装室顶部外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	8.1×10^{-6}	<0.001	2.5	/
7	注射室东南墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	370mm 实心砖墙	0.0049	0.043	2.5	/
8	注射室西北侧防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	8mmPb	1.0×10^{-8}	<0.001	25	/
9	注射室东北墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.8	370mm 实心砖	0.0049	0.014	2.5	/
10	注射室顶部外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	8.1×10^{-6}	<0.001	2.5	/
11	核医学入口防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	1.5	10mmPb	1.0×10^{-10}	<0.001	2.5	/
12	候诊室西南墙外表面 30cm	$100 \times 3.70 \times 10^7$	2.2	240mm 实心砖	0.0316	0.732	25	假设 5 人同时候 诊
13	候诊室防护门外表面 30cm	$100 \times 3.70 \times 10^7$	2.2	5mmPb	1.0×10^{-5}	<0.001	25	
14	候诊室西北墙外表面 30cm	$100 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	240mm 实心砖	0.0316	0.246	2.5	
15	候诊室东北墙外表面 30cm	$100 \times 3.70 \times 10^7$	2.2	370mm 实心砖	0.0049	0.113	2.5	
16	候诊室西顶部外表面 30cm	$100 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+2mmPb 钡板	0.0008	0.002	2.5	

17	SPECT/CT 机房东南墙表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	370mm 实心砖	0.0049	0.006	2.5	/
18	SPECT/CT 机房西南墙表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0049	0.009	2.5	/
19	SPECT/CT 机房防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	5mmPb	1.0×10^{-5}	<0.001	2.5	/
20	操作位	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	5mmPb	1.0×10^{-5}	<0.001	2.5	/
21	SPECT/CT 机房西北墙表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	4.4	370mm 实心砖	0.0049	0.006	2.5	/
22	SPECT/CT 机房东北墙表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0049	0.009	25	/
23	SPECT/CT 机房顶部表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+2mmPb 钡板	0.0008	<0.001	2.5	/
24	摆位	$20 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	1.5mmPb	0.0316	2.836	25	铅屏风为 1mmPb
25	留观室东南墙外表面 30cm	$40 \times 3.70 \times 10^7$	2.4	370mm 实心砖	0.0049	0.038	2.5	假设 2 人留观
26	留观室防护门外表面 30cm	$40 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	8mmPb	1.0×10^{-8}	<0.001	25	
27	留观室西北墙外表面 30cm	$40 \times 3.70 \times 10^7$	2.4	370mm 实心砖	0.0049	0.038	2.5	
28	留观室东北墙外表面 30cm	$40 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	370mm 实心砖+4mmPb 钡板	4.9×10^{-7}	<0.001	2.5	
29	留观室顶部外表面 30cm	$40 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+2mmPb 钡板	0.0008	0.001	2.5	
30	核医学出口处防护门外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2	10mmPb	1.0×10^{-10}	<0.001	2.5	/

从表 11-2 中的理论估算结果可以看出，由于有 5mm 铅当量通风橱屏蔽， ^{99m}Tc 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{99m}Tc 针剂外设有铅套，同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{99m}Tc 药物在操作过程中及病人在显像过程中对候诊室及 SPECT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 ^{99m}Tc 核素的辐射防护要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小；候诊期间由于病人相对集中，医院必须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式，严格按照要求控制候诊室内病人的数量，降低对病人及外环境的辐射影响。

保护目标的有效剂量估算

SPECT 使用 ^{99m}Tc 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-2 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-3。

表 11-3 使用 ^{99m}Tc 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点位	关注点位置	关注点辐射水平 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注对象	居留因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	目标管理限值 (mSv)	备注
1	通风橱外表面 5cm	0.027	工作人员	1	取药 2min×30 次×250d	0.007	5.0	/
2	分装室东南墙外表面 30cm	<0.001	公众	1/16	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
3	分装室西南侧防护门表面 30cm	<0.001	工作人员	1/4	注射 1min×30 次×250d	<0.001	5.0	/
4	分装室西北侧防护门表面 30cm	<0.001	公众	1/16	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
5	注射位	0.001	工作人员	1	注射 1min×30 次×250d	<0.001	5.0	/
6	分装室顶部外表面 30cm	<0.001	公众	1	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
7	注射室东南墙外表面 30cm	0.043	公众	1/16	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
8	注射室西北侧防护门表面 30cm	<0.001	公众	1/16	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
9	注射室东北墙外表面 30cm	0.014	公众	1/4	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
10	注射室顶部外表面 30cm	<0.001	公众	1	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
11	核医学入口防护门表面 30cm	<0.001	公众	1/4	注射 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/
12	候诊室西南墙外表面 30cm	0.732	公众	1/16	等候 20min×6 次×250d	0.023	0.10	/
13	候诊室防护门外表面 30cm	<0.001	公众	1/16	等候 20min×6 次×250d	<0.001	0.10	/
14	候诊室西北墙外表面 30cm	0.246	公众	1/16	等候 20min×6 次×250d	0.008	0.10	/
15	候诊室东北墙外表面 30cm	0.113	公众	1/4	等候 20min×6 次×250d	0.014	0.10	/
16	候诊室西顶部外表面 30cm	0.002	公众	1	等候 20min×6 次×250d	0.001	0.10	/
17	SPECT/CT 机房东南墙表面 30cm	0.006	公众	1/16	扫描 20min×30 次×250d	0.001	0.10	/

18	SPECT/CT 机房西南墙表面 30cm	0.009	工作人员	1	扫描 20min×30 次×250d	0.022	5.0	/
19	SPECT/CT 机房防护门表面 30cm	<0.001	工作人员	1	扫描 20min×30 次×250d	<0.001	5.0	/
20	操作位	<0.001	工作人员	1	扫描 20min×30 次×250d	<0.001	5.0	/
21	SPECT/CT 机房西北墙表面 30cm	0.006	公众	1/4	扫描 20min×30 次×250d	0.004	0.10	/
22	SPECT/CT 机房东北墙表面 30cm	0.009	公众	1/16	扫描 20min×30 次×250d	0.001	0.10	/
23	SPECT/CT 机房顶部表面 30cm	<0.001	公众	1	扫描 20min×30 次×250d	0.001	0.10	/
24	摆位	2.836	工作人员	1	摆位 1min×30 次×250d	0.355	5.0	/
25	留观室东南墙外表面 30cm	0.038	公众	1/16	留观 10min×15 次×250d	0.001	0.10	/
26	留观室防护门外表面 30cm	<0.001	公众	1/16	留观 10min×15 次×250d	<0.001	0.10	/
27	留观室西北墙外表面 30cm	0.038	公众	1/4	留观 10min×15 次×250d	0.006	0.10	/
28	留观室东北墙外表面 30cm	<0.001	公众	1/4	留观 10min×15 次×250d	<0.001	0.10	/
29	留观室顶部外表面 30cm	0.001	公众	1	留观 10min×15 次×250d	0.001	0.10	/
30	核医学出口防护门外表面 30cm	<0.001	公众	1/4	停留 1min×30 次×250d	<0.001	0.10	/

2、使用核素 ^{18}F 开展 PET/CT 显像诊断项目

根据公式 (1) 可估算出项目周围各参考点处的辐射水平, 各参考点位置见图 11-2, 预测结果见表 11-4。

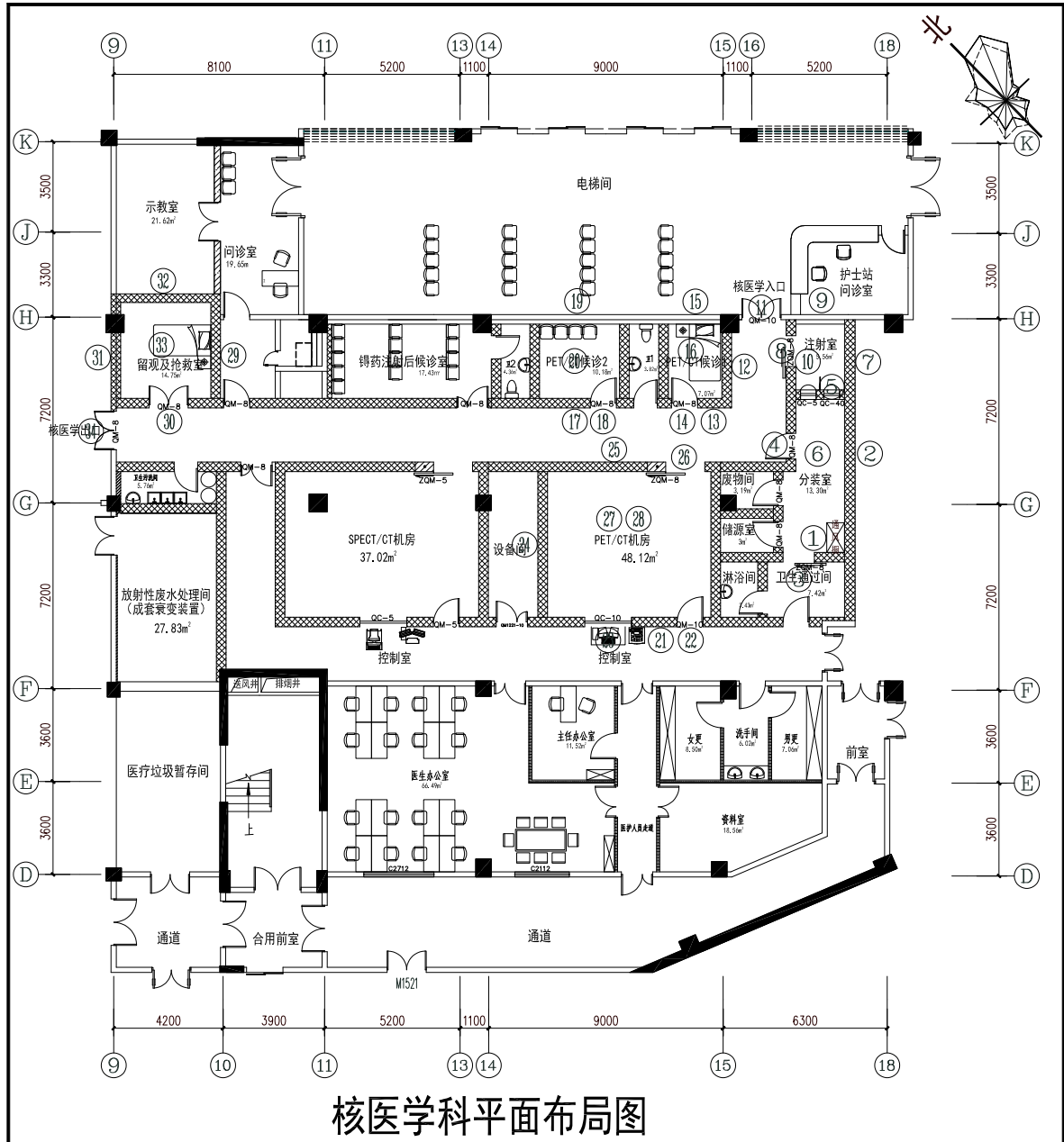


图 11-2 核医学工作场所使用 ^{18}F 时估算点位示意图

表 11-4 理论估算结果汇总

点 位	参考点位置	源强 (Bq)	距离 (m)	屏蔽材料及厚度	透射比	参考点辐射水平及 标准限值 ($\mu\text{Sv/h}$)		备注
1	通风橱外表面 5cm	$80 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	40mmPb	0.0039	6.592	25	通风橱为 5mmPb
2	分装室东南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	370mm 实心砖+5mmPb	0.0196	0.405	2.5	注射针套为 10mmPb
3	分装室西南侧防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.4	8mmPb +10mmPb	0.0823	2.223	2.5	
4	分装室西北侧防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.2	8mmPb +10mmPb	0.0823	3.026	25	
5	注射位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	40mmPb	0.0039	0.824	25	注射窗为 5mmPb
6	分装室顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	0.1195	0.145	2.5	/
7	注射室东南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	370mm 实心砖墙	0.0392	0.810	2.5	/
8	注射室西北侧防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.6	8mmPb	0.3297	6.813	25	/
9	注射室东北墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.8	370mm 实心砖	0.0392	0.264	2.5	/
10	注射室顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	0.1195	0.145	2.5	/
11	核医学入口防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2	10mmPb	0.0823	1.089	2.5	/
12	PET/CT 候诊 1 东南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	1.7	370mm 实心砖	0.0392	0.717	25	假设 1 人候诊
13	PET/CT 候诊 1 西南墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	370mm 实心砖	0.0392	0.470	25	
14	PET/CT 候诊 1 防护门外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	8mmPb	0.3297	3.955	25	
15	PET/CT 候诊 1 东北墙外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	370mm 实心砖+4mmPb 钡板	0.0225	0.270	2.5	
16	PET/CT 候诊 1 顶部外表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	0.1195	0.145	2.5	

17	PET/CT 候诊 2 西南墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	370mm 实心砖	0.0392	1.411	25	假设 3 人同时候诊
18	PET/CT 候诊 2 防护门外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	8mmPb	0.3297	11.866	25	
19	PET/CT 候诊 2 东北墙外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	2.1	370mm 实心砖+4mmPb 钡板	0.0225	0.810	2.5	
20	PET/CT 候诊 2 顶部外表面 30cm	$30 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	0.1195	0.435	2.5	
21	PET/CT 机房西南墙表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0392	0.169	2.5	/
22	PET/CT 机房防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	10mmPb	0.2498	1.079	2.5	/
23	操作位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	10mmPb	0.2498	1.079	2.5	/
24	PET/CT 机房西北墙表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.8	370mm 实心砖	0.0392	0.144	2.5	/
25	PET/CT 机房东北墙表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	370mm 实心砖	0.0392	0.169	25	/
26	PET/CT 机房防护门表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	3.5	8mmPb	0.3297	1.424	25	/
27	摆位	$10 \times 3.70 \times 10^7$	0.5	5.5	0.4663	98.690	25	铅屏风为 5mmPb
28	PET/CT 机房顶部表面 30cm	$10 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+4mmPb 钡板	0.1195	0.145	2.5	/
29	留观室东南墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.4	370mm 实心砖	0.0392	0.720	2.5	假设 2 人留观
30	留观室防护门表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	8mmPb	0.3297	5.161	25	
31	留观室西北墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.4	370mm 实心砖	0.0392	0.720	2.5	
32	留观室东北墙外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	2.6	370mm 实心砖+4mmPb 钡板	0.0225	0.352	2.5	
33	留观室顶部外表面 30cm	$20 \times 3.70 \times 10^7$	6.6	120mm 混凝土+2mmPb 钡板	0.1577	0.383	2.5	
34	核医学出口处防护门外表面 30cm	$7.2 \times 3.70 \times 10^7$	2	10mmPb	0.2498	2.379	2.5	考虑留观时衰减

从表 11-4 中的理论估算结果可以看出，由于有 40mm 铅当量通风橱屏蔽， ^{18}F 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。 ^{18}F 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。 ^{18}F 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 PET/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 ^{18}F 核素的辐射防护要求，项目对核医学科周围环境辐射影响较小；候诊期间由于病人相对集中，医院必须采取分批预约、分批注射、分批候诊的方式，严格按照要求控制候诊室内病人的数量，降低对病人及外环境的辐射影响。

保护目标的有效剂量估算

PET/CT 使用 ^{18}F 核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为取药、注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，药物取药过程约 2 分钟，送至注射窗口、注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。

根据表 11-4 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-5。

表 11-5 使用 ^{18}F 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

点 位	关注点位置	关注点辐射水 平 ($\mu\text{Gy/h}$)	关注对象	居留因子	受照时间 (min)	有效剂量 (mSv)	目标管理限 值 (mSv)	备注
1	通风橱外表面 5cm	6.592	工作人员	1	取药 2min \times 30 次 \times 250d	1.648	5.0	/
2	分装室东南墙外表面 30cm	0.405	公众	1/16	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.003	0.10	/
3	分装室西南侧防护门表面 30cm	2.223	工作人员	1/4	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.069	5.0	/
4	分装室西北侧防护门表面 30cm	3.026	公众	1/16	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.024	0.10	/
5	注射位	0.824	工作人员	1	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.103	5.0	/
6	分装室顶部外表面 30cm	0.145	公众	1	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.018	0.10	/
7	注射室东南墙外表面 30cm	0.810	公众	1/16	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.006	0.10	/
8	注射室西北侧防护门表面 30cm	6.813	公众	1/16	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.053	0.10	/
9	注射室东北墙外表面 30cm	0.264	公众	1/4	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.008	0.10	/
10	注射室顶部外表面 30cm	0.145	公众	1	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.018	0.10	/
11	核医学入口防护门表面 30cm	1.089	公众	1/4	注射 1min \times 30 次 \times 250d	0.034	0.10	/
12	PET/CT 候诊 1 东南墙外表面 30cm	0.717	公众	1/16	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.007	0.10	/
13	PET/CT 候诊 1 西南墙外表面 30cm	0.470	公众	1/16	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.005	0.10	/
14	PET/CT 候诊 1 防护门外表面 30cm	3.955	公众	1/16	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.041	0.10	/
15	PET/CT 候诊 1 东北墙外表面 30cm	0.270	公众	1/4	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.011	0.10	/
16	PET/CT 候诊 1 顶部外表面 30cm	0.145	公众	1	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.024	0.10	/
17	PET/CT 候诊 2 西南墙外表面 30cm	1.411	公众	1/16	等候 20min \times 2 次 \times 250d	0.015	0.10	/

18	PET/CT 候诊 2 防护门外表面 30cm	11.866	公众	1/32	等候 20min×2 次×250d	0.062	0.10	/
19	PET/CT 候诊 2 东北墙外表面 30cm	0.810	公众	1/4	等候 20min×2 次×250d	0.034	0.10	/
20	PET/CT 候诊 2 顶部外表面 30cm	0.435	公众	1	等候 20min×2 次×250d	0.073	0.10	/
21	PET/CT 机房西南墙表面 30cm	0.169	工作人员	1	扫描 20min×8 次×250d	0.113	5.0	/
22	PET/CT 机房防护门表面 30cm	1.079	工作人员	1	扫描 20min×8 次×250d	0.719	5.0	/
23	操作位	1.079	工作人员	1	扫描 20min×8 次×250d	0.719	5.0	/
24	PET/CT 机房西北墙表面 30cm	0.144	公众	1/16	扫描 20min×8 次×250d	0.006	0.10	/
25	PET/CT 机房东北墙表面 30cm	0.169	公众	1/16	扫描 20min×8 次×250d	0.007	0.10	/
26	PET/CT 机房防护门表面 30cm	1.424	公众	1/16	扫描 20min×8 次×250d	0.059	0.10	/
27	摆位	98.690	工作人员	1	摆位 1min×8 次×250d	3.290	5.0	/
28	PET/CT 机房顶部表面 30cm	0.145	公众	1	扫描 20min×8 次×250d	0.097	0.10	/
29	留观室东南墙外表面 30cm	0.720	公众	1/16	留观 10min×4 次×250d	0.007	0.10	/
30	留观室防护门表面 30cm	5.161	公众	1/16	留观 10min×4 次×250d	0.054	0.10	/
31	留观室西北墙外表面 30cm	0.720	公众	1/4	留观 10min×4 次×250d	0.030	0.10	/
32	留观室东北墙外表面 30cm	0.352	公众	1/4	留观 10min×4 次×250d	0.015	0.10	/
33	留观室顶部外表面 30cm	0.383	公众	1	留观 10min×4 次×250d	0.064	0.10	/
34	核医学出口防护门外表面 30cm	2.379	公众	1/8	停留 1min×30 次×250d	0.050	0.10	/

本项目核素诊断过程中，工作人员主要受照射环节为注射过程及病人扫描诊断过程。一般情况下，注射过程约 1 分钟，扫描过程约 20 分钟。根据医院预测，项目运行后预计年门诊量约为 9500 人次，结合表 11-3 和表 11-5 计算结果，考虑使用两种核素的叠加影响，工作场所周边工作人员及公众所受的年有效剂量汇总见表 11-6。

表 11-6 核医学工作场所工作人员及公众受照剂量预测结果汇总表

序号	关注点	年总有效剂量 (mSv)			关注对象	限值 (mSv)
		^{99m} Tc 贡献	¹⁸ F 贡献	合计		
1	通风橱外表面 5cm	0.007	1.648	1.655	工作人员	5
2	分装室东南墙外表面 30cm	<0.001	0.003	<0.004	公众	0.10
3	分装室西南侧防护门表面 30cm	<0.001	0.069	<0.070	工作人员	5
4	分装室西北侧防护门表面 30cm	<0.001	0.024	<0.025	公众	0.10
5	注射位	<0.001	0.103	<0.104	工作人员	5
6	分装室顶部外表面 30cm	<0.001	0.018	<0.019	公众	0.10
7	注射室东南墙外表面 30cm	<0.001	0.006	<0.007	公众	0.10
8	注射室西北侧防护门表面 30cm	<0.001	0.053	<0.054	公众	0.10
9	注射室东北墙外表面 30cm	<0.001	0.008	<0.009	公众	0.10
10	注射室顶部外表面 30cm	<0.001	0.018	<0.019	公众	0.10
11	核医学入口防护门表面 30cm	<0.001	0.034	<0.035	公众	0.10
12	SPECT/CT 操作位	<0.001	/	<0.001	工作人员	5
13	SPECT/CT 的摆位	0.355	/	0.355	工作人员	5
14	PET/CT 操作位	/	0.719	0.719	工作人员	5
15	PET/CT 的摆位	/	3.290	3.290	工作人员	5
16	留观室东南墙外表面 30cm	0.001	0.007	0.008	公众	0.10
17	留观室防护门表面 30cm	<0.001	0.054	<0.055	公众	0.10
18	留观室西北墙外表面 30cm	0.006	0.030	0.036	公众	0.10
19	留观室东北墙外表面 30cm	<0.001	0.015	<0.016	公众	0.10
20	留观室顶部外表面 30cm	0.001	0.064	0.065	公众	0.10
21	核医学出口防护门外表面 30cm	<0.001	0.050	<0.051	公众	0.10

综上，则注射过程中人员受到的年有效剂量小于 1.759mSv，摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 4.009mSv，能够满足职业人员年有效剂量不超过 5mSv 的限值要求。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众（控制区外）年有效剂量最大为 0.097mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

3、射线装置环境影响分析

简阳市人民医院核医学科 PET/CT 机房辐射防护设计见表 11-7。

表 11-7 简阳市人民医院核医学科 PET/CT 机房辐射防护设计一览表

类别	参数	设计厚度	铅当量	屏蔽及面积要求	评价
PET/CT 机房	墙体	370mm 实心砖墙	3.5mmPb	CT 机房(不含头颅移动 CT)、CT 模拟定位机房: 有用线束方向铅当量 2.5mmPb, 非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。	满足
	防护大门	8mm 铅当量	8mmPb		
	防护小门	10mm 铅当量	10mmPb		
	观察窗	10mm 铅当量	10mmPb		
	屋顶	120mm 混凝土 +4mmPb 铅板	5.5mmPb		
	机房面积	35.3m ² , 单边最短长度 5.64m		机房最小有效使用面积 30m ² , 机房内最小单边长 4.5m	满足

由上表可知简阳市人民医院核医学科 PET/CT 机房屏蔽防护措施能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

4、放射性废气影响分析

本项目工作场所排风管道分为 2 支,其中 1 支单独连接分装注射室内设置的通风橱,放射性药物的各项操作均在通风橱内进行,通风橱由专业厂商提供,根据《临床核医学放射卫生防护标准》(GBZ120-2006)中“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)”要求,医院购买的通风橱排风口处风速不得低于 1m/s;第 2 支管连接各等候区、注射室、SPECT 机房、PET/CT 机房等。场所内的送风系统送风量为 4000m³/h,排风系统总排风量为 5910m³/h,保证了非密封放射性物质工作为负压工作场所。

工作场所产生的废气经由排风系统排至门急诊医技大楼楼顶,在排风风管末端配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

工作场所各排风管道必须密封良好,不与门急诊医技大楼其他排风管道相通,过滤器及活性炭需定期更换(1~2 次/年),更换后的活性炭经贮存衰变 10 个半衰期后作为一般医疗废物处置。

本项目核医学科放射性核素操作使用情况如下表所示:

表 11-8 放射性核素操作使用情况表

名称	日实际最大操作量 (Bq)	挥发系数	挥发量 (Bq)	过滤效率	每日操作时间 (h)	污染物排放量 (Bq/h)
^{99m} Tc	2.22×10 ¹⁰	1/1000	2.22×10 ⁷	99%	1	2.22×10 ⁵
¹⁸ F	2.96×10 ⁹	1/1000	2.96×10 ⁶	99%	0.26	1.14×10 ⁵

放射性核素的摄入量采用《环境影响评价技术导则-大气环境》附录 A 推荐模型

中的 AERSCREEN 模式进行分析。假设人呼吸量为 1.2m³/h。

表 11-9 点源污染源计算参数一览表

编号	名称	排气筒高度/m	排气筒出口内径/m	排风量 (m ³ /h)	烟气排放速率 (m/s)	烟气温 度/°C	排放 工况	污染物排放量 (Bq/h)
1	^{99m} Tc	42	0.3	1770	7.46	20	正常	2.22×10 ⁵
2	⁸⁹ Sr	42	0.3	1770	7.46	20	正常	1.14×10 ⁵

表 11-10 估算模型参数表

参数		取值
城市农村/选项	城市/农村	城市
	人口数(城市人口数)	/
环境温度		20°C
土地利用类型		建设用地
区域湿度条件		湿润地区
是否考虑地形	考虑地形	是
	地形数据分辨率(m)	90

放射气溶胶关键照射途径为吸入内照射，其累积有效剂量计算公示如下：

$$H_{h-I} = T \cdot C_{a-i} \cdot u \cdot f \cdot g_{h-I} \dots \dots \dots \text{（公式 3）}$$

式中：

H_{h-I} —吸入内照射累积有效剂量，Sv；

T —受照时间，250h；

u —为个人正常情况下的呼吸率，根据《γ 辐射防护规定》（GB8703-88）取 1.2m³/h；

C_{a-i} —评价点的空气浓度，Bq/m³；

g_{h-I} —为吸入放射性核素 i 产生的累积有效剂量转换因子，^{99m}Tc 取 1.2×10⁻¹⁰Sv/Bq；¹⁸F 取 2.6×10⁻¹⁰Sv/Bq；（根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附表查得）。

f —转换因子，取 1。

污染点源计算参数和不同距离处放射性气溶胶落地浓度及吸入内照射累积有效剂量见表 11-11。

表 11-11 放射性气体不同距离处落地浓度计算结果

序号	离源距离 (m)	^{99m} Tc 气溶胶浓度 (Bq/m ³)	¹⁸ F 气溶胶浓度 (Bq/m ³)
1	100	3.412	1.752
2	167	4.600	2.362

3	200	4.355	2.236
4	300	3.831	1.967
5	400	2.954	1.517
6	500	2.063	1.337

表 11-12 放射性气体最大落地浓度对应的公众吸入量及内照射待积有效剂量表

项目类别	^{99m} Tc	¹⁸ F
吸入内照射待积有效剂量 (mSv/a)	1.656×10 ⁻⁴	1.842×10 ⁻⁴

根据表 11-12, ^{99m}Tc、¹⁸F 的吸入量均小于《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WS T613-2018)规定的公众成员吸入放射性核素年最小摄入(吸入)限值, 其所致公众最大受照射剂量为 1.842×10⁻⁴mSv/a, 满足 0.1mSv/a 剂量约束值, 因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

因此, 本项目产生的放射性废气经活性炭吸附处理后排放对周围环境影响是可接受的, 不会对周围公众造成不利影响。

5、放射性固废影响分析

本项目产生的放射性废物主要为: 工作人员操作过程产生的一次性卫生用品、垫料、更换下的废高效过滤器滤芯及废活性炭等。工作场所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, 转移至储源室内, 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, 按照医疗废物交由有资质单位进行处置。

²²Na 校准源对周围环境的影响

PET/CT 装置需要定期使用 ²²Na 放射源对机器进行灵敏度校准和均匀度校准, 频率为每半年一次至两次, 每次校准持续时间为 8 小时, 操作方式为简单操作, 操作人员安装好校准源(20 分钟左右)在机房外等候, 在正常情况下, 校准过程对操作人员的影响相对于 PET/CT 诊断过程中的注射药液、摆位等操作甚微。²²Na 放射源十八个月更换一次。

6、放射性废水影响分析

本项目工作场所产生的含放射性废水包括: 工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水, 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水, 以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至医技楼北侧本次新建的衰变池系统内，放射性废水先排至沉淀池再通过污水提升泵排至放射性废水衰变系统，待放射性废水达到清洁解控水平后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

(二) 非辐射环境影响分析

1、废水处理措施依托可行性分析

医院污水处理站位于医院东北侧，处理工艺为“移动床生物膜反应池（MBBR）+二氧化氯消毒”，现设计处理能力为 2000m³/d，医院废水经地理式污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中的表 2 预处理标准后进行排放。外排进入市政污水管网，并最终经简阳城南污水处理厂处理后外排进入沱江。医院污水产生、治理及排放情况已在《资阳市第二人民医院（简阳市人民医院）门急诊医技大楼建设项目环境影响报告书》（已取得四川省生态环境厅的批复（川环审批〔2012〕733 号））中进行评估，能够满足现有排放需求，本报告表不再赘述。且本项目不涉及新增工作人员，不新增生活污水产生量和排放量。

本项目实施后医院诊疗能力增加，预测年新增诊疗人数不超过 9500 人次。本次环评按照规划进行计算，本项目日产生废水量约为 0.6m³，本项目废水产生量较小，根据医院污水处理站规划使用情况来看，本项目产生的污水可依托医院的污水处理站处理。

2、一般固体废物和医疗废物

本项目在运营期工作人员及患者陪同家属会产生少量的生活垃圾。

简阳市人民医院建设有垃圾处理站，本项目产生的生活垃圾集中暂存，将由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

且本项目设置有废物间（用于存放放射性废物），工作过程中产生的医疗废物在此暂存，所有放射性废物待衰变十个半衰期后转移至医院医疗废物暂存间，医院医疗废物暂存间位于医院门急诊医技大楼地下负一层，本项目产生医疗废物约 2.5 天转运一次，约 2kg 每次，产生量较小，不会超过医院的医疗废物暂存间的暂存容量。医院产生的医疗废物最终将委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

3、废气

工作场所内其他区域设有机械排风装置，排风口直接排放到室外，因室内产生的

臭氧氮氧化物较少，所以废气对环境几乎没有影响。

4、噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的多联机室外机为低噪声设备，根据设计院提供的相关参数多联机室外机的噪声源源强声级值约为60dB(A)，再通过橡胶垫进行减震降噪，降噪效果约10dB(A)，处理后噪声级约为50dB(A)，能够满足相关标准要求。

5、射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照生态环境保护主管部门要求，履行相关报废手续。

事故影响分析

一、事故分级

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）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-13。

表 11-13 辐射事故等级划分表

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

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-14。

表 11-14 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

二、辐射事故识别

本项目主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境的影响，具体为以下情形：

1、射线装置误照射

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永久性辐射损伤，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。

2、放射性药物撒漏

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放射性药物撒漏，造成意外照射和辐射污染。

3、放射性药物遗失

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。

4、患者呕吐造成控制区内的污染

患者服药初期将放射性药物呕吐到环境中，可能对环境在一定范围内造成暂时性的辐射污染。

5、校准源误操作或遗失

(1) 由于误操作，导致较大放射性剂量照射的情况；

(2) 放射源因故从机器上拆下来或放射源容器保管不善，可能发生放射源丢失或被盜事故，产生环境污染。

6、其他管理不善

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。

放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害。

放射性固体废物：放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。

三、事故工况辐射影响分析

1、射线装置误照射

本项目所使用的PET/CT中CT属于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 $\leq 150\text{kV}$ 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 。若人员误入机房内，逗留时间较长，受照剂量可能超过公众5个连续年的年平均剂量限值（ 1mSv ），为一般辐射事故。

2、放射性同位素撒漏或遗失

（1）事故情况假设

本项目非密封放射性物质主要有 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 和 ^{18}F ，本项目 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 日最大操作量为 $2.22 \times 10^{10}\text{Bq}$ ，半衰期6.02h， ^{18}F 日最大操作量为 $2.96 \times 10^9\text{Bq}$ ，半衰期109.8min。

因此：

①本次预测事故情况假设 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的活度为600mCi，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80mCi。

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，距源0.1m内不同事故持续时段的个人有效剂

量，计算结果见表11-15。

表 11-15 ^{99m}Tc 丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

类别	距源距离 (m)	事故持续时段内 γ 射线所致辐射剂量 (Gy)				
		0~10min	0~30min	0~60min	0~90min	0~120min
^{99m}Tc	0.1	0.011	0.033	0.067	0.100	0.134
^{18}F	0.1	0.007	0.021	0.042	0.063	0.084

(3) 事故后果

由表 11-15 可以看出，选择 ^{99m}Tc 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下，距放射源 0.1m 处的 γ 射线外照射辐射剂量分别为 0.011Gy、0.033Gy、0.067Gy、0.100Gy、0.134Gy，携带显像剂 (^{99m}Tc) 人员 (或近距离公众) 在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射。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 ^{99m}Tc 衰变，计算结果偏保守。

综合上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-16。

表 11-16 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

项目名称	主要环境风险因子	危险因素	危害结果	事故等级
核医学科	X 射线 γ 射线	超剂量照射	核医学科、X 射线失控导致 9 人以下急性重度放射病、局部器官残疾 射线装置失控 导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故

四、事故防范措施

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，将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、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。

患者在初期用药后，遇到不良反应引起呕吐造成工作场所的污染，医院工作人员应

立即打扫，主要的呕吐物将打扫至控制区专门设置的废物桶内，并作为固体废物处理，暂存于储源室内，地面再用专门的清洁工具清扫，此时会产生少量的放射性废水，清扫废水量较小，且该事件发生率较低，不会造成放射性废水量的显著增加。

撒漏或病人呕吐后造成的地面污染，在清洁后须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物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

2、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。

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。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

4、加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对用药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面对导，使患者明白并自觉做到短期内不到公众场所活动，并避免与家人近距离密切接触。

5、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。

6、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。

7、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明防护墙外辐射水平偏高，应适当增加防护墙厚度。

五、应急措施

(1) 一旦发现有其他无关人员误入扫描机房内，操作人员应立即利用最近的紧急

停止开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的辐射安全管理领导小组及上级领导报告。辐射安全管理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

（2）对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境、卫生等行政主管部门。

（3）迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地环境保护主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

（4）事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和原国家环境保护总局环发[2006]145号文件之规定，发生辐射事故时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，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。

简阳市人民医院需重新制定事故应急预案，将本次扩建的核医学工作场所项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、关于辐射安全与环境保护管理机构

医院已根据现有核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2019 修正版（生态环境部令第 7 号）的要求，简阳市人民医院成立了放射安全与防护领导小组，负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障放射工作人员、社会公众的健康与安全。随着时间的推移，医院管理人员相继发生变动，简阳市人民医院于 2020 年 5 月 13 日重新调整了放射安全与防护领导小组的成员。调整前后的文件见附件 5。该文件明确了领导小组工作职责：

（一）负责全院放射防护领导工作，掌握国家放射防护的法律、法规和标准，指导制定我院关于放射工作的岗位职责、放射防护的规章制度等。

（二）定期召开放射防护工作会议，研讨放射防护工作的具体问题，及时纠正出现的不良因素，保护放射人员的工作环境、身体健康。

（三）处置放射事故突发应急事件，组织有关人员进行报告、施救。

（四）依照相关法律规定，定期落实人员健康检查、设备检查、剂量监测和放射防护培训等各项工作。

该机构的组成已经涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，框架符合现有辐射管理要求。明确的职责具有明确的指导性和可操作性。

简阳市人民医院已开展核医学科多年，本次为新增非密封放射性物质工作场所，本项目投入使用后，仍纳入简阳市人民医院现有核医学科管理。

二、辐射工作人员配置和能力分析

简阳市人民医院现有辐射工作人员 180 人，目前持证上岗的工作人员有 155 名。

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：

1、所有辐射工作人员均应在上岗前参加环境保护主管部门组织的辐射安全与防护培训，培训合格后，持证上岗。并且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；

根据《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)：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’(网址：<http://fushe.mee.gov.cn>) 报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

医院应尽快安排医院现有辐射工作人员尽快参加培训学习，取得证书后持证上岗。

2、在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

医院对相关资料进行了分类归档放置，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“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”、“废物处置记录”，存放在医院相关办公室。

二、已建立主要规章制度

医院已制定了一系列辐射安全规章制度，具体见表 12-1。

表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求

序号	制度名称	制定制度的目的
1	辐射防护安全责任制度	已制定
2	辐射工作设备操作规程	需增加 PET/CT 的工作流程及其设备的操作程序
3	辐射工作人员管理规章制度	已制定，需完善辐射工作人员的责任和义务，包括正确佩戴个人剂量计
4	辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定。需明确医院辐射工作人员个人剂量的档案管理要求。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，并与个人剂量检测报告一起存放备查。明确个人剂量计的佩戴方法
5	辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定

6	场所分区管理规定	已制定。需完善核医学科人流（工作人员和受检者）、物流的路径规划图，实现分区管理，划定控制区和监督区
7	放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	已制定。需完善放射性药物进出登记（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），做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整
8	辐射事故应急预案	已制定
9	监测仪表使用与校验管理制度	已制定
10	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，需细化辐射工作场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案
11	辐射工作人员岗位职责	已制定
12	射线装置台账管理制度	已制定
13	辐射工作人员培训制度	已制定
14	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定，需补充受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

根据原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）》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。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。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。

辐射监测

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

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《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。

简阳市人民医院已委托四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心（国土资源部成都矿产资源监督检测中心）和四川中环康源卫生技术服务有限公司开展了2019年度的在用核技术利用项目的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

二、个人监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，监测周期为1次/季。

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

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

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

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

简阳市人民医院已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均为超过医院制定的目标管理值。

三、医院自我监测

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

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X- γ 空气吸收剂量率。

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

表 12-2 工作场所监测计划建议

场所或设备	监测内容	监测布点位置
核医学科 工作场所	γ 射线	注射区、放射性药物分装准备室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存室、候诊室、留观室、SPECT 机房、PET/CT 机房、控制室
	放射性 废水	放射性废水衰变池排放口
	X 射线	PET/CT 机房相邻的房间、过道操作位和防护门

	表面污染	放射性药物分装准备室注射服药室、放射性药物贮存室、放射性废物暂存室、SPECT 机房、PET/CT 机房、等待抢救室、留观室、卫生间、更衣室的墙壁、地面，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤
--	------	--

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测频次：每年 1~2 次

(5) 监测质量保证

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

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

c、制定辐射环境监测管理制度。

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

五、年度监测报告情况

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

辐射事故应急

一、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院制订了放射性污染突发事件应急处置预案（2020 年版）（详见附件 6），包含了以下内容：

“适用范围”、“组织机构”、“应急预案启动”、“放射性污染突发事件分类

与应急响应”、“突发放射性污染突发事件报告方式与内容”、“医疗救治”、“应急状态的终止及恢复措施”、“应急和救助的装备、物资准备”和“应急响应能力的保持”等内容。

该应急预案内容全面，措施有效可行。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 一旦发现放射性药物被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫健部门报告。

(2) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出机房，关闭机房门，同时向医院主管领导报告。

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

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

(7) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

三、其他要求

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

(2) 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。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目

设计单位：智慧城建设计院有限公司

建设单位：简阳市人民医院

建设地点：四川省成都市简阳市医院路 180 号

建设内容与规模：

本项目位于四川省成都市简阳市医院路 180 号简阳市人民医院院区内门急诊医技大楼负一层，拟对该区域进行装修改造，建设 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，将原有核医学的 1 套 SPECT 系统（使用放射性同位素 ^{99m}Tc ）搬迁至新的工作场所用于开展显像诊断，同时使用 1 台 PET/CT（使用放射性同位素 ^{18}F ）用于开展显像诊断项目，PET/CT 校准将使用 1 枚 ^{22}Na 放射源（棒源，活度为 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ ，属于 V 类放射源），和 6 枚 ^{22}Na 放射源（点源，总活度为 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ ，属于豁免放射源）。医院在本次核医学科工作场所西北侧新修建 1 座总容积为 21m^3 的放射性废液处理系统（三级间歇式，每个池子为 7m^3 ）。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 13-1。

表 13-1 简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目情况一览表

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
1	^{22}Na	$1.48 \times 10^7 \times 1$		V	使用	校准源	PET/CT	储源室内
2	^{22}Na	3.7×10^5 (6 枚)		豁免	使用	校准源	PET/CT	
非密封放射性物质								
序号	工作场所名称	场所等级	核素	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类	用途
1	核医学科	乙级	^{99m}Tc	2.22×10^{10}	2.22×10^7	5.55×10^{12}	使用	核素显像
2			^{18}F	2.96×10^9	2.96×10^6	7.40×10^{11}	使用	

射线装置							
序号	射线装置名称	装置型号	最大管电压	最大管电流	射线装置类别	活动种类	备注
1	PET/CT	未定	≤140kV	≤800mA	III	使用	拟购

二、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 5 条“医疗卫生服务设施建设”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目的运营可为简阳市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康设备的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

三、实践正当性

简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目的目的是为了对病人进行医学诊断。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

四、项目选址及平面布局合理性

简阳市人民医院本次新增的核医学工作场所为乙级非密封放射性物质工作场所，该场所位于门急诊医技大楼负一层内，整个诊断工作场所相对独立建筑，与其他科室有明显的的界限，且位于负一层避开了人流量较大的门诊区，避免了对公众不必要的照射。

本项目辐射工作场所根据工作要求且有利于辐射防护和环境保护进行布局，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或其它人流活动区；在设计阶段，辐射工作场所进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。

简阳市人民医院用地性质为医疗用地，医院已完成门急诊医技大楼的环评并取得原四川省环境保护厅的批复，批复文号为：川环审批〔2012〕733 号（见附件 4），医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为医院内部重新装修改建，不新增用地，且拟建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

通过采取相应的治理措施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。

五、区域环境质量现状

根据监测结果，本项目拟建位置周围环境辐射剂量当量率监测值在（134~159）nSv/h 之间，周围 γ 辐射剂量当量率与空气吸收剂量率数值基本相当，转换因子取 1，则拟建址现场及周边环境的空气吸收剂量率为（134~159）nGy/h。根据《2019 年四川省生态环境状况公报》数据显示，全省 γ 辐射空气吸收剂量率（含宇宙射线贡献值）为（76.8~163）nGy/h，由此可知，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值与四川省天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

六、代价利益分析

简阳市人民医院新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，核技术在医学上的应用有利于提高疾病的诊断正确率和治疗效果，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，对新增非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目加强了防护，从剂量预测结果可知，项目致工作人员所受附加剂量小于 5mSv、公众年所受附加剂量小于 0.10mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”及本项目管理约束值的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

七、环境影响分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量比较小，施工时间较短，故施工期的环境影响是短暂的，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

2、营运期正常工况下辐射环境影响

（1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本

项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

(2) 水环境影响分析

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水以及患者冲洗排便用水。通过独立的废水管道收集来自核医学科工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水衰变池，3个并联衰变池（每个小池为 7m^3 ，总容积为 21m^3 ）进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医疗废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

(3) 固体废物影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次性卫生用品、垫料和更换下的废活性炭。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，按序封闭暂存于废物间的放射性衰变桶内（每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg ），让放射性物质自行衰变，待十个以上半衰期且小于清洁解控水平后作为普通医疗废物处理。在整个收集、储存、处理过程中，做好台账记录，台账内容应包括：标明收贮时间、种类及数量、储存时间（不少于1天）、废物最终处置去向等。

(4) 噪声

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的通排风系统为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值低于 60dB(A) ，通风机组通过橡胶垫进行减震降噪，可降噪约 $10\sim 15\text{dB(A)}$ ，再加上医院场址内的距离衰减，噪声对周围环境影响较小。

(5) 大气环境影响分析

开机出束期间产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O_3)。臭氧经空调系统抽取后排放，由于治疗过程中每次曝光时间短，产生的臭氧量较少，且臭氧极不稳定，再经大气稀释自然扩散后，对周围大气环境影响轻微。

2、事故工况下环境影响

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，简阳市人民医院按相关规定和本环评要求对已制定的《放射事件应急预案》进行补充完善后，能够有效控制并消除事故影响。

八、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的综合能力

简阳市人民医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；建立了较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在补充《辐射安全管理规定》、《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度并及时更新，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对医用辐射设施的使用和安全管理能力。

九、项目环境可行性结论

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量管理约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

建议和承诺

- 1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。
- 2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。
- 3、医院应加强管理，安排辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过5年的辐射工作人员，需进行再培训，详见国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。
- 4、医院应于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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上传。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址：<http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增放射性同位素、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。

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

6、医院须重视控制区和监督区的管理。

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

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

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

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

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

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

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

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

①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

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

“三同时” 验收一览表

“三同时” 验收一览表

项目		设施（措施）	验收要求
辐射安全管理机构		已建立辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式下发	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射管理人员已取得辐射安全与防护培训证书，并在有效期内。
辐射安全与防护措施	屏蔽措施	工作场所墙体采用 370mm 实心黏土砖墙、硫酸钡板及铅板等防护材料，各防护门均采用铅防护门进行辐射防护。具体防护参数见表 10-1。通风橱 2 套（5mmPb， ^{99m} Tc 用），（40mmPb， ¹⁸ F 用）等。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。
	安全措施（连锁装置、警示标志、工作指示灯等）	核医学科控制区入口处、放射性废物桶表面设置电离辐射警告标志；设置并联式放射性废水衰变池，其总容积为 21m ³ 。 配备 1 套对讲装置，1 套监控系统，门禁系统等	设置后可满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射安全管理人员和辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。同时本项目新聘工作人员需参加培训并考试合格后上岗。	本项目所有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得合格证书。
	个人剂量监测	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	本项目所有辐射工作人员上岗前佩戴个人剂量计后可满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求
	人员职业健康监护	辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立放射工作人员职业健康档案。	本项目所有辐射工作人员需按时体检，两次体检的时间间隔不应超过两年
防护用品		拟配备表面沾污仪 1 台，辐射巡检仪 1 台。	/
		护士配铅围裙、铅围脖、铅眼镜、铅帽等个人用品；患者配备铅三角巾，至少 1 套。	配备后可满足《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ 120-2006）的要求
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、辐射事故应急措施等制度	根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	制订并完善后可满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求

