

核技术利用建设项目

成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成  
都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射  
性同位素应用项目  
环境影响报告表

（公示稿）

成都市第五人民医院（成都市老年病医院）  
（成都中医药大学附属第五人民医院）

2022年03月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射性同位素应用项目 环境影响报告表

建设单位名称：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）  
（成都中医药大学附属第五人民医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市温江区柳城镇麻市街 33 号

邮政编码：611130

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

# 编制单位和编制人员情况表

建设项目名称	成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射性同位素应用项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）		
统一社会信用代码	12510100450751864B		
法定代表人（签章）	周政		
主要负责人（签字）	唐伟		
直接负责的主管人员（签字）	唐伟		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	浙江君安检测技术有限公司		
统一社会信用代码	913301065930539754		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
祝军辉	2016035410352014411801001000	BH026063	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
高洁	表1、表2、表3、表4、表5	BH047390	
潘立成	表6、表7、表8、表9、表10	BH038966	
祝军辉	表11、表12、表13	BH026063	

# 环评项目负责人职业资格证书（复印件）

	姓名: <b>祝军辉</b> Full Name _____
	性别: <b>男</b> Sex _____
	出生年月: <b>1978.02</b> Date of Birth _____
	专业类别: _____ Professional Type _____
	批准日期: <b>2016.05</b> Approval Date _____
持证人签名: Signature of the Bearer _____	签发单位盖章: Issued by 
管理号: <b>2016035410352</b> 证书编号: <b>HP00019701</b>	签发日期: <b>2016</b> 年 <b>12</b> 月 <b>30</b> 日 Issued on _____

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.

  
approved & authorized  
by  
Ministry of Human Resources and Social Security  
The People's Republic of China

  
approved & authorized  
by  
Ministry of Environmental Protection  
The People's Republic of China

编号: **HP 00019701**  
No. \_\_\_\_\_

# 目 录

目 录 .....	I
表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	17
表 3 非密封放射性物质 .....	17
表 4 射线装置 .....	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	18
表 6 评价依据 .....	19
表 7 保护目标与评价标准 .....	22
表 8 环境质量和辐射现状 .....	33
表 9 项目工程分析与源项 .....	37
表 10 辐射安全与防护 .....	42
表 11 环境影响分析 .....	58
表 12 辐射安全管理 .....	73
表 13 结论与建议 .....	79
表 14 审批 .....	85

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射性同位素应用项目				
建设单位		成都市第五人民医院（成都市老年病医院） （成都中医药大学附属第五人民医院）				
法人代表		联系人		联系电话		
注册地址		成都市温江区柳城镇麻市街 33 号				
项目建设地点		成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）8 号楼 1 层核医学科内				
立项审批部门		\		批准文号		
建设项目总投资（万元）		3500	项目环保投资（万元）	110	投资比例（环保投资/总投资） 3.14%	
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	/
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 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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
其他	/					
<b>1.1 项目概述</b>						
<b>1.1.1 建设单位情况简介</b>						
<p>成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）（统一社会信用代码：12510100450751864B，以下简称“医院”）始建于 1938 年，是一所历史悠久、文化底蕴丰厚，以微创技术和老年病综合治疗为特色的集医疗、教学、科研、预防、保健、康复、急救于一体的国家三级甲等综合性医院,是成都中医药大学附属第五人民医院/第二临床医学院。医院建筑面积 21.1 万平方米，编制床位 1380 张，开放床位 1900 张。医院学科设置齐全，拥有临床科室 30 个，医技及辅助科室 17 个，行政职能科室 24 个，一级学科 25 个、二级学科 66 个。2018 年门、急诊 143 万人次，住院 7.6 万余人次，手术 4.9 万台次（详见附件 1：《事业单位法人证书》）。</p>						

### 1.1.2 项目由来

成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00372]），允许使用种类和范围为：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、丙级非密封放射性物质工作场所（详见附件2：《辐射安全许可证》）。

医院8号楼地上共7层（无地下楼层，楼顶距离地面约23m，高于周围建筑），位于医院西南角。医院核医学科设置于8号楼1层（核医学科整体占一层，其中东侧主要为办公区和放免实验室，西侧为核素诊疗区域，楼上为肿瘤科病区），目前核医学科设置有1台SPECT（不带CT功能），应用放射性核素 $^{99m}\text{Tc}$ 进行核素显像检查（其中 $^{99m}\text{Tc}$ 采用钼铯发生器制备），另外设置有 $^{131}\text{I}$ 甲功能测定、 $^{131}\text{I}$ 甲亢治疗、 $^{131}\text{I}$ 甲癌治疗、 $^{89}\text{Sr}$ 骨癌转移治疗及 $^{125}\text{I}$ 粒籽植入治疗项目，许可使用的非密封型放射性同位素有： $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Mo}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{125}\text{I}$ （粒子源）。

为进一步提高医院医疗服务水平，为给病患创造更加优越的康复环境、先进的医疗设备、更加科学的医疗流程，医院拟在核医学科新增1台PET-CT，将其置于核医学科中部预留的房间（作为PET-CT机房）内，拟新增放射性核素 $^{18}\text{F}$ 进行核素显像检查，并拟新增PET-CT校准用密封型放射源： $^{68}\text{Ge}$ （三枚），本项目PET-CT机房及相关辅助用房均拟利用核医学科原有及预留的工作场所，不改变原有核医学科的平面布局、原有诊疗项目工作用房的使用性质及核医学与四周、上下层的关系。本项目涉及的辐射工作场所除活性室、源库01、放射性废物暂存间及患者通道与核医学科原有项目共用外（共用区域均为核医学科原有场所），其余区域均为本项目专用场所，包括：PET-CT机房、PET-CT注射室、PET-CT注射后候诊室、PET-CT留观/抢救室（专用场所均为核医学科预留场所）。

医院核医学科现有辐射工作人员13名，本项目拟设置6名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员。

医院已对PET-CT（Ⅲ类射线装置）及其校准源 $^{68}\text{Ge}$ 放射源（Ⅴ类）进行了环评备案登记（备案号：202151011500000250）（详见附件4：现有核技术利用项目环保相关文件），并已重新申领了《辐射安全许可证》。此次环评仅对核医学科拟新增的非密封型放射性核素 $^{18}\text{F}$ 及其工作场所进行评价。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第7号，2019年修改）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—乙级非密封放射性物质工作场所”，故应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）委托浙江君安检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（项目委托书见附件3）。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。

### **1.1.3 环境影响评价信息公开**

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响评价报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，建设单位于2022年3月17日，在浙江君安检测技术有限公司官方网站上对该项目进行了全文公示(<http://www.jiance.cc/newsinfo.aspx?nid=83&cid=22>)，以征求公众意见。截止目前，建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。公示网站截图如下：



图 1-1 本项目全文公示截图

## 1.2 项目概况

### 1.2.1 项目名称、性质、建设地点

(1) 项目名称：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射性同位素应用项目

(2) 建设单位：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）

(3) 建设性质：改扩建

(4) 建设地点：成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）8 号楼 1 层核医学科内。

### 1.2.2 项目建设内容及规模

本项目建设地点位于成都市温江区柳城镇麻市街 33 号，成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）8 号楼 1 层核医学科内。

医院核医学科占地面积约 1300 m<sup>2</sup>，设置有 SPECT 检查区和放射性核素治疗区，目前已开展 <sup>99m</sup>Tc 核素显像检查项目、<sup>131</sup>I 甲功能测定项目、<sup>131</sup>I 甲亢治疗项目、<sup>131</sup>I 甲癌治疗项目、<sup>89</sup>Sr 骨癌转移治疗项目及 <sup>125</sup>I 籽粒植入治疗项目。

本项目为核医学科新增 PET-CT 显像检查项目，利用核医学科预留房间（作为 PET-CT 机房）、功能用房及检查区患者通道等，核医学科的平面布局无变化，上下关系无变化。该建设项目工作场所区域包括：1 间 PET-CT 机房（预留房间）、1 间储源库（利旧）、1 间 PET-CT 注射室（预留房间）、1 间活性室（利旧）、1 间 PET-CT 注射后等待室（预留房间）、1 间 PET-CT 留观/抢救室（预留房间）、1 间放射性废物暂存间（利旧）、2 间受检者专用卫生间（预留房间）等。

本项目拟在活性室、PET-CT 注射后等待室、PET-CT 留观/抢救室、患者走廊区域顶棚增加 12mm 铅板进行屏蔽防护，上述场所四周墙体均沿用原有屏蔽防护材料，在 PET-CT 注射室增加 40mmPb 的注射窗，更换 PET-CT 机房受检者防护门、PET-CT 注射室防护门、PET-CT 注射后等待室防护门，另外在核医学科北侧约 5m 处的地下新建一个 2 级并联式放射性污水衰变池，本项目拟新增 PET-CT 核素显像检查项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入新增的衰变池（总有效容积为 4 m<sup>3</sup>）。其余区域均沿用核医学科原有的屏蔽防护设施，核医学科整体通风设施、通风管道布置均不涉及改造。

拟新增一台 PET-CT，应用 <sup>18</sup>F 进行核素显像检查，并拟新增 PET-CT 校准用密封型放射源：<sup>68</sup>Ge（三枚）。医院已对 PET-CT（III 类射线装置）及其校准源 <sup>68</sup>Ge 放射源（V 类）进行了环评备案登记（备案号：202151011500000250）（详见附件 4：现有核技术利用项目环保相关文件），并已重新申领了《辐射安全许可证》。此次环评仅对核医学科拟新增的非密封型放射性核素 <sup>18</sup>F 及其工作场所进行评价。

本项目核医学科工作场所非密封放射性核素日等效操作量为 2.35×10<sup>9</sup>Bq，为乙级非密封放射性物质工作场所。

项目总投资 3500 万元，其中环保投资 110 万元，约占总投资的 3.14%。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	<p>本项目为核医学科新增 PET-CT 显像检查项目，利用核医学科预留房间（作为 PET-CT 机房）、功能用房及检查区患者通道等，核医学科的平面布局无变化，上下关系无变化。该建设项目工作场所区域包括：1 间 PET-CT 机房（预留房间）、1 间储源库（利旧）、1 间 PET-CT 注射室（预留房间）、1 间活性室（利旧）、1 间 PET-CT 注射后等待室（预留房间）、1 间 PET-CT 留观/抢救室（预留房间）、1 间放射性废物暂存间（利旧）、2 间受检者专用卫生间（预留房间）等。</p> <p>本项目拟在活性室、PET-CT 注射后等待室、PET-CT 留观/抢救室、患者走廊区域顶棚增加 12mm 铅板进行屏蔽防护，上述场所四周墙体均沿用原有屏蔽防护材料，在 PET-CT 注射室增加 40mmPb 的注射窗，更换 PET-CT 机房受检者防护门、PET-CT 注射室防护门、PET-CT 注射后等待室防护门，其余区域均沿用核医学科原有的屏蔽防护设施，核医学科整体通风设施、通风管道布置均不涉及改造。</p> <p>拟新增一台 PET-CT，应用 <math>^{18}\text{F}</math> 进行核素显像检查，并拟新增 PET-CT 校准用密封型放射源：<math>^{68}\text{Ge}</math>（三枚）（其中 PET-CT 及其校准源 <math>^{68}\text{Ge}</math> 放射源已进行了环评备案登记）。</p>	噪声、施工废水、扬尘、固体废物	X 射线、 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固废、 $\beta$ 表面污染
辅助工程	配套建设候诊区、控制室等设施		
环保设施	<p>◆废水：本项目拟在核医学科北侧约 5m 处的地下新建一个 2 级并联式放射性污水衰变池，本项目拟新增 PET-CT 核素显像检查项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入新增的衰变池（总有效容积为 4 m<sup>3</sup>），暂存 10 个半衰期，监测达标后排放如医院现有污水处理站；生活污水依托医院现有污水处理站，处理达标后排入市政污水管网。</p> <p>◆废气：核医学科设立有独立通排风系统，非密封性物质工作场所新风量 1900m<sup>3</sup>/h，排风量 2500m<sup>3</sup>/h，独立设置 1 个排风管道；活性室内设置有通风柜，该通风柜在半开的条件下风速不小于 1m/s，独立设置 1 个排风管道，排风管道均设置了过滤装置，最终引至 8 号楼楼顶排放。</p> <p>◆固废：核医学科放射性固废分类收集后暂存于医院现有放射性废物暂存间（建筑面积 8.0m<sup>2</sup>），暂存 10 个半衰期达到解控水平后，作为一般医疗废物处理。生活垃圾集中收集后由环卫部门定期清运。</p>	噪声、施工废水、扬尘、固体废物	$\gamma$ 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固废、 $\beta$ 表面沾污
公用工程	依托医院的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。		/
办公及生活设施	核医学科医生办公室、值班室等，位于 8 号楼 1 楼。本项目核医学科部分门诊用房直接依托其他门诊间进行病人就诊前的诊断。		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 本项目主要原辅材料及耗能情况

类别	名称	年使用量	来源	用途
主要原辅材料	$^{18}\text{F}$ 注射液	2.0E+12Bq	外购	显像标记
能源	电 (KW)	1000度	市政电网	—
水	自来水	500m <sup>3</sup>	市政供水管网	—

### 1.2.4 本项目所涉及的医用放射性核素

本项目涉及的医用放射性核素情况见表 1-3。

表 1-3 本项目医用放射性核素清单

区域	核素	半衰期	物态	毒性	衰变类型	主要射线和能量 (MeV)	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$	用途	来源
8号楼1层核医学科	$^{18}\text{F}$	109.7min	液态	低毒	EC、 $\beta^+$	$\gamma/0.511$	0.143	PET-CT 显像诊断	外购

### 1.3 产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录(2019年本)》，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，符合国家现行产业政策。

### 1.4 项目规划符合性

本项目位于成都市温江区柳城镇麻市街33号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）内，项目用地属于成都市总体规划的医疗用地，本项目均依托医院主体工程征地红线内建设，不新增用地，项目符合成都市总体规划。

### 1.5 项目选址合理性与平面布局合理性分析

#### 1.5.1 选址合理性分析

医院位于成都市温江区柳城镇麻市街33号，医院位于城区环境，周围为居民区及商业区，医院北面为麻市街，西面为上栖美塾及和馨苑（居民楼），南面为地面停车场和百姓大院（居民楼），东面为凤溪大道。医院地理位置图见附图1，周边环境现状见附图2，医院总平面布置图见附图3。

医院核医学科诊疗区域位于8号楼1楼西侧，本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧（西侧为核素治疗及病房区域）。8号楼地上共7层（无地下楼层，楼顶距离地面约23m，高于周围建筑），位于医院西南角。8号楼北侧为综合住院楼（三期在建项目）；东侧为院内道路及9号楼，东南侧隔地面停车场为居民小区（百家大院），距离本项目工作场所边界约65m；南侧为院内氧气站、负压站及地面停车场；西侧隔院内道路及辅助用房（共2F，1楼为库房及洗浆房，2楼为肿瘤科和中医肛肠科病房，病房拟搬迁，搬迁后改为库房）为居民小区（上栖美塾），距离本项目工作场所边界约60m；西南侧隔院内道路及辅助用房为居民小区（和嘉苑），距离本项目工作场所边界约65m。



图 1-2 8号楼西侧实景照



图 1-3 8号楼南侧实景照



图 1-4 8号楼北侧实景照



图 1-5 8号楼 1 楼西侧预留 PET-CT 机房实景照

本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧，工作场所东侧为核医学科的候诊区、办公区，南侧及北侧均为室外院内道路，西侧为核素治疗及核素病房区域，楼上为肿瘤科病区，无地下室。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求:

“5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内,或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层,设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区,并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。”

本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧,核医学科设置有单独的人员、物流通道。工作场所四周及楼上无产科、儿科、食堂等部门及人员密集区,四周均与非放射性工作场所有明确的分界隔离。工作场所排风口设置于8号楼楼顶,远离周边高层建筑。本项目核医学工作场所选址符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)的要求。

本项目核医学科区域周围50m范围内均为医院内部建筑、道路和室外停车位,不存在自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等敏感目标,项目运营过程产生的电离辐射,经采取一定的防护治理措施后对周围环境造成的辐射影响是可接受的,故本项目的选址是可行的。周边环境现状见附图2,核医学科平面布置图见附图4。

### 1.5.2 平面布局合理性分析

本项目放射工作用房主要位于核医学科诊疗区域的东侧,核医学科诊疗区域西侧为核素治疗及病房区域,本项目主要工作场所包括:1间PET-CT机房(预留房间)、1间储源库(利旧)、1间PET-CT注射室(预留房间)、1间活性室(利旧)、1间PET-CT注射后等待室(预留房间)、1间PET-CT留观/抢救室(预留房间)、1间放射性废物暂存间(利旧)、2间受检者专用卫生间(预留房间)等,其平面布局如附图4所示。

#### ①工作人员路线

核医学办公场所位于核医学科的东侧,核医学护士从核医学科东北侧入口可进入卫生通过间,在卫生通过间内完成洗手、更衣等准备工作后进入活性室内。完成核素操作后,原路返回。

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,分装操作于活性室分装柜内进行,产生的固体废弃物暂存于放射性废物暂存间内。

核医学技师从核医学科东侧中部入口,经宣教\病史采集室、医生办公室、淋浴更衣室可达PET-CT控制室,工作结束后原路返回。

#### ②受检者路线

由相关科室确认需进行核医学检查或治疗的病人首先到核医学科护士站登记预约,

按照预约的时间到核医学科东侧注射前候诊区候诊，按叫号顺序通过入口防护门进入核医学科放射性工作场所。PET-CT 核素显像受检者在 PET-CT 注射窗口接受给药后，前往 PET-CT 注射后候诊室内候诊，听到叫号后进入 PET-CT 机房内检查，检查结束后向西，前往 PET-CT 留观\抢救室内留观，确认无误后从核医学科南侧出口防护门离开。

该路径上受检者入口防护门和受检者出口防护门均设置为单向门禁，仅允许受检者单向通行。注射后候诊室内设有独立的卫生间，病人在候诊室内静卧候诊，在专用卫生间内如厕，不随意走动。PET-CT 留观\抢救室内拟设置应急抢救设备和物资。

核医学科病人通道和医护通道完全分离，且医生用卫生间和病人用卫生间分开独立设置。整个核医学科各功能房间布局紧凑，且有效衔接，控制用药受检者流动范围从而控制表面污染的范围，并减少了病人与医生的交叉影响。从布局来说，人员流向合理。

### ③放射性药物路线

核医学科每天用药均由专业的放射性药物生产厂家生产配送，在每天核医学工作开始前，药物从核医学科北侧药物专用通道送至源库 01 暂存，然后再由源库 01 转入活性室内。

为防止工作人员受到放射性药物和服药后患者的交叉污染，核医学科设有独立的病人路径、送药路径和医护人员工作路径。放射性药物不从核医学科内非辐射工作区流通，且放射性药物在控制区内流动范围较小，有效控制药物转移过程中因撒漏造成的表面污染范围，放射性药物均在接诊前进入核医学科，最大程度避开交叉影响。从布局来说，药物通道设置合理。

### ④放射性废物路线

本项目放射性废物存储间设置在核医学科南侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出核医学科区域，避免了对其他人员的二次照射，同时该区域除病人外人员流动少，降低了医生及公众受照射的可能性，放射性废物是在接诊后离开核医学科，最大限度避开交叉影响，其设置合理。

综上所述，本项目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，符合 HJ1188-2021 的规定。

## 1.6 与周边环境的兼容性分析

本项目利用医院内现有的水资源供给系统，生活废水经医院的污水处理站处理后由市政管网排入污水处理厂处理，不会对当地水质产生明显影响；本项目产噪设备为风机，声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划。项目产生的医疗废物收集暂存后定期由有资质单位清运处置，生活垃圾交由市政环卫清运。因此本项目的建设没有对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容。

## 1.7 实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人治疗中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中非密封性放射性物质的使用可能会造成如下辐射影响问题：

- (1) 给周围环境造成一定的辐射影响；
- (2) 给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响；
- (3) 非密封放射性物质使用及管理的失误会造成较大和一般的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对非密封放射性物质的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理非密封放射性物质的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

## 1.8 现有核技术利用项目许可情况

### (1) 环评情况

医院现有开展的辐射项目均已取得环评批文或进行备案，项目具体清单详见表 1-4、1-5、1-6。

### (2) 许可情况

医院现有辐射活动均已取得四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00372]，有效期至 2026 年 04 月 27 日）。

表 1-4 放射源使用情况

序号	名称	出厂活度 (Bq)	数量	类别	工作场所	活动种类
1	<sup>90</sup> Sr	1.48E+9	1 枚	V 类放射源	核医学科	使用
2	<sup>22</sup> Na	3.7E+6	7 枚	V 类放射源	核医学科	使用
3	<sup>68</sup> Ge	4.63E+7	2 枚	V 类放射源	核医学科	使用
4	<sup>68</sup> Ge	1.11E+8	1 枚	V 类放射源	核医学科	使用

表 1-5 非密封放射性物质使用情况

序号	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	使用场所	活动种类
1	<sup>99m</sup> Tc	2.22 E+7	5.55 E+12	核医学科	使用
2	<sup>89</sup> Sr	1.85 E+6	3.70 E+10		
3	<sup>99</sup> Mo	3.7 E+7	8.88 E+12		
4	<sup>131</sup> I	2.28 E+9	1.25E+12		
5	<sup>125</sup> I (粒子源)	3.55E+6	1.78 E+11		
6	<sup>125</sup> I (粒子源)	3.55E+6	1.78 E+11	放疗中心	使用
7	<sup>125</sup> I (粒子源)	3.55E+6	1.78 E+11	8 号楼肿瘤科	使用

表 1-6 医用射线装置使用情况

序号	名称	类别	数量	型号	主要参数 (管电压、管电流)	工作场所	备注
1	牙科 X 射线机	III	1	戴森 DYS-M	70kV、7mA	1 号楼 5 层口腔科牙片室	已上 证， 在用
2	数字减影血管造影系统	II	1	Allura Xper FD20	125kV、1250mA	介入室：1 号楼 8 层	
3	数字减影血管造影系统	II	1	Innova IGS 530	125kV、1000mA	介入室：1 号楼 8 层	
4	数字式医用诊断 X 线机	III	1	Philips Digital Diagnost VR	150kV、650mA	1 号楼 1 层	
5	数字化乳腺 X 射线系统	III	1	MAMMOMAT	35kV、150mA	1 号楼 2 层	
6	医用数字化 X 射线摄影系统	III	1	新东方 1000	150kV、630mA	万春东路 56 号放射科 DR 室	
7	X 射线骨密度仪	III	1	DPX-BRAVO	75kV、3mA	1 号楼 2 层骨密度检查室	
8	口腔全景 X 射线机	III	1	PAPAYA Plus	90kV、12mA	1 号楼 5 层口腔科全景室	
9	胃肠机	III	1	Combi Diagnost R90	125kV、900mA	1 号楼 2 层	
10	移动式数字 X 射线机	III	1	KD-C5000	120kV、100mA	2 号楼 4 层手术室	
11	高频移动式 X 射线机	III	1	PLX112C	125kV、100mA	2 号楼 4 层手术室	
12	移动式数字摄影 X 射线机	III	1	DX-D100	150kV、90mA	放射科 2 号楼 5 层监护室	
13	医用电子直线加速器	II	1	Clinac CX	10MV	6 号楼放疗中心加速器治疗室	
14	数字化医用 X 射线摄影系统	III	1	VX3733-SYS	150kV、1000mA	1 号楼 2 层	

15	X射线计算机体层摄影设备	III	1	uCT530	140kV、420mA	万春东路56号放射科CT室	
16	X射线计算机体层摄影设备	III	1	uCT530	140kV、420mA	1号楼1层急诊科	
17	平板DR(数字化医用X线摄影系统)	III	1	DigiEye 680E	150kV、790mA	1号楼6层体检中心	
18	CT机	III	1	uCT550	140kV、420mA	1号楼6层CT室	
19	放射治疗模拟机	III	1	HMD-IB	125kV、500mA	6号楼放疗中心模拟定位室	
20	X射线计算机断层摄影设备	III	1	Brilliance CT 64 Slice	140kV、500mA	1号楼2层	
21	移动式摄影X射线机	III	1	M40-1A	125kV、400mA	新生儿科拍片室	
22	移动式C型臂X射线机	III	1	OEC 9900 Elite	120kV、150mA	胃镜室	
23	医用血管造影X射线机DSA	II	1	ARTIS Pheno	125kV、1000mA	介入室：1号楼8层	
24	医用血管造影X射线系统	II	1	UNIQ FD20	125kV、1063mA	介入室：1号楼8层	
25	X射线计算机体层摄影设备	III	1	uCT-710	140kV、677mA	放射科	
26	移动式C形臂X射线机	III	1	Ziehm Vision RFD SD	125kV、250mA	2号楼	
27	X射线计算机体层摄影设备	III	1	Revolution CT	140kV、740mA	1号楼2层	
28	X射线骨密度仪	III	1	MetriScan	60kV、0.333mA	1号楼6层骨密度检查室	
29	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	III	1	CS 9300C Select	90kV、15mA	1号楼5层CBCT室	
30	PET/CT	III	1	Biograph Vision	140kV、800mA	核医学科PET-CT机房	已上证，未安装

### (3) 验收情况

医院现有开展的辐射项目已进行环保“三同时”验收。

## 1.9 现有核技术利用管理情况

医院遵守《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安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境主管部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好，医院至今未发生辐射事故。

### (1) 辐射安全与环境保护管理机构

本项目为改扩建项目，建设单位在现有核技术利用项目运行前已成立了辐射安全与

防护管理委员会（详见附件 6：相关规章制度），明确了相关工作内容和职责，能够满足现有核技术利用项目运行过程中辐射防护管理和监督的需要。

### （2）辐射安全管理相关规章制度

医院在现有核技术利用项目运行中已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相应要求，制定了《辐射安全与防护管理办法》：<组织机构与职责>、<辐射工作人员管理>、<辐射工作场所管理>、<放射性同位素和射线装置管理>、<放射源及放射性废物处理>、<辐射事故处理>、<成都市第五人民医院辐射安全与防护管理委员会>，《辐射事故应急处理预案》等规章制度（见附件 6）。同时，各科室根据项目开展特点，制定了相应的操作规程、岗位职责、管理制度等，并落实执行。

上述制度基本满足目前核技术利用项目开展的需要，实践过程中若发现与工作实践不符或采取的防护技术有变化的情况出现，医院会立即组织相关人员进行修订，以保持制度的适用性和规范性，最大限度保护环境和人员免受辐射影响。

### （3）辐射工作人员培训情况

医院现有辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书，医院已安排所有培训证书过期的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训。本项目涉及 6 名辐射工作人员，均为医院现有辐射工作人员，相关人员辐射安全与防护培训合格证书见附件 7。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）的相关要求，仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。因此，医院应自行组织安排仅从事Ⅲ类射线装置并现未持有辐射安全与防护培训证的辐射工作人员进行医院内部的考核。

### （4）开展辐射监测工作的情况

①个人剂量监测：现有辐射工作人员均已进行个人剂量监测（见附件 8），根据建设单位提供的个人剂量检测报告，核医学科进行分装与注射的护士已按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中相关要求佩戴双剂量计。

②工作场所和环境辐射水平监测：医院每年委托有资质单位对辐射工作场所和周围环境进行 1 次辐射水平监测，监测报告存档。

### （5）辐射事故应急处理及演练执行情况

医院在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好，运行过程中未曾发生辐射事故，若发生辐射事故时应立即启动辐射事故应急预案。医院每年开展一次辐射事故应急演练但对演习内容进行记录和保存。

（6）年度评估报告情况

医院已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，每年对本单位射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向管理部门提交上一年度评估报告（见附件 9）。

## 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
	以下空白							

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 用量 (Bq)	日等效操作 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	来源
1	<sup>18</sup> F	液态，低毒，半衰 期109.7min	使用	6.66E+9	6.66E+6	2.0E+12	显像诊断	很简单操作	8号楼1楼西 侧核医学科	专业供应商送到 源库01暂存	外购
	以下空白										

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 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)	用途	工作场所	备注
	以下空白									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊和治疗、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
	以下空白								

(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 ( $\mu\text{A}$ )	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	
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水	液态	$^{18}\text{F}$	/	47.5m <sup>3</sup>	总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$	医院在核医学科北侧约 5m 处地下设置有一个 2 级并联式放射性污水衰变池（总有效容积为 4m <sup>3</sup> ）	衰变后的放射性废水低于 GB18871-2002 中规定的放射性废水排放导出限值和 GB18466-2005 规定的总 $\beta$ 限值后排入院内污水处理站进一步处理
放射性固废（污染的注射器、手套、棉签、纱布、滤纸、破碎杯皿、擦拭污染地面的物品）	固态	$^{18}\text{F}$	/	225kg	<10Bq/g	置于固废室的铅桶内暂存	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
非放气态废物	气态	臭氧、氮氧化物	极少量	极少量	/	/	经 8 号楼屋顶排气筒排放
以下空白							

注：1、常见废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/m<sup>3</sup>，气态为 mg/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg；

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

## 表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过; 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订), 2015 年 1 月 1 日施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日通过, 自 2003 年 9 月 1 日起施行; 2016 年 7 月 2 日第一次修正; 2018 年 12 月 29 日第二次修正);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第六号), 2003 年 10 月 1 日施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行; 2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订, 自 2017 年 10 月 1 日起施行);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, (2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经国务院令 653 号修改, 2019 年 3 月 2 日经国务院令 709 号修改);</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日, 国家环境保护总局令 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修改, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修改, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修改, 2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 20 号修改);</p> <p>(7) 《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 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行;</p> <p>(8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》(环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号), 自 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(9) 《关于发布〈放射源分类办法〉的公告》(国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号), 自 2005 年 12 月 23 日起施行;</p> <p>(10) 《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》(公告 2019 年第 57 号);</p> <p>(11) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告 2021 年第 9</p>
------------------	--

	<p>号);</p> <p>(12)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(生态环境部令 第16号),自2021年1月1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》,中华人民共和国环境保护部办公厅,环办辐射函[2016]430号,2016年3月7日发布;</p> <p>(14)《关于发布&lt;放射性废物分类&gt;的公告》(环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局 公告2017年第65号),自2018年1月1日施行;</p> <p>(15)《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》(国家环保总局,环发[2006]145号);</p> <p>(16)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令 第9号),2019年11月1日施行;</p> <p>(17)《关于贯彻落实2020年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》(川环办函[2019]507号);</p> <p>(18)《四川省辐射污染防治条例》,(四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第63号),2016年6月1日实施;</p> <p>(19)《四川省人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》(川府发〔2020〕9号),2020年6月28日;</p> <p>(20)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》(川环函〔2016〕1400号)。</p>
<p><b>技 术 标 准</b></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》(HJ10.1-2016);</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》(HJ61-2021);</p> <p>(4)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(5)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021);</p> <p>(6)《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020);</p> <p>(7)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(8)《放射性废物管理规定》(GB14500-2002);</p> <p>(9)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p>

	<p>(10)《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》(HJ421-2008);</p> <p>(11)《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005);</p> <p>(12)《水污染物排放限值》(DB44/26-2001);</p> <p>(13)《医院污水处理工程技术规范》(HJ2029-2013);</p> <p>(14)《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》(GB27742-2011);</p> <p>(15)《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 成都市第五人民医院(成都市老年病医院)(成都中医药大学附属第五人民医院)提供的其它相关资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，本辐射环境评价范围取本项目辐射工作场所实体边界外 50m 范围，评价范围详见附图 2：周边概况图

### 7.2 保护目标

根据附图 2 可知，本项目核医学科实体边界外 50m 评价范围内主要为医院内部建筑、停车场、院内道路，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。

因此本项目的保护目标为医院内部建筑，上述场所内包括从事本项目的辐射工作人员（职业人员）评价范围内其他医患人员和流动人口（公众人员）。具体情况见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标信息

环境保护目标	位置描述	方位	影响因子	估计人数	管理约束值
职业人员： 医务人员	源库01、活性室、工作人员通道、放射性废物暂存间、PET-CT 机房、控制室、留观/抢救室	内部	X射线、γ 射线、β 表面污染、放射性三废	6	职业：5mSv/a
公众人员： 非本项目工作人员、公众人员	候诊区通道、楼梯间、电梯间	东侧	X射线、γ 射线	10	公众：0.1mSv/a
	室外过道	南侧	X射线、γ 射线	10	公众：0.1mSv/a
	核素诊疗、核素病房区	西侧	X射线、γ 射线	10	公众：0.1mSv/a
	工作人员通道	北侧	X射线、γ 射线	10	公众：0.1mSv/a
	肿瘤科病房	楼上	X射线、γ 射线	10	公众：0.1mSv/a

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限制

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

表 7-2 剂量限制的相关内容

相关条款	具体内容
B1.1 职业照射	B1.1.1.1 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）20mS
B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群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

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）4.4.2 剂量约束值：

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

本项目改造工作人员作为非辐射工作人员,改造期间以不超过 0.1mSv/a 作为其年有效剂量约束值。

### 7.3.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求,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。

#### 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。

### 7.3.3 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 规定的非密封源工作场所的分级,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 C1 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量(Bq)与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 C2 和表 C3。

表 C2 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 C3 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态
------	-------

	表面污染水平较低的固体	液体, 溶液, 悬浮液	表面有污染的固体	气体, 蒸汽, 粉末, 压力很高的液体, 固体
源的贮存	1000	100	□0	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据《核医学放射防护标准》(GBZ 120-2020)对核医学工作场所具体分类,核医学工作场所属于非密封源工作场所,依据计划操作最大量放射性核素的加权活度,将工作场所分为 I、II、III 等三类(见表 G.1)。

表 G.1 核医学工作场所分类一览表

分类	日操作最大量放射性核素的加权活度 (MBq)
I	>50000
II	50—50000
III	<50

供计算操作最大量放射性核素的加权活度用的核医学常用放射性核素毒性权重因子和不同操作性质的修正因子分别见表 G.2 和表 G.3。

表 G.2 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性因子
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>32</sup> P、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>153</sup> Sm	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>111</sup> In、 <sup>123</sup> I、 <sup>201</sup> Tl、 <sup>111m</sup> In	1
C	<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C、 <sup>81m</sup> Kr、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.01

表 G.3 不同操作性质的修正因子

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

工作场所室内表面及装备结构的基本放射防护要求见下表。

表 1 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 <sup>a</sup>	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup>

\*注: <sup>a</sup> 下水道宜短, 大水流管道应有标记以便维修检测。  
<sup>b</sup> 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

### 7.3.4 表面污染控制水平

根据《核医学放射防护标准》(GBZ 120-2020), 核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 2。

表 2 核医学科工作场所放射性表面污控制水平 (单位: Bq/cm<sup>2</sup>)

表面类型		β 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 <sup>1)</sup>	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 <sup>-1</sup>
<sup>1)</sup> 该区内的高污染子区除外		

### 7.3.5 核医学工作场所改造过程中工作场所内部及设备的表面污染控制水平

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

B2.2 规定, 工作场所的某些设备与用品, 经去污使其污染水平降低到表 11(见 7.3.4 中表 2) 中所列设备类的控制水平的五分之一以下时, 经主管部门确认同意后, 可当作普通物品使用。即控制区内表面污染 $\leq 0.8\text{Bq/cm}^2$ 。

### 7.3.6 辐射剂量率控制水平

(1) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

b) CT 机、乳腺摄影、乳腺 CBCT、口内牙片摄影、牙科全景摄影、牙科全景头颅摄影、口腔 CBCT 和全身骨密度仪机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μSv/h;

(2) 根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)

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 2.5μSv/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 25μSv/h, 宜不大于 2.5μSv/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 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 25 μSv/h; 同时在该场所及周围的公众和辐射工作人员应满足个人剂量限值要求。

(3) 根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)

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

周围剂量当量率应不小于 10 $\mu$ Sv/h。

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

6.1.7 固体放射性废物收集桶、暴露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.7 工作场所辐射安全与防护要求

#### (1) 根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

##### 6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

##### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、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 每台固定使用的 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、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、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

设备类型	机房内最小有效使用面积 <sup>d</sup> m <sup>2</sup>	机房内最小单边长度 <sup>e</sup> m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5

<sup>d</sup> 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积。

<sup>e</sup> 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。

##### 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。

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。

#### 6.4 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。

6.4.3 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。

#### 6.5 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。

表 4 个人防护用品好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	—
注1：“—”表示不做要求。				

(2) 根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)

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。

5.2.9 应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。

5.2.10 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

6.1 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

6.1.1 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），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。当使用的<sup>99m</sup>Tc活度大于 800 MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5 mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作<sup>18</sup>F 等正电子放射性药物的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

6.1.2 辅助用品

根据工作内容及实际需要，合理选择使用移动铅屏风、注射器屏蔽套、带有屏蔽的容器、托盘、长柄镊子、分装柜或生物安全柜、屏蔽运输容器/放射性废物桶等辅助用品。防护通风柜的典型屏蔽厚度参见附录 I。

### 7.3.8 核医学科设置布局规定

按照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：

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：

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、员工休息室、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。

### 7.3.9 放射性废物处理

#### (1) 放射性废液

根据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)

8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

8.4 开展放射性药物治疗的医疗机构，应为住院治疗患者或受检者提供有防护标志的专用厕所，专用厕所应具备使患者或受检者排泄物迅速全部冲入放射性废液衰变池的条件，而且随时保持便池周围清洁。

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

8.6.2 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，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。

由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值：

$$ALI=I_{j,L}=DL/e_j$$

式中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值；

$e_j$ —放射性核素 j 的年摄入量限值所致的待积有效剂量的相应值。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)

#### 7.3.1 放射性废液收集

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的

其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于检测和维修。

### 7.3.2 放射性废液贮存

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

### 7.3.3 放射性废液排放

#### 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 30 天后可直接解控排放；

b) 所含核素半衰期大于 24 小时的放射性废液暂存时间超过 10 倍最长半衰期（含碘-131 核素的暂存超过 180 天），监测结果经审管部门认可后，按照 GB18871 中 8.6.2 规定方式进行排放。放射性废液总排放口总  $\alpha$  不大于 1Bq/L、总  $\beta$  不大于 10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB

18871 附录 A 表 A1 的要求。

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

## (2) 放射性固体废物

### 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

#### 4.2.4 豁免

4.2.4.1 如果源符合下列条件之一，并经审管部门确认和同意，则该源或利用该源的实践可以被本标准的要求所豁免：

- a) 符合本标准附录 A (标准的附录) 中所规定的豁免要求；
- b) 符合审管部门根据本标准附录 A (标准的附录) 规定的豁免准则所确定的豁免水平。

#### 4.2.5 解控

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

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

表 A.1 本项目涉及放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

核素	活度浓度/ (Bq/g)	活度/Bq
F-18	1E+01	1E+06

8.1 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。

8.5 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。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

8.6 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，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

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

8.9 储存场所应具有通风设施，出入口设电离辐射警告标志。

8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。

8.11 废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

### **(3) 放射性废气**

#### **《核医学放射防护要求》(GBZ 120-2020)**

核医学工作场所的通风按 7.3.3 中表 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柜应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

### **7.3.10 环境质量及污染物排放的执行标准**

#### **(1) 环境质量控制标准**

环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准；

地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中Ⅲ类标准；

声环境质量执行国家《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 2 类声功能区环境噪声限值。

#### **(2) 污染物排放标准**

废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 表 2 二级标准；

医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中的预处理排放标准；

噪声执行 ①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 标准；

②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 表 1 中 2 类区域标准。

固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001) 及原环保部公告[2013]第 36 号修改单。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

医院位于成都市温江区柳城镇麻市街 33 号，周围为居民区及商业区，医院北面为麻市街，西面为上栖美塾及和馨苑（居民楼），南面为地面停车场和百姓大院（居民楼），东面为凤溪大道。医院地理位置图见附图 1。医院核医学科诊疗区域位于 8 号楼 1 楼西侧，本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧，工作场所东侧为核医学科的候诊区、办公区，南侧及北侧均为室外院内道路，西侧为核素治疗及核素病房区域，楼上为肿瘤科病区，无地下室。项目周边概况见附图 2。

### 8.2 辐射环境现状

为了解本项目辐射工作场所周围辐射环境现状水平，浙江君安检测技术有限公司于 2021 年 7 月 15 日对工作场所周围 X/γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平进行了监测。

#### 8.2.1 环境现状评价对象

8 号楼 1 楼拟建放射工作场所区域及周围环境。

#### 8.2.2 监测项目

X/γ 辐射剂量率、β 表面污染

#### 8.2.3 监测点位

根据现场踏勘，项目所在地为医院 8 号楼 1 楼核医学科诊疗区域的东侧，根据本项目工作场所平面布置情况及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)的相关要求，本次选择在建设地和周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，环境现状监测点位图见图 8-1，监测点位布设合理。

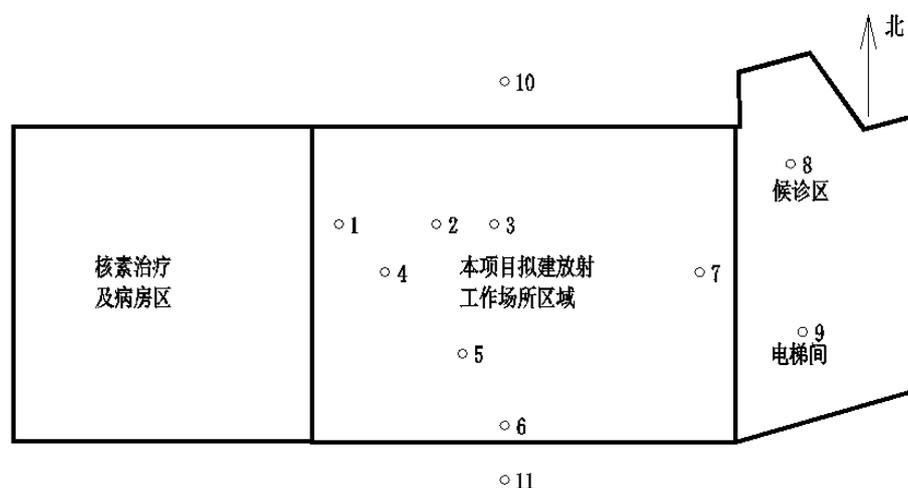


图 8-1 8 号楼 1 楼拟建放射工作场所区域及周围环境现状监测点位示意图

## 8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

### 8.3.1 监测方案

- (1) 监测单位：浙江君安检测技术有限公司
- (2) 监测日期：2021年7月15日
- (3) 监测方式：现场监测
- (4) 监测依据：《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《表面污染测定 第1部分： $\beta$ 发射体( $E_{\beta\max}>0.15$  MeV)和 $\alpha$ 发射体》(GB/T 14056.1-2008)
- (5) 监测频次：依据标准予以确定
- (6) 监测工况：辐射环境现状
- (7) 天气环境条件：温度：25℃；相对湿度：43%
- (8) 监测设备

表 8-1 辐射防护用 X、 $\gamma$  辐射剂量当量率仪

仪器名称	X、 $\gamma$ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
仪器编号	JAYQ-42
能量范围	36KeV~6MeV
量程	1nSv/h-1Sv/h
校准单位	中国测试技术研究院
校准证书	校准字第 202103000136 号
校准日期	2021年03月01日（有效期至：2022年02月28日）

表 8-2  $\alpha$ 、 $\beta$  表面污染仪

仪器名称	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染仪
仪器型号	COMO170
仪器编号	JAYQ-33
生产厂家	WED
$\beta$ 表面发射率响应	0.45
校准单位	中国测试技术研究院
校准证书	检定字第 202106006443 号
校准日期	2021年06月30日（有效期至：2022年06月29日）

### 8.3.2 质量保证

本次监测单位为浙江君安检测技术有限公司，该单位具有浙江省质量技术监督局颁发的资质认定证书（证书号：161118341686），并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上

岗；

- (3) 监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；
- (4) 监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；
- (5) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；
- (6) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- (7) 监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

### 8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的 X/γ 射线剂量率监测结果见表 8-3，β 表面污染监测结果见表 8-4。

表 8-3 8 号楼 1 楼拟建放射工作场所区域及周围环境 X/γ 射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位	监测结果 (nSv/h)	标准差
1	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 留观/抢救室区域	87.8	1.8
2	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 注射后候诊室区域	91.9	1.7
3	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 注射室区域	93.0	1.4
4	8 号楼 1 楼核医学科受检者走廊区域	91.6	1.6
5	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 机房区域	88.6	1.2
6	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 控制室区域	90.0	1.2
7	8 号楼 1 楼核医学科入口区域	88.3	1.5
8	8 号楼 1 楼核素诊疗区域东北侧候诊区	89.2	1.4
9	8 号楼 1 楼核素诊疗区域东南侧电梯间	91.1	1.4
10	8 号楼北侧室外区域	83.3	1.3
11	8 号楼南侧室外区域	84.3	1.3

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、所有监测结果均未扣除宇宙射线，每个监测点读取 10 个数据；

3、监测结果均经校准因子修正。

表 8-4 8 号楼 1 楼拟建放射工作场所区域及周围环境 β 表面污染监测结果

监测点号	监测点位	监测结果 (Bq/cm <sup>2</sup> )
	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 留观/抢救室区域	<0.36
2	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 注射后候诊室区域	<0.36
3	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 注射室区域	<0.36
4	8 号楼 1 楼核医学科受检者走廊区域	<0.36
5	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 机房区域	<0.36
6	8 号楼 1 楼拟建 PET-CT 控制室区域	<0.36
7	8 号楼 1 楼核医学科入口区域	<0.36
8	8 号楼 1 楼核素诊疗区域东北侧候诊区	<0.36
9	8 号楼 1 楼核素诊疗区域东南侧电梯间	<0.36
10	8 号楼北侧室外区域	<0.36
11	8 号楼南侧室外区域	<0.36

注：0.36 Bq/cm<sup>2</sup> 为 CoMo170 型 α、β 表面污染仪 JAYQ-33 的 β 放射性物质表面污染探测下限。

#### 8.4 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。

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中 5.5 结果计算：使用 $^{137}\text{Cs}$ 和 $^{60}\text{Co}$ 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy 和 1.16 Sv/Gy。本项目监测仪器使用的检定/校准参考辐射源为 $^{137}\text{Cs}$ ，因此换算系数取 1.20Sv/Gy，由表 8-2 监测结果可知，本项目拟建放射工作场所区域及周围环境 X/ $\gamma$  辐射空气吸收剂量率范围为 83.3nSv/h~93.0nSv/h（即为：100.0~111.6nGy/h），与《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率（67.5nGy/h~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

拟建放射工作场所区域及周围环境  $\beta$  表面污染水平监测结果均小于 0.36 Bq/cm<sup>2</sup>，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11 给出的工作场所放射性表面污染控制水平 40 Bq/cm<sup>2</sup> 要求。

辐射环境现状监测报告见附件 10。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### (1) 设备组成及工作原理

PET 是 Positron Emission Computed Tomography(正电子断层显像)的缩写,是目前最先进的放射性核素显像技术。PET 的基本结构由探头(晶体、光电倍增管、高压电源)、电子学线路、数据处理系统、扫描机架及同步检查床组成。PET 工作的目的是显示正电子核素标记的示踪剂在体内的分布。通过化学方法,将发射正电子的核素与生物学相关的特定分子连接而成的正电子放射性药物注入体内后,正电子放射性药物参加相应的生物活动,同时发出正电子射线,湮灭后形成能量相同(511keV)、方向相反的两个  $\gamma$  光子。在 PET 的探测器接收光子过程中应用电子准直或符合探测技术,即可得到正电子放射性药物的分布情况,并经计算机图像重建后进一步转化为肉眼可视的图像。在很多情况下,它可提供其他方法所不能提供的重要诊断信息。用于显像的同位素都属于短半衰期的核素,如  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$ 、 $^{18}\text{F}$ 、 $^{68}\text{Ga}$  等。

PET-CT 是将 PET 功能图像和高分辨率的 CT 解剖图像结合起来,把两者的定性和定位优势进行了有机结合,提高了诊断的准确性。

### (2) 工作流程及产污环节

#### ①诊断规划

PET-CT 诊断项目正式开展后,  $^{18}\text{F}$  核素显像检查每日最多 15 人,每年最多 4500 人,单人次最大使用量为 444MBq(12mCi)。

#### ②工作流程

根据现场调查情况,本项目工作流程可分为预约,放射性药物采购,药物分装,药物注射,受检者候诊, PET-CT 检查等若干个部分。

#### A、药物分装

核医学科每天用药均由专业的放射性药物生产厂家生产配送,在每天核医学工作开始前,药物从核医学科东北侧入口经医护通道送至源库 01 内暂存。工作人员经分装柜分装至注射器中,注射器上套有注射器防护套。工作人员每次最多分装 3 位受检者的使用药量。

#### B、注射和候诊

注射前候诊:受检者首先在护士站登记,并在问诊室问诊,然后在注射前候诊区候

诊。

注射：受检者通过受检者专用通道，到达 PET-CT 注射室，在注射窗口接受注射。注射护士通过工作人员通道进入注射室，对受检者注射静脉留置针后，再从分装柜中取出注射器注射放射性药物。护士每次最多注射 3 位受检者，每隔约 20min 注射下批受检者。

注射后候诊：受检者注射后经过受检者专用通道在 PET-CT 注射后候诊室静卧约 30~50min。

### C、PET-CT 检查和留观

摆位：注射药物的受检者在候诊 30~50min 后，由工作人员通过语音通话系统引导，从受检者专用通道进入 PET-CT 机房。工作人员通过语音通话系统进入机房指导受检者摆体位（与受检者近距离接触的时间约 60s）。

检查：摆位结束并关闭防护门后，工作人员在控制室内通过操作台控制完成自动诊断扫描检查程序（操作时间约 20min）。检查过程中，操作人员通过观察窗监控 PET-CT 机房内情况。

留观：检查完毕后，受检者进入留观室，留观约 10min，经主管医生确认图像质量满意后，受检者由南侧通道离开。

诊断：PET-CT 图像重建，出具报告。检查资料原始数据及图像储存。

PET-CT 诊断项目的工作流程与产污环节详见图 9-1。

### ③产污环节

工作人员注射完毕后的一次性注射器、棉签等放入专用放射性废物铅桶内。患者候诊时产生的尿液、粪便、呕吐物均冲入专用卫生间，纳入衰变池内衰变。

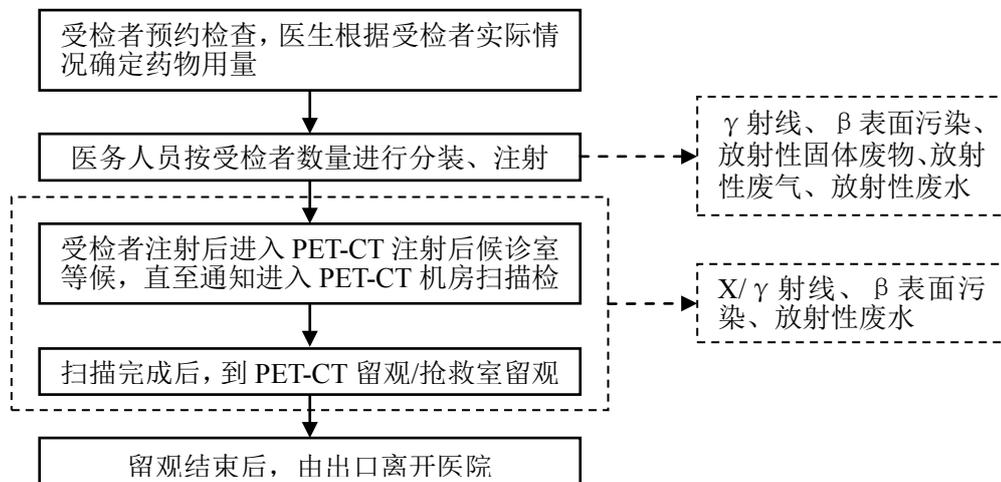


图 9-1 核医学科 PET-CT 诊断工作流程及产污环节分析示意图

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 施工期工艺、污染源分析

本项目主要是在已有建筑物内进行改造、装修施工。根据屏蔽设计情况，需要将相关原有房间的部分装饰吊顶和门拆除，原有的墙体重新开设门洞，安装防护门，在楼板安装防护板材，并进行装修工程。根据建设单位提供的资料，已有建筑结构和基础满足本项目后期建设施工要求。

在其施工期主要环境影响表现为施工噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑废渣等，以建筑施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主，会对周围声环境质量产生影响，但因本项目工程量小，施工期短，通过作业时间控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。施工所产生的少量生活废水经医院处理系统排入城市污水处理管网，在建设施工中采取湿法作业，尽量降低扬尘对周围环境的影响。建设施工所产生的少量施工废渣送当地指定的建筑垃圾处置场。本次环评要求在建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，同时要防止噪声扰民。在安装调试阶段，主要环境影响为包装固体废物影响。施工期工艺流程见图 9-2。

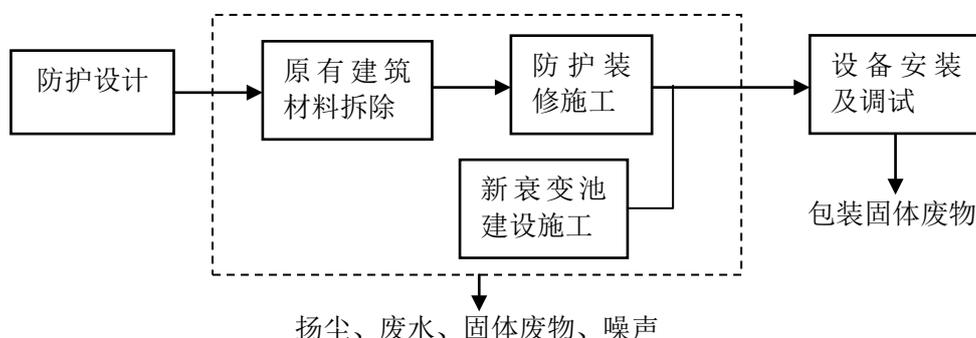


图 9-2 施工期工艺及产污位置图

### 9.2.2 运行期正常工况污染源分析

#### (1) 工作负荷

##### ① 本项目工作人员配备和工作负荷

根据医院提供的资料，本项目核医学科诊疗项目正式开展后，运行过程中各工序涉及辐射工作人员情况以及工作负荷见下表 9-1。

表 9-1 各工序涉及辐射工作人员情况以及工作负荷一览表

工作场所	工艺	操作内容	操作时间	人员数量
活性室	分装	分装 $^{18}\text{F}$	20 秒/次	2 人轮岗
	转运	转运 $^{18}\text{F}$	10 秒/次	

	注射	给患者注射药剂	20 秒/次	4 人轮岗
PET-CT 机房	摆位	指导患者躺正确的位置	1 分钟/次	
PET-CT 控制室	扫描	技师操纵设备进行扫描	20 分钟/次	

②本项目核医学科最大日操作量

本项目核医学科核素使用情况详见表 9-2。

表 9-2 本项目放射性核素使用量

核素	单人最大用量 (Bq)	日诊疗人数 (人)	日最大操作量 (Bq)	年诊疗人数 (人)	年最大操作量 (Bq)	用途
<sup>18</sup> F	4.44E+8	15	6.66E+9	4500	2.00E+12	PET-CT 诊断

(2) 污染源项分析

①X 射线和  $\gamma$  射线

PET-CT 扫描时产生的 X 射线；药物在分装、测活、注射、注射后候诊、扫描及留观等过程中产生的  $\gamma$  射线及  $\beta$  射线。

② $\beta$  放射性表面污染

医生在对放射性药物的操作中，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  $\beta$  放射性表面污染。

③废气

本项目涉及使用的非密封放射性物质为：<sup>18</sup>F，排放源强见表 9-3。

表 9-3 本项目放射性废气排放量汇总表

核素	日最大操作量 (Bq)	排放系数	日最大排放量 (Bq)
<sup>18</sup> F	6.66E+9	0.01%	6.66E+5

④废水

本项目产生少量生活污水和放射性废水。

生活污水：本项目工作人员会产生少量的生活污水，依托医院污水处理设施处置。

放射性废水：本项目核医学科放射性废水产生情况见表 9-4。

表 9-4 本项目放射性废水排放汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	用水量 (L/d·人)	排放量 (L/d·人)	日最大病人人数 (人)	日产生量 (L/d)
<sup>18</sup> F	109.7min	排泄、清洗	7.5	6	15	90

注：废水排放系数取 0.8。

⑤固体废物

本项目产生少量非放射性固废和放射性固废。

非放射性固废：本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，此外本项目工作人员产生少量生活垃圾。

放射性固废：放射性固废产生情况见表 9-5。

表 9-5 本项目放射性固废汇总表

核素名称	产生来源	产生量 (g/d·人)	日最大病人数 (人)	日产生量 (kg/d)
$^{18}\text{F}$	一次性注射器、口罩、手套、药瓶以及擦试废物	50	15	0.75
/	活性炭过滤器	20kg/a	/	/

⑥噪声

本项目主要噪声源是通排风系统风机产生的噪声，本项目非密封放射性物质工作场所为风机进行换气，风机工作时噪声源强最大为 65dB(A)。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 工作场所分区

医院根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和 HJ1188-2021《核医学辐射防护与安全要求》的相关要求，并结合该院实际情况以及该项目的特点，拟将本项目核医学工作场所划分为控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。本项目工作场所分区示意图见附图 5。

**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（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

本项目控制区主要包括 1 间 PET-CT 机房、1 间储源库（源库 01）、1 间 PET-CT 注射室、1 间活性室、1 间 PET-CT 注射后等待室、1 间 PET-CT 留观/抢救室、1 间放射性废物暂存间、受检者专用卫生间及其相应工作区域内患者通道，以防护门窗和屏蔽体为界。

**监督区：**未被确定为控制区，通常不需要采取专门防护手段或安全措施，但要需要经常对其职业照射状况进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；定期审查该区的条件，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。

本项目监督区主要包括 PET-CT 控制室、工作走廊、值班室、护士站、医生办公室、淋浴更衣室及控制区屏蔽体外周围人员可到达区域等。对该区不采取专门的防护手段和措施，但应定期对该区的辐射剂量进行监测和评价。

**管理要求：**控制区需要最优化的辐射屏蔽和冗余的安全联锁系统，入口设置明显的电离辐射警告标志，标志图形、颜色、字体等均按照 GB18871-2002 规定要求设置，预防潜在照射及事故照射的发生。加速器运行时，机房内禁止有人员滞留、禁止人员进入。监督区只有经授权的放射性工作人员才能进入监督区进行操作，公众不允许进入。

本项目核医学工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求，符合 GB18871-2002 和 HJ1188-2021 的规定。

### 10.2 工作场所分级

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，2016年3月7日施行），满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

- 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。

本项目放射工作用房主要位于核医学科诊疗区域的东侧，核医学科诊疗区域西侧为核素治疗及病房区域，本项目主要工作场所包括：1间PET-CT机房（预留房间）、1间储源库（利旧）、1间PET-CT注射室（预留房间）、1间活性室（利旧）、1间PET-CT注射后等待室（预留房间）、1间PET-CT留观/抢救室（预留房间）、1间放射性废物暂存间（利旧）、2间受检者专用卫生间（预留房间）等，因此本项目将医院核医学科整体工作场所作为一个场所进行日等效操作量核算。

根据GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和GBZ120-2020《核医学放射防护要求》规定，核医学工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施，非密封源工作场所按照日等效最大操作量进行分级，可分为甲、乙、丙三级。

**日等效最大操作量=(实际日最大操作量×毒性组别修正因子)/操作方式修正因子**

根据院方提供的资料，本项目核医学科非密封源放射工作场所分级计算结果见表10-1。

**表 10-1 本项目非密封源工作场所分级**

项目	核素	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
核医学科原有项目	<sup>99</sup> Mo	3.70E+10	0.1	100 (贮存)	3.70E+7	2.35E+9 乙级
	<sup>99m</sup> Tc	2.22E+10	0.01	10 (很简单操作)	2.22E+7	
	<sup>131</sup> I	2.28E+10	0.1	1 (简单操作)	2.28E+9	
	<sup>125</sup> I(粒子源)	3.55E+9	0.1	100 (贮存)	3.55E+6	
	<sup>89</sup> Sr	1.85E+8	0.1	1 (简单操作)	1.85E+6	
本项目	<sup>18</sup> F	6.66E+9	0.01	10 (很简单操作)	6.66E+6	

注：（1）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）的有关规定，1、放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”；2、医疗机构使用<sup>18</sup>F、<sup>99m</sup>Tc核素相关活动为“很简单操作”，使用<sup>131</sup>I核素相关活动视为“简单操作”。

（2）本表数据未考虑核素半衰期，结果偏保守。日等效最大操作量 $>4 \times 10^9$  Bq为甲级； $2 \times 10^7$  Bq~ $4 \times 10^9$  Bq为乙级；豁免活度值以上~ $2 \times 10^7$  Bq为丙级。

由表10-1可知本项目核医学工作场所日等效最大操作量为 $2.35 \times 10^9$  Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）划分，均属于乙级非密封源工作

场所。

### 10.3 工作场所分类

根据 GBZ120-2020《核医学放射防护要求》规定，应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I、II、III 三类。

核医学工作场所分类见表 10-2。

表 10-2 核医学工作场所分类一览表

分类	操作最大量放射性核素的加权活度□Bq
I	>50000
II	50~50000
III	<50

加权活度=(计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子

核医学常用放射性核素的毒性权重因子如表 10-3 所示。

表 10-3 核医学常用放射性核素的毒性权重因子

类别	放射性核素	核素的毒性权重因子
A	<sup>75</sup> Se、 <sup>89</sup> Sr、 <sup>125</sup> I、 <sup>131</sup> I、 <sup>32</sup> P、 <sup>90</sup> Y、 <sup>99</sup> Mo、 <sup>153</sup> Sm	100
B	<sup>11</sup> C、 <sup>13</sup> N、 <sup>15</sup> O、 <sup>18</sup> F、 <sup>51</sup> Cr、 <sup>67</sup> Ga、 <sup>99m</sup> Tc、 <sup>123</sup> I、 <sup>111</sup> In、 <sup>113m</sup> In、 <sup>201</sup> Tl	1
C	<sup>14</sup> C、 <sup>3</sup> H、 <sup>81m</sup> Kr、 <sup>127</sup> Xe、 <sup>133</sup> Xe	0.01

核医学常用放射性核素不同操作性质的修正因子如表 10-4 所示。

表 10-4 不同操作性质的修正因子

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

注：表 4.2 数据来源于 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Medicine Resources Manual, IAEA, Vienna (2006)。

根据院方提供的资料，本项目核医学科非密封源放射工作场所日最大加权活度计算结果与工作场所分类见表 10-5。

表 10-5 本项目核医学工作场所分类表

工□场所	核素	计划日操作最大活度 (Bq)	毒性权重因子	操作修正因子	核素加权活度 (Bq)	合计加权活度 (Bq)	场所分类
活性室	<sup>99</sup> Mo	3.70E+10	100	100	3.7□E+10	4.39E+11	I 类
	<sup>99m</sup> Tc	2.22E+10	1	1	2.22E+10		

	<sup>125</sup> I(粒子源)	3.55E+9	100	1	3.55E+11		
	<sup>89</sup> Sr	1.85E+8	100	1	1.85E+10		
	<sup>18</sup> F	6.66E+9	1	1	6.66E+9		
源库01	<sup>125</sup> I(粒子源)	□.55E+9	100	100	3.55E+9	4.14E+10	II类
	<sup>89</sup> Sr	1.85E+8	100	100	1.85E+8		
	<sup>131</sup> I(甲吸)	7.40E+5	100	100	7.40E+5		
	<sup>131</sup> I(甲亢)	5.55E+8	100	100	5.55E+8		
	<sup>99</sup> Mo	3.70E+10	100	100	3.70E+10		
	<sup>18</sup> F	6.66E+9	1	100	6.66E+7		
PET-CT注射室	<sup>18</sup> F	6.66E+9	1	1	6.66E+9	6.66E+9	II类
PET-CT注射后等候室、PET-CT机房、PET-CT留观\抢救室	<sup>18</sup> F	6.66E+9	1	10	6.66E+8	6.66E+8	II类
放射性废物暂存间	<sup>99m</sup> Tc	2.22E+10	1	10	2.22E+9	2.32E+11	I类
	<sup>89</sup> Sr	1.85E+8	100	10	1.85E+9		
	<sup>131</sup> I(甲癌)	2.22E+10	100	10	2.22E+11		
	<sup>131</sup> I(甲吸)	7.40E+5	100	10	7.40E+6		
	<sup>131</sup> I(甲亢)	5.55E+8	100	10	5.55E+9		
	<sup>18</sup> F	6.66E+9	1	10	6.66E+8		

建设单位拟根据表 10-5 可知,本项目核医学科工作场所含有 I 类、II类和III类工作场所,对照 GBZ120-2020《核医学放射防护要求》对核医学工作场所具体分类办法,核医学工作场所的防护设计要求见下表。

表 10-6 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 <sup>a</sup>	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup> 和去污设备	洗手盆 <sup>b</sup>

a 下水道宜短,大水流管道应有标记以便维修检测。

b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

本项目核医学科工作场所医院拟采取的辐射防护措施与标准要求对照情况见下表。

表 10-7 拟采取的防护措施符合性分析

标准要求		拟采取的措施	是否满足要求
工作场所室内表面及装备结构要求	地面：与墙壁接缝无缝隙	PET-CT 机房、源库 01、PET-CT 注射室、活性室、PET-CT 注射后等待室、PET-CT 留观/抢救室、放射性废物暂存间、淋浴更衣室、卫生通过区、受检者专用卫生间地面与墙壁的连接处均采用圆弧设计，保证连接处无缝隙。	满足
	表面：易清洗	工作台面和注射台表面拟采用不锈钢等易清洗材料。	满足
	通风柜：需要	医院拟设置 1 个通风柜（分装柜）。	满足
	室内通风：特殊的强制通风	本项目核医学科密封放射性物质工作场所设置有通排风系统，新风量 1900m <sup>3</sup> /h，排风量 2500m <sup>3</sup> /h，独立设置了 1 个排风管道，且活性室内设置有通风柜，该通风柜在半开的条件下风速不小于 1m/s，并保持通风柜内负压环境，保持由外向内的空气流通。排风管道最终引至 8 号楼楼顶排放，排风口高度约为 32m，高于 8 号楼楼顶（楼高 30m）。	满足
	管道：下水道宜短，大水流管道宜有标记，以便维修检测。	衰变池位于核医学科北侧约 5m 处的地下，下水管道与核医学距离较近，管道较短。大水流管道处按要求设有标记，以便维修检测。	满足
	盥洗与去污：洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制和去污设备	卫生间洗手盆拟设置感应式或脚踏式等手部非接触开关控制，卫生通过间拟配备一套去污工具。	满足
对于通风柜的要求	合成和操作放射性药物所用的通风柜，工作中应有足够的通风（不小于 0.5 米/秒），排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置	拟配备通风柜内风速满足不小于 0.5m/s，通风柜有连接排风管道，排风管道最终引至 8 号楼楼顶排放，排风口高度约为 32m，高于 8 号楼楼顶（楼高 30m）。排风管道设置有两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，总的过滤效率大于 99%。	满足
放射性污水池的要求	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。	设置了衰变池，专门用于存放放射性废水	满足

#### 10.4 人流和物流路径规划分析

为了加强辐射安全管理，医院拟在核医学工作场所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。核医学工作场所出入口均设置有门禁系统及监控设备，防止无关人员误入。

结合项目的工作流程及工作场所布局设计，医院拟规划出工作场所受检者及相关工作人员的流动路线，具体为①工作人员路线、②受检者路线、③放射性药物路线、④放射性废物路线，相关路线图详见附图 5。

##### ①工作人员路线

核医学办公场所位于核医学科的东侧，核医学护士从核医学科东北侧入口可进入卫生通过间，在卫生通过间内完成洗手、更衣等准备工作后进入活性室内。完成核素操作

后，原路返回。

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，分装操作于活性室分装柜内进行，产生的固体废弃物暂存于放射性废物暂存间内。

核医学技师从核医学科东侧中部入口，经宣教\病史采集室、医生办公室、淋浴更衣室可达 PET-CT 控制室，工作结束后原路返回。

### ②受检者路线

由相关科室确认需进行核医学检查或治疗的病人首先到核医学科护士站登记预约，按照预约的时间到核医学科东侧注射前候诊区候诊，按叫号顺序通过入口防护门进入核医学科放射性工作场所。PET-CT 核素显像受检者在 PET-CT 注射窗口接受给药后，前往 PET-CT 注射后候诊室内候诊，听到叫号后进入 PET-CT 机房内检查，检查结束后向西，前往 PET-CT 留观\抢救室内留观，确认无误后从核医学科南侧出口防护门离开。

该路径上受检者入口防护门和受检者出口防护门均设置为单向门禁，仅允许受检者单向通行。注射后候诊室内设有独立的卫生间，病人在候诊室内静卧候诊，在专用卫生间内如厕，不随意走动。PET-CT 留观\抢救室内拟设置应急抢救设备和物资。

核医学科病人通道和医护通道完全分离，且医生用卫生间和病人用卫生间分开独立设置。整个核医学科各功能房间布局紧凑，且有效衔接，控制用药受检者流动范围从而控制表面污染的范围，并减少了病人与医生的交叉影响。从布局来说，人员流向合理。

### ③放射性药物路线

核医学科每天用药均由专业的放射性药物生产厂家生产配送，在每天核医学工作开始前，药物从核医学科北侧药物专用通道送至源库 01 暂存，然后再由源库 01 转入活性室内。

为防止工作人员受到放射性药物和服药后患者的交叉污染，核医学科设有独立的病人路径、送药路径和医护人员工作路径。放射性药物不从核医学科内非辐射工作区流通，且放射性药物在控制区内流动范围较小，有效控制药物转移过程中因撒漏造成的表面污染范围，放射性药物均在接诊前进入核医学科，最大程度避开交叉影响。从布局来说，药物通道设置合理。

### ④放射性废物路线

本项目放射性废物存储间设置在核医学科南侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出核医学科区域，避免了对其他人员的二次照射，同时该区域除病人外人员流动少，降低了医生及公众受照射的可能性，放射性废物是在接诊后离开核医学科，最大限

度避开交叉影响，其设置合理。

**小结：**由上述核医学人员、药物、放射性废物运输路线可知，本次核医学科项目受检者路线基本能够保证沿工作程序的相关功能房间单向流动，且能够满足医务人员及患者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，人员路线规划合理。同时医院严格规定药物运输时间，确保放射性药物运输时运输路线无人员通过，避免工作人员受到不必要的外照射。通过该措施后，本次核医学科项目能满足人员路线与放射性药物运输路线不交叉，放射性药物通道设置合理。放射性废物存储间设置在核医学科南侧靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出核医学科区域，放射性废物在接诊后离开核医学科，最大限度避开交叉影响，其设置合理。综上所述，本项目核医学工作场所人流和物流路径规划符合 HJ1188-2021 的规定，从辐射安全的角度考虑，本项目核医学工作场所布局是合理的。

### 10.5 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 10-8。

表 10-8 本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计

工作用房名称	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度
PET-CT 机房	四周墙体	250mm 钢筋混凝土(利旧)
	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)+12mm 铅板(新增)
	防护门	8mm 铅板
	观察窗	8mmPb 铅玻璃
源库 01	四周墙体	300mm 钢筋混凝土(利旧)
	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)
	防护门	8mm 铅板
活性室、PET-CT 注射室	四周墙体	250mm 钢筋混凝土(利旧)
	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)+12mm 铅板(新增)
	防护门	8mm 铅板
	通风柜	60mmPb
	注射窗台	40mmPb 铅玻璃
PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观\抢救室	四周墙体	250mm 钢筋混凝土(利旧)
	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)+12mm 铅板(新增)
	防护门	8mm 铅板
放射性废物暂存库	四周墙体	300mm 钢筋混凝土(其中南墙为 200mm 轻体砖+300mm 钢筋混凝土)(利旧)
	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)
	防护门	8mm 铅板
受检者走廊	顶棚	120mm 钢筋混凝土(利旧)+12mm 铅板(新增)
	出入口防护门	8mm 铅板

### 10.6 辐射安全和防护、环保相关设施

#### 10.6.1 辐射安全措施

### (1) 警示设施

医院拟在本项目核医学工作场所控制区各房间防护门外及衰变池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 机房受检者防护门与工作人员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) 紧急制动装置

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

### (3) 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、工作场所进/出口情况；PET-CT 机房和控制室之间以及注射室和服碘室内拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置与受检者联系。

## 10.6.2 防护用品配置

根据国家标准要求，应为相关人员配备防护用品，以减少不必要的照射，该项目核医学工作场所拟配备防护设施及用品种类及数量见表 10-9。

表 10-9 本项目核医学科防护设施及用品配备计划

序号	防护用品名称	数量	防护厚度 (mmPb)	设置场所
1	储源铅箱(利旧)	1台	40	源库 01
2	通风柜(新增)	1台	60	活性室
3	注射窗(新增)	1个	40	PET-CT 注射室
4	注射器防护套(新增)	若干	10	活性室
5	废物衰变桶(新增)	6个	$\geq 3\text{mmPb}$	活性室、PET-CT 注射室、 PET-CT 注射后候诊室、 PET-CT 留观室、PET-CT 机 房、公共卫生间
6	废物衰变箱(利旧)	1个	$\geq 3\text{mmPb}$	放射性废物暂存间
7	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜(新增)	4套	0.5	活性室、PET-CT 机房
8	去污工具(利旧)	2套	/	核医学科内
9	铅防护屏风(新增)	2个	5	PET-CT 注射后候诊室、 PET-CT 留观\抢救室
10	活度计(利旧)	1台	/	活性室
11	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染检测仪(利旧)	2台	/	核医学科内
12	个人剂量报警仪(利旧)	4台	/	人员随身携带
13	个人剂量计	1个/人	/	人员随身携带
14	高灵敏度环境检测仪(利旧)	1台	/	核医学科内

本项目通风柜拟设置于活性室内（背靠北墙中部），拟设置单联式通风柜，通风柜分上下两部分，其中上部为核素操作空间，正面设置一扇铅玻璃观察窗和两个操作手孔（含手孔盖板），除铅玻璃观察窗外，其余部位均采用铅板进行屏蔽防护，防护厚度均为 60mmPb。核素操作空间内部及通风柜外表面均采用不锈钢面板，面板光滑、平整、易于清洗去污。核素操作台上设置有活度计井型电离室固定位，用于核素测活。核素操作空间上侧设置有通风口，并拟设置专用的排风装置，通风柜在半开的条件下风速不小于 1m/s，排风管道设置有两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，总的过滤效率大于 99%。通风柜下部为放射性废物存储空间，放置铅废物衰变筒。根据本报告“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，通风柜表面的周围剂量当量率符合 HJ1188-2021 的规定，因此本项目通风柜的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。

### **10.6.3 放射性药物的存放控制措施**

核医学科药物提前一天向供药单位订购，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物送至核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误，完成相关交接手续后暂存在源库 01。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）。放射性药物要设有专门可靠的防火防盗等安全设施的贮存场所，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

### **10.6.4 核医学工作场所放射性表面污染防治**

为了防止该项目放射性物质进入体内造成内照射，必须重视对放射性物质表面污染的防护，医院拟采取以下防护措施。

#### **(1) 工作场所分区管理**

该项目按照开展临床核医学项目使用放射性核素的种类及用量，对工作场所进行了划分，工作人员从非放射性工作区进出放射性工作区需经卫生通过间，并在卫生通过间内配备表面污染监测仪等检测设备。

#### **(2) 工作场所表面污染防治**

涉及放射性药物操作的工作场所拟按表 10-6 相关要求采用易清洗且不易渗透材料（如 PVC 板等），拐角使用弧线处理。

地面要求平整光滑，易于清洗，拟采用 PVC 材料。

墙面要求平整光滑，1 米以下部位拟采用 PVC 材料。

工作台面要求平整、光滑、易于清洗。拟用不锈钢面板。墙面与地面、墙面连接转角处，以及工作台边沿宜采取弧形，以尽可能减少表面污染。

除注射、给药外其余涉及放射性药物的所有操作均在通风柜内进行，通风柜操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都将在铺衬有吸水纸的瓷盘内进行。

### (3) 工作人员的防护措施

工作人员进入放射工作场所经卫生通过间更换服装，并穿戴工作衣、裤、帽、鞋、防护口罩、胶质手套及相应个人防护用品。工作人员离开放射工作场所，需返经卫生通过间，清洗、更衣、并对手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可离开。

### (4) 对受检者的防护

受检者根据预约按时来院，在给药处接受注射药物，到指定地点候诊、检查，不应随意走动，并在患者专用卫生间如厕。检查完毕由专门出口离开，尽量减少对其他人员的影响。

该项目核医学放射工作场所拟采取的放射性表面污染控制与防护措施符合国家标准要求，可有效降低对该项目相关人员的影响。

## 10.6.5 辐射安全防护措施的可行性

将本项目在设计阶段拟采取的上述防护措施汇总列入表 10-10。

表 10-10 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

射线装置工作场所（PET-CT机房）			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
射线装置工作场所设施	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	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
核素操作场所设施	入口处工作状态显示	拟设置	符合
	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
	患者进出口单向门禁	已设计	符合
其它	门外电离辐射警示标志	已设置	符合
	储源场所防火、防水、防盗、防丢失、防破坏措施	已设置	符合
	通风柜	已设置	符合
监测设备	便携式辐射剂量仪器仪表（污染、辐射水平等）	已配置	符合
	个人剂量计	已配置	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、防射线泄漏措施	已设置	符合
	放射性固体废物收集容器、标识、标签	已配备	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	已配备	符合

从表 10-10 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《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）、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》、《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。根据本报告“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，所致工作人员的职业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，说明本项目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，按设计方案建设的辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽辐射源产生的射线，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。

## 10.7 三废分析

### 10.7.1 放射性废液

医院在核医学科西侧约 5m 处的地下设置有一个三级并联式放射性污水衰变池（原有衰变池），核医学科原有核素诊疗项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入该衰变池。

根据医院设计，本项目拟在核医学科北侧约 5m 处的地下新建一个 2 级并联式放射性污水衰变池，本项目拟新增 PET-CT 核素显像检查项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入新增的衰变池，衰变池、专用排水管道均拟设置于地下，且进行屏蔽防护。

本项目衰变池拟设置为 2 级并联式，由 1 个化粪池沉淀池、1 个溢水池和 2 个衰变池组成，衰变池单个容积为 2 m<sup>3</sup>，总容积为 4 m<sup>3</sup>。

两格衰变池交替使用，放射性废水首先进入到化粪池进行沉淀，沉淀后首先进入一

号衰变池，此时，另二号衰变池的进水口和两格衰变池的出水口全部处于关闭状态。当一号衰变池废液注满后，系统自动关闭一号衰变池进水阀，二号衰变池的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入二号衰变池。当二号衰变池废液注满后，关闭二号衰变池进水阀，一号衰变池排水阀开启，排水泵工作，当一号衰变池排空后，废液重新进入一号衰变池，待一号衰变池再次注满废液后，二号衰变池排水阀开，排水泵工作，如此往复循环。当两格衰变池内废水衰变 10 个半衰期后通过预留取样口进行取样监测，监测达标后通过排水泵将废水排入医院污水管网最后通过医院污水处理站处理后达标排放市政污水管网。

衰变池对放射性废水的处理分析详见 11.2.3 “三废”影响分析。

## 10.7.2 放射性固体废物

### 1、放射性固废处理措施

本项目核医学工作场所设置有 1 间放射性废物暂存间，用于暂存项目开展过程中产生的放射性废物。

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要有污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、滤纸、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品以及其他可能受放射性污染的物品等。拟在活性室、PET-CT 注射室、PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观室、PET-CT 机房和公共卫生间分别设置专用脚踏式废物桶（ $\geq 3\text{mmPb}$ ），容器内放置塑料袋；对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内。每袋废物的表面剂量率应不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，重量不超过  $20\text{kg}$ ，到达一定量时转入放射性废物暂存间进行暂存衰变。建设单位将定期更换下的活性炭过滤器作为放射性固废进行收集处理。根据《医用放射性固废的卫生防护管理》（GBZ133-2009）针对放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

#### （1）放射性固体废物收集

①放射性固废收集桶应避开工作人员和经常走动的区域；②放射性固废收集桶内应放置于专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，并及时转运至放射性固废间进行衰变处置；③对破碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入硬纸盒或其它包装材料中，然后在装入专用塑料袋内；④每袋废物的表面剂量不超过  $0.1\text{mSv/h}$ ，重量不超过  $20\text{kg}$ 。

#### （2）放射性固废临时贮存和最终处理

①建立放射性废物收集、暂存、转运、回收台账，确保放射性固废不乱丢、不乱弃；

②不同核素种类放射性固废进行分类收集，衰变 10 个半衰期后经测达标后，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由有资质单位统一回收处理；③放射性固废收集桶封存时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；④废物包装体表面污染控制水平  $\beta < 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

## 2、一般医疗废物处理措施

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

### 10.7.3 放射性废气处理措施

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）第 5.2.3 款：核医学工作场所的通风按表 1（见表 10-6）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柜应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

针对放射性废气，医院拟或已采取的处理措施如下：

本项目核医学科密封放射性物质工作场所设置有通排风系统，新风量 1900m<sup>3</sup>/h，排风量 2500m<sup>3</sup>/h，独立设置了 1 个排风管道，且活性室内设置有通风柜，该通风柜在半开的条件下风速不小于 1m/s，并保持通风柜内负压环境，保持由外向内的空气流通。排风管道最终引至 8 号楼楼顶排放，排风口高度约为 32m，高于 8 号楼楼顶（楼高 30m）。核医学科排风管道布置图见附图 6 和附图 7。

排风管道设置有两级过滤装置，其中一级安装高效过滤器，二级安装活性炭过滤器，总的过滤效率大于 99%，排口不朝向周围高层建筑及周围环境保护目标，排气口需设置取样、采样平台，便于日常的环境监测。同时为防止公众进入楼顶避免不必要的误照射，要求建设单位将 8 号楼楼顶划为管控区域，并进行封闭管理。

#### （1）高效空气过滤器（HEPA）

高效空气过滤器，是指达到 HEPA 标准的过滤网，由非常细小的有机纤维交织而成，对于 0.1 μm 和 0.3 μm 的有效过滤率达到 99.7%，前置高效空气过滤器的作用主要是用于去除空气中的灰尘、气溶胶以及细菌等。

#### （2）活性炭过滤器

本工程拟采用的除碘过滤器为活性炭过滤器，活性炭过滤器主要是用于去除放射性气溶胶颗粒，一次装量约 5kg，过滤器内部呈 Z 字型的排布，保证密封性。

本项目所使用的活性炭过滤器为浸渍活性炭过滤器，该过滤器经过特殊的浸渍剂浸渍处理，可加大对空气中挥发的  $^{131}\text{I}$  进行吸附，吸附效率可至少达到 99%。

为保证过滤效率的有效性，医院拟根据设备特性定期进行过滤器维护，每半年对过滤器的过滤效率进行校核，如果有必要每半年进行一次更换，以防止过滤器失效，造成放射性污染事故，且更换下的过滤器需作为放射性固废进行管理和处理。

#### 10.7.4 非放射性污染防治措施

##### (1) 生活污水和办公垃圾处理措施

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

本项目使用的射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧( $\text{O}_3$ )和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )，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满足相关标准要求。

##### (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，工作场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，无需采用专门的降噪措施，对周围环境影响可以忽略不计。

#### 10.8 环保措施及其投资估算

项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-11。本项目总投资 3500 万元，环保投资 110 万元， 占总投资的 3.14%。

表 10-11 辐射防护设施（措施） 及投资估算一览表

项目	环保设施（措施）		新增环保投资金额（万元）	备注
	已有措施	新增措施		
辐射屏蔽措施	核医学科屏蔽房间及防护门、铅玻璃观察窗等	/	/	纳入主体工程范围
	/	PET-CT 机房、活性室、PET-CT 注射室、PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观抢救	50	/

		室和受检者走廊的顶棚增加 12mm 铅板		
	/	活性室带屏蔽效果 (40mmPb) 的注射窗操作台 1 个	2	/
	/	活性室带屏蔽效果 (60mmPb) 的通风柜 1 个	25	/
	/	活性室带屏蔽效果 (10mmPb) 的注射器防护套若干	1	/
个人防护用品	/	PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观抢救室设置 5mmPb 的铅屏风 2 个	2	/
	/	0.5mmPb 的铅防护服、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子和铅防护眼镜 4 套	0.5	/
		个人剂量报警仪 4 台	/	/
		个人剂量计 1 个/人	/	/
放射性废水	/	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1.7	/
	/	2 格并联衰变池 (总有效容积 4m <sup>3</sup> ) +1 格化粪池+1 格溢水池	18	/
放射性固废	/	活性室、PET-CT 注射室、PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观室、PET-CT 机房、公共卫生间设置带屏蔽效果 (≥3mmPb) 的废物衰变桶 6 个	3	/
		放射性废物暂存间设置带屏蔽效果 (≥3mmPb) 的废物衰变箱 1 个	/	/
安全装置		源库 01 的保险柜 (双人双锁) 1 个	/	/
		源库 01、活性室、放射性废物暂存间、核医学科病人入口、出口、等配备监控系统 1 套	/	/
		源库 01、放射性废物暂存间、活性室等配备固定式辐射监测仪报警系统 1 套	/	/
		电离辐射警告若干	/	/
		核医学科控制区门禁系统 1 套	/	/
	/	对讲装置、门灯连锁 (PET-CT 机房防护门)、闭门装置、防夹装置 (各一套)	0.8	/
	/	急停开关 2 个 (PET-CT 机身和操作台自带 1 个急停开关)	/	仪器厂家配送
	/	灭火装置	0.5	/
		去污用品	/	/
通风系统		独立通排风系统	/	/
		两级过滤装置	/	/
分区		场所控制区、监督区划	/	/

管理	分标识			
监测设备	$\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染检测仪 2 台	/	/	/
	X- $\gamma$ 辐射仪 1 台	/	/	/
监测费用	/	核医学科工作场所监测费用	/	每年固定支出
综合管理	现有辐射工作人员已参加辐射安全培训并取得证书	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/	/
	/	规章制度上墙	0.5	/
	/	应急和救助的物资准备	5	/

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目核医学科工作场所建设时将产生施工噪声、粉尘、废水和少量建筑垃圾污染，其主要影响对象为单位员工和周围公众，施工时对环境会产生如下影响：

大气：本项目在建设施工期将产生粉尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度。采取上述措施后扬尘会得到有效控制，对周围环境影响很小。

噪声：在建筑施工阶段，将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业，使噪声对周围人群影响降到最小程度。

固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。对周围环境影响很小。

废水：项目施工期间，有少量建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理回用，对周围水环境影响很小。

建设单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在医院内局部区域，对周围环境影响较小。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 工作场所辐射水平分析

辐射工作人员在放射性药物操作区进行相关放射性药物的分装和给病人注射放射性核素，这个过程主要是放射性核素产生的 $\gamma$ 射线引起的辐射照射。当病人注射了放射性药物之后，病人又成为一个活动的辐射体，其所在的工作场所则要考虑来自病人身体的射线辐射。

参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020），所有核素工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。将放射源看成点源来进行计算，计算公式如下：

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \cdot \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2}\right) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中：

$x$ ——屏蔽厚度,单位为毫米 (mm)；

$TVL$ —— $\gamma$ 射线的十分之一值层厚度，单位为毫米 (mm)，见表 11-1；

$A$ ——单个患者或受检者所用放射源的最大活度，单位为兆贝可 (MBq)；

$\Gamma$ ——距源 1m 处的周围剂量当量率常数，单位为  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ，见表 11-2；

$H_p$ ——屏蔽体外关注点剂量率控制值，单位为微希沃特每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )；

$r$ ——参考点与放射源间的距离，单位为米 (m)。

即：经  $x$  屏蔽厚度后，参考点处的  $\gamma$  辐射剂量率  $H$  的计算公式如下：

$$H = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \times 10^{(-x/TVL)} \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中： $H$ ——屏蔽体外关注点剂量率计算值，单位为微希沃特每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

表 11-1 本项目放射性核素屏蔽材料十分之一层厚度 (TVL)

核素	铅 ( $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ), mm	砖 ( $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ), mm	混凝土 ( $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ), mm
$^{18}\text{F}$	16.6	263	176

表 11-2 本项目放射性核素周围剂量当量率常数 (裸源)

核素	周围剂量当量率常数 (裸源) $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$	患者或受检者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$
$^{18}\text{F}$	0.143	0.092

该项目工作场所仅涉及用于 PET-CT 显像检查的  $^{18}\text{F}$ ，其衰变时发射  $\gamma$  射线能量为 0.511MeV，同时 PET-CT 机房防护除了要考虑  $^{18}\text{F}$  发射的  $\gamma$  射线外，还应满足 CT 的防护要求。

CT 机产生的 X 射线能量 (管电压 150kV) 远低于放射性核素  $^{18}\text{F}$  产生的  $\gamma$  射线的能量 (0.511MeV)，因此 PET-CT 机房的厚度只要满足了屏蔽  $\gamma$  射线的需要，即可满足对 CT 产生 X 射线的屏蔽需要。

表 11-3 辐射工作场所辐射剂量率预测结果

工作场所 (计算参考辐射源)	屏蔽体	R (m)	设计屏蔽材料及厚度	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
PET-CT 机房 (444MBq $^{18}\text{F}$ )	四周墙体	3.5	250mm 钢筋混凝土	0.13
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土+12mm 铅板	0.13
	防护门	3.5	8mm 铅板	1.10
	观察窗	3.5	8mmPb 铅玻璃	1.10
	技师身位	0.5	0.5mmPb 铅衣	152.44
源库 01 (37MBq $^{18}\text{F}$ )	四周墙体	1.0	300mm 钢筋混凝土	0.10
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土	0.09
	防护门	1.0	8mm 铅板	1.74

活性室 (444MBq <sup>18</sup> F)	四周墙体	1.5	250mm 钢筋混凝土	10mmPb 注射 器防护套	0.27
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土 +12mm 铅板		0.05
	防护门	1.5	8mm 铅板		2.32
	药物转运工作人 员身位	0.5	0.5mmPb 铅衣		59.19
	注射窗台	0.5	40mmPb 铅玻璃		0.99
	通风柜表面 5cm	0.5	60mmPb 通风柜		0.06
PET-CT 注射室 (444MBq <sup>18</sup> F)	四周墙体	0.8	250mm 钢筋混凝土	2.42	
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土+12mm 铅板	0.13	
	防护门	2.4	8mm 铅板	2.34	
PET-CT 注射后候诊室、 PET-CT 留观\抢救室 (888MBq <sup>18</sup> F)	四周墙体	2.0	250mm 钢筋混凝土	0.78	
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土+12mm 铅板	0.26	
	防护门	2.5	8mm 铅板	5mmPb 铅屏风	2.15
抢救室 (444MBq <sup>18</sup> F)	抢救医生身位	0.5	0.5mmPb 铅衣	152.44	
放射性废物暂存库 (37MBq <sup>18</sup> F)	四周墙体	1.0	300mm 钢筋混凝土 (其中南墙为 200mm 轻体砖+300mm 钢筋混凝土)	0.10	
	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土	0.09	
	防护门	1.0	8mm 铅板	1.74	
受检者走廊 (444MBq <sup>18</sup> F)	顶棚	3.5	120mm 钢筋混凝土+12mm 铅板	0.13	
	出入口防护门	5.0	8mm 铅板	0.54	

注：①表格中混凝土为标准混凝土（密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>），砖为实心砖（密度为 1.65 g/cm<sup>3</sup>），防护涂料（密度不小于 2.79g/cm<sup>3</sup>），按物质密度与射线吸收呈正比的关系，可粗略换算出硫酸钡防护涂料对不同核素产生  $\gamma$  射线的值层厚度。

②PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观\抢救室将 2 个人药物最大用量保守视为点源进行计算；

③源库 01 和放射性废物暂存间的药物已存放在铅制防护箱或药盒中，因此按照外部残余药量 37MBq 来计算。

依据表 11-3 可知，本项目核医学工作场所剂量率预测值能够满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关要求，故本项目工作场所采取的屏蔽措施能够满足屏蔽防护的需求。

### 11.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

#### (1) 辐射工作人员受照剂量估算

##### (a) 工作负荷及计算参数

根据药物的使用方法和医务人员行走路径，医务人员一般不会长时间接触 PET-CT 诊断显影病人，但在扫描时医务人员会近距离接触服药患者并协助摆位，本项目工作负荷及计算参数：PET-CT 诊断显影药物均在 60mmPb 通风柜中进行分装，分装时辐射剂量率取通风柜外表面 5cm 处的值，药物分装时间约为 20s/次，转移时间约为 10s/人次，药物注射时间约为 20s/人次，患者摆位时间约为 1min/人次，扫描时间约为 20min/人次。受检者在摆位技师的辅助下（直线距离约 0.5m）进行扫描检查，摆位人员接触受检者的整个过程中均穿戴 0.5mmPb 个人防护用具。

##### (b) 个人有效剂量估算公式如下：

$$H_r = H \times t \times T \times 10^{-3} \quad \text{公式 (11-3)}$$

式中：

$H_r$ —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

$H$ —辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ —年工作时间，h；

$T$ —居留因子，辐射工作人员保守按照 1 考虑。

表 11-4 辐射工作人员个人年有效剂量估算

项目	操作	工作负荷		辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv/a)	
		秒/次	次/年			
PET-CT 诊断项目	分装	20	4500	0.06	0.002	0.3844/人 (2人轮岗)
	转运	10	4500	59.19	0.740	
	注射	20	4500	0.99	0.025	
	摆位	60	4500	152.44	11.433	3.461/人 (4人/台轮岗)
	扫描	20min	4500	1.10	1.650	
	抢救	次抢救按0.5小时，一年最多抢救10次		152.44	0.762	

由表 11-4 计算结果可知，本项目核医学工作场所辐射工作人员所受年有效剂量最高为 3.461mSv/a(负责 PET-CT 摆位、扫描及抢救的辐射工作人员)。本项目拟设 PET-CT 摆位、扫描及抢救的辐射工作人员仅参与本项目，不参与核医学科原有项目。本项目拟设分装、转运和注射的辐射工作人员同时负责核医学科原有  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素显像、 $^{131}\text{I}$  甲亢治疗和  $^{131}\text{I}$  甲功能测定项目的核素操作工作，依据《成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）核医学科搬迁项目环境影响报告表》的相关内容，核医学科原有  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  核素显像、 $^{131}\text{I}$  甲亢治疗和  $^{131}\text{I}$  甲功能测定项目的核素操作辐射工作人员所受年有效剂量最高为 0.315 mSv/a（保守考虑一名辐射工作人员操作），本项目投入使用后，该岗位辐射工作人员所受年有效剂量最高为  $0.315+0.3844=0.6994$  mSv/a。

综上，本项目核医学工作场所辐射工作人员的年有效剂量均低于职业照射年有效剂量约束值 5mSv/a。

### (3) 公众个人剂量估算

本项目核医学工作场所东侧和南侧取受检者出入口防护门外 30cm 处剂量率进行公众个人剂量估算，东侧候诊区通道居留因子取 1/4，南侧室外过道居留因子取 1/40；西侧取放射性废物暂存间墙体外 30cm 处（核素病房 001）剂量率进行公众个人剂量估算，居留因子取 1/4；北侧取 PET-CT 留观/抢救室墙体外 30cm 处（工作人员通道）剂量率进行公众

个人剂量估算，居留因子取 1/4；楼上取 PET-CT 留观/抢救室或 PET-CT 注射后候诊室顶棚（肿瘤科病房）剂量率进行公众个人剂量估算，居留因子取 1。

居留因子参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）选取，具体数值见表 11-5。

表 11-5 不同场所的居留因子

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

根据公式 (11-3) 可估算出工作场所周围公众年有效剂量，估算结果详见表 11-6。

表 11-6 公众个人年有效剂量估算

估算对象	剂量率 (μSv/h)	居留因子	受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
东侧：受检者入口防护门外（候诊区通道公众）	0.54	1/4	300	0.041
南侧：受检者出口防护门外（室外过道公众）	0.54	1/40		0.004
西侧：放射性废物暂存间墙体外（核素病房 001）	0.10	1		0.030
北侧：PET-CT 留观/抢救室北侧墙体外（工作人员通道公众）	0.78	1/4		0.059
上侧：PET-CT 留观/抢救室或 PET-CT 注射后候诊室顶棚（肿瘤科病房公众）	0.26	1		0.078

综上，本项目核医学工作场所周围公众的年有效剂量均低于公众照射年有效剂量约束值 0.1mSv/a。

由以上估算结果及分析可知，本项目工作人员和公众成员所受到的额外辐射照射，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求以及本项目剂量约束值的要求。

### 11.2.3“三废”影响分析

#### (1) 放射性废液

该项目的放射性废液的主要来源：①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产生的放射性废液；②清洗受到污染的注射器容器、铅防护套等辅助防护用品产生的放射性废液；③受检者/患者冲洗排便用水、呕吐物。

上述放射性废物中，除废弃的原液和高污染废液需专门收集存放外，其他废液的处理主要是通过建造衰变池来进行存储，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。

医院在核医学科西侧约 5m 处的地下设置有一个三级并联式放射性污水衰变池（原有衰变池），核医学科原有核素诊疗项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入该衰变池，衰变池、专用排水管道均位于地下，且已进行屏蔽防护。

根据医院设计，本项目拟在核医学科北侧约 5m 处的地下新建一个 2 级并联式放射性污水衰变池，本项目拟新增 PET-CT 核素显像检查项目所产生的放射性废液均通过专用管道排入新增的衰变池，衰变池、专用排水管道均拟设置于地下，且进行屏蔽防护。

本项目衰变池拟设置为 2 级并联式，由 1 个化粪池沉淀池、1 个溢水池和 2 个衰变池组成，衰变池单个容积为  $2\text{ m}^3$ ，总容积为  $4\text{ m}^3$ 。本项目衰变池及化粪池均采用地埋式钢筋混凝土结构，进行防腐防水处理，顶板和四周池壁厚 200mm，底板厚 250mm，池与池之间隔板厚 200mm，砼强度等级均为 C30，抗渗等级均为 P8。每个池子配套 2 个潜污水泵和 1 个液位计。衰变池池壁上方设置溢流孔，如果出现液位计失效，电动阀无法及时切换的非正常工况，废水可外溢至其它衰变池。进入化粪池的污水管采用耐酸防腐材料，且管外径用铅皮包住。化粪池及衰变池池壁内表面及池底均抹防水沙浆及耐酸碱腐蚀涂料。检修口井盖为 200mm 厚钢筋混凝土，设有止水条，井盖密封，防止雨水灌入池体。并从衰变池中间向各侧找坡，中间高于各侧，防止雨水长期停留在衰变池顶部。

运行方式：两格衰变池交替使用，放射性废水首先进入到化粪池进行沉淀，沉淀后首先进入一号衰变池，此时，另二号衰变池的进水口和两格衰变池的出水口全部处于关闭状态。当一号衰变池废液注满后，系统自动关闭一号衰变池进水阀，二号衰变池的进水阀门开启，水泵运转放射性废液进入二号衰变池。当二号衰变池废液注满后，关闭二号衰变池进水阀，一号衰变池排水阀开启，排水泵工作，当一号衰变池排空后，废液重新进入一号衰变池，待一号衰变池再次注满废液后，二号衰变池排水阀开，排水泵工作，如此往复循环。当两格衰变池内废水衰变 10 个半衰期后通过预留取样口进行取样监测，监测达标后通过排水泵将废水排入医院污水管网最后通过医院污水处理站处理后达标排放市政污水管网。

该项目衰变池设计布置如图 11-1、图 11-2 和图 11-3 所示。

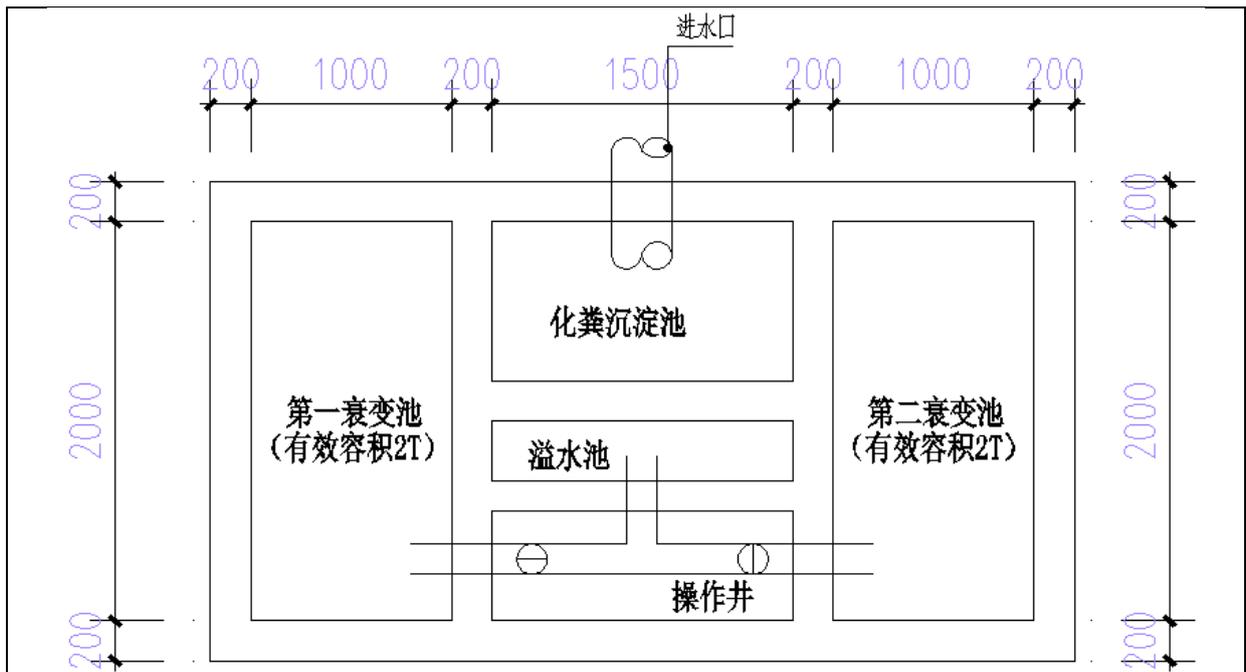


图 11-1 衰变池平面图

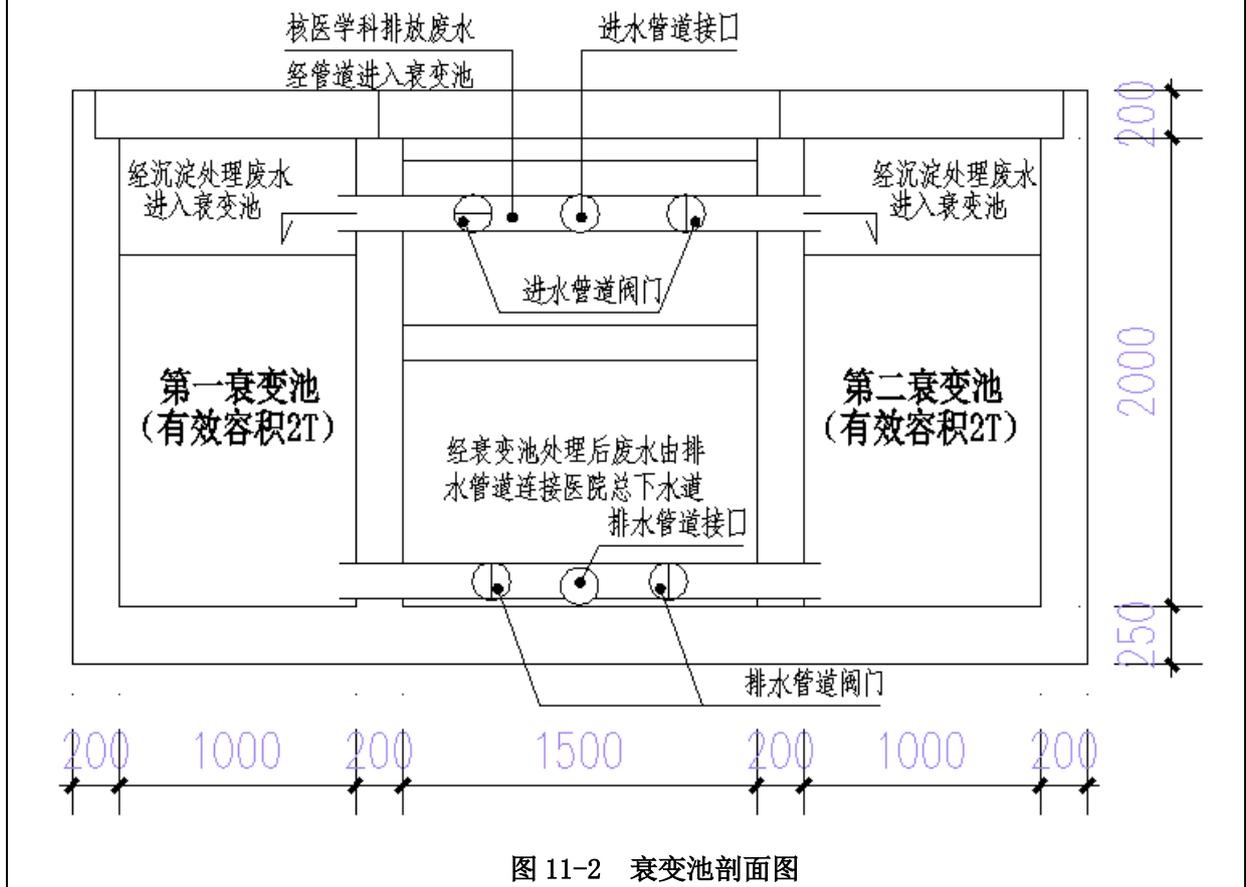


图 11-2 衰变池剖面图

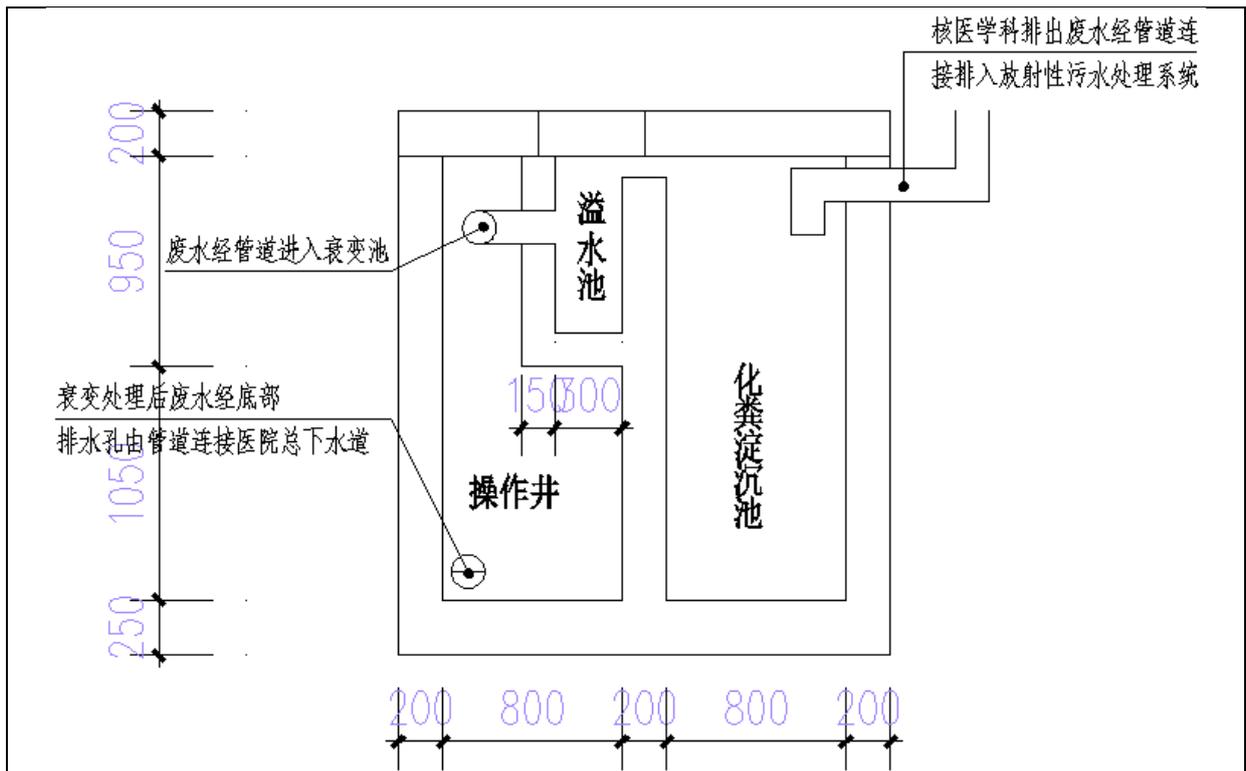


图 11-3 沉淀池、溢水池剖面图

本项目拟开展的 PET-CT 核素显像检查每天最大工作量为 15 人（次），按照每检查 1 人（次）产生放射性废液 6L 估算，辐射工作人员每天去污共产生废水 0.1m<sup>3</sup> 估算，则本项目每天产生的废液量最多为 0.19m<sup>3</sup>，放射性废水核素为：<sup>18</sup>F。核医学科一周工作 5 天，即本项目每周产生含 <sup>18</sup>F 核素的废液量最多为 0.95m<sup>3</sup>。

查 GB18871-2002 附录表 B3，根据工作人员吸入 e(g)1μm、吸入 e(g)5μm 和食入 e(g)，取工作人员吸入或食入的待积有效剂量的最大值 E<sub>j</sub> 计算 ALI<sub>min</sub>: ALI<sub>min</sub>=20mSv/E<sub>j</sub>，计算结果见表 11-7。

表 11-7 本项目废液中放射性核素排放导出限值

核素	e <sub>j</sub> (Sv/Bq)	月排放限制 (Bq)	一次排放限制 ALI <sub>min</sub> (Bq)
<sup>18</sup> F	9.3×10 <sup>-11</sup>	2.15×10 <sup>9</sup>	2.15×10 <sup>8</sup>

本项目排入衰变系统的放射性核素的基本信息详见表 11-8。

表 11-8 本项目放射性核素的相关参数和 ALI<sub>min</sub>一览表

核素	平均药物用量 (Bq)	体内核素排入衰变池的比例	每天人数	每天核素排入衰变池最大量 (Bq)	半衰期 (d)	单一核素 ALI <sub>min</sub> (Bq)
<sup>18</sup> F	4.44E+8	20%	15 人	1.33E+9	0.07618	2.15×10 <sup>8</sup>

本项目拟设衰变池单个衰变池有效容积为 2m<sup>3</sup>，注满 1 个衰变池需要 2/0.95≈2.1 周，2 个衰变池收集满约需 4.2 周。当第二个衰变池收集满时，第一个衰变池最后一周病人产生的废液已经存放至少 2.1 周（10.5 天），<sup>18</sup>F 核素半衰期为 109.7min，废水可以在衰变池中贮存达 10 个半衰期以上。根据衰变公式计算单个衰变池内剩余核素最大活度，详见表

11-9:

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T}t} \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中:

$A$  -排放时衰变池内的放射性活度, 单位 Bq;

$A_0$  -单个衰变池内最大的放射性活度, 单位 Bq;

$T$  -放射性核素的半衰期, 单位 d;

$t$  -放射性核素衰变时间, 单位 d。

表 11-9 本项目放射性核素排放情况一览表

核素	注满一池核素活度 (Bq)	衰变时间 (d)	衰变后单次排放活度 (Bq)	单一核素 $ALI_{min}$ (Bq)	排放浓度 (Bq/L)
$^{18}\text{F}$	1.40E+10	10.5	<0.01	$2.15 \times 10^8$	<0.01

放射性废水经衰变池衰变后, 废水中放射性核素活度满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中放射性废液排放活度, 小于单次排放的活度  $1ALI_{min}$  和单月排放活度  $10ALI_{min}$ 。同时满足《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 中总  $\beta$  小于 10Bq/L 的要求, 废水排入医院污水处理站进一步处理后纳入市政污水管网排放, 本项目废水对周边水环境影响是可以接受的。衰变池设计合理。同时为保障该衰变池的长效可靠运行还需采取如下管理措施:

①衰变后的废水需要经过有监测资质单位的监测达标 (总  $\beta$  排放标准 10Bq/L) 并经过监管部门核准后方可排入医院污水处理站, 池内沉渣如难于排出, 可进行酸化预处理再排入下水系统; ②医院需建立衰变池排放台账, 记录每次排放时间、排放量及监测结果情况并由专人负责管理记录; ③衰变池需设立明显的电离辐射警告标志, 同时衰变池四周应设立拦挡。

## (2) 放射性固废

本项目核医学工作场所设置有 1 间放射性废物暂存间用于存放放射性固废。

放射性废物主要是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、垫料等, 按照每人 0.05kg 产生量进行估算, 正常情况下, 本项目年放射性固体废物的产生量为 225kg。

另外有放射性废气过滤装置更换下来的活性炭等, 产生量为 20kg/a, 根据核素类型分类收集, 进行衰变贮存。

医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料袋直接收纳废物, 装满后的废物袋及时转

送至固废室。对放射性固体废物进行分类、分期收集装入塑料袋标明核素名称、日期并系紧袋口，按半衰期分批分类暂存于不同的废物桶中，每天下班前将当天产生的放射性废物及时转移至固废室内，让放射性物质自行衰变。

放射性固废收集后应进行监测，需满足每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg 的收集要求。每次收集后应做好固废排放台账，记录固废排放监测数据、收集时间及收集量，台账应有专人管理，存档保存。待 10 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。

### (3) 放射性废气

本项目工作场所放射性废气的产生量保守按照操作核素总活度的 1‰考虑，本项目采用高效排风过滤器加活性炭吸附装置二级处理设施，其过滤效率为 99%，每天操作核素时间 2h。本项目核医学科全年工作 250d，假设人呼吸量为 1.2m<sup>3</sup>/h。本项目工作场所的计算结果见表 11-10。

表 11-10 各场所排气口核素所致公众年吸入量预测结果

核素名称	废气中含核素量 (Bq)	操作期间排风量 (m <sup>3</sup> /h)	考虑过滤效率后的排气口气溶胶浓度 (Bq/m <sup>3</sup> )	年操作天数 (天)	公众年最大摄入量 (吸入) (Bq)
<sup>18</sup> F	6.66E+5	2500	2.664	250	1.6E+3

由表可知，本项目排气口核素所致公众年摄入量小于《公众成员的放射性核素年摄入量限值》(WST613-2018)规定的公众成员吸入放射性气溶胶最小年摄入量限值 2.3×10<sup>6</sup>Bq，因此本项目排放的放射性气体对周围辐射环境影响较小。

### (4) 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大气环境影响分析

PET-CT 配套 CT 机能量小，扫描时间短，运行过程产生的 O<sup>3</sup> 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，不会对周围环境及公众造成明显影响。

#### 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。

### 11.3 环境影响风险分析

#### 11.3.1 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。

#### 11.3.2 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，详见表 11-11。

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 11-11 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

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 11-12。

表 11-12 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

### 11.3.3 核医学科辐射事故影响分析

#### 11.3.3.1 事故类型

主要考虑电离辐射损伤和药物失控对环境的影响。

(1) PET-CT 属于Ⅲ类医用射线装置，为低危险射线装置，发生事故时一般不会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。

(2) 放射性药物丢失或被盜，导致周边公众受到照射。

(3) 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。

(4) 由于未锁好核医学科工作场所进出口的大门，或取用药物后未及时锁好防护门，或通风柜等药物保管工作不到位致使放射药物丢失，可能对公众和周围环境造成辐射污染。

#### 11.3.3.2 事故后果计算

##### (1) 射线装置事故情况下环境影响分析

PET-CT 属于Ⅲ类医用射线装置，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 X 射线管焦点 1m 处，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 射线源组件泄漏辐射不超过  $1\text{mGy/h}$ 。人员误入受照射时间按检查 1 个患者的扫描时间（20min）计算，则机房内误入人员所受的 X 射线辐射剂量率最大为  $0.33\text{mGy}$ ，为一般辐射事故。

##### (2) 放射性药物事故情况下环境影响分析

在操作放射性药物的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染；放射性药物丢失或被盜，造成放射性事故；若处置不当，会对人员和环境造成危害；放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性

污染。

### ①事故情景假设

本项目使用的核素主要为  $^{18}\text{F}$ ，事故情况假设  $^{18}\text{F}$  试剂瓶发生丢失或药物泼洒，发生事故时的活度为  $6.66 \times 10^9 \text{Bq}$ （本项目核素单日最大操作量）。假设事故持续过程中按点源考虑，受照人员不考虑任何屏蔽措施。

### ②计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m~12.6m 范围内剂量率，计算结果见表 11-13。

表 11-13 放射性核素丢失事故下不同距离处剂量率分布表

核素	事故持续时间段内不同距离处 $\gamma$ 射线剂量率 (mSv/h)							
	0.1m	0.2m	0.5m	1.0m	2.0m	5.0m	10.0m	12.6m
$^{18}\text{F}$	2.26E+2	5.65E+1	9.04	2.26	5.65E-1	9.04E-2	2.26E-2	1.42E-2

### ③事故后果

#### A) 环境剂量率

根据《四川省环境保护厅辐射事故应急响应预案》中“一般辐射事故”规定：500m<sup>2</sup>（半径为 12.6m）范围的环境剂量率超过 0.1mSv/h，结合表 11-10 可知，本项目放射性药品在撒漏情况下构成一般辐射事故。

#### B) 事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量（以 $^{90}\text{Sr}$ 当量为标准）

锶-90 当量释放量=评价核素释放量 (Bq) × 评价核素食入待积有效剂量 (Sv/Bq) / 锶-90 食入待积有效剂量 (Sv/Bq)

本次评价以本次核素单日最大操作量最为事故状态下的释放量，核素事故状态下锶-90 当量释放量见表 11-14。

表 11-14 事故状态下锶-90 当量释放量计算表

核素	评价核素日最大操作量 (Bq)	锶-90 食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	评价核素食入所致待积有效剂量 (Sv/Bq) *	锶-90 当量释放量 (Bq)
$^{18}\text{F}$	6.66E+9	2.3E-7	5.2E-10	1.51E+7

\*注：食入所致待积有效剂量根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 表 B6 查得。

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

般辐射事故。

综上，本项目非密封放射性物质使用过程中发生辐射事故时，为一般辐射事故。

#### 11.3.3.3 核医学科辐射事故防范措施

(1) 对所有操作场所进行严格的分区管理，设置控制区和监督区，控制区禁止无关人员进入，设置门禁系统、警示灯，悬挂电离辐射警示标识。

(2) 加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确配备的防护用品（铅衣、铅手套、铅围裙、铅颈套、铅眼镜等）及存放位置。

(3) 加强放射性药物安全管理，落实放射性物质安保措施，以防止放射性药物丢失。

(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) 对工作人员进行岗前培训合格后上岗，工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和熟悉辐射防护基本知识，能正确处置意外情况。

(6) 对放射性废物制定放射性三废的处理制度，设置放射性废物兼职管理员，对放射性废物单独收集，按照国家规定处理。

综上，本项目采取以上事故防范措施后，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员和公众的健康与安全。

#### 11.3.3.4 核医学科辐射事故应急措施

(1) 一旦发生放射源或核素药物丢失或被盗，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和防护管理办法》中的有关要求，封闭场所应按规定启动本单位辐射事故应急方案，并及时报告当地生态环境主管部门、公安部门以及卫生部门。

(2) 配备去污清洁用品，发生核素泄漏应控制人员进入。选择合理的去污方法，防止交叉污染。去污时佩戴有效的个人防护用品。一般核素药物为液态，若发生撒漏，可用滤纸擦拭清除，擦拭后的滤纸作为放射性固体废物。然后用温水仔细清洗。为防止污染的扩散，去污程序应先从污染轻的周围渐向污染重的部位。如经反复清洗效果不明显时，可根据放射性核素的化学性质和污染表面的性质，选用有效的去污剂进一步去污。严重污染事故时，应立即通知在场的其他人员，同时迅速标出污染范围，防止其他人员进入污染区。

污染区的人员经采取减少危害和防止污染扩散的必要措施后,要脱去污染的衣服并将其留在污染区,立即离开此区。

事故发生后,应尽快通知防护负责人和主管人员,并立即向有关监督管理部门报告。防护人员应迅速提出全面处理事故的方案,并协助主管人员组织实施。污染区经去污、监测后,经防护人员批准方可重新工作。

(3) 工作人员佩戴有个人剂量计,每 3 个月检测一次,可及时监控工作人员所受剂量,如发现超标现象应查明原因,改善防护条件或减少工作时间。

(4) 人员受到不必要的照射或超计划外照射时,应评估其受照剂量,并进行必要的医学处理。

## 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

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，非密封放射性物质工作场所的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

建设单位以“成五院发[2020]10 号”文成立了辐射安全与防护管理委员会，成员组成如下：

主任委员：邱\*

副主任委员：唐\*、晏\*

委员：张\*、聂\*……

秘书：陈\*（兼）

辐射安全与防护管理领导委员会职责包括：①负责医院辐射防护与环境保护工作的监督与检查，并经常检查各项相关规章制度、辐射防护措施及环境保护措施落实情况；②根据相关法律法规政策组织修订辐射事故应急预案及规章制度；③负责辐射工作人员个人剂量和健康管理，并组织开展对辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作；④组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习，并落实辐射工作人员上岗培训计划；⑤负责对医院所有辐射安全与防护设施、设备进行定期保养，做好保养记录，如有损坏及时协同相关部门进行处理。⑥组织医院开展辐射事故应急演练及辐射事故应急处置及调查公众。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

#### 12.2.1 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“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”。

#### 12.2.2 主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008 年修改）（环境保护部第 3 号令）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关管理要求，非密封放射性物场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护

和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《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》（川环办发[2016]1400号）的相关要求，医院已制定了一系列辐射安全规章制度，辐射安全管理规章制度落实情况见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/
2		辐射工作场所安全管理规定	已制定	/
3	场所设施	辐射工作设备操作规程	已制定	根据本项目进行相应的调整
4		非密封放射性物质操作规程（分操作核素或诊治类别制定）	已制定	/
5		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	
6	监测	辐射工作场所监测方案	已制定	根据本项目进行相应的调整
7		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/
8	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	/
9		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	/
10		辐射工作人员岗位职责	已制定	/
11	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	根据本项目进行相应的调整
12	三废	放射性“三废”管理规定	已制定	根据本项目进行相应的调整
13	大纲	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	/

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。

目前建设单位已制定的规章制度包括：《辐射安全与防护管理办法》：〈组织机构与职责〉、〈辐射工作人员管理〉、〈辐射工作场所管理〉、〈放射性同位素和射线装置管理〉、〈放射源及放射性废物处理〉、〈辐射事故处理〉、〈成都市第五人民医院辐射安全与防护管理委员会〉，《辐射事故应急处理预案》等管理制度，各项规章制度内容较全面，操作性强，可满足本项目运行的需要。

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的新的相关法规内容，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。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量

测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。根据以上要求，建设单位已为本项目辐射工作场所配备的相关辐射仪器详见表 12-2。

表 12-2 本项目辐射工作场所辐射监测仪器已配置情况

监测仪器名称	型号	数量	设置地点	备注
个人剂量报警仪	FJ2000	4 台	核医学科	需校准/检定
活度计	CRC-15r	1 台	活性室	需检定
X-γ 辐射仪	/	1 台	核医学科	需校准/检定
α、β 表面污染检测仪	美国 Inspector+	2 台	核医学科	需校准/检定
高灵敏度环境检测仪	RadWall-H	10 台	核医学科	需校准/检定

### 12.3.2 监测计划

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”，为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，建设单位设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。

#### (1) 个人剂量监测

建设单位辐射环境监测工作由医院辐射安全与防护管理委员会统一领导，各辐射工作业务科室负责组织具体实施。

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49号）做好个人剂量管理的工作。加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作人员的个人剂量应每三个月送有资质部门检测一次，并建立个人剂量档案终生保存。

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，个人剂量档案要终生保存。

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》的重要组成部分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终生保存。

### (2) 辐射工作场所及周围环境监测

1) 每年医务部负责联系有放射防护监测资质的机构对医院有射线装置及放射源的科室进行一次环境辐射影响安全防护监测。出具评估报告并存档。

2) 每年医务部负责联系有资质部门对全院有射线装置及放射源的科室进行安全防护及性能测试，出具评估报告并存档。

3) 对新增加射线设备做到先预评、环评后装机，手续齐全后再使用。

4) 内部监测：由医院环保辐射专职监测人员每三月对全院有辐射装置及有放射源的科室进行一次安全监测并记录存档。

5) 应急监测：应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平，可进行不定期的内部或外部监测。

6) 对诊疗过程中产生的辐射医疗垃圾、辐射废水等，进行分批次存储、衰变，经测试安全后按相关规定处理。

7) 核医学科使用的同位素活度监测仪等监测设备，每年由核医学科工作人员送至计量院进行校对并出示报告，科室存档。

#### 8) 监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率、 $\beta$  表面放射性污染等。

B、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 12-3）或验收监测布点方案。选择的关注点具有代表性，分为控制区外关注点和控制区内关注点。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 12-3 本项目辐射监测计划建议

工作场所	监测项目	监测范围	自行监测频次	委托监测频次
核医学工作场所	周围剂量当量率	控制区四面墙体外、各机房防护门处、控制室操作位、注射室注射位及周围需要关注的监督区。	1 次/4 周	1 次/年
	$\beta$ 表面放射性污染	工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套、工作鞋等	1 次/4 周	1 次/年
	排放口浓度	放射性废水衰变池排放口	排放前	1 次/年
	固废放射性水平	放射性固废作为一般废物处理前放射性水平小于解控标准	处置前	1 次/年

C、监测范围：控制区和监督区域及周围环境

#### D、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；

b、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；

c、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，每次排放前应进行监测，确保符合《电离辐射防护与辐射源基本安全标准》(GB18871-2002)规定的放射性废水排放活度限值，结合废水在衰变池中的储存周期，制定排水计划，按照计划定期将废水排放至院内污水处理站进一步处理达标后纳入市政管网。每次排放应做好废水排放台账，并记录存档。

#### (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，可作为医疗废物委托有资质的单位进行处置，并做好台账。

#### (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》(国环规环评[2017]4号)对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、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，医院可以根据表 12-3 的内容完善辐射工作场所和环境辐射水平监测方案与监测仪表使用与校验管理制度。制订的监测方案，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。

## 12.5 年度评估报告情况

医院应按照规定格式编写《辐射安全和防护状况年度评估报告》。医院应于每年1月31日前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>）申报上年度的《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。

## 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》等有关放射防护法律、法规的规定，结合医院实际情况，医院已制定了《成都市第五人民医院放射事故应急处置预案》等应急管理制度和措施。并成立了放射事故应急处置组，应急处置组成员包含相关职能部门的负责人及辐射相关临床医技科室负责人，制度明确了应急处置组的主要职责。预案内容主要包括：

- （1）目的；
- （2）组织架构及职责；
- （3）放射工作管理制度；
- （4）应急处置措施；
- （5）保障措施。

建设单位的应急预案内容较完善，并且具有较好的针对性和可操作性，能够满足拟开展核技术利用项目的事故应急需求。

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，增加应急设备、应急演练计划等内容。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

(1) 项目名称：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）新增医用放射性同位素应用项目

(2) 建设单位：成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）

(3) 建设性质：改扩建

(4) 建设地点：成都市温江区柳城镇麻市街 33 号成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）8 号楼 1 层核医学科内。

(5) 建设内容：

本项目建设地点位于成都市温江区柳城镇麻市街 33 号，成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）8 号楼 1 层核医学科内。

医院核医学科占地面积约 1300 m<sup>2</sup>，设置有 SPECT 检查区和放射性核素治疗区，目前已开展放射性核素口服治疗项目和 SPECT 核素显像检查项目。

该建设项目为核医学科新增 PET-CT 显像检查项目，利用核医学科预留房间（作为 PET-CT 机房）、功能用房及检查区患者通道等，拟新增一台 PET-CT，应用 <sup>18</sup>F 进行核素显像检查。核医学科的平面布局无变化，上下关系无变化。该建设项目工作场所区域包括：1 间 PET-CT 机房、1 间储源库（利旧）、1 间 PET-CT 注射室、1 间活性室（利旧）、1 间 PET-CT 注射后等待室、1 间 PET-CT 留观/抢救室（利旧）、1 间放射性废物暂存间（利旧）、2 间淋浴更衣室（利旧）、受检者专用卫生间（利旧）等。

#### 13.1.2 产业政策符合性与实践正当性分析

本项目为核辐射技术利用医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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。

本项目按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

### 13.1.3 选址的合理性结论

成都市第五人民医院（成都市老年病医院）（成都中医药大学附属第五人民医院）位于成都市温江区柳城镇麻市街 33 号，医院位于城区环境，周围为居民区及商业区，医院北面为麻市街，西面为上栖美塾及和馨苑（居民楼），南面为地面停车场和百姓大院（居民楼），东面为凤溪大道。

医院核医学科诊疗区域位于 8 号楼 1 楼西侧，本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧（西侧为核素治疗及病房区域）。8 号楼共 7 层（无地下楼层，楼顶距离地面约 23m，高于周围建筑），位于医院西南角。8 号楼北侧为综合住院楼（三期在建项目）；东侧为院内道路及 9 号楼，东南侧隔地面停车场为居民小区（百家大院），距离本项目工作场所边界约 65m；南侧为院内氧气站、负压站及地面停车场；西侧隔院内道路及辅助用房为居民小区（上栖美塾），距离本项目工作场所边界约 60m；西南侧隔院内道路及辅助用房为居民小区（和嘉苑），距离本项目工作场所边界约 65m。

医院核医学科诊疗区域位于 8 号楼 1 楼西侧，本项目工作场所位于核医学科诊疗区域的东侧，工作场所东侧为核医学科的候诊区、办公区，南侧及北侧均为室外院内道路，西侧为核素治疗及核素病房区域，楼上为肿瘤科病区，无地下室。

本项目用地属于医疗卫生用地，周围无环境制约因素。本项目拟建辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。

综上所述，本项目的选址是合理的。

### 13.1.4 辐射环境质量现状

本项目拟建放射工作场所区域及周围环境 X/γ 辐射空气吸收剂量率范围为 83.3nSv/h~93.0nSv/h（即为：100.0~111.6nGy/h），与生态环境部《2019 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站监测数据 81.5nGy/h~179.1nGy/h 处于同一水平，属于当地正常天然本底辐射水平，未见异常。

### 13.1.5 环境影响评价结论

#### （1）辐射环境影响分析

本项目核医学工作场所剂量率预测值，满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的有关规定。

本项目各辐射工作场所工作人员和公众所受辐射年有效剂量符合《电离辐射防护与

辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求,也低于本评价提出的 5.0mSv 和 0.1mSv 的年管理剂量约束值。

### **(2) 水环境影响分析**

本项目产生的放射性废水在衰变池停留 10 个半衰期后,首次监测达标后,按照排水计划定期排入院内污水处理站,对周围水环境影响轻微。生活污水依托院内污水处理站处理达标后排放,对周围水环境影响是可以接受的。

### **(3) 固废影响分析**

放射性固废采用专门的固废收集桶收集后,暂存于源库衰变 10 个半衰期,经监测达标后按照普通医疗废物由当地有资质单位定期处置,不会对周围环境产生影响。

本项目运行后产生的生活垃圾和办公室垃圾依托医院垃圾收集设施进行处理,对环境影响很小。

### **(4) 废气影响分析**

本项目产生的放射性废气经由排管道排至 8 号楼楼顶,排风口高于屋脊,排风口周围 10m 范围内无遮挡物,同时在排风管道内配置高效过滤器+活性炭吸附装置二级处理设施。

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统通风后,浓度低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中规定的二级标准限值要求,不会对周围大气环境造成明显影响。

### **(5) 声环境影响分析**

本项目采用低噪声设备,本项目通排风设备运行过程中产生的噪声经房间隔声、距离衰减措施后,对项目区域的声环境影响很小。

### **(6) 事故风险与防范**

建设单位应按规定完善各项规章制度和事故防范措施,及时修订辐射事故应急预案并严格贯彻执行,项目建成投运后,应认真贯彻实施,以避免发生辐射事故。

#### **13.1.6 辐射防护措施有效性结论**

(1) 本项目核医学科拟设置铅玻璃注射窗、专用铅通风柜、铅防护屏风、铅衰变桶、表面污染监测仪、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等辐射防护用具,拟配备铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜等个人防护用品,在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护,减少不必要的照射。

(2) 本项目核医学源库防护门拟设计为铅防盗门，钥匙由专人负责保管；日常期间由值班人员 24 小时监控；出入口安装摄像头及红外报警系统并入科室监控系统。

(3) 本项目核医学工作场所拟设置放射性废水的专用管线及衰变池、放射性废气专用管线及活性炭高效过滤器、放射性废物的专用铅收集桶等，工作用房的通排风均能满足相关标准规范的要求。

(4) 辐射工作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，辐射工作人员均拟配备个人剂量计。控制区拟设置相应的警示标志，限制无关人员进入。

综上所述，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

### **13.1.7 环保设施与保护目标**

医院须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。

### **13.1.8 辐射安全管理的综合能力**

建设单位目前已成立了辐射安全与防护管理委员会，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作；医院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目建成后辐射工作人员须进行上岗培训，并进行职业健康监护和个人剂量监测，建立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**

墙体施工时应请专门的施工单位进行施工，保证混凝土密度满足要求，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。

### **13.3.2 人员培训**

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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》（2019年，第57号）精神，医院应尽快组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

### 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。

### 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）医院各辐射工作场所室内环境空气质量应达到《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）的相关要求。

（3）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。

（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）医院应告知受检者检查完毕后，应避免出入公共场所，并控制与家庭成员及公众的接触距离。

（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生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统（网址<http://rr.mee.gov.cn/>）”中实施申报登记。

（8）根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院682号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规定进行项目竣工环保验收。项目投入运行后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护

验收检查一览表见表 13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保设施（措施）	数量
辐射屏蔽措施	核医学科屏蔽房间及防护门、铅玻璃观察窗等	/
	PET-CT 机房、活性室、PET-CT 注射室、PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观\抢救室和受检者走廊的顶棚增加 12mm 铅板	/
	活性室带屏蔽效果（40mmPb）的注射窗操作台	1 个
	活性室带屏蔽效果（60mmPb）的通风柜	1 个
	活性室带屏蔽效果（10mmPb）的注射器防护套	若干
个人防护用品	PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观\抢救室设置 5mmPb 的铅屏风	2 个
	0.5mmPb 的铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子和铅防护眼镜	4 套
	个人剂量报警仪	4 台
	个人剂量计	1 个/人
放射性废水	控制区独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1 套
	2 格并联衰变池（总有效容积 4m <sup>3</sup> ）+1 格化粪池+1 格溢水池	1 座
放射性固废	活性室、PET-CT 注射室、PET-CT 注射后候诊室、PET-CT 留观室、PET-CT 机房、公共卫生间设置带屏蔽效果（≥3mmPb）的废物衰变桶	6 个
	放射性废物暂存间设置带屏蔽效果（≥3mmPb）的废物衰变箱	1 个
安全装置	源库 01 的保险柜（双人双锁）	1 个
	源库 01、活性室、放射性废物暂存间、核医学科病人入口、出口、等配备监控系统	1 套
	源库 01、放射性废物暂存间、活性室等配备固定式辐射监测仪报警系统	1 套
	电离辐射警告	若干
	核医学科控制区门禁系统	1 套
	对讲装置、门灯连锁（PET-CT 机房防护门）、闭门装置、防夹装置	1 套
	急停开关	2 个
	灭火装置	若干
去污用品	2 套	
通风系统	独立通排风系统	/
	两级过滤装置	/
分区管理	场所控制区、监督区划分标识	/
监测设备	α、β 表面污染检测仪	2 台
	X-γ 辐射仪	1 台
监测费用	核医学科工作场所监测费用	/
综合管理	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/
	规章制度上墙	建设单位制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm
	应急和救助的物资准备	/

## 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