

核技术利用建设项目
新增PET-CT核技术利用建设项目
环境影响报告表
(公示本)

成都市第三人民医院 (盖章)

二〇二二年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增PET-CT核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称（盖章）：成都市第三人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：刘早阳

通讯地址：四川省成都市青羊区青龙街 82 号

邮政编码：610031 联系人：聂睿彤

电子邮箱：nrthappy123@163.com 联系电话：028-61318510

目 录

表 1	项目概况.....	1
表 2	放射源.....	13
表 3	非密封放射性物质	13
表 4	射线装置.....	14
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6	评价依据	18
表 7	保护目标与评价标准	20
表 8	环境质量和辐射现状	23
表 9	项目工程分析与源项	26
表 10	辐射安全与防护	35
表 11	环境影响分析	49
表 12	辐射安全管理	67
表 13	结论与建议	72
表 14	审批.....	76

附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 医院总平面布置示意图
- 附图 3 本项目外环境关系示意图
- 附图 4 本项目 PET 机房所在楼层平面图
- 附图 5 PET 机房防护设计及布局图
- 附图 6 本项目人流物流示意图
- 附图 7 本项目衰变池设计图
- 附图 8 本项目 PET 机房排风设计图
- 附图 9 本项目“两区”划分示意图
- 附图 10 本项目现场相关图片

附件：

- 附件 1 《辐射安全许可证》，国环辐证[00480]，有效期至 2023 年 12 月 31 日，中华人民共和国生态环境部；
- 附件 2 委托书；
- 附件 3 监测报告，成都酉辰环境检测有限公司；
- 附件 4 成立辐射防护与安全管理小组的通知。

表 1 项目概况

建设项目名称		新增PET-CT核技术利用项目			
建设单位		成都市第三人民医院			
法人代表	刘早阳	联系人	聂睿彤	联系电话	028-61318510
注册地址		成都市青羊区青龙街 82 号			
项目建设地点		成都市青羊区青龙街 82 号院区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	3069.4	项目环保投资（万元）	331.7	投资比例（环保投资/总投资）	10.81%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		建筑面积（m ² ）	652
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☒ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☒ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☐ II 类 ☒ III 类		
	其他	/			

项目概述

1、建设单位简介

成都市第三人民医院（统一社会信用代码：125101004507543870）始建于 1941 年 7 月，是集医疗、科研、教学、预防、保健和康复为一体的国家三级甲等综合性医院。

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，占地 138 亩，编制床位 1250 张，年诊疗约 154 万人次，出院 6.4 万余人次，住院手术 3.8 万余台次。医院现有职工 2742 人，有博士 137 人、硕士 474 人；获国务院和省市政府特殊津贴 3 人，省及

省卫健委突出贡献 3 人；省及省卫健委学术技术带头人 16 人，省及省卫健委学术技术带头人后备人才 10 人，省中医药管理局学术和技术带头人后备人选 1 人。拥有省级重点学科 6 个，省级重点专科 7 个，市级重点学科 20 个，市级医疗质量控制中心 23 个，附设成都市心血管病、神经疾病、呼吸健康和肿瘤 4 个研究所，成功创建成都市院士（专家）创新工作站、四川省博士后创新实践基地和钟南山院士工作站，现为国家呼吸系统疾病临床医学研究中心分中心、国家消化系统疾病临床医学研究中心四川省分中心和国家老年疾病临床医学研究中心协同网络核心单位。先后成为国家胸痛中心示范基地、房颤中心示范基地、中国心衰中心、国家标准化心脏康复中心和国家高级卒中中心；入选全国首批罕见病诊疗协作网，国家疑难病症诊治能力提升工程联盟中心。牵头发布成都市卒中急救地图，在复杂心脏病变、肺部疑难疾病、卒中急救、消化内镜诊疗、重度脊柱畸形矫治、急危重症救治等方面形成特色优势。

成都市第三人民医院现为西南交通大学临床医学院和附属医院、重庆医科大学附属成都第二临床学院和西南医科大学非直属教学医院；设有国家住院医师规范化培训基地 18 个。

目前，成都市第三人民医院已取得原四川省环保厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证号：川环辐证[00271]号，有效期至2025年2月17日，见附件1）。许可的种类和范围：使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

2、任务由来

为拓展成都市第三人民医院医学诊断业务范围，提高医疗服务水平，适应和满足人民群众的健康需求，建设单位拟开展放射性医学诊断业务，并配置使用丙级非密封放射性物质工作场所、III类射线装置和V类放射源，涉及使用的非密封放射性物质为 ^{18}F 。

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》、《放射性同位素与射线装置防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。

同时，根据中华人民共和国生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》的规定，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172.核技术利

用建设项目——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）”。本项目涉及使用“丙级非密封放射性物质工作场所、 III类射线装置和 V 类放射源”，其环评文件形式应为环境影响报告表。

因此，成都市第三人民医院委托中国核动力研究设计院对其“新增 PET-CT 核技术利用项目”开展环境影响评价工作（见附件 2）。中国核动力研究设计院接受委托后，经现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件、充分研读相关法律法规和规章制度和审查技术资料之后，预测项目在正常运行和事故期间对环境的影响，并按相应标准进行评价。同时，对项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度、事故应急预案的可行性、合理性进行分析和评价，在此基础上提出合理可行的对策和建议，并编制完成《成都市第三人民医院新增 PET-CT 核技术利用项目环境影响报告表》。

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。根据《中华人民共和国环境保护法》和环保部环办[2013]103 号《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》的相关要求：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。

4、项目概况

项目名称：新增 PET-CT 核技术利用项目

建设单位：成都市第三人民医院

建设地点：成都市青羊区青龙街 82 号院内

项目性质：新建

(1)建设内容与规模

本次环评内容：在医院 2 号楼的地下第三层西端设置新增 PET-CT 核技术利用项目。本项目拟设置 1 个 PET 检查室，属于丙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台医用 PET-CT 机（属 III 类射线装置），2 个 ^{22}Na 校准源，均属 V 类密封源。同时，配套建设放射性废水衰变池、储源间、放射性废物间、留观区/抢救室等房间。

1) 非密封放射性物质工作场所

本项目 PET 检查区域位于医院 2 号楼的地下第三层西端，总建筑面积约 652m²，主要辐射工作场所（有效使用面积）包括：PET-CT 检查室（56.23m²）、注射室（5.90m²）、放射性药物分装室（12.50m²）、储源间（3.25m²）、注射后候诊室（14.76m²）、控制室（15.53m²）、阅片室（20.10m²）、诊断后留观室/抢救室（15.02m²）、放射性废物间（19.36m²）、衰变池间（15.13m²）等。其中，PET-CT 检查室工作场所四周墙体防护为 370mm 实心砖墙+3mm 铅当量板材，顶面为 12cm 混凝土+3mm 铅当量板材，屏蔽门为钢结构铅防护门，10mm 铅当量，铅玻璃窗 10mm 铅当量；放射性废物间四周墙体防护为 250mm 混凝土墙，顶面为 12cm 混凝土；以上其它辐射工作场所四周墙体防护为 370mm 实心砖墙，顶面为 12cm 混凝土，注射室注射窗 40mm 铅当量；其他区域无需增加防护。另外，其他相关配套功能房间包括：更衣室、办公室、洁具间、卫生间、强弱设备间、卫生通道间等。此外，拟在 PET-CT 检查区域西南侧新建 2 个放射性废水衰变池（单个体积 2m×1.5m×3m=9m³），用于贮存本项目工作场所产生的放射性废水（含核素 ¹⁸F）。

本项目涉及使用的非密封放射性物质为 ¹⁸F，用于显像诊断。核素 ¹⁸F 日等效最大操作量为 7.4×10⁶Bq，年最大用量为 1.85×10¹²Bq，由有资质单位供应，医院不自行生产。整个 PET-CT 检查区场所属于丙级非密封放射性物质工作场所，见表 1-1。

表 1-1 ¹⁸F 显像诊断病人量及用药量

核素名称	工作场所	治疗人数	单个病人最大用量 (Bq)	最大实际日操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	场所等级
¹⁸ F	PET-CT 检查室	20 人/d, 250 d/a	3.7×10 ⁸ (10mCi)	7.4×10 ⁹	7.4×10 ⁶	1.85×10 ¹²	丙级

2) 射线装置及放射源

PET-CT 检查室位于 PET 检查区域，配置使用 1 台医用 PET-CT 系统（额定管电压为 120kV，额定管电流为 100mA）进行显像诊断，属于Ⅲ类射线装置，PET-CT 机型号待定，年最大出束时间约为 167h。本项目射线装置主要技术参数情况，见表 1-2。

表 1-2 射线装置主要技术参数情况

产品名称	数量	额定参数		生产厂家	用途	管理类别
		管电压 kV	管电流 mA			
PET-CT 系统	1 套	120	100	飞利浦荷兰有限公司	显像诊断	III

PET-CT 系统配套使用 1 枚 ^{22}Na 放射源（点源、活度 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$ 、V 类）进行校准，用于设备质量控制；另外使用 6 枚 ^{22}Na 放射源（点源、单枚活度 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ 、豁免水平；棒状、6 枚总活度 $2.22 \times 10^6 \text{Bq}$ 、V 类）进行图像配准。校准源暂存地点为 PET 检查区域储源间，其放射源活度见表 1-3。

表 1-3 放射源情况

序号	核素	类别	总活度 (Bq)	数量(枚)	用途	使用场所	活动种类
1	^{22}Na	V 类	1.48×10^7	1	校准	PET-CT 检查室	使用
2	^{22}Na	V 类	2.22×10^6	6	图像配准	PET-CT 检查室	使用

(2) 项目组成内容及可能产生的环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-4。

表 1-4 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
主体工程	◆非密封放射性物质工作场所 总建筑面积约为 652m^2，主要辐射工作场所（有效使用面积）包括：PET-CT 检查室（56.23m^2）、注射室（5.90m^2）、放射性药物分装室（12.50m^2）、储源间（3.25m^2）、注射后候诊室（14.76m^2）、控制室（15.53m^2）、阅片室（20.10m^2）、诊断后留观室/抢救室（15.02m^2）、放射性废物间（19.36m^2）、衰变池间（15.13m^2）等。其中，PET-CT 检查室工作场所四周墙体防护为 370mm 实心砖墙+3mm 铅当量板材，顶面为 12cm 混凝土+3mm 铅当量板材，屏蔽门为钢结构铅防护门，10mm 铅当量，铅玻璃窗 10mm 铅当量。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X、 γ 、 β 射线 放射性废水 放射性固废 臭氧 噪声 生活污水 生活垃圾

续表 1-4 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
主体工程	涉及使用的非密封放射性物质为 ^{18}F，用于显像诊断。核素 ^{18}F 日等效最大操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$，年最大用量为 $1.85 \times 10^{12} \text{Bq}$，由有资质单位供应。整个 PET/CT 检查区场所属于丙级非密封放射性物质工作场所。 ◆射线装置 PET-CT 检查室配置使用 1 台额定管电压为 120kV，额定管电流为 100mA 的 PET-CT 进行显像诊断，属于 III 类射线装置，年最大出束时间为 167h。 ◆放射源 使用 1 枚 ^{22}Na 放射源（点源、活度 $1.48 \times 10^7 \text{Bq}$、V 类）进行校准，用于设备质量控制；另外使用 6 枚 ^{22}Na 放射源（点源、单枚活度 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$、豁免水平；棒状、6 枚总活度 $2.22 \times 10^6 \text{Bq}$、V 类）进行图像配准。校准源暂存地点为 PET 检查区域储源间。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	X、 γ 、 β 射线 放射性废水 放射性固废 臭氧 噪声 生活污水 生活垃圾
辅助工程	主要包括其他相关配套功能房间：更衣室、办公室、洁具间、卫生间、强弱设备间、卫生通道间等。		噪声 生活污水 生活垃圾
环保工程	◆放射性废物收集 临时收集容器若干个，单个体积 25L，防护厚度 10mmPb；专用贮存容器 4 个，单个体积 50L，防护厚度 10mmPb。 ◆放射性废水衰变池 拟在 PET-CT 检查区域西南侧新建 2 个放射性废水衰变池，每个容积 9m^3，（体积 $2\text{m} \times 1.5\text{m} \times 3\text{m}$），用于贮存本项目工作场所产生的放射性废水（含核素 ^{18}F）。 ◆通风系统 ① 工作场所：PET-CT 工作场所控制区设立独立通排风系统，安装高效活性炭净化处理装置。 ② 通风橱：分装室配置 1 台通风橱，设立独立排风系统，安装高效活性炭净化处理装置。	扬尘 噪声 施工废水 建筑垃圾 生活废水 生活垃圾	γ 、 β 射线 噪声
公用工程	依托已有的供电、通讯及污水处理系统等。	/	/
办公生活	依托医院已有办公生活设施。	/	/

5、项目选址及周边保护目标

(1)项目地理位置

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，本项目工作场所位于该院区 2 号楼的地下第三层西端。项目地理位置见附图 1。

(2) 外环境状况

① 医院外环境关系

医院外环境关系：院区的东侧是羊市巷29号院、罗马国际，西侧是羊市街21号院（干休宿舍区）、四川省曲艺研究院（已拆迁），南侧是羊市街道路，东北侧是青龙街道路，西北侧是老东城根街道路。医院总平面布置图见附图2。

② 2 号楼外环境关系

2 号楼位于院区的西侧，是一座新建的呈西北-东南方向的独立高层建筑（共 19 层，其中地上 16 层、地下 3 层，地面上总高度 72.5m）。其外环境关系：东北侧靠近医院东北院界，外侧临近为青龙街；西北侧靠近医院西北院界，外侧临近为老东城根下街；西南侧为医院正在建设的住院综合楼；东南侧为医院进出的通道，3#住院楼。2 号楼外环境关系图见附图 3。

③ 本项目放射性工作场所外环境关系

本项目 PET-CT 系统工作场所位于医院 2 号楼的地下第三层西端。PET-CT 系统工作场所相邻外环境关系：东北侧为直线加速器治疗室 1、2，及其配套的控制室；西北侧为楼梯间，建筑外侧为土壤层；西南侧为地下第三层停车场；东南侧为后装治疗室及其控制室、候诊区。PET-CT 检查室楼上是 CT 模拟机房，注射后候诊室、分装室和注射室楼上是雨水处理机房，诊断后留观室/抢救室、衰变池间和放射性废物间楼上是消防泵房。PET-CT 系统工作场所外环境关系图见附图 4。

(3) 项目选址、布局合理性分析

1) 选址合理性分析

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号，土地用途为“医疗用地”。本项目工作场所位于院区内拟建门急诊住院综合楼里，不新增用土地。

本项目工作场所位于医院 2 号楼的地下第三层西端，相对封闭、独立。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，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足本次评价确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

2) 布局合理性分析

① 整体布局

PET-CT 系统工作场所整体布置在医院 2 号楼的地下第三层西端，属于一个相对独立的区域。工作场所的入口位于东北侧候诊区外围的电梯，出口位于西侧外围的 PET-CT 医学检查的专用电梯。PET/CT 检查区域整体上布局较为紧凑、独立、封闭，控制区与监督区分界明确，每个辐射工作场所按照 PET-CT 医疗诊断流程进行布局，每个房间分别设置，相对独立，且诊断病人有独立的洗手间。整体布局可以实现医生通道和服药病人通道分开独立设置，互不交叉，并能有效控制服药病人流通范围，避免污染扩散。此外，除 PET/CT 检查医护人员及病人外，无关人员不得入内。另外，衰变池房间和放射性废物间位于整个 PET/CT 检查区域的西南侧，相对独立，已避开各类人群集中活动区域，且下水管道均位于建筑体内。

② 人流通道布局

PET-CT 系统工作场所能够实现病患人员与医护人员之间流动路线的分离。

a. 病患人员

^{18}F 显像检查病人由南侧电梯进入 PET-CT 系统工作场所后，在候诊区等待呼叫，待医护人员完成分药后，由护士站开启门禁，行至注射室注射后，转行至 PET-CT 给药后候诊室，等待观察无异常后，进入 PET-CT 机房显像诊断，随后再转入留观室，无异常情况，乘坐西北侧电梯离开。医院通过采用时间管理措施，对病人实施提前预约，合理分配时间段，分批诊断。

PET-CT 系统工作场所病患人员流向示意图见附图 6（红色路线）。

b. 医护人员

PET-CT 工作场所医护人员主要进入两个部分：一类进入 PET-CT 机房及控制室，另一类进入分装室及注射室。第一类医护人员由东侧的医护人员专用通道，在更衣室穿戴防护用品后，直接进入各自的工作房间，主要包括：控制室、PET-CT 机房、阅片室、办公室等区域。工作结束后，需在更衣间去污清洁，进行表面污染监测，不合格者继续在更衣间去污清洁，合格后方可沿原路退出 PET-CT 工作场所；另一类医护人员先由东南侧的病患人员与医护人员共用通道，到达医护人员专用卫生通过间，在卫生通过间穿戴防护用品后，进入分装室、注射室和源库。工作结束后，需在卫生通

过间去污清洁，进行表面污染监测，不合格者继续在卫生通过间去污清洁，合格后方可沿原路退出 PET-CT 工作场所。

PET-CT 系统工作场所医护人员流向示意图见附图 6（绿色路线）。

综上，本项目 PET-CT 工作场所诊断过程，病人通道和医护通道分离，医生活动区域和病人活动区域分开设置；不同剂量水平的病人分时段管理，检查前后的留观区域分开设置；整个 PET-CT 工作场所各功能房间布局紧凑，且有效衔接，控制用药病人流动范围从而控制表面污染的范围，并减少了病人与医生、不同剂量水平的病人之间的交叉影响。从平面布局来说，本项目人员流向合理。

③ 物流通道布局

a. 药物通道

根据提前用药预约安排，在 PET-CT 工作场所非工作时间，由药物供应商负责运送。核素显像用 ^{18}F 药物，从 PET-CT 工作场所南侧停车场，通过专用的药物传递窗送入源库，PET-CT 工作场所药品管理员与送货人员办理验收，在监控摄像头下“点对点”交接，同时记录药品规格、批次、数量以及收货时间，无误后存放在库房的铅屏蔽容器内。使用时，医生在分装室分好药物，将其置于转移铅罐内后，经测量核定药物活度后，在注射室给病人注射。放射性药物在 PET-CT 工作场所内流动范围较小，有效防止药物转移过程中因突发情况撒漏造成的表面污染范围，从时间安排和医院严格管理前提下，药物通道设置合理。

PET-CT 系统工作场所药物通道示意图见附图 6（蓝色路线）。

b. 放射性废物通道

本项目放射性废物存放间设置在整个 PET/CT 检查区域的西南侧，相对独立，且靠近西侧 PET/CT 项目专用电梯。以便放射性废物能以最短距离被送出 PET-CT 工作场所区域，避免了对其他人员的二次照射，同时该区域人员流动少，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理。

PET-CT 系统工作场所放射性废物通道示意图见附图 6（黑色路线）。

同时，从功能分区来看，本项目 PET-CT 工作场所接诊等候、核素诊断治疗、扫描检查、工作人员办公区域划分明确，相对隔离，可以尽量避免公众和医护人员不必要的照射。医院将加强对 PET-CT 工作场所的管理，人员或语音广播引导患者就诊，地面粘贴引导标志，告诫注射药物的待检者在规定区域候诊，提醒陪护者和无关人员避免进入候诊走廊和注射药物候诊区域。整个 PET-CT 工作场所位置相对封闭且独立，

各组成部分功能分区明确，满足诊治工作要求，既能有机联系，又不相互干扰，从辐射安全的角度考虑，本项目 PET-CT 工作场所平面布置是合理的。

综上所述，从便于分区划分、便于辐射防护以及满足安全诊断的角度来看，以上辐射工作场所的平面布局是可行的。

6、产业政策符合性

本项目是核与辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

7、实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足公众多层次、多方位、高质量、便利的诊断需求，提高对疾病的诊断能力。本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊断方法所不能及的效果，是其它诊断项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断的方法效果显著，其优势明显。因此，该项目的实践是必要的。本项目在诊断过程中，对放射源、射线装置、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，在正确使用和管理的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小，该核技术利用的实践具有正当性。

8、工作制度与人员配置

工作制度：年工作日 250d，每周工作 5d，每天工作 8h。

人员配置：本项目拟新增辐射工作人员 5 人，具体人员配置情况表 1-5。本项目辐射工作人员固定，不再从事其他辐射工作。

表 1-5 辐射工作人员配置情况表

序号	拟配置人数（人）	备注
1	技师/医生 2 名	PET-CT 操作
2	护士 2 人	^{18}F 分装、注射操作
3	医护及场所管理人员 1 名	医护及场所管理

9、项目单位核技术应用现状

(1) 辐射安全许可证的许可种类和范围

成都市第三人民医院现持有原四川省环保厅颁发的《辐射安全许可证》（许可证号：川环辐证[00271]号，有效期至2025年2月17日，见附件1）。许可的种类和范围：使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。

① 射线装置

许可项目单位使用II、III类射线装置共24（台/套），其中使用II类射线装置6（台/套）、使用III类医用射线装置18（台/套），见表1-6。

表 1-6 许可使用的医用射线装置

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	移动式 X 射线机	III	3	使用
2	移动式 C 型臂 X 射线机	III	2	使用
3	医用直线加速器	II	1	使用
4	医用血管造影 X 射线机	II	5	使用
5	乳腺 X 射线机	III	1	使用
6	口腔颌面锥形计算机体层摄影设备	III	1	使用
7	口腔 X 射线机	III	2	使用
8	X 射线计算机断层摄影设备	III	1	使用
9	DR	III	5	使用
10	CT	III	3	使用

②非密封放射性物质

许可项目单位使用核素¹²⁵I，其用量等参数见表1-7。

表 1-7 许可使用的非密封放射物质

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	最大日使用量(Bq)	年最大用量 (Bq)	活度种类
1	放免室	豁免	¹²⁵ I	4.44E+4	4.44E+5	1.11E+7	使用

(2)辐射安全管理的回顾性分析

2021 年度，医院使用放射性同位素与射线装置的辐射安全管理情况如下：

①辐射管理机构设置

项目单位设立有“放射防护管理领导小组”（详见附件 4，内容包含成员构成、工作职责等），负责医院放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。

②辐射安全和规章制度

建立有辐射安全和规章制度，《辐射事故应急预案》、《设备操作流程》等相关

制度，在各个辐射工作场所均已上墙。

③辐射安全培训

建立有辐射工作人员辐射安全培训档案，目前有 239 名辐射工作人员，已有 176 名进行了辐射安全培训，超期人员和未培训人员正在陆续安排培训之中。

④个人剂量管理

建立有辐射工作人员个人剂量档案，个人剂量每季度检测一次（检测结果均满足国家标准要求），检测结果存入个人剂量档案。

⑤非密封放射性物质及射线装置台帐

建立有非密封放射性物质及射线装置台帐，当放射源及射线装置发生变动时，及时更新台账。

⑥辐射安全和防护设施维护情况

定期对辐射防护设施、设备和各场所辐射安全和防护设施开展检查与维护，确保了辐射安全和防护设施、设备、各场所辐射安全和防护设施运行正常。

⑦场所辐射环境监测

定期对各辐射工作场所开展自行监测，并存有监测记录；每年委托有资质单位对各辐射工作场所开展年度监测一次，监测结果均满足国家标准要求。

⑧辐射事故应急演练

2021 年，成都市第三人民医院假设放射科胸部 X 光机发生故障进行应急演练一次。

⑨环保手续履行情况

2021 年度，新增 6 台Ⅲ类射线装置，退役 1 台Ⅲ类射线装置。新增Ⅲ类射线装置已经按照规定进行了建设项目环境影响登记，退役Ⅲ类射线装置也进行了去功能化处置。新增、退役射线装置均按照要求向四川省生态环境厅提交了资料并进行了辐射安全许可证更换。

⑩日常发现的安全隐患，已及时整改。2021 年度未发生辐射事故。

通过上述回顾，环评认为，2021 年度项目单位使用的放射性同位素与射线装置的安全与防护管理满足中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{22}Na	点源、 $1.48 \times 10^7 \text{Bq} \times 1$ 枚	V	使用	PET-CT 校准	PET-CT 机房	PET-CT 机房贮源间	质量控制
2	^{22}Na	棒状、 $3.7 \times 10^5 \text{Bq} \times 6$ 枚 (6 枚总活度 $2.22 \times 10^6 \text{Bq}$)	V	使用	PET-CT 校准	PET-CT 机房	PET-CT 机房贮源间	图像配准
3	/							

注：密封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	物化性质	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	^{125}I (放免)	液态、中毒	使用	4.44E+05	4.44E+04	1.11E+07	检验	简单操作	同位素室 (检验科三楼)	贮存地点：试剂存放室内。 贮存方式：置于铅罐内。
2	^{18}F	液态、低毒	使用	5.55E+09	5.55E+06	1.39E+12	诊断	很简单操作	PET-CT 机房	贮存地点：PET-CT 机房贮源间。 贮存方式：置于铅罐内。
3	/									
4	/									
5	/									

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 (MeV)	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	6	/	粒子能量小于 100 兆电子伏的医用加速器	住院 2 号楼负 3 楼：直线加速器治疗室 1	已有
2	/									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医疗诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	牙科 X 射线机	III	1	ORTH OPHO S XG 5 Ceph	90	16	诊断	口腔科	已有
2	口腔 X 射线机	III	1	KODAK2100	60	7	诊断	口腔科	已有
3	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	Ziehm Vision FD Vario 3D	110	20	诊断	手术室（住院 3 号楼 18 楼）	已有
4	移动式 X 射线机	III	1	Mux-10j	125	100	诊断	住院部 2 号楼负 1 楼	已有
5	移动式 X 射线机	III	1	AMX-4+	125	100	诊断	住院部 2 号楼负 1 楼	已有
6	移动式 X 射线机	III	1	AMX-4+	125	100	诊断	住院部 2 号楼负 1 楼	已有
7	血管造影 X 射线机	II	1	Allura Xper FD20	125	1250	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 5	已有

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
8	数字减影血管造影机	II	1	Heartspeed safire HC	150	800	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 4	已有
9	CT 机	III	1	SOMATOM Emotion16	130	345	诊断	门诊放射区 CT 室 2	已有
10	数字化 X 射线摄影机	III	1	Digital Diagnost	150	900	诊断	门诊放射区 DR 室 1	已有
11	DR 机	III	1	Essenta DR Compact	150	650	诊断	门诊放射区 DR 室 1	已有
12	数字 X 射线摄影机	III	1	N600	150	630	诊断	体检部 1 楼	已有
13	医用诊断 X 射线机	III	1	Definium6000	150	800	诊断	住院 2 号楼负 1 楼：DR 扫描室 2	已有
14	CT 机	III	1	BrillianceiCT	140	1000	诊断	门诊放射区 CT 室 1	已有
15	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 540	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室	已有
16	移动式 C 型臂 X 射线机	III	1	Ziehm 8000	110	20	诊断	手术室（住院 3 号楼 18 楼）	已有
17	口腔颌面锥形计算机体层摄影设备	III	1	i-CAT 17-19	120	5	诊断	口腔科：口腔科门诊	已有
18	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	III	1	uDR 370i	150	400	诊断	门诊放射区：署前街 9 号 妇儿病区	已有
19	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 520	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 2	已有
20	医用血管造影 X 射线机	II	1	Innova IGS 520	125	1000	介入检查和治疗	住院 2 号楼 1 楼：介入手术室 3	已有
21	乳腺 X 射线机	III	1	Senographe Essential,	49	100	诊断	住院 2 号楼负 1 楼：DR	已有

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大输出电流 (mA)	用途	工作场所	备注
				Senographe DS				扫描室 1	
22	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	SOMATOM Definition AS, 配置 128 层	140	800	诊断	住院 2 号楼负 1 楼: CT 扫描室	已有
23	X 射线计算机体层摄影设备	III	1	u CT550	140	420	诊断	门诊放射区: 发热门诊	已有
24	PET-CT	III	1	未定	/	/	诊断	住院 2 号楼负 3 楼: PET-CT 机房	新增 (本项目)
25	/								
26	/								

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2													
3													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度 (Bq/a)	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
病人排泄废水	液态	^{18}F	/	$75\text{m}^3/\text{a}$	/	废水通过专用管道排至衰变池暂存	衰变池贮存不少于 30d 后，直接排放进入市政污水管网
一次性注射器、口罩、擦拭纸和空药瓶、手套、注射器及擦拭棉签等	固态	^{18}F	/	$250\text{kg}/\text{a}$	辐射剂量率满足所处环境本底水平，且 β 表面污染水平小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$	集中收集暂存于放射性固体废物存储间，并编号记录存储日期	暂存间暂存超过 30 天后作为医疗废物处理
更换下的过滤器		^{18}F	/	$10\text{ kg}/\text{a}$			
退役后的 ^{22}Na 废源		^{22}Na	/	仅在放射源更换时产生		/	由生产厂家回收处理或由资质单位回收
工作场所/通风橱	气态	^{18}F	/	$1.85 \times 10^7 \text{ Bq}$	$1.28\text{Bq}/\text{m}^3$	过滤后直接排放	大气环境
臭氧	气态	/	/	少量	/	直接排放	大气环境

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L ，固体为 mg/kg ，气态为 mg/m^3 ，年排放总量用 kg 。

2. 含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度 (Bq/L ，或 Bq/kg ，或 Bq/m^3) 和活度 Bq 。

表 6 评价依据

法 规 文 件	(1)《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日实施； (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施； (4)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号（1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，根据 2017 年 7 月 16 日《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》修订），2017 年 10 月 1 日实施； (5)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号（2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》修订），2019 年 3 月 2 日实施； (6)《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 20 号（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议通过的《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正）； (7)生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，2021 年 1 月 1 日起实施； (8)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施； (9)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 29 日发布； (10)《关于印发<建设项目环境影响评价信息公开机制方案>的通知》，环发[2015]162 号，2015 年 12 月 11 日发布； (11)《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]66 号，2017 年 12 月 6 日； (12)《四川省环境保护条例》（修订），2018 年 1 月 1 日施行； (13)《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日实施； (14)《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 日发布；
------------------	--

	(15)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77号，2012年7月3日发布； (16) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，国家发展和改革委员会第29号令，2020年1月1日实施； (17)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发； (18) 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、国家国防科技工业局公告2017年第65号，2018年1月1日起实施。
技术标准	(1)《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）； (2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3)《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (4)《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (5)《医疗照射放射防护基本要求》（GBZ179-2006）； (6)《X射线计算机断层摄影放射卫生防护要求》(GBZ165-2012)； (7)《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； (8)《医用放射性废物的卫生防护管理》（GBZ133-2009）； (9)《操作非密封源的辐射防护规定》（GBZ11930-2010）； (10)《公众成员的放射性核素年摄入量限值》（WS/T613-2018）； (11)《临床核医学患者防护要求》（WS533-2017）； (12)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (13)《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）； (14)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）。
其他	(1)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； (2)四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知，川环函[2016]1400号，2016年9月22日发布； (3)建设单位提供的工程设计图纸及相关技术资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）的有关规定，对于丙级非密封放射性物质工作场所，评价范围确定为屏蔽墙体边界外 50m 范围。

项目周围均为城市建成区，主要为医院所属区域、院外的羊市街 21 号院（干休宿舍区）、四川省曲艺研究院（已拆迁），医院内的中医科（原市委 8#楼附属楼）、门诊五区（原市委 8#楼）、门诊二区（原市委 5#楼）为保护建筑，无自然保护区、风景名胜區、水源保护区等环境敏感点。

保护目标

根据本项目评价范围，确定本项目职业照射控制目标和主要环境保护目标。

职业照射控制目标：本项目辐射工作人员；

环境保护目标：评价范围内的其他医务人员（辐射工作人员除外）、患者陪护及其他人员。

本项目评价范围内的主要环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

保护目标			与辐射源 相对位置	距离（m）
PET-CT 工作场所	职 业 人 员	控制室 PET-CT 操作人员	NE	>5
		分装室分装操作人员	在通风橱旁	>0.5
		注射室注射操作人员	在注射台旁	>0.5
		PET-CT 维修人员	设备附近	>0.5
		阅片室医护人员	SE	>3
	公 众	机房顶部（地下二层）CT 模拟机房人员	楼上	>4
		候诊区其他人员	E	>12
		停车场司乘人员	SW	>8

评价标准

1、个人剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定，制定本项目管理剂量约束值。本次评价将其作为评价标准，见表 7-2。

表 7-2 本项目辐射环境影响评价标准

单位：mSv/a

分 类	基本标准限值（GB18871-2002）		剂量约束值/评价标准
职业照射	20（有效剂量）		5
	手、皮肤	500(当量剂量)	125
公众照射	1（有效剂量）		0.1

2、放射性表面污染控制水平

辐射工作场所内的表面以及工作人员的工作服、手套、工作鞋等处污染控制水平如表 7-3 给出。

表 7-3 放射性表面污染控制水平

表面类型		β 放射性物质（Bq/cm ² ）
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、放射性废物排放限值

(1)放射性废水

放射性废水排放执行《医疗机构水污染排放标准》（GB18466-2005）表 2 规定，即衰变池出水口废水的总 β 不大于 10Bq/L。

(2)放射性固体废物

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 4.2 规定，给出本项目放射性废物清洁解控水平，见表 7-4。

表 7-4 本项目放射性废物清洁解控水平推荐值

放射性核素	解控水平 (Bq/g)
^{18}F	1×10^1

表 7-4 中未给出清洁解控水平的放射性固体废物, 依照放射性废物处理相关规定予以整备、收集, 送交有资质的单位处理或由生产单位回收处理。根据《核医学工作场所辐射防护与安全要求》和《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 中的相关要求, 放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h, 表面污染水平 β 小于 0.4Bq/cm²。

4、空气中放射性核素导出浓度

根据《核医学工作场所辐射防护与安全要求》的相关要求, 本项目工作场所放射性废气排放的要求按 7-5 执行。

表 7-5 工作场所和周围环境空气中放射性核素的导出浓度和在剂量限值下允许吸入的量

核素名称	工作场所		公众 (排风口)	
	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度 Bq	浓度限值 Bq/m ³	吸入总活度 Bq
^{18}F	3.73×10^4	1.08×10^8	1.63×10^3	1.69×10^7

5、X 射线设备机房防护设施的技术要求

(1) X 射线设备机房使用面积、单边长度

本项目拟用 X 射线设备机房面积: 按《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 2 要求执行, 见表 7-6。

表 7-6 X 射线设备机房使用面积、单边长度要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)
PET-CT	30	4.5

(2) X 射线设备机房屏蔽

本项目拟用 X 射线设备机房屏蔽: 按《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 3 要求执行, 见表 7-7。

表 7-7 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 mm	非用线束方向铅当量 mm
PET-CT	2.5	2.5

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为使用丙级非密封放射性物质工作场所、III类射线装置和V类放射源，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此，本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目拟建地辐射水平，对项目拟建地辐射环境进行了现场监测。

1、监测方法与标准

- (1)《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2021）；
- (2)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；
- (3)《表面污染测定第一部分： β 发射体(E β max $\geq$ 0.15MeV)和 α 发射体》(GB/T 14056.1-2008)。

2、环境现状评价

(1) 评价对象

项目所在区域环境的辐射水平。

(2) 监测因子

环境 x- γ 辐射剂量率、 β 表面污染水平。

(3) 监测点位

在本项目评价范围内布设监测点位，监测点位描述见表 8-2。

3、辐射环境监测

2022 年 2 月 25 日，成都酉辰环境检测有限公司对本项目所在区域环境中的环境 X- γ 辐射剂量率及地表面 β 表面污染水平进行了监测，监测报告见附件 3。

(1) 监测环境条件

天气：晴；环境温度：13℃~15℃；环境湿度：40%~43%。

(2) 监测设备

现场监测设备的性能参数见表 8-1。

表 8-1 监测设备性能参数一览表

监测项目	监测设备		
	名称型号	测量范围	检定有效期
环境 X-γ 辐射剂量率	FH40G+FHZ672E-10 便携式 X-γ 剂量率仪 UCJC-Y-196	0.01μSv/h-100μSv/h	有效期至 2022.5.19
β 表面污染	TDC-9101+ADC-1121 a、β 表面污染仪 UCJC-Y-197	0.00-10.0k · s ⁻¹	有效期至 2022.5.17

(3) 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。

仪器检定：监测仪器具有计量检定合格证书并在其有效期内。

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。

数据处理与复合：监测报告实行三级审核制度，经编制、审核，最后由技术总负责人签发。

(4) 监测结果

现场监测结果列入表 8-2、表 8-3 中。

表 8-2 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位：nGy/h

监测编号	监测位置	X-γ 辐射剂量率		备注
		平均值	标准差	
1	拟建 PET/CT 检查室中央	143	2.9364	陶瓷 地砖
2	拟建药品分装操作间	154	3.4254	
3	拟建留观室/抢救室	150	2.6854	
4	拟建放射性废物暂存间	118	0.6654	
5	待注射药品病人候诊区	142	2.5734	
6	停车场（PET/CT 工作区东南侧外围）	142	1.8738	柏油路
7	停车场（PET/CT 工作区西南侧外围）	149	2.6437	
8	CT 模拟机房（PET/CT 检查室正上方 B2 层区域）	121	2.5483	水泥地
9	八宝大酒店楼前（PET/CT 工作区西北侧外围）	115	0.3134	陶瓷 地砖
10	明远楼楼前（PET/CT 工作区东北侧外围）	116	0.4771	

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

表 8-3 β 表面污染监测结果单位: Bq/cm²

监测 点位	监测位置	β 表面污染水平		备注
		平均值	标准差	
1	拟建 PET/CT 检查室中央地面	0.402	0.019	陶瓷地砖
2	拟建药品分装操作间地面	0.341	0.036	
3	拟建留观室/抢救室地面	0.324	0.020	
4	拟建放射性废物暂存间地面	0.275	0.005	

4、辐射环境质量现状评价

(1) 比较标准

项目所在区域环境辐射水平参考《2020 年四川省生态环境状况公报》中的监测数据，见表 8-4。

表 8-4 2020 年四川省环境电离辐射水平

监测地点	监测结果 (nGy/h)
全省 29 个自动监测站	γ 辐射空气吸收剂量率 (小时均值): ≤ 130 nGy/h 范围

(2) 辐射环境质量现状评价

① 区域环境中的辐射水平

由表 8-2 中可知,项目所在地环境 X- γ 辐射剂量率在 (115~154) nGy/h 之间,与《2020 年四川省生态环境状况公报》全省 29 个电离辐射环境监测自动监测站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率 (小时均值) (≤ 130) nGy/h 处于同一水平,属正常本底辐射水平。

② 区域环境中的表面污染水平

另外,从表 8-3 中的数据可见,项目所在区域地表的 β 表面污染水平在 (0.275~0.402) Bq/cm² 之间,符合《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于工作场所控制区和监督区 β 表面污染分别不超过 40Bq/cm² 和 4Bq/cm² 的要求,尚未发现本项目区域地表面被放射性物质污染。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1. 射线装置和放射性同位素描述

1.1 射线装置

1.1.1 装置类别

根据环境保护部/国家卫生和计划生育委员会公告[2017]66号《关于发布<射线装置分类>的公告》的相关规定，本项目使用1台PET-CT机，属III类射线装置。

1.1.2 主要技术参数

本项目射线装置名称、用途及主要技术参数详见“表1：表1-2”。

1.2 放射性同位素

本项目涉及使用的非密封放射性物质为 ^{18}F ，用于显像诊断。另外，使用1枚 ^{22}Na （V类）密封放射源进行校准。放射性同位素信息详见“表1：表1-1、表1-3”。按照GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录C，非密封源工作场所的分级判据如表9-1。

表 9-1 非密封源工作场所的分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表9-2、表9-3。

表 9-2 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 9-3 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放 射 源 状 态			
	表面污染水平 较低的固体	液体，溶 液，悬浮液	表面有污染 的固体	气体，蒸汽，粉末，压 力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》附录D“放射性核素的毒性分组”，本项目所使用的放射性核素毒性分组见表9-4。按照表9-2和表9-3，放射性同位素日等效操作量修正因子列入表9-4中。根据本项目使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目放射性同位素工作场所级别，见表9-4。

表 9-4 本项目非密封源工作场所分级

工作场所	PET 检查区域
核素名称	^{18}F
日最大操作量/ Bq	7.4×10^9
毒性分组	低毒
毒性组别修正因子	0.01
放射源状态	液态
操作方式	很简单的操作
方式与状态修正因子	10
日等效最大操作量/ Bq	7.4×10^6
工作场所级别	丙级

*注：①毒性修正因子和操作方式修正因子根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录C 确定；

②日等效操作量=日最大操作量*毒性修正因子/操作方式修正因子；

③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）的规定，医疗机构使用 ^{18}F 相关活动视为“很简单的操作”。

根据表9-4，本项目PET检查区域日等效最大操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，场所等级确定为丙级。

2. 工作原理、操作流程及产污工序简述

2.1 工作原理

2.1.1 放射性同位素(^{18}F)应用

^{18}F 的半衰期为109.8min，衰变类型为 β^+ 衰变，电子俘获(EC)，主要射线为511KeV的 γ 光子，最大正电子能量为633KeV，平均正电子能量为203KeV。

本项目使用的放射性药物为 ^{18}F -FDG (氟代脱氧葡萄糖)，其完整的化学名称为2-氟-2-脱氧-D-葡萄糖，通常简称为FDG。葡萄糖是人体三大能源物质之一，将可以被PET探测并形成影像的正电子核素 ^{18}F 标记在葡萄糖上，即 ^{18}F -FDG，它可准确反映人体内器官/组织的葡萄糖代谢水平，是目前PET-CT显像的主要显像剂。恶性肿瘤细胞由于代谢旺盛，导致对葡萄糖的需求增加，因此静脉注射 ^{18}F -FDG后，大多数肿瘤病灶会表现为对 ^{18}F -FDG的高摄取，通过PET-CT显像可早期发现全身肿瘤原发及转移病灶，准确判断其良、恶性，从而正确指导临床治疗决策。此外，通过对心肌、脑组织的 ^{18}F -FDG糖代谢功能测定，可早期发现和诊断存活心肌和脑功能性病变，干预疾病的发生发展，达到早期防治目的。

2.1.2 PET显像工作原理

PET即正电子发射断层显像 (Positron Emission Tomography) 的英文缩写。它作为一种先进的核医学影像手段，对于功能、代谢和受体分布等的显示具有优势，被称为“生化显像”或“分子成像”，利用核素示踪原理，在分子水平上，通过动态、定量的监测人体内部的生化变化来观察其功能状态，显示人体器官组织正常或病变。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物上，将标有带正电子化合物的放射性核素注射到受检者体内。让受检者在PET的有效视野范围内进行PET显像。

CT是计算机断层X射线摄影技术(Computed Tomography)的简称，它使用了精确准直的X射线从各种不同的离散角度扫描所关注的断层平面，利用探测器记录透射光束的衰减量，并经过数学运算，电子计算机处理相应数据，从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

PET在成像过程中由于受多种因素的影响，采集的数据与实际情况并不一致，图像质量失真，必须采用有效措施进行校正，才能得到更真实的医学影像。用CT图像对PET

进行衰减校正，使PET图像的清晰度大为提高，图像质量明显优于同位素穿透源校正的效果，且易于操作。校正后的PET图像与CT图像进行融合，经信息互补后得到更多的解剖结构和生理功能关系的信息对于肿瘤病人手术和放射治疗定位具有极其重要的临床意义。PET-CT同机融合具有相同的定位坐标系统，病人扫描时不必改变位置，即可进行PET-CT同机采集，避免了由于病人移位所造成的误差。采集后两种图像不必进行对位、转换及配准，计算机图像融合软件便可方便地进行2D、3D的精确融合，融合后的图像同时显示出人体解剖结构和器官的代谢活动，大大简化了整个图像融合过程中的技术难度、避免了复杂的标记方法和采集后的大量运算，并在一定程度上解决了时间、空间的配准问题，图像可靠性大大提高。

2.1.3 ^{22}Na 密封源

^{22}Na 密封源是用于PET的质量控制。PET在正式运行后，随着时间的推移，图像质量会明显下降。这时，采用 ^{22}Na 密封源对PET性能进行全面检测和系统修正。通过 ^{22}Na 密封源绕轨道运行，探头同时进行连续的数据采集，直至完成整个质量控制与系统校正过程。

2.1.4 PET-CT系统构成

PET-CT技术是把极其微量的正电子示踪剂注射到人体内，然后用PET探测这些正电子核素在人体全身脏器的分布情况，再结合CT的精确定位，准确的显示出人体各器官的生理代谢情况和解剖结构。

PET-CT系统是把PET和CT扫描器放在一个机架上，将两个机器有机地结合在一起的设备。再通过一台高档计算机和软件融合系统将两个装置采集的图像融合起来，这些装置的相互结合便构成了PET-CT。

PET-CT装置分两部分，前部是CT，后部是PET扫描机。患者检查时，首先进入CT扫描视野，CT扫描结束后，检查床自动进入PET扫描视野，开始PET扫描。CT扫描数据一方面用于结构解剖图像与PET图像融合，另一项是对PET发射扫描数据进行衰减校正。

基本结构：由PET系统、CT系统、一体化扫描机架、扫描床、计算机系统和辅助设备组成。

2.2 放射诊断流程与产污环节简述（图示）

2.2.1 PET-CT诊断流程简述

PET-CT 诊断流程如下：

- (1) 根据预约的病人量向供药公司订购非密封放射性物质 ^{18}F ，每日最大操作量为 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ，并由供药公司运输到医院；
- (2) 供药公司在早晨或下午将订购量的 ^{18}F 送往医院，运输过程由供药公司负责，运输过程 ^{18}F 药物放在铅罐内；
- (3) 供药公司送来的药物放入注射操作间通风橱暂存，待工作人员准备好后对病人进行注射，由于 ^{18}F 半衰期极短（109.7min），每次订购的放射性药物当天全部用完；
- (4) 注射室工作人员（作好防护措施，穿铅衣、铅手套等）将装有放射性核素的铅罐放在50mm铅当量通风橱内进行分装，单次最大分装量为10mCi，分装对病人进行药物注射，注射时，工作人员和病人采用隔离操作，注射台为50mm铅当量；
- (5) 每一位病人注射完药物后进入给药后候诊室进行静息观察，观察等待时间约30min~45min，期间禁止人员陪护，病人不得离开给药后候诊室；
- (6) 观察时间结束后，病人进入PET-CT检查室进行扫描，单次扫描时间约0.5~2min；
- (7) 扫描完成后，病人进入留观室，期间多喝水排泄，大约5min后，病人离开。

PET-CT检查诊断流程及产污环节如图9-1所示。

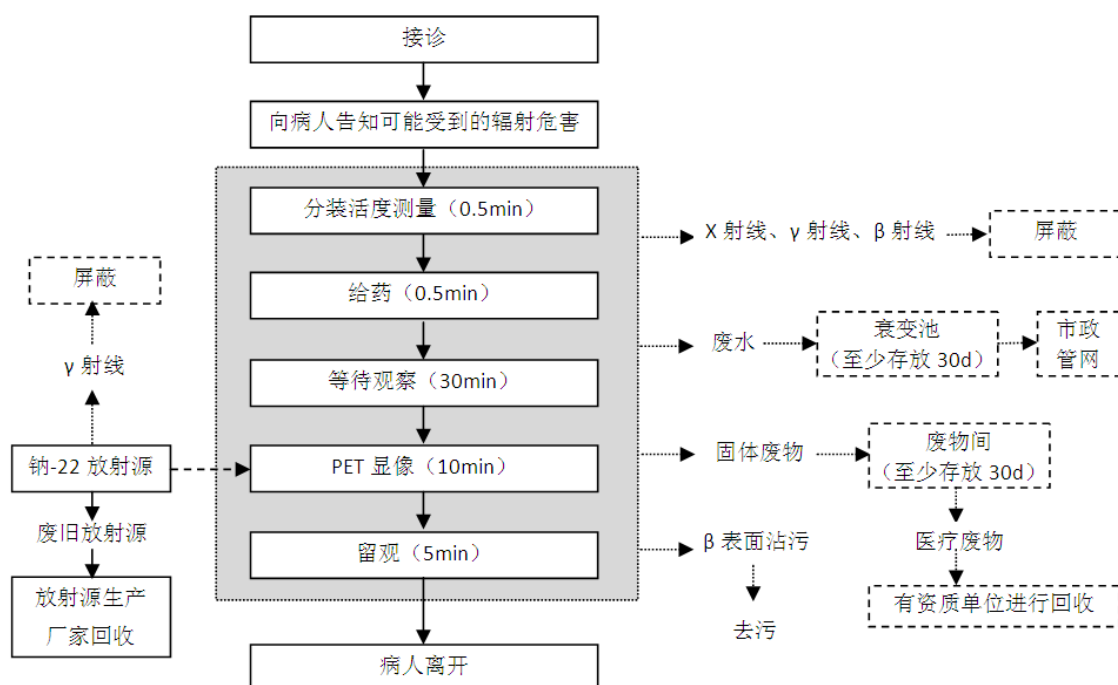


图 9-1 PET-CT 检查流程及产污环节示意图

2.2.1 产污环节简述

从图9-1可见，在使用PET-CT诊断过程中，将产生X射线、 γ 射线、放射性固废、放射性废水和臭氧，产污环节如下：

PET-CT衰减校正：在使用校准源 ^{22}Na 进行衰减校正过程中，因发生淹没辐射而产生 γ 射线。

CT机扫描：CT机扫描时，其X线管发生X射线，同时X射线使空气电离产生臭氧。

注射显像：受检者被静脉注射显像剂（ ^{18}F -FDG）后， ^{18}F 发出的正电子与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生 γ 射线。另外，还会产生废注射器、棉签等固废，以及受检者产生的含 ^{18}F 放射性废水。

2.3 核素的购买和管理

医院拟通过向有相关资质的放射性核素供应单位购买，来获得本项目所需的非密封放射性核素 ^{18}F 。目前，医院购买非密封放射性核素 ^{18}F 的单位尚未确定。 ^{18}F 的质保期为6h，只要从生产厂家到医院注射时间能满足6h的，都可以购买使用 ^{18}F 。医院根据临床诊断所需药物的使用量，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该医院PET-CT检查区域，医院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分装/注射室内的分装柜中。医院将自行对购买的放射性核素进行分装。严禁无关人员进入PET-CT检查区域，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PET放射诊断工作；核素交接结束前，医院严禁无关人员（包括进行PET放射诊断的患者）进入注射间区域。由于放射性核素 ^{18}F 半衰期很短，只有109.74min，因此医院应根据临床诊断所需的使用量，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，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，剩余放射性核素放置于铅罐内，剩余核素及铅罐由供应厂家回收。

医院制定放射性核素的管理制度，做好核素的领取、使用登记工作，并且在PET-CT检查区域各出入口设置监控系统和门禁系统，确保放射性药物的安全。

污染源项描述

一、建设期污染源项分析

本项目放射性工作场所均为医院已有建筑，建设阶段仅涉及在现有空置场所内（医院 2 号楼的地下第三层西端）进行改造装修，其他办公生活配套设施依托医院现有的设施。因此，本项目不涉及地基处理、构筑物建设等土建施工内容。

在改造施工期可能产生的污染物主要为施工废水、扬尘、弃土、施工机械噪声、建筑垃圾以及施工人员产生的生活污水和生活垃圾；在装修施工期间的污染物主要包括废气、废水、噪声及废弃的装修材料等。

在安装调试阶段，主要环境影响为 X 射线、 γ 射线和包装固体废物影响。

二、运行期污染源项分析

本项目运行后，产生的污染物主要由 X 射线、 γ 射线、 β 射线、放射性“三废”和非放射性污染物（臭氧、噪声、生活废水和固体废物）。

1、外照射

X 射线：本项目拟用的 1 台 PET-CT 射线装置在运行时，产生 X 射线；关机后，无射线产生。

γ 、 β 射线：PET-CT 设备使用的 ^{22}Na 校准密封源产生 γ 射线。 ^{22}Na 放射性同位素发生 β^+ 衰变，最大正电子能量为 633KeV，平均正电子能量为 203KeV； ^{18}F 的半衰期为 109.8min，衰变类型为 β 衰变，电子俘获(EC)，主要射线为 511KeV 的湮灭反应 γ 射线。另外，操作放射性药物时（如分装、注射、显像等环节）、使有放射性药物的患者、用于操作放射性药物的容器，工作场所地面、操作器械上的表面、工作服和鞋袜的表面污染等均会引起 γ 、 β 外照射，但主要还是来自放射性核素的分药、注射、显像及 PET-CT 扫描过程。

2、表面污染

放射性工作人员操作放射性药物时，有可能出现溢出、滴洒等，均会造成工作台面、地面、设备表面和操作器械的放射性污染；这些表面污染如果不及时发现、处理，会对人员产生外照射。

3、放射性“三废”

(1) 放射性废气（含¹⁸F气溶胶）

本项目¹⁸F为氟[¹⁸F]代脱氧葡萄糖注射液（¹⁸F-FDG），属于非挥发性液态物质，病人给药方式为注射，¹⁸F-FDG进入场所前，采用负压瓶进行密封存储，且采取注射器进行抽取分装，并最终通过静脉注射进入病人体内，在整个诊断过程中含¹⁸F气溶胶量很少，本次评价保守按¹⁸F日最大用量（ $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ）0.1%进行源项核算。

根据设计废气排放口总的排风量为 $7200 \text{m}^3/\text{h}$ （工作场所排风量 $6000 \text{m}^3/\text{h}$ ，通风橱排风量 $1200 \text{m}^3/\text{h}$ ），每天排风8h。经过两级过滤器处理，总过滤效率大于99%，经计算¹⁸F排放速率= $7.4 \times 10^9 \text{Bq} \times 0.1\% \times (1-99\%) / (8) = 9.25 \times 10^3 \text{Bq/h}$ ，废气排放口平均排放浓度= $9.25 \times 10^3 \text{Bq/h} / 7200 \text{m}^3/\text{h} = 1.28 \text{Bq/m}^3$ 。

(2) 放射性固体废物

① ¹⁸F采取注射的方式进行给药，产生的含¹⁸F固废废物包括：一次性注射器、针头、手套、药瓶、擦拭棉签等，产生量约50g/人·次。

② PET-CT使用的²²Na校准源每5~6年更换一次，更换时将产生²²Na废旧放射源。

③ 本项目废气排风口设置有活性炭过滤器，医院将每半年进行校正和更换，产生约10kg/a的含¹⁸F固废废物。根据前述分析，放射性固废产生情况见表9-6。

表 9-6 放射性固废产生情况

核素	来源	产生量	日最大病人数（人）	日产生量（kg/d）
¹⁸ F	一次性注射器、口罩、手套、药瓶以及擦拭棉签废物等	50g/人·次	20	1
	过滤器	10kg/a	/	/
²² Na	废旧放射源	每5~6年更换一次	/	/

(3) 放射性液体废物

①. 本项目¹⁸F诊断病人均不需要进行住院观察，在注射后在候诊及留观过程中会产生一定量的排泄废水及清洗废水，根据《建筑给排水设计规范》（GB50015-2010），门诊病人用水定额取15L/次·人，放射性废水产生量核算见表9-7。

表 9-7 放射性废水产生量核算

核素	来源	用水量（L/d·人）	排放量*（L/d·人）	日最大病人数（人）	日产生量（L/d）
¹⁸ F	排泄、清洗废水	15	15	20	300

*注：废水排放系数取1.0。

②.本项目医务人员及非 PET 检查病人产生的废水直接依托医院已有的废水处理设施进行处理后排入市政污水管网。

(4) 非放射性污染物

①臭氧：空气在 γ 射线和 X 射线照射下电离产生有害气体臭氧，由于射线装置及放射源能量较低，其臭氧产生量较少。

②噪声：工作场所的通风设备运行时，将产生一定的噪声，其噪声源强不超过 65dB(A)。

三、退役后污染源项分析

1、废 X 射线装置：本项目拟用的 1 台 X 射线装置达到使用期限时，可能会产生对环境造成危害的材料和零件，如 X 线射线管靶件等。

2、废旧放射源：PET-CT 系统使用的 ^{22}Na 校准源达不到使用要求时，将产生废旧放射源。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、辐射安全防护措施

1、辐射分区原则与区域划分

(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

控制区：PET-CT 检查室、放射性药物分装室、注射室、核素暂存库房、注射后候诊室、诊断后留观室/抢救室、放射性废物暂存间、衰变池间、病人卫生间、洁具间等控制区，以实体为边界。

监督区：PET-CT 设备间、控制室、护士站、办公室、阅片室、空调机房、排风机房、值班室、医生卫生间、更衣室、卫生通道、淋浴间等划为监督区，以实体为边界。

本项目 PET-CT 检查工作场所两区划分图见附图 9。

② 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，项目单位应做到：

1) 控制区的防护手段与安全措施

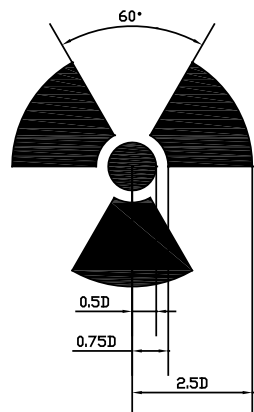
◆控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）。

◆制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；

◆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）

限制人员进、出控制区；

◆定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。



a. 电离辐射标志



b. 电离辐射警告标志

图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

2) 监督区的防护手段与安全措施

- ◆以黄线警示监督区的边界；
- ◆在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- ◆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。

2、场所的安全与防护

(1) 外照射防护

① 屏蔽防护

PET-CT 机房：使用面积约为 56.23m^2 。机房四周墙体防护为 370mm 实心砖墙（密度 $1.9\text{g}/\text{cm}^3$ ）+3mm 铅当量板材，顶面为 12cm 混凝土（密度 $2.36\text{g}/\text{cm}^3$ ）+3mm 铅当量板材，2 扇屏蔽门为钢结构铅防护门（10mm 铅当量），1 扇铅玻璃窗（10mm 铅当量）。

放射性废物间：四周墙体防护为 250mm 混凝土墙（密度 $2.36\text{g}/\text{cm}^3$ ），顶面为 12cm 混凝土（密度 $2.36\text{g}/\text{cm}^3$ ），1 扇屏蔽门为钢结构铅防护门（5mm 铅当量）。

注射室、分装室、储源间、注射后候诊室、诊断后留观室/抢救室、衰变池间，这些辐射工作场所四周墙体防护为 370mm 实心砖墙（密度 $1.9\text{g}/\text{cm}^3$ ），顶面为 12cm 混凝土（密度 $2.36\text{g}/\text{cm}^3$ ）。其中，分装室 2 扇屏蔽门为钢结构铅防护门（10mm 铅当量）、储源间 2 扇屏蔽门为钢结构铅防护门（5mm 铅当量）、

注射后候诊室和诊断后留观室/抢救室分别有 1 扇屏蔽门为钢结构铅防护门（10mm 铅当量）、注射室注射窗 40mm 铅当量。

将上述辐射工作场所拟采用的屏蔽材料及厚度汇总列入表 10-1 中。

查《放射诊断放射防护要求》（GBZ-130-2020）表 C.4、C.7，管电压为 125kV（有用线束）时，87mm 厚度的混凝土相当于 1.0mm 铅当量厚度，158mm 厚度的混凝土相当于 2.0mm 铅当量厚度，191mm 厚度的混凝土相当于 2.5mm 铅当量厚度，223mm 厚度的混凝土相当于 3.0mm 铅当量厚度。查《辐射防护手册》第三分册表 3.4，管电压为 150kV 时，370mm 实心砖墙（密度 1.9g/cm^3 ）相当于 4mm 铅当量厚度。

表 10-1 辐射工作场所屏蔽材料及厚度一览表

辐射工作场所	屏蔽体	设计厚度
PET-CT 机房面积： 56.23m^2	四周墙体	370mm 实心砖（密度 1.9g/cm^3 ）+3mm 铅当量板材
	观察窗/铅屏风	铅玻璃 10mmPb（1 扇），铅屏风 5mmPb（1 扇）
	防护门	钢结构，防护厚度 10mm 铅当量（2 扇）
	顶板	120mm 混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）+3mm 铅当量板材
放射性废物间	四周墙体	250mm 混凝土墙（密度 2.36g/cm^3 ）
	防护门	钢结构，防护厚度 5mm 铅当量
	顶板	120mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）
分装室、注射室、核素暂存库房	四周墙体	370mm 实心砖（密度 1.9g/cm^3 ）
	防护门	分装室 2 扇防护门（10mm 铅当量）、储源间 2 扇防护门（5mm 铅当量）
	注射窗	注射室注射窗 40mm 铅当量
	顶板	120mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）
注射后候诊室、诊断后留观室/抢救室	四周墙体	370mm 实心砖（密度 1.9g/cm^3 ）
	防护门	注射后候诊室 1 扇防护门（10mm 铅当量）、诊断后留观室/抢救室 1 扇防护门（10mm 铅当量）
	顶板	120mm 现浇混凝土（密度 2.36g/cm^3 ）

从表 10-1 中数据可见，X 射线设备机房的面积、机房内最小单边长度、机房的屏蔽防护厚度均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的相应要求。

环评要求：辐射场所在建设过程中，应注意以下问题：

1) 穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。穿越防护墙的导线、导管等不得影响其屏蔽防护效果。

2) 为防止辐射泄漏, 辐射场所的防护门与墙、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

3) 辐射工作场所要保证施工质量, 避免出现屏蔽薄弱处或者缝隙。

② 安全防护措施

在 PET-CT 工作场所, 除了 PET-CT 系统固有安全防护措施之外, 还拟采用了如下辐射安全防护措施:

◆警告设施

在 PET-CT 工作场所病员和医护进出口的防护门外均设置明显的电离辐射警告标志, 警示人员注意安全。

PET-CT 机房的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, 指示灯亮, 灯箱上以文字“射线有害、灯亮勿入”警示人员注意安全; 防护门打开时, 指示灯灭。

◆紧急制动装置

PET-CT 控制室的操作台上、诊治床上均安装供紧急情况使用的强制终止照射的紧急制动按钮。一旦在扫描中出现紧急情况, 工作人员按动紧急制动按钮就令 PET-CT 系统停止运行。

◆操作警示装置

PET-CT 扫描时, 操作台上、PET-CT 设备机架上的指示灯变亮。

◆对讲装置、呼叫系统

PET-CT 机房与控制室之间拟安装有对讲装置; 在注射窗口、注射后等待区等处安装呼叫系统, 便于医护人员与受检者之间对话和联系。

◆门禁系统

在 PET-CT 工作场所病员出、入口处采用单向门禁系统, 病员出、入由医护人员控制。

◆视频监控

在 PET-CT 工作场所出、入口处、注射窗口、服药窗口、PET-CT 观察室和留观室等处安装摄像头, 便于医生、护士及时观察受检者的情况。

◆核素暂存库房的防盗

A.库房的防护门拟采用防盗门，钥匙由专人负责保管。

B.库房内配备保险柜，钥匙由专人负责保管。

C.库房的防护门外安装摄像头，由医院保安人员 24h 视频监控。

(2) 室内表面污染防治

开放型放射性操作容易引起表面污染、容易产生内照射危害，针对这一特点，PET-CT 各工作场所室内表面污染防治如下：

①地板：地板应光滑、无缝隙、无破损。所用材料能耐酸碱，易去除放射性污染。可选用聚氯乙烯板、硬橡胶和耐酸金属板等铺地。铺设时，每块板之间要密合，与墙壁连接处要翻转到墙上 20cm 以上，地面要有一定坡度，在最低处尽可能设置地漏，以便清洗。

②墙面：PET-CT 各工作场所地面与墙面或墙面与天花板交接处应做成圆角，以利去污。PET-CT 各工作场所墙壁和天花板应全部刷油漆。同位素室离地面 1.5~2m 以下的墙壁，应刷上浅色油漆。最好采用易去污的高级氯化橡胶基油漆。

(3)工作台面：所有工作台面均应铺上耐酸碱而又光滑的材料，如钢化玻璃台面和上釉薄瓷砖台面等。在瓷砖的交接处用环氧树脂、水玻璃等抹缝。工作时，台面上最好能铺上一层廉价、可处理的、对台面起防止污染作用的材料，如聚乙烯薄膜等，以便经常更换。

(4)排水：PET-CT 工作场所应设独立的放射性下水道，排到专用放射性废水衰变池，集中暂存衰变。

(5)污物桶：PET-CT 各工作场所室内设置放射性污物桶，桶上有明显标志。桶内衬塑料膜口袋，装满废物时，把整个塑料袋一起拿出，集中在放射性废物暂存间暂存衰变。

(6)通风：PET-CT 工作场所拟设独立的通风系统，确保持室内有良好的通风。气流方向从清洁区到监督区再向控制区，保持工作场所负压。室内换气次数：每小时 8~12 次。

3、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、患者及本次评价范围内的其他人员（公众）。实际工作中，为减少人员照射剂量，普遍采取屏蔽防护、时间防护和距离防护措施。

◆屏蔽防护

依托辐射工作场所的有效实体，使四周环境中的人员安全得以保障。在相应场所内为患者配备个人防护用品（如铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、阴影屏蔽器具。PET-CT 各工作场所拟配个人防护用品见表 10-2。

◆时间防护

通过制定最优化的诊断方案，尽量减少辐射源的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

◆距离防护

保持与辐射源尽可能大的距离，使距离最大化。

◆安全操作

(1)工作人员在操作放射性核素前，应拟定出周密的工作计划和步骤，检查仪器是否正常，通风是否良好，个人防护用品（铅背心、铅帽、铅围脖、铅玻璃眼镜等）是否齐全。

(2)在正式操作放射性核素前，必须熟悉放射性核素的性质。

(3)有可能造成污染的操作步骤（如开瓶、分装等操作），应在通风柜内进行。操作放射性液体时，须在铺有吸水纸的瓷盘内进行，并根据射线的性质和辐射强度，使用相应的防护屏和远距离操作器械。

(4)凡装有放射性核素的容器，容器外均应贴有明显的标签（注明核素的名称、活度等信息）。

(5)场所内的设备和操作工具，不得随意携带出去。

(6)经常检查人体和工作环境的污染情况，发现超限值水平的污染,应及时去污处理。

(7)严格管理制度，防止放射性溶液泼洒、弄错或丢失。

本项目符合 GBZ130-2020 中 6.5 款放射学操作对个人防护用品和辅助防护设施配置的要求。

表 10-2 PET-CT 各工作场所个人防护用具一览表

工作场所	工作人员		患者和受检者
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品
PET-CT 检查室	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜（1套，防护厚度 0.5mmPb）	移动铅屏风（1个，防护厚度 10mmPb）	铅橡胶性腺防护围裙（方形）/方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（1套）
分装室 注射室	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶手套（4套，防护厚度 0.5mmPb）	通风柜 1 台，铅淋洗罐（若干个），注射器防护套（若干个，1.5mmPb）	/
抢救室	铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶手套（3套，防护厚度 0.5mmPb）	/	/

由表 10-2 可见，为减少操作带来的辐射危害，PET-CT 各工作场所为工作人员、患者配备的个人防护用品、辅助防护设施的种类和数量能够满足开展工作需要，满足相应辐射管理要求。

4 辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目所使用的丙级非密封放射性物质工作场所、III类射线装置及 V 类放射源的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-3。

表 10-3 辐射工作场所安防措施一览表

措施类别	对应措施
防火	整个PET 检查区域安装有烟气报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目PET 检查区域禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时储源室内人员易接触的地方配备干粉式灭火器。
防水	本项目距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同时整个PET检查区域地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
防盗、防抢、防破坏	①整个PET 检查区域控制区进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入控制区内。 ②储源室设置有保险柜并设置双人双锁，放射源的转入、转出均由专人进行台账管理； ③整个PET检查区域控制区内外及储源室设置严密的监控系统，实行24h实施监控，并将PET检查区域作为保安人员重点巡查范围。

续表 10-3 辐射工作场所安防措施一览表

措施类别	对应措施
防火	整个PET 检查区域安装有烟气报警装置和消防栓，且各个房间功能单位需满足《建筑设计防火规范》（GB50016-2006），本项目PET 检查区域禁止储存易燃、易爆、腐蚀性等其他一切与本项目无关的物品。同时储源室内人员易接触的地方配备干粉式灭火器。
防水	本项目距离地表水体距离较远，不受地表水体影响，同时整个PET检查区域地面均做了较好的防水设计，项目区域不受地下水影响。
防盗、防抢和防破坏	①整个PET 检查区域控制区进行封闭管理，并设有门禁系统，非相关人员不能直接进入控制区内。 ②储源室设置有保险柜并设置双人双锁，放射源的转入、转出均由专人进行台账管理； ③整个PET检查区域控制区内外及储源室设置严密的监控系统，实行24h实施监控，并将PET检查区域作为保安人员重点巡查范围。
防泄漏	放射性同位素： ①本项目使用的非密封放射性物质及放射源均来自于正规生产厂家，出厂时包装用铅罐密闭，铅罐表面剂量满足标准要求，且用完后的空铅罐经表面去污处理后放置于储源间内待厂家进行回收； ②PET检查区域采取有效的实体屏蔽措施，能够达到《临床核医学放射卫生防护标准》（GBZ120-2020）中的Ⅱ级工作场所的防护要求； ③建设单位自行配备便携式X-γ辐射监测仪及β表面沾污仪，并进行定期或不定期场所监测，发现异常及时查明原因并进行处置，防治射线泄漏。
	射线装置： ①本项目所使用的Ⅲ射线装置和均购置于正规厂家，出厂时X射线漏射满足《X射线计算机断层摄影放射防护要求》（GBZ165-2012）； ②射线装置工作场所均已按照《医用X射线CT机房的辐射屏蔽规范》（GBZ/T180-2006）和《医用X射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）进行了辐射防护设计，机房屏蔽体外30cm处剂量率能满足2.5μSv/h 标准要求。

三废治理

1、放射性“三废”防治措施

(1)放射性废液

PET-CT 工作场所在使用放射性药物过程中将产生一定量的放射性液体废物。具体处理措施如下：

1) 放射性废液的收集处理

PET-CT 工作场所产生的放射性液体废物主要为施药 (^{18}F) 后患者的排泄物。分装室的清洗池和地漏、PET-CT 观察室的专用卫生间及留观室等, 均通过专设的放射性下水管道接入放射性废水衰变池。按照《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021) 的规定, 对于所含核素半衰期小于 24h 的放射性废液暂存时间超过 30d 后, 可直接接控排放。因此, 本项目产生的含 ^{18}F 的放射性废水在衰变池暂存 30d 后, 直接排入医院医疗废水处理站。

2) 放射性废水衰变池

2 个放射性废水衰变池 (单个体积: $2\text{m} \times 1.5\text{m} \times 3\text{m} = 9\text{m}^3$), 用于收集分装室、PET-CT 留观室和 PET-CT 给药后候诊室的专用卫生间及留观室等处产生的放射性废水和事故应急时清洗产生的放射性废水。放射性废水衰变池位于医院 2 号楼的地下第三层西南边, 与 PET-CT 项目其他区域实现了物理隔离, 非相关工作人员不可达, 并在显著位置设置明显的电离辐射警示标志。

2 个衰变池采用并联连接方式。按门诊病人每人用水 15L 估算, PET-CT 系统每天最多检查 20 人次, 每天废水产生量 $0.3\text{m}^3/\text{d}$, 30d 废水产生量 9m^3 。本项目单个衰变池设计容积为 9m^3 , 可满足 30 d 的计划废水产生量。因此, 本项目 2 个衰变池能够满足 PET-CT 工作场所产生放射性废水的贮存衰变要求。

衰变池采用钢结构, 周围包不锈钢板。衰变池防渗、防漏措施: 衰变池、下水道全部采用防渗水泥。本项目衰变池设计图见附图 7 所示。

运行方式: 两个衰变池本体均设单独的进水管、电磁阀门、液位传感器、浮球阀报警装置及潜水泵。产生的废水经放射性下水道、污泥池进入衰变池 1, 待衰变池 1 废水接满浮球阀门报警后, 电磁阀自动/手动切换接入到衰变池 2。同理, 待衰变池 2 废水接满浮球阀门报警后, 电磁阀自动/手动切换再接入到衰变池 1。衰变池废水贮存放置不少于 30d 后, 人工手动潜水泵将废水排入院内医疗废水处理站, 然后等待下一次贮存废水。在满足放射性废水贮存衰变要求的情况下, 两个衰变池自动交替贮存衰变和排放废水。

环评要求:

◆衰变池体上应预设取样口。

◆衰变池内应配置铰刀型潜污泵、高压水枪冲洗装置、电动/手动控制电动蝶阀,

用于池体冲洗，防止污泥硬化淤积或堵塞进、出口。

◆衰变池应设置有过滤的沼气排放管道，防止废液衰变池超压。

◆放射性废水收集的管道走向、阀门和管道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，避免放射性废水集聚，便于检测和维修。

◆卫生间、盥洗水盆等应选用脚踏式或感应式开关，以减少场所内的设备污染。

◆当辐射工作场所的上水管道与放射性废水管道平行敷设时，他们之间的距离，一般不应小于 3m，其标高应高于放射性废水管道。当交叉敷设时，应设在放射性废水管道的上方，距离至少大于 1m，且交叉处应避开放射性废水管道的焊缝并给废水管道加套管隔离。

(2)放射性固废的处理

①放射性固废收集

1) 按放射性废物分类的要求，先区分放射性废物与解控废物，以控制和减少放射性废物的产生量。然后将废物按可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性，分开收集。

2) PET-CT 项目检查室、分装室、注射室、给药后候诊室、留观室均放置固体放射性废物临时收集容器（若干个，单个体积 25L，防护厚度 10mm 铅当量，脚踏式开关），收集容器内放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋密封，不破漏，及时转送到放射性废物暂存间，并放入专用贮存容器（4 个，单个体积 50L，防护厚度 10mm 铅当量，脚踏式开关）中贮存。临时收集容器和专用贮存容器上的显著位置设置电离辐射警示标志。

②放射性废物转运

放射性废物包装体外的表面剂量率不超过 0.1mSv/h， β 表面污染水平不大于 0.4Bq/cm²，每袋重量不超过 10kg。装满废物的塑料袋密封，由辐射工作人员（专人负责、运送过程佩戴个人防护用品）转送至放射性废物暂存间存储。

③放射性废物暂存

1) PET-CT 项目设有专用的放射性废物暂存间。

2) 放射性废物暂存间内设通风换气装置，能够对放射性废物暂存间进行通风换气。放射性废物暂存间按照控制区管理，入口处（防护门）外配置电离辐射警示标志，

采取有效的防火（灭火器）、防丢失（防盗门）、防放射性泄漏（实体墙）等措施。

3) 放射性废物暂存间内设有专用贮存容器用于盛放固体放射性废物袋，不同类别的废物分开存放。盛有废物的容器表面上的显著位置标有废物所含核素名称、废物类别、入库日期等信息，并做登记记录。

4) 放射性废物暂存间内不存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

④固体放射性废物处理

1) 含 ^{18}F 的固体废物在暂存间存储时间超过 30d 后，进行表面剂量率、表面污染水平监测，符合清洁解控水平的，按医疗废物处理。

2) 不能按解控废物处理的固体放射性废物，如废 ^{22}Na 放射源由生产厂家直接回收处理或被送往四川省城市放射性废物库贮存。

3) 固体放射性废物的存储和处理将安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、入库日期、解控或送贮日期、责任人员等信息。

(3)放射性废气的处理

①通风

为确保 PET-CT 工作场所有较好的通风，拟安置一套通风系统，风机安置在 PET-CT 工作场所东侧的机房内，排风口设在大楼顶部。室内换气次数：10 次/h~14 次/h，符合丙级场所换气次数 4 次/h 的要求。

PET-CT 工作场所通风管道平面布局见附图 8。

②废气净化装置

为防止 PET-CT 工作场所产生的放射性废气进入外环境，拟在 PET-CT 工作场所排风管道汇集处安装废气二级处理净化装置，废气通过净化装置集中净化后进入大气环境。分装室拟安装一套备有活性炭过滤的通风柜，用于放射性核素操作。气体通过通风柜排风管处的活性炭过滤后排入大气环境，风速不小于 0.5 m/s。

本项目废气净化材料拟用活性炭，每年更换一次。每年度对排风口的空气中放射性核素 ^{18}F 浓度监测一次，以确定过滤效果。更换下来的失效的活性炭按放射性固废进行收集、处理。

2、非放射性污染防治措施

本项目在运行期间产生的非放射性污染物主要是臭氧、噪声、生活污水和固体废物。具体治理措施如下：

(1)臭氧治理措施

本项目在运行期间产生的臭氧来自 X 射线设备曝光过程。为确保患者、医护人员的安全，在 X 射线设备工作场所采用机械通风方式，及时将室内的臭氧排出室外。

(2)噪声治理措施

①噪声源：主要是风机、通风管道。

②噪声防治措施：

◆选用低噪声设备；

◆通风管道及相关设备采用抗震支吊架，并在基础四周设限位器固定；

◆通风空调与风管连接均采用软接；

◆空调器、风机进出口均设消声静压箱或阻抗复合式消声器；

◆风机、空调机组等设备设防震基础，噪声较大设备采用机房隔离，并在系统进出风管上设置消声器。

(3)废水处理措施

项目运行后，产生的废水主要为生活废水（患者排泄的含有造影剂的尿液按生活废水处理）。生活废水排进入院内污水处理站，采用“预处理+一级强化处理+二氧化氯消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过医院污水排放口排入市政污水管网，进入成都市第九（新建）污水处理厂，处理达《四川省岷江、沱江流域水污染物排放标准》（DB51/2311-2016）中的城镇污水处理厂排放标准后排入锦江。

(4)固体废物理措施

项目运行后，产生的固体废物主要为生活垃圾和医疗废物。生活垃圾在医院生活垃圾暂存间集中暂存，由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。本项目产生的医疗废物在医院医疗废物暂存间集中暂存，由有资质的医疗废物处置单位统一收集、清运和处理。

三、退役

本项目拟用的 1 台 X 射线设备达到使用期限后，将进行报废处理。对 X 射线设备

内的高压射线管进行拆除和去功能化，并严格执行相应报废程序。

四、环保投资：

本项目总投资 3069.4 万元，其中环保投资投资 331.7 万元，占总投资 10.81%，辐射防护与安全设施等投资列入表 10-4。

表 10-4 辐射安全与环保措施投资一览表

项目	内 容	数量	金额（万元）	备注
辐射 防护 措施	PET-CT 检查室、注射操作间、放射性废物间、注射后留观区/抢救室、消洗间、卫生间、等墙体、门、观察窗等防护。	/	150	/
	分装通风橱	1 台	10.0	50mmPb
	一体化注射装置	1 台	5.0	50mmPb
	扫描床前屏风	1 个	5.0	10mmPb
	手动分装装置	1 个	10.0	50mmPb
	床旁隔离屏风	1 个	5.0	10mmPb
	注射器防护盒	2 个	2.0	5mmPb
	注射器防护套	2 个	2.0	2ml, 9mmPb
	注射器防护套	2 个	2.0	5ml, 9mmPb
安全 装置 设施	工作状态指示灯	2 个	1.0	/
	控制区监控系统	/	20.0	场所全覆盖
	储源间保险柜	1 个	2.0	双人双锁
	PET-CT 检查室操作台紧急止动开关	1 个	1.0	
	控制区入口及出口单向门禁系统	1 套	1.0	
	电离辐射警告标志	若干	0.5	
	场所控制区、监督区划分地面标识	若干	0.5	
个人 防护 用品	个人剂量报警仪	6 个	8.0	
	个人剂量计	12 个	1.8	
	辐射工作人员防护铅服、铅帽、铅眼镜、铅围脖、铅围巾（0.5mm 铅当量）等	4 套	8.0	
	表面污染清洗剂	/	0.5	

续表 10-4 辐射安全与环保措施投资一览表

项目	内 容	数量	金额（万元）	备注
废水	控制区独立下水系统	1 套	20.0	
	一体式衰变设施（单个容积 9m ³ ）	1 套	20.0	
固体 废物	注射操作间、注射后休息室、卫生间、留观室 等专用废物收集桶	6 个	1.0	
	放射性废物储存桶	4 个	4.0	30mmPb
放射 性废 气	通风橱及控制区房间独立排风系统	1 套	20.0	
	活性炭过滤装置	1 套	10.0	过滤效率 大于90%
监测 设备	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台	2.0	/
	β 表面沾污仪	1 台	3.0	/
其他	辐射工作人员上岗培训	6 人	2.4	/
	规章制度上墙	/	5.0	
	应急和救助的物资准备	/	10.0	
合 计			331.7	

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、非放环境影响分析

本项目放射性工作场所均为医院已有建筑，建设阶段仅涉及在现有空置场所内（医院 2 号楼的地下第三层西端）进行改造装修，其他办公生活配套设施依托医院现有的设施。因此，本项目不涉及地基处理、构筑物建设等土建施工内容。

在改造施工期可能产生的污染物主要为施工废水、扬尘、弃土、施工机械噪声、建筑垃圾以及施工人员产生的生活污水和生活垃圾；在装修施工期间的污染物主要包括废气、废水、噪声及废弃的装修材料等。

1、大气环境影响分析

本项目施工期产生废气的作业主要为施工时产生的扬尘及装修废气等。本项目施工期间主要进行室内的改造装修，扬尘产生量较小。施工中采取湿法作业，尽量降低粉尘对施工区域周围环境的影响，因此，施工期产生的少量扬尘对项目周围大气环境影响较小。另外，装修过程中产生的废气污染物相对较少，采用“环保型”油漆及涂料，加强通风或室内空气净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

2、水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水。项目建设施工高峰期施工人员预计可达 10 人，生活用水按 $0.05\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算，日用水量约 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，以产生系数 0.8 计，生活污水产生量为 $0.4\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水依托医院已有污水处理设施进行处理后排入市政污水管网，经城市污水处理厂处理后达标排放，不会对周围水环境产生大的影响。

3、声环境影响分析

本项目施工期噪声源主要有施工机械和设备，由于本项目工程量小，施工作业较少，施工方式主要为人工施工，机械设备的使用较少，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工期的结束而消失。因此，本项目施工对周围声环境影响时间和强度均较小。施工期间，施工机械、设备的噪声时起时停，针对施工期声环境影响，施工期噪声污染防治措施具体有：①合理安排施工进度和作业时间；②优先选用低噪声设备，日常应注意对施工机械、设备的维修、保养，使其保持良好的运行状态；③对施工人员进场进行文明施工教育，施工中不准大声喧哗。

经采取上述有效措施后，加之本项目施工场所在地下第三层，可大幅降低施工过程中噪声对周围环境的影响，场界噪声可满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准的要求。待施工结束后这些影响也将随之消失，施工期噪声对周围声学环境不会造成明显影响。

4、固体废物

固体废物主要是生活垃圾和建筑垃圾。施工期生活垃圾产生量较小，依托已有的环保设施，经垃圾桶收集后定期清运。在施工活动中，应严格禁止随意抛洒垃圾的行为。本项目产生的建筑垃圾首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，并由施工单位与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

二、安装调试过程影响分析

本项目 PET-CT 系统的安装、调试应由设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。采取相应措施后对环境的影响较小。

综上所述，本项目施工期较短，工程量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响较小。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

运行阶段对环境的影响

一、项目正常运行阶段辐射环境影响分析

本项目拟设置 1 个 PET 检查室，属于丙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台医用 PET-CT 系统（属 III 类射线装置），2 个 ^{22}Na 校准源，均属 V 类密封源。在项目正常运行期间，对环境的影响主要分为放射性影响和非放射性影响两个方面。两者中放射性环境影响是主要的，主要是使用 PET-CT 系统的过程中产生的 X 射线、 γ 射线、 β 射线对辐射工作人员、公众和环境造成的辐射影响；而对非放射性污染物的环境影响只进行简要定性分析。

（一）非密封放射性物质辐射影响分析

本项目 PET-CT 检查拟使用核素 ^{18}F 作为显像剂，根据提供的资料，保守估算核素 ^{18}F 的日等效最大操作量为 $7.4 \times 10^6 \text{Bq}$ ，属于丙级非密封放射性物质工作场所，根据《电

离辐射防护与辐射源安全标准》（GB18871-2002）和《放射源分类管理办法》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号）规定，应参照 III 类密封型放射源工作场所的相关要求实施辐射安全管理。

根据项目工程分析，非密封放射性物质工作场所的污染特点是放射性核素可能释入环境，既有电离辐射污染，又可使仪器设备、环境等受到放射性污染，还可能产生含 ^{18}F 气溶胶的废气、含 ^{18}F 废水及含 ^{18}F 固体废物。

1、β 射线辐射影响分析

本项目涉及使用的 ^{18}F 核素在衰变过程中会有 β 粒子，但由于 ^{18}F 衰变产生的是正电子，迅速发生湮灭反应其 β 射线辐射影响较小。

2、γ 射线辐射影响分析

(1) 工作负荷

PET-CT: ^{18}F ，检查 20 人/d，每天上下午各 10 人，配送 ^{18}F 药品的公司，上下午各供药一次。每年工作 250d，每人使用的核素最大活度为 $3.7\times10^8\text{Bq}$ （即 10mCi）。

(2) 预测模式

由《辐射防护手册》第三分册查出 ^{18}F 对应铅、混凝土和砖的半值层分别为 5.7mm、64mm 和 91mm； ^{18}F 的照射量常数 Γ 查表得到为 $0.143\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。公式参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）“附录 I 屏蔽计算方法”，保守起见，核素（ ^{18}F ）工作场所的屏蔽，采用瞬时剂量率计算方法。

辐射剂量率计算公式为：

$$H_p = A \cdot \Gamma \cdot K / R^2 \dots\dots\dots \text{式 11-1}$$

$$K = 10^{-\frac{x}{\text{TVL}}} \dots\dots\dots \text{式 11-2}$$

$$H = H_p \times T \times t \times U \dots\dots\dots \text{式 11-3}$$

式中：H_p 为关注点剂量率，μSv/h；

K 为屏蔽减弱系数，无量纲；

A 为放射源的预期最大放射性活度，MBq；

Γ 为空气吸收剂量率常数，μGy·m²/(h·MBq)；

R 为距放射源的距离，m；

x 为屏蔽层的厚度，mm；

TVL 为半值层厚度，mm；

H 为年有效剂量当量，μSv/a；

t 为年受照射时间, h/a;

T 为居留因子;

U 为使用因子, 取 1。

本项目所用核素 ^{18}F , 影像中心根据与受检者预约情况向药物供应商订货, 由药物供应商按需将药物放置于防护罐 (50mmPb), 运输至分装室待用。

根据项目单位提供的资料, 本项目 PET-CT 给药后候诊室最多 1 人候诊; 检查后留观室内最多有 2 人; PET-CT 扫描间每次仅能扫描 1 个受检者, 受检者注射药物经过一段时间的等待, 药物活度已经小于 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi)。保守计算, 不考虑受检者在候诊过程中药物衰减, 按单个受检者 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi) 点源计算。实心砖 (密度为 1.65g/cm^3), 混凝土密度 (2.5g/cm^3), 硫酸钡防护涂料 (密度为 3.8g/cm^3)。预测关注点示意图见图 11-1。

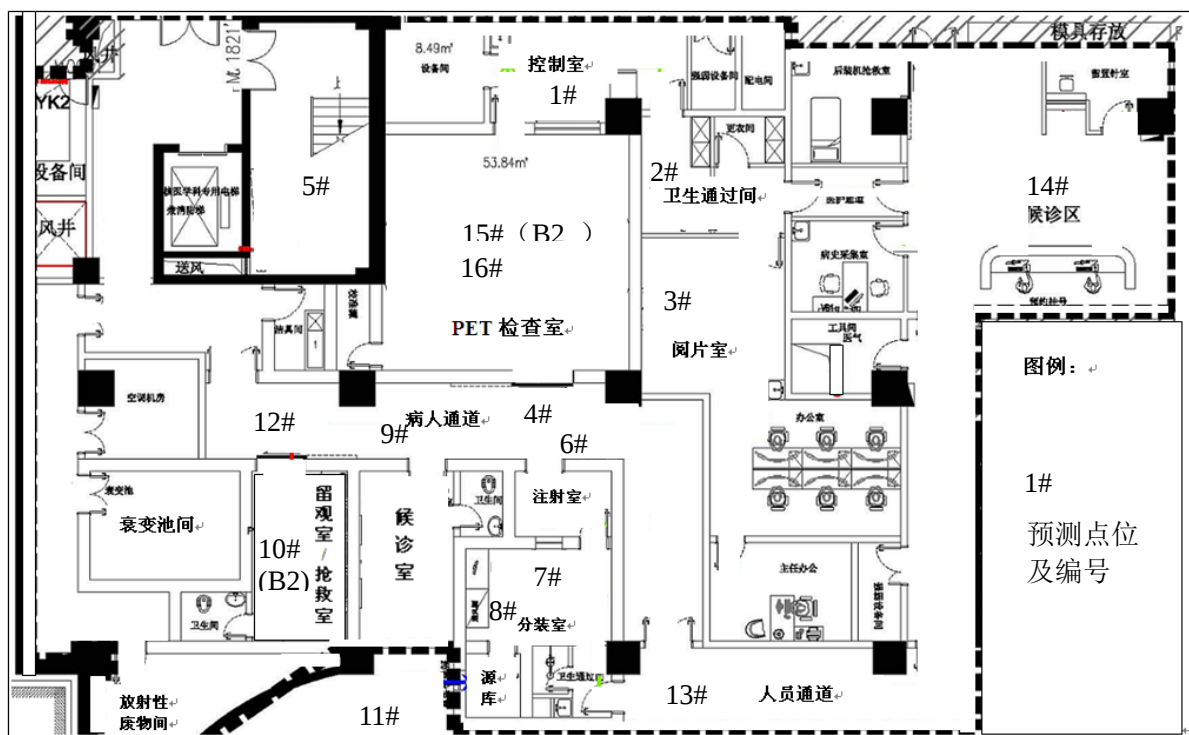


图 11-1 预测关注点示意图

根据式 11-1、11-2, PET-CT 检查区域辐射剂量率计算结果见表 11-1。

表 11-1 PET-CT 检查区域辐射剂量率计算结果表

编号	关注点位置	源强 (MBq)	与源的距离 (m)	屏蔽材料及厚度	辐射水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	受照者类型
1	PET/CT 检查室东北侧控制室	370	5	铅玻璃,10mmPb	3.72×10^{-2}	职业
2	PET/CT 检查室东南侧卫生通道间	370	4	370mm 实心砖+3mmPb 板材	8.47×10^{-5}	
3	PET/CT 检查室东南侧阅片室	370	4		8.47×10^{-5}	
4	PET/CT 检查室西南侧防护门外走廊	370	4	钢结构, 防护厚度 10mmPb	5.82×10^{-2}	
5	PET/CT 检查室西北侧楼梯间	370	5	370mm 实心砖+3mmPb 板材	5.42×10^{-5}	公众
6	注射室外走廊	370	3	370mm 实心砖	5.05×10^{-4}	
7	分装室注射台前	370	0.5	铅玻璃, 40mmPb	2.03×10^{-5}	职业
8	分装室通风橱前	3700	0.5	50mmPb 通风橱+0.5mmPb 铅衣	2.94×10^{-6}	
9	给药后病人待诊间门外人员通道	370	3	370mm 实心砖	5.05×10^{-4}	公众
10	留观室上方 B2 层	740	4	120mm 混凝土	8.80×10^{-2}	
11	源库外侧停车场	3700	5	370mm 实心砖	1.82×10^{-3}	
12	留观室外走廊	740	3	370mm 实心砖/防护门 10mmPb	1.01×10^{-3}	
13	分装室东南侧门外人员通道	370	5	370mm 实心砖/防护门 10mmPb	3.72×10^{-2}	
14	待注射病人候诊区	370	15	370mm 实心砖+3mmPb 板材	6.02×10^{-6}	
15	PET/CT 检查室正上方 B2 层区域(CT 模拟机房)	370	4	120mm 混凝土+3mmPb 板材	8.47×10^{-5}	职业
16	PET/CT 检查室医生摆位处	370	0.5	10mmPb 铅屏风+0.5mmPb 铅衣	3.05	

从表 11-1 可以看出, 工作场所四周的辐射剂量率小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$, 屏蔽设计满足要求。

实际受检者在 PET-CT 待检室、检后留观室等待过程中, 因为 ^{18}F 的半衰期较短, 由于衰变的作用, 受检者体内核素的活度不断减小, 因而对墙外或门外的辐射影响也不断降低。

(二) 射线装置辐射影响分析

1、屏蔽厚度合理性分析

本项目 PET-CT 检查室有效使用面积为 56.23m²，最小单边长度为 7.037m，满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）表 2 中 CT 机（单管头）最小有限使用面积 30m² 和最小单边长度 4.5m 要求。根据《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013），X 射线设备机房屏蔽防护应满足表 11-2 所列要求。

表 11-2 X 射线设备机房标准防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量（mm）	非有用线束方向铅当量（mm）
CT 机房（单管头）	2（一般工作量）	2.5（较大工作量）

本项目 III 类射线装置机房屏蔽状况见表 11-3。

表 11-3 PET-CT 检查室屏蔽状况

工作场所	墙体	屋顶	防护门	观察窗
PET-CT 检查室	四周墙体 370mm 实心砖+3mmPb 板材	120mm 混凝土+3mmPb 板材	10mmPb 防护门	10mmPb 铅玻璃

根据表 11-3，本项目所使用的 PET-CT 检查室的设计屏蔽状况满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）屏蔽防护铅当量厚度要求，其屏蔽设计合理。

2、辐射影响分析

PET-CT 系统 CT 部分为 III 类医用射线装置，机房墙体、门、窗、屋顶的防护厚度均能满足《医用 X 射线诊断放射防护要求》（GBZ130-2013）、《医用 X 射线 CT 机房的辐射屏蔽规范》（GBZ180-2006）中要求，以上标准中机房屏蔽厚度参数是以机房外人员受照剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量要求而设定的，而本项目机房设计方案各项防护参数均大于标准要求，由此偏保守推测，设备正常运行时对机房外环境的影响可满足本项目评价标准要求。

（三）放射源（校准源）辐射影响分析

PET-CT 系统配套使用 1 枚 ²²Na 放射源（点源、活度 1.48×10⁷Bq、V 类）进行校准，用于设备质量控制；另外使用 6 枚 ²²Na 放射源（点源、单枚活度 3.7×10⁵Bq、豁免水平；棒状、6 枚总活度 2.22×10⁶Bq、V 类）进行图像配准。

所有放射源购于具有销售资质单位的公司，放射源在进场时带有至少 10mm 铅罐进行屏蔽，一般情况下放射源储存在储源室的保险柜内，进行图片质量校准时从储源室中取出放置在需要校准的设备上采集信息。处于贮存状态时，贮存容器和储源室的屏蔽设施能够完全屏蔽掉 γ 射线对周围环境的影响。校准状态时，使用场所在做了专

门防护的扫描间内，同时，放射源需放置在设备自带屏蔽体内部，对周围环境影响可忽略不计。校准时间选择在非运营时间，故不会有非相关人员的进入。专门负责的校准工作人员穿着专门的铅衣在扫描间对机器进行校准，且本项目使用的校准源活度较低，根据《密封 γ 放射源容器卫生防护标准》（GBZ114-2006）密封 γ 源容器外表面1m处任一点的空气比释动能率（活度小于 $3.7\times 10^{10}\text{Bq}$ ）不得超过 0.05mGy/h ”，本项目单枚放射源年存取时间小于1h，操作放射源职业人员受照射剂量小于 0.1mSv/a 。因此，校准源使用过程中对周围环境影响很小，对工作人员的剂量贡献较低。

（四）保护目标所受剂量评价

本项目拟新增辐射工作人员5人（2名护士、2名技师、1名医护及场所管理人员）。PET检查区域药物分装和注射均由护士负责，设备操作和摆位由技师负责。根据上述估算的瞬时剂量率以及提供的资料，在严格按照设计提供的屏蔽防护方案建设后，辐射工作人员和周边公众年有效剂量计算结果如下：

1、分装取药时的剂量估算

根据以上估算，分装取药过程中工作人员在分装柜前受照剂量为 $2.94\times 10^{-6}\mu\text{Sv/h}$ 。本项目PET-CT显像检查中， ^{18}F 每天的最大操作量为 $7.4\times 10^9\text{Bq}$ ，每人分装约1min，分装时间约20min，一年工作250d，由2名护士轮流负责分装工作。居留因子T取1，使用因子U取1，根据式11-3计算可得，分装放射性药物时，每名护士所受的年有效剂量为 $1.24\times 10^{-7}\text{mSv}$ 。

2、注射放射性药物时的影响分析

根据以上估算，注射室注射位工作人员的受照剂量为 $2.03\times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$ 。本项目中 ^{18}F 在注射室采用静脉注射的方式给药。本项目PET-CT显像检查的使用量最大为 $3.7\times 10^8\text{Bq}$ /人，年就诊人数按5000人计，每次注射时间按1min计，由2名护士轮流负责注射工作。居留因子T取1，使用因子U取1，根据式11-3计算可得，注射放射性药物时，每名护士所受的年有效剂量为 $8.46\times 10^{-7}\text{mSv}$ 。

3、操作PET-CT时的影响分析

根据以上估算，操作室工作人员受照最大剂量为 $0.0372\mu\text{Sv/h}$ ，由2名技师轮流负责操作工作，操作室工作人员年受照射时间为2000h。居留因子T取1，使用因子U取1，根据式11-3计算可得，操作设备时，每名技师所受的年有效剂量为 $3.72\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

4、摆位时的影响分析

根据以上估算，摆位过程中工作人员身体受照剂量为 $3.05\mu\text{Sv/h}$ ，摆位人员在扫描

间内指导受检者正确摆放姿势，偏安全考虑，不考虑注射后药物的衰减，按摆位一个受检者大约需要 0.5min。PET-CT 按 5000 人计，摆位过程中受照射的总时间为 41.67h，2 名技师轮流负责摆位工作，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-3 计算可得，操作设备时，每名技师所受的年有效剂量为 $6.35 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。

综上所述，各个岗位工作人员年受照射剂量预测结果如表 11-4 所示。

表 11-4 PET 检查区域工作人员年受照射剂量预测结果表

岗位	人均年有效剂量 (mSv)	合计 (mSv)
分装放射性药物	1.24×10^{-7}	9.70×10^{-7}
注射放射性药物	8.46×10^{-7}	
操作 PET-CT	3.72×10^{-2}	1.11×10^{-1}
摆位	6.35×10^{-2}	
^{22}Na 放射源	1×10^{-1}	

根据以上估算，PET-CT 检查区域辐射工作人员年受照射最大年有效剂量为 $1.11 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，低于职业人员 5.0mSv 的评价标准要求。

5、公众人员所受剂量

根据以上估算，本项目 PET-CT 检查区域场所内外公众可能接受的年有效剂量估算详见表 11-5。

表 11-5 PET 检查区域场所内外公众年有效剂量估算结果表

关注区域		受照射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
PET 检查区域场所内	6#注射室外走廊	5.05×10^{-4}	1/4	2000	2.53×10^{-4}
	9#给药后病人待诊间门外通道	5.05×10^{-4}	1/4		2.53×10^{-4}
	12#留观室外走廊	1.01×10^{-3}	1/4		5.05×10^{-4}
PET 检查区域场所外	5#PET/CT 检查室西北侧楼梯间	5.42×10^{-5}	1/16		6.78×10^{-6}
	10#留观室上方 B2 层	8.80×10^{-2}	1/4		4.40×10^{-2}
	11#源库外侧停车场	1.82×10^{-3}	1/16		2.28×10^{-4}
	13#分装室东南侧门外人员通道	3.72×10^{-2}	1/4		1.86×10^{-2}
	14#待注射病人候诊区	6.02×10^{-6}	1/16		7.53×10^{-7}
	15# PET/CT 检查室正上方 B2 层区域	8.47×10^{-5}	1/4		4.24×10^{-5}

根据以上估算，PET-CT 检查区域场所内公众所受的年有效剂量最大为 $5.05 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，PET-CT 检查区域场所外公众所受的年有效剂量最大为 $4.40 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，均低于公众人员 0.1mSv 的评价标准要求。

（五）诊断患者离开核医学诊断工作场所对环境的影响

目前，对于使用核素 ^{18}F 的患者，国家相关标准中没有明确规定其离开医院的体内最大活度。本项目 ^{18}F 注射量为 10mCi，患者诊断离开 PET 检查区域至少需要 30min，则患者离开 PET 检查区域时带药量约 7.96mCi，离开医院经 8h 后距离患者 1m 处的剂量率为 $0.00078 \mu\text{Gy/h}$ ，医院应对患者离院做出书面指导，短期内禁止到公共场活动，避免与家人亲密接触，则患者离院后对周围环境影响不大。

五、大气环境影响分析

1、大气环境影响分析

（1）含 ^{18}F 气溶胶

本项目PET检查区域设计独立的通风系统。在PET-CT扫描间、注射后休息室、留观室内设置机械排风装置。通风橱设置独立机械排风装置。上述排风装置相应节点设置截止阀防止气体倒灌，其总排风口设于PET检查区域楼顶，并高出屋顶3m。在排风口配置高效排风过滤器+活性炭吸附装置处理设施。PET检查区域使用的 ^{18}F 由专业供应商放置在铅罐内密封保存，核素分装操作在负压的分装柜中进行，底部衬托吸水滤纸。PET-CT显像使用的 ^{18}F 核素药物为2-氟-2-脱氧-D-葡萄糖溶液（FDG），为非挥发性液态物质，因此 ^{18}F 挥发量极少，取日最大操作量的0.1%进行源项核算。本项目 ^{18}F 日最大操作量为 $7.4 \times 10^9 \text{Bq}$ ，活性炭吸附效率不低于99%，PET检查区域设计使用总排风量为 $6000 \text{m}^3/\text{h}$ 的排风机，每天排风8h。经计算，废气排放口平均排放浓度为 $1.28 \text{Bq}/\text{m}^3$ ，本项目全年分装工作250h，假设人呼吸量为 $1.2 \text{m}^3/\text{h}$ ，则公众年吸入量为 $3.07 \times 10^3 \text{Bq}$ ，远小于《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含 ^{18}F 气溶胶摄入量限值 $1.6 \times 10^6 \text{Bq}$ 。

因此，本项目产生的含 ^{18}F 气溶胶废气经高效排风过滤器+活性炭吸附装置处理设施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。

（2）臭氧

由于臭氧产生量较小，通过通排风系统引至PET检查区域楼顶，高于楼顶3m进行排放，经自然稀释后，对大气环境影响较小。

六、水环境影响分析

本项目新建 2 个放射性废水衰变池（单个体积： $2\text{m} \times 1.5\text{m} \times 3\text{m} = 9\text{m}^3$ ），用于收集分装室、PET-CT 留观室和 PET-CT 给药后候诊室的专用卫生间及留观室等处产生的放射性废水和事故应急时清洗产生的放射性废水。2 个衰变池采用并联连接方式。按门诊病

人每人用水 15L 估算，PET-CT 系统每天最多检查 20 人次，每天废水产生量 $0.3 \text{ m}^3/\text{d}$ ，30d 废水产生量 9 m^3 。本项目单个衰变池设计容积为 9 m^3 ，可满足 30 d 的计划废水产生量。因此，本项目 2 个衰变池能够满足 PET-CT 工作场所产生放射性废水的贮存衰变要求。医院应根据首次监测数据，结合废水在衰变池中的储存周期制定排水计划，按照计划定期将废水排放至医院已有废水处理设施进行处理后排入市政污水管网。每次排放应做好排放时间、监测数据、排放量等应详细记录，设置专门的废水排放台账，台账应有专人管理，存档保存。

本项目医务人员及非PET检查病人产生的废水直接依托医院已有的废水处理设施进行处理后排入市政污水管网。

七、固体废物环境影响分析

本项目诊断过程产生的含 ^{18}F 固体废物量为 $1 \text{ kg}/\text{d}$ ，核素种类仅 ^{18}F ，建设采用固废收集桶分类收集后，衰变10个半衰期并监测达标后，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，不外排；更换下的活性炭过滤器产生量为 $10 \text{ kg}/\text{a}$ ，衰变10个半衰期并监测达标后作为普通固废处置；退役废旧放射源由厂家或有资质单位回收处理。

此外，医务人员及非PET检查病人产生的固体废物直接依托已有垃圾回收系统收集后交由市政环卫部分进行收集处理。

八、声环境影响分析

本项目射线装置工作场所使用的设备均为低噪设备，运行时基本无噪声产生；工作场所的通排风系统设备运行时产生噪声，其噪声源强小于 $65 \text{ dB}(\text{A})$ ，通过选用低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理设备并通过减振和隔离措施后，对周围声环境影响较小。

辐射事故影响分析及应急措施

一、事故风险评价目的

本项目事故风险评价目的是分析本项目在运行过程中存在的潜在危险和有害因素，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出适当的防护与安全措施，尽可能减少或防止由人为错误或其他原因导致的事件或事故，并有效减轻事故或事件的后果。

二、辐射事故分级

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）和《四川省环境保护厅辐射事故应急预案》，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（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，详见表11-6。

表 11-6 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果	放射性同位素失控（泄漏）量化指标
特别重大辐射事故（Ⅰ级）	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；放射性同位素或射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0 \times 10^{13} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量； ②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大于等于 $1.0 \times 10^{14} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量。
重大辐射事故（Ⅱ级）	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控；放射性同位素或射线装置失控导致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。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ 且小于 $1.0 \times 10^{13} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量； ②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大于等于 $1.0 \times 10^{13} \text{Bq}$ 且小于 $1.0 \times 10^{14} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量。
较大辐射事故（Ⅲ级）	Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控；放射性同位素或射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ 且小于 $1.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量； ②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大于等于 $1.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ 且小于 $1.0 \times 10^{13} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量。
一般辐射事故（Ⅳ级）	Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控；放射性同位素或射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0 \times 10^{11} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量； ②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 $1.0 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量。

同时根据《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11-7。

表 11-7 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	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

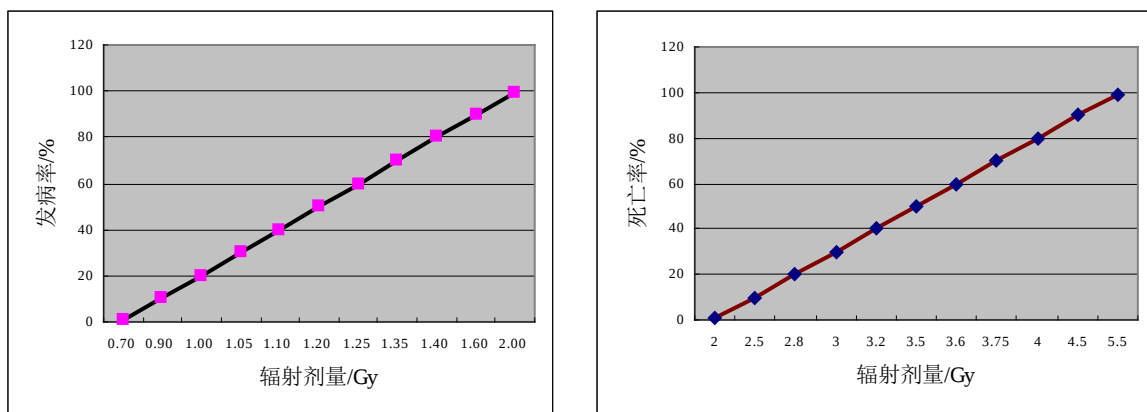


图 11-2 事故辐射剂量与急性放射病发生率、死亡率的关系

三、事故风险识别

(1)危害因子

本项目环境危害因子为：X射线、 γ 射线、 β 射线。

(2)可能发生的事故

主要是使用PET-CT系统的过程中产生的X射线、 γ 射线、 β 射线对辐射工作人员、公众和环境造成的辐射影响；

- ① X射线装置运行时，人员误入机房，发生误照射；
- ② 维修X射线装置时，维修人员受到意外照射。
- ③ ^{22}Na 源丢失、被盗、失控；
- ④ 操作时，装有放射性药物的试剂瓶被打翻、洒漏，造成操作台、地面、仪器设备等表面污染。

⑤ 放射性药物试剂发生丢失或被盗；

四、事故工况下的辐射影响分析

1、X射线装置运行，公众人员滞留机房，发生误照射

(1) 事故情景假设

① PET-CT系统运行时，有公众人员（病人陪护人员）滞留机房，发生误照射。

② PET-CT系统的X线源处于“曝光”状态，并以额定参数运行。根据《医用X射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017），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 。

③ 假定该公众人员位于CT系统非主射束方向，距靶1m处，无任何屏蔽措施；

④ 事故持续时间按出束时间 10min 考虑。

(2) 剂量估算

在上述条件下，估算得出误照人员的照射剂量约为 0.17mGy/次 。

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，被误照人员受照剂量未超过年剂量限值（ 1mGy/h ）。

(4) 事故等级

对照表 11-6 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，一般不会构成辐射事故。

2、维修X射线装置时，维修人员受意外照射

(1) 事故情景假设

① 设备维护人员在维护 X 射线装置的射线管或平板探测器时，突然发现射线管正处于出束状态，便立即离开并中断电源。

② 假若维护时，X 射线装置以透视模式运行，距靶 1m 处的辐射剂量率按 100mGy/min 估算。

③ X 射线装置上的指示灯和声音装置均失效。

④ 维护人员位于 X 射线主射束方向，距靶 1m 的地方，停留时间 15s，无任何屏蔽措施。

(2) 剂量估算

根据上述条件，计算得出维护人员受照剂量为 $25\text{mGy/人}\cdot\text{次}$ 。

(3) 事故后果

在上述事故情景假设条件下，维护人员已受到超过年剂量限值的照射。

(4) 事故等级

对照表 11-6 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。

3、²²Na源丢失、被盗、失控

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。”本项目使用的 ²²Na 源源均为Ⅴ类放射源，假若发生丢失、被盗、失控事故（包壳未破损），则事故等级为一般辐射事故。

4、放射性药物洒漏

(1) 事故情景假设

① 装有 ¹⁸F 的铅罐打翻，导致 ¹⁸F 药物洒漏于操作台，假设发生事故时瓶装 ¹⁸F 活度为 100mCi；（溅洒活度为单次操作最大活度，手部沾染量取此最大操作活度的 1%）

② 考虑 β 放射性对操作人员手部的烧伤，假设放射性液体均匀洒在手部皮肤表面，沾染面积取成人平均手部表面积 280cm²；

③ 假设事故处理时间持续 2min。

(2) 剂量估算

根据 GBZ 166-2005 附录 B 给出的皮肤表面 β 放射性污染所致皮肤剂量，估算手部受 ¹⁸F 污染时，所致手部皮肤不同深度处的吸收剂量，计算结果见表 11-8。

表 11-8 ¹⁸F 手部皮肤不同深度处的吸收剂量

深度(mm)	0.01	0.07	0.5	1.0	5.0
吸收剂量 (μGy/h)/(Bq/cm ²)	0.52	0.25	0.04	0.005	/
当量剂量(Gy/次)	179.6	86.3	13.8	1.7	/
基本标准限值(mGy/a)	500				

(3) 事故后果

从表 11-8 中数据可见，在上述假设事故情景下，经计算，单次事故状态下职业人员手部最大受照剂量为 2.81×10⁵mGy，大于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量 500mSv 的限值。

(4) 事故等级

对照表 11-6 辐射事故分级，假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事

故。

五、事故预防与应急措施

1、X射线设备

(1) 事故预防

为防止 X 射线设备在运行、检修维护期间发生辐射事故，项目单位应做好以下事故防范工作：

① 医院领导对辐射安全防护应有足够重视，辐射工作人员应加强安全意识和岗位责任心，并严格按射线装置的操作规程执行操作。

② 在操作 X 射线装置时要始终注意安全，辐射工作人员必须对该设备具有足够的了解，能够识别任何可能导致危险的故障；如果发生故障或发现存在安全问题，在授权人员修复故障之前，不得使用该设备。

③ 为保证持续安全的操作，应按相关要求对设备进行定期维护。

④ 做好辐射工作人员和患者的防护工作。

⑤ X 射线装置的钥匙由指定医师控制。

⑥ 加强环境保护、辐射安全和防护等的科普宣传教育工作，普及辐射防护预防常识，增强公众的防范意识和相关心理准备，提高公众的防范能力。

(2) 应急措施

假若本项目发生了上述辐射事故，项目单位应迅速、有效地采取以下应急措施：

① 发现误照射事故时，辐射工作人员应立即切断电源，将受误照人员撤出机房，关闭机房门，同时向医院辐射事故应急领导小组报告。

② 医院事故应急领导小组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。

③ 事故发生后的 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告；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。

④ 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

2、 ^{22}Na 源丢失、被盗、失控

(1) 事故预防

① 制定严格放射源台账管理制度，定期核查放射源数量、种类、编码等信息，保持在存放放射源与台账记录一致。放射源贮存场所的防护门应上锁，钥匙由专人负责保

管。

② 定期认真地对放射源库辐射防护安全设施、设备的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改。定期检查放射源贮存状态，并做有登记记录。

③ 放射性工作场所的出入口应安装摄像头，由医院保安人员 24h 视频监控。

④ 放射源入库和出库需进行台账记录，并按公司规章制度履行审批程序，落实放射源出库后的管理责任人。

⑤ 严格落实放射源库的监测计划，出现监测异常时，立即查清原因，必要时启动公司辐射事故应急预案。

(2) 应急措施

① 当发生放射源丢失事故时，事故发现者应保护现场，同时向医院应急办公室报告。医院应急处理小组长接到报告后立即启动本单位辐射事故应急预案，疏散现场无关人员，设置警戒区并在边界设置警示标志，禁止无关人员进入现场。

② 事故发生后的 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护主管部门和公安部门报告。

③ 医院协助公安、环保主管部门对丢失的放射源进行侦察和追缴。

3、放射性药物洒漏

(1) 事故预防

① 制定各项管理制度，工作人员应严格按照放射性核素安全操作规则操作，发现的安全隐患立即进行整改。

② 工作人员应穿戴棉布白工作服、帽子、工作鞋、乳胶手套和个人防护用品等。

③ 分装药品应在通风柜内的搪瓷盘内进行，下衬滤纸。

④ 操作放射性药物频繁区域（如高活性室、放射性物品存储间和放射性废物间等）的地面，敷设易于清洗且不易渗透材料做成。

(2) 应急措施

① 立即通知在场的其他人员。

② 迅速标出污染范围，以免其他人员误入。

③ 皮肤或伤口受到污染时，应立即清洗；眼睛受到污染时，立即用水冲洗。

④ 污染的衣服，应脱掉留在污染区。

⑤ 污染区的人员在采取减少危害和防止污染扩散的必要措施后，应立即离开污染

区。

⑥ 事故发生后，应尽快通知主管人员向医院应急办报告，疏散现场外无关人员，设置警戒区并在边界设置警示标志，禁止无关人员进入现场；医院应急处理小组长接到报告后立即启动本单位辐射事故应急预案。

⑦ 事故处理人员应着用适当的个人防护用品、佩带个人剂量计和携带必要的工具进入事故区域去污。去污产生的废滤纸、一次性手套等按放射性废物管理和处理，产生的少量冲洗器皿、台面等的废水应收集排入放射性废水衰变池。

⑧ 污染区去污后，对工作区域环境中的 γ 辐射剂量率和 β 表面污染水平进行监测，当监测值达到《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值 and 表面控制水平后，事故处理完毕。

⑨ 详细记录事故的经过和处理情况，作为查找事故原因，改进防护工作和日后鉴定工作人员健康状况的一项重要依据。

⑩ 事故发生后的 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护主管部门和公安部门报告。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。

(3) 针对放射性药品可能发生各类事故的具体应急措施

① 由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒

发生这种事故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的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抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 4Bq/cm^2 ，表明该污染区未达到标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 4Bq/cm^2 为止。

② 因不慎造成放射性核素大面积污染了地面或台面

发生这种事故应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大，之后根据不同核素分别去污，最终去污标准需达到 0.4Bq/cm^2 。

③ 若发生放射性试剂丢失、被盗

发生这种事故应立即启动辐射事故应急预案；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；

对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

④ 放射性废物处置或管理不当

发生这种情况，造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全与环境保护管理机构

项目单位设立有“成都市第三人民医院放射防护管理领导小组”（附件 4），由分管副院长任组长。放射防护管理领导小组直接负责医院的放射性同位素和射线装置的辐射安全与环境保护的领导工作。办事机构设在医学感染管理及预防保健部。

环评要求：放射防护管理领导小组机构成员若有变动，应及时补充、调整。在此基础上，环评认为，医院该机构设置满足要求。

2、辐射工作人员配置

本项目拟配置辐射工作人员 5 人。均来自医院现有的辐射工作人员，并已持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全与防护培训合格证书》。本项目辐射工作人员固定，不再从事其他辐射工作。

环评要求：

(1)辐射工作人员持有的辐射安全培训合格证书到期后，应通过生态环境部培训平台（培训平台网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

(2)有新从事辐射活动的人员，应通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

(3)严禁无证人员从事放射治疗工作。

环评认为，在此基础上，本项目辐射工作人员的配置情况满足要求。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（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，放射源、射线装置及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，为确保本项目拟配置的非密封放射性物质工作场所和射线装置的安全运行和管理使用，项目单位拟制定管理制度如下：将建设单位需要制定的列于表 12-1。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	制度类型	管理制度名称	落实情况
1	场所/ 药物/ 设施	辐射工作场所安全防护管理要求	拟制定
2		放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存）	拟制定
3		辐射工作场所安全保卫制度	拟制定
4		场所分区管理规定（含人流、物流路线图）	拟制定
5		非密封放射性物质操作规程	拟制定
6		PET-CT 操作规程、放射源校准操作规程	拟制定
7		辐射安全和防护设施维护维修制度	拟制定
8		放射性药物（体内）治疗病房管理规定	拟制定
9		放射源与射线装置台帐管理制度	拟制定
10	人员	患者管理规定	拟制定
11		辐射工作人员岗位职责	拟制定
12		辐射工作人员培训制度	拟制定
13		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定
14	监测	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	拟制定
15		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定
16	应急	辐射事故应急响应程序	拟制定
17	废物管理	放射性“三废”管理规定	拟制定
18	质量	放射性治疗质量保证大纲和质量控制计划	拟制定

项目单位需在辐射安全管理领导小组领导下及时定制上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。应根据生态环境主管部门最新规定和要求，及时修订、完善各项辐射安全管理制度，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。项目单位应安排人员专职或兼职负责管理辐射安全档案。项目竣工环保验收之前，应落实完成管理制度，将所有制度中关于“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”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

只要项目单位能够结合项目实际，建立健全上述各项规章制度，则环评认为，项目单位制定的规章制度是符合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全

与防护监督检查技术程序》和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）等相关文件要求的。

辐射防护监测

项目运行后，将对本项目辐射工作人员、辐射工作场所和周围环境开展辐射监测。

1、个人剂量监测

辐射工作人员均佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测；对于从事放射性药物分装、给药工作等近距离操作放射性核素的工作人员，还应开展皮肤污染监测和手部剂量监测（佩戴腕部外照射剂量计）。个人剂量的监测按医院“辐射工作人员个人剂量管理制度”进行管理。监测内容与周期见表 12-2、12-3。

医院委托有资质单位每季度对辐射工作人员个人剂量计、腕部剂量计检测一次，检测结果存入个人剂量档案。

环评要求：

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，并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；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测、环境监测和液态流出物监测

自行监测：项目单位设专人每月对辐射场所及其周围环境开展辐射巡测，监测结果留存备查（记录表上有监测工况、监测时间、监测人、记录人）。监测设备定期送检，确保每次监测数据有效。

委托监测：项目单位每年委托有监测资质单位对辐射场所及其周围辐射环境监测一次，监测报告存档。

本项目非密封放射性物质工作场所监测计划（个人剂量监测、工作场所监测、液态流出物和环境监测）见表 12-2；本项目射线装置机房辐射监测计划（个人剂量监测、工作场所监测）见表 12-3。

表 12-2 本项目非密封放射性物质工作场所辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测位置	监测周期	
			自行	委托
辐射工作人员	外照射剂量率水平	全身、手部	连续	1 次/季度
	β 表面污染水平	工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。	1 次/月	
工作场所	外照射剂量率水平	①PET-CT 室机房四面墙外、铅玻璃窗外、屏蔽门外、天花板上等；管线洞口、门缝、控制室、设备间等处。 ②分装室、注射室、库房、PET-CT 观察室、走廊、抢救室、留观室、废物间、洁具间、病人卫生间、排风机房、值班室、阅片室、更衣室、办公室、医生卫生间等。	1 次/月	1 次/年
	β 表面污染水平	放射性核素操作的工作台、设备表面、通风柜内及其操作口、墙壁、地面，PET-CT 观察室的座椅、洗手池、墙壁和地面等可能污染的位置，放射性废物容器表面等。	1 次/月	1 次/年
环境	外照射剂量率水平/ β 表面污染水平	PET-CT 系统室外周围区域、衰变池周围区域，放射性下水管道地面上及周围区域。	1 次/月	1 次/年
流出物	总 β 浓度	衰变池排放口	排放前	1 次/年
	放射性气溶胶	工作场所、排风口		1 次/年
	表面外照剂量率水平/ β 表面污染水平	放射性废物包装	解控、送交时监测	

表 12-3 本项目射线装置机房辐射监测计划

监测对象	监测内容	监测周期	
		自行	委托
个人外照射：个人剂量计、腕部外照射剂量计	有效剂量 mSv	连续	1 次/季度
辐射工作场所、射线装置：机房四面墙体外、铅玻璃窗外、屏蔽门外、天花板上、楼板下 30cm 处；管线洞口、门缝、控制室、设备间等处。	X- γ 空气吸收剂量率	1 次/月	1 次/年

环评认为：项目运行后，按本项目辐射监测计划开展的监测，能够及时反映辐射工作人员工作环境的安全性、及时反映非密封放射性物质工作场所、射线装置机房屏蔽防护的有效性，是符合《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）等相关要求，是可行的。

辐射事故应急

为了加强对非密封放射性物质的安全和防护的监督管理,促进非密封放射性物质的安全应用,保障人体健康,保护环境,根据中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章第四十三条规定:“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位,应当根据可能发生的辐射事故的风险,制定本单位应急方案,做好应急准备”的规定,建设单位需制定《辐射事故应急预案》。

目前,项目单位已制定有辐射事故应急救援预案(附件 6),其内容主要包括:①应急机构和职责分工;②应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备;③应急响应措施;④辐射事故调查、报告和处理程序。

环评要求:针对本项目可能发生的辐射事故,需在原有预案中增设事故预防措施。补充、完善后的预案,要具有针对性和可操作性。一旦发生辐射事故,应立即启动应急预案,采取必要的应急措施,并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》,由应急领导小组逐级上报地方及省级生态环境主管部门,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。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

成都市第三人民医院位于成都市青羊区青龙街 82 号。本项目位于医院院区 2 号楼的地下第三层西端，总建筑面积约 652m²。项目拟新增 1 个 PET-CT 检查室，属于丙级非密封放射性物质工作场所；使用 1 台医用 PET-CT 机（属 III 类射线装置），2 个 ²²Na 校准源，均属 V 类密封源。本项目主要辐射工作场所包括：PET-CT 检查室、注射室、放射性药物分装室、源库。同时，配套建设放射性废水衰变池、放射性废物间、留观区、抢救室等房间。

本项目总投资 3069.4 万元，其中环保投资 331.7 万元，占总投资 10.81%。

2、产业政策符合性

本项目是核与辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

3、项目布局的合理性

本项目辐射工作场所的布置即满足安全工作需要，又便于辐射场所的分区管理和辐射防护。从环境保护和辐射防护的角度而言，项目的布局是合理可行的。

4、辐射环境质量现状

现场监测数据表明：项目所在地的 X-γ 辐射剂量率与《2020 年四川省生态环境状况公报》全省 29 个电离辐射环境监测自动监测站测得的 γ 辐射空气吸收剂量率（小时均值）处于同一水平，且尚未发现本项目区域地表面被放射性物质污染，辐射环境质量现状属于正常水平。

5、公众参与

本项目在成都市第三人民医院官网上进行了网上环评公示，公示期间，未收到任何反馈信息。

6、项目正常运行工况下的环境影响结论

(1)辐射环境影响分析结论

在预测条件下，本项目正常运行期间，产生的核素和 X 射线经机房实体屏蔽后，所致辐射工作人员年有效剂量最大值为 $1.11 \times 10^{-1} \text{mSv}$ ，低于职业照射剂量约束值 5mSv/a；

所致各类公众年有效剂量最大值为 $4.40 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于公众照射剂量约束值 0.1mSv/a 。满足本次评价标准要求。

(2)臭氧的环境影响结论

机房产生的臭氧饱和浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准限值 0.2mg/m^3 。经采用机械通风措施排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中的臭氧浓度影响甚微。

7、事故影响分析结论

经预测，假若本项目发生辐射事故，最大事故等级为一般辐射事故。环评认为，项目单位有完善的辐射事故应急措施，一旦发生此类事故，启动辐射事故应急预案之后，能够控制事故，及时制止事故的恶化，能降低辐射事故后果的负面影响。

8、可行性分析结论

本项目符合国家产业政策，项目布置合理，区域辐射环境质量现状符合当地实际。在落实本报告提出的各项环保及辐射防护措施后，使用 III 类射线装置和丙级非密封放射性物质工作场所产生的电离辐射及其他污染物排放可以满足国家相关标准要求，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价采用的剂量约束值。

本次评价认为，成都市第三人民医院申请在院区内从事辐射工作的种类、范围和场所满足辐射安全相关要求，具备使用 III 类射线装置和丙级非密封放射性物质工作场所的相关能力。项目的建设从环境保护和辐射环境安全的角度而言是可行的。

建议与承诺

要求：

1、辐射场所在建设过程中，应注意以下问题：

(1)穿过辐射工作场所屏蔽墙的各种管道和电缆线弯成 S 形或 U 形，不要正对辐射源和工作人员经常停留的地点。

(2)为防止辐射泄漏，辐射场所的防护门与墙、墙与窗、门的底部与地面之间的重叠宽度不少于空隙的 10 倍。

(3)辐射场所的屏蔽墙体避免有缝隙。

(4)通风管道：从机房迷路门上方引出的通风弯管道拟采用厚 20mm 铅当量的铅皮制成。

2、人员培训

(1)有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（培训平台网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。

(2)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，应当按四川省生态环境厅的要求，安排工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，持证上岗。

3、管理制度

(1)建立健全管理制度。

(2)项目竣工环保验收之前，《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》应上墙。

(3)设立医院环保档案，档案资料应分类放置，安排专人或兼职人员负责环保资料的管理。

4、补充、完善辐射事故应急预案。

5、应定期将辐射监测设备送到有检定资质的检定单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性。

6、若发现个人季度监测数据超过 1.25mSv，应及时查找原因，并采取相应干预管理措施。

7、医院的放射诊断实践活动应遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）放射诊断医疗照射指导水平。

8、项目竣工后应开展竣工环境保护验收工作。

9、医院应当对本单位使用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，每年 1 月 31 日前将评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，并向四川省生态环境厅提交上一年度的评估报告，同时提交每年度辐射作业场所及周围环境的监测报告（委托有监测资质的机构进行监测）。

10、医院应按相关规定到四川省生态环境厅办理《辐射安全许可证》，办理前应登陆 <http://rr.mee.gov.cn/> 全国核技术利用辐射安全申报系统提交相关资料。

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