编号：RDSH202519

# 核技术利用建设项目

# 成都市第七人民医院
# 天府院区核医学影像诊断建设项目
# 环境影响报告表

（公示本）

成都市第七人民医院

**2025 年 9 月**

生态环境部监制

核技术利用建设项目

# 成都市第七人民医院
# 天府院区核医学影像诊断建设项目
# 环境影响报告表

建设单位名称：成都市第七人民医院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省成都市十二中街 1 号

邮政编码：610200　　联系人：刘柯

电子邮箱：315590965@qq.com　　联系电话：028-60657120

打印编号：1757655007000

# 编制单位和编制人员情况表

| | |
|---|---|
| 项目编号 | bklc23 |
| 建设项目名称 | 成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目 |
| 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 |
| **一、建设单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 成都市第七人民医院 |
| 统一社会信用代码 | 12510100450753341 2 |
| 法定代表人（签章） | 李昌林 |
| 主要负责人（签字） | 王黎坤 |
| 直接负责的主管人员（签字） | 刘柯 |
| **二、编制单位情况** | |
| 单位名称（盖章） | 四川瑞迪森检测技术有限公司 |
| 统一社会信用代码 | 91510107MA61RNC437 |
| **三、编制人员情况** | |

1. 编制主持人

| 姓名 | 职业资格证书管理号 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 何桂桦 | 20220503551000000020 | BH025547 | 何桂桦 |

2. 主要编制人员

| 姓名 | 主要编写内容 | 信用编号 | 签字 |
|---|---|---|---|
| 郑茜 | 表1~表8 | BH058510 | 郑茜 |
| 何桂桦 | 表9~表13 | BH025547 | 何桂桦 |

## 表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">成都市第七人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">四川省成都市十二中街 1 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">四川省成都市双流区双兴大道 1188 号（天府院区）</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td></td><td>项目环保总投资（万元）</td><td></td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>20%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 ☐改建 ☐扩建 ☐其他</td><td>占地面积（$m^2$）</td><td>/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">☐I类☐II类☐III类☐IV类☐V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☐I类（医疗使用）☐II类☐III类☐IV类☑V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="4">☐II类☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="4">☐II类☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☐II类☑III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

## 项目概述

### 一、建设单位简介

成都市第七人民医院（统一社会信用代码：125101004507533412，以下简称“医院”）始建于 1950 年，是一所集医疗、预防、保健、科研、教学为一体的成都市属三级甲等综合性公立医院。由位于双流区的天府院区和武侯区的新南院区组成，总占地面积约 144 亩，其中，天府院区占地面积 126 亩，新南院区占地面积 18 亩。

医院是成都市肿瘤医院、成都市癌症防治中心、成都市肿瘤性疾病质量控制中心、成都市消毒供应医疗质量控制中心，是成都医学院附属肿瘤医院、西南医科大学教学医院、国家助理全科医生培训基地、四川省护士规范化培训基地，也是国家临床药物

试验机构、国家胸痛中心（标准版）、三级卒中中心、中国临床肿瘤学会肿瘤患者营养指导中心等。

**二、项目由来**

核医学作为国家大力推进医疗建设重点科目，在 2025 年实现三级综合医院核医学全覆盖，在 2035 年，要求实现“一县一科”。为满足本市患者的就医需求，提升患者就医获得感，建设核医学科项目势在必行!

因此，医院拟在天府院区利用门诊医技楼负一层现有的闲置用房建设成核医学科，开展核素显像诊断项目。本次新建的核医学科涉及使用放射源、非密封放射性物质和射线装置等，属于核技术利用范畴，需要单独进行环境影响评价。

**三、编制目的**

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方成都市第七人民医院需对该项目进行环境影响评价。

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

为此，成都市第七人民医院委托四川瑞迪森检测技术有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。四川瑞迪森检测技术有限公司接受委托后，在现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

**四、项目概况**

**项目名称：**成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目

**项目性质：**新建

**建设单位：**成都市第七人民医院

**建设地点：**四川省成都市双流区双兴大道 1188 号（天府院区）

**（一）建设内容与规模：**

成都市第七人民医院拟利用天府院区门诊医技楼（已建，地上四层，地下二层建筑，总高度为 20.2m）负一层现有的会议室、办公室等闲置用房新建核医学科，开展核素显像诊断项目。新建的工作场所为 1 处**乙级**非密封放射性物质工作场所。

本次新建的核医学科位于门诊医技楼负一层，工作场所包含卫生通过间、分装注射室、储源室、放射性废物暂存间、缓冲间、运动负荷室兼抢救室、SPECT 注射后等候室 1、SPECT 注射后等候室 2、PET 注射后等候室 1、PET 注射后等候室 2、PET 注射后等候室 3、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、校准源库及留观室等，以上功能用房四周墙体均为 240~370mm 厚实心砖，顶部为 150mm 厚混凝土（局部增加 1~5mm 铅木复合板），地面均为 120mm 厚混凝土（局部增加 2mm 铅木复合板），屏蔽门为 3mm~10mm 铅，注射窗为 5~20mm 铅当量铅玻璃，观察窗为 5~10mm 铅当量铅玻璃，手套箱为 5~55mm 铅当量。同时配套建设医生办公室、诊室、控制室及会议示教室等辅助用房。

核医学科拟使用放射性同位素 $^{18}F$（含备药量，年最大使用量 $6.94\times10^{12}$Bq、日最大使用量 $2.78\times10^{10}$Bq、日等效最大操作量 $7.77\times10^{6}$Bq）和 $^{99m}Tc$（年最大使用量 $4.63\times10^{12}$Bq、日最大使用量 $1.85\times10^{10}$Bq、日等效最大操作量 $1.85\times10^{7}$Bq）用于开展核素显像诊断项目。**成都市第七人民医院本次新建的核医学科总日等效最大操作量为 $2.63\times10^{7}$Bq，属于乙级非密封放射性物质工作场所。**

核医学科 PET/CT 机房内拟新增使用 1 台 PET/CT（管电压≤140kV、管电流≤1000mA）用于核素诊断，**属于III类射线装置**。

由于本次拟使用的 PET/CT 型号未定，其校准时拟使用校准源也尚未确定，一般常规使用的校准源为 $^{68}Ge$ 放射源（$5.5\times10^{7}$Bq/枚×1 枚+$3.5\times10^{6}$Bq/枚×2 枚），属于 V 类放射源。

核医学科 SPECT/CT 机房内拟新增使用 1 台 SPECT/CT（管电压≤140kV、管电流≤1000mA）用于核素诊断，**属于III类射线装置**。

本次核医学科将配套建设 1 套衰变池系统，该衰变池拟建于门诊医技楼负二层（核医学科正下方），拟设计 3 个并联小池，每个小池有效容积为 15m$^3$，总容积为 45m$^3$。

本次拟申请新增辐射项目内容见表 1-1 至表 1-4。

表 1-1 成都市第七人民医院新建核医学科项目放射源使用情况一览表

| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{68}$Ge | $5.5\times10^{7}\times1$ 枚<br>$3.5\times10^{6}\times2$ 枚 | V类 | 使用 | 校准 | 核医学科 | 校准源库 |

表 1-2 成都市第七人民医院新建核医学科项目非密封放射性物质使用情况一览表

| 序号 | 核素 | 用途 | 单个病人最大用量（mCi/人•次）/用药方式 | 日最大病人量（人） | 年最大病人量（人） | 日最大操作量（Bq） | 年最大操作量（Bq） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{18}$F | 核素显像 | 10（静脉注射） | 15 | 3750 | $5.55\times10^{9}$ | $1.39\times10^{12}$ |
| | | | 备药量：$4\times5.55\times10^{9}$Bq | | | $2.22\times10^{10}$ | $5.55\times10^{12}$ |
| 2 | $^{99m}$Tc | | 25（静脉注射） | 20 | 5000 | $1.85\times10^{10}$ | $4.63\times10^{12}$ |

表 1-3 成都市第七人民医院新建核医学科项目日等效最大操作量情况一览表

| 核素 | 日最大操作量（Bq） | 毒性组别修正因子 | 操作方式修正因子 | 日等效最大操作量（Bq） | 合计（Bq） |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{18}$F | $5.55\times10^{9}$ | 低毒 0.01 | 液态、很简单操作 10 | $5.55\times10^{6}$ | $2.63\times10^{7}$ |
| | $2.22\times10^{10}$ | 低毒 0.01 | 液态、源的贮存 100 | $2.22\times10^{6}$ | |
| $^{99m}$Tc | $1.85\times10^{10}$ | 低毒 0.01 | 液态、很简单操作 10 | $1.85\times10^{7}$ | |

表 1-4 成都市第七人民医院新建核医学科项目射线装置使用情况一览表

| 射线装置 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 射线装置名称 | 装置型号 | 数量 | 最大管电压 | 最大管电流 | 射线装置类别 | 活动种类 | 使用场所 |
| 1 | PET/CT | 未定 | 1 | ≤140kV | ≤1000mA | III | 使用 | 核医学科 |
| 2 | SPECT/CT | 未定 | 1 | ≤140kV | ≤1000mA | III | 使用 | 核医学科 |

## （二）项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-5。

表 1-5 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 |
| 核医学科 | 放射源 | $^{68}$Ge | $5.5\times10^{7}\times1$ 枚 $3.5\times10^{6}\times2$ 枚，均属V类放射源 | 施工废气、施工噪声、施工废水、固体废物、生活污水、生活垃圾 | X 射线、表面污染、γ射线、退役放射源、噪声、臭氧、医疗废物、生活污水、生活垃圾 |
| | 核素 | $^{18}$F（诊断） | 日最大使用量 $7.40\times10^{9}$Bq、日等效最大操作量 $7.40\times10^{6}$Bq | | |
| | | $^{18}$F（备药） | 日最大使用量 $2.96\times10^{10}$Bq、日等效最大操作量 $2.96\times10^{6}$Bq | | |
| | | $^{99m}$Tc | 日最大使用量 $2.22\times10^{10}$Bq、日等效最大操作量 $2.22\times10^{7}$Bq | | |
| | 射线装置 | 1 台 SPECT/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，其中 CT 属于III类射线装置），1 台 PET/CT（型号待定，最大管电压不超过 140kV，最大管电流不超过 1000mA，其中 CT 属于III类射线装置）。 | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 场所 | 卫生通过间、分装注射室、储源室、放射性废物暂存间、缓冲间、运动负荷室兼抢救室、SPECT/CT 注射后等候室、PET/CT 注射后等候室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房及留观室等。 | | |
| 环保工程 | | 1、废水处理：本项目核医学科新建 1 套衰变池位于核医学正下方，拟设计 3 个并联小池，总容积为 45m$^3$。其他生活废水依托医院已建的污水处理设施处理。<br>2、废气处理：核医学科建设 1 套通排风系统。<br>3、固废处理：核医学科工作场所新建放射性废物暂存间 2 间、新增收集放射性废物铅桶若干；其他生活垃圾和医疗废物依托本次已建的生活垃圾收集处理设施处理和医疗废物暂存间收集暂存统一由有资质单位处置。<br>4、其他：核医学科拟使用手套箱分为 $^{99m}$Tc 用（5mmPb）、$^{18}$F 用（55mmPb）。 | | \ |
| 公用工程 | | 依托医院给水、供电、通风等配套设施。 | | \ |
| 办公生活设施 | | 本次新建的候诊大厅、示教室、问诊室、护士站、医生办公室和资料室等。 | | 生活垃圾<br>生活污水 |

**（三）项目依托设施**

①依托办公设施：医生办公室依托本次新建的医生办公室。

②依托环保设施：本项目产生的生活污水、医疗废水和生活垃圾依托已建的污水处理设施和生活垃圾收集设施处理。本项目产生的医疗废物，医院拟委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

医院已建污水处理站一座，其设计处理能力为 700m$^3$/d，处理工艺为“一级强化处理+二氧化氯消毒处理工艺”，医院废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中的表 2 预处理标准后排入市政污水管网，最终进入毛家湾污水处理厂处理。医院污水处理站目前仍有一定的处理余量，因此能够满足本项目生活污水及医疗废水产生量和排放量的排放需求。

院区内拟建设生活垃圾暂存间，产生的生活垃圾集中暂存，由环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。医院设有医疗废物暂存间，产生的医疗废物在此集中暂存，医院委托有资质单位进行统一收集、清运和处置。

**（四）工作制度及人员配置**

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

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员约 8 人，其中影像技师 4 人，护士 2 人，医生 2 人，均为医院新聘辐射工作人员，配置至本项目后，不从事其他辐射工作。

后期随着工作量的不断增加，医院也计划持续引进技术熟练的核医学科医生、技师及护士，医院应做好辐射工作人员管理工作。

**五、项目周边保护目标以及场址选址情况**

本项目选址于四川省成都市双流区，项目地理位置见附图 1。

成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目位于院区内已建的门诊医技楼负一层内，所在地的用地性质为医疗卫生用地。从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民区和市政道路，本项目 50m 评价范围均位于医院院区内，50m 评价范围内无其他居民区、无学校等其他环境敏感点。

成都市第七人民医院于 2013 年 6 月完成了成都市第七人民医院天府院区一期建设项目的环评工作，并取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护厅）的批复文件（川环审批〔2013〕401 号，详见附件 2），该项目中已经说明了医院用地性质为医疗卫生用地。并论证了医院整体项目选址的合理性，本项目仅为其中部分建设内容，不新增用地，且新建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及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》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求，并满足剂量约束值的要求。

本项目的核医学科设置于门诊医技楼负一层和负二层，周边无其他人员密集的科室，新增的非密封放射性物质工作场所避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，且新增的工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于选址与布局的规定。本项目核医学科的选址符合性分析详见表 1-6 所示。

**表 1-6 核医学科选址符合性分析一览表**

| 标准文件 | 对应标准中选址要求 | 实施情况 | 符合性 |
|---|---|---|---|
| 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021） | 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。 | 本项目核医学科选址在成都市第七人民医院已建的门诊医技楼负一层和负二层，工作场所独立，设置有单独的人员进出通道。 | 符合 |
| | 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。 | 本项目核医学科选址在成都市第七人民医院已建的门诊医技楼负一层和负二层，工作场所独立，设置有单独的人员进出通道，避开了产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，周围无人员流动性大的商业活动区域。 | 符合 |

综上所述，拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

**六、项目产业政策符合性**

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为成都市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容。因此本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

**七、实践正当性**

成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目的目的是为了对病人进行医学诊断。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

**八、项目单位核技术应用现状**

**（一）辐射安全许可证的许可种类和范围**

成都市第七人民医院现持有四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（证书编号川环辐证〔00337〕，有效期至 2029 年 9 月 25 日，许可种类和范围为：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，其许可情况及验收情况见表 1-7 和表 1-8，辐射安全许可证正副本详见附件 3。

表 1-7 成都市第七人民医院现有核技术利用情况一览表（非密封放射性物质）

| 非密封放射性物质 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 工作场所名称 | 场所等级 | 核素 | 日等效最大操作量（Bq） | 年最大用量（Bq） | 活动种类 | 环保验收情况 |
| 1 | CT 室 | 丙 | $^{125}$I（粒子源） | $8.88\times10^{6}$ | $8.88\times10^{11}$ | 使用 | 已许可，已验收 |

表 1-8 成都市第七人民医院现有核技术利用情况一览表（射线装置）

| 射线装置 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 装置名称 | 规格型号 | 类别 | 用途 | 场所 | 环保验收情况 |
| 1 | 口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备 | CS 9300C | III | 放射诊断 | 武侯 CBCT 室 | 已检测合格 |
| 2 | 全身 X 线计算机断层扫描系统 | Optima CT 660 | III | 放射诊断 | 天府 CT1 室 | |
| 3 | X 射线计算机体层摄影设备 | Revolution Ace | III | 放射诊断 | 武侯 CT2 室 | |
| 4 | X 射线计算机体层摄影设备 | Revolution CT | III | 放射诊断 | 武侯 CT 检查室 1 | |
| 5 | X 射线计算机体层摄影设备 | MX 16-slice | III | 放射诊断 | 天府 CT 室 | |
| 6 | X 射线计算机断层扫描系统 | Light Speed VCT | III | 放射诊断 | 武侯 CT 室 | |
| 7 | 数字化 X 线摄影系统 | Ysio Max | III | 放射诊断 | 天府 DR1 室 | |
| 8 | 数字化 X 线摄影系统 | Ysio Max | III | 放射诊断 | 天府 DR2 室 | |
| 9 | 数字化医用 X 射线摄影系统 | uDR 760i | III | 放射诊断 | 武侯 DR 室 | |
| 10 | 胃肠机 | Luminos Fosion | III | 放射诊断 | 第二住院楼胃肠造影室 | |
| 11 | X 射线计算机体层摄影设备 | uCT550 | III | 放射诊断 | 发热门诊 CT 室 | |
| 12 | 骨密度仪 | DiscoverWI | III | 放射诊断 | 骨密度测量室 | |
| 13 | 双能骨密度仪 | DPX Bravo | III | 放射诊断 | 武侯骨密度测量室 | |
| 14 | 口腔数字化 X 射线机 | Point 800s | III | 放射诊断 | 口腔全景片室 | |
| 15 | 口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备 | Kavo 3D | III | 放射诊断 | 口腔锥形 CT 室 | |
| 16 | X 射线计算机体层摄影设备 | Optima CT680 | III | 放射诊断 | 门诊一楼 CT2 室 | |
| 17 | 模拟定位机 | HMD-IB | III | 放射诊断 | 模拟定位室 | |
| 18 | 数字化乳腺 X 腺摄影系统 | Mammomat Inspiration | III | 放射诊断 | 乳腺 X 线摄影室 | |
| 19 | C 型臂 X 射线机 | JZ06-1 | III | 放射诊断 | 手术室 | |
| 20 | 骨科 C 型臂 | Arcadis Varic | III | 放射诊断 | 手术室 11、12 | |
| 21 | 移动式 C 型臂 X 射线机 | PLX7500 | III | 放射诊断 | | |
| 22 | 体外冲击波碎石机 | HD.ESWL-Vm | III | 放射诊断 | 碎石机室 | |
| 23 | 数字化医用 X 射线摄影系统 | uDR 596i | III | 放射诊断 | 体检 DR 室 | |
| 24 | X 射线计算机体层摄影设备 | uCT 550 | III | 放射诊断 | 体检中心 CT 室 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | 牙科 X 线机 | Intros 70 | III | 放射诊断 | 牙片室 | 已检测合格 |
| 26 | 牙科 X 射线机 | Take-II | III | 放射诊断 | 武侯牙片室 | |
| 27 | 移动式数字化 X 线摄影系统 | Mobile TT Mira | III | 放射诊断 | 移动 DR1 室 | |
| 28 | 移动式数字化 X 线摄影系统 | Mobile TT Mira | III | 放射诊断 | 移动 DR2 室 | |
| 29 | 车载数字化医用诊断 X 射线摄影系统 | Titan2000S | III | 放射诊断 | 应急救治车 | |
| 30 | 医用直线加速器 | Elekta Synergy | II | 放射治疗 | 直线加速器室 2 | 已许可已验收 |
| 31 | 医用电子直线加速器 | China 600C/D | II | 放射治疗 | 武侯直线加速器室 | |
| 32 | 数字化减影血管造影系统 | Innova 3100IQ | II | 介入治疗 | 介入手术室 | |
| 33 | 数字减影血管造影机 | Artis Zee Ceiling | II | 介入治疗 | 手术室 16 | |
| 34 | 数字减影血管造影机 | Allura Xper FD20 | II | 介入治疗 | 手术室 17 | |

由上表可知，医院现有核技术利用项目均已完成竣工验收或者完成了年度监测，且检测合格。竣工验收意见详见附件 4。

**（二）关于辐射安全与环境保护管理**

建设单位开展核技术利用项目以来，严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规的要求，积极配合各级生态环境部门的监督和指导，各项辐射防护设施运行、维护良好，辐射安全与防护相关管理规章制度健全，并有效落实。

1、建设单位于 2025 年 6 月重新调整了辐射安全管理领导小组，并根据现有装置类型制定了相应健全的操作规程、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、监测方案等及辐射事故应急预案；

2、建设单位现有辐射工作人员 236 人，其中医用电子直线加速器和 DSA 项目的辐射工作人员共计 74 名，均通过了辐射安全与防护考核，其余人员通过了医院自主培训、辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，持证上岗；

3、建设单位开展核技术利用项目以来，严格落实辐射监测方案内容，定期委托有资质的单位进行工作场所防护监测（1 次/年）和个人剂量监测（4 次/年），并建立个人剂量档案，确保了运行期辐射监测工作的要求。建设单位射线装置及放射性核素工作场所屏蔽防护措施满足要求，并委托第三方检测机构对已有辐射工作场所进行年度检测，检测结果表明医院已有辐射工作场所中射线装置正常运行时的辐射剂量率在（0.03~2.00）μSv/h，满足现行相关标准要求；

建设单位为每位辐射工作人员配备了个人剂量计，辐射工作期间，辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度送检一次，建立了完善的职业健康档案。建设单位委托有资质单位开展辐射工作人员个人剂量检测工作。根据建设单位提供的本项目辐射工作人员的最新连续 4 个季度的个人剂量监测结果可知，医院现有辐射工作人员年有效剂量最大值为 1.07mSv，单个季度也未超过 1.25mSv，本项目辐射工作人员的个人剂量均未出现异常，年有效剂量均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）对工作人员要求的剂量限值 20mSv 和剂量约束值 5mSv 的要求；

4、建设单位定期向相关生态环境部门提交辐射安全与防护状况年度评估报告，环保手续履行良好，辐射安全管理制度相对较完善。经建设单位证实，自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故；

5、建设单位配备了与辐射类型相适应的便携式 X/γ 辐射监测仪和个人剂量报警仪等，确保了辐射工作人员及区域环境安全。

**表 2 放射源**

| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数 | 类别 | 活度种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{68}Ge$ | $5.5\times10^{7}\times1$ 枚，$3.5\times10^{6}\times2$ 枚 | V | 使用 | 校准 | 核医学科 | 校准源库 | 本次环评 |

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

**表 3 非密封放射性物质**

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量（Bq） | 日等效最大操作量（Bq） | 年最大用量（Bq） | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{18}F$ | 液态/低毒 $T_{1/2}$=109.8min | 使用 | $5.55\times10^{9}$ | $5.55\times10^{6}$ | $1.39\times10^{12}$ | 核素显像 | 很简单操作 | 核医学科 | 暂存在储源室，使用时转移至手套箱 |
| 2 | $^{18}F$ | | 使用 | $2.22\times10^{10}$ | $2.22\times10^{6}$ | $5.55\times10^{12}$ | 核素显像 | 源的贮存 | | |
| 3 | $^{99m}Tc$ | 液态/低毒 $T_{1/2}$=6.01h | 使用 | $1.85\times10^{10}$ | $1.85\times10^{7}$ | $4.63\times10^{12}$ | 核素显像 | 很简单操作 | | |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速粒子 | 最大能量（MeV） | 额定电流（mA）/剂量率（Gy/h） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压（kV） | 最大管电流（mA） | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PET/CT | III | 1 | 未定 | ≤140 | ≤1000 | 放射诊断 | 核医学科 | 本次环评 |
| 2 | SPECT/CT | III | 1 | 未定 | ≤140 | ≤1000 | 放射诊断 | | 本次环评 |

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

| 名称 | 状态 | 核素名称 | 活度 | 月排放量 | 年排放总量 | 排放口浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 沾有放射性核素的注射器、手套、擦拭废纸等 | 固体 | $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ | / | / | / | / | 存放于专用放射性废物铅桶内 | 暂存超过 30 天以上，经检测合格后，由医院统一作为医疗废物处理 |
| 废活性炭<br>废除碘过滤器 | 固体 | $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ | / | / | / | / | 更换后暂存在放射性废物暂存间内 | 存放超过 30 天以上，达到清洁解控水平后，由医院统一作为医疗废物处理 |
| 退役的 $^{68}Ge$ 放射源 | 固体 | $^{68}Ge$ | / | / | / | / | 不暂存 | 交城市放射性废物库 |
| 含放射性核素的卫生间下水及清洗废水 | 液体 | $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ | / | 约 $8.64m^3$ | 约 $103m^3$ | / | 暂存于衰变池内 | 暂存于衰变池内衰变 30 天以上，可接解控排放至医院污水处理站 |
| 含有液态放射性药物分装时挥发的微量气溶胶 | 气体 | $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ | / | 微量 | 微量 | 微量 | 不暂存 | 在手套箱中操作，经手套箱管道内及屋顶排放口活性炭装置过滤后排放 |
| 臭氧和氮氧化物 | 气体 | / | / | / | 微量 | 微量 | 不暂存 | 通过排风系统排入外环境，臭氧在常温条件下可自动分解为氧气 |

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

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 $Bq/m^3$）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》，1989 年 12 月 26 日发布施行；2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行；<br>（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），2018 年 12 月 29 日发布施行；<br>（3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施；<br>（4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修正，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；<br>（5）《建设项目环境保护管理条例》，（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；<br>（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，2021 年 1 月 4 日起施行；<br>（7）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，生态环境部第 16 号令，自 2021 年 1 月 1 日起施行；<br>（8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；<br>（9）《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；<br>（10）《放射源分类办法》，国家环保总局公告 2005 年第 62 号，2015 年 12 月 23 日起施行；<br>（11）《放射性废物安全管理条例》，中华人民共和国国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；<br>（12）《关于发布<放射性废物分类>的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告，2017 年公告第 65 号公布，2018 年 1 月 1 日起施行；<br>（13）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 7 号）2024 年 2 月 1 日起施行；<br>（14）《四川省辐射污染防治条例》，2016 年 6 月 1 日起实施。 |

| | |
|---|---|
| 技术标准 | （1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；<br>（2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；<br>（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；<br>（4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；<br>（5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；<br>（6）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）；<br>（7）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）；<br>（8）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）；<br>（9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；<br>（10）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）。 |
| 其他 | （1）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；<br>（2）《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，2020 年 1 月 1 日起施行；<br>（3）《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行；<br>（4）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告 2019 年第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；<br>（5）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告 2019 年第 39 号，2019 年 11 月 1 日起启用；<br>（6）生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函，辐射函〔2023〕20 号，2023 年 9 月 11 日；<br>（7）四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知，川环函[2016]1400 号。 |

# 表 7 保护目标与评价标准

## 评价范围

根据本项目的特点并参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目评价范围，甲级取半径 500m 的范围，**乙、丙级取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围**”，确定为成都市第七人民医院本次新建项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附图 3。

## 保护目标

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

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

| 保护目标名称 | | 方位 | 最近距离 | 规模 |
|---|---|---|---|---|
| 核医学科 | 辐射工作人员 | 分装注射室内及控制室内 | / | 8 人 |
| | 其他医护工作人员患者、患者家属及院内周边公众 | 东侧二期停车场 | 紧邻 | 流动人员 |
| | | 南侧办公区 | 约 2m | 约 10 人 |
| | | 西侧候诊大厅 | 约 5m | 约 15 人 |
| | | 北侧放疗科医生办公室 | 紧邻 | 约 20 人 |
| | | 上方全科医学科 | 紧邻 | 约 100 人 |
| | | 下方停车场 | 紧邻 | 约 2 人 |
| | | 上方门诊医技楼其他区域 | 约 5m | 约 200 人 |

## 评价标准

**一、执行标准**

本项目执行标准如下：

**1、环境质量标准**

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中的III类水域标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其修改单中的二级标准；

声环境：执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中的 2 类标准。

**2、污染物排放标准**

废水：医疗废水执行《医疗机构水污染排放标准》（GB 18466-2005）中表 2 排放标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）2 类标准。

固体废物：执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB 39707-2020）。

**3、辐射防护标准**

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的相关规定。

**二、辐射环境评价标准**

**1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：**

工作人员职业照射和公众照射剂量限值

| 对象 | 要求 |
|---|---|
| 职业照射剂量限值 | 工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：<br>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv。 |
| 公众照射剂量限值 | 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：<br>①年有效剂量，lmSv；<br>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。 |

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

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

**2、《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。

6.1　屏蔽要求

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当

量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

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 2.5μSv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25μSv/h。

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，α 表面污染小于 0.08Bq/cm$^2$、β 表面污染小于 0.8Bq/cm$^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a）所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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；

**3、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：**

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和改建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2 的规定。

**表 2 X 射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度**

| 机房类型 | 机房内最小有效使用面积，m$^2$ | 机房内最小单边长度，m |
|---|---|---|
| CT 机（不含头颅移动 CT） | 30 | 4.5 |

6.2 X 射线设备机房屏蔽

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

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

**表 3 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求**

| 机房类型 | 有用线束方向铅当量 mmPb | 非有用线束方向铅当量 mmPb |
|---|---|---|
| CT 机房（不含头颅移动 CT）<br>CT 模拟定位机房 | 2.5 | |

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3 的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

6.5 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。

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

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

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

**三、辐射环境评价标准限值**

**1、个人剂量约束值**

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。结合医院已有的核技术利用项目综合取辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。结合医院已有的核技术利用项目综合取公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

**2、放射性表面污染控制水平**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）表 B11 工作场所的放射性表面污染的控制水平见表 7-2。

表 7-2 工作场所的放射性表面污染控制水平

| 表面类型 | | β 放射性物质 |
|---|---|---|
| 工作台、设备、墙壁、地面 | 控制区 | 4×10 |
| | 监督区 | 4 |
| 工作服、手套、工作鞋 | 控制区、监督区 | 4 |
| 手、皮肤、内衣、工作袜 | | $4\times10^{-1}$ |

**3、工作场所内外控制剂量率**

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021），距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h。

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

## 表 8 环境质量和辐射现状

# 环境质量和辐射现状

### 一、项目地理和场所位置

#### （一）医院外环境关系

成都市第七人民医院天府院区位于四川省成都市双流区双兴大道 1188 号（地理位置图见附图 1）。院区东侧为祥生湾生态园，南侧为红栏沟和双兴大道，西侧为牧鱼街，北侧为牧鱼三路和愉樾苑小区。

门诊医技楼位于医院南部。其东侧为院内道路和高压氧舱，南侧为院内广场，西侧为后勤楼和行政楼，北侧为住院楼，成都市第七人民医院总平面布置图详见附图 2。

#### （二）辐射工作场所外环境关系

本次拟建的核医学科位于门诊医技楼负一层内，核医学科东侧为地下停车场，南侧为楼梯间、会议室及医生办公室等，西侧为诊室、候诊大厅及医患走廊，北侧为放疗科办公室区域，上方为全科医学科，下方为核医学科衰变池区域及地下停车场。门诊医技楼负二层至一层平面布局示意图详见附图 3 至附图 6 所示。

拟建址及其周围环境现状见图 8-1 至图 8-8。

图 8-1 拟建址东侧停车场

图 8-2 拟建址南侧楼梯间

图 8-3 拟建址西侧医患走廊

图 8-4 拟建址北侧放疗科办公室

图 8-5 拟建址内部会议室

图 8-6 拟建址内部资料室

图 8-7 拟建址上方全科医学科诊区

图 8-8 拟建址下方地下停车场

## 二、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川瑞迪森检测技术有限公司于 2025 年 9 月 10 日按照标准规范对本次拟建址及周边环境进行了 γ 辐射剂量率和表面污染水平的布点监测，监测报告见附件 5。

### 1、监测因子

本项目包括新建放射源、非密封放射性物质工作场所及医用射线装置使用项目，根据工程分析项目主要污染因子为各工作场所运行时产生的 X 射线、γ 射线及 β 表面污染水平等。为了更好反映实际情况，本项目的环境监测选取为 γ 辐射空气吸收剂量率和 β 表面污染水平作为监测因子。

### 2、 监测内容

对拟建项目周围环境水平进行本底调查。

### 3、监测方案

**（1）监测项目、方法及方法来源表**

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

| 监测项目 | 监测方法 | 备注 |
| --- | --- | --- |
| γ 辐射空气吸收剂量率 | 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） | 探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标 |
| 表面污染水平 | 《表面污染测定第一部分：β 发射体（$E_{\beta max}$＞0.15MeV）和 α 发射体》（GB/T 14056.1-2008） | |

**（2）监测布点**

本次根据现场踏勘并结合《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的方法布设监测点，由于项目为闲置用房，结合项目平面布局及外环境关系，结合周边环境现状，本次选择拟建址处周边进行布点，监测点位的选取覆盖新建项目拟建区域及周围 50m 公众人员区域。根据上述布点原则与方法，本项目监测点位布置如图 8-9 至图 8-11 所示。

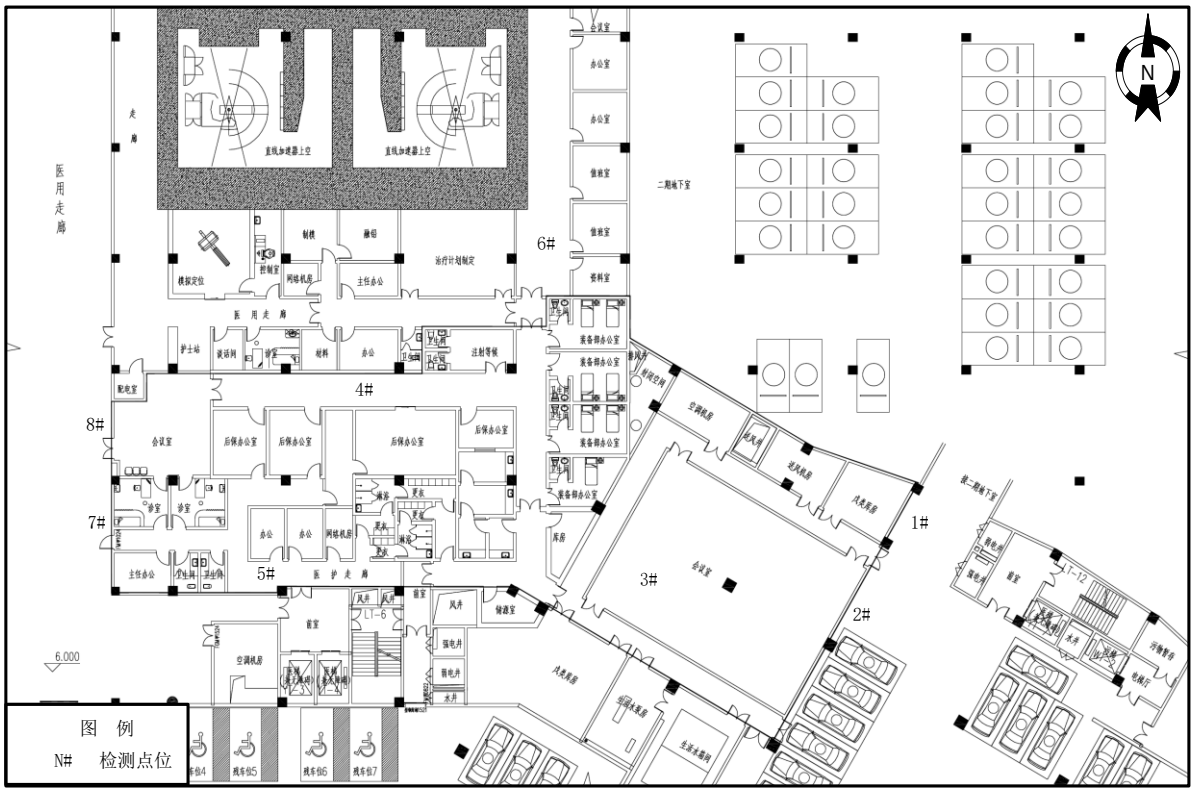



图 **8-9** 拟建址监测点位示意图（负一层）

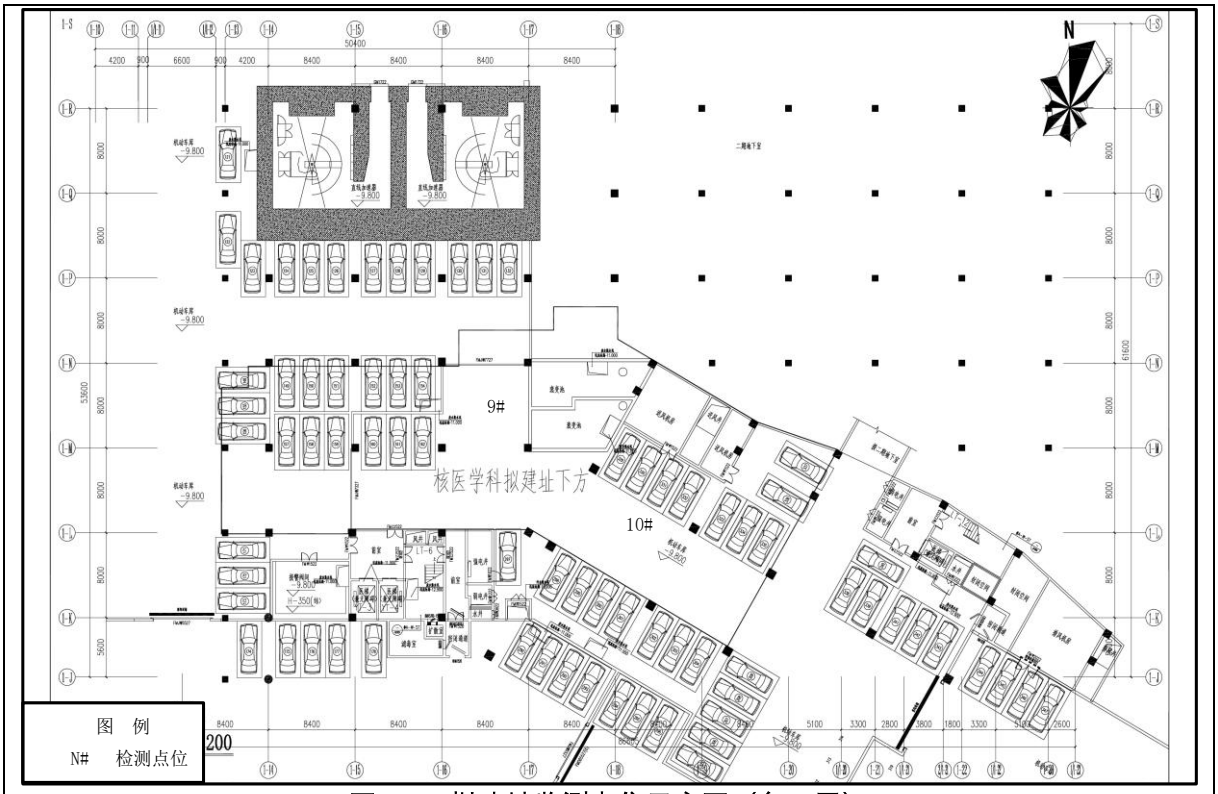



图 **8-10** 拟建址监测点位示意图（负二层）

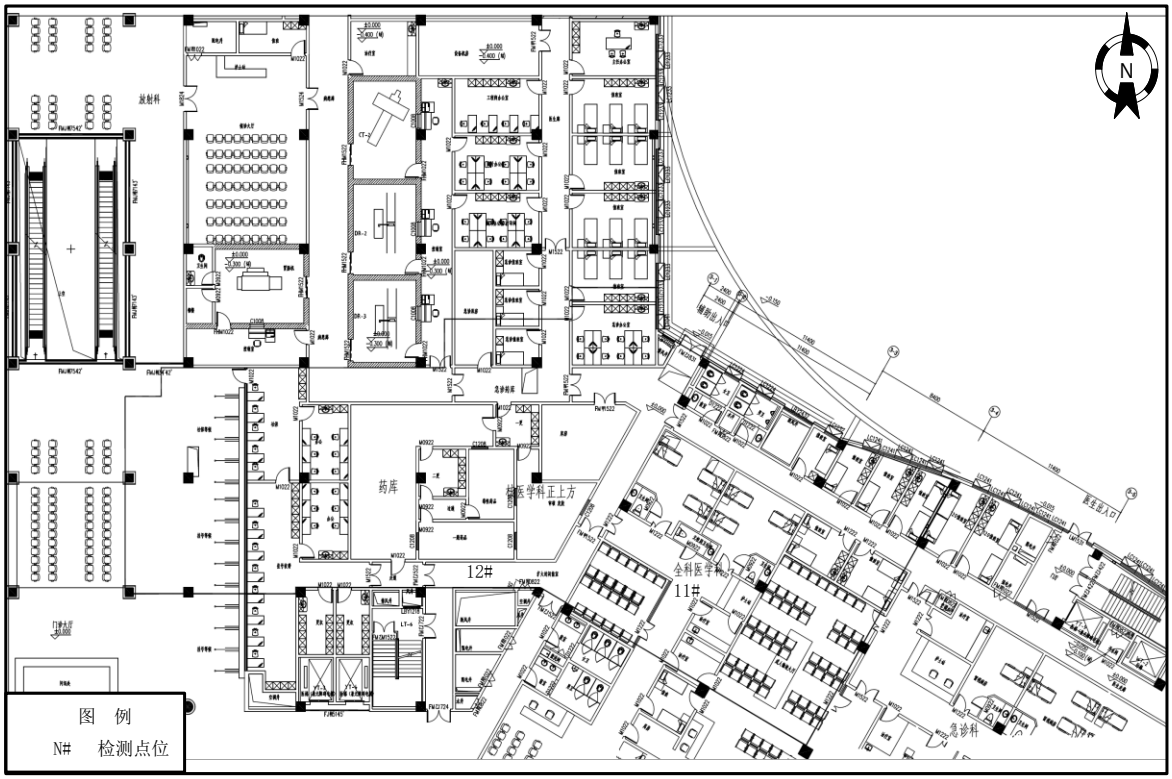



图 **8-11** 拟建址监测点位示意图（一层）

**（3）监测仪器**

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

| 监测项目 | 监测设备 | | |
|---|---|---|---|
| | 仪器名称 | 仪器编号 | 设备参数及检定情况 |
| 环境监测用 X-γ 吸收剂量率仪 | BG9511 | SCRDS-067 | 能量响应:35keV～3MeV<br>测量范围：10nGy/h～600μGy/h<br>校准证书编号：2025H21-10-5840177001<br>校准有效期：2025.4.10～2026.4.9 |
| 表面污染仪 | CoMo-170 | SCRDS-007 | 测量范围：0cps～20000cps<br>检定证书编号：检定字第 202411100438 号<br>检定有效期：2024.11.4～2025.11.3 |

**4、质量保证措施**

人员培训：监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度：监测仪器定期经计量部门检定，每次监测必须在有效期内。

自检：每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

数据记录及处理：开机预热，手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m。仪器读数稳定后，每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），使用 $^{137}Cs$ 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy。

数据复核：监测报告实行三级审核制度，经校对审核后由授权签字人审定签发。

**5、比较标准**

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考成都市生态环境局《2024 年成都生态环境质量公报》中 γ 辐射空气吸收剂量率范围：（66.7~117）nGy/h。

**6、环境现状监测与评价**

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

表 8-3 拟建址 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

| 测点编号 | 点位描述 | 测量结果(nGy/h) | 备注 |
|---|---|---|---|
| 1 | 拟建址东侧停车场通道 | 75±0.8 | / |
| 2 | 拟建址东侧停车场通道 | 83±0.8 | / |
| 3 | 拟建址内会议室 | 104±2.4 | / |
| 4 | 拟建址中部走廊 | 102±0.6 | / |
| 5 | 拟建址南侧医护走廊 | 103±0.7 | / |
| 6 | 拟建址北侧放疗科走廊 | 102±0.6 | / |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 | 拟建址西侧医用走廊 | 77±1.4 | / |
| 8 | 拟建址西侧医用走廊 | 76±1.2 | / |
| 9 | 拟建址下方地下停车场 | 75±0.7 | / |
| 10 | 拟建址下方地下停车场 | 77±0.9 | / |
| 11 | 拟建址上方全科医学科走廊 | 95±0.6 | / |
| 12 | 拟建址上方药库南侧走廊 | 94±1.0 | / |

注：1、测量结果未扣除宇宙射线响应值；

2、监测时，直线加速器未运行。

**表 8-4 拟建址 β 表面放射性污染水平检测结果**

| 测点编号 | 点位描述 | 表面 β 放射性污染水平检测结果 ($Bq/cm^2$) | 备注 |
|---|---|---|---|
| 1 | 拟建址东侧停车场通道 | ＜LLD | / |
| 2 | 拟建址东侧停车场通道 | ＜LLD | / |
| 3 | 拟建址内会议室 | ＜LLD | / |
| 4 | 拟建址中部走廊 | ＜LLD | / |
| 5 | 拟建址南侧医护走廊 | ＜LLD | / |
| 6 | 拟建址北侧放疗科走廊 | ＜LLD | / |
| 7 | 拟建址西侧医用走廊 | ＜LLD | / |
| 8 | 拟建址西侧医用走廊 | ＜LLD | / |

注：LLD 为 $0.09Bq/cm^2$。

由表 8-3~表 8-4 可知，本项目拟建位置周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测值在（75～104）nGy/h 之间，与成都市生态环境局《2024 年成都生态环境质量公报》中 γ 辐射空气吸收剂量率范围：（66.7~117）nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值属于正常本底范围。

项目拟建位置周围 β 表面污染水平为低于仪器探测下限，属于当地正常水平。

同时，根据医院提供的 2024 年年度辐射防护监测报告可知，放疗科的直线加速器正常运行时，其周边的环境也处于正常本底水平。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备与工艺分析

**一、施工期工艺分析**

**（一）施工阶段**

本项目施工期主要是对门诊医技楼负一层进行改造，改造前为办公室和会议室等场所，拟重新布局为核医学科各功能用房，并在负二层建设 1 套衰变池系统。现场室内装修装饰工程包含照明系统、排水管网、供电系统等同步安装。施工期环境主要影响因素有以下几个方面：

①大气污染：物料运输、物料装卸、堆置等过程会有扬尘产生；装修施工过程中，产生的少量的涂料废气。

②施工噪声：主要是内部墙体建设、辐射防护工程、物料运输、装修过程中，会有噪声产生。

③施工废水：主要为施工期施工人员生活污水、施工废水。

④施工固废：主要为建设过程中产生的建筑垃圾和废弃边角料，施工人员产生的生活垃圾。

项目施工期主要是对已有建筑物内部进行重新布局、装修、设备安装和衰变池建设，其施工建设工艺流程图如图 9-1。

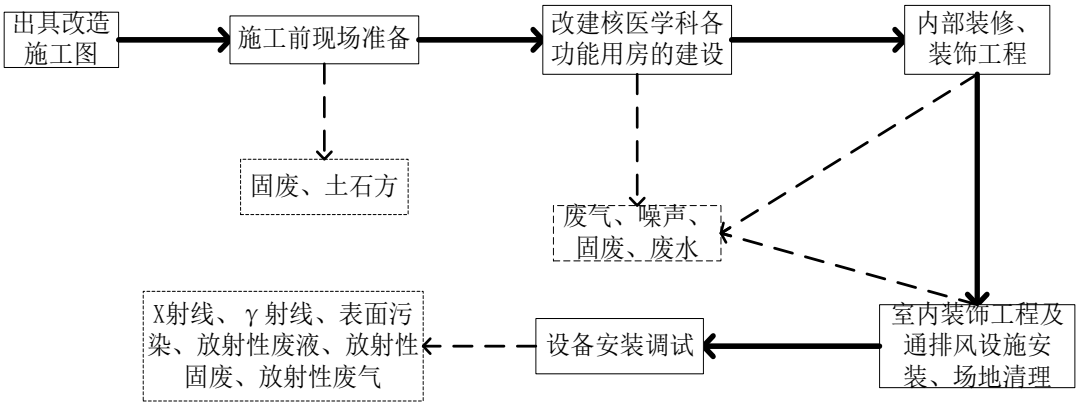



**图 9-1 本项目施工期工艺流程及产污环节**

**（二）设备安装调试阶段**

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

本项目射线装置和含源装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操

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

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

## 二、营运期工艺分析

### （一）工程设备

成都市第七人民医院拟利用门诊医技楼负一层原有闲置用房建设核医学科，本次建设的核医学科为 1 处乙级非密封放射性物质工作场所。

在该场所内拟使用放射性同位素 $^{18}F$ 开展 PET/CT 显像诊断项目，使用 3 枚 $^{68}Ge$ 放射源（属V类放射源）对 PET/CT 进行校准，使用放射性同位素 $^{99m}Tc$ 开展 SPECT/CT 显像诊断项目。本次拟新增辐射项目见表 9-1 至表 9-3。

表 9-1 成都市第七人民医院新建核医学科项目放射源使用情况一览表

| 放射源 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 核素名称 | 总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
| 1 | $^{68}Ge$ | $5.5\times10^{7}\times1$ 枚<br>$3.5\times10^{6}\times2$ 枚 | V类 | 使用 | 校准 | 核医学科 | 校准源库 |

表 9-2 成都市第七人民医院新建核医学科项目非密封放射性物质使用情况一览表

| 序号 | 核素 | 用途 | 单个病人最大用量（mCi/人•次）/用药方式 | 日最大病人量（人） | 年最大病人量（人） | 日最大操作量（Bq） | 年最大操作量（Bq） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^{18}F$ | 核素显像 | 10（静脉注射） | 15 | 3750 | $5.55\times10^{9}$ | $1.39\times10^{12}$ |
| | | | 备药量：$4\times5.55\times10^{9}$Bq | | | $2.22\times10^{10}$ | $5.55\times10^{12}$ |
| 2 | $^{99m}Tc$ | | 25（静脉注射） | 20 | 5000 | $1.85\times10^{10}$ | $4.63\times10^{12}$ |

表 9-3 成都市第七人民医院新建核医学科项目射线装置使用情况一览表

| 射线装置 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 序号 | 射线装置名称 | 装置型号 | 数量 | 最大管电压 | 最大管电流 | 射线装置类别 | 活动种类 | 使用场所 |
| 1 | PET/CT | 未定 | 1 | ≤140kV | ≤1000mA | III | 使用 | 核医学科 |
| 2 | SPECT/CT | 未定 | 1 | ≤140kV | ≤1000mA | III | 使用 | 核医学科 |

参照《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号）中：

①有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

②工艺流程连续完整；

③有相对独立的辐射防护措施的特点。

根据设计院提供的平面布局可知，成都市第七人民医院本次新建核医学科项目主要为放射性同位素的显像诊断项目，工作场所独立，有明确的监督区和控制区划分，工艺流程完整，因此，医院本次新建的核医学科应作为一个独立的非密封放射性物质工作场所。

**1、非密封放射性物质**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录C提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和放射性同位素日最大操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判据如表9-4。

表9-4 非密封放射性物质工作场所的分级

| 级别 | 日等效最大操作量/Bq |
|---|---|
| 甲 | ＞$4\times10^9$ |
| 乙 | $2\times10^7$~$4\times10^9$ |
| 丙 | 豁免活度值以上~$2\times10^7$ |

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、物理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9-5、表9-6。

表9-5 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9-6 操作方式与放射源状态修正因子

| 操作方式 | 物理状态 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 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 |

$$日等效用量 = \frac{日操作量 \times 毒性修正因子}{操作方式的修正因子} \cdots\cdots 公式\ 9\text{-}1$$

根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式和日等效操作量，确定出本项目各非密封放射性物质工作场所级别，详见表 9-7。

**表 9-7 本项目核医学科使用的放射性核素日等效最大操作量核算**

| 核素 | 日最大操作量（Bq） | 毒性组别修正因子 | 操作方式修正因子 | 日等效最大操作量（Bq） | 合计（Bq） |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{18}F$ | $5.55\times10^{9}$ | 低毒 0.01 | 液态、很简单操作 10 | $5.55\times10^{6}$ | $2.63\times10^{7}$ |
| | $2.22\times10^{10}$ | 低毒 0.01 | 液态、源的贮存 100 | $2.22\times10^{6}$ | |
| $^{99m}Tc$ | $1.85\times10^{10}$ | 低毒 0.01 | 液态、很简单操作 10 | $1.85\times10^{7}$ | |

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）非密封源工作场所的分级原则，结合表 9-7 计算结果可知本次新建的核医学科日等效最大操作量为 $2.63\times10^{7}$Bq，属于（$2\times10^{7}$~$4\times10^{9}$）Bq 的范围，确定成都市第七人民医院本次新建的核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。

**2、射线装置**

（1）PET/CT

PET/CT 是将 PET 与 CT 融为一体，由 PET 提供病灶详尽的功能与代谢等分子信息，而 CT 提供病灶的精确解剖定位。PET 系统的主要部件包括机架、环形探测器、符合电路、检查床及工作站等。探测系统是整个正电子发射显像系统中的主要部分，它采用的块状探测结构有利于消除散射、提高计数率。CT 主要有扫描部分、计算机系统、图像显示和存储系统组成，其中扫描部分由 X 线管、探测器和扫描架组成。PET/CT 结构示意图见图 9-2。

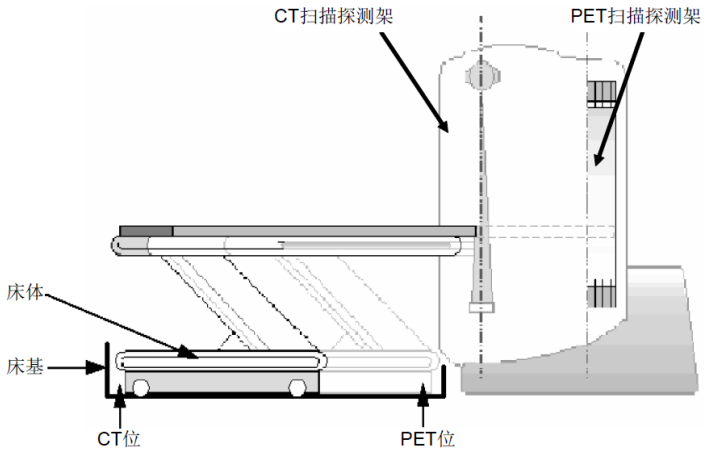



**图 9-2 PET/CT 结构示意图**

本项目拟新增的 1 台 PET/CT 主要设备技术参数见表 9-8。

表 9-8 核医学科 PET/CT 主要设备技术参数

| 指　标 | 技术参数 |
|---|---|
| 型号 | 未定 |
| 位置 | 核医学科 PET/CT 机房 |
| 额定管电压 | ≤140kV |
| 额定管电流 | ≤1000mA |
| 用途 | 显像 |

（2）SPECT/CT

SPECT/CT 的基本结构分 3 部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系统。SPECT/CT 将功能显像的 SPECT 与解剖显像的 CT 图像有机融合， 提高信噪比，在获取衰减校正后的核医学影像同时与同机 CT 图像融合，实现 SPECT 的高敏感性优势及 CT 的解剖准确性优势互补，既可显示病变的血液及功能改变，又可显示其解剖学影像，有效提高病灶的检出能力和定位能力，提高疾病诊断的准确率从而大大提高了诊断的效能。常见的 SPECT/CT 外观图见图 9-3。

**图 9-3 常见 SPECT/CT 外观图**

本项目拟新增的 1 台 SPECT/CT 主要设备技术参数见表 9-9。

表 9-9 核医学科 SPECT/CT 主要设备技术参数

| 指　标 | 技术参数 |
|---|---|
| 型　号 | 型号未定 |
| 位置 | 核医学科 SPECT/CT 机房 |
| 额定管电压 | ≤140kV |
| 额定管电流 | ≤1000mA |
| 用途 | 显像 |

**（二）工作原理及工艺流程-PET/CT 部分**

**1、工作原理**

核医学的体内诊断是将放射性核素及其标记物注射到人体内后，由于机体功能和代谢变化，因而可以通过放射性核素及其标记物在体内分布和代谢来反映人体内的病

理或生理变化。放射性核素进入人体后，特定的放射性核素按照自身的规律发生衰变，在此过程中发射一定能量的γ 射线，采用特殊的探测装置可以在人体外探测到体内放射性核素的分布，就能准确的观察到体内的病理或生理变化过程，为医学研究与临床诊断提供可靠信息。

PET 的成像技术是利用带正电子的放射性核素注入人体内产生的湮没辐射 γ 光子构成影像。正电子只能瞬态存在，很快与组织中的负电子结合湮没辐射产生两个能量相等、方向相反的γ 光子。正电子放射性核素可构成人体各部位的任何影像，包括平面影像、动态影像、断层影像及全身影像。湮没辐射产生的γ 光子互成 180°，提供了很好的空间定位。正电子成像一般不需要机械准直器而采用电子准直，大大提高了探测灵敏度，改善了空间分辨率。正电子断层显像主要用于心血管疾病、脑及神经疾病和肿瘤的诊断，对肿瘤的良、恶性鉴别诊断、分期、化疗和放疗后疗效观察及判断肿瘤病灶转移与复发均有重要价值。近年来，为获得清晰的成像，又发展了与 X 射线 CT 融合的 PET/CT、PET/MR 等设备。常见的 PET/CT 外观图见图 9-4。

**图 9-4 常见的 PET/CT 外观图**

本项目 PET/CT 拟使用放射性同位素 $^{18}F$ 配合新增的 PET/CT 进行影像诊断。

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

谢的异常，常是疾病的早期变化，出现在形态结构发生改变之前。因此，PET 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断。

本项目 PET/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-10。

**表 9-10 放射性核素特性一览表**

| 核素名称 | 半衰期 | 衰变类型及分支比（%） | 主要 α、β 辐射能量（keV）与绝对强度（%） | 主要 γ、X 射线能量（keV）与绝对强度（%） | 周围剂量率当量率常数（裸源）① （μSv·m²/MBq·h） |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{18}F$ | 109.8min | $\beta^+$，EC | 0.63（+） | 0.511 | 0.143 |

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）。

**2、工作流程、产污环节及污染因子**

医院本次核医学科拟使用的放射性药物 $^{18}F$ 购自有资质供货商，为成品药，其操作流程如下：医院根据患者预约情况，确定当天所使用的药物剂量，向专业供应商订购，供应商根据医院预约的时间和用量定时（患者就诊前）将药物从药物通道送达核医学科的储源室内，医院指定专人负责药物的接收和登记，并当天用完。

PET/CT 诊断具体工作流程如下：

1）接收患者，开具 PET 诊断单并告知患者诊断过程存在辐射危害；

2）医生根据病情确定使用核素的类别和剂量；

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

4）病人注射药品后通过仪器进行器官显像和病情检查。此过程病人带有 γ 射线。

PET/CT 系统诊断工艺流程及产污位置图如图 9-5 所示。

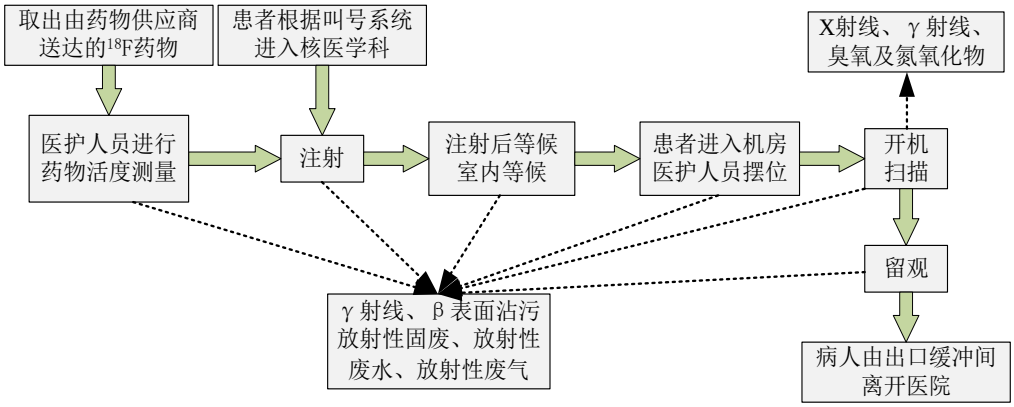



**图 9-5 本项目核医学诊断流程及产污环节示意图**

因此，使用 $^{18}F$ 核素标记 PET 显像主要环境影响为活度测量和注射对工作人员产生的外照射；活度测量和注射过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物

的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、注射放射性药物患者的排泄物，PET/CT 扫描时产生的 X 射线。

**3、$^{68}$Ge 校准源工作原理**

本项目 PET/CT 设备拟使用 3 枚 $^{68}$Ge 校准源（$5.5\times10^{7}$Bq/枚×1 枚+$3.5\times10^{6}$Bq/枚×2 枚），均属 V 类放射源。

本项目使用 $^{68}$Ge 校准源模拟注射同位素药物的人体，用于探头采集均匀性和能峰的校准。通过对 $^{68}$Ge 校准源校正前、后正常体检患者的 PET 图像和参数报告进行对比分析，校正其中存在的显著差异。

本项目使用的 $^{68}$Ge 校准源属于 V 类密封源，半衰期为 288 天，主要衰变方式为纯电子俘获（EC），主要发射能量为 0.511MeV 的 γ 射线（经由 $^{68}$Ge，正电子湮没），属于极低危险密封源。

**5、$^{68}$Ge 校准源工作流程**

PET/CT 设备需要校准时，工作人员将含密封校准源铅罐放置于设备外挂放射源支架上，工作人员退出机房，设备进行校准。校准源使用过程中不产生放射性废物，图像校准及探头校正过程中释放出 γ 射线贯穿屏蔽层对操作人员产生影响甚微。质控通常选择在没有病人的时候进行，具体操作流程如下：

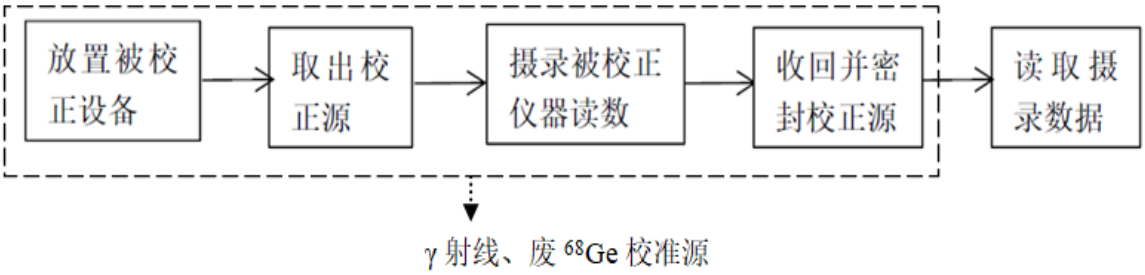



**图 9-6 $^{68}$Ge 校准源质控操作流程图**

$^{68}$Ge 校准源衰变放出 γ 射线，$^{68}$Ge 校准源在使用过程中产生的污染因子为 γ 射线以及退役 $^{68}$Ge 校准源。

**（三）工作原理及工艺流程-SPECT/CT 部分**

**1、工作原理**

SPECT 即单光子发射计算机断层成像术（Single-Photon Emission Computed Tomography），本项目 SPECT 利用发射单光子的核素药物 $^{99m}$Tc 进行检查。 SPECT 的基本结构分三部分，即旋转探头装置、电子线路、数据处理和图像重建的计算机系

统。SPECT 除显示肿瘤病灶外，尚可显示局部脏器功能的变化，如：化疗后左心功能、肾功能的改变等。本项目 SPECT 使用 $^{99m}$Tc 放射性核素，将放射性药物 $^{99m}$Tc 引入人体，经代谢后在脏器内外或病变部位和正常组织之间形成放射性浓度差异，通过计算机处理再成像。SPECT 的基本成像原理是 γ 照相机探头的每个灵敏点探测沿一条投影线进来的 γ 光子，其测量值代表人体在该投影线上的放射性之和。

SPECT/CT 的工作原理是把 SPECT 和 CT 放在一起，利用体外的 X 射线穿透人体而获得三位解剖图像的断层成像技术，通过 SPECT 扫描和 CT 扫描重边，联合扫描，使两者的硬件和软件有机地结合在一起。工作时，其 CT 球管发射 X 线穿透人体组织，其探测器获得的数据不仅用于重建 CT 图像，同时提供给 SPECT 作为衰减校正的参数，在此基础上再进行 SPECT 图像的重建。所显示的图像为两者图像的融合的结果，即细胞的代谢显像和所处的解剖位置。

本项目 SPECT/CT 拟使用的放射性核素种类及其特性见表 9-11。

**表 9-11 放射性核素特性一览表**

| 核素名称 | 半衰期 | 衰变模式 | α/β 最大能量（MeV） | 光子能量（MeV） | 周围剂量率当量率常数（裸源）① （μSv·m²/MBq·h） |
|---|---|---|---|---|---|
| $^{99m}$Tc | 6.02h | 同质异能跃迁 | - | 0.140 | 0.0303 |

注：①该数据来源于《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）。

**2、工作流程、产污环节及污染因子**

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

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

患者在接到通知后经缓冲间再至分装室注射窗口注射放射性药物。医护人员在手套箱内根据患者用药情况将成品药装至带铅套的注射器内或者容器内，测定活度，经

校对无误后，在注射铅玻璃屏的屏蔽下为患者注射药物。注射完毕后的注射器及患者服药后的一次性器皿放入专用废物铅桶内。每次活度测量过程中近距离接触 $^{99m}$Tc 药物的时间保守按 2min、注射过程按 1min 估算。

患者根据注入的 $^{99m}$Tc 药物特性，在 SPECT/CT 注射后等候室内静坐或静躺片刻，待药物代谢至靶器官，再进入 SPECT/CT 机房，经医护人员摆位后，接受 SPECT/CT 的扫描，每次扫描约 10~20 分钟。扫描完成后，患者在留观室留观一段时间后，若无其他情况，经缓冲间从患者专用通道离开。SPECT/CT 诊断项目工作流程及产污环节分析见图 9-7。

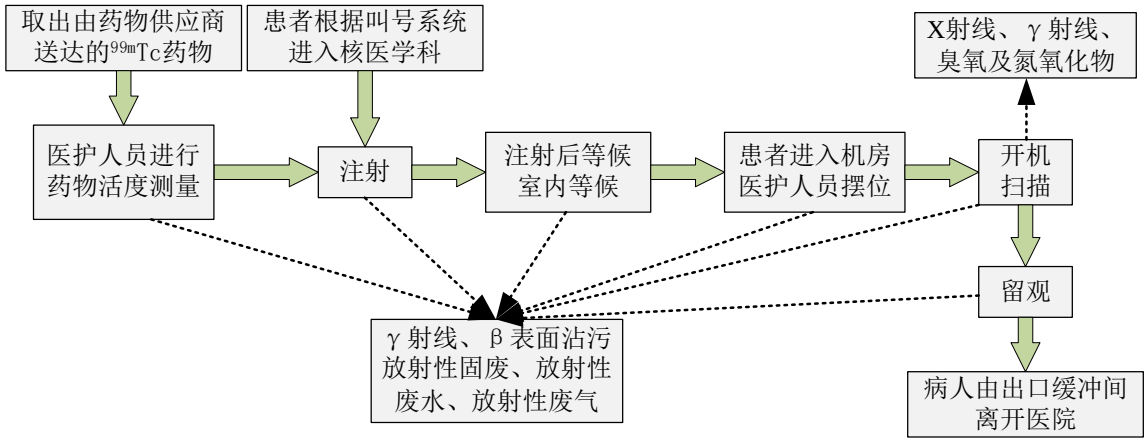



**图 9-7 SPECT/CT 诊断项目工作流程及产污环节分析示意图**

因此，在 SPECT/CT 核素显像检查过程中，主要环境影响为活度测量和给药对工作人员产生的外照射；活度测量和给药过程对工作台面、地面等造成的表面污染；操作过程产生的放射性固体废物，如使用放射性药物的注射器、注射针头、可能沾染放射性药物的试管、棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物等放射性固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物患者的排泄物。

**（四）项目人流和物流的路径规划**

医院本次新建的核医学科位于门诊医技楼负一层，结合本项目的工艺流程，本次核医学科的人流、物流路径规划具体如下：

**1、工作人员路径：**

核医学科的护士由核医学科南侧的医护通道经卫生通过间到达分装注射室，在储源室内取出所需注射的放射性药物至手套箱，在手套箱内完成活度测量等操作，再至注射窗口给患者施药。该路径上卫生通过间内配置有表面污染监测设备，设置有感应式洗手池和淋浴设施，分装注射室内产生的固体废弃物暂存于废物桶内，随后转移至

放射性废物暂存间内。

核医学科技师经南侧的医生通道至控制室，并通过工作人员防护门进入机房给患者摆位，摆位完成后离开机房在控制室内完成对患者的显像扫描工作。

**2、患者路径：**

显像患者在核医学科候诊门厅候诊，经护士叫号后经缓冲间来到分装注射室的注射窗口，注射完药物后至对应的注射后等候室内休息候诊，再进入 PET/CT 机房或 SPECT/CT 机房进行显像检查，检查完毕后在留观室内休息片刻，再至出口缓冲区经表面污染水平检测后离开。该路径上，患者入口和患者出口处均设置有缓冲间，仅允许患者单向通行。该诊断区域内设有专用卫生间，患者在专用卫生间内如厕，不随意走动，诊断期间，各自根据叫号系统提示到相应的位置进行诊断检查。

**3、工作场所拟使用的放射性药物运送路径：**

本项目核医学科所使用的放射性药物均由有资质单位供应，放射性药物会在患者就诊前送至核医学科，在医院对接人对接后经直接送至储源室内暂存。

**4、放射性废物路径：**

本项目核医学科产生的放射性废物分为 2 部分，第一部分主要是分装注射室内产生的放射性废物，该部分废物先暂存在分装注射室的铅废物桶内，随后转移至核医学科中部的放射性废物暂存间内暂存，待暂存至一定期限后转移至医院的医疗废物暂存间内。

第二部分放射性废物主要是注射后等候室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房及留观室等功能房间患者就诊时产生的少量废物，该部分放射性废物会在患者就诊结束后由专业人员打扫并集中收储至核医学科中部的放射性废物暂存间内暂存，待暂存至一定期限后转移至医院的医疗废物暂存间内。上述人流物流路径示意详见图 9-8 所示。

略

图 **9-8** 本项目核医学科人流物流路径示意图

## 污染源项描述

**一、施工期污染源**

**1、废水**

施工期少量废水主要来自以下几个方面：

①施工场地废水；②施工人员生活污水。

**2、扬尘**

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

**3、固体废物**

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

**4、噪声**

主要是使用施工机械和装修设备产生的噪声。

**二、营运期污染源**

**1、电离辐射**

医院拟在 PET/CT 机房内新增使用 1 台 PET/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 1000mA），拟在 1 座 SPECT/CT 机房内拟各新增使用 1 台 SPECT/CT（最大管电压 140kV、最大管电流 1000mA）均用于核素诊断，均属于III类射线装置。

核医学科拟使用放射性同位素 $^{18}F$（含备药量，年最大使用量 $6.94\times10^{12}Bq$、日最大使用量 $2.78\times10^{10}Bq$、日等效最大操作量 $7.77\times10^{6}Bq$）和 $^{99m}Tc$（年最大使用量 $4.63\times10^{12}Bq$、日最大使用量 $1.85\times10^{10}Bq$、日等效最大操作量 $1.85\times10^{7}Bq$）用于开展核素显像诊断项目。

PET/CT 和 SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线、放射性药物在取药、分装、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的 γ 射线，校准源校准过程中释放 γ 射线，以上射线会造成医务人员和公众的外照射。

**2、β 放射性表面污染**

医生在对含有放射性同位素 $^{18}F$ 等的各种操作中，会引起工作台、工作服和手套

等产生放射性沾污，造成小面积的β放射性表面污染。

**3、废气**

本项目使用的放射性同位素 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 在带有通风装置的手套箱内进行分装，产生少量的放射性气溶胶。

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

**4、废水**

体内含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

**5、固体废物**

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

退役或报废的校准源由放置于校准源室内，退役或报废的密封源交城市放射性废物库或厂家回收。

**6、噪声**

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

**7、非放射性三废**

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

**（三）其他**

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

## 表 10 辐射安全与防护

### 项目安全措施

**一、工作场所布局与分区**

**（一）工作场所布局合理性**

本项目核医学科位于门诊医技楼负一层和负二层（平面布局详见附图 7），工作场所相对独立，周边无其他人员密集的科室，新增的非密封放射性物质工作场所避开了医院的产科、儿科、食堂等部门，且新增的工作场所出入口避开了人流量较大的门诊大厅、收费处等人群稠密区域，避免了对公众不必要的照射，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于选址与布局的规定。

**（二）两区划分**

**1、分区原则**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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。

根据《核医学辐射安全与防护要求》（HJ 1188-2021）的规定：核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

**2、区域划分**

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。医院拟将核医学科的分装注射室、储源室、放射性废物暂存间、运动负荷室兼抢救室、SPECT 注射后等候室 1、SPECT 注射后等候室 2、PET 注射后等

候室 1、PET 注射后等候室 2、PET 注射后等候室 3、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、校准源库、留观室及衰变池等划分为控制区，该区域涉及放射性同位素和射线装置的操作，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及其他法律法规定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：卫生通过间、控制室、预留诊室及缓冲间等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及其他法律法规定义的监督区。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

**表 10-1 项目控制区和监督区划分情况**

| 科室名称 | 控制区 | 监督区 |
| --- | --- | --- |
| 核医学科 | 分装注射室、储源室、放射性废物暂存间、运动负荷兼抢救室、SPECT 注射后等候室 1、SPECT 注射后等候室 2、PET 注射后等候室 1、PET 注射后等候室 2、PET 注射后等候室 3、污洗间、污存间、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、校准源库、设备间、留观室及衰变池等 | 卫生通过间、控制廊、预留诊室、会议示教室及缓冲间等 |

**3、控制区的防护手段与安全措施：**

①控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。

②制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

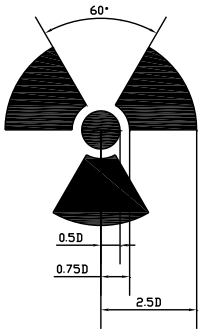
③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在淋浴/更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

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

略

图 **10-1** 核医学科分区示意图




**a.**电离辐射标志

**b.**当心电离辐射警告标志

图 **10-2** 电离辐射标志和电离辐射警告标志

**4、监督区防护手段与安全措施**

①以黄线警示监督区的边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

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

**二、辐射安全及防护措施**

**（一）工作场所的屏蔽措施**

本次新建核医学科项目屏蔽设计见表 10-2，工作场所的平面布局详见附图 7。

表 10-2 核医学科各功能房间防护屏蔽设计一览表

| 名称 | 屏蔽体 | 主要屏蔽材料及厚度 |
|---|---|---|
| 分装注射室（含储源室、放射性废物暂存间） | 四面墙体 | 370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 10mmPb |
| | 手套箱 | 5mmPb（$^{99m}$Tc），55mmPb（$^{18}$F） |
| | 注射铅套 | 5mmPb（$^{99m}$Tc），20mmPb（$^{18}$F） |
| | 注射窗 | 5mmPb（$^{99m}$Tc），20mmPb（$^{18}$F） |
| 运动负荷兼抢救室 | 四面墙体 | 370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 注射窗 | 5mmPb（$^{99m}$Tc） |
| | 防护门 | 8mmPb |
| SPECT 注射后候诊室 1（大） | 四面墙体 | 东、南、北 240mm 厚实心砖，西 370mm 实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 3mmPb |
| SPECT 注射后候诊室 2 | 四面墙体 | 240mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土 |

| | | |
|---|---|---|
| （小） | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 3mmPb |
| PET 注射后候诊室 1 | 四面墙体 | 东、西、北 370mm 厚实心砖，南 240mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 8mmPb |
| PET 注射后候诊室 2 | 四面墙体 | 240mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 8mmPb |
| PET 注射后候诊室 3 | 四面墙体 | 240mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 8mmPb |
| 三角形放射性废物暂存间 | 四面墙体 | 240mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 5mmPb |
| PET/CT 机房 | 四面墙体 | 370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+5mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土+2mmPb 铅木复合板 |
| | 防护门 | 南侧为 10mmPb，北侧为 8mmPb |
| | 观察窗 | 10mmPb |
| | 铅屏风 | 5mmPb |
| SPECT/CT 机房 | 四面墙体 | 370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+2mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土+2mmPb 铅木复合板 |
| | 防护门 | 5mmPb |
| | 观察窗 | 5mmPb |
| | 铅屏风 | 2mmPb |
| 留观室 | 四面墙体 | 370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 防护门 | 8mmPb |
| 患者走廊 | 四面墙体 | 240mm 厚实心砖/370mm 厚实心砖 |
| | 顶棚 | 150mm 混凝土+1mmPb 铅木复合板 |
| | 地面 | 120mm 混凝土 |
| | 入口缓冲间防护门为 10mmPb | |
| | 出口缓冲间防护门为 8mmPb | |

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm$^3$，铅板的密度不低于 11.3g/cm$^3$，实心砖的密

度不低于 1.65 g/cm$^3$。

（二）辐射安全装置

**1、电离辐射警告标志及工作状态指示灯**

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

**2、视频监控系统和双向对讲装置：**核医学科工作场所内各功能房间拟安装视频监控系统，辐射工作人员能通过视频监控观察治疗室内患者治疗的情况以及出入口情况，并通过双向对讲装置与工作场所内患者联系。

**3、门禁系统**

在工作场所受检者各出入口处设置专用门禁系统，对受检者的出入进行控制。

**4、急停装置**

在核医学科的射线装置的控制台上、治疗床上安装供紧急情况使用的强制终止照射的急停按钮。一旦在检查过程中出现紧急情况，工作人员按动急停按钮即可令 PET/CT 和 SPECT/CT 停止运行。

**5、操作警示装置**

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

**6、易清洁设置**

核医学科的工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处拟采用 PVC 材质地胶，无接缝，易于清洗和去污。

**7、检测仪器的配置**

工作人员离开工作室前洗手和作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的物件不携出控制区。

**8、储源室和校准源库红外报警系统**

本项目工作场所的储源室和校准源库均拟设置双人双锁的保险柜，工作场所使用的放射性药物放置于铅罐中由供应单位派专人直接送至储源室内暂存，未用完的放射性药物放置在储源室双人双锁的保险柜内，日常期间由值班人员巡视检查，储源室出

入口安装摄像头、红外报警系统。

**9、通排风系统**

本项目各射线装置运行过程中，X 射线与空气作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体，机房拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。

本项目使用的 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 核素在带有通风装置的手套箱内进行分装，会产生少量含放射核素的气溶胶。

本项目核医学科工作场所设置有新风系统及排风系统，并保证了工作场所为负压工作场所，且通过压差控制气流方向，核医学科工作场所的风向为候诊大厅、医生办公区至留观、注射后候诊等区域再至分装注射室。

**10、对控制区内带药病人的监督管理**

本项目核医学科设置有诊前示教，患者在就诊前，医护人员提前告知患者注意事项，告知检查完成后离开路线，避免注射放射性药物后患者和注射放射性药物前患者交叉，可防止其对公众造成不必要照射。

**（三）核医学科其他辐射安全措施**

**1、放射性药物的存放安全措施**

本项目工作场所所使用的 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 核素药物，医院将向有相关资质的放射性核素供应单位购买，由有资质单位负责运输。医院根据临床诊断所需药物的使用量，提前向放射性核素供应单位订购，供应单位在约定的时间负责将放射性药物运送至工作场所内，建设单位安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续。

建设单位将自行对购买的放射性核素进行活度测量等工作。建设单位严禁无关人员进入工作场所所在区域，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。医院将在放射性核素交接结束后，开展进行放射诊断与治疗工作。

建设单位根据所需的使用量，向有相关资质的放射性核素供应单位订购，并在放射性核素送达当天全部使用完，该工作场所正常情况下不会有放射性核素存放过夜。特殊情况下，由于病人未来就诊等原因，造成放射性核素未在当天使用完，少量放射性核素需在储源室存放过夜时，医院拟将未使用的少量放射性核素在储源室中存放。储源室将设有视频监控系统和门禁系统，可以有效防止放射性核素的丢失隐患。

本项目放射药物外购时其自身带有屏蔽层，且转入医院前表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB 11806-2019），货包表面任意一点的最高辐射水

平为 0.005mSv/h<$H$≤0.5mSv/h，转入医院后的放射性药物直接转入储源室内，随后工作人员在给病人用药前再转入分装注射室的手套箱内，再进行活度测量等操作，对于备用药品及未使用完的放射性药物转入储源室的双人双锁保险柜中。

本项目储源室外设置有红外监控摄像头、红外报警装置，防止放射性物品被盗或破坏。储源室的墙体应满足防护要求，积极采取防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全措施。建设单位应做到：

①放射性药物的存储容器要有合适的屏蔽。放置应合理有序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的那部分；

②储源室要有专人进行管理，并定期进行辐射剂量的监测，无关人员禁止进入；

③放射性药物要有进出登记，包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等，建立放射性同位素台帐制度；

④医院应建立完善的放射性核素贮存、领取、使用、归还登记和检查制度，做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整。

**2、表面污染控制措施**

为保证非密封放射性物质工作场所的表面污染水平达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准，提出以下管理措施和要求：

①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

②操作放射性药物时，须在有负压的手套箱内进行，防止放射性物质撒漏；

③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备有适当的防护用品；

④操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的标准值。

**3、操作过程中的防护措施**

医生在进行放射性药品的分药操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。分装时，手动将定量的药物移至带有屏蔽措施的注射器或容器内（一般为注射屏蔽套，其中锝标为 5mmPb，正电子药物为 20mmPb），经测量核定药物活度后转移给病人注射。分药时药品、铅罐均放置在

垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。手套箱底部设有10mmPb 废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

**三、辐射安全防护设施对照分析**

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

**表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表**

| 项目 | | 规定的措施 | 落实情况 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 核医学科项目 | 场所设施 | 四周墙体+屋顶屏蔽 | 改建 | / |
| | | 出入口缓冲间 | 已设计 | / |
| | | 铅防护门 | 已设计 | / |
| | | 观察窗 | 已设计 | / |
| | | 负压工作场所 | 已设计 | / |
| | | 病人专用卫生间 | 已设计 | / |
| | | 衰变池 | 已设计 | / |
| | | 放射性废物暂存间 | 已设计 | / |
| | | 视频监控与对讲系统 | / | 需配备 |
| | | 出入口处电离辐射警告标志 | / | 需配备 |
| | | 工作状态显示 | / | 需配备 |
| | | 进出口单向门禁 | 已设计 | / |
| 监测设备 | | 固定式报警仪 | 已设计 | / |
| | | 便携式 X-γ 巡检仪 | / | 拟配置 |
| | | 表面沾污仪 | / | 拟配置 |
| | | 个人剂量报警仪 | / | 拟配置 |
| | | 个人剂量计 | / | 拟配置 |

**四、环保投资**

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

**表 10-4 环保设施及投资估算一览表**

| 项目 | | 规定的措施 | 数量 | 金额（万元） |
|---|---|---|---|---|
| 核医学科项目 | 拆除工程 | | / | |
| | 场所设施 | 四周墙体+屋顶屏蔽 | / | |
| | | 出入口缓冲间 | 2 套 | |
| | | 铅防护门 | 若干 | |
| | | 观察窗 | 2 扇 | |
| | | 负压工作场所 | 1 处 | |
| | | 病人专用卫生间 | 6 间 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 衰变池 | 1 套 | |
| | | 放射性废物暂存间 | 2 间 | |
| | | 视频监控与对讲系统 | 1 套 | |
| | | 出入口处电离辐射警告标志 | 若干 | |
| | | 工作状态显示 | 2 套 | |
| | | 进出口单向门禁 | 1 套 | |
| | 监测设备 | 个人剂量报警仪 | 8 个 | |
| | | 个人剂量计 | 8 个 | |
| | | 便携式辐射巡测仪 | / | |
| | | 表面污染水平检测仪 | 2 个 | |

本项目总投资略万元，环保投资约略万元，占总投资的 20%。今后医院在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合医院实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时医院应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

## 三废的治理

本项目运行期产生的主要放射性“三废”为工作场所使用非密封放射性同位素过程中产生的放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，本项目核医学科拟采取以下“三废”防治措施。

**（一）放射性废气**

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中 7.4 规定，产生放射性废气的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）：合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般不小于 0.5m/s），排气口应高于本建筑屋脊，并安装专用过滤装置。

本项目工作场所排风管道分为 2 根，其中 1 根单独连接分装注射室的手套箱，放射性药物的各项操作均在手套箱内进行，手套箱由专业厂商提供，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的手套箱排风口处风速不得低于 0.5m/s；第 2 根单独连接工作场所内其余功能房间。且场所内的送风系统送风量约为 2100$m^3$/h，小于排风系统的排风量 7730$m^3$/h，且工作场所内的每个功能房间内的排

风口风量大于送风风量，保证了非密封放射性物质工作场所整体为负压工作场所，通风管道布设如图 10-3 所示。

工作场所产生的废气通过 2 根排风管道排出工作场所，其中手套箱自带有中效过滤装置，分装过程中产生的放射性废气经过中效过滤装置处理后再进入南侧的排风井内，排至屋顶的 1#排放口；工作场所其余功能房间产生的放射性废气统一排入南侧的排风井内，并在屋顶排风管末端设置中效过滤器装置过滤后排至 2#排放口。工作场所产生的放射性废气经过滤装置过滤后最终排至门诊医技楼屋顶南侧的 1#和 2#排放口，屋顶排风口均朝向天空。门诊医技楼楼顶周边空气流通通畅，含放射性核素的气溶胶经过滤装置过滤后对周边环境影响较小。

核医学科工作场所排风管道必须密封良好，不与门诊医技楼其他排风管道相通，过滤装置定期更换，更换后的过滤装置经贮存规定时间后作为一般废物处置。

略

图 **10-3** 核医学科通排风管道走向示意图

**（二）放射性废水**

本项目核医学科所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。涉及的核素为 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$。

本项目核医学科工作场所按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）拟在核医学科总上水管处设置有洗消装置，满足标准要求。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至门诊医技楼负二层本次建设的 1 套槽式衰变池内。根据设计院提供的设计图可知：核医学科所产生的放射性废水先排至污泥池再通过专用管道排至放射性废水衰变池，待放射性废水暂存至规定时间后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

本项目新设置的放射性废水衰变池通过专门管路收集放射性废水，采用间歇式衰变的处理方式设计。同时在排水口处设有专门取样孔，便于取样检测。本项目拟配备的槽式衰变池池壁为混凝土结构，排水管道的材质为不锈钢材质，其表面光滑、坚固耐酸碱腐蚀、无渗透性，核医学科的排水管道均埋在地下土层内，裸露的排水管道均拟采用 2mmPb 的铅皮进行包裹，管道走向详见图 10-4。

**1、处理措施**

本项目工作场所放射性废水将排入新建的槽式放射性废水衰变系统，衰变池系统设有 3 个相同体积的放射性废水衰变槽体，每个槽体有效容积均为 $15m^3$，放射性废水衰变系统采用间歇式排放运行。

**2、衰变池的运行原理**

本项目本次新建的衰变池由 3 个容积相同的小池组成，该系统自动运行并在核医学科医生办公室位置设有实时液位监控系统，可实时查看衰变池的运行情况，核医学科产生的放射性废水先进入第一个衰变池中，待第一个衰变池的废水装满后关闭第一个衰变池的进水阀门，打开第二个衰变池的进水阀门，核医学科的废水会排入第二衰变池内，此时第一个衰变池不外排放射性废水，待第二个衰变池的废水装满后，关闭第二个衰变池的进水阀门，打开第三个衰变池的进水阀门，此时核医学科产生的放射性废水均进入第三个衰变池内，待第三个衰变池即将装满放射性废水时，关闭第三个衰变池的进水阀门，此时打开第一个衰变池的排水阀门，将放射性废水排至医院污水处理站，衰变池以此往复运行，运行原理示意图详见图 10-5。

略

图 **10-4** 本项目核医学科的放射性废水管道走向示意图

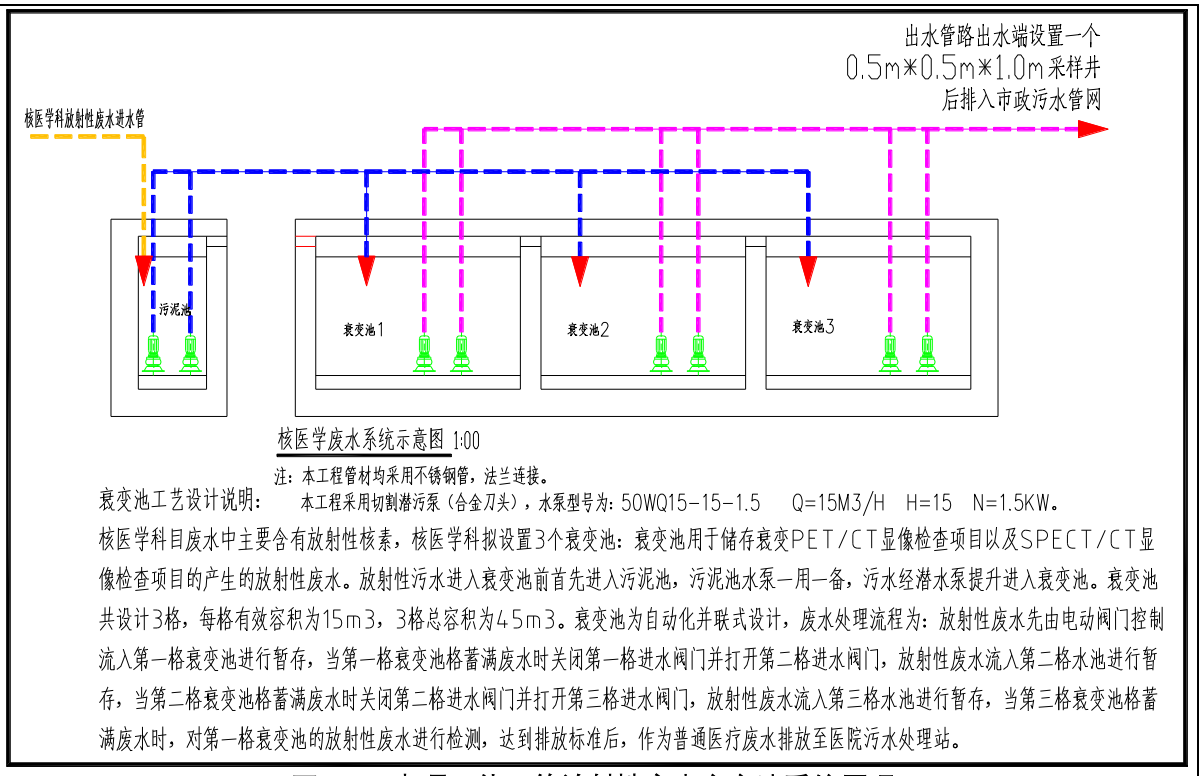



**图 10-5 本项目使用的放射性废水衰变池系统原理**

### 3、衰变池容量可行性分析

工作场所放射性废水主要来源是工作台面、地面去污时产生的放射性废水，工作人员操作过程中手部受到微量污染的清洁废水，患者冲洗排便废水。

患者产生的废水量：参考《建筑给排水设计规范》（GB 50015-2019）表 6.2.2 的医生生活用水量定额，同时根据该建设项目预期日检查人数，则本项目废水产生情况见表 10-5：

**表 10-5 医院核医学科废水产生情况一览表**

| 序号 | 用水类别 | 单人单次废水量 | 日诊疗人数 | 日产生废水量 | 场所 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 显像患者 | 12×0.8L | 45 人次 | 432L（0.432m$^3$） | 核医学科 |

本项目核医学科日产生放射性废水约 0.432m$^3$，衰变池的总容积为 15×3=45m$^3$，保守按照装满两个池子的容积进行核算，则装满 2 个池子需要约 69.4d（30m$^3$/0.432m$^3$/d），该衰变池只接纳工作场所使用放射性核素 $^{18}$F 和 $^{99m}$Tc 时产生的放射性废水，该短半衰期衰变池容积能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“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”的要求。本项目产生的含短半衰期的放射性核素的废水在衰变池存放超过 30d 后直接排至医院的污水处理站进行处理。

医院应规定：

（1）规定患者诊疗期间使用专用厕所，不得使用其他厕所。

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

**（三）放射性固废**

**1、放射性固废处理措施**

本项目核医学工作场所产生的放射性固废有：因采用注射的方式进行给药后产生的一次性注射器、针头、手套、药瓶等医用器具、排风管道内更换下的中效过滤器等。本项目核医学科工作场所内各功能房间均拟设置放射性固废收集桶(3mm 铅当量)，用于收集放射性固废，在到达一定量时转入中部的放射性废物暂存间的铅废物桶(3mm 铅当量)进行暂存衰变。

根据《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)针对固体放射性废物的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

①固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

②放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋(桶)，不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

③对于固体放射性废物暂存时间，所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天。

④经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，β 表面污染小于 0.8Bq/cm$^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

⑤固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，

详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

医院拟在核医学科分装注射室处放射性废物暂存间（约 8m$^2$），中部放射性废物暂存间（约 12m$^2$）内各设置 3 个容积不低于 80L 的铅废物箱（0.2m×0.2m×0.2m，3mmPb 当量），共 6 个。每日工作结束后，将当日产生的废物利用带有万向轮的铅废物桶转移至放射性废物暂存间的废物箱内静置衰变，并注明核素种类、转入时间，做好台账记录。放射性进行分类收集，其中短半衰期的放射性废物暂存 30d 后作为医疗废物处理。

核医学科排风管更换下来的过滤器需按固体放射性废物处理，同样在废物间内暂存 30d 后，经监测符合排放标准后作为医疗废物进行处置。

**2、贮存能力分析**

本项目核医学科因采用注射的方式给患者施药，因此该部分患者诊断过程中产生的固体废物主要有一次性注射、针头、纸巾和纸杯等，施药后产生的固体废物约为预计每天产生放射性固体废物 200cm$^3$/人，日诊疗人数 45 人，则每日产生的放射性固废量约为 0.009m$^3$/d，即 9L/d。核医学科共设置有 6 个容积不低于 80L 的铅废物箱，则装满 3 个铅废物箱需要约 44d（5×80L/（9L/d）），可满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 中规定的“所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天”的要求。

综上，核医学科产生的放射性固体废物（含废中效过滤器）采用专用塑料袋分类收集后封闭暂存于放射性衰变桶内并及时转移至放射性废物暂存间存放，经监测符合排放标准后同其它医疗废物一起由医疗废物处理机构定期统一处理；生活垃圾分类收集后交市政环卫部门统一清运。医院拟配备的专用脚踏式废物桶底部拟带有万向轮，工作人员转移废物时可将放射性废物连同铅桶一起转移至放射性废物暂存间内，至暂存间后再将含放射性废物的塑料袋转移至大容积的铅废物箱，随后再将空置的铅废物桶转移至原工作场所。此转移过程中，放射性废物一直在铅废物桶中存放，工作人员近距离接触时间明显减少，避免了不必要的照射。

**（四）非放射性污染防治措施**

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

**1、生活污水和生活垃圾处理措施**

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

**2、废气处理措施**

本项目使用的 III 类射线装置在工作状态时，会使空气电离产生少量的臭氧（$O_3$）和氮氧化物（$NO_X$），少量臭氧和氮氧化物可通过动力排风装置排出，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

**3、噪声治理措施**

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，各机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于 60dB（A），噪声较小，考虑到噪声的远距离衰减作用，各排风系统使用的风机均采用橡胶垫进行减震，噪声进一步减小，对周围环境影响可以忽略。

**4、射线装置报废处理**

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目使用的 PET/CT 和 SPECT/CT 在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

**一、施工阶段的环境影响分析**

本项目建设时将产生施工噪声、扬尘，同时会产生一定的废水、废气和建筑垃圾等。建设施工时对环境会产生如下影响：

1、大气：本项目在建设施工期需进行的原有墙体的拆除，新墙体砌筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，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：

（1）及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；

（2）车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；

（3）施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2、噪声：整个建筑施工阶段，如载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时需严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的要求，尽量使用噪声低的先进设备。

3、固体废物：项目施工期间，会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。

4、废水：本项目施工期废水主要来自施工人员的生活污水，施工期工作人员最高峰预计 20 人，用水按 150L/人.天计算，施工期共 100 天，则生活用水为 3.0$m^3$/d，排放系数取 0.8，则排放生活污水 2.4$m^3$/d。施工现场不设食堂，施工期产生的生活污水依托医院现有污水处理设施。

本项目施工废水主要产生于砖墙砌筑过程中少量的水泥拌，废水中主要污染物为泥沙。产生的施工废水属间断排放。在采取上述措施后，可以有效减少废水对周边环境的影响。医院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内局部区域，对周围环境影响较小。

**二、设备安装调试期间的环境影响分析**

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

本项目射线装置和含源装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操

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

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

## 运行阶段对环境的影响

### 一、辐射环境影响分析

本项目主要污染因子为 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 放射性核素在取药、活度测量、注射、注射后候诊、扫描及留观等操作过程中产生的 β、γ 射线及 β 放射性表面污染；PET/CT 和 SPECT/CT 射线装置扫描时产生的 X 射线。

**1、β 射线辐射影响分析**

β 射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社），其在 Z 较高的物质中的射程可用公式 11-1 和公式 11-2 进行估算，主要参数及结果见表 11-1。

$$R = \frac{1}{2}E_{max} \cdots\cdots \text{公式 11-1}$$

$$d = \frac{R}{\rho} \cdots\cdots \text{公式 11-2}$$

其中：$R$——最大射程，单位 g/cm$^2$；

$E_{max}$——电子的最大能量，单位 MeV；

$\rho$——材料的密度，单位 g/cm$^3$；

$d$——防护厚度，单位 cm。

表 11-1 与最大射程对应的防护厚度计算参数及结果

| 核素 | $E_\beta$(MeV)* | 屏蔽材料 | $\rho$ 材料密度(g/cm$^3$) | $d$ 防护厚度（cm） |
|---|---|---|---|---|
| $^{18}F$ | 0.63 | 铅 | 11.3 | 0.03 |
| | | 混凝土 | 2.35 | 0.14 |
| | | 实心砖 | 1.65 | 0.19 |

注：*来源 HJ1188-2021。

本项目的手套箱采用铅板及铅玻璃进行防护，工作场所墙体、顶部采用混凝土和实心砖，各防护门均采用铅防护门，观察窗均为铅玻璃观察窗进行辐射防护，本项目使用的放射性核 $^{18}F$ 产生的 β 射线在上述屏蔽材料中射程均极短。在核素操作过程中，在穿戴好防护用品后，基本可以消除 β 射线对辐射工作人员及周围公众的辐射影响。

但是，β 射线可与物质相互作用从而产生轫致辐射，物质的原子序数越高，所产生的轫致辐射越强。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）中的公式计算 β 射线产生的轫致辐射在关注点处空气中的吸收剂量率：

$$\dot{D} = 4.58 \times 10^{-14} A Z_e \left(\frac{E_b}{r}\right)^2 \cdot (\mu_{en}/\rho) \cdots\cdots \text{公式 11-3}$$

式中：$\dot{D}$—是屏蔽层中由 β 粒子产生的轫致辐射在空气中的吸收剂量率，Gy/h；

$A$—放射源的活度，Bq；

$Z_e$—吸收 β 粒子的屏蔽材料（或靶核）的有效原子序数；

$E_b$—β 粒子的平均能量，MeV；

$r$—放射源到关注点的距离，m；

$\mu_{en}/\rho$—平均能量为 $E_b$ 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数，$m^2/kg$。

由公式 11-3 计算其所致剂量率，主要计算参数及计算结果见表 11-2。

**表 11-2 核素产生轫致辐射剂量率**

| 核素 | 活度（Bq） | 有效原子序数 | $E_b$（MeV） | 距离（m） | $\mu_{en}/\rho$（$m^2/kg$） | 剂量率（μGy/h） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $^{18}F$ | $3.7\times10^8$ | 82（铅） | 0.63 | 1 | $2.953\times10^{-3}$ | $1.63\times10^{-4}$ |
| | | 5.85（有机玻璃） | | | | $1.16\times10^{-5}$ |
| | | 7.36（空气） | | | | $1.46\times10^{-5}$ |

注：质量能量吸收系数取自《辐射防护导论》方杰主编。

由估算结果可知，距屏蔽体外 1m 处轫致辐射剂量率低于 $1.63\times10^{-4}$μGy/h，且注射时一般在铅注射窗下给患者施药，经铅玻璃的进一步屏蔽后所致工作人员处辐射剂量率将远低于 $1.63\times10^{-4}$μGy/h，因此该显像项目对周围辐射环境影响很少。

综上所述，本项目在使用放射性核 $^{18}F$ 开展显像诊断过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，同时在整个使用过程中辐射工作人员还穿戴有 0.5mm 铅当量的防护铅服，且周围公众与放射性核素之前还采取了距离隔离措施，因此 β 射线对辐射工作人员和周围公众辐射影响很小。

**2、γ射线辐射影响分析**

本项目主要污染因子为 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 放射性核素在取药、活度测量、注射、注射后候诊、扫描等操作过程中产生的γ射线。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）附录 I 中第 1.2 款 $^{99m}Tc$ 诊断、$^{131}I$ 治疗、PET 等工作场所的屏蔽计算，保守起见，所有核素（如 $^{99m}Tc$、$^{131}I$、$^{18}F$ 等）工作场所的屏蔽，可采用瞬时剂量率计算方法。

$$X = TVL \times \lg(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_P \times r^2}) \cdots\cdots \text{（I.1）}$$

式中：$X$—屏蔽厚度（mm）；

$TVL$—γ射线的十分之一值层厚度（mm）；

$A$—单个患者或者受检者所用放射源的最大活度（MBq）；

$\Gamma$—距源 1m 处的周围剂量当量率常数（μSv·m²/MBq·h）；

$\dot{H}_P$—屏蔽体外关注点剂量率（μSv/h）；

$R$ —放射源到关注点的距离（m）。

由公式 I.1 推导可得：$\dot{H}_P = \frac{A \times \Gamma}{r^2} 10^{(-\frac{x}{TVL})}$……公式 11-4

由《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）查出铅、混凝土和实心砖对 $^{18}F$ 和 $^{99m}Tc$ 什值层见表 11-3。

**表 11-3 本项目涉及核素辐射剂量率估算相关参数取值表**

| 核素名称 | $^{99m}Tc$ | $^{18}F$ |
|---|---|---|
| 铅什值层厚度 $TVL$（$\rho$=11.3g/cm³） | 1mm | 16.6mm |
| 混凝土什值层厚度 $TVL$（$\rho$=2.35g/cm³） | 110mm | 176mm |
| 实心砖什值层厚度 $TVL$（$\rho$=1.65g/cm³） | 160mm | 263mm |

**（1）使用核素 $^{99m}Tc$ 开展 SPECT/CT 显像诊断项目**

**①关注点处的辐射水平**

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

根据公式 11-4 可估算出项目周围各关注点处的辐射水平，各关注点位置见图 11-1，预测结果见表 11-4。

略

**图 11-1 核医学科-开展 $^{99m}$Tc 显像诊断时估算点位示意图**

11-4 核医学科使用 $^{99m}$Tc 开展显像诊断时工作场所周边辐射剂量率理论估算结果一览表

略

注：查《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），放射性核素 $^{99m}$Tc 的周围剂量当量率常数（裸源）为 0.0303μSv·m$^2$/MBq·h，患者体内注射 $^{99m}$Tc 时放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数为 0.0207μSv·m$^2$/MBq·h。

从表 11-4 中的理论估算结果可以看出，由于有 5mm 铅当量手套箱屏蔽，$^{99m}$Tc 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。$^{99m}$Tc 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。$^{99m}$Tc 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 SPECT/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 $^{99m}$Tc 核素的辐射防护要求。

②保护目标的有效剂量估算

根据表 11-4 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，再采用方杰主编的《辐射防护导论》中公式计算关注点人员的有效剂量：

$$D_{Eff} = \dot{H} \cdot t \cdot T \cdot U \cdots\cdots \text{公式 11-5}$$

式中：$D_{Eff}$—关注点人员有效剂量（Sv）；

$\dot{H}$—关注点的辐射剂量率（Sv/h）；

$t$—关注点处受照时间（h）；

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

$U$—使用因子。

计算结果详见表 11-5。

表 11-5 使用 $^{99m}Tc$ 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

略

综上，假设核医学科开展 $^{99m}$Tc 诊断项目时所有活度测量和注射均由一名工作人员完成，则注射过程中核医学科辐射工作人员受到的年有效剂量小于 $4.67\times10^{-4}$mSv（$4.67\times10^{-4}+9.34\times10^{-10}$）；SPECT/CT 摆位由 1 名工作人员完成，则 SPECT/CT 摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量约为 $2.25\times10^{-3}$mSv（$1.14\times10^{-5}+2.24\times10^{-3}$）。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众（控制区外）年有效剂量最大为 0.031mSv。

**（2）使用核素 $^{18}$F 开展 PET/CT 显像诊断项目**

①关注点处的辐射水平

根据本项目的工程分析可知，PET/CT 核素诊断项目辐射影响主要包括护士取药和活度测量（保守按照 2min 估算）、药物注射（保守按照 1min 估算）、病人候诊（等候约 20min）和病人扫描（扫描过程约 20min）4 个过程，主要对 PET/CT 工作人员及室外公众产生外照射辐射影响。根据公式 11-4 可估算出项目周围各关注点处的辐射水平，各关注点位置见图 11-2，预测结果见表 11-6。

略

**图 11-5 核医学科开展 $^{18}$F 显像诊断时估算点位示意图**

**表 11-6 核医学科使用 $^{18}$F 开展显像诊断时工作场所周边辐射剂量率理论估算结果一览表**

略

注：$^{18}$F 日诊断人数最大为 20 人次，$^{68}$Ga 日诊断人数最大为 4 人次；查《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020），放射性核素 $^{18}$F 的周围剂量当量率常数（裸源）为 0.143μSv·m$^2$/MBq·h，患者体内注射 $^{18}$F 时放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率常数为 0.092μSv·m$^2$/MBq·h。

从表 11-6 中的理论估算结果可以看出，由于有 55mm 铅当量手套箱屏蔽，$^{18}F$ 药物取药过程中对取药操作人员的躯干辐射影响较小，但由于需要用手操作，手部剂量较高。$^{18}F$ 药物针剂外设有铅套、同时操作中工作人员穿戴铅防护服，药物操作过程中对注射室内环境辐射影响较小。$^{18}F$ 药物在操作过程中及病人在显像过程中对注射室、候诊区及 PET/CT 机房外的环境影响较小，注射室、候诊区及机房的防护设计均能够满足 $^{18}F$ 核素的辐射防护要求，均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 10μSv/h”的限值要求。

②保护目标的有效剂量估算

根据表 11-6 的各关注点处辐射剂量率，结合工作时间，辐射工作人员和公众停留概率，并参照公式 11-5，即可得到各关注点处公众及辐射工作人员的年受照剂量，见表 11-7。

表 11-7 使用 $^{18}F$ 显像扫描时工作场所公众及辐射工作人员年有效剂量估算

略

注：PET/CT 日诊断 15 人次。

综上，假设核医学科使用 $^{18}F$ 开展显像诊断所有分装注射均由一名工作人员完成，则注射过程中核医学科辐射工作人员受到的年有效剂量小于 0.071mSv（0.052+0.019）。PET/CT 摆位由 1 名工作人员完成，则摆位过程中及扫描过程中受到的年有效剂量小于 0.794mSv（0.388+0.406）。根据估算结果核素诊断过程中，周围公众（控制区外）年有效剂量最大为 0.048mSv（PET/CT 机房顶部距地面 30cm 处）。

**（3）射线装置环境影响分析**

医院核医学科 SPECT/CT 和 PET/CT 机房辐射防护设计见表 11-8。

**表 11-8 医院核医学科 SPECT/CT 和 PET/CT 机房辐射防护设计一览表**

| 类别 | 参数 | 设计厚度 | 铅当量 | 屏蔽及面积要求 | 评价 |
|---|---|---|---|---|---|
| SPECT/CT 机房 | 墙体 | 370mm 厚实心砖 | ＞3mmPb | CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。 | 满足 |
| | 防护大门 | 5mm 铅当量 | 5mmPb | | |
| | 防护小门 | 5mm 铅当量 | 5mmPb | | |
| | 观察窗 | 5mm 铅当量 | 5mmPb | | |
| | 屋顶 | 150mm 厚混凝土+2mmPb | 3.5mmPb | | |
| | 地面 | 120mm 厚混凝土+2mmPb | 3.5mmPb | | |
| | 机房面积 | 47.8m$^2$，单边最短长度 6.00m； | 机房最小有效使用面积 30m$^2$，机房内最小单边长 4.5m | | 满足 |
| **类别** | **参数** | **设计厚度** | **铅当量** | **屏蔽及面积要求** | **评价** |
| PET/CT 机房 | 墙体 | 370mm 厚实心砖 | ＞3mmPb | CT 机房（不含头颅移动 CT）、CT 模拟定位机房：有用线束方向铅当量 2.5mmPb，非有用线束方向铅当量 2.5mmPb。 | 满足 |
| | 南防护门 | 10mm 铅当量 | 10mmPb | | |
| | 北防护门 | 8mm 铅当量 | 8mmPb | | |
| | 观察窗 | 10mm 铅当量 | 10mmPb | | |
| | 屋顶 | 150mm 厚混凝土+5mmPb | 6.5mmPb | | |
| | 地面 | 120mm 厚混凝土+2mmPb | 3.0mmPb | | |
| | 机房面积 | 51.0m$^2$，单边最短长度 6.00m | 机房最小有效使用面积 30m$^2$，机房内最小单边长 4.5m | | 满足 |

由上表可知 SPECT/CT 和 PET/CT 系统 CT 部分为 III 类医用射线装置，机房墙体、门、窗、顶棚的防护厚度均能满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）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》（GB 18871-2002）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。

本项目辐射工作人员所受 CT 的年有效剂量（X 射线贡献）将淹没在放射性药物的影响内，考虑叠加放射性药物的影响后，辐射工作人员所受总的年有效剂量均能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求，也低于本评价提出的 5.0mSv/a 的剂量约束值。

**（4）校准源影响分析**

本项目所使用校准源 $^{68}$Ge 为V类放射源，用于对 PET/CT 设备进行图像校准使用，PET/CT 机房的屏蔽墙体及防护门防护厚度均不小于 8mmPb，本项目 $^{68}$Ge 校准源对周围的辐射环境影响很小，校准源不使用时贮存在校准源室内，校准源室内拟设置双人双锁及红外报警等措施对放射源进行管理，以确保放射源存放安全。

**（5）叠加影响分析**

考虑两种核素存在同时开展显像诊断的情况，需要考虑叠加影响分析，详见表 11-9 所示：

**表 11-9 核医学科关注点处叠加影响分析情况一览表　单位：mSv**

| 点位 | 关注点位置 | PET 贡献 | SPECT 贡献 | 合计 | 剂量约束值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 手套箱外表面 30cm 处 | 0.019 | $4.67\times10^{-4}$ | 0.020 | 5.0 |
| 2 | 注射位 | 0.052 | $9.34\times10^{-10}$ | 0.052 | 5.0 |
| 4 | 分装注射室南墙外表面 30cm 处 | $7.0\times10^{-4}$ | $2.47\times10^{-8}$ | $7.02\times10^{-4}$ | 5.0 |
| 5 | 分装注射室南门外表面 30cm 处 | $4.5\times10^{-3}$ | $5.07\times10^{-16}$ | $4.47\times10^{-3}$ | 5.0 |
| 6 | 分装注射室西墙外表面 30cm 处 | $4.4\times10^{-4}$ | $1.54\times10^{-8}$ | $4.37\times10^{-4}$ | 0.1 |
| 7 | 分装注射室顶部距地面 30cm 处 | $4.6\times10^{-4}$ | $4.59\times10^{-8}$ | $4.58\times10^{-4}$ | 0.1 |
| 8 | 分装注射室下方距地面 1.7m 处 | $5.4\times10^{-4}$ | $5.97\times10^{-8}$ | $5.41\times10^{-4}$ | 0.1 |
| 9 | 入口缓冲间防护门外 30cm 处 | $3.3\times10^{-4}$ | $9.97\times10^{-14}$ | $3.32\times10^{-4}$ | 0.1 |
| 10 | 留观室东墙外表面 30cm 处 | 0.012 | $1.50\times10^{-3}$ | 0.014 | 0.1 |
| 11 | 留观室南墙外表面 30cm 处 | $5.2\times10^{-3}$ | $6.19\times10^{-4}$ | 0.006 | 0.1 |
| 12 | 留观室西墙外表面 30cm 处 | $2.5\times10^{-3}$ | $3.04\times10^{-4}$ | 0.003 | 0.1 |
| 13 | 留观室北墙外表面 30cm 处 | $6.5\times10^{-3}$ | $7.77\times10^{-4}$ | 0.007 | 0.1 |
| 14 | 留观室顶部距地面 30cm 处 | 0.037 | $1.25\times10^{-3}$ | 0.038 | 0.1 |
| 15 | 留观室下方距地面 30cm 处 | 0.022 | 0.008 | 0.030 | 0.1 |
| 16 | 出口缓冲间防护门外表面 30cm 处 | $5.1\times10^{-3}$ | $9.16\times10^{-11}$ | 0.005 | 0.1 |

综上所述，本项目投入运行后，辐射工作人员受到的附加有效剂量最大为 0.794mSv/a，公众受到的附加有效剂量最大为 0.048mSv/a，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中规定的剂量约束值要求（辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a，公众年有效剂量为 0.1mSv）。

**二、核医学科-其他环境影响分析**

**1、放射性废气的影响分析**

本项目工作场所排风管道确保其中 1 根单独连接分装室的手套箱，放射性药物的各项操作均在手套箱内进行，手套箱由专业厂商提供，根据《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中“合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够风速（一般风速不小于 0.5m/s）”要求，医院购买的手套箱排风口处风速不得低于 0.5m/s；其余管道连接各场所内的主要房间，并保证了非密封放射性物质工作为负压工作场所。

工作场所产生的废气经由 2 根排风管道排至门诊医技楼楼顶，2 根排风管道均在末端配置有过滤装置处理设施，屋顶排风口均朝向天空。门诊医技楼楼顶周边无邻近高层建筑，空气流通通畅，含放射性核素的废气经过滤器过滤后对周边环境影响较小。

**2、放射性固废影响分析**

核医学科产生的放射性固体废物主要有废弃的注射器、一次性手套、棉签、滤纸等。核医学科分装注射室、候诊区、留观室等房间均拟设置 1~2 个放射性废物桶，另外，医院在核医学科内设有 2 个放射性废物暂存间。

从核医学科各房间收集的含放射性废物应分别标记、分开贮存（标记主要核素类型、收集时间等）后集中到废物库中的铅桶中暂存，在废物库内自然衰变超过 30 天后，经检测合格后作为医疗废物进行处理。

手套箱通风管道内更换下来的过滤器，在放射性废物暂存间贮存超过 30 天后，经检测合格后作为医疗废物进行处理。本项目核医学科的放射性废物暂存间容积能够满足放射性固体废物贮存 30 天的要求。

**3、放射性废水影响分析**

本项目核医学科所产生的含放射性废水包括：工作人员操作过程手部受到微量污染的清洗废水，清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水，以及患者冲洗排便用水。

工作场所产生的放射性废水通过预埋好的管道排至门诊医技楼楼负二层建设的衰变池内。根据设计院提供的设计图可知：核医学科所产生的放射性废水先排至污泥池再通过专用管道排至放射性废水衰变池（原理图见图 10-5），待放射性废水暂存至规定时间后通过管道排至医院污水处理站处理达标后排入市政管网。

三、非辐射环境影响分析

**1、废水处理措施依托可行性分析**

成都市第七人民医院已建设有 1 座污水处理站，项目产生的废水经污水处理站处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）中的表 2 预处理标准后进行排放。外排进入市政污水管网，并最终经城市污水处理厂处理后外排。

**2、一般固体废物和医疗废物**

本项目在运营期工作人员及患者陪同家属会产生少量的生活垃圾。

成都市第七人民医院已建设有垃圾处理站，本项目产生的生活垃圾集中暂存，将由市政环卫部门定期统一收集、清运至垃圾处理厂处置。

且本项目设置有放射废物暂存间（用于存放放射性废物），工作过程中产生的医疗废物在此暂存，所有放射性废物经衰变后检测符合排放标准后转移至医院医疗废物暂存间，本项目产生医疗废物约 2.5 天转运一次，约 2kg 每次，产生量较小，不会超过医院的医疗废物暂存间的暂存容量。医院产生的医疗废物最终将委托有资质单位进行统一收集、清运和处理。

**3、废气**

工作场所内其他区域设有机械排风装置，排风口直接排放到室外，因室内产生的臭氧氮氧化物较少，所以废气对环境几乎没有影响。

**4、噪声**

运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，工作场所使用的多联机室外机为低噪声设备，对周围环境影响较小。

**5、射线装置报废**

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

## 事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事

故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-10。

表 11-10 辐射事故等级划分表

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

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-11 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

| 急性放射病 | 分度 | 受照剂量范围参考值（Gy） |
|---|---|---|
| 骨髓型急性放射病 | 轻度 | 1.0~2.0 |
| | 中度 | 2.0~4.0 |
| | 重度 | 4.0~6.0 |
| | 极重度 | 6.0~10.0 |
| 肠型急性放射病 | 轻度 | 10~20 |
| | 重度 | 20~50 |
| 脑型急性放射病 | 轻度 | 50~100 |
| | 中度 | |
| | 重度 | |
| | 极重度 | |
| | 死亡 | ＞100 |

**二、辐射事故识别**

**1、事故情形**

本项目主要考虑电离辐射损伤、放射源和药物失控对环境的影响，具体为以下情形：

**（1）射线装置误照射**

本项目共涉及III类医用射线装置 2 台，为低危险射线装置，发生事故时一般不会对受照者造成永久性辐射损伤，事故等级属一般辐射事故。III类医用射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

**（2）放射性药物撒漏**

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

**（3）放射性药物遗失**

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

**（4）患者呕吐造成控制区内的污染**

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

**（5）其他管理不善**

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

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

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

**2、事故工况辐射影响分析**

**（1）射线装置误照射**

本项目所使用的 PET/CT 和 SPECT/CT 中 CT 属于 III 类射线装置，其 X 射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。事故情况下，X 射线直接照射到人员身上，保守考虑，误入人员或病人在距离射线头 1m 处被误照射，当 X 射线管额定电压≤150kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的 X 射线源组件泄漏辐射不超过 1mGy/h。若人员误入机房内，逗留时间较长，受照剂量可能超过公众 5 个连续年的年平均剂量限值（1mSv），为一般辐射事故。

**（2）放射性同位素撒漏或遗失**

1）事故情况假设

①本次预测事故情况假设 $^{99m}$Tc 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 $^{99m}$Tc 的活度为 500mCi，假设 $^{18}$F 试剂瓶发生丢失，丢失时内装放射性 $^{18}$F 的活度为 600mCi。

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

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

④受照人员不考虑任何屏蔽措施；

⑤事故持续最长时间为 2h。

2）计算结果

根据事故情景假设条件计算得出，距源 0.1m 内不同事故持续时段的个人有效剂量，计算结果见表 11-12。

表 11-12 非密封放射性物质丢失事故下不同持续时间个人有效剂量分布

| 类别 | 距源距离（m） | 事故持续时段内γ射线所致辐射剂量（Sv） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0~10min | 0~30min | 0~60min | 0~90min | 0~120min |
| $^{99m}$Tc | 0.1 | 0.011 | 0.034 | 0.067 | 0.101 | 0.135 |
| $^{18}$F | 0.1 | 0.053 | 0.159 | 0.317 | 0.476 | 0.635 |

3）事故后果

由表 11-12 可以看出，选择 $^{99m}$Tc 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下，距放射源 0.1m 处的γ射线外照射辐射剂量分别为 0.011Sv、0.034Sv、0.067Sv、0.101Sv、0.135Sv，携带显像剂（$^{99m}$Tc）人员（或近距离公众）在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射；

$^{18}$F 试剂瓶在事故持续时间为 10min、30min、60min、90min 和 120min 的情况下，距放射源 0.1m 处的γ射线外照射辐射剂量分别为 0.053Sv、0.159Sv、0.317Sv、0.476Sv、0.635Sv，携带显像剂（$^{18}$F）人员（或近距离公众）在事故持续时间内已受到超过年剂量限值的照射；

考虑的整个事故持续周期 2h 内，急性放射病发病率均在 1%之下，事故持续周期内可造成人员超剂量照射而导致一般辐射事故。由于计算过程未考虑 $^{18}$F 和 $^{99m}$Tc 的衰变，计算结果偏保守。综合上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-13。

表 11-13 项目环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

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

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

**三、事故防范措施**

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

1、加强控制区和监督区管理，在射线装置及放射源运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

2、制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

3、制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，减少药物撒漏事故的发生。发生撒漏等事故后，应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦拭，直到擦干污染区。

患者在初期用药后，遇到不良反应引起呕吐造成工作场所的污染，医院工作人员应立即打扫，主要的呕吐物将打扫至控制区专门设置的废物桶内，并作为固体废物处理，暂存于储源室内，地面再用专门的清洁工具清扫，此时会产生少量的放射性废水，清扫废水量较小，且该事件发生率较低，不会造成放射性废水量的显著增加。

撒漏或病人呕吐后造成的地面污染，在清洁后须用表面污染监测仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $40Bq/cm^2$，该污染区未达到控制标准，应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 β 表面污染小于 $40Bq/cm^2$ 为止。擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变桶中，作为放射性固体废物进行管理。

4、在诊断过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

5、制定和完善放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。注射间设置防盗门及报警装置等设施，做好防火防盗工作。

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

7、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。

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

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

**四、应急措施**

假若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效的采取以下应急措施：

1、一旦发现有其他无关人员误入机房内，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。误入人员应在最短的时间内撤离机房，尽量缩短受照时间。同时，事故第一发现者应及时向医院的放射事件应急处理领导小组及上级领导报告。放射事件应急处理领导小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

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

3、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、公安部门以及卫生健康部门。

4、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。

5、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。

6、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。

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

成都市第七人民医院待项目建成后需及时修订事故应急预案，将本次新建的肿瘤科、核医学工作场所项目纳入其中，能确保事故情况下的影响处于可控范围内。

## 表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

**一、关于辐射安全与环境保护管理机构**

医院已根据现有核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，成都市第七人民医院于 2025 年 6 月 26 日印发了《关于调整辐射安全管理领导小组的通知》的文件（详见附件 6），由副院长作为组长负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障放射工作人员、社会公众的健康与安全。医院的辐射安全与放射防护领导小组办公室设在医学装备部，该文件明确了领导小组工作职责：

领导小组全面负责辐射工作的安全管理和防护工作，确保辐射环境的安全和人员健康。通过制定规章制度、指导监督、培训宣传、应急处置和经费资源保障等措施，实现辐射工作的规范化、科学化和安全化。

**（一）组长职责**

1.负责全院辐射安全管理的全面领导工作，确保辐射防护安全与放射诊疗质量符合有关规定和规范的要求。

2.负责辐射安全管理所需资源的调配，包括人力、物力、财力等方面的支持。

3.对辐射安全管理中的重大问题进行决策，并协调各组员之间的工作关系。

4.对各组员辐射安全管理工作的执行情况进行监督，确保各项任务得到有效落实。

**（二）副组长职责**

1.协助组长开展辐射安全管理的日常工作。

2.在辐射事故发生时，负责应急响应工作的组织和协调，确保事故得到及时有效的处理。

3.负责宣传、贯彻和执行国家及地方政府有关辐射防护的方针政策和法规，结合本院的特点制定、落实辐射安全规章制度并根据国家相关部门发布的最新辐射安全法律法规，及时组织相关人员修订完善，实现辐射防护最优化。

**（三）组员职责**

1.医务部负责组织放射工作人员接受专业技术、辐射防护知识及有关规定的培训。

2.医院感染管理部负责组织放射工作人员的健康检查和个人剂量管理工作。

3.医学装备部负责制定辐射事故应急预案并定期组织相关人员进行辐射事故应急

处理演练，对应急设备和防护用品进行检查。

4.辐射安全管理员定期组织对射线工作场所、设备进行辐射防护检测、监测和检查。

5.其余组员协助处理辐射安全管理日常工作、辐射事故等，发生辐射事故应及时报告上级部门，并立即采取有效应急救援和控制措施，防止事件的扩大和蔓延

医院建立的辐射安全领导小组文件明确了各部门的职责职能，能够覆盖医院现有的核技术利用科室。医院已开展肿瘤科和介入科多年，本次为新建项目，本项目投入使用后，医院需新设立核医学科。待项目建成后医院需要将新设立的科室纳入新的辐射安全与防护领导小组文件中。

**二、辐射工作人员配置和能力分析**

根据医院提供的年度评估报告（详见附件 7）可知，成都市第七人民医院现有辐射工作人员 236 人，均持证上岗。医院拟为本项目配备辐射工作人员 8 人。

1、根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

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

3、医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

## 辐射安全管理规章制度

**一、档案管理分类**

医院将来运营时可对相关资料进行分类归档，包括以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“辐射应急资料”“废物处置记录”，存放在医院相关办公室。

## 二、建立主要规章制度

医院可根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》等要求制定一系列辐射安全规章制度，具体见表 12-1。

**表 12-1 项目单位辐射安全管理制度制定要求**

| 序号 | 制度名称 | 制定制度的目的 |
|---|---|---|
| 1 | 辐射防护安全责任制度 | 已制定需将新设立的科室纳入其中 |
| 2 | 辐射工作设备操作规程 | 需增加本次新增项目的工作流程及其设备的操作程序 |
| 3 | 辐射工作人员管理规章制度 | 已制定，需完善辐射工作人员的责任和义务，包括正确佩戴个人剂量计 |
| 4 | 辐射工作人员个人剂量管理制度 | 已制定，需明确医院辐射工作人员个人剂量的档案管理要求。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，并与个人剂量检测报告一起存放备查。明确个人剂量计的佩戴方法 |
| 5 | 辐射安全和防护设施维护维修制度 | 已制定 |
| 6 | 场所分区管理规定 | 需完善核医学科人流（工作人员和受检者）、物流的路径规划图，实现分区管理，划定控制区和监督区 |
| 7 | 放射性药物管理规定（购买、领用、保管和盘存） | 需完善放射性药物进出登记（包括生产单位、生产日期、到货时间、核素种类、理化性质、活度和使用情况的详细记录等），做到交接账目清楚、账物相符，记录资料完整 |
| 8 | 辐射事故应急预案 | 已制定 |
| 9 | 监测仪表使用与校验管理制度 | 已制定 |
| 10 | 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案 | 已制定，需细化辐射工作场所的监测因子、监测内容、监测频次及布点方案 |
| 11 | 辐射工作人员岗位职责 | 已制定 |
| 12 | 射线装置台账管理制度 | 已制定 |
| 13 | 辐射工作人员培训制度 | 已制定 |
| 14 | 质量保证大纲和质量控制检测计划 | 已制定，需补充受检者非照射部位所采取的辐射防护措施 |

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内

容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

## 辐射监测

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

**一、工作场所监测**

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

成都市第七人民医院已委托有资质单位开展了 2024 年度的在用核技术利用项目的年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求。

**二、个人剂量监测**

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）“常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小，剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为1个月，最长不得超过 3 个月”。

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

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

（3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。

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

成都市第七人民医院已委托有资质单位对医院辐射工作人员进行了个人剂量监测，监测结果均未超过医院制定的剂量约束值。

**但医院应加强辐射管理工作，杜绝剂量计损坏或丢失的情况发生，对医院所有参与辐射工作的人员进行个人剂量检测，并建立剂量管理限值和剂量评价制度，优化实践行为，做好个人剂量档案及职业健康检查档案工作。**

**三、医院自我监测**

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为 1~2 次/年。

**四、监测内容和要求**

（1）监测内容：X-γ 辐射周围剂量当量率和 β 表面污染水平。

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

**表 12-2　工作场所监测计划建议**

| 场所或设备 | 监测内容 | 监测布点位置 |
|---|---|---|
| 核医学科工作场所 | X-γ 辐射剂量率 | 分装注射室、运动负荷室兼抢救室、放射性废物暂存间、候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、控制室等 |
| | | PET/CT、SPECT/CT 机房相邻的房间、过道操作位和防护门 |
| | 表面污染 | 分装注射室、运动负荷室兼抢救室、放射性废物暂存室、候诊室、留观室、PET/CT 机房、SPECT/CT 机房、控制室、卫生间、更衣室的墙壁、地面，辐射工作人员工作服、手套、工作鞋、手、皮肤 |

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测频次：肿瘤科及介入诊断项目约每年 1~2 次，核医学科每日结束后

（5）监测质量保证

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

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

c、制定辐射环境监测管理制度。

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

监测数据及报送情况存档备查。

**五、年度监测报告情况**

医院已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》，2024 年年度评估报告详见附件 7。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

## 辐射事故应急

**一、事故应急预案内容**

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院须完善和修订辐射事故应急预案。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

①应急机构和职责分工；

②应急的具体人员和联系电话；

③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；

④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

**二、应急措施**

若本项目发生了辐射事故，医院应迅速、有效采取以下应急措施：

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

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

（3）医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构

救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

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

（5）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

**三、其他要求**

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

（2）在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

## 表 13 结论与建议

### 结论

**一、项目概况**

**项目名称：**成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目

**项目性质：**新建

**建设单位：**成都市第七人民医院

**建设地点：**四川省成都市双流区双兴大道 1188 号（天府院区）

**建设内容与规模：**

成都市第七人民医院拟利用天府院区门诊医技楼负一层现有的会议室、办公室等闲置用房新建核医学科，开展核素显像诊断项目。新建的工作场所为 1 处**乙级**非密封放射性物质工作场所。

核医学科拟使用放射性同位素 $^{18}F$（含备药量，年最大使用量 $6.94\times10^{12}Bq$、日最大使用量 $2.78\times10^{10}Bq$、日等效最大操作量 $7.77\times10^{6}Bq$）和 $^{99m}Tc$（年最大使用量 $4.63\times10^{12}Bq$、日最大使用量 $1.85\times10^{10}Bq$、日等效最大操作量 $1.85\times10^{7}Bq$）用于开展核素显像诊断项目。**成都市第七人民医院本次新建的核医学科总日等效最大操作量为 $2.63\times10^{7}Bq$，属于乙级非密封放射性物质工作场所。**

核医学科-影像中心 PET/CT 机房内拟新增使用 1 台 PET/CT（管电压≤140kV、管电流≤1000mA）用于核素诊断，**属于III类射线装置**。

由于本次拟使用的 PET/CT 型号未定，其校准时拟使用校准源也尚未确定，一般常规使用的校准源为 $^{68}Ge$ 放射源（$5.5\times10^{7}Bq$/枚×1 枚+$3.5\times10^{6}Bq$/枚×2 枚），属于 V 类放射源。

核医学科-影像中心 SPECT/CT 机房内拟新增使用 1 台 SPECT/CT（管电压≤140kV、管电流≤1000mA）用于核素诊断，**属于III类射线装置**。

本次核医学科-影像中心将配套建设 1 套衰变池系统，该衰变池拟建于门诊医技楼负二层（核医学科正下方），拟设计 3 个并联小池，每个小池有效容积为 $15m^3$，总容积为 $45m^3$。

**二、项目产业政策符合性结论**

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产

业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第三十七项“卫生健康”的第 1 条“医疗服务设施建设：预防保健、卫生应急、卫生监督服务设施建设，医疗卫生服务设施建设，传染病、儿童、精神卫生专科医院和康复医院（中心）、护理院（中心）、安宁疗护中心、全科医疗设施与服务，医养结合设施与服务”，是目前国家鼓励发展的项目。本项目的运营可为成都市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射实践的正当性，符合现行的国家产业政策。

**三、实践正当性**

成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目的目的是为了对病人进行医学诊断。在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，项目实施的利益大于代价，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的辐射防护“实践的正当性”原则。

**四、项目选址合理性结论**

成都市第七人民医院本次新建项目所在地的用地性质为医疗卫生用地。从周边外环境关系可知，医院周边规划为居民区和市政道路，本项目 50m 评价范围均位于医院院区内，50m 评价范围内无其他居民区、无学校等其他环境敏感点。

成都市第七人民医院于 2013 年 6 月完成了成都市第七人民医院天府院区一期建设项目的环评工作，并取得四川省生态环境厅（原四川省环境保护厅）的批复文件（川环审批〔2013〕401 号，详见附件 2），该项目中已经说明了医院用地性质为医疗卫生用地。并论证了医院整体项目选址的合理性，本项目仅为其中部分建设内容，不新增用地，医院选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，拟建的辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

**五、区域环境质量现状**

根据监测结果，本项目拟建位置周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测值在（75～104）nGy/h 之间，与成都市生态环境局《2024 年成都生态环境质量公报》中 γ 辐射空气吸收剂量率范围：（66.7~117）nGy/h 相较，本项目拟建址区域周围辐射环境监测值属于正常本底范围。

项目拟建位置周围 β 表面污染水平为低于仪器探测下限，属于当地正常水平。

六、代价利益分析

成都市第七人民医院天府院区核医学影像诊断建设项目符合区域医疗服务需要，能有效提高区域医疗服务水平，核技术在医学上的应用有利于提高疾病的诊断正确率和治疗效果，能有效减少患者疼痛和对患者损伤，总体上大大节省了医疗费用，争取了宝贵的治疗时间，该项目在保障病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。

为保护该项目周边其他科室工作人员和公众，对成都市第七人民医院天府院区新建核医学影像诊断项目加强了防护，从剂量预测结果可知，项目致工作人员所受附加剂量小于 5mSv、公众年所受附加剂量小于 0.1mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”及本项目剂量约束值的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

七、环境影响分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目施工工程量较小，随着施工结束后影响即可消除。

2、营运期正常工况下辐射环境影响

（1）辐射环境影响分析结论

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

（2）水环境影响分析

本项目工作人员操作过程手部受到微量污染或清扫工作台面、地坪的清洁工具清洗时可能会有带有微量放射性的废水以及患者冲洗排便用水。通过独立的废水管道收集来自非密封放射性物质工作场所的放射性废水，进入医院新建的废水衰变池，进行衰变处理，衰变后的废水经监测合格后排入医院废水处理站进一步处理后纳入市政污水管网。

本项目其他工作人员工作时仅产生少量的生活废水，经医院污水处理站处理后纳入市政污水管网。

（3）固体废物影响分析

本项目产生的放射性废物主要为：工作人员操作过程产生的注射器、棉棒、一次

性卫生用品、垫料和更换下的废活性炭。医院拟将上述放射性固体废物采用专用塑料包装袋专门分类收集，按序封闭暂存于注射室内的放射性废物暂存间内的放射性衰变桶内（每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg），让放射性物质自行衰变，经检测符合排放标准后作为普通医疗废物处理。在整个收集、储存、处理过程中，做好台账记录，台账内容应包括：标明收贮时间、种类及数量、储存时间（不少于 30 天/180 天）、废物最终处置去向等。

**（4）噪声**

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

**（5）大气环境影响分析**

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

**2、事故工况下环境影响**

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，成都市第七人民医院须按相关规定完善《放射事件应急预案》后能够有效控制并消除事故影响。

**八、放射源、非密封放射性物质工作场所及射线装置使用与安全管理的综合能力**

成都市第七人民医院拥有专业的放射性医护人员和安全管理机构，有符合国家环境保护标准、职业卫生标准和安全防护要求的场所、设施和设备；拟建立较完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在制定《辐射安全管理规定》《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度后，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对医用辐射设施的使用和安全管理能力。

**九、项目环境可行性结论**

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法

等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量约束值。放射性“三废”及非辐射环境影响均可满足国家标准的要求。评价认为，从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

**建议和承诺**

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。

2、医院应于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并上传。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mee.gov.cn)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增放射性同位素、射线装置或单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

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

4、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）规定，项目建成后及时完成竣工环境保护验收。