核技术利用建设项目

成都市第五人民医院光华院区
核技术利用建设项目
环境影响报告表

（公示稿）

成都市第五人民医院

2025 年 05 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都市第五人民医院光华院区
核技术利用建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：成都市第五人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：[redacted]

通讯地址：成都市温江区柳城镇麻市街 33 号

邮政编码：611130　　联系人：[redacted]

电子邮箱：/　　联系电话：[redacted]

打印编号：1746518743000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	bsrx22
建设项目名称	成都市第五人民医院光华院区核技术利用建设项目
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）	成都市第五人民医院
统一社会信用代码	12510100450751864B
法定代表人（签章）	唐红梅
主要负责人（签字）	黄君华
直接负责的主管人员（签字）	黄林
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	浙江君安检测技术有限公司
统一社会信用代码	91330106593053975
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
莫圣浩	20230503533000000014	BH064685	莫圣浩

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
潘立成	表1、表2、表3、表4、表5、表6、表7、表8、表9、表10	BH038966	潘立成
莫圣浩	表11、表12、表13	BH064685	莫圣浩

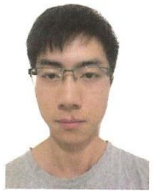
环评项目负责人职业资格证书（复印件）

14

环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

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



姓　　名：莫圣浩

证件号码：330682199310135037

性　　别：男

出生年月：1993年10月

批准日期：2023年05月28日

管 理 号：20230503533000000014

中华人民共和国
人力资源和社会保障部

中华人民共和国
生 态 环 境 部

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">成都市第五人民医院光华院区核技术利用建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">成都市第五人民医院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>唐红梅</td><td>联系人</td><td>***</td><td>联系电话</td><td colspan="2">***</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">成都市温江区柳城镇麻市街 33 号；万春东路 56 号；大南街 1 号金江大厦 9-13 楼</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">成都市发展和改革委员会</td><td>批准文号</td><td colspan="2">成发改政务审批[2023]20 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>50000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>345.5</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>6.91%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其它</td><td>占地面积(m^2)</td><td>66308.44</td></tr>
<tr><td rowspan="8">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□ Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□ 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="5">☑制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑Ⅱ类 ☑Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位情况简介

成都市第五人民医院（又称成都市老年病医院、成都中医药大学附属第五人民医院、成都市老年疾病研究所、成都市肿瘤防治所，以下简称“医院”）始建于1938年，是一所历史悠久、文化底蕴丰厚，以肿瘤疾病防治和老年病综合治疗为特色的集医疗、教学、科研、预防、康复、急救于一体的三级甲等综合性医院。医院以温江为基点，辐射大邑、崇州、都江堰、邛崃及岷江流域近700万人口。医院现有4个院区，分别为西区（即综合医疗区，地址位于四川省成都市温江区麻市街33 号）、东区（即老年病区，地址位于四川省成都市温江区万春东路56号）、北区（即教学区，地址位于四川省成都市温江区鱼凫路47 号）和光华院区（在建），占地面积14.7万㎡，建筑面积19.6万㎡，编制床位2180张，开放床位2188张，2024年医院门急诊210万人次，出院10.9万人次，住院手术3.5万人次。设有临床科室31个，医技科室17个，行政职能部门22个**（详见附件1：《事业单位法人证书》）**。

1.1.2 项目由来

受医院用地和建设规模等方面制约，迫切需要改善就医环境，新增院区，增加住院床位，配置先进医疗设施及设备。为深入贯彻落实党中央、国务院以及四川省、成都市关于促进卫生健康事业发展和推进公立医院高质量发展的战略部署和总体要求，进一步加快“五个医院”建设，着力构建成都西部区域医疗中心，更好地满足人民群众对卫生健康的需求，医院根据相关政策，结合实际，编制了《成都市第五人民医院“十四五”发展规划》。医院坚持医防融合、平急结合、中西医并重，健全现代医院治理体系，强化改革创新，全面提升医疗、教学、科研、应用供给质量和服务水平，为人民群众提供更加优质的全方位全生命周期健康服务，为全面推进健康成都建设提供强有力的支撑。围绕“健康成都”战略，以一院三区为依托着力打造疑难重症救治、老年健康产业、区域临床技能培训为一体的成都西部区域医疗中心。

根据成都健康产业功能区规划，温江将形成七大主导产业：生物医药、医学研究、医疗服务、健康管理、花卉苗木、农业科研、休闲农业。按照“三医融合”的发展模式，着力打造“三医两养一高地” 产业发展定位，全域布局健康产业。

并且，依据温江区城市规划，为满足光华片区医疗服务需求、弥补区域公共医疗资

源不足，在成都医学城范围内东坡大道与五环路相交处规划了一处医疗用地。

温江区城市与产业规划与医院发展规划高度契合，既能为医院发展规划提供合适的空间基础，促进打造成都西部区域市级重大疫情防控和灾难救治基地医疗中心。又能借助医院地域、服务、人才、资本、科研等方面的优势，融入温江区“三医融合”发展，利于实现“三医两养一高地”产业发展定位和全域布局健康产业的战略目标。同时，项目作为医院“十四五”时期重要基础设施建设项目进行筹划，并已纳入《成都市卫生健康发展第十四个五年规划》医疗服务基础设施建设具体项目当中。

由此，项目被正式提出，本项目建成后为新院区，并命名为光华院区，与老院区分别独立运营。本项目于 2023 年 03 月 17 日取得《成都市发展和改革委员会关于成都市第五人民医院光华院区项目可行性研究报告的批复》（成发改政务审批〔2023〕20 号），项目代码：2209-510100-04-01-448089（**详见附件 2**）。医院于 2023 年 3 月 17 日委托了成都蜀蓉恒舟环境技术有限公司编制了《成都市第五人民医院光华院区项目环境影响报告书》，并已于 2023 年 5 月 19 日取得了成都市生态环境局的批复（详见附件 3：《成都市生态环境局关于成都市第五人民医院光华院区项目环境影响报告书的审查批复》）。

项目地址位于温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧。项目投资概算 242249.66 万元，总建筑面积约 262295.08㎡，设置床位 1200 张（含 100 张感染床位）。地上建筑面积约 171193 平方米，包括门诊楼（4F）、医技住院楼（含停机坪）（11F）、科研教学楼（23F）、感染疾病楼（3F）、发热门诊（2F）、配套建筑。地下建筑面积约 91102.08 平方米，包括地下机动车库、医疗及配套用房、设备用房、物资用房、人防中心医院、普通人防工程等。总图工程包括绿化景观工程、道路广场工程、室外管线工程、照明工程、核医学衰交池、安防系统、医院标识标牌、围墙、大门等。医疗专项工程包括医用气体工程、放射防护与屏蔽工程、净化工程、实验室工程、冻库系统、物流工程、智慧药房系统、智慧医院系统、泛光照明工程等。光华院区定位高水平临床研究型综合医院，建成立足温江，面向未来的成都西部区域医疗中心。项目以公园城市的花园式医院为核心理念，集医疗服务、医学教育、医学研究与转化、社会化服务“四大平台”为一体的“高质量城市医疗综合体”。项目建成后，将为成都西部区域的人民群众，提供高质量的医疗卫生服务。完善区域急诊急救网络，健全

公共卫生应急体系，推动“三医”健康产业融合发展，为提升温江城市能级提供有力支撑。

根据医院提供的设计规划，本项目核技术应用内容包括以下几个部分：

（1）拟在地下二层东侧设置放疗科，拟新建 3 间直线加速器机房，拟新增 1 台 15MV 医用电子加速器和 2 台 10MV 医用电子加速器，上述设备均属Ⅱ类射线装置。

（2）拟在地下二层东侧，放疗科北侧区域设置核素制备场所，场所包括 1 间回旋加速器机房及其控制室、设备间、热室、质控室、放化实验室、无菌检测、微生物实验、阳性对照等配套工作用房，新增 1 台 16.5MeV 的带自屏蔽体的回旋加速器制备放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 用于 PET 显像诊断和小动物 PET 显像实验。本项目核医学科核素制备场所非密封放射性核素日等效操作量为 $2.29\times10^{8}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。

（3）拟在放疗科西侧设置核医学核素诊断及敷贴治疗场所，场所内拟新增 1 台正电子发射计算机断层成像系统（PET-CT）和 1 台单光子发射计算机断层成像系统（SPECT-CT），拟使用放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc 用于影像诊断工作。拟在 PET-CT 机房南侧设置 1 间敷贴治疗室，拟使用 ^{90}Sr 敷贴器和放射性核素 ^{32}P 用于敷贴治疗。本项目核医学科核素诊断及敷贴治疗场所非密封放射性核素日等效操作量为 $2.81\times10^{8}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。

（4）拟在 SPECT-CT 机房北侧设置核医学门诊治疗工作场所，场所内设置服药室、甲吸测定室、门诊注射室等核素治疗工作用房，拟使用放射性核素 ^{131}I 用于甲状腺吸碘率测定和甲亢治疗；拟使用放射性核素 ^{89}Sr 用于肿瘤治疗。本项目核医学门诊治疗工作场所非密封放射性核素日等效操作量为 $2.00\times10^{8}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。

（5）拟在地下一层东侧设置核医学科动物实验场所并设置 1 间小动物 PET 影像机房，新增 1 台小动物 PET/SPECT/CT 三模态活体成像系统，拟使用放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{99m}Tc 用于科学实验，非密封放射性核素日等效操作量为 $1.33\times10^{6}Bq$，为丙级非密封放射性物质工作场所。

（6）拟在医技住院楼一层急诊科设置 2 间 DSA+CT 复合手术室（急诊手术室 1-2）新增 2 台数字减影血管造影系统（DSA）和 1 台滑轨式 X 射线计算机体层摄影设备（CT），

DSA 均属Ⅱ类射线装置，CT 属于Ⅲ类射线装置。DSA 和 CT 主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟，平均每台介入手术 CT 扫描出束累积时间约 1min。。

（7)拟在医技住院楼三层介入中心设置 4 间 DSA 手术室（DSA1-4 号手术室），新增 4 台数字减影血管造影系统（DSA），均属Ⅱ类射线装置。DSA 主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

（8)拟在医技住院楼三层内镜中心设置 2 间 ERCP 用手术室（1-2 号 ERCP 机房），新增 2 台经内镜逆行胰胆管造影（简称 ERCP）治疗用中型 C 臂机，均属Ⅱ类射线装置。预计单台中型 C 臂机开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

（9)拟在医技住院楼四层设置 2 间 DSA+MRI 复合手术室（复合手术室 1-2），新增 2 台数字减影血管造影系统（DSA），均属Ⅱ类射线装置，主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

针对本项目，医院拟为核医学相关工作配置 28 名辐射工作人员，为放射治疗相关工作配置 21 名辐射工作人员，为介入放射工作配置 65 名辐射工作人员。上述人员部分为医院原有辐射工作人员，部分为社会招聘人员。

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

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—制备 PET 用放

射性药物；使用Ⅱ类射线装置；乙级、丙级非密封放射性物质工作场所”，故应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，成都市第五人民医院委托浙江君安检测技术有限公司对该项目进行辐射环境影响评价（项目委托书见附件 5）。评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上，并结合项目特点，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制了本环评报告表，供环保审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

（1）项目名称：成都市第五人民医院光华院区核技术利用建设项目

（2）建设单位：成都市第五人民医院

（3）建设性质：新建

（4）建设地点：成都市温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区内

1.2.2 项目建设内容及规模

本项目建设地点位于成都市温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区。医院拟在地下二层东侧设置放疗科，在地下二层东侧（放疗科西侧）设置核医学科和核素制备场所，在地下一层东侧设置核医学科动物实验场所，在医技住院楼一层设置 DSA+CT 复合手术室，在医技住院楼三层设置 DSA 手术室和 ERCP 机房，在医技住院楼四层设置 DSA+MRI 复合手术室。

1.2.2.1 放疗科建设内容和建设规模

医院放疗科拟设置在医院地下二层东侧，拟新建 3 间直线加速器机房。包括 1 间 15MV 直线加速器机房（下称 1 号加速器机房）和 2 间 10MV 直线加速器机房（下称 2-3 号加速器机房）。

①1 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙和北墙主屏蔽区为 3300mm 混凝土、北墙次屏蔽区为 2400mm 混凝土，南墙次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3300mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 1700mm

混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土，防护门为 20mm 铅板+200mm 含硼聚乙烯。

②2 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，北墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 2300mm 混凝土，迷道外墙为 2100mm 混凝土，防护门为 18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯。

③3 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1800mm 混凝土，北墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 1700mm 混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土，防护门为 18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯。

上述 3 间机房外均新建控制室、水冷机房等配套功能房间。

1.2.2.2 核医学科建设内容和建设规模

（1）动物实验场所

医院核医学科动物实验场所拟设在地下一层东侧，拟新建 1 间小动物 PET 机房、1 间核医学科研实验室及缓冲间、解剖室、清洁间、污物暂存间、消毒灭菌室、注射室、注射后饲养室、储源室、接收室等配套房间。其中小动物 PET/CT 机房（约 22.5 ㎡）四周墙体为 370㎜ 实心砖+30㎜ 硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为 10㎜ 铅当量；核医学科研实验室(约 37.4 ㎡)东侧墙体为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料,其余三侧墙体为 240㎜ 实心砖+20㎜ 硫酸钡涂料，防护门为 3㎜ 铅当量，注射室（约 8.23 ㎡）、储源室（约 5.48 ㎡）、接收室（约 2.79 ㎡）、注射后观察室（约 6.86 ㎡）的四周墙体均为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 5㎜ 铅当量；清洁间（约 3.63 ㎡）、消毒灭菌室（约 3.74 ㎡）、解剖室（约 23.42 ㎡）、污物暂存间四周墙体均为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 3㎜ 铅当量；区域内过道的非公用墙体为 240㎜ 实心砖+30㎜ 硫酸钡涂料；缓冲间、退更检测室四周墙体为 240㎜ 实心砖+20㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 3㎜ 铅当量;区域整体顶棚为 180㎜ 混凝土,地坪为 260㎜ 混凝土。拟新增一台小动物 PET/CT，属Ⅲ类射线装置，待型号确定后再进行校准源的配备和环评登记备案工作。

本项目核医学科动物实验场所拟使用放射性核 ^{18}F（日计划最大操作量为 7.4×10^{7}Bq、

年最大操作量为 3.7×10^{9}Bq，日等效最大操作量为 7.4×10^{4}Bq）、^{13}N、^{11}C、^{68}Ga、^{64}Cu（日计划最大操作量均为 7.40×10^{7}Bq、年最大操作量为 3.7×10^{9}Bq、日等效最大操作量均为 7.40×10^{4}Bq）、^{89}Zr （日计划最大操作量为 3.7×10^{7}Bq、年最大操作量为 1.85×10^{9}Bq、日等效最大操作量为 3.7×10^{5}Bq）和 ^{99m}Tc（日计划最大操作量为 7.4×10^{7}Bq、年最大操作量为 3.70×10^{9}Bq、日等效最大操作量为 7.4×10^{5}Bq）进行小动物 PET 显像诊断实验。

（2）核素制备场所

医院核医学科核素制备场所拟设置在医院地下二层放疗科北侧，拟新建 1 间回旋加速器机房及其控制室、打包间、设备间、热室、物料暂存间、质控室（含无菌检测室、微生物检测室）、放化实验室、阳性对照室、废物间等配套房间。其中回旋加速器机房（约 52.48m^{2}），四侧墙体、顶棚和地坪均为 600mm 混凝土，防护门为 15mmPb+100mm 含硼聚乙烯板。热室（约 65.49m^{2}）东墙为 600mm 混凝土，其余三侧墙体为 300mm 混凝土，防护门和传递窗均为 10mm 铅当量，热室合成柜采用一体式 100mmPb 当量防护；区域内其余场所均采用 240mm 实心砖墙+20mm 硫酸钡涂料，防护门均采用 8mmPb 防护，区域整体顶棚为 260mm 混凝土，地坪为 250mm 混凝土。

本项目核医学科核素制备场所拟生产放射性核素 ^{18}F（年最大生产量为 4.63×10^{12}Bq、日实际最大操作量为 1.48×10^{10}Bq、日等效最大操作量为 1.48×10^{8}Bq）、^{11}C、^{13}N（年最大生产量为 9.25×10^{10}Bq、日实际最大操作量为 1.85×10^{9}Bq、日等效最大操作量为 1.85×10^{7}Bq）、^{68}Ga、^{64}Cu（年最大生产量为 1.85×10^{10}Bq、日实际最大操作量为 3.7×10^{8}Bq、日等效最大操作量为 3.7×10^{6}Bq）、^{89}Zr（年最大生产量为 1.85×10^{10}Bq、日实际最大操作量为 3.7×10^{8}Bq、日等效最大操作量为 3.7×10^{7}Bq）用于 PET 显像诊断和动物实验。

（3）核素诊断及敷贴治疗场所

医院核医学科核素诊断及敷贴治疗场所拟设在医院地下二层，拟新建 1 间 PET-CT 机房及其控制室、设备间、储源室（下称 1 号储源室）、PET 注射区、PET 注射后候诊室、PET 分装室（下称 2 号分装室）、PET 留观室、PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、敷贴治疗室、敷贴制药室、1 间 SPECT-CT 机房及其控制室、SPECT 分装室（下称 1 号分装室）、SPECT 固废暂存室、抢救室、SPECT 注射室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 留观室、清洁间、污洗打包间、受检者走廊、医护走廊、医护淋浴缓冲间等配套房间。其中 PET-CT 机房（有效面积 47.12m^{2}）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，工作人员防护门和观察窗为 15mm 铅当量，受检者防护门为 10mm 铅当量；PET 注射区三侧墙

体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，注射窗采用 40mm 铅当量一体式注射窗；PET 注射后候诊室（约 18.42m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；PET 留观室（约 14.89m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；2 号分装室（约 13.64m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 15mmPb 当量，通风柜为 60mm 铅当量；1 号储源室（约 4.58m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 6mmPb 当量，传递窗为 10mmPb；PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、PET 区域放废暂存间四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；敷贴治疗室（约 5.15m^2）北侧墙体为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，其余三侧墙体为 240mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门为 2mmPb 当量；敷贴制药室北侧墙体为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，其余三侧墙体为 240mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门为 3mmPb 当量，房间内通风柜为 10mmPb 当量；SPECT-CT 机房（有效面积 38.22m^2）北侧墙体为 300mm 混凝土，其他三侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，工作人员防护门和观察窗为 8mm 铅当量，受检者防护门为 6mm 铅当量。抢救室（约 18.13m^2）、SPECT 注射后候诊室（约 21.56m^2）和 SPECT 留观室（约 8.1m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 6mmPb 当量；SPECT 注射室（约 9.12m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb，注射窗为 10mmPb 当量；1 号分装室（约 20.09m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门和注射窗口均为 10mm 铅当量，房间内拟设置 1 个 25mm 铅当量通风柜；区域整体顶棚为 260mm 混凝土，地坪为 250mm 混凝土。拟新增 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，均属Ⅲ类射线装置，待型号确定后再进行校准源的配备和环评登记备案工作。

本项目核素诊断及敷贴治疗场所拟使用放射性核素 ^{18}F（日计划最大操作量为 1.48×10^{10}Bq、年最大操作量为 3.7×10^{12}Bq、日等效最大操作量为 1.48×10^{8}Bq）、^{11}C、^{13}N（日计划最大操作量为 9.25×10^{8}Bq、年最大操作量为 2.312×10^{11}Bq、日等效最大操作量为 9.25×10^{6}Bq）、^{68}Ga、^{64}Cu（日计划最大操作量为 1.85×10^{8}Bq、年最大操作量为 4.625×10^{10}Bq、日等效最大操作量为 1.85×10^{6}Bq）、^{89}Zr（日计划最大操作量为 1.85×10^{8}Bq、年最大操作量为 4.625×10^{10}Bq、日等效最大操作量为 1.85×10^{7}Bq）进行 PET 显像诊断。拟使用放射性核素 ^{99m}Tc（日计划最大操作量为 5.55×10^{10}Bq、年最大操作量为 1.387×10^{13}Bq、日等效最大操作量为 5.55×10^{7}Bq）进行 SPECT 显像诊断。拟使用放射性核素

^{32}P（日计划最大操作量为 3.7×10^{8}Bq、年最大操作量为 9.25×10^{10}Bq、日等效最大操作量为 3.7×10^{7}Bq）和 ^{90}Sr 敷贴器（密封型放射源）进行敷贴治疗，其中 ^{90}Sr 敷贴器属Ⅴ类放射源，待活度确定后再进行环评登记备案工作。

（4）核素门诊治疗场所

医院核素门诊治疗场所拟设置在地下二层 SPECT 机房北侧，拟新建 ^{131}I 给药室、^{131}I 给药后留观室、门诊注射室、3 号分装室、储源室（下称 2 号储源室）、废物暂存间、卫生通过间和甲吸测定室等配套房间。

^{131}I 给药室（约 6.71m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，防护门为 8mmPb 当量，给药窗口为 20mmPb 当量；^{131}I 给药后留观室（约 8.61m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，留观室内卫生间防护门为 6mmPb 当量，其余防护门为 8mmPb 当量；门诊注射室（约 10.48m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，注射窗口为 20mm 铅当量，防护门为 8mm 铅当量；3 号分装室（约 14.72m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，门诊注射窗口为 20mm 铅当量，防护门均为 8mm 铅当量，分装柜为 20mm 铅当量；2 号储源室（约 5.44m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，防护门均为 5mmPb 当量；废物暂存间（约 5.67m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，出口处防护门为 8mm 铅当量；卫生通过间（约 9.03m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，内部隔墙为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，入口处防护门为 8mm 铅当量。

本项目核医学科核素门诊治疗场所拟使用放射性核 ^{131}I（日计划最大操作量为 9.25×10^{5}Bq、年最大操作量为 2.313×10^{8}Bq、日等效最大操作量为 9.25×10^{4}Bq）进行甲吸测定工作；拟使用放射性核 ^{131}I（日计划最大操作量为 1.85×10^{9}Bq、年最大操作量为 4.62×10^{11}Bq、日等效最大操作量为 1.85×10^{8}Bq）进行甲亢治疗；拟使用放射性核 ^{89}Sr（日计划最大操作量为 1.48×10^{8}Bq、年最大操作量为 3.7×10^{10}Bq、日等效最大操作量为 1.48×10^{7}Bq）进行骨癌治疗。

1.2.2.3 介入放射学建设内容和建设规模

医院介入放射学工作用房分布在医技住院楼一层、医技住院楼三层设置和医技住院楼四层

（1）医技住院楼一层

医院拟在医技住院楼一层急诊中心新建 2 间 DSA+CT 复合手术室（下称急诊手术室

1-2，有效使用面积均为 54.98 ㎡），2 间手术室之间设置有移动 CT 暂存间，外围设置有控制室、设备间等配套房间。2 间手术室除移动 CT 暂存间隔墙外均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，移动 CT 暂存间隔墙为 4mmPb 辐射防护板，顶棚为 150mm 混凝土+20mmPb 硫酸钡涂料，地坪为 200mm 混凝土+15mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门和观察窗均为 3.5mm 铅当量。

拟新增 2 台 DSA（150kV，1250mA）和 1 台移动式 CT 机。DSA 属Ⅱ类射线装置，CT 属Ⅲ类射线装置。DSA 设备主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟，平均每台介入手术 CT 扫描出束累积时间约 1min。

（2）医技住院楼三层

医院拟在医技住院楼三层新建 4 间 DSA 机房和 2 间 ERCP 室及其控制室、设备间等配套房间。DSA 机房位于介入中心，分别是 DSA 机房 1（有效使用面积均为 50.56 ㎡）、DSA 机房 2（有效使用面积均为 48.96 ㎡）、DSA 机房 3（有效使用面积均为 85.26 ㎡）、DSA 机房 4（有效使用面积均为 66.03 ㎡）。上述 4 间 DSA 机房四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为 4mm 铅当量，顶棚为 260mm 混凝土，地坪为 260mm 混凝土。拟新增 4 台 DSA（150kV，1250mA），均属Ⅱ类射线装置；ERCP 机房位于内镜中心，分别是 ERCP 室 1（有效使用面积均为 33.91 ㎡）和 ERCP 室 2（有效使用面积均为 33.56 ㎡），2 间 ERCP 机房四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，顶棚和地坪均为 260mm 混凝土，防护门和观察窗均为 4mm 铅当量，拟新增 2 台 ERCP 用中型 C 臂机（150kV，1250mA），均属Ⅱ类射线装置。

DSA 设备主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。中型 C 臂机主要用于 ERCP 治疗，预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，单台中型 C 臂机开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

（3）医技住院楼四层

医院拟在医技住院楼四层手术中心新建 2 间 DSA+MRI 复合手术室，分别是复合手术室 1（有效使用面积 64.4 ㎡）和复合手术室 2（有效使用面积 72.38 ㎡），2 间手术室

间设置有移动式 MRI 设备暂存间，外围设置有控制室、缓冲间、库房、设备间等配套房间。2 间手术室四侧墙体均为 3mmPb 辐射防护板，顶棚和顶盖均为 260mm 混凝土，防护门和观察窗均为 3.5mm 铅当量。

拟新增 2 台 DSA（150kV，1250mA），属Ⅱ类射线装置。DSA 设备主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

项目总投资 50000 万元，其中环保投资 345.5 万元，约占总投资的 6.91%。本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1　项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	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	放疗科	医院放疗科拟设置在地下二层东侧，拟新建 3 间直线加速器机房及其控制室、更衣室、水冷机房等配套房间，新增 1 台 15MV 医用电子加速器和 2 台 10MV 医用电子加速器。	噪声、施工废水、扬尘、固体废物、射线装置安装调试阶段产生 X 射线等	X 射线、电子线、γ 射线、中子、感生放射性物质、废靶、臭氧、氮氧化物
	核医学科动物实验场所	医院核医学动物实验场所拟设在地下一层，拟新建 1 间小动物 PET 机房、1 间核医学科研实验室及缓冲间、解剖室、清洁间、污物暂存间、消毒灭菌室、注射室、注射后饲养室、储源室、接收室等配套房间。拟新增 1 台小动物 PET/SPECT/CT 三模态活体成像系统，属Ⅲ类射线装置，待型号确定后再进行校准源的配备和环评登记备案工作。 本项目核医学科动物实验场所拟使用放射性核 ^{18}F、^{13}N、^{11}C、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 和 ^{99m}Tc 进行小动物 PET 显像诊断实验。		X 射线、γ 射线、β 射线、放射性废气、放射性废水、放射性固废、β 表面污染、感生放射性物质、臭氧、氮氧化物
	核医学科核素制备场所	医院核医学科核素制备场所拟设在地下二层放疗科北侧区域，拟新建 1 间回旋加速器机房及其控制室、打包间、设备间、热室、物料暂存间、质控室（含无菌检测室、微生物检测室）、放化实验室、阳性对照室、废物间等配套房间。拟新增 1 台回旋加速器，属Ⅱ类射线装置，待型号确定后再进行环评登记备案工作。 本项目核医学科核素制备场所拟生产放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 用于 PET 显像诊断和核医学动物实验。		

	核医学科核素诊断及敷贴治疗场所	医院核医学科核素诊断场所拟设在医院地下二层，拟新建 1 间 PET-CT 机房及其控制室、设备间、储源室（下称 1 号储源室）、PET 注射区、PET 注射后候诊室、PET 分装室（下称 2 号分装室）、PET 留观室、PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、敷贴治疗室、敷贴制药室、1 间 SPECT-CT 机房及其控制室、SPECT 分装室（下称 1 号分装室）、SPECT 固废暂存室、抢救室、SPECT 注射室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 留观室、清洁间、污洗打包间、受检者走廊、医护走廊、医护淋浴缓冲间等配套房间。拟新增 1 台 PET/CT 和 1 台 SPECT/CT，上述设备属Ⅲ类射线装置，待型号确定后再进行校准源的配备和环评登记备案工作。 本项目核医学科核素诊断场所拟使用放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 进行 PET 显像诊断；拟使用放射性核素 ^{99m}Tc 进行 SPECT 显像诊断；拟使用放射性核素 ^{32}P 和 ^{90}Sr 敷贴器（密封型放射源）进行敷贴治疗工作。其中 ^{90}Sr 敷贴器属Ⅴ类放射源，待活度确定后再进行环评登记备案工作。		
	核素门诊治疗场所	医院核素门诊治疗场所拟设置在地下二层 SPECT 机房北侧，拟新建 ^{131}I 给药室、^{131}I 给药后留观室、门诊注射室、3 号分装室、2 号储源室、废源室、卫生通过间和甲吸测定室等配套房间。拟使用放射性核素 ^{131}I 核素进行甲状腺吸碘率测定和甲亢治疗，拟使用 ^{89}Sr 进行骨转移癌治疗。		
	介入放射学场所	医院介入放射学工作用房分布在医技住院楼一层、医技住院楼三层设置和医技住院楼四层 拟在医技住院楼一层新建 2 间 DSA+CT 复合手术室，2 间手术室间设置有移动 CT 暂存间，外围设置有控制室、设备间等配套房间，拟新增 2 台 DSA（150kV，1250mA）和 1 台移动式 CT 机。用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。 拟在医技住院楼三层新建 4 间 DSA 机房和 2 间 ERCP 室及其控制室、设备间等配套房间，DSA 机房工拟新增 4 台 DSA（150kV，1250mA）。机房用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。ERCP 室拟新增 2 台 C 臂机（125kV，1000mA）用于 ERCP 治疗。 拟在医技住院楼四层新建 2 间 DSA+MRI 复合手术室，外围设置有控制室、缓冲间、库房、设备间等配套房间。拟新增 2 台 DSA（150kV，1250mA）用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。		X 射线、臭氧、氮氧化物
辅助工程		配套建设候诊区、诊室和护士站等设施		/
环保设施		◆废水：医院拟在医技住院楼东南侧地面下设置 2 套 3 级并联式衰变池，分为短半衰衰变池和长半衰期衰变池。每套均设置有 2 个污泥池和 3 个衰变池，短半衰期衰变池中单个衰变池有效容积为 42m³，总容积为 126m³，长半衰期衰变池中单个衰变池有效容积为 160m³，总容积为 480m³。核医学科各场所产生的短半衰期放射性废水暂存在短半衰衰变池中超过 10 个最长半衰期，长半衰期放射性废水暂存在长半衰衰变池中超过 10 个最长半衰期（含 ^{131}I 核素的暂存超过 180 天）。之后经提升泵送至院内污水处理站进一步处理，达标后排入市政污水管网。 ◆废气： 放疗科和介入放射学相关机房项目 本项目3间直线加速器治疗设计均采用强制排风系统，机房	噪声、施工废水、扬尘、固体废物	噪声

	均分别设置进风管道和排风管道，管道均拟拟采用“S”型穿墙方式，并采用铅板对通风管道进行包裹屏蔽。机房内气体最终引导至地下一层的排风机房的风井排出。3间加速器机房拟设计风量均为1500m^3/h，三间加速器机房中容积最大的约322m^3，通风换气次数不小于4次/h 本项目急诊手术室、DSA手术室、复合手术室和ERCP机房，新风口和排风口均拟设置于装饰吊顶上，机房内废气经排风管道从风井统一排出室外，机房拟设的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。 核医学科 ①核素制备场所： 核素制备场所共设置有6套排风管路（以下简称1号至6号管路），1号管路连接回旋加速器底部的排风管道，该管路单独设置，2号管路排风口位于回旋加速器西南角，排风口距地300㎜，该管路单独设置，3号管路排风口布设于热室及相应缓冲间，同时连接热室内药物合成柜，药物合成柜一一对应了房间的一个下排风口，形成阀门互锁，当合成柜工作时，合成柜排风，对应的房间排风口关闭；当合成柜关闭时，开启对应的房间排风口的下排风口。保证整个系统的排风量、压差基本恒定，震荡小。4号管路连接核素制备场所内质控室、放射实验室、阳性对照室等房间及房间内的手套箱，手套箱与所在房间的下排风口一一对应形成阀门互锁，手套箱工作时，手套箱排风，对应的房间排风口关闭；当手套箱关闭时，开启对应的房间排风口的下排风口。5号管路连接核素制备场所内微生物实验室、无菌检测室及相应的更衣缓冲区域，6号管路连接通往热室的更衣、消毒、清洁工作用房。上述管路彼此互不干扰，管路导向区域北侧的排风井，最终于所在建筑屋面排放。相应密闭设备顶壁均设置活性炭过滤，风管均附加铅防护。 ②核素动物实验场所： 场所内设置1套放射性废气排风管道系统，场所内分装柜正电子实验室内的分装柜单独设置一个排风管道，顶壁安装活性炭过滤装置；场所内万向罩单独设置一个排风管道；其余排风管道连接小动物PET机房、核医学科研实验室、缓冲间、解剖室、清洁间、污物暂存间、消毒灭菌室、注射室、注射后饲养室、储源室、接收室，最终经北侧排风井引至楼顶排放，排气口远离周围敏感目标。 ③核素诊断和敷贴治疗场所： 场所共设置有3套放射性废气排风管道系统，场所内1-2号分装室和敷贴制药室内的分装柜均独立设置排风管道，顶壁安装活性炭过滤装置。其余排风管道连接PET-CT机房、1号储源室、PET注射区、PET注射后候诊室、2号分装室、PET留观室、PET区域清洁间、PET区域污物暂存间、敷贴治疗室、敷贴制药室、SPECT-CT机房、1号分装室、SPECT固废暂存室、抢救室、SPECT注射室、SPECT注射后候诊室、SPECT留观室、清洁间、污洗打包间、受检者走廊、医护淋浴缓冲间等配套房间。最终管路汇集至场所南侧核医学专用排风井内，引导至楼顶排放，排气口远离周围敏感目标。 ④核素门诊治疗场所： 场所设置有2套放射性废气排风管道系统，3号分装室内的分装柜单独设置一个排风管道，顶壁安装活性炭过滤装置。其		

	余排风管道连接^{131}I给药室、^{131}I给药后留观室、门诊注射室、3号分装室、2号储源室、废物暂存间、卫生通过间和甲吸测定室等配套房间，最终管路汇集至场所南侧核医学专用排风井内，引导至楼顶排放，排气口远离周围敏感目标。 ◆固废：本项目核医学科产生的放射性废物暂存于各场所的废物暂存间，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，所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍，含 ^{131}I 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天后，达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。 ◆废物衰变桶：10mmPb，27 个；废物衰变箱：10mmPb，6 个。 ◆噪声：选取低噪声设备；利用建筑隔声；设置减振、软管连接等降噪措施。		
公用工程	依托医院的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。		/

1.2.3 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 本项目主要原辅材料及耗能情况

类别	名称	年用量	来源	用途
主要原辅材料	^{18}F	3.7E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{11}C	3.7E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{13}N	3.7E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{64}Cu	3.7E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{68}Ga	3.7E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{89}Zr	1.85E+09 Bq	回旋加速器自制	小动物实验
	^{99m}Tc	3.7E+09 Bq	外购	小动物实验
	^{18}F	3.7E+12 Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{11}C	2.312E+11 Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{13}N	2.312E+11 Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{64}Cu	1.85E+10 Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{68}Ga	1.85E+10 Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{89}Zr	4.625E+10Bq	回旋加速器自制	PET/CT 显像诊断
	^{99m}Tc	1.387E+13 Bq	外购	SPECT/CT 显像诊断
	^{32}P	9.25E+10 Bq	外购	敷贴治疗
	^{131}I	2.313E+08 Bq	外购	甲吸检查
	^{131}I	4.62E+11 Bq	外购	甲亢治疗
能源	电（kW）	30000度	市政电网	—
水	自来水	3300m^3	市政供水管网	—

1.2.4 本项目涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况详见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 本项目医用射线装置基本情况表

序号	射线装置	型号	主要参数	类别	拟安装场所	备注
1	医用电子加速器	待定	X 射线：15MV 电子线：0-22MeV	Ⅱ类	放疗科 1 号加速器机房	1 台，拟购
2	医用电子加速器	待定	X 射线：10MV	Ⅱ类	放疗科 2-3 号加速器	2 台，

			电子线：0-22MeV		机房	拟购
3	回旋加速器	待定	16.5MeV	Ⅱ类	核医学科核素制备场所回旋加速器机房	1 台，拟购
4	数字减影血管造影装置（DSA）	待定	150kV，1250mA	Ⅱ类	医技住院楼一层急诊手术室 1-2；医技住院楼三层 DSA 手术室 1-4；医技住院楼四层复合手术室 1-2	8 台，拟购
5	中型 C 臂机	待定	150kV，1250mA	Ⅱ类	医技住院楼三层 1-2 号 ERCP 机房	2 台，拟购
6	移动 CT	待定	150kV，1500mA	Ⅲ类	医技住院楼一层急诊手术室 1-2	1 台，拟购

表 1-4 拟购医用直线加速器主要技术参数一览表

设备技术指标	参数	
拟设置场所	1 号加速器机房	2-3 号加速器机房
射线模式	**	**
能量分档		
等中心剂量率		
机头泄漏率		
照射野		
等中心高度		
射线束总张角度		
备注		

1.2.5 本项目涉及的医用核素

本项目涉及的医用核素及其特性情况详见表 1-5。

表 1-5 本项目涉及核素特性

序号	核素种类	主要射线和能量（MeV）	半衰期	物化状态	毒性分组	用途	来源
1	^{18}F	γ/0.511	109.77min	液态	低毒	小动物实验	回旋加速器自制
2	^{11}C	γ/0.511	20.39min	液态	低毒		
3	^{13}N	γ/0.511	9.97min	液态	低毒		
4	^{68}Ga	γ/0.511	68.3min	液态	低毒		
5	^{64}Cu	γ/0.511	12.7h	液态	低毒		
6	^{89}Zr	γ/0.511	78.4h	液态	中毒		
7	^{99m}Tc	γ/0.141	6.02h	液态	低毒		外购
8	^{18}F	γ/0.511	109.77min	液态	低毒	PET/CT 显像诊断	回旋加速器自制
9	^{11}C	γ/0.511	20.39min	液态	低毒		
10	^{13}N	γ/0.511	9.97min	液态	低毒		
11	^{68}Ga	γ/0.511	68.3min	液态	低毒		
12	^{64}Cu	γ/0.511	12.7h	液态	低毒		
13	^{89}Zr	γ/0.511	78.4h	液态	中毒		
14	^{99m}Tc	γ/0.141	6.02h	液态	低毒	SPECT/CT 显像诊断	外购
15	^{32}P	β/1.710	14.3d	液态	中毒	敷贴治疗	外购
16	^{131}I	β/0.602	8.04d	液态	中毒	甲吸检查、甲亢	外购

		γ/0.365				治疗	
17	^{89}Sr	β/1.491	50.53d	液态	中毒	骨转移癌治疗	外购

表 1-6 本项目涉及动物实验核素用量

序号	核素种类	日最大实验量（只）	年最大实验量（只）	单只动物每次最大使用量（Bq）	给药方式	诊疗项目
1	^{18}F	10	500	7.4E+06	注射	小动物实验
2	^{11}C	10	500	3.7E+06	注射	小动物实验
3	^{13}N	10	500	3.7E+06	注射	小动物实验
4	^{68}Ga	10	500	3.7E+06	注射	小动物实验
5	^{64}Cu	10	500	3.7E+06	注射	小动物实验
6	^{89}Zr	10	500	3.7E+06	注射	小动物实验
7	^{99m}Tc	10	500	7.4E+06	注射	小动物实验

表 1-7 本项目涉及核医学诊断及治疗核素用量

序号	核素种类	日最大诊疗人数（人）	年最大诊疗人数（人）	单人次最大使用量（Bq）	给药方式	诊疗项目
1	^{18}F	20	5000	3.7E+08	静脉注射	PET 显像诊断
2	^{11}C	1	250	9.25E+08	静脉注射	PET 显像诊断
3	^{13}N	1	250	9.25E+08	静脉注射	PET 显像诊断
4	^{64}Cu	1	250	1.85E+08	静脉注射	PET 显像诊断
5	^{68}Ga	1	250	1.85E+08	静脉注射	PET 显像诊断
6	^{89}Zr	1	250	1.85E+08	静脉注射	PET 显像诊断
7	^{99m}Tc	30	7500	9.25E+08	静脉注射	SPECT 显像诊断
8	^{131}I	5	1250	1.85E+05	口服	甲功测定
9	^{131}I	5	1250	3.7E+08	口服	甲亢治疗
10	^{89}Sr	1	250	1.48E+08	静脉注射	骨转移癌治疗
11	^{32}P	5	1250	7.4E+07	体表敷贴	敷贴治疗

1.2.6 本项目生产或使用核素工作场所分级

根据《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430号，2016 年 3 月 7 日施行），满足以下特点的放射性药品生产、使用场所，应当作为一个单独场所进行日等效操作量核算：

（1）有相对独立、明确的监督区和控制区划分；

（2）工艺流程连续完整；

（3）有相对独立的辐射防护措施。

本项目核医学动物实验场所（小动物 PET-CT 机房及核医学科研实验室）拟设在地下一层东侧，核素制备场所（回旋加速器药物制备项目）拟设在地下二层东侧，核素诊断及敷贴治疗场所（PET 诊断项目、SPECT 诊断项目、敷贴治疗项目）地下二层东侧（核素制备场所西南侧），核素门诊治疗场所（甲亢治疗项目、骨癌治疗项目）拟设置在地下二层东侧（SPECT-CT 机房北侧）。上述核医学科四个工作场所各自满足相对独立、具有明确的监督区和控制区划分，工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，除此以外，四个工作场所的放射性三废处理上设计和布局各自独立（除放射性废水衰变池共用外）、工作人员也各自独立配置，因此将整个核医学科分成核医学动物实验场所、核素制备场所、核素诊断及敷贴治疗场所和核素门诊治疗场所四个单独场所进行日等效操作量核算。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 提供的非密封源工作场所放射性核素日等效最大操作量计算方法（日等效最大操作量计算公式为：日等效最大操作量=日最大操作量×毒性组别修正因子/操作方式修正因子），经计算本项目核素制备场所日等效最大操作量 2.66×10^{8}Bq，核素诊断及敷贴治疗场所日等效最大操作量 2.81×10^{8}Bq，核素门诊治疗场所日等效最大操作量 2.0×10^{8}Bq，上述三个场所均属于乙级非密封放射性物质工作场所。计算表见表 1-8。

表 1-8 本项目工作场所分级计算表

工作场所	核素种类	计划最大日操作量（Bq）	毒性组别修正因子	操作方式修正因子	计划日等效最大操作量（Bq）	分级
地下一层动物实验场所	^{18}F	7.4E+7	0.01	10（很简单操作）	7.4E+04	丙级
	^{11}C	3.7E+7	0.01	1（简单操作）	3.7E+04	
	^{13}N	3.7E+7	0.01	1（简单操作）	3.7E+04	
	^{68}Ga	3.7E+7	0.01	1（简单操作）	3.7E+04	
	^{64}Cu	3.7E+7	0.01	1（简单操作）	3.7E+04	
	^{89}Zr	3.7E+7	0.1	1（简单操作）	3.7E+05	
	^{99m}Tc	7.40E+7	0.1	10（简单操作）	7.40E+05	
	合计				**1.33E+06**	
地下二层核素制备场所①	^{18}F	1.48E+10	0.01	1（简单操作）	1.48E+08	乙级
	^{11}C	1.85E+09	0.01	1（简单操作）	1.85E+07	
	^{13}N	1.85E+09	0.01	1（简单操作）	1.85E+07	
	^{68}Ga	3.7E+08	0.01	1（简单操作）	3.70E+06	
	^{64}Cu	3.7E+08	0.01	1（简单操作）	3.70E+06	
	^{89}Zr	3.7E+08	0.1	1（简单操作）	3.70E+07	
	合计				**2.29E+08**	
地下二层核素诊断及	^{18}F	1.48E+10	0.01	10（很简单操作）	1.48E+08	乙级
	^{11}C	9.25E+08	0.01	1（简单操作）	9.25E+06	
	^{13}N	9.25E+08	0.01	1（简单操作）	9.25E+06	

敷贴治疗场所②	^{68}Ga	1.85E+08	0.01	1（简单操作）	1.85E+06	
	^{64}Cu	1.85E+08	0.01	1（简单操作）	1.85E+06	
	^{89}Zr	1.85E+08	0.1	1（简单操作）	1.85E+07	
	^{99m}Tc	5.55E+10	0.01	10（很简单操作）	5.55E+07	
	^{32}P	3.70E+08	0.1	1（简单操作）	3.70E+07	
	合计				**2.81E+08**	
地下二层核素门诊治疗场所	^{131}I（甲吸）	9.25E+05	0.1	1（简单操作）	9.25E+04	乙级
	^{131}I（甲亢）	1.85E+09	0.1	1（简单操作）	1.85E+08	
	^{89}Sr	1.48E+08	0.1	1（简单操作）	1.48E+07	
	合计				**2.00E+08**	

注①：本项目核素制备场所每天生产核素 2 次，所产生的核素分别运送至核素动物实验场所和核素诊断及敷贴治疗场所，考虑实际工作流程及核素半衰期，保守起见，按核素诊断及敷贴治疗场所日最大使用量双倍制药；

注②：本项目正电子药物由医院自有核素制备场所自制，^{99m}Tc 药物外购，医院不涉及该药物生产，考虑到临床诊断工作流程和药物半衰期，^{18}F 和 ^{99m}Tc 药物按照每日病人最大用药量双倍计算

注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）的有关规定：

1.放射性药品生产中，分装、标记等活动视为“简单操作”；

2.医疗机构使用 ^{18}F、^{99m}Tc 相关活动为“很简单的操作”，使用 ^{131}I 核素相关活动视为“简单操作”。

1.2.7 工作制度和劳动定员

工作制度：本项目辐射工作人员每天工作 8 小时，每年工作 250 天。

劳动定员：本项目放疗科拟配备辐射工作人员 21 名；本项目核医学科动物实验场所拟配备辐射工作人员 4 名，核素制备及核素诊断、治疗场所拟配备辐射工作人员 24 名，介入放射学各机房共拟配备辐射工作人员 65 名，拟配备的辐射工作人员部分从医院外部招聘，部分从医院内部调配，辐射工作人员均不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。

1.3 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》（国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行），本项目属鼓励类中第六项“核能”第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目和第十三项“医药”中的第 4 条“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”项目，其建设符合国家现行产业政策。

1.4 项目规划符合性分析

本项目位于温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，项目作为医院“十四五”时期重要基础设施建设项目进行筹划，并已纳入《成

都市卫生健康发展第十四个五年规划》医疗服务基础设施建设具体项目当中。

根据《成都市温江区城市控制性详细规划图》（2018-2035 年）和成都市温江区规划和自然资源局出具的《关于有偿划拨涌泉街道官河社区部分国有建设用地使用权给成都市第五人民医院的请示》（温自然资发(2023)14 号），明确该项目用地使用性质为医疗卫生用地，项目用地合理。

1.5 实践正当性分析

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

（1）给辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响；

（2）射线装置的不正当性操作会造成较大和一般的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用、其所在的辐射工作场所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，在正确操作和严格管理的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给辐射工作人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

1.6 项目选址、外环境关系、布局合理性分析

1.6.1 项目选址合理性分析

本项目位于温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区内。医院北侧为共和路（规划建设中），隔路为居民区（在建中）；西侧为同耕西一巷（规划建设中），隔路为花土街中学（在建中）；东侧为凤凰大街（规划道路）；南侧为农耕用地，**周边环境现状见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。**

本项目用地为医疗用地。医院周围为居民商住区，交通较为便捷，能为周围居民提供方便的就医设施。本项目评价范围内无自然保护区、保护文物、风景名胜区、水源保

护区等生态敏感点，所开展的核技术应用项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

1.6.2 周边环境关系

（1）本项目四至关系

成都市第五人民医院光华院区位于温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，医院北侧为共和路（规划建设中），隔路为居民区（在建中）；西侧为同耕西一巷（规划建设中），隔路为花土街中学（在建中）；东侧为凤凰大街（规划道路）；南侧为农耕用地。**医院地理位置图见附图 1。**

本项目分布于医院地下二层（放疗科、核医学核素制备场所、核医学核素诊断和敷贴治疗场所、核医学 ^{131}I 核素治疗场所）、地下一层（核医学动物实验场所）、医技住院楼一、三、四层（均作为介入放射学治疗工作场所）。项目东侧 66m 范围内为医院内部道路和绿化，项目南侧 94m 范围内为医院内部道路、感染楼、发热门诊楼和绿化；项目西侧 50m 范围内为同耕西一巷、院内道路和绿化；项目北侧 110m 范围内为医院内部道路、门诊楼、院内绿化，**项目周围环境关系见附图 2，医院总平面布置图见附图 3。**

（2）本项目布局合理性分析

本项目放疗科、核医学核素制备场所、核医学影像诊断和敷贴治疗场所、核医学核素治疗场所设置于医院地下二层东侧，核医学科动物实验场所设置于地下一层东侧，介入放射学工作用房分布于医技住院楼的一层、三层和四层。

本项目辐射工作场所设有专用的候诊区域和就诊通道，病人通道、工作人员通道互不交叉，减少了病人与医生的交叉影响。

本项目核医学科工作场所医护通道、患者通道、药物通道出入口均设置独立门禁，无关人员不能直接进入。整个工作场所相对独立且封闭，核素生产、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，平面布置较为合理； 本项目放射性废物间设置在辐射工作场所靠近出口处，放射性废物能以最短距离被送出本项目区域，避免了对其他人员的二次照射，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理；本项目共设置有两套衰变池系统，沿途管路均增设铅防护并设置专用污水管井和污水提升泵，2 套衰变池周边主要为土层，上方设置检修入口，周边人流量较小，降低了医生及公众受照射的可能性，其设置合理。

综上所述，本项目辐射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，从辐射安全防护的角度分析，其总平面布置是合理的。

1.7 现有核技术利用项目许可情况

（1）目前，医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00372]，允许使用种类和范围为：使用Ⅴ类放射源；使用Ⅱ、Ⅲ射线装置；使用非密封性放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所；有效期至2026年04月27日，见附件4）

（2）医院辐射安全许可证已登记的放射性同位素、射线装置和放射源情况见表1-9，表1-10和1-11。该医院现有核技术利用项目均已履行环评审批手续，相关项目均已完成环保“三同时”验收，环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗留问题。同时，经建设单位证实，医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

表1-9 辐射安全许可证已登记的非密封性放射性同位素一览表

序号	场所名称	场所等级	使用核素	日等效最大操作量（Bq）	年最大使用量（Bq）	备注
1	8号楼肿瘤科	丙级	^{125}I（粒子源）	7.4×10^{6}	1.48×10^{12}	8号楼2、3楼肿瘤科病房
2	核医学科	乙级	^{18}F	6.6×10^{6}	1.67×10^{12}	显像诊断分装注射室
3			^{18}F	2.66×10^{10}	6.66×10^{13}	源库1贮存（备用药）
4			^{125}I（粒子源）	7.4×10^{6}	1.47×10^{12}	放免
5			^{131}I	2.28×10^{9}	1.25×10^{12}	核医学科核素冰棍那个使用，储存在源库02
6			^{89}Sr	1.85×10^{6}	3.7×10^{10}	/
7			^{99}Mo（^{99m}Tc）	3.7×10^{8}	8.88×10^{12}	用于制备^{99m}Tc
8			^{99m}Tc	2.22×10^{7}	5.55×10^{12}	ECT机房使用
9	模拟定位CT机房	丙级	^{125}I（粒子源）	7.4×10^{6}	1.48×10^{12}	植入使用

表1-10 辐射安全许可证已登记的射线装置一览表

序号	装置名称	场所名称	类别	设备参数
1	X 射线骨密度检测仪	双能骨密度检查室	Ⅲ类	100kV，2.5 mA
2	胃肠机	胃肠室	Ⅲ类	125kV，900 mA
3	移动式数字摄影X射线机	ICU	Ⅲ类	150kV，90 mA
4	X射线计算机体层摄影设备	急诊CT室	Ⅲ类	140kV，420 mA
5	平板DR（数字化医用X射线摄影系统）	急诊DR室	Ⅲ类	150kV，700 mA
6	X射线计算机断层摄影设备	急诊DR室	Ⅲ类	140kV，500 mA

7	移动式摄影X射线机	新生儿科照片室	Ⅲ类	125kV，400 mA
8	医用血管造影X射线系统	3导管室	Ⅱ类	125kV，1000 mA
9	移动式C形臂X射线机	手术室7	Ⅲ类	120kV，250 mA
10	正电子发射及X射线计算机断层成像系统	PET-CT机房	Ⅲ类	140kV，800 mA
11	医用血管造影X射线系统	1导管室	Ⅱ类	125kV，1063 mA
12	血管造影X射线系统	2导管室	Ⅱ类	125kV，1250 mA
13	医用直线加速器	直线加速器机房2	Ⅱ类	10MeV
14	医用电子直线加速器	直线加速器机房	Ⅱ类	10MeV
15	移动式C形臂X射线机	ERCP室	Ⅲ类	120kV，150 mA
16	医用血管造影X射线机	10手术室	Ⅱ类	125kV，1000 mA
17	放射治疗模拟机	8号楼模拟定位机房	Ⅲ类	125kV，500 mA
18	乳腺X射线摄影系统	乳腺照片室	Ⅲ类	35kV，100 mA
19	移动式数字X射线机	手术室8	Ⅲ类	120kV，100 mA
20	数字化医用X射线摄影系统	东区DR室	Ⅲ类	150kV，800 mA
21	数字化医用X射线摄影系统	急诊DR室	Ⅲ类	150kV，800 mA
22	高频移动式X射线机	手术室9	Ⅲ类	125kV，100 mA
23	数字化医用X射线摄影系统	DR室（2）	Ⅲ类	150kV，1000 mA
24	X射线计算机体层摄影设备	东区CT室	Ⅲ类	140kV，420 mA
25	X射线计算机体层摄影设备	体检CT室	Ⅲ类	140kV，420 mA
26	X射线计算机体层摄影设备	方舱CT室	Ⅲ类	140kV，667 mA
27	X射线计算机体层摄影设备	CT室（2）	Ⅲ类	140kV，740 mA
28	X射线骨密度仪	体检骨密度室	Ⅲ类	60kV，0.333 mA
29	X射线计算机体层摄影设备	模拟定位CT机房	Ⅲ类	140kV，800 mA
30	牙科X射线机	牙片室	Ⅲ类	70kV，7 mA
31	口腔全景X射线机	全景室	Ⅲ类	90kV，12 mA
32	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	CBCT室	Ⅲ类	90kV，12 mA

表 1-11 辐射安全许可证已登记的放射源一览表

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类
1	^{90}Sr（^{90}Y）	Ⅴ类	$1.48\times10^{9}/1.48\times10^{9}*1$	使用
2	^{22}Na	Ⅴ类	$2.59\times10^{8}/3.7\times10^{6}*7$	使用
3	^{68}Ge	Ⅴ类	$9.26\times10^{7}/4.63\times10^{7}*2$	使用
4	^{68}Ge	Ⅴ类	$1.11\times10^{8}/1.11\times10^{8}*1$	使用

1.9 现有核技术利用管理情况

医院遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境主管部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

（1）辐射安全与环境保护管理机构

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

（2）辐射安全管理相关规章制度

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

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

（3）辐射工作人员培训情况

医院现有辐射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证书，医院已安排所有培训证书临期或过期的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训。本项目拟配置 94 名辐射工作人员，拟配备辐射工作人员部分从医院外部招聘，部分从医院内部调配。

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

（4）开展辐射监测工作的情况

①个人剂量监测：建设单位现有辐射工作人员均已委托进行个人剂量监测，本项目拟涉及的辐射工作人员在项目运行后均拟继续进行个人剂量监测，DSA 介入手术相关医护人员拟按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中相关要求佩戴双剂量计。

②工作场所和环境辐射水平监测：医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防

护要求。

（5）辐射事故应急处理及演练执行情况

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

（6）年度评估报告情况

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

综上所述，成都市第五人民医院不存在原有辐射环境问题。

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	以下空白							

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大用量（Bq）	日等效操作量(Bq)	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{18}F	液态\低毒 半衰期 109.77min	使用	7.4E+7	7.4E+04	3.7E+09	核素动物实验	很简单操作	地下一层动物实验场所	药物合成、自动分装后转运至动物实验场所储源室贮存	/
2	^{11}C	液态\低毒 半衰期 20.39min	使用	3.7E+7	3.7E+04	3.7E+09	核素动物实验	简单操作			/
3	^{13}N	液态\低毒 半衰期 9.97min	使用	3.7E+7	3.7E+04	3.7E+09	核素动物实验	简单操作			/
4	^{68}Ga	液态\低毒 半衰期 68.3min	使用	3.7E+7	3.7E+04	3.7E+09	核素动物实验	简单操作			/
5	^{64}Cu	液态\低毒 半衰期 12.7h	使用	3.7E+7	3.7E+04	3.7E+09	核素动物实验	简单操作			/
6	^{89}Zr	液态\中毒 半衰期 78.4h	使用	3.7E+7	3.7E+05	1.85E+09	核素动物实验	简单操作			/
7	^{99m}Tc	液态\低毒 半衰期 6.02h	使用	7.40E+7	7.40E+05	3.7E+09	核素动物实验	很简单操作		专业供应商送到动物实验场所储源室贮存	/
8	^{18}F	液态\低毒 半衰期 109.77min	生产	1.48E+10	1.48E+08	3.70E+12	显像诊断/核素动物实验	简单操作	地下二层东南侧核素制备场所	药物合成、自动分装后转运至动物实验场所储源室及 1 号储源室贮存	/
9	^{11}C	液态\低毒 半衰期 20.39min	生产	1.85E+09	1.85E+07	9.25E+10	显像诊断/核素动物实验	简单操作			/

10	^{13}N	液态\低毒 半衰期 9.97min	生产	1.85E+09	1.85E+07	9.25E+10	显像诊断/核素动物实验	简单操作			/
11	^{68}Ga	液态\低毒 半衰期 68.3min	生产	3.7E+08	3.70E+06	1.85E+10	显像诊断/核素动物实验	简单操作			/
12	^{64}Cu	液态\低毒 半衰期 12.7h	生产	3.7E+08	3.70E+06	1.85E+10	显像诊断/核素动物实验	简单操作			/
13	^{89}Zr	液态\中毒 半衰期 78.4h	生产	3.7E+08	3.70E+07	1.85E+10	显像诊断/核素动物实验	简单操作			/
14	^{18}F	液态\低毒 半衰期 109.77min	使用	1.48E+10	1.48E+08	3.7E+12	显像诊断	很简单操作	地下二层核医学核素诊断和敷贴治疗场所	由回旋加速器自行生产，自动分装后转运至1号储源室贮存	/
15	^{11}C	液态\低毒 半衰期 20.39min	使用	9.25E+08	9.25E+06	2.312E+11	显像诊断	简单操作			/
16	^{13}N	液态\低毒 半衰期 9.97min	使用	9.25E+08	9.25E+06	2.312E+11	显像诊断	简单操作			/
17	^{68}Ga	液态\低毒 半衰期 68.3min	使用	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+10	显像诊断	简单操作			/
18	^{64}Cu	液态\低毒 半衰期 12.7h	使用	1.85E+08	1.85E+06	1.85E+10	显像诊断	简单操作			/
19	^{89}Zr	液态\中毒 半衰期 78.4h	使用	1.85E+08	1.85E+07	4.625E+10	显像诊断	简单操作			/
20	^{99m}Tc	液态\低毒 半衰期 6.02h	使用	5.55E+10	5.55E+07	1.387E+13	显像诊断	很简单操作		专业供应商送到1号储源室暂存	/
21	^{32}P	液态\中毒 半衰期 14.3d	使用	3.70E+08	3.70E+07	9.25E+10	敷贴治疗	简单操作			/
23	^{89}Sr	液态\中毒 半衰期 50.55d	使用	1.48E+08	1.48E+07	3.7E+10	骨转移癌治疗	简单操作	地下二层核医学核素门诊治疗场所	专业供应商送到2号储源室暂存	/
25	^{131}I（甲吸）	液态\中毒 半衰期 8.04d	使用	9.25E+05	9.25E+06	2.31E+08	甲吸检查	简单操作			/

26	^{131}I（甲亢）	液态\中毒 半衰期 8.04d	使用	1.85E+09	1.85E+10	4.62E+11	甲亢治疗	简单操作			/
		以下空白									

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	装置名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	Ⅱ类	1	待定	电子	X 射线：15MV 电子线： 0-22MeV CBCT:150kV	X 射线等中心 1m 处最大 30Gy/min； CBCT:1500mA	放射治疗	放疗科 1 号加速器机房	拟购
2	医用直线加速器	Ⅱ类	2	待定	电子	X 射线：10MV 电子线： 0-22MeV CBCT:150kV	X 射线等中心 1m 处最大 30Gy/min； CBCT:1500mA	放射治疗	放疗科 2 号、3 号加速器机房	拟购
3	回旋加速器	Ⅱ类	1	待定	质子	16.5MeV	最大束流强度：130μA	核素制备	核医学科核素制备场所回旋加速器机房	拟购
	以下空白									

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊和治疗、分析等用途

序号	装置名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	数字减影血管造影装置（DSA）	Ⅱ类	8	待定	150	1250	介入手术	医技住院楼一层急诊手术室 1-2；医技住院楼三层 DSA 手术室 1-4；医技住院楼四层复合手术室 1-2	拟购
2	中型 C 臂机	Ⅱ类	2	待定	150	1250	介入手术	医技住院楼三层 1-2 号 ERCP	拟购

								治疗室	
3	移动 CT	Ⅲ类	1	待定	150	1500	复合手术	医技住院楼一层急诊手术室 1-2	拟购
	以下空白								

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（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	
	以下空白												

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废水	液态	^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc、^{131}I	＜0.01Bq	＜0.01Bq	总β≤10Bq/L	暂存在医院东南侧地面下设置的两套并联式衰变池中，每套衰变池均设置有2个污泥池和3个衰变池组成	a）所含核素半衰期小于24小时的放射性废液暂存时间超过30天后可直接解控排放 b）所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。 排放出的废水经提升泵送至院内污水处理站进一步处理。
放射性固废（服药杯子、污染物的注射器、手套、棉签、纱布、滤纸、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品和更换的废活性炭）	固态	^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc、^{131}I、^{89}Sr、	/	/	＜10Bq/g	暂存在放射性废物间（废药室、留置衰变室）的衰变桶中	经衰变10个半衰期以上（含^{131}I核素的放射性固体废物暂存超过180天）后达到清洁解控水平，作为医疗废物处理。
固体靶片	固态	/	/	/	/		经衰变10个半衰期以上后达到清洁解控水平，送交具备放射性废物收

							贮资质的单位贮存。
放射性废气	气态	^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc、^{131}I	/	/	/	经活性炭吸附处理后排放	活性炭吸附处理后，经屋顶排气筒排放
感生放射性物质	气态	^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{41}Ar	—	—	—		
加速器废靶件	固态	/	—	—	—	不暂存，厂家回收	厂家回收
以下空白							

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

2、含有放射性的废弃物要标明其排放浓度、年排放总量，单位分别为 Bq/L（kg、m^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 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过；2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），2015 年 1 月 1 日施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令第 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令第 709 号修改）； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日，国家环境保护总局令第 31 号公布，2008 年 12 月 6 日经环境保护部令第 3 号修改，2017 年 12 月 20 日经环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令第 20 号修改）； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 18 号），自 2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 5 日起施行； （9）《关于发布<放射源分类办法>的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），自 2005 年 12 月 23 日起施行； （10）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号）； （11）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021 年第 9 号）；

	（12）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； （13）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，中华人民共和国环境保护部办公厅，环办辐射函[2016]430 号，2016 年 3 月 7 日发布； （14）《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），自 2018 年 1 月 1 日施行； （15）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（国家环保总局，环发[2006]145 号）； （16）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号），2019 年 11 月 1 日施行； （17）《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； （18）《关于贯彻落实 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（川环办函[2019] 507 号）； （19）《四川省辐射污染防治条例》，（四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号），2016 年 6 月 1 日实施； （20）《四川省人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》（川府发〔2020〕9 号），2020 年 6 月 28 日； （21）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； （6）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ_T201.1-2007）； （7）《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZT 201.2-2011）；

	（8）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； （9）《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）； （10）《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； （11）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）； （12）《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； （13）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （14）《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）。
其他	（1）环境影响评价委托书； （2）成都市第五人民医院提供的其它相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

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

7.2 保护目标

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

本项目主要环境影响因素为电离辐射。环境保护目标主要是工作人员和周边公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。项目具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标信息

环境保护目标类型		位置描述	距靶源最近距离(m)	估计人数	年有效剂量管理约束值
放疗科	辐射工作人员	西侧控制室	10.1	10	5mSv
	公众	西侧患者通道、水冷机房、设备机房等	10.2	50	0.1mSv
		北侧回旋加速器机房、热室等	6.5	20	
		上方院内道路	10.7	20	
核医学科动物实验场所	辐射工作人员	控制区内	/	5	5mSv
	公众	东侧地下车库	2.0	5	0.1mSv
		南侧室内过道	2.0	30	
		西侧室内过道	2.0	50	
		北侧空调机房、排风机房	2.0	10	
		上方院内过道	4.0	50	
		下方核医学核素诊断及敷贴治疗场所	5.0	50	
核医学科核素制备场所	辐射工作人员	控制区内、回旋加速器/热室控制室内	/	10	5mSv
	公众	南侧1号加速器机房、水冷机房、电梯、楼梯间等	6.5	20	0.1mSv
		西侧地下车库、补风机房等	2.0	20	
		北侧地下车库、医护走廊等	2.0	20	
		上方地下车库、净化空调机房、隔油提升间等	5.0	50	
		下方地下车库	4.0	50	
核医	辐射工	控制区内、PET/SPECT控制室内	/	20	5mSv

学科核素诊断及敷贴治疗场所	作人员				
	公众	东侧楼梯间、放疗科治疗计划室、物理室、示教室	2.0	20	0.1mSv
		南侧放疗科制模间、模具库、核医学科诊室、候诊区、卫生间等	2.0	20	
		西侧地下车库、强电井、排烟井等	2.0	50	
		上方核医学科动物实验场所、普通实验室、办公室等	5.0	30	
		下方地下车库	4.0	50	
核医学科核素门诊治疗场所	辐射工作人员	控制区内	/	10	5mSv
	公众	东侧医护过道、真空机房等	1.5	5	0.1mSv
		南侧楼梯间	2.0	20	
		西侧地下车库	2.0	50	
		北侧地下车库	2.0	50	
		上方地下车库	5.0	50	
		下方地下车库	4.0	50	
医技住院楼一层急诊手术室1-2	辐射工作人员	手术室内	0.7	4	5mSv
		北侧控制室	4.0	4	
	公众	南侧手术过道、医护人员缓冲通道	4.0	2	0.1mSv
		东侧楼梯间	4.0	5	
		西侧过道	4.0	5	
		上方ICU、办公室	4.0	10	
		下方变电所	5.0	5	
医技住院楼三层DSA手术室1-4	辐射工作人员	手术室内	0.7	4	5mSv
		控制室	4.0	4	
	公众	南侧设备间、库房、洁净走廊、污物走廊	4.0	5	0.1mSv
		东侧、西侧为洁净走廊（其中DSA手术室1西侧为污物走廊）	4.0	10	
		北侧洁净走廊、过道、库房、设备间	4.0	10	
		上方手术中心	4.0	10	
		下方急诊病房、输液区	5.0	30	
医技住院楼三层1-2号ERCP机房	辐射工作人员	手术室内	0.7	4	5mSv
		控制室	4.0	4	
	公众	南侧库房	4.0	5	0.1mSv
		东侧、西侧为洁净走廊、过道、内镜洗消区	4.0	10	
		北侧缓冲间、更衣室	4.0	5	
		上方无菌间、洁净走廊	4.0	5	
		下方急诊示教室	4.0	5	
医技住院楼四层1-2号复合手术室	辐射工作人员	手术室内	0.7	4	5mSv
		控制室	4.0	4	
	公众	东侧污物走廊	4.0	5	0.1mSv
		南侧污物走廊	3.0	5	
		西侧缓冲间、库房	4.0	5	
		北侧洁净走廊	4.0	10	
		上方休息室、屋面	4.0	5	
		下方DSA手术室1-4	4.0	10	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限制

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

表 7-2 剂量限制的相关内容

对象	具体内容
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5 年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。	

（2）参考《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中关于剂量约束值的规定：

a）一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。

b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

本项目建设调试期间工作人员作为非辐射工作人员，期间以不超过 0.1mSv/a 作为其年有效剂量约束值。

本项目辐射工作人员年有效剂量按上述表 7-2 中规定的照射剂量限制的 1/4 执行，即辐射工作人员剂量约束值不超过 5mSv；公众剂量约束值按照上述表 7-2 中标准的 1/10 执行，即不超过 0.1 mSv；辐射工作人员眼晶体的年当量剂量约束值取 15mSv；辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值取 50 mSv。

7.3.2 辐射管理分区

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

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制

区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.3 放射治疗机房辐射屏蔽要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）：

（1）放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。

（2）放射治疗室屏蔽材料的选择应考虑其结构性能、防护性能，符合最优化要求。使用中子源放射治疗设备、质子/重离子加速器或大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备，须考虑中子屏蔽。

（3）管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。

（4）剂量控制应符合以下要求：

A）治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或在治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 a）和 b）所确定的剂量率参考控制水平$\dot{H}_c$：

a）使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（$\dot{H}_c$）求得关注点的导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)：

机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤100μSv/周；

机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c$≤5μSv/周。

b）按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,\max}$ (μSv/h)：

人员居留因子 T＞1/2 的场所：$\dot{H}_{c,\max}$ ≤2.5μSv/h；

人员居留因子 T≤1/2 的场所：$\dot{H}_{c,\max}$ ≤10μSv/h。

B）穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250μSv 加以控

制。

c）对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 100μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

7.3.4 DSA 机房、ERCP 机房、CT 机房安全措施和辐射屏蔽要求

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）：

（1）每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求；对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积，最小单边长度应符合表 7-3 要求。

表 7-3　本项目涉及机房使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积㎡	机房内最小单边长度 m
CT（不含头颅移动 CT）	30	4.5
双管头或多管头 X 射线设备 [a]	30	4.5
单管头 X 射线设备 [b] （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
a：双管头或多管头 X 射线设备的所有管球安装在同一间机房内。 b：单管头、双管头或多管头 X 射线设备的每个球管各安装在 1 个房间内。		

（2）X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求

①不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护应不低于表 7-4 的规定。

表 7-4　各项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
标称 125kV 以上的摄影机房	3.0	2.0
标称 125kV 及以下的摄影机房	2.0	2.0
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

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。

③机房的门和窗关闭时应满足表 7-4 的要求。

（3）机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

①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 2.5μSv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

②CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；

③具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25μSv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于

0.25mSv。

（4）工作场所防护用品及防护设施配置要求

根据工作内容现场应配备不少于 4 种基本种类要求的工作人员、患者和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防护衣；除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0. 25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0. 025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0. 5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb；应为儿童的 X 射线检查配备有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低于 0. 5mmPb。详细情况见表 7-5。

表 7-5 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		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选：铅橡帽子	——
注1：“——”表示不需要求。 注2：各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。				

7.3.5 核医学工作场所安全措施和辐射屏蔽要求

（1）表面污染控制水平

根据《核医学放射防护标准》(GBZ 120-2020)，核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-6。

表 7-6 核医学科工作场所放射性表面污控制水平（单位：Bq/cm²）

表面类型		β 放射性物质（Bq/cm²）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区[1)]	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区	4
	监督区	
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}
[1)] 该区内的高污染子区除外		

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）B2.2 规定，工作场所的某些设备与用品，经去污使其污染水平降低到表 11（见 7.3.5 中表 7-6）中所列设备类的控制水平的五十分之一以下时，经主管部门确认同意后，可当作普通物品使用。即控制区内表面污染≤0.8Bq/cm²。

（2）屏蔽要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

6.1 屏蔽要求

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

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 30cm 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。

（3）安全措施要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）

6.2 场所安全措施要求

6.2.1 核医学工作场所的放射性素操设备表面、工作台台面等平整光滑，室内地与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的病床旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐水平监测，无关人员不应入内，贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备足够屏蔽的贮存、转运等容器，

容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

7.3.6 放射性废物处理

（1）放射性废液

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

7.3.1 放射性废液收集

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

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

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

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

7.3.2 放射性废液贮存

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

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

7.3.3 放射性废液排放

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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

放；

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

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

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

（2）放射性固体废物

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

7.2.1 固体放射性废物收集

7.2.1.1 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。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20 kg。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。

7.2.2 固体放射性废物贮存

7.2.2.1 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。

7.2.2.2 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。

7.2.2.3 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。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。不需要特殊防护措施即可处理的尸体含放射性常用核素的上限值见附录 C。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

7.2.3 固体放射性废物处理

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 0.08 Bq/cm^2、β 表面污染小于 0.8 Bq/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；

b）所含核素半衰期大于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过核素最长半衰期的 10 倍；

c）含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性α 发射体应小于 4 Bq/cm^2、其他 α 发射体应小于 0.4 Bq/cm^2。

7.2.3.3 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。

（3）放射性废气

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）：

7.4.1 产生气态放射性废物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。

7.4.2 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)：

核医学工作场所的通风按 7.3.3 中表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向

控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

7.3.7 环境质量及污染物排放的执行标准

（1）环境质量控制标准

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

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

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

（2）污染物排放标准

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

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

3、噪声执行 ①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）表 1 中 2 类区域标准。

4、固废：一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于成都市温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区内。医院北侧为共和路（规划建设中），隔路为居民区（在建中）；西侧为同耕西一巷（规划建设中），隔路为花土街中学（在建中）；东侧为凤凰大街（规划道路）；南侧为农耕用地。

本项目分布于医院地下二层（放疗科、核医学核素制备场所、核医学核素诊断和敷贴治疗场所、核医学核素治疗场所）、地下一层（核医学动物实验场所）、医技住院楼一、三、四层（均设置有介入放射学治疗工作场所）。项目东侧 66m 为医院内部道路和绿化，项目南侧 94m 为医院内部道路、感染楼、发热门诊楼和绿化；项目西侧 50m 为同耕西一巷、院内道路和绿化；项目北侧 110m 为医院内部道路、门诊楼、院内绿化。**项目周边概况见附图 2。**

8.2 辐射环境现状

为了解本项目辐射工作场所周围辐射环境现状水平，浙江君安检测技术有限公司于 2025 年 4 月 1 日对工作场所周围环境γ射线剂量率、β表面污染水平和中子周围剂量当量率进行监测。

8.2.1 环境现状评价对象

拟建项目辐射工作场所区域周边环境。

8.2.2 监测项目

γ射线剂量率、β表面污染水平和中子周围剂量当量率。

8.2.3 监测点位

根据现场踏勘、本项目工作场所平面布置情况及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的相关要求，本次选择在建设地周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，环境现状监测点位图见图 8-1，监测点位布设合理。

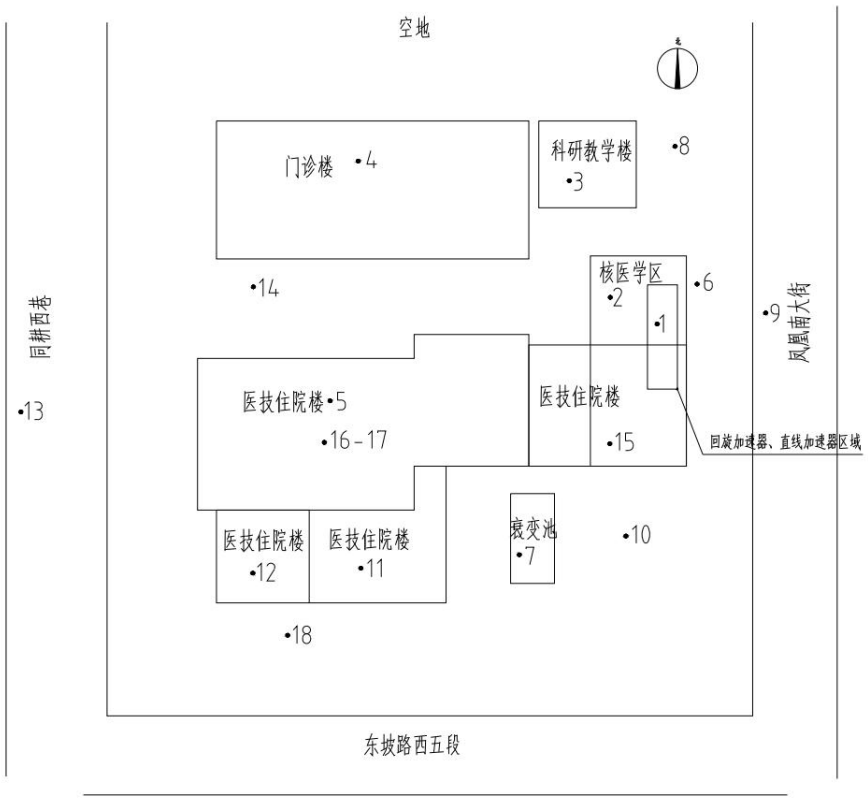


图 8-1　拟建辐射工作场所周围环境现状监测点位示意图

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

（1）监测单位：浙江君安检测技术有限公司

（2）监测日期：2025 年 4 月 1 日

（3）监测方式：现场监测

（4）监测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《表面污染测定第一部分：β发射体（Eβmax>0.15Mev）和α发射体》（GB/T14056.1-2008）

（5）监测频次：依据标准予以确定

（6）监测工况：辐射环境现状

（7）天气环境条件：温度 13℃，相对湿度 78%，阴

（8）监测仪器

表 8-1　监测仪器一览表

监测项目	监测仪器信息		
	仪器名称	仪器编号	仪器参数及检定情况
γ 射线剂量率	X、γ 辐射剂量当量率仪	JAYQ-56	仪器型号：AT1123 型 检定/校准单位：华东国家计量测试中心 证书编号：2024H21-20-5224664001、2024H21-20-5224664002 检定/校准日期：2024 年 04 月 26 日
β 表面污染水平	α 、β 表面污染仪	JAYQ-33	仪器型号：COMO170 检定/校准单位：华东国家计量测试中心 证书编号：2024H21-20-5354355001 检定/校准日期：2024 年 07 月 08 日
中子周围剂量当量率	中子周围剂量当量仪	JAYQ-32	仪器型号：RTM-3020 型 检定/校准单位：中国计量科学研究院 证书编号：DLjs2024-03375 检定/校准日期：2024 年 09 月 05 日

8.3.2 质量保证

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

（1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；

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

（3）监测仪器按规定定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

（4）监测仪器经常参加国内各实验室间的比对，确保监测数据的准确性和可比性；

（5）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好；

（6）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

（7）监测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状各监测点位的 γ 射线剂量率监测结果见表 8-2，β 表面污染水平监测结果见表 8-3，中子周围剂量当量率监测结果见表 8-4。

表 8-2　拟建辐射工作场所区域周围环境γ射线剂量率监测结果

监测点号	监测点位	监测结果（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	
1	拟建放疗科所在地	45	3	室外
2	拟建核医学科所在地	44	3	室外
3	拟建核医学科西北侧（科研教学楼）	63	3	室内
4	拟建介入科北侧（门诊楼）	56	3	室内
5	拟建介入科所在地	64	3	室内
6	拟建放疗科和核医学科东侧（空地）	44	4	室外
7	拟建衰变池所在地	53	3	室外
8	拟建核医学科北侧 50m（空地）	48	3	室外
9	拟建放疗科和核医学科东侧 50m（凤凰南大街）	52	2	室外
10	拟建衰变池东侧 50m（空地）	51	4	室外
11	拟建介入科东南侧（医技住院楼）	63	3	室内
12	拟建介入科西南侧（医技住院楼）	65	4	室内
13	拟建介入科西侧 50m（同耕西巷）	50	3	室外
14	拟建介入科北侧 50m（过道）	49	4	室外
15	拟建放疗科南侧（医技住院楼）	62	4	室内
16	拟建介入科上一层（医技住院楼）	63	4	室内
17	拟建介入科下一层（医技住院楼）	66	4	室内
18	拟建介入科南侧 50m（空地）	48	3	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已对宇宙射线的响应值进行了修正；

3、环境γ辐射空气吸收剂量率=读数平均值×校准因子 k_1×仪器校验源效率因子 k_2-屏蔽修正因子 k_3×测量点宇宙射线响应值 D_C。k_3楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，仪器对宇宙射线的响应值为 8.6nGy/h。

表 8-3　拟建辐射工作场所区域周围环境β表面污染监测结果

监测点号	监测点位	监测结果（Bq/cm^2）	备注
1	拟建核医学科所在地	＜MDL	室外
2	拟建核医学科东侧（空地）	＜MDL	室外
3	拟建核医学科东侧 50m（凤凰南大街）	＜MDL	室外
4	拟建核医学科南侧（拟建放疗科）	＜MDL	室外
5	拟建核医学科西侧（门诊楼）	＜MDL	室内
6	拟建核医学科西北侧（科研教学楼）	＜MDL	室内
7	拟建核医学科北侧 50m（空地）	＜MDL	室外
8	拟建衰变池所在地	＜MDL	室外
9	拟建衰变池东侧 50m（空地）	＜MDL	室外
10	拟建衰变池南侧 50m（空地）	＜MDL	室外
11	拟建衰变池西侧（医技住院楼）	＜MDL	室内
12	拟建衰变池北侧（医技住院楼）	＜MDL	室内

注：0.36Bq/cm^{2}为 CoMo170 型α、β表面污染仪(JAYQ-33)的探测下限，当放射性表面污染低于仪器（JAYQ-33）最低探测水平 0.36 Bq/cm^{2}时，记为“＜MDL”。

表 8-4　拟建辐射工作场所区域周围环境中子周围剂量当量率监测结果

监测点号	监测点位	监测结果（Bq/cm²）	备注
1	拟建放疗科所在地	＜MDL	室外
2	拟建放疗科东侧（空地）	＜MDL	室外
3	拟建放疗科东侧 50m（凤凰南大街）	＜MDL	室外
4	拟建放疗科南侧（医技住院楼）	＜MDL	室内
5	拟建放疗科南侧 50m（空地）	＜MDL	室外
6	拟建放疗科西侧 50m（过道）	＜MDL	室外
7	拟建放疗科北侧（拟建核医学科）	＜MDL	室外
8	拟建放疗科北侧 50m（空地）	＜MDL	室外

注：中子周围剂量当量率仪探测下限 0.1μSv/h，当监测结果低于仪器最低探测水平 0.1μSv/h 时，记为“＜MDL”。

8.4 环境现状调查结果的评价

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

根据表 8-2，本项目拟建辐射工作场所区域周围环境γ辐射空气吸收剂量率范围为 44～66nGy/h，h，低于四川卫生环境厅《2023 年四川省生态环境状况公告》中的成都市环境γ辐射剂量率年均值范围（70~100nGy/h），属于当地正常天然本底辐射水平。

根据表 8-3，本项目拟建辐射工作场所区域周围环境β表面污染水平均低于设备探测下限，属于当地正常水平。

根据表 8-4，本项目拟建辐射工作场所区域周围环中子周围剂量当量率水平均低于设备探测下限，属于当地正常水平。

辐射环境现状监测报告**见附件 7**。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目主体工程土建施工环境影响已包含在批复的《成都市第五人民医院光华院区项目环境影响报告书》中进行了分析评价，本次评价不涉及。本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。各机房建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，禁止使用残砖，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，注射给药窗和观察窗等与墙体至少重叠 5cm，且采用硫酸钡涂料灌缝，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。

本项目装修施工期较短，施工量较小，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，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

本项目所有设备的安装、调试，均由设备厂家专业人员进行，建设方和医院方不得自行搬迁、安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、γ 射线、臭氧和少量包装废弃物。医院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设备区域，防止辐射事故发生。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 放疗科项目

9.2.1.1 直线加速器项目

（1）设备组成

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，主要由三大部分组成，既电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电 离室、光阑、附件接口、限光筒等。

医用直线加速器内部结构框图见图 9-1，直线加速器有电子束和 X 射线两种治疗模式，X 射线治疗和电子治疗子系统结构见图 9-2，典型医用直线加速器外观结构见图 9-3，实景图见图 9-4。

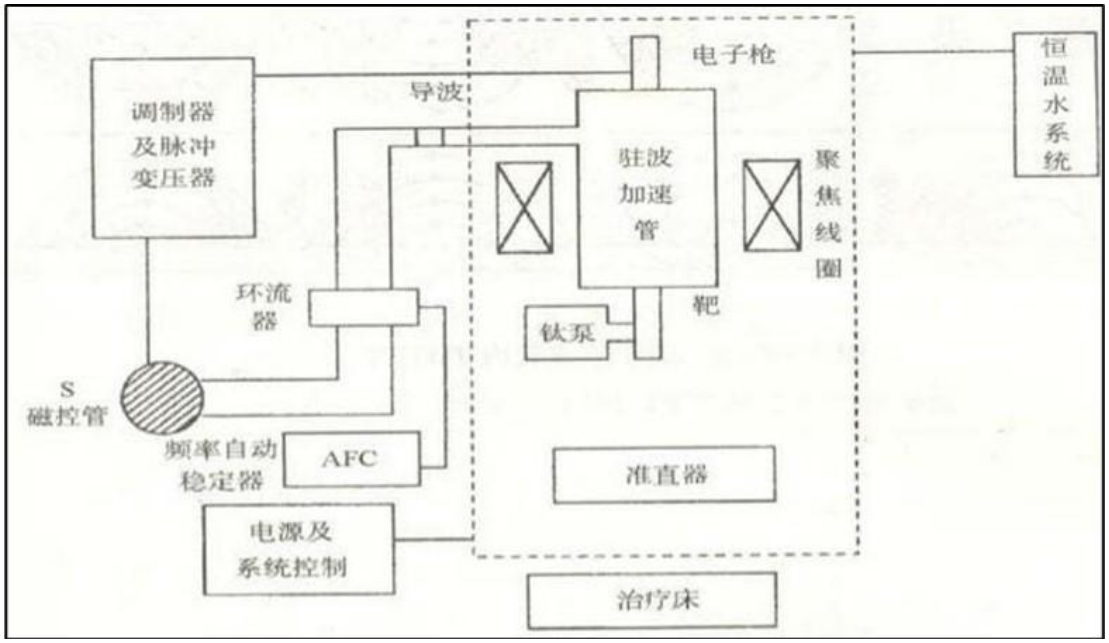


图 9-1 医用电子直线加速器内部结构图

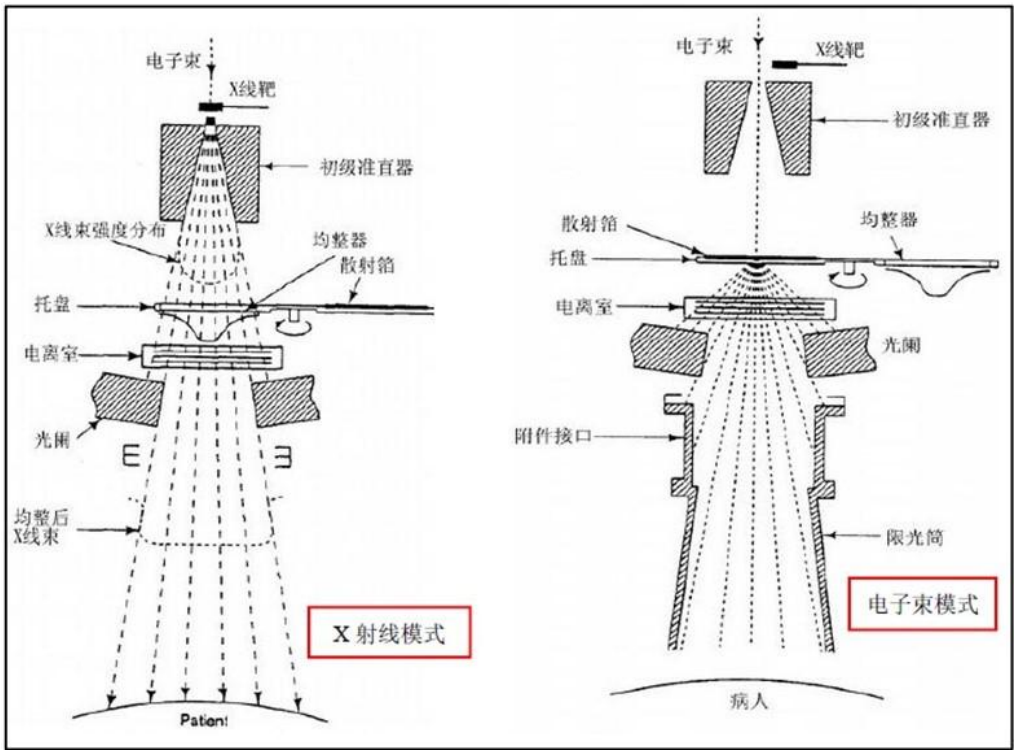


图 9-2 X 射线治疗与电子治疗系统结构图

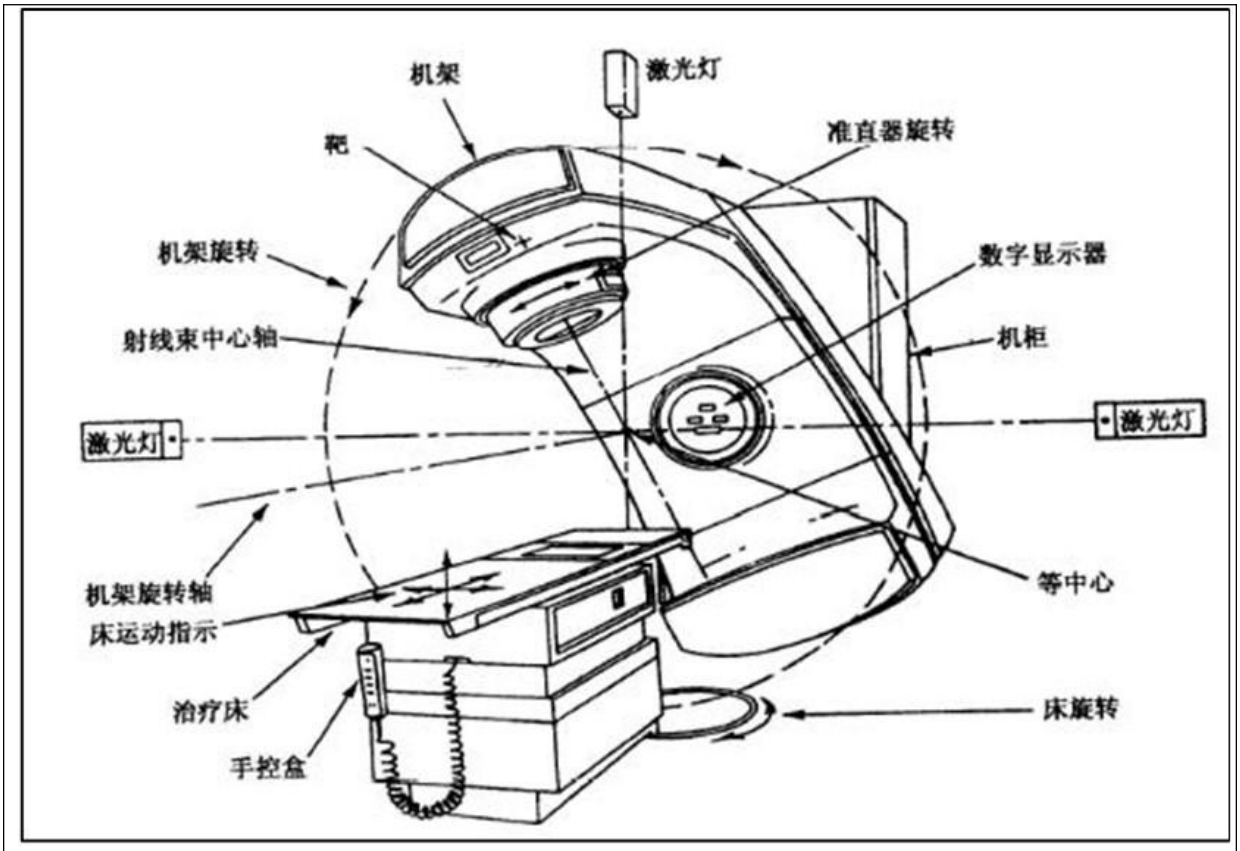


图 9-3 典型医用直线加速器外观结构图



图 9-4 典型医用直线加速器实景图

（2）工作原理

医用直线加速器主要是根据被加速的电子轰击高原子序数的金属靶而产生高能 X 射线的原理，利用加速器产生的不同能量的电子束和 X 射线，根据人体正常组织和肿瘤组织对射线照射的反应不同，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，属 II 类射线装置。

电子线束治疗工作原理：电子发射源发射的电子，进入真空加速管被加速，然后经磁偏转装置，使电子束转向，一般转 90°或 270°，再经过一个电子扩散箔，使电子均匀射出，形成电子线束。通过散射箔扩大射束的直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后通过输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

X 线束治疗工作原理：对 X 射线而言，除电子那部分构造外，还有一个金属靶和 X 射线准直装置，经过磁偏转转向的高速电子束，射向高原子序数的金属靶，当电子同金属靶的原子核相撞时，速度减慢并损失部分能量，电子损失的能量转换为 X 射线，X 射线经过一个平板滤片，二次准直射出达到患者病灶进行治疗。

本项目加速器还配备有 CBCT（Conebeam CT），即锥形束 CT，其工作原理是根据人体不同组织对 X 射线的吸收与透过率的不同，应用灵敏度极高的仪器对人体进行检测，然后检测所获取的数据输入电子计算机，电子计算机对数据进行处理后，就可摄下人体被检查部位的断面或立体的图像，发现体内任何部位的细小变化。CBCT 可在医用电子直线加速器治疗前以治疗体位同步进行 CT 扫描，进行实时在线配准，在治疗前纠正摆位、器官运动、肿瘤体积变化等带来的误差，实现精准放疗，在确保疗效的基础上，可大幅减轻放疗副作用，最大限度避免放疗损伤。

（3）工作负荷

正式投入使用后，预计本项目每台加速器治疗 30 人次/天，均保守考虑为适行调强放射治疗，每周 5 天，每年工作约 250 天，平均每人治疗 7 野次，每人次平均治疗剂量为 2Gy，则加速器每周工作负荷为 300Gy，每人次出束治疗时间最多为 2min（不含摆位时间），则加速器有用线束日出束时间 1h，周出束时间 5h，年总出束时间约为 250h，其中 X 射线束与电子束治疗出束时间的比例约为 20:1。

（4）工作流程及产污环节

直线加速器在进行放射治疗时，患者在射线机房内，医务操作人员位于射线机房外

隔室操作。治疗时，射线机房可为医务人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入射线机房。

本项目直线加速器涉及电子线浅表治疗模式和 X 射线治疗模式，在出束期间会产生电子束、X 射线。此外，X 射线与空气中的氧气相互作用会产生少量臭氧、氮氧化物等有害气体；另有更换的废靶件产生。

直线加速器治疗项目的操作流程如下，其工作流程及产污环节见图 9-5：

1）根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；

2）预约病人先在 CT 模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状，确定治疗中心，工作人员隔室操作；

3）确定肿瘤位置和形状后，物理人员根据医师给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划，该过程通常在电脑上完成；

4）医护人员和患者进入直线加速器机房，医护人员进行指导摆位，随后医务人员撤出直线加速器机房，确认机房内除了受诊患者无其他人员。

5）启动加速器，锥形束计算机断层扫描系统（CBCT）进行图像引导系统拍摄放疗体位下的照射部位数字影像，与放疗计划系统进行对比，并校正放疗体位，出束治疗。

6）治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导协助患者离开。

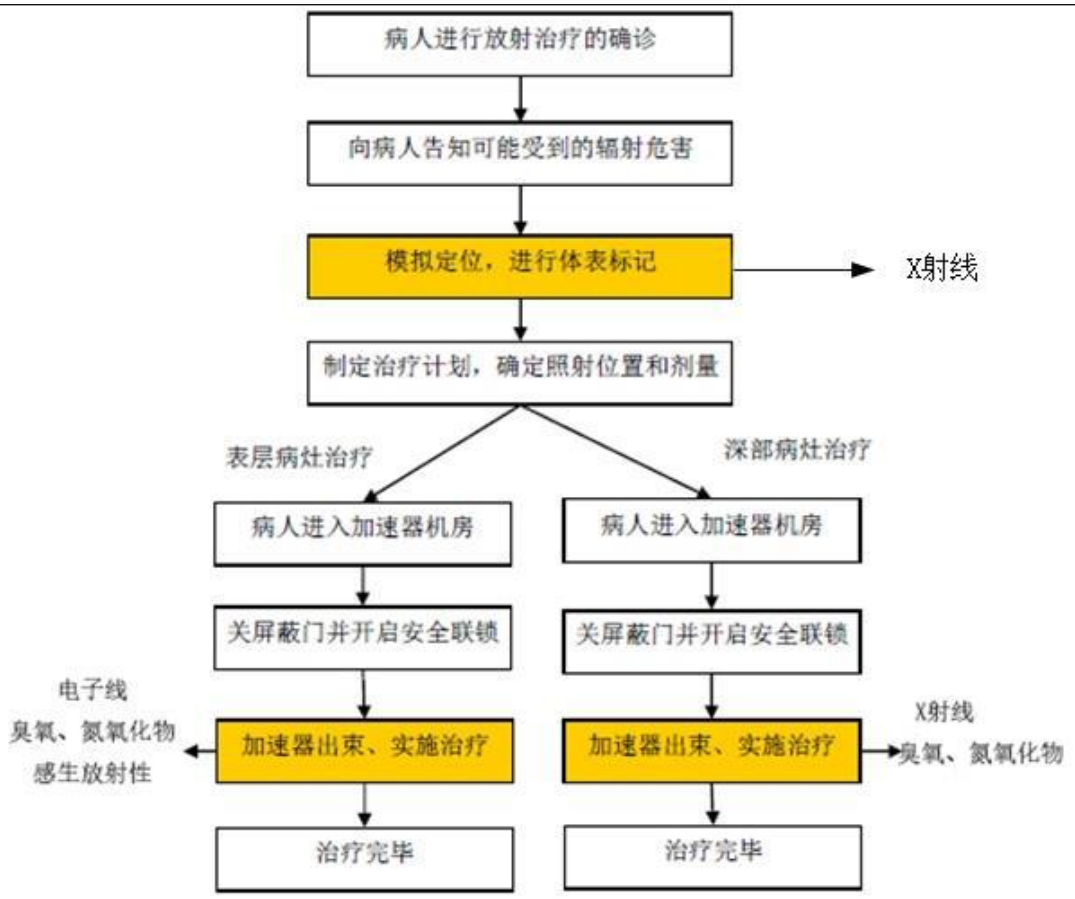


图 9-5 医用直线加速器放疗流程及产污环节示意图

9.2.1.2 放疗科放射治疗机房人流物流路径规划

（1）人流

1）患者路径

患者从放疗科西南侧电梯或楼梯间进入地下二层放疗科，在等候室内候诊，根据叫号进入对应的加速器机房进行治疗，治疗结束后原路返回。

2）医护人员路径

医护人员从放疗科西北侧专用医疗电梯或楼梯间进入放疗科办公区域，之后经医护人员通道向东进入加速器机房的控制室，完成工作后原路返回。

（2）物流

本项目三间加速器机房运营后产生医疗废物及辐射工作人员和患者的少量生活垃圾，在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，医疗废物通过放疗科南侧的污梯运至医院的医疗废物暂存间内，定期委托有资质单位外运处置，生活垃圾运至医院的垃圾收集点，交由环卫部门进行统一清运。

本项目放疗科放射治疗机房人流物流路径规划详见图 10-1。

9.2.2 核医学科项目

9.2.2.1 回旋加速器核素制备项目

（1）工作原理

回旋加速器通过电流和磁场使带电粒子得到加速轰击靶核后引起的核反应生产放射性核素。在回旋加速器中心部位的离子源（Ion Source）经高压电弧放电而使气体电离发射出粒子束流，该粒子束流在称为 Dees 的半圆形电极盒（简称 D 型盒）中运动。D 型盒与高频振荡电源相联为加速粒子提供交变的电场。在磁场和电场的作用下被加速的粒子在近似于螺旋的轨道中运动飞行。带电粒子经多次加速后，圆周轨道直径达到最大而接近 Dees 的边缘并具有最大的能量，在该点粒子经过束流提取系统的剥离碳膜。被加速的负粒子在通过碳膜期间被脱去二个电子，变成带正电的阳离子，此时，在磁场中粒子的运行轨道是逆时针方向偏转，直接将具有最大能量的带电粒子从真空室引出，通过调整提取膜的位置使引出的束流引导进入所确定的同位素生产靶系统，以一定的初始速度轰击靶体内填充的物质引发核反应。根据靶物质的不同，该系统在离子加速打靶后可完成临床上所需要的 ^{18}F、^{11}C 等放射性同位素。其中 ^{18}F 是目前临床使用标记示踪剂最多的正电子放射性核素。

回旋加速器工作原理见图 9-6。

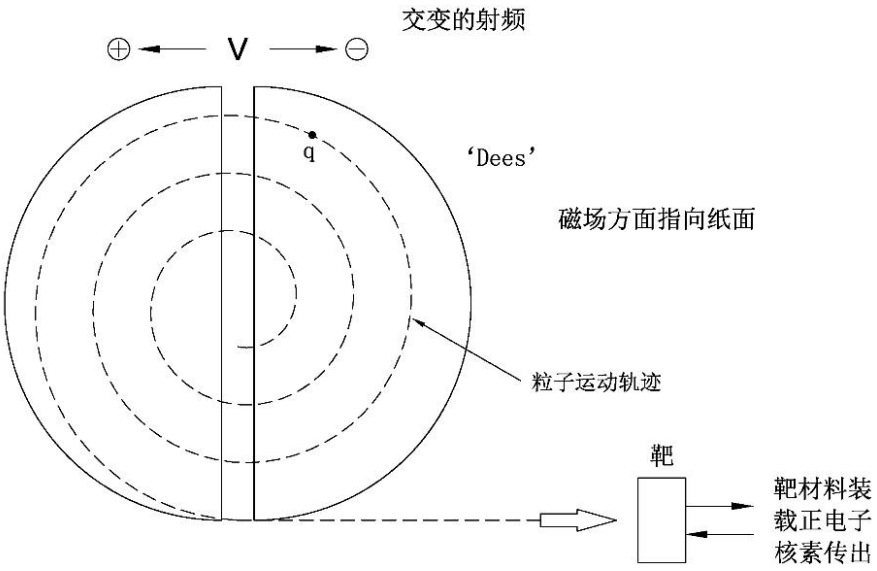


图9-6 回旋加速器工作原理示意图

（2）设备组成

1）回旋加速器设备

回旋加速器一般由磁场系统、射频系统、真空系统、离子源系统、束流提取系统、诊断系统、靶系统和冷却系统等组成，各系统的主要作用如下：

磁场系统：由上下磁轭、线路极片、磁场线圈、磁场电源等组成，其作用就是提供偏转力使束流维持在上下磁极之间中心平面的准环形轨迹上。磁场线圈使束流在上下磁极之间加速。磁场非匀场，而是采用深谷设计，对束流粒子在加速的中心层面提供了强聚焦力，引导粒子返回中心层面，产生高的束流引出效率。

射频系统：包括监测与控制元件、频率合成器、中级放大器、RF 电源振幅器、共轴透射线、耦合网络和 D 型盒结构等，其作用就是对 D 型盒提供一交替的高电压电势，并将能量转至 H-离子。随着束流加速得到能量，其轨道半径逐渐增加，这种轨迹被称为准螺旋形。当束流到达提取半径时，其能量也将达到预定能量。正常工作时，射频频率自动受 RF 控制元件调整以维持 D 型盒结构的共振。

真空系统：包括真空室、排气泵、仪表和控制元件等。真空仪表和控制元件用于监测并显示真空室的压力以及在系统出现故障时对仪器起到保护作用。真空室需要连续不断地抽气以排除来源于离子源及真空室内表面的气体。

离子源系统：包括离子源、ARC 源、偏向电源与氢气流量控制器等。离子源产生 H^-离子，在正常操作中不需要进行调试或干预性操作。离子源存在电势差，用于电离氢气形成等离子浓聚体。进入离子源的氢气流量由电子质流控制器调控以与变化的离子源和加速器运行条件相匹配。等离子体的电源（或 ARC）由电流调节的开关型电源提供，在正常运行时，控制系统调节离子源的 ARC 电流以维持期望的靶电流。

束流提取系统：包括一个或者两个束流提取器。其作用就是当 H-通过碳提取膜时，剥离其与氢核结合松散的两个电子，从而使束流由负电性变成正电性。

靶系统：是完成特定核反应而产生正电子核素的装置，一般包括靶体、准直器、靶膜、管路阀门等。靶材料包括液态、气态和固态靶三种类型。气态靶（制备 ^{11}C）是由气瓶间通过管道自动输送到加速器，更换气体罐的操作是在气瓶间完成。固体靶（制备 ^{64}Cu、^{89}Zr、^{124}I）是装在靶面板上，可重复使用。对于液态靶（制备 ^{18}F、^{15}O、^{13}N），需要工作人员定期进入加速器机房添加靶水。

冷却系统：从不同系统中将热量带出，带出的热量在二级冷却系统中进行热交换，并将热量传送到初级冷却系统。

2）化学合成系统

该系统包括合成分装模块以及相应的仪器设备，用于合成和分装核素的药物。回旋加速器打靶产生的放射性核素由屏蔽输送管道直接输送到合成热室内的合成分装模块

中，由自动合成装置进行药物合成。化学合成系统是在计算机控制下自动化地完成药物的合成。

（3）工作负荷

回旋加速器药物制备项目，每年工作 250 天，每周工作 5 天。根据 PET 诊断项目及动物实验的临床使用需求，生产 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr。其中 ^{18}F 为主要使用核素，每个工作日都进行核素生产，各核素最大日产量及其相关技术参数见表 9-1。

表 9-1 拟制备放射性核素的相关信息

序号	核素种类	主要射线和能量（MeV）	半衰期	物化状态	毒性分组	日产额（Bq）
1	^{18}F	γ/0.511	109.77min	液态	低毒	1.48E+10
2	^{11}C	γ/0.511	20.39min	液态	低毒	1.85E+09
3	^{13}N	γ/0.511	9.97min	液态	低毒	1.85E+09
4	^{68}Ga	γ/0.511	68.3min	液态	低毒	3.7E+08
5	^{64}Cu	γ/0.511	12.7h	液态	低毒	3.7E+08
6	^{89}Zr	γ/0.511	78.4h	液态	中毒	3.7E+08

（4）工作流程及产污环节

回旋加速器可制备临床上所需要的 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 等放射性同位素。其中 ^{18}F 是目前临床使用标记示踪剂最多的正电子放射性核素。以生产 ^{18}F-FDG 为例进行工作流程介绍。回旋加速器工作原理见图 9-6，产污环节见图 9-7。

1）药物制备

医院提前一天根据患者预定的药物数量和动物实验室的计划用药量，向回旋加速器室预定安排第二天的放射性药物生产量。回旋加速器运行期间，工作人员不进入加速器室内，仅在加速器控制室内操作。回旋加速器在每次正式制备放射性同位素前均进行预处理。用 ^{16}O-H_20 先清洗靶并用纯氦吹干药物传递管道，然后注入靶物质，以一定的束流轰击一定时间（视所需制备量而定）后，将制备的核素通过专用防护管道系统，在氦气推动下输送至合成热室的药物合成器内。其中 ^{18}F 制备核反应如下，生产采用液体靶。

$$P + {}^{18}O \rightarrow n + {}^{18}F$$

生产前对回旋加速器进行调试，根据需要生产的放射性核素种类设置相应参数。回旋加速器运行期间，工作人员不进入回旋加速器室内，仅在控制室操作。核素生产时间为平均为 2.5h/次。

产污环节：回旋加速器在生产核素的同时伴随产生大量中子，成为瞬时辐射源，由于高能带电粒子直接轰击加速器有关部件导致有关原件被活化从而产生中子活化产物，中子在慢化吸收过程中产生高能射线和放射性废物，另外回旋加速器长期运行会产生废靶。加速器室内的空气受中子照射后生成放射性活化气体，主要有 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 和 ^{41}Ar

等感生放射性物质，以及回旋加速器在开机时会产生少量的非放射性有害气体，主要是臭氧和氮氧化物。

2）药物合成、分装

回旋加速器机房的核素离子生产完成后，通过氦气吹扫，通过专门的防护管道系统传输到合成热室内的相应模块箱中。

核素在洁净合成模块中合成过程中，无需人员干预，核素药品在洁净合成模块的合成均采用计算机程序自动控制。

核素药品在洁净合成模块合成完成后，进入同一模块箱的药物分装模块。药物分装过程也采用计算机全自动控制，无需人工干预，药物在自动分装模块中将根据预先设计的程序，经高效除菌过滤膜过滤被收集在安瓿瓶中。自动掉入专用的铅防护罐中，罐子的盖子为卡扣盖子，不易松动。合成过程均采用计算机程序全自动控制，无需人工干预。

产污环节：药物合成、分装过程中核素衰变发出β^+射线以及因发生正电子湮灭而产生的γ射线；合成分装模块内药物的挥发产生含放射性核素的废气。

3）药物质控

药物生产完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有少量质检用药物的铅罐取出，经传递窗送至外包间和相应放化实验室，质控室和放化实验室内均设置有通风橱，工作人员在通风橱内将待检药物注射器吸取微量抽检样品，检验药物的 pH 值和形状，经检验满足《药品管理法》和《放射性药品管理办法》等相关法律法规要求后，方开展后续工作。

药物生产完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有少量质检用药物的铅罐取出，经缓冲间送至质控室和相应放化实验室，质控室和放化实验室内均设置有通风橱，工作人员在通风橱内将待检药物注射器吸取微量抽检样品，检验药物的 pH 值和形状，经检验满足《药品管理法》和《放射性药品管理办法》等相关法律法规要求后，移送至外包间，并向外运送至工作场所开展后续工作。

产污环节：药物质控过程中核素衰变发出β+射线以及因发生正电子湮灭而产生的γ射线；操作过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染；发生药品泄露后医务人员去污、应急洗消、场所清洗时可能产生少量放射性废水；通风橱药物的挥发产生含放射性核素的废气；作业产生废棉签、口罩、手套等放射性固废。

4）运输

PET 药物制备完成后，工作人员进入合成热室将合成分装模块内装有药物的铅罐取出，利用传递窗传递至打包间，随后使用长柄转运小推车进行药物转运，送至同层的 1 号储源室。

5）工艺流程汇总

以上整个过程（打靶、合成、分装）为计算机全自动控制，工作人员不参与操作，只是监控整个过程的执行情况；质控环节由工作人员在通风橱内操作。

回旋加速器生产场所流程及污染物产生环节见图 9-7 所示。

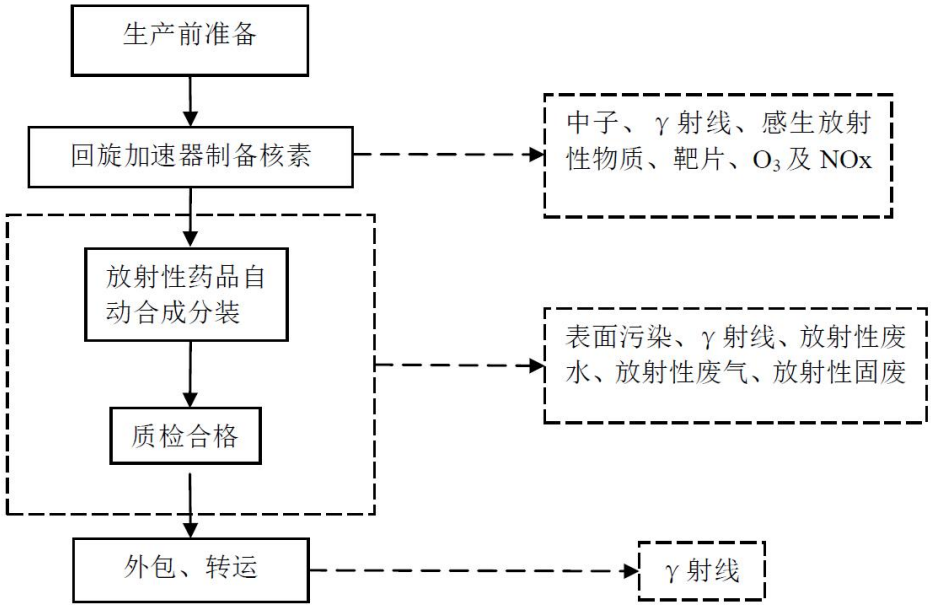


图9-7 回旋加速器制药场所流程及产污环节图

因此，回旋加速器项目污染因子主要是：γ射线、中子、活化气体、β表面污染、放射性废水、放射性废气以及放射性固废、O_3 和 NO_X。

9.2.2.2 动物影像实验项目

（1）设备组成及工作原理

PET 正电子发射断层扫描（Positron Emission Tomography，PET）的工作原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。

PET/CT 是将 PET 和 X 射线计算机断层扫描（Computer Tomography，CT）组合而

成的多模式成像系统，是目前全球最高端的医学影像设备，同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体，使两种成像技术优势互补，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，CT 提供精细的解剖和病理信息，通过融合技术，一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变。

SPECT（Single Photon Emission Computed Tomography，单光子发射型计算机体层显像），是一种利用放射性核素的检查方法。SPECT/CT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪（Single-Photo Emission Computed Tomography）。其使用放射性核素进行诊断的基本原理是：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出γ射线，穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对γ射线进行准直，通过闪烁体将γ射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

（2）工作负荷

预计每年实验 50 周，^{18}F、^{99m}Tc 核素小动物最大注射药量为 200 μCi /只，^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 核素小动物最大注射药量为 100 μCi /只，单一核素每周最大实验 10 只动物（每只 1 次）。

（3）工作流程及产污环节

本项目实验操作流程如下：

1）放射性核素制备完成后，所有核素的分装、活度测定均在注射室的通风橱中进行，此时，操作人员穿着铅衣，距离放射源约 30~60cm。分装好后的放射性药物装入铅罐或注射器防护盒保护待用。

2）将小动物固定在装置内，采用 1.5％异氟烷/氧气将其麻醉后，通过静脉注射放射性药物。

3）分别于给药后不同时间（根据研究目的不同时间差异较大，通常为给药后 2、30、60、120min 等）显像。将小动物在麻醉状态下置于动物 PET/CT 的动物舱内，摆位合适后，PET 显像，非显像时间段将小动物饲养在注射后饲养间内。

4）图像采集结束后将动物从小动物 PET 机房转移至注射后饲养间，继续饲养并衰变。

5）根据实验方案不同，必要时，会对衰变至解控水平后的小动物实施安乐死（CO_2 吸入法）后解剖，该实验步骤于南侧解剖室进行，解剖后的动物尸体属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中“HW01 危险废物卫生 841-003-01 病理性废物”，装入专用尸体袋中存放于污物暂存间的冷冻柜中贮存，依托动物实验室危险废物暂存、管理系统，严格执行危险废物执行转移联单制度，由有资质单位进行无害化处理。

实验操作流程见图 9-8。

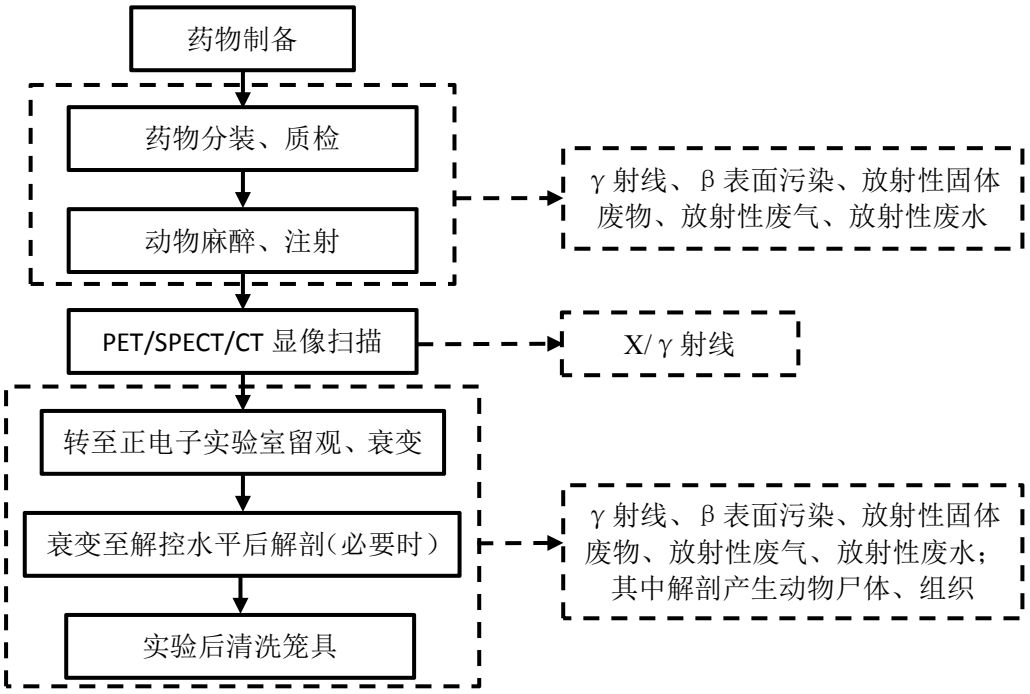


图9-8 动物实验流程及产污流程图

在 PET/CT 核素显像检查过程中，主要环境影响为分装取药、注射对工作人员产生的外照射；分装取药、注射等过程对工作台面、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棉签、手套、口罩、污染擦拭或清洗物、废活性炭等固体废物；操作过程产生的放射性废水，如洗涤废水、使用放射性药物受检动物的排泄物；动物在衰变时意外死亡会产生放射性动物尸体，衰变至解控水平后必要时进行解剖会产生动物尸体、组织及放射性固废

和放射性废水；一批次实验结束后需清洗饲养笼会产生清洗废水及固废。

9.2.2.3 核素诊断项目

9.2.2.3.1 PET 诊断项目

（1）设备组成及工作原理

PET 正电子发射断层扫描（Positron Emission Tomography，PET）的工作原理是通过正电子核素或其标记的示踪剂，示踪人体内特定生物物质的生物活动，采用多层、环形排列于发射体周围的探头，由体外探测正电子示踪剂湮灭辐射所产生的光子，然后将获得的信息，通过计算机处理，以解剖影像的形式及其相应的生理参数，显示靶器官或病变组织的状况，藉此诊断疾病，又称为生化显像或功能因子显像，是目前唯一可以在活体分子水平完成生物学显示的影像技术。

PET/CT 是将 PET 和 X 线计算机断层扫描（Computer Tomography，CT）组合而成的多模式成像系统，是目前全球最高端的医学影像设备，同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体，使两种成像技术优势互补，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，CT 提供精细的解剖和病理信息，通过融合技术，一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变。

（2）工作负荷

PET 诊断项目正式开展后，使用 1 台 PET/CT 开展工作，每年工作 250 天，每周工作 5 天，每天工作 8h，共规划使用 6 种正电子放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr。PET/CT 开展 ^{18}F 核素每日最多诊断 20 人，单人次最大使用量为 $3.7\times10^{8}Bq$；^{11}C 和 ^{13}N 核素每日最多诊断 1 人，单人次最大使用量均为 $9.25\times10^{8}Bq$；^{68}Ga、^{64}Cu 和 ^{89}Zr 每日分别最多诊断 1 人，单人次最大使用量均为 $1.85\times10^{8}Bq$。

（3）工作流程及产污环节

PET 诊断用的正电子放射性核素均为医院自行生产药物。根据规划的诊断计划，上午下午各生产 1 次。

工作人员根据临床诊断所需用药量、病人预约情况确定诊断所需药物的使用量，提前生产药物。药物生产完毕后自动进入转运铅罐，由专人使用转运小推车，将药物运至同层的核医学科核素诊断治疗场所，定点运送到 1 号储源室内。

本项目使用的正电子药物均采用静脉注射的方式给药，由医务人员将药物连同转运罐转移至通风橱内分装后，在 PET 区域注射窗的屏蔽下为病人静脉注射。病人注射后

在 PET 注射后候诊室内静躺候诊（注射药物候诊时间约为 15min），待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入 PET/CT 机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（1/10 病人需医生进入机房进行现场摆位），摆位完成后离开机房进入控制室。医生隔室操作对患者进行 PET 扫描诊断，PET/CT 机房每次扫描流程耗时 20min。扫描完成后，进入观察室内留观 15 分钟，留观结束后由东北侧病人出口和专用电梯离开核医学科。PET 诊断项目工作流程与产污环节分析见图 9-9。

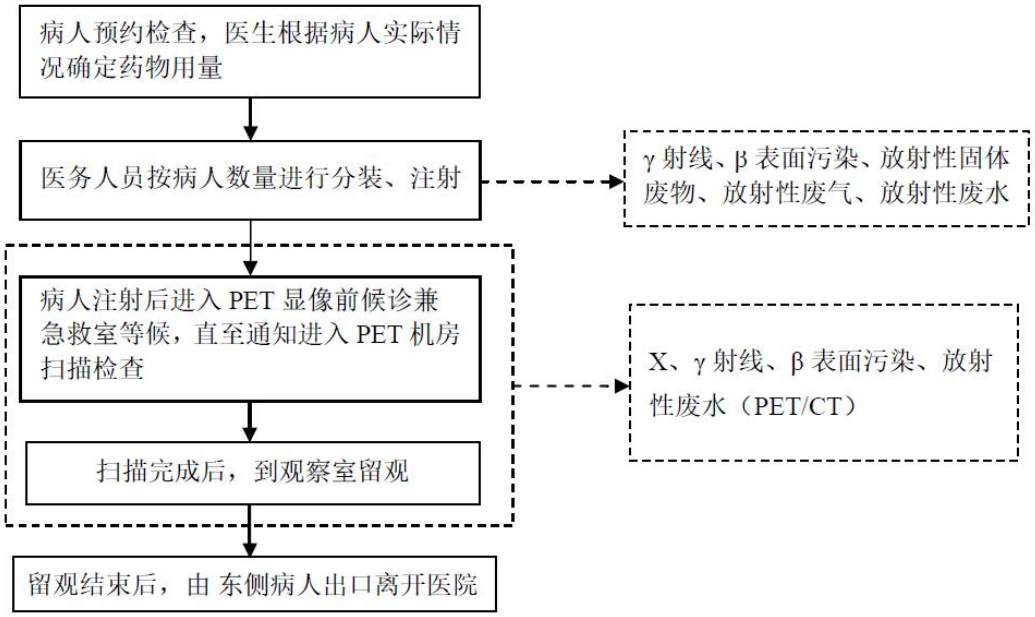


图9-9 PET诊断项目工作流程与产污流程图

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

9.2.2.3.2 SPECT 诊断项目

（1）设备组成及工作原理

SPECT（Single Photon Emission Computed Tomography，单光子发射型计算机体层显像），是一种利用放射性核素的检查方法。SPECT/CT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪（Single-Photo Emission Computed Tomography）。其使用放射性核素进行诊断的基本原理是：受检者注射含放射性核素的药物，放射性核素在特定的器官或组织发射出γ射线，穿过组织器官后到达 SPECT 探测器。SPECT 使用低能准直器对γ射线进行准直，通过闪烁体将γ射线能力转换为光信号，再通过光电倍增管将光信号转化为电信号并进行放大，得到的测量值代表在该投影线上的放射性大小，再利用计算机从投影求解断层图形。其主要的功能特点是：除了显示脏器形态结构外，更重要的是可观察到脏器

血流灌注、功能和代谢的变化。临床主要应用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。

（2）工作负荷

SPECT 诊断项目正式开展后，使用 1 台 SPECT/CT 开展工作，每年工作 250 天，每周工作 5 天，每天工作 8h，规划使用放射性核素 ^{99m}Tc。SPECT/CT 开展 ^{99m}Tc 核素每日最多诊断 30 人，单人次最大使用量为 9.25×10^{8}Bq。

（3）工作流程及产污环节

1）药物制备及外购

本项目计划使用放射性核素 ^{99m}Tc 进行 SPECT 诊断，其中放射性核 ^{99m}Tc 为外购并自主分装。工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物以单支成品药物送至核医学科核素诊断及敷贴治疗场所，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在 1 号储源室。

2）注射

使用放射性药物时，工作人员在通风橱内测量活度后直接在活性室注射窗的屏蔽下为病人注射。

3）扫描诊断

病人注射后在 SPECT 注射后候诊室内静躺候诊（注射药物候诊时间为 15min），待药物充分代谢后，通过语音呼叫，进入 SPECT/CT 机房。医生在控制室内进行语音提示摆位，必要时进入机房指导（1/10 病人需医生进入机房进行现场摆位），摆位完成后离开机房返回控制室。医生隔室操作对患者进行 SPECT 扫描诊断，SPECT/CT 机房每次扫描 15min。扫描完成后由西北侧病人出口离开核医学科。SPECT 诊断项目的工作流程与产污环节详见图 9-10。

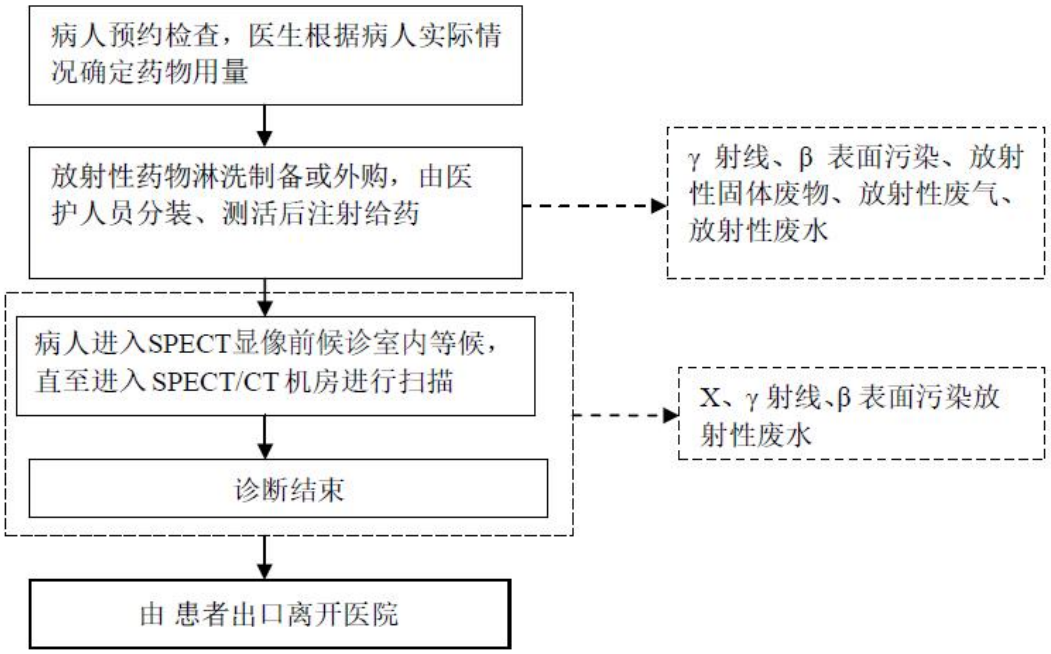


图9-10 SPECT诊断项目工作流程与产污流程图

9.2.2.4 ^{131}I 核素治疗项目（含甲吸检查项目）

9.2.2.4.1 甲亢治疗项目、甲吸检查项目

（1）工作原理

甲吸：甲状腺吸碘功能测定简称为甲吸。甲状腺具有选择性摄取和浓聚碘的功能，其摄碘的速度和数量以及碘在甲状腺的停留时间，均取决于甲状腺的功能状态。食物中的碘为 ^{127}I，而 ^{131}I 为其同位素，具有相同的理化性质，但 ^{131}I 具有放射性，在其衰变时发出 γ 射线。因此，给检查者口服一定量的 ^{131}I 后，即被甲状腺所摄取，在体外用特定的 γ 射线探测仪就可测得甲状腺对 ^{131}I 的吸收情况，从而判断甲状腺的功能状况。

甲亢：甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的能力，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多，可高达血浆的几百倍，且在甲状腺内停留的时间较长，有效半衰期可达 3.5～5.5 天。在患者服用 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。^{131}I 衰变为 ^{131}Xe 时放射出 95%的β射线，该射线能量低，在甲状腺内的平均射程仅有 0.5mm，一般不会造成甲状腺周围组织例如甲状旁腺、喉返神经等的辐射损伤。因此，^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到β射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩、直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

（2）工作负荷

甲亢治疗项目正式开展后，规划使用放射性核素 ^{131}I 进行治疗。每年工作 250 天，

每周工作 5 天，每天工作 8h，单日最大就诊人数为 5 人。甲亢治疗核素单人次最大使用量为 3.7×10^{8}Bq。

甲吸检查项目正式开展后，规划使用放射性核素 ^{131}I 进行检查。每年工作 250 天，每周工作 5 天，每天工作 8h，单日最大检查人数为 5 人。甲吸检查核素单人次最大使用量为 1.85×10^{5}Bq。

（3）工作流程及产污环节

1）外购药物

本项目计划使用放射性核 ^{131}I 进行甲亢治疗和甲吸检查，工作人员根据临床诊断所需药物的使用量、预约检查的人数，提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物以货包形式送达核医学科，安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在 2 号储源室。

2）指导服药/注射

开展甲亢治疗和甲吸检查时，工作人员在上班前将药罐放在配药间的碘自动分装仪内。接受甲亢治疗和甲吸检查的患者进入服药室，医护人员在东侧控制室通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，通过监控装置，语音指导患者服药。

3）服药后治疗/诊断

甲亢患者和甲吸受检者服药后即可由场所南侧楼梯上至一层地面，离开核医学科，其中甲吸受检者分别于服药后 2h、4h、6h、24h 至核医学科核素门诊治疗场所甲吸测定室进行甲状腺功能测定。

4）出院

根据《核医学放射防护要求》GBZ 120-2020 中要求：接受 ^{131}I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400 MBq 或距离患者体表 1 m 处的周围剂量当量率不大于 25 μSv/h 方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。

本项目甲亢患者从 ^{131}I 核素治疗场所西南侧病人出口离开核医学科。

甲亢治疗流程见图 9-11，甲吸检查流程见图 9-12。

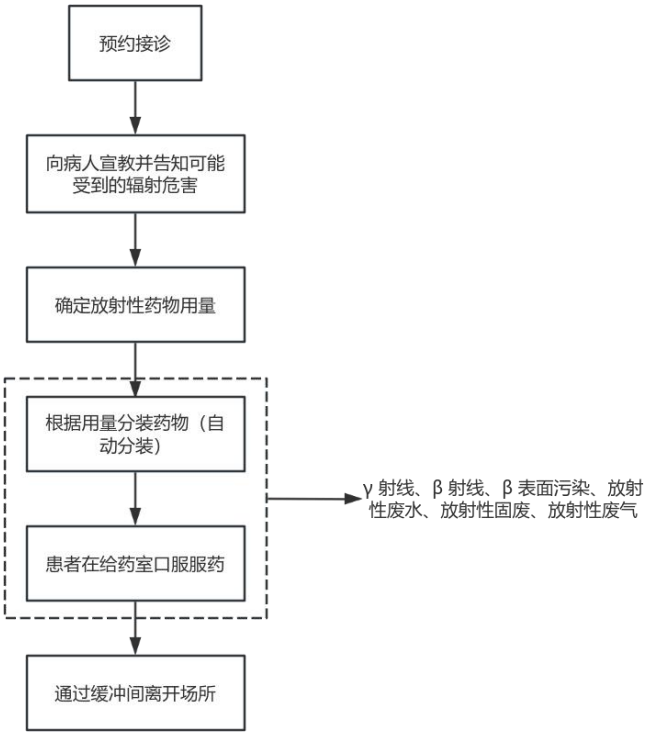


图 9-11　甲亢治疗项目工作流程及产污环节分析

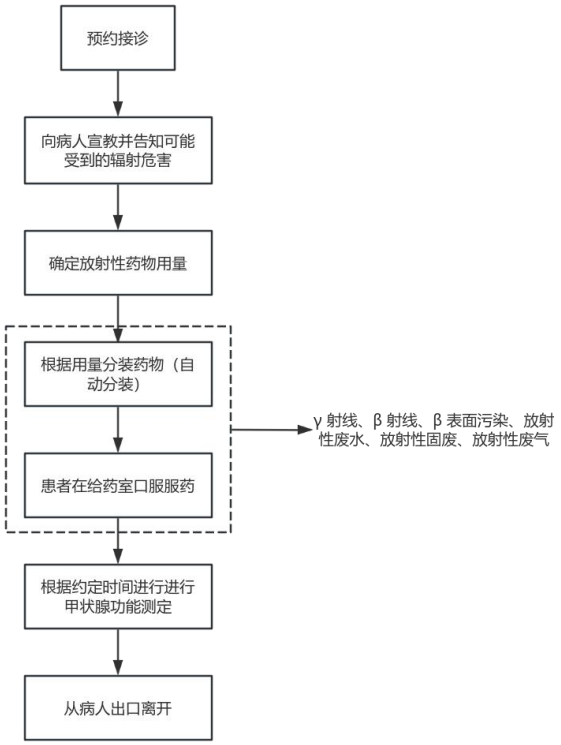


图 9-12　甲吸检查项目工作流程及产污环节分析

9.2.2.5 核素敷贴治疗项目

（1）工作原理

当患者患有血管瘤、痣、疤痕疙瘩、酒渣鼻、毛细血管扩张、神经性皮炎、局限性慢性湿疹、局限性皮肤瘙痒和某些皮肤癌等症时，通过 ^{32}P 或 ^{90}Sr 放射性同位素的敷贴照射，让敷贴充分接近病变皮肤，通过核素在衰变过程中释放的纯β射线，作用于增生组织细胞，可以降低细胞分裂速度，延长核分裂周期，闭塞毛细血管及止痒和镇痛等作用而达到诊疗目的。

（2）工作负荷

敷贴治疗项目敷贴治疗项目正式开展后，每年工作 250 天，每周工作 5 天，规划使用放射性核素 ^{32}P 和 ^{90}Sr。^{32}P 核素每日最多治疗 5 人，单人次最大使用量为 7.4×10^{7} Bq，^{90}Sr 敷贴治疗器为Ⅴ类密封性放射源，每日最多治疗 20 人。

（3）工作流程及产污环节

^{32}P：^{32}P 敷贴器需要在使用前进行制作，根据预约情况购买成品药物，由送药商按预约用量，在约定时间将放射性 ^{32}P 溶液送达。为便于统一管理和保障药物的安全存放，^{32}P 药物暂存于 1 号储源室，药物密封于专用屏蔽容器中，使用前在由专业人员连同屏蔽容器一起转移至敷贴制药室中进行简单制作，制作全程在手套箱内进行。制作方法如下：①采用优质滤纸按病变形状要求剪成规格大小及形状不同的纸片，作为 ^{32}P 溶液的支持物，滤纸上画有格子；②用生理盐水分别将不同大小与形状的滤纸做一次吸水试验以确定滴加 ^{32}P 溶液的毫升数；③用手控移液管吸取预先计算好的混有色剂的 ^{32}P 溶液，按每张滤纸的吸水量分格滴加 ^{32}P 溶液，通过颜色的深浅来调整 ^{32}P 活度的分布均匀性；④调整色剂均匀分布后，对其进行烘干，用优质塑料薄膜与胶布套封，保证其密封性，在胶布上注明敷贴器的名称、制作日期、放射性活度等。

治疗前，医生先根据敷贴治疗的适应症和禁忌症，对具有正当理由的患者开据敷贴治疗申请单，并预约登记，医生根据病情制定治疗方案；治疗时，治疗人员将敷贴器摆放至治疗部位后，在不接触患者皮肤的面用 3mm 厚的橡皮泥覆盖屏蔽。放射工作人员在分装注射室制成 ^{32}P 敷贴器，送至敷贴治疗室为患者进行敷贴治疗，治疗结束后患者离开核医学科，使用后的敷贴器由医生回收放置在装有塑料袋的放射性废物桶中进行衰变处理。^{32}P 敷贴治疗的工艺流程及污染因子图如图 2.23 所示

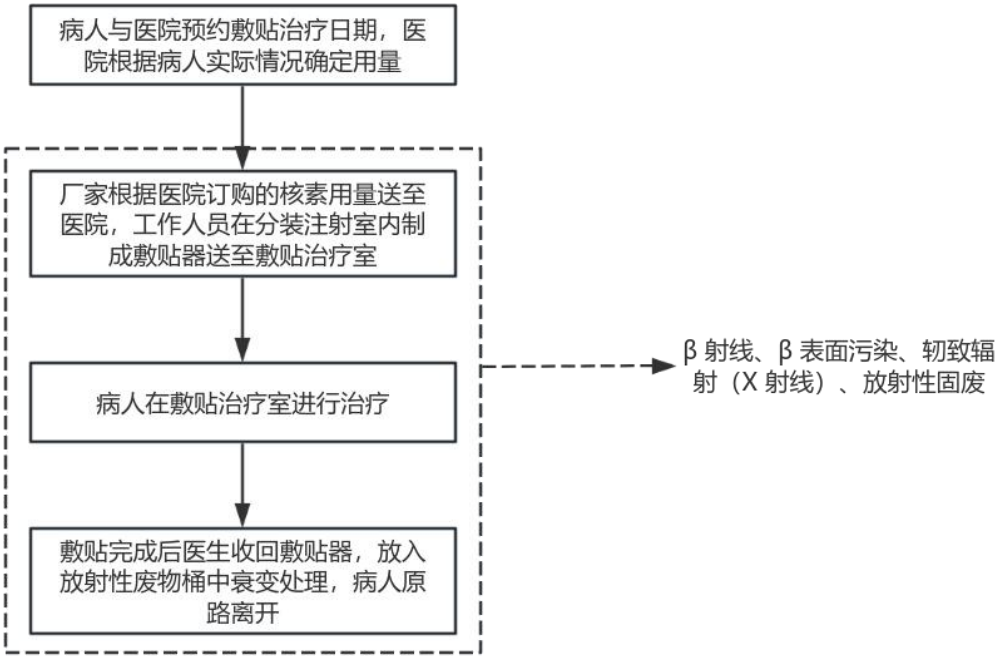


图 9-13　^{32}P 敷贴治疗工作流程及产污环节分析

9.2.2.6 ^{89}Sr 核素治疗项目

（1）工作原理

^{89}Sr 核素是一种亲骨性放射性核素，进入人体内后同钙一样参加骨矿物质的代谢过程，静脉给药后，恶心肿瘤骨转移病灶内的摄取率大于正常骨组织的 2~25 倍，并滞留在癌灶中，发生平均能量为 1.463MeV 的 β 射线，半衰期为 50.53d，杀伤癌细胞，缩小病灶，起到良好的镇痛作用。

（2）工作负荷

^{89}Sr 核素治疗项目正式开展后，每年工作 250 天，每周工作 5 天，规划使用的 ^{89}Sr 核素为外购单支成品药物。^{89}Sr 核素每日最多治疗 1 人，单人次最大使用量为 1.48×10^{8} Bq。

（3）工作流程及产污环节

根据医院提供的资料，患者需提前预约治疗。所使用的核素为外购单支成品药物，用于治疗的药物由工作人员在核素治疗区域手套箱内测量活度后直接在注射窗的屏蔽下为病人注射，每份用于治疗的放射性液体由供药商事先分装，预约病人后按约定用量和时间发货，治疗时不需再分装。患者进行注射治疗后，如无异常情况，可从病人出口离开医院。^{89}Sr 核素治疗项目的工艺流程及污染因子图如图 9-14 所示。

因此，^{89}Sr 核素治疗项目污染因子是：β 射线、韧致辐射（X 射线）、β 表面污染、放射性固废。

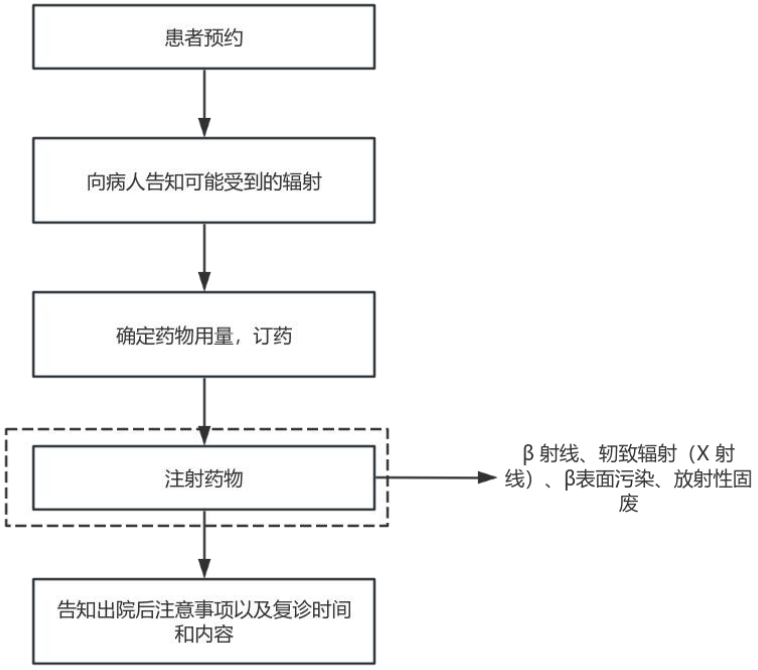


图 9-14　^{89}Sr 核素治疗工作流程及产污环节分析

9.2.2.7 核医学科人流物流路径规划

（1）送药路线

生产的放射性药物运输路线：药物定时运送，用于 PET 诊断的放射性药物，由专门的药物配送人员送至同层核医学核素诊断及敷贴治疗场所的 1 号储源室；用于小动物实验的放射性药物，由地下二层的专用电梯提升至地下一层，在运输至动物实验场所的储源室内。回旋加速器制药后的送药路线见图附图 5-3。医院使用的放射性药物除回旋加速器生产的正电子药物外，其余诊断治疗项目使用放射性核素为均外购成品药物。工作人员每天早上上班前避开候诊病人，提前到达核医学科，在摄像头监控下核对放射性药物信息量，与供药公司办理交接手续并存档，将药物暂存在储源室内。送药时段通常为上班前（确保无诊疗患者），送药路径见附图 5-3。

核素诊断及敷贴治疗场所 SPECT 诊断项目放射性药物运输路线：供药公司人员开车到地下二层核医学科西侧停车位后，手推运输小车依次经注射前候诊区域和缓冲间，在传递窗处将药物送至 1 号储源室内，由核医学科工作人员接收。

核素门诊治疗场所放射性药物运输路线：供药公司人员开车到地下二层核医学科北

侧停车位后，手推运输小车将药物由废物暂存间送至 2 号储源室内。

动物实验场所放射性药物运输路线：供药公司人员开车到地下一层核医学动物实验场所东侧停车位后，手持药物转运铅罐将药物由传递窗送至接收室，由动物实验场所工作人员接收后转移至动物实验场所的储源室内。

（2）受检者/患者路线

PET 受检者行走路线：在核素诊断及敷贴治疗场所南侧的诊室经过咨询、问诊和放置留置针后后，在一次候诊区等候叫号。被叫号后由缓冲区进入受检者走廊，随后向东到达 PET 注射窗口接收注射，然后在 PET 注射后候诊室内候诊，再进入 PET/CT 机房进行检查，检查后受检者在受检者走廊北侧观察室内留观，经主管医生确认图像质量满意后，受检者由北侧出口到达专用电梯，上升至地面后离开。

SPECT 受检者行走路线：核素诊断及敷贴治疗场所南侧的诊室经过咨询、问诊和放置留置针后后，在一次候诊区等候叫号。被叫号后由缓冲区进入受检者走廊，随后向西到达 SPECT 注射窗口接收注射，然后在 SPECT 注射后候诊室内候诊，再进入 SPECT/CT 机房进行检查，检查后受检者在受检者走廊北侧观察室内留观，经主管医生确认图像质量满意后，受检者由西北侧出口离开。

甲亢患者行走路线：从核素门诊治疗场所西北侧进入等候室等待叫号，被叫号后进入 ^{131}I 给药室内服药，服用药物后进入南侧留观室，留观结束后由南侧出口离开，甲功能测定人员依据约定时间返回到甲吸测定室进行甲功能测定。

骨癌患者行走路线：从核素门诊治疗场所西北侧进入等候室等待叫号，被叫号后进入门诊注射室，注射后由北侧出口离开。

患者路线见附图 5-3 和附图 5-4。

（3）工作人员路线

1）动物实验场所

工作人员经专用电梯到达地下一层后，依次经过一更、二更，进入医护走道，之后分别进入小动物 PET 机房、注射室、核医学动物实验室等房间进行相关实验操作，操作结束后进入退更检测室，检测确认无污染后回到一更，离开场所。

2）核素制备场所

a）工作人员进入回旋加速器控制室及机房的路线：通过场所西北侧工作人员专用电梯到达地下二层核素制备场所经工作人员专用通道到达控制室内，如需要手动更换靶

材料，则需经设备间进入加速器内进行更换；

b）工作人员进入热室路线：通过工作人员专用楼梯到达地下二层核素制备场所西南侧，经过一更、二更、缓冲间后进入洁净走廊，向东到达热室，通过控制热室合成柜生产正电子药物。然后抽取少量药物通过洁净走廊和传递窗送至质控室和放化实验室进行质控操作，然后采用防护罐把分装好的正电子药物通过核素通道运送到地下二层 1 号储源室或通过专用电梯运送到地下一层的动物试验区域储源室；

c）工作人员离开热室路线：经洁净走廊进入缓冲间，随后进入退更检测室使用表面污染仪进行表面污染检测，检测通过后进入一更，随后离开场所。

3）核素诊断及敷贴治疗场所

a）护士、化学师行进路线：由医护人员专用楼梯到达地下二层，然后沿医护走廊向南，经更衣、卫生通过间后分别进入 1 号分装室、2 号分装室、1 号储源室进行操作，操作结束后原路返回。

b）医师、技师进出路线：由医护人员专用楼梯到达地下二层，然后沿医护走廊向南，分别进入 SPECT 控制室和 PET 控制室，操作结束后原路返回。

4）核素门诊治疗场所

工作人员由医护人员专用楼梯到达地下二层，然后沿医护走廊向北，到达更衣缓冲间后进入 3 号分装室、2 号储源室进行操作；甲功能测定进入甲吸测定室进行操作。

工作人员路线见附图 5-3 和附图 5-4。

9.2.3 介入放射学项目

（1）设备组成

数字减影血管造影装置（DSA）及中型 C 臂机是计算机与常规血管造影相结合的一种检查方法，是集电视技术、影像增强、数字电子学、计算机技术、图像处理技术等多种科技手段于一体的系统。DSA 及中型 C 臂机射线装置主要由 X 射线发生系统、C 型支架、接收器、图像显示器、导管床、操作台等系统组成。X 射线发生系统位于接收器正对方向；操作台集合控制系统和设备状态显示等功能，位于操作室内；机房内控制装置一般为脚闸控制，通过设备电缆引出、位于地面。其整体外观图如图 9-15 所示。

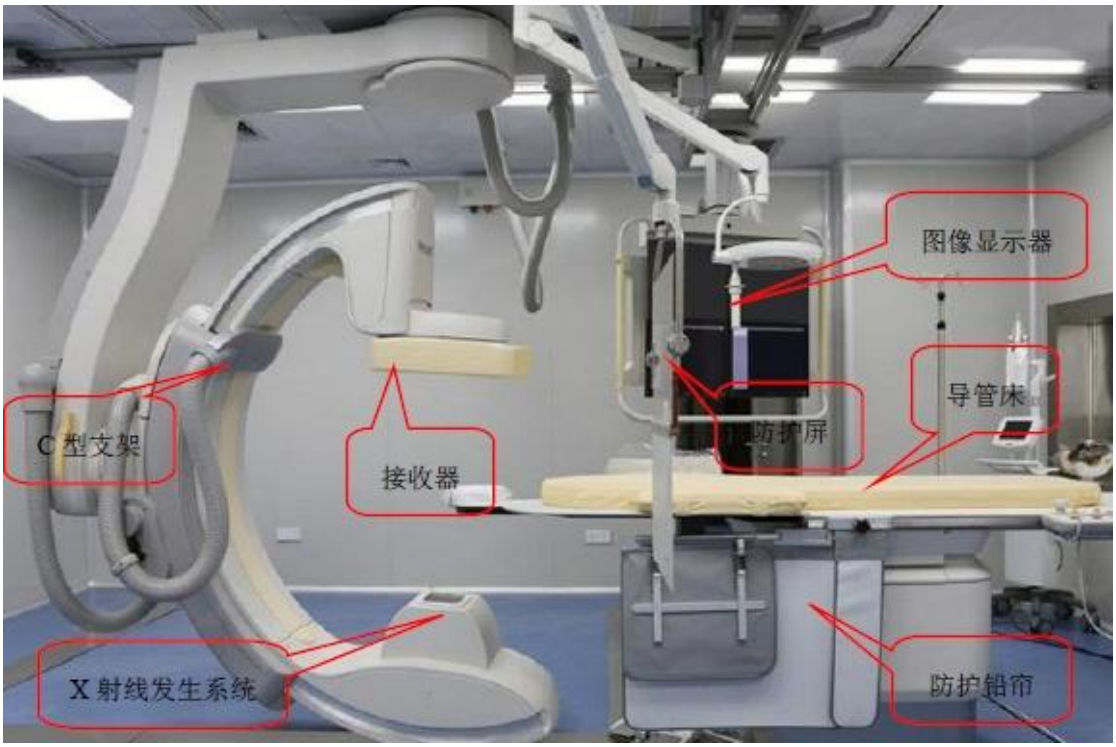


图 9-15 DSA 及中型 C 臂机射线装置整体外观示意图

（2）工作原理

X 射线诊断装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型 X 射线管结构详见图 9-16。

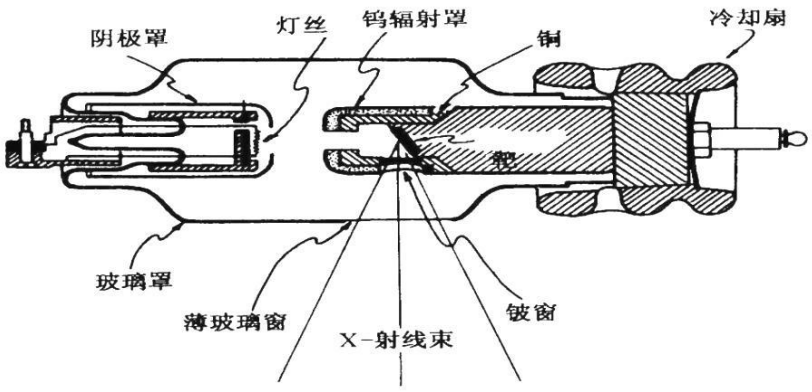


图 **9-16** 典型 **X** 射线管结构图

虽然不同用途的 X 射线机因诊疗目的不同有较大的差别，但其基本结构都是由产

生 X 射线的 X 射线管、供给 X 射线管灯丝电压及管电压的高压发生器、控制 X 射线的“量”和“质”及曝光时间的控制装置，以及为满足诊断需要而装配的各种机械装置和辅助装置组成。

DSA 及中型 C 臂机成像的基本原理是将受检部位注入造影剂之前和注入造影剂后的血管造影 X 射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别储存起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换为普通的模拟信号，获得去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。

（3）介入治疗

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约 1.5-2 毫米粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

心血管介入：

动脉导管未闭（PDF）是主动脉和肺动脉之间的一种先天性异常通道，多位于主动脉峡部和左肺动脉根部之间，约占先心病的 20%左右，采用封堵术进行治疗。术前准备：完善各项术前检查，如心电图、胸片、超声心动图及相关化验监测，必要时配血备用，准备好必要的抢救要求并签署知情同意书。诊断性心导管术：局麻或全麻下穿刺股静脉，静脉推注肝素 100U/kg，行右心导管监测。穿刺股动脉行降主动脉造影，通常选择左侧位，测量 PDA 直径，了解其形体和位置。计算肺循环血流量、肺循环阻力等，合并肺动脉高压者判断其病变程度及行政，必要时行急性血管反应试验及堵闭试验。封堵操作：Amplatzer 主动脉导管封堵器及国产类似形状封堵器：将所选封堵器安装于输送钢缆顶端，透视下沿输送鞘管将其送至降主动脉。待封堵器盘面完全张开后，将输送鞘管及输送钢缆一起回撤至 PDF 主动脉侧。然后固定输送钢丝，仅回撤输送鞘管至 PDA 肺动脉侧，使封堵器腰部固定于 PDA 内。5-10min 后重复主动脉弓降部造影。若证实封堵位置合适、形状满意，无或仅有微量残余分流，且听诊无心脏杂音时，可操纵旋转柄将封

堵器释放。

外周血管介入：

外周血管造影术是一种介入检查方法，即将显影剂注入血管内，利用 X 光无法穿透显影剂的特点来诊断血管病变。它可以清楚显示血管本身的形态改变，如狭窄、梗塞、畸形、扩张、痉挛和出血等，对诊断下肢血管的病变具有特殊的意义。从足背浅静脉针推造影剂，造影时病人取 30°斜立位，检查侧肢体必须完全处于不负重的松弛状态。造影时在踝部扎一止血带，以阻断浅静脉回流迫使造影剂进入深静脉系统，有利于显示深静脉。同时可阻断或减少浅静脉的充盈，从而减少深、浅静脉间的重叠。

神经内科介入：

神经内科的脑血管狭窄手术是指医生利用 DSA 或中型 C 臂机透视功能，通过股动脉穿刺，导管放置于狭窄部位，根据狭窄血管不同可预先于狭窄动脉处的远端置入脑保护伞，然后将球囊放置狭窄部位扩张，之后支架植入狭窄动脉内，支撑狭窄部位，使血流畅通，改善脑组织供血。

（4）复合手术治疗

复合手术室主要由 1 台 DSA 和 1 台移动 CT（或 MRI）及其他配套手术设施组成，设备组成图如图 9-17 所示。

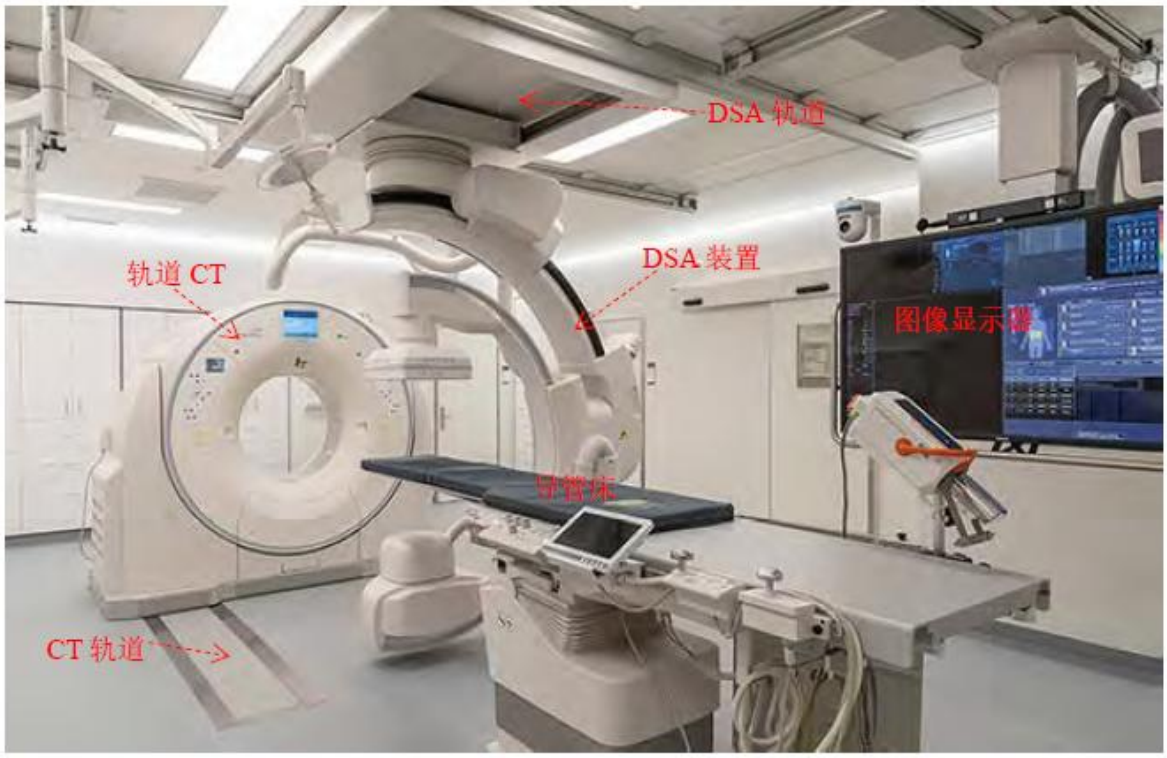


图 9-17 复合手术室设备组成图

复合手术室是原本需要分别在不同手术室、分期才能完成的重大手术，合并在一个手术室里一次完成。患者不需要在不同手术室之间转移，不需要多次麻醉，大大降低了手术风险和术后并发症。复合手术室是通过智能化数字精控 CT 轨道，将轨道 CT、DSA 两台射线装置结合在一起使用，将多种影像融合，提供术前快速诊断，术中实时成像、影像引导、精准定位、复合手术治疗、术后一站式实时复查的全面支持。

CT 和 DSA 独立使用，将根据需求来使用 DSA 或 CT，两者不分先后顺序。CT 隔室影像检查可能在麻醉、外科手术、介入手术等操作之前或者之后进行，两台射线装置互相配合使用，但不同时使用，CT 使用完将推至暂存间放置。

（5）工作负荷

根据建设单位提供资料，本项目 8 台 DSA 额定管电压均为 150kV，额定管电流均为 1250mA；2 台中型 C 臂机额定管电压为 150kV，额定管电流均为 1250mA。主要用于进行心脏外科、心脏内科、血管外科、神经外科等多科室手术和 ERCP 治疗，用于手术期间提供患者的透视和点片图像，每个科室使用的介入手术室不固定，每台 DSA 或中型 C 臂机每年开展介入手术最多 1000 台，摄影工作状态下，平均每台手术 DSA 或中型 C 臂机出束时间为 30s；透视工作状态下，平均每台手术 DSA 出束时间为 10min；复合手术时平均每台手术 CT 扫描累计出束时间为 1min。

医院拟配置 25 名执业医师 20 名护士和 20 名技师，共 65 名辐射工作人员参与本项目 DSA 诊疗工作。护士在手术过程中护士承担记录手术情况、传递医疗器械及辅助医生手术的工作，既有同室操作又有隔室操作，同室时间按透视模式总时间的 1/3 考虑；技师只需负责隔室操作设备，本项目劳动定员情况及工作制度计划见表 9-1。

表 9-1 本项目介入放射学手术劳动定员及工作制度计划表

工作场所	岗位	人员数量（人）	出束模式	操作方式	平均每台手术曝光时间（min）	单人最大手术台数（台）	年受照时间（h）	工作制度
医技住院楼一层急诊科、医技住院楼三层内镜中心和介入中心、医技住院楼四层手术中心	医生	25	透视	同室	10	400	66.67	8h/d、5d/week
			摄影	隔室	0.5		3.33	
			CT	隔室	1	80	1.33	
	护士	20	透视	同室	1/3×10	500	27.78	
			透视	隔室	2/3×10		59.72	
			摄影	隔室	0.5			
			CT	隔室	1	100	1.67	
	技师	20	透视	隔室	10	500	87.5	

			摄影		0.5			
			CT	隔室	1	100	1.67	
注：护士的同室时间按透视模式总时间的 1/3 考虑。								

（6）介入手术工作流程及产污环节

1）操作流程

①病人候诊、准备、检查由主管医生写介入诊疗申请单；医生检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁总疾居完善术前检查和预约诊疗时间；

②向病人告知可能受到的辐射危害：医生向病人或其家属详细介绍介入诊疗的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等；

③设置参数，病人进入机房、摆位:根据不同手术及检查方案，设置 DSA 或中型 C 臂机系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定;引导病人进入机房并进行摆位；

④根据不同的治疗方案，医生及护士密切配合，完成介入手术或检查，分为两种情况：

第一种情况，摄影模式，医生采取隔室操作的方式（即操作医生在控制室内对病人进行曝光），医生、护士通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流，技师隔室在控制室操作设备。

第二种情况，透视模式，医生需进行手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有连续曝光，此时医生和护士位于铅屏/铅帘后身着铅服在曝光室内对病人进行直接的同室手术操作，技师隔室在控制室操作设备。

⑤治疗完毕关机：医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片；对单纯接受介入造影检查的病人。诊断报告由病人家属取回交病房病历保管。

2）产污环节分析

DSA 及中型 C 臂机的 X 射线诊断机曝光时，主要污染因子为 X 射线。注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。DSA 及中型 C 臂机拍片流程及产污环节如图 9-18 所示。

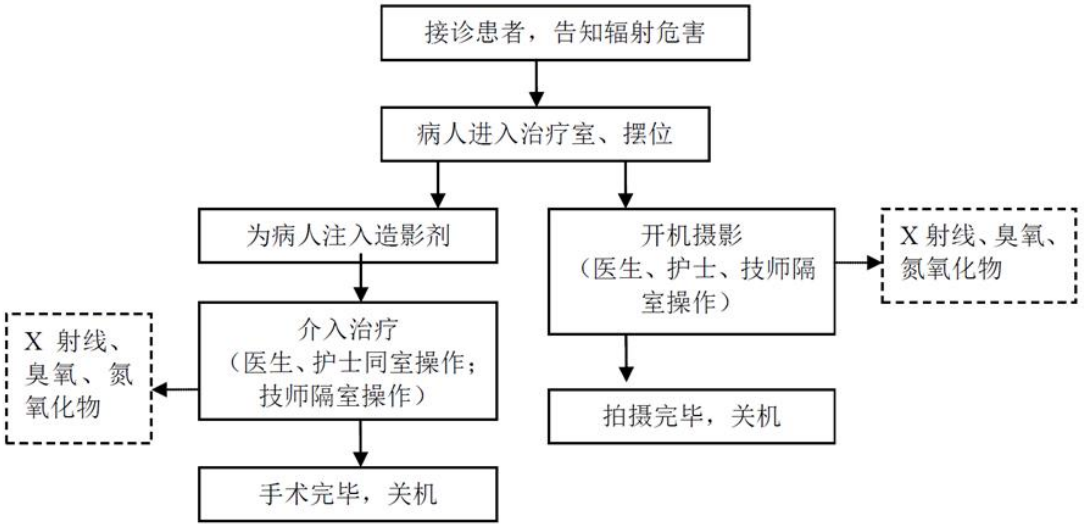


图 9-18DSA 及中型 C 臂机操作流程及产污环节示意图

综上可知，DSA 及中型 C 臂机在开机状态下，产生的污染因子主要为 X 射线，无其他放射性废气、废水及固体废物产生。

DSA 及中型 C 臂机手术工作中可能产生的医疗废物，如针头、纱布、注射器等属于固体废物，具有直接或者间接感染性、毒性以及其他危害性，应收集后按要求集中处置。

（7）复合手术工作流程及产污环节

复合手术需由麻醉医生、外科手术医师、影像技师及介入手术医师合作、分步骤完成，当实施介入手术时，外科手术医师暂时离开复合手术室，介入手术只能由相应的专业医师操作，当实施 CT 影像检查或 DSA 摄影时，所有工作人员离开复合手术室。

DSA 和 CT 独立使用，将根据需求来使用 DSA 或 CT，两者不分先后顺序。CT 隔室影像检查可能在麻醉、外科手术、介入手术等操作之前或者之后进行，但任何时候不会同时开启 DSA 和 CT 两台射线装置，CT 使用完将推至复合手术室的西侧角落放置。

开展复合手术的污染源主要是 X 射线，由射线装置 DSA 和 CT 产生。DSA 在摄影和透视模式时将产生 X 射线，CT 在进行 CT 扫描时将产生 X 射线。复合手术的工作流程如图 9-19 所示。

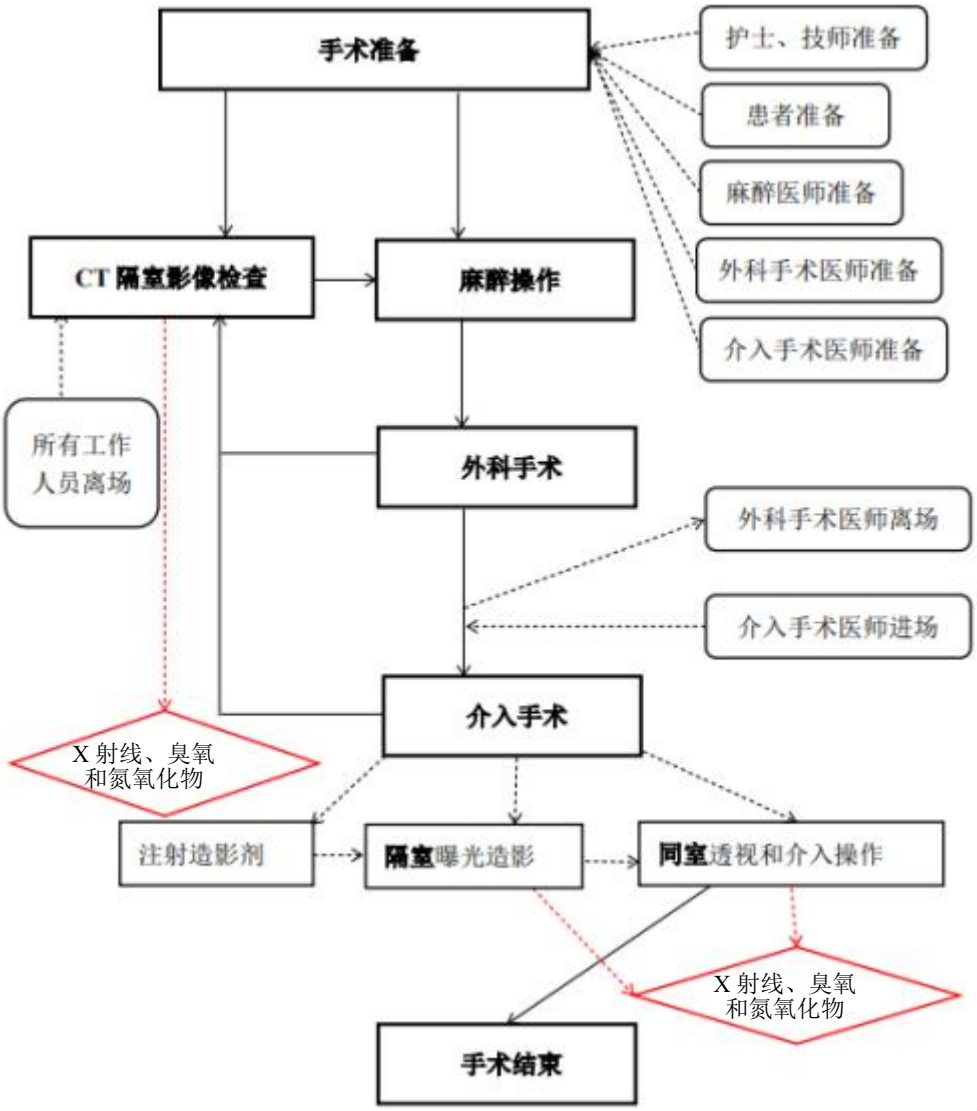


图 9-19 复合手术工作流程图及产污位置图

（8）人流物流路径规划

1）患者路径

医技住院楼一层急诊科患者由大楼西侧急诊门厅进入急诊科，随后依次通过缓冲间、手术通道进入急诊手术室 1-2，手术结束后，原路送出手术室并送至相应病房。

医技住院楼三层介入中心患者根据预约时间到达三层介入中心等候室，护师和护工带领病人在缓冲换床室换床后，依次通过洁净走廊、缓冲间进入相应手术室。手术结束后，送至恢复区，苏醒后送回住院病房。

医技住院楼三层内镜中心患者根据预约时间到达三层内镜中心等候室，护师和护工带领病人在患者更衣室更衣后，依次通过内镜中心内部过道、缓冲间进入相应 ERCP 机房，治疗结束后，患者由护士和护工将协作送到恢复区，患者苏醒后送离内镜中心。

医技住院楼四层手术中心患者根据预约时间到达四层手术中心，护师和护工带领病人在换车间换床后，依次通过洁净走廊、缓冲间进行相应手术室。手术结束后，患者由护士和护工协作送到 PACU，病人苏醒后送回到住院病房。

2）医护路径

医技住院楼一层急诊科：工作人员手术前由机房东南侧入口依次进入换鞋间、更衣室，更衣完成后由手术通道进入相应机房，随后进入控制室，由技师进行机器的预热；医师、护士在控制室内穿戴防护用品，穿戴完成后返回手术室。手术结束后，护师和护工将协作送病人到住院病房，医师、技师原路返回离开。

医技住院楼三层介入中心：工作人员手术前由介入中心东南侧医护电梯进入介入中心办公区域，再依次经过换鞋间、更衣室进入介入中心洁净走廊，随后进入控制室，由技师进行机器的预热；医师、护士在铅衣存放间内穿戴防护用品，穿戴完成后进入手术室。手术结束后，护师和护工将协作送病人回到住院病房，医师、技师原路返回离开。

医技住院楼三层内镜中心：工作人员手术前在内镜中心南侧更衣室进行更衣，随后经过内镜中心过道到达 ERCP 机房控制室，技师进行机器的预热，医师、护士在更衣室内穿戴防护用品，穿戴完成后进入手术室。手术结束后，护师和护工将协作送病人离开内镜中心，医师、技师原路返回离开。

医技住院楼四层手术中心：工作人员手术前由手术中心东北侧进入手术中心更衣室，更衣洗消后经过洁净走道进入控制室，由技师进行机器的预热；医师、护士在控制室内穿戴防护用品，穿戴完成后进入手术室。手术结束后，护师和护工将协作送病人回到住院病房，医师、技师原路返回离开。

3）污物路径

医技住院楼一层急诊科：每台手术完成后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至急诊手术室北侧的污物处置室，在该房间内处理打包完成后送至污物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

医技住院楼三层介入中心：每台手术完成后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至介入中心西北侧的污物处置室，在该房间内处理打包完成后送至污物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

医技住院楼三层内镜中心：每台手术完成后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至内镜中心东南侧侧的污物处置室，在该房间内处理打包完成后进行暂存，定期委托

有资质单位外运处置。

医技住院楼四层手术中心：每台手术完成后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至手术中心东南侧的污物处置室，在该房间内处理打包完成后送至污物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

9.3 污染源项分析

9.3.1 施工期污染源分析

（1）施工阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

（2）设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。

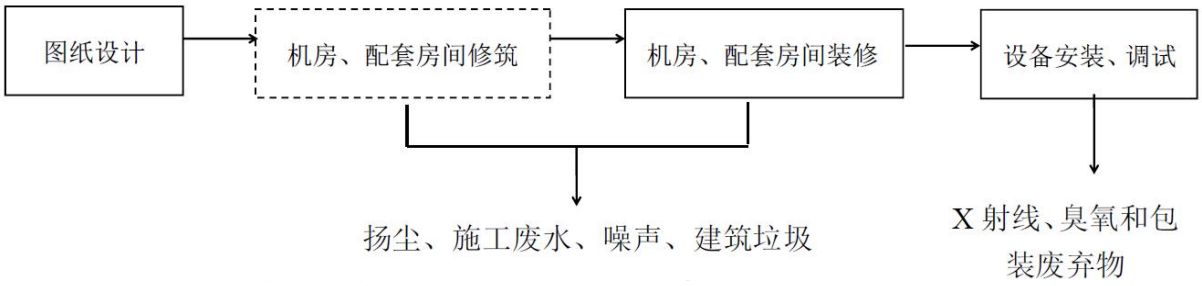


图 9-20 施工期施工工序及产污位置图（虚线框不属于本次评价内容）

9.3.2 运行期污染源分析

9.3.2.1 直线加速器项目

本项目拟安装使用的直线加速器最大电子线能量 22MeV，最大 X 射线能量 15MV，故还需考虑中子辐射、中子俘获 γ 射线及感生放射性影响。

（1）正常工况

1）X 射线

直线加速器运行期间高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线随机器的开、关而产生和消失。

2）电子线

直线加速器处于电子束模式下使用初始电子线进行浅层治疗时，会产生电子线，电子线最高能量为 22MeV，高能电子线随机器的开关而产生和消失。

3）中子

加速器在运行过程中产生的高能 X 射线与周围物质相互作用时，均会产生中子。

加速器治疗机头外的杂散中子成为直接光中子，来源于 X 射线中能量大于 10MeV 的光子与加速器的靶、准直器及电子束和光子束通道上的其他物质互相作用发生光核反应所产生的中子。

4）感生放射性物质

电子能量大于 10MeV 的医用电子加速器运行过程中产生感生放射性，主要包括两个方面：①加速器机头结构材料的固态感生放射性。加速器运行期间，由于设备有足够的结构屏蔽，由部件产生的感生放射性不会危害屏蔽体外的人员；但当加速器停机后，职业人员进入机房时可能受到辐射危害。②气态感生放射性核素，在加速器运行过程产生的中子可与空气作用产生放射性核素。

根据《辐射防护手册——第三分册》（李德平、潘自强主编）P97 页表 4.4，核反应 ^{12}C（γ，n）^{11}C 的反应阈能为 18.7MeV，所产生核素 ^{11}C 的半衰期为 20.39min；核反应 ^{14}N（γ，n）^{13}N 的反应阈能为 10.6MeV，所产生核素 ^{13}N 的半衰期为 10.0min；^{16}O（γ，n）^{15}O 的反应阈能为 15.7MeV，所产生核素 ^{15}O 的半衰期为 124.0s；Ar 核反应阈能为 6.1MeV，所产生核素 ^{41}Ar 的半衰期为 1.83h。本项目加速器电子最大能量为 22MeV，X 射线能量最大为 15MV，电子能量超过相关核素的反应阈能，与空气中的 Ar、C、O、N 等相互作用，可诱发感生放射性核素 ^{41}Ar、^{11}C、^{15}O、^{13}N，因此本次评价考虑其感生放射性影响。

5）臭氧和氮氧化物

加速器在运行过程中，空气在辐射照射下，会发生辐照分解现象，主要产物为臭氧及微量氮氧化物，通过排风系统排入大气环境中。

6）废靶件

直线加速器的金属靶件更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）对废靶等组件进行γ辐射空气吸收剂量率监测，若满足《放射性废物分类》豁免与解控要求，可按固体废物处理；若监测异常，应由具有放射性废物收贮资质的单位收贮，不会在医院存储。

综上，开机期间，医用电子直线加速器主要污染因子为 X 射线、电子线、中子、感生放射性物质，另有少量臭氧、微量氮氧化物；更换金属靶件时，会有废靶件产生。

（2）事故工况

1）安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行加速器，

则可能造成误照射事故。

2）除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器，则会造成机房中人员误照射。

9.3.2.2 核素制备项目

回旋加速器制药过程中污染因子主要包括：放射性核素生产过程中产生的中子、γ射线和β表面污染，还有含放射性核素的气态、液态和固态废物，此外还会产生少量的臭氧及氮氧化物。根据工艺流程，具体分析污染物和污染途径如下。

（1）贯穿辐射

回旋加速器在制备药物过程中，高速质子与靶物质作用伴随产生中子，中子与靶、部件、屏蔽体等物质相互作用会放出γ射线，中子和γ射线具有较强的穿透力，如果对其屏蔽不好则可以穿过屏蔽墙、防护门、屋顶等对工作人员和公众产生一定辐射危害。

在进行药物合成分装、交接、传输等操作时，核素衰变时会发出β^+射线以及发生正电子湮灭产生的γ射线，β^+的最大能量为 1.190MeV，β^+在空气中存在时间极短，极易与空气的电子结合（湮灭）而转化为两个γ射线光子（能量为 0.511MeV）。

核素制备、合成分装均为自动控制，以上过程中工作人员在加速器控制室进行监控，受到的辐射影响较小，贯穿辐射主要来自质控及传递运输放射性同位素药物过程中。

制药区无公众进入，加速器运行及在药物转运过程中周围公众活动量很小，对公众造成影响的可能性较小。

（2）空气活化产物

粒子与稳定的非放射性核素作用发生核反应，生成放射性的核素，称该非放射性核素被活化。活化产物决定因素主要包括：中子发生率和能量、空气的组成、核反应截面、粒子在空气中的行径（自靶点至墙内表面的距离）。加速器在运行期间，中子活化空气产生的活化产物主要为：^{11}C、^{13}N、^{15}O、^{41}Ar。

这些核素均为β、γ衰变体，其中 ^{11}C、^{13}N、^{15}O 半衰期很短，在很短时间内即可发生衰变，故可以不予考虑。主要考虑 ^{41}Ar 的影响，由于空气中可以生成 ^{41}Ar 的 ^{40}Ar 含量仅为 1.3%，加上产生 ^{41}Ar 的活化反应截面很小，所以 ^{41}Ar 的生成率极其微小。

（3）表面污染

工作人员在对含有放射性核素制剂的各种操作中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等发生放射性沾污，造成放射性表面污染。

（4）放射性废物

1）放射性废气

在放射性药物合成分装、质控时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

2）放射性废水

核素制备场所中回旋加速器制备放射性核素的过程是在密闭系统中进行的，回旋加速器的水冷系统使用循环水，冷却水不外排不产生废水。药物医务人员去污、应急洗消、场所清洗时产生一定量的放射性废水。

3）放射性固废

本工程产生的放射性固体废物有手套、棉签、滤纸、清洁去污时用过的抹布和活性炭等。核素制备场所中药物制取时，更换下来的放射性残留物如固体靶片。

（5）非放射性污染物

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办公垃圾；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。

9.3.2.3 动物影像实验项目和核素诊断治疗项目

（1）放射性污染物

1）X 射线和γ射线

PET/CT、SPECT/CT 扫描时产生的 X 射线；药物在分装、测活、注射、注射后候诊、扫描及留观等过程中产生的γ射线及β射线。

2）β放射性表面污染

医生在对放射性药物的操作中，会引起工作台、工作服和手套等产生放射性沾污，造成小面积的β放射性表面污染。

3）放射性废气

在放射性药物合成、质控、分装、测活时，药物挥发产生的含放射性核素的废气。

4）放射性废水

含有放射性核素的病人排泄物；工作场所清洗废水等。

5）放射性固废

本项目放射性固废主要为工作人员操作过程产生的服药杯子、污染物的注射器、针头、手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品和更换的废活性炭等放射性

废弃物。

（2）非放射性污染物

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，主要为回旋加速器产生的废靶片，动物实验解剖产生的动物尸体、组织，工作人员产生的办公垃圾等；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。

9.3.2.4 DSA 和中型 C 臂机项目

X 线装置在辐射场中产生的射线通常分为二类：一类为有用线束（又称初级辐射），是直接由 X 射线管出射口发出，经限束装置准直能使受检部位成像的辐射线束；另一类为非有用线束（又称次级辐射），包括有用线束照射到受检者身体或诊断床等其他物体时产生的散射线和球管源组件防护套泄漏发出的漏射线。

有用线束能量相对较高，剂量较大，而散射线和漏射线的辐射剂量相对较小。X 射线装置在使用过程中产生的主要辐射影响及影响途径如下：

（1）正常工况

1）采取隔室操作，并且在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，射线装置机房外的工作人员及公众基本上不会受到 X 射线的照射。

2）进行介入手术治疗时，机房内进行手术操作的医生和医护人员会受到一定程度的 X 射线外照射。

3）X 射线装置开机运行时，机房内会有微量臭氧、氮氧化物等有害气体产生。

本项目 DSA 和中型 C 臂机运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术机打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光原料。

（2）事故工况

1）射线装置安装调试阶段，可能由于设备参数设置不当、误操作、设备尚未具备正常运行的条件，或者人员未进行恰当的防护造成在场辐射工作人员受到过量照射。

2）射线装置投入运行后，由于设备故障、操作不当、辐射工作人员没有穿戴防护用品等情况下，医生在同室操作时可能受到超剂量的 X 射线照射。

3）门灯联锁装置和闭门装置出现故障，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，或射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

4）机房内无关人员未全部撤出机房，操作室人员操作失误启动射线装置，造成人

员误照射。

5）检查或维修状态下，设备维修人员违反操作规程或误操作，造成人员误照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 放疗科项目设施安全与防护分析

10.1.1 工作场所布局分析及分区情况

（1）工作场所布局分析

本项目放疗科位于医院地下二层东侧，放疗科东侧为地下土层，西侧为核医学科核素诊断和敷贴治疗场所，北侧为核医学科核素制备场所，南侧为补风机房、楼梯间和电梯间。上方为覆土层，地面对应区域为院内道路，下方为地下土层。

直线加速器机房平面布局：

本项目三间加速器机房平面布局如图 10-1 所示，1 号加速器机房、2 号加速器机房和 3 号加速器机房自北向南依次排列，机房上方均为覆土层，地面对应区域为院内道路，东侧和下方均为地下土层，西侧均为控制室、相应辅助用房和过道。1 号加速器机房北侧为回旋加速器机房，南侧为 2 号加速器机房；3 号加速器机房北侧为 2 号加速器机房，南侧为补风机房和楼梯间。三间加速器机房内均设置“L 型”迷道，均设置于机房的西侧。三间加速器机房有用线束方向均拟朝向北墙、南墙、地坪和顶棚。

根据平面布置，本项目放疗科直线加速器机房位置独立，且布局较为紧凑，便于病人就诊，周围没有其他科室，人流量少。对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 平面布局与《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）对照分析一览表

序号	标准要求	设计落实情况	评价
1	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目放疗科的主要放射治疗设施—3台直线加速器集中布置于医院地下二层东侧，下方无房间，同时控制室、辅助机房以及其他配套功能房间相邻布置，同时设计和建造。邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。	符合要求
2	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目放疗工作场所将实行两区管理，其中加速器机房及迷道划分为控制区，邻近的控制室、辅助机房等划为监督区，两区划分具体见图10-1。	符合要求
3	治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目放疗工作场所主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	符合要求
4	治疗设备控制室应与治疗机房分开	治疗设备控制室已与治疗机房进行了分	符合

	设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	开独立设置，且配套房间均围绕治疗机房进行布置。	要求
5	应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	医用电子直线加速器有用线束范围为南北360°，控制室位于西侧，已避开被有用线束直接照射，机房楼上为覆土层，地面对应位置为院内道路，人员居留因子较小，楼下无房间。	符合要求
6	X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目加速器机房均设置有满足屏蔽要求的迷路。	符合要求

综上所述，本项目放疗科放疗机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求，其平面布置合理。

（2）工作场所分区

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的相关要求，并结合该院实际情况以及该项目的特点，拟将本项目放疗科辐射工作场所划分为控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

本项目加速器机房控制区和监督区划分如下：

控制区：加速器机房内部区域（包含迷路）；

监督区：各机房紧邻的辅助工作用房（控制室、水冷机房、补风机房）、过道等。

本项目加速器机房控制区和监督区的划分如图 10-1 所示，本项目放疗科辐射工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求，符合 GB18871-2002 和 HJ 1198-2021 的规定。

图 10-1 本项目加速器机房平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

10.1.2 辐射安全及防护措施

（1）机房辐射防护屏蔽设计

该项目加速器机房四侧墙体、顶棚拟采用标准混凝土（ρ=2.35g/cm^3）浇注而成，机房防护门拟内衬铅板和含硼聚乙烯。机房设计参数详如表 10-2：

表 10-2 本项目加速器机房设计空间几何尺寸及墙体厚度表

屏蔽体	1 号加速器机房	2 号加速器机房	3 号加速器机房
东墙	1300mm	1300mm	1300mm
南墙	主墙：3300mm 副墙：2200mm	主墙：3000mm 副墙：2200mm	主墙：3000mm 副墙：1800mm
西墙	见迷道	见迷道	见迷道
北墙	主墙：3300mm	主墙：3300mm	主墙：3000mm

	副墙：2400mm	副墙：2200mm	副墙：2200mm
顶棚	主墙：3300mm 副墙：1500mm	主墙：3000mm 副墙：1500mm	主墙：3000mm 副墙：1500mm
迷道内墙	1700mm	2300mm	1700mm
迷道外墙	1500mm	2100mm	1500mm
防护门	20mm 铅板+200mm 含硼聚乙烯	18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯	18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯
主墙宽度	南墙、北墙和顶棚：5800mm	南墙、北墙和顶棚：5800mm	南墙、北墙和顶棚：5800mm
治疗室南北尺寸	主屏蔽墙之间 7350mm	主屏蔽墙之间 8850mm	主屏蔽墙之间 7200mm
治疗室东西尺寸	8800mm	7500mm	9200mm
迷道长度	9050mm	9650mm	9650mm
迷道宽度	2200mm	2200mm	2200mm
迷道内入口宽度	2400mm	2400mm	2400mm
迷道外入口宽度	2000mm	2000mm	2000mm
高度	4900mm（装饰高度 3300mm）	4900mm（装饰高度 3300mm）	4900mm（装饰高度 3300mm）
机房容积	约 316m^3	约 322m^3	约 316m^3

注：上表中砼为标准混凝土，密度为 2.35g/cm^3，施工过程中混凝土应连续浇筑。

（2）电缆穿墙设计

本项目加速器机房与控制室之间的电缆采取“U”型地沟形式在防护墙体下方穿过，如图 10-2 所示。加速器机房与控制室之间弱电管道采用水平斜埋方式穿过墙体，如图 10-3 所示，强电管道和冷凝水管道均采用纵向斜穿墙体，如图 10-4 所示。机房采取管线布设方案符合相关要求。

图 10-2　电缆“U”型穿墙示意图

图 10-3　弱电火警穿墙示意图

图 10-4　强电管道、冷暖水管穿墙示意图

（3）通风设计

直线加速器运行过程中，周边空气中会产生一定的臭氧和氮氧化物，本项目直线加速器治疗室设计采用强制排风系统，机房分别设置进风管道和排风管道，1、3 号加速器机房管道拟从防护门上方穿墙沿迷路进入机房,2 号加速器机房管道拟从迷道外墙中部穿墙沿迷路进入机房。排风管道均拟采用“S”型穿墙方式，并采用铅板对通风管道进行包裹屏蔽，治疗机房进风管道均拟接至地下一层的补风机房，其中 1 号加速器机房新风口拟设置在治疗室

的东北、东南、西南角吊顶上，排风口分别拟设置在治疗室西北角离地面 30cm 处和东北角吊顶上；2 号、3 号加速器机房新风口拟设置在治疗室的东北、东南、西北角吊顶上，排风口分别拟设置在治疗室西北角离地面 30cm 处和东南角吊顶上。各机房治疗室新风口和排风口对角设置，上进风，下排风，排风管再沿墙体内壁向上接近顶板处，从相应穿墙位置通往室外，排风口未设置在有门、窗或人口流动较大的过道等位置，机房内气体最终引导至地下一层的排风机房的风井排出。

本项目加速器机房拟设计排风量不小于1500m^3/h，三间加速器机房中容积最大的约322m^3，通风换气次数不小于4次/h。加速器机房的新风口、排风口及排风量的设置符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中“放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于4次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

图 10-5　加速器机房排风管道布置图

图 10-6　加速器机房新风管道布置图

图 10-7　加速器机房新风/排风管穿墙方式示意图

10.1.3设备固有防护措施

1）加速器只有在开机状态时才有 X 射线或电子线产生，通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽，断电停机即停止出束。

2）控制台上有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行状况。

3）条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

4）控制台上有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

5）时间控制联锁：当预选照射时间选定时，定时器能独立地使照射停止。

6）加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

7）剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

8）急停按钮：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断加速器主电源。

9）钥匙开关：加速器控制台上设电源钥匙开关，只有当加速器一切都处于安全状态，并且要是就位后，加速器才能启动工作，一旦钥匙被取走，加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

从加速器固有安全性能可以看出，加速器在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，就能够减少 X 射线、电子线对人员的辐射危害和降低辐射事故的发生率。

本项目直线加速器安全联锁逻辑示意图参见图 10-8。

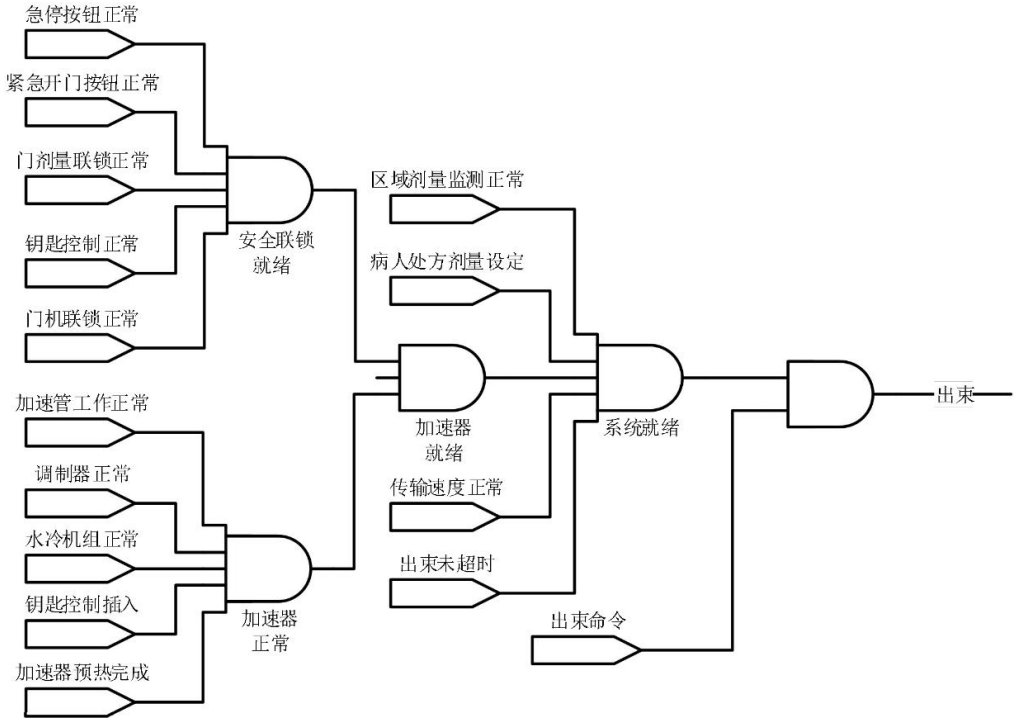


图10-8 本项目直线加速器安全联锁逻辑示意图

10.1.4其他防护措施

（1）直线加速器

1）固定式剂量报警装置：加速器机房内迷路口处设置固定式剂量报警装置，仪表指示装在控制室内。对监测点进行实时剂量率监测和报警。实时剂量率、累积剂量监测值同时显示在主机面板上，实时剂量率、累积剂量的“报警阈值”可通过面板上的按键进行修改。仪器有声光报警，以警示现场工作人员，确保工作人员安全。

2）视频监视系统、对讲系统：单个加速器机房的治疗室和控制室之间安装有监视器 6 个、对讲装置 1 套，控制室内能通过视频监视治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

3）急停开关：单个直线加速器机房的治疗室和控制室设置 8 个急停开关（主机架、治疗床及控制台各 1 个、东墙 1 个、南墙 1 个、西墙 1 个、北墙 1 个、迷道内墙 1 个），急停开关为红色按钮式开关，高度约 1.2m，易于辨认，人员可以在事故情况下按下急停开关，按下后不能自动复位，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动。急停开关设置满足应急需求，布置位置和数量合理可行。

4）设置门机安全联锁，机房门关闭后，装置才能启动，防护门上方设有工作状态指示灯，能显示加速器工作状态，装置启动时工作状态指示灯亮起。防护门为电动移门， 防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙” 间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设紧急开门装置，紧急状况下，能从机房内开门。

5）加速器机房入口处设置电离辐射警告标识和中文警示说明。

6）每个辐射工作人员均配备 1 枚 TLD 个人剂量剂量计；另本项目每间加速器机房拟配备 2 台个人剂量报警仪；

7）每间加速器机房配备 1 套固定式剂量报警仪；

8）放疗科配备 1 台便携式 X-γ剂量率监测仪和 1 台中子剂量率仪；

9）操作室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等；

10）受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

本项目放疗科加速器机房辐射安全设施布置，见图10-9：

图10-9 放疗科工作场所安全设施示意图

10.1.5放疗科辐射安全与防护措施符合性分析

本项目加速器机房辐射安全设施和防护措施与《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）对照分析见表10-3。

表 10-3 加速器机房辐射安全设施和防护措施标准对照分析表

序号	标准要求	该项目采取的计划	评价
1	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。（GBZ 121-2020 6.2.1节）	本项目加速器机房最小有效使用面积均为68.96㎡（不含迷道），能够满足放射治疗设备的临床应用需要。	符合要求
2	放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部， 进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4 次/h。（GBZ 121-2020 6.2.2节）	本项目加速器机房均拟设置强制排风系统，进风口设在机房上部，排风口设在机房下部，进风口与排风口位置对角设置，经计算三间机房设计通风能力均大于4次/h。	符合要求
3	放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。（GBZ 121-2020 6.4.2节） 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。（GBZ 121-2020 6.4.4节） 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施： a）放射治疗室应设置门－机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施； b）放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能； c）应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发； f）安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。（HJ 1198-2021 6.2.3节）	本项目加速器机房均拟设置门机联锁设施，拟在机房迷道内安装了防护门开启开关，防护门设置防夹装置。拟在机房四周墙体、迷道墙上及控制室墙上、控制台上安装急停开关（设置中文标识，相关区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发）。 本项目拟配置直线加速器均自带安全联锁系统。 本项目拟设的安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路需通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后将及时进行联锁恢复及功能测试。	符合要求
4	医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志： a）放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志； b）放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当	本项目拟将放射治疗工作场所划定为监督区和控制区，进行分区管理，拟在放射治疗工作场所的入口及加速器机房防护门上张贴电离辐射警告标志，	符合要求

	位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。（GBZ 121-2020 6.4.3节） 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等： a）放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明； b）放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；（HJ 1198-2021 6.2.1节）	拟在机房防护门外1m处地面上张贴有警示线，拟在机房防护门门楣处设置工作状态指示灯。	
5	控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。（GBZ 121-2020 6.4.6节） 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。（HJ 1198-2021 6.2.1节）	本项目拟在加速器机房控制室内设置视频装置，可清晰观察在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况。拟设置对讲交流系统，操作者和患者之间可进行双向交流。	符合要求
6	含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。（HJ 1198-2021 6.2.2节）	本项目拟在加速器机房内配置固定式个人剂量报警仪，并将显示单元设置在控制室内。	符合要求

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《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）中的相关检查内容，将本项目放疗科在设计阶段采取的辐射安全设施进行对照分析，具体情况见表10-4。

表 10-4 本项目放疗科辐射安全防护设施汇总对照分析表

医用电子直线加速器机房			
序号	**项目**	**规定的措施**	**落实情况**
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带
3		电视监控与对讲系统	拟配置
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	拟配置
5		治疗室内准备出束音响提示	拟配置
6	警示装置	入口电离辐射警示标识	拟配置
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	拟配置
8	照射室紧急设备	紧急开门按钮	拟配置
9		治疗室及迷道内有紧急停机按钮	拟配置
10		治疗床有紧急停机按钮	设备自带
11	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪（超剂量联锁）	拟配置
12		个人剂量报警仪	拟配置
13		个人剂量计	拟配置
14		便携式 X-γ 辐射监测仪	拟配置
15		中子剂量率仪	拟配置

10.2 核医学科项目设施安全与防护分析

10.2.1 工作场所布局分析及分区情况

（1）工作场所布局分析

本项目核医学科分为动物实验场所、核素制备场所、核素诊断及敷贴治疗场所、核素门诊治疗场所，共四个工作区域。

动物实验场所设置在地下一层东侧，该场所东侧为地下车库，南侧为电梯厅，西侧为办公室和一般实验室，北侧为空调机房和楼梯间，上方为院内过道，下方为核素诊断及敷贴治疗场所、放疗科模拟定位 CT 机房。其平面布局如图 10-2 所示。

核素制备场所设置在地下二层东侧（放疗科北侧），场所东侧为地下土层，南侧为放疗科，西侧为排风机房和地下车库，北侧为地下车库，上方为净化机房和地下车库，下方为地下土层和地下车库。其平面布局如图 10-3 所示。

核素诊断及敷贴治疗场所设置在地下二层东侧，场所东侧为放疗科，南侧为电梯厅和楼梯间，西侧为地下车库，北侧为地下车库和核素门诊治疗场所，上方为排烟机房、办公区、一般实验室和动物实验场所，下方为排风机房和地下车库。其平面布局如图 10-4 所示。

核素门诊治疗场所设置在地下二层东侧（SPECT-CT 机房北侧），场所东侧为补风机房，南侧为楼梯间，西侧和北侧均为地下车库，上方为汽车坡道，下方为地下车库。其平面布局如图 10-5 所示。

动物实验场所主要包括 1 间小动物 PET 机房、1 间核医学科研实验室及缓冲间、解剖室、清洁间、污物暂存间、消毒灭菌室、注射室、注射后饲养室、储源室、动物接收室等配套房间；核素制备场所主要包括 1 间回旋加速器机房及其控制室、打包间、设备间、热室、物料暂存间、质控室（含无菌检测室、微生物检测室）、放化实验室、阳性对照室、废物间等配套房间；核素诊断及敷贴治疗场所主要包括 1 间 PET-CT 机房及其控制室、设备间、储源室（1 号储源室）、PET 注射区、PET 注射后候诊室、PET 分装室（2 号分装室）、PET 留观室、PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、敷贴治疗室、1 间 SPECT-CT 机房及其控制室、SPECT 分装室（1 号分装室）、固废暂存室、抢救室、SPECT 注射室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 留观室、清洁间、污洗打包间、受检者走廊、医护走廊、医护淋浴缓冲间等配套房间；核素门诊治疗场所主要包括 ^{131}I 给药室、^{131}I 给药后留观室、门诊注射室、3 号分装室、储源室（下称 2 号储源室）、废源室、卫生通过间和甲吸测定室等配套房间。

为防止工作人员受到放射性药物和服药后患者的交叉污染，核医学科设有独立的病人路

径、送药路径和医护人员工作路径。核医学科住院区和门诊区独立设置，进入核医学科的门均拟设门禁，非工作人员引导不能进入，整个场所相对封闭，降低了公众受到照射的可能性。

表 10-5 平面布局与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）对照分析一览表

序号	标准要求	设计落实情况	评价
1	核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	①核医学科高活区域已采取集中布置设计，且布置于核医学科的一端，可防止交叉污染；②核素诊断及敷贴治疗场所和门诊治疗场所均已设置独立的放射性废物室，同时核医学科工作场所均拟设置门禁系统、留观室、可有效控制给药后患者的活动空间。	符合要求
2	核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	本项目设置有独立的工作人员和患者通道，可以避免医生病人交叉影响，同时针对放射性药物和放射性废物运送采取时间管控措施，避免交叉影响，且储源室和放射性废物室运送通道已尽可能短捷。	符合要求
3	核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	①本项目核医学科设置有病人用药后的留观室，同时场所内设置病人单向流通门禁系统，可有效控制病人流动范围，避免工作人员和公众受到不必要的照射；②控制区出入口已设计工作人员卫生通过区域和缓冲区，配备工作人员使用的卫生通过间，包含更衣、淋浴和表面沾污监测设备，辐射工作人员需经过表面沾污监测→合格→更衣流程后离开；③核医学科门诊区已设计有给药患者后的专用卫生间，针对用药病人排泄废水的收集采用独立下水管道排入衰变池。	符合要求

综上所述，本项目核医学科平面布局满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），核医学科位置相对封闭且独立，功能用房相对集中且齐全，基本满足功能需要，设施布局顺序和诊断流程一一对应，便于放射性药物给药、注射及住院、检查等步骤的逐步实施，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，平面布置合理。

（2）工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB 18871-2002 和《核医学放射防护要求》GBZ 120-2020，该项目拟将核医学科工作场所划分为控制区和监督区，严格按照相关要求进

行管理，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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

1）动物实验场所分区

对于地下一层东侧动物实验场所，医院拟将小动物 PET 机房、核医学科研实验室、解剖间、污物暂存间、消毒灭菌室、注射室、注射后饲养室、储源室、动物接收室等区域划定为控制区；将缓冲间、地下车库、楼梯间、空调机房、疏散走道等区域划定为监督区。动物实验场所辐射分区示意图见图 10-2。

2）核素制备场所分区

对于地下二层东侧核素制备场所，医院拟将回旋加速器机房、热室、洁净走道、质控室、打包间、放化实验室、废物间等区域划定为控制区；将设备间、控制室、物料暂存间、公共过道、地下车库、水冷机房、消防电梯间、缓冲过道、洁具间、消毒间、无菌检测室、微生物实验室、阳性对照间、灭菌间等区域划定为监督区。核素制备场所辐射分区示意图见图 10-3。

3）核素诊断及敷贴治疗场所分区

对于地下二层东侧核素诊断及敷贴治疗场所，医院拟将 PET-CT 机房、1 号储源室、PET 注射区、PET 注射后候诊室、2 号分装室、PET 留观室、PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、敷贴治疗室、SPECT-CT 机房、1 号分装室、SPECT 固废暂存室、抢救室、SPECT 注射室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 留观室、SPECT 清洁间、SPECT 污洗打包间、受检者走廊等配套房间划定为控制区；将注射前候诊区、注射前诊室、卫生间、模具库、制模间、粒籽分装室、

示教室、物理师、治疗计划室、楼梯间、医护走廊、PET 设备间、控制室、卫生通过间、地下车库等区域划定为监督区。核素诊断及敷贴治疗场所辐射分区示意图见图 10-4。

4）核素门诊治疗场所分区

对于地下二层东侧核素门诊治疗场所，医院拟将 ^{131}I 给药室、^{131}I 给药后留观室、门诊注射室、3 号分装室、2 号储源室、废源室和甲吸测定室等区域划定为控制区；将卫生通过间、真空机房、补风机房、地下车库、等候室、楼梯间等区域划定为监督区。核素门诊治疗场所辐射分区示意图见图 10-5。

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

本项目核医学科放射工作场所平面布局和路径规划如图 10-2 至图 10-5 所示，工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求。

图 10-2 地下一层核医学科动物实验场所平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-3 地下二层核医学科核素制备场所平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-4 地下二层核医学科核素诊断及敷贴治疗场所平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-5 地下二层核医学科核素门诊治疗场所平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

10.2.2工作场所分类

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

核医学工作场所分类见表 10-2。

表 10-2　核医学工作场所分类一览表

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

加权活度=(计划的日操作最大活度×核素的毒性权重因子)/操作性质修正因子

依据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 G 中表 G.2，核医学常用放射性核素的毒性权重因子如表 10-3 所示。

表 10-3　核医学常用放射性核素的毒性权重因子

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

本项目涉及的放射性核素 ^{68}Ga 参照上表中相关核素的毒性分类，核素的毒性权重因子取 1。

核医学常用放射性核素不同操作性质的修正因子如表 10-4 所示。

表 10-4　不同操作性质的修正因子

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

注：表 10-4 数据来源自 INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY，Nuclear Medicine Resources Manual，IAEA，Vienna（2006）。

本项目核医学科非密封放射性物质工作场所日最大加权活度计算结果与工作场所分类见表 10-5。

表 10-5 本项目核医学工作场所分类表

区域	放射工作场所	核素种类	计划日操作最大活度（Bq）	核素毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度（Bq）		场所分类
地下一层动物实验场所	注射室	^{18}F	7.4E+7	1	1	7.4E+7	3.92E+09	Ⅱ类
		^{11}C	3.7E+7	1	1	3.7E+7		
		^{13}N	3.7E+7	1	1	3.7E+7		
		^{64}Cu	3.7E+7	1	1	3.7E+7		
		^{89}Zr	3.7E+7	100	1	3.7E+9		
		^{99m}Tc	7.4E+7	1	1	3.7E+7		
	小动物 PET-CT 机房	^{18}F	7.4E+7	1	10	7.4E+6	7.62E+08	Ⅱ类
		^{11}C	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{13}N	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{64}Cu	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{89}Zr	3.7E+7	100	10	3.7E+6		
		^{99m}Tc	7.4E+7	1	10	7.4E+8		
	核医学科研实验室	^{18}F	7.4E+7	1	10	7.4E+6	7.62E+08	Ⅱ类
		^{11}C	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{13}N	3.7E+7	1	10	3.7E+6		

		^{64}Cu	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{89}Zr	3.7E+7	100	10	3.7E+6		
		^{99m}Tc	7.4E+7	1	10	7.4E+8		
	储源室	^{18}F	3.7E+7	1	100	7.4E+5	7.62E+07	Ⅱ类
		^{11}C	3.7E+7	1	100	3.7E+5		
		^{13}N	3.7E+7	1	100	3.7E+5		
		^{64}Cu	7.4E+7	1	100	3.7E+5		
		^{89}Zr	3.7E+7	100	100	3.7E+5		
		^{99m}Tc	3.7E+7	1	100	7.4E+7		
	接收室、注射后饲养室、清洁间、消毒灭菌间、解剖室	^{18}F	3.7E+7	1	10	7.4E+6	7.62E+08	Ⅱ类
		^{11}C	7.4E+7	1	10	3.7E+6		
		^{13}N	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{64}Cu	3.7E+7	1	10	3.7E+6		
		^{89}Zr	3.7E+7	100	10	3.7E+6		
		^{99m}Tc	3.7E+7	1	10	7.4E+8		
地下二层核素制备场所	回旋加速器机房	^{18}F	1.48E+10	1	1	1.48E+10	5.62E+10	Ⅰ类
		^{11}C	1.85E+09	1	1	1.85E+09		
		^{13}N	1.85E+09	1	1	1.85E+09		
		^{68}Ga	3.7E+08	1	1	3.7E+08		
		^{64}Cu	3.7E+08	1	1	3.7E+08		
		^{89}Zr	3.7E+08	100	1	3.7E+10		
	热室	^{18}F	1.48E+10	1	1	1.48E+10	5.62E+10	Ⅰ类
		^{11}C	1.85E+09	1	1	1.85E+09		
		^{13}N	1.85E+09	1	1	1.85E+09		
		^{68}Ga	3.7E+08	1	1	3.7E+08		
		^{64}Cu	3.7E+08	1	1	3.7E+08		
		^{89}Zr	3.7E+08	100	1	3.7E+10		
	质控室	^{18}F	1.85E+7	1	1	1.85E+7	1.94E+9	Ⅱ类
		^{11}C	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{13}N	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{68}Ga	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{64}Cu	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{89}Zr	1.85E+7	100	1	1.85E+9		
	放化实验室	^{18}F	1.85E+7	1	1	1.85E+7	1.94E+9	Ⅱ类
		^{11}C	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{13}N	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{68}Ga	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{64}Cu	1.85E+7	1	1	1.85E+7		
		^{89}Zr	1.85E+7	100	1	1.85E+9		
地下二层核素诊断及敷贴治疗场所	1 号储源室	^{18}F	1.48E+10	1	100	1.48E+08	1.28E+09	Ⅱ类
		^{11}C	9.25E+08	1	100	9.25E+06		
		^{13}N	9.25E+08	1	100	9.25E+06		
		^{68}Ga	1.85E+08	1	100	1.85E+06		
		^{64}Cu	1.85E+08	1	100	1.85E+06		
		^{89}Zr	1.85E+08	100	100	1.85E+08		
		^{99m}Tc	5.55E+10	1	100	5.55E+08		
		^{32}P	3.70E+08	100	100	3.70E+08		
	PET 注射区	^{18}F	7.4E+09	1	1	7.4E+09	2.81E+10	Ⅱ类
		^{11}C	9.25E+08	1	1	9.25E+08		
		^{13}N	9.25E+08	1	1	9.25E+08		

			^{68}Ga	1.85E+08	1	1	1.85E+08		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	1	1.85E+08		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	1	1.85E+10		
		PET 注射后候诊室	^{18}F	7.4E+09	1	10	7.4E+08	2.81E+09	Ⅱ类
			^{11}C	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{13}N	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{68}Ga	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	10	1.85E+09		
		PET-CT 机房	^{18}F	7.4E+09	1	10	7.4E+08	2.81E+09	Ⅱ类
			^{11}C	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{13}N	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{68}Ga	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	10	1.85E+09		
		PET 留观室	^{18}F	7.4E+09	1	10	7.4E+08	2.81E+09	Ⅱ类
			^{11}C	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{13}N	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{68}Ga	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	10	1.85E+09		
		PET 污物暂存间、放废暂存间、清洁间	^{18}F	7.4E+09	1	10	7.4E+08	2.81E+09	Ⅱ类
			^{11}C	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{13}N	9.25E+08	1	10	9.25E+07		
			^{68}Ga	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	10	1.85E+07		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	10	1.85E+09		
		敷贴治疗室	^{32}P	3.70E+08	100	1	3.70E+10	3.70E+10	Ⅱ类
		敷贴制药室	^{32}P	3.70E+08	100	1	3.70E+10	3.70E+10	Ⅱ类
		SPECT 注射室	^{99m}Tc	2.78E+10	1	1	2.78E+10	2.78E+10	Ⅱ类
		SPECT 注射后候诊室	^{99m}Tc	2.78E+10	1	10	2.78E+09	2.78E+09	Ⅱ类
		SPECT-CT 机房	^{99m}Tc	2.78E+10	1	10	2.78E+09	2.78E+09	Ⅱ类
		SPECT 留观室	^{99m}Tc	2.78E+10	1	10	2.78E+09	2.78E+09	Ⅱ类
		SPECT 放废暂存间、清洁间、污洗打包间	^{99m}Tc	2.78E+10	1	10	2.78E+09	2.78E+09	Ⅱ类
		1 号分装室	^{99m}Tc	2.78E+10	1	1	2.78E+10	2.78E+10	Ⅱ类
		2 号分装室	^{18}F	1.48E+10	1	1	1.48E+10	3.55E+10	Ⅱ类
			^{11}C	9.25E+08	1	1	9.25E+08		
			^{13}N	9.25E+08	1	1	9.25E+08		
			^{68}Ga	1.85E+08	1	1	1.85E+08		
			^{64}Cu	1.85E+08	1	1	1.85E+08		
			^{89}Zr	1.85E+08	100	1	1.85E+10		
地下二		2 号储源室	^{131}I	9.25E+05	100	100	9.25E+05	2.00E+09	Ⅱ类

层核素门诊治疗场所		（甲吸）						
		^{131}I（甲亢）	1.85E+09	100	100	1.85E+09		
		^{89}Sr	1.48E+08	100	100	1.48E+08		
	3 号分装室	^{131}I（甲吸）	9.25E+05	100	1	9.25E+07	2.00E+11	Ⅰ类
		^{131}I（甲亢）	1.85E+09	100	1	1.85E+11		
		^{89}Sr	1.48E+08	100	1	1.48E+10		
	^{131}I 给药室	^{131}I（甲吸）	9.25E+05	100	1	9.25E+07	1.85E+11	Ⅰ类
		^{131}I（甲亢）	1.85E+09	100	1	1.85E+11		
	门诊注射室	^{89}Sr	1.48E+08	100	1	1.48E+10	1.48E+10	Ⅱ类
	甲吸测定室	^{131}I（甲吸）	9.25E+05	100	10	9.25E+06	9.25E+06	Ⅱ类
	放废暂存间	^{131}I	1.85E+09	100	100	1.85E+09	2.00E+09	Ⅱ类
		^{89}Sr	1.48E+08	100	100	1.48E+08		

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

表 10-6 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
结屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道[a]	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆[b]和去污设备	洗手盆[b]
a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。 b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。			

根据场所各级防护要求，本项目核医学科工作场所拟采取的辐射防护措施情况见下表。

表 10-7 拟采取的防护措施符合性分析

标准要求		拟采取的措施	是否满足要求
工作场所室内表面及装备结构要求	地面：与墙壁接缝无缝隙	本项目核医学涉及的储源室、分装室、固废暂存间、敷贴治疗室、卫生通过间、候诊室、^{131}I 给药室、PET-CT 机房、SPECT-CT 机房、留观室、抢救室等房间地面与墙壁的连接处均采用圆弧设计，保证连接处无缝隙。	满足
	表面：易清洗	工作台面和注射台表面拟采用不锈钢等易清洗材料。	满足
	通风橱：需要	医院拟设置 8 个通风橱（分装柜）。	满足
	室内通风：特殊的强制	已设计设置核医学工作场所专用的排风系统，核医学	满足

	通风	相关工作用房均连接至独立排风管道，每套通风系统各安装风机； 通风橱（分装柜）均设立单独排风管道，安装独立风机，保证通风效果。所有排放口均在高于所在建筑屋顶排放。	
	管道：下水道宜短，大水流管道宜有标记，以便维修检测。	衰变池位于医院东南侧满地，核医学相应场所下方你核医学科地下，下水管道与核医学距离较近，管道较短。大水流管道处按要求设有标记，以便维修检测。	满足
	盥洗与去污：洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制和去污设备	卫生间洗手盆拟设置感应式或脚踏式等手部非接触开关控制，各卫生通过间均拟配备一套去污工具。	满足
对于通风橱的要求	合成和操作放射性药物所用的通风橱，工作中应有足够的通风（不小于 0.5 米/秒），排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置	拟配备通风橱内风速满足不小于 0.5m/s，通风橱有单独管道，管道沿着排风竖井至屋顶。新建管道的排放口高于所在建筑物屋顶，排放前经高效活性炭过滤吸附装置过滤，在过滤装置前后分别设置采样口，以检测过滤效果，并定期更换活性炭吸附装置。	满足
放射性污水池的要求	Ⅰ类工作场所和开展放射性药物治疗的单位，应设有放射性污水池。	设置了衰变池，专门用于存放放射性废水	满足

10.2.3工作场所屏蔽设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-8。

表 10-8 核医学场所屏蔽防护措施一览表

区域	场所名称	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度
地下一层动物实验场所	注射室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	5mmPb 防护
		注射台	20mmPb 防护
	储源室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	5mmPb 防护
	接收室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	5mmPb 防护
		传递窗	8mmPb 防护
	注射后饲养室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	5mmPb 防护
	清洁间	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	3mmPb 防护
	消毒灭菌室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	3mmPb 防护
	小动物 PET-CT 机房	四侧墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb 防护
		观察窗	10mmPb 防护
	解剖室	四侧墙体	370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料
		防护门	3mmPb 防护
	核医学科研实验室	四侧墙体	东侧为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料 其余为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	3mmPb 防护
		手套箱	20mmPb 防护

	卫生通过间	四侧墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	3mmPb 防护
	场所全域	地坪	180mm 砼
		顶盖	260mm 砼
地下二层核素制备场所	回旋加速器机房	四周墙体	南侧为 2400mm 砼 其余各侧为 600mm 砼
		防护门	15mmPb+10cm 聚乙烯
		顶棚	600mm 砼
		地皮	600mm 砼
	热室	四周墙体	东侧为 600mm 砼 其余三侧为 300mm 砼
		防护门	8mmPb
		传递窗	8mmPb
		合成柜、分装柜	100mmPb
	质控室	四周墙体	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	8mmPb
		通风柜	20mmPb
		传递窗	8mmPb
	放化实验室	四周墙体	北侧为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料 其余为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	8mmPb
		通风柜	20mmPb
	场所全域	地坪	250mm 砼
		顶盖	260mm 砼
地下二层核医学核素诊断及敷贴场所	检查走廊前区	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		南侧缓冲间防护门	均采用 2mmPb
		西侧防护门	8mmPb
		东侧防护门	15mmPb
		北侧防护门	10mmPb
	PET 注射区	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		注射窗	40mmPb
	PET 注射后候诊室	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb
	PET-CT 机房	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		受检者防护门	10mmPb
		工作人员防护门	15mmPb
		观察窗	15mmPb
	PET 留观室	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb
	PET 污物暂存间	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb
	PET 放废暂存间	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb
	PET 清洁间	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		防护门	10mmPb
	PET 区域受检者走廊	四周墙体	370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料
		患者离院防护门	15mmPb

		敷贴治疗室	四周墙体	北侧和西侧为370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料 南侧和东侧为240mm实心砖+10mm硫酸钡涂料
			工作人员防护门	3mmPb
			病人防护门	2mmPb
		敷贴制药室	四周墙体	北侧为370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料 其余为240mm实心砖+10mm硫酸钡涂料
			防护门	3mmPb
			通风柜	10mmPb
		抢救室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	6mmPb
		SPECT注射室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	10mmPb
			注射窗	10mmPb
		SPECT注射后候诊室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	6mmPb
		SPECT-CT机房	四周墙体	北侧为300mm砼 其余为370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			受检者防护门	6mmPb
			工作人员防护门	8mmPb
			观察窗	8mmPb
		SPECT留观室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	6mmPb
		SPECT放废暂存间	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	6mmPb
		SPECT区域受检者走廊	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			患者离院防护门	8mmPb
		1号储源室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	6mmPb
			传递窗	10mmPb
		1号分装室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	10mmPb
			注射窗	10mmPb
			手套箱	25mmPb
		2号分装室	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	15mmPb
			注射窗	40mmPb
			手套箱	60mmPb
		卫生通过间	四周墙体	370mm实心砖+30mm硫酸钡涂料
			防护门	10mmPb
		场所全域	地坪	250mm砼
			顶盖	260mm砼
	地下二层核素门诊治疗场所	^{131}I给药室	四周墙体	370mm实心砖+20mm硫酸钡涂料
			防护门	8mmPb
			给药窗口	20mmPb
		^{131}I留观室	四周墙体	370mm实心砖+20mm硫酸钡涂料
			北侧防护门	8mmPb
			南侧防护门（缓	6mmPb

		冲间）	
		卫生间防护门	6mmPb
	^{131}I 离院缓冲间	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		南侧防护门	8mmPb
	清洁间	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	6mmPb
	门诊注射室	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	8mmPb
		注射窗口	20mmPb
	3 号分装室	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	8mmPb
		手套箱	20mmPb
	2 号储源室	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		南侧防护门	5mmPb
		东侧防护门	8mmPb
	放废暂存间	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	8mmPb
	甲吸测定室	四周墙体	370mm 实心砖
		防护门	普通门体
	卫生通过间	四周墙体	370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料
		防护门	5mmPb
	场所全域	地坪	250mm 砼
		顶盖	260mm 砼

10.2.4辐射安全和防护、环保相关设施

10.2.4.1辐射安全措施

（1）动物实验场所

1）电离辐射警告标志

建设单位计划在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。在小动物 PET/CT 机房防护门上方设置工作状态指示灯，并与防护门联锁，防护门关闭时指示灯为红色，防护门打开时，指示灯灭。

2）紧急止动装置及紧急开门按钮

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

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

3）操作警示装置

小动物 PET/CT 扫描时，操纵台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

（2）核素制备场所

1）回旋加速器室安全设施

①安全联锁：回旋加速器机房的防护门与加速器的高压设置联锁，当防护门未关闭到位时，加速器无法开启高压出束；当加速器工作过程中误操作打开防护门时，加速器立即停止出束；控制台和大厅门钥匙控制；辐射报警灯和报警与加速器准备出束状态联锁，准备出束时发出警示；

②工作指示灯：回旋加速器机房防护门外拟设置红黄绿三色工作指示灯信号，用于提示机房内设备的运行状态。红灯亮表示加速器正在出束工作；黄灯亮表示加速器已停机，加速器屏蔽门处于打开状态，非职业工作人员禁止入内；绿灯亮表示加速器已停机，屏蔽门处于关闭状态；

③电离辐射警告标志：回旋加速器工作场所入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

④开门开关：回旋加速器机房入口门内侧及外侧，靠近防护门处设置 1 个开门开关，当人员被关在机房内紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器停止出束；

⑤急停开关：回旋加速器机房进出口、控制台操作台合适位置上各设置 1 个急停开关，人员滞留在机房内时就可以按下开关，实现加速器停止出束；

⑥固定式剂量监测：回旋加速器机房防护门内设置固定式剂量率仪监测探头；

⑦视频监控：回旋加速器机房内拟安装视频监控，监视器设置于控制室内，工作人员可及时掌握回旋加速器机房内部情况。

2）热室工作场所安全设施

①电离辐射警告标志：热室入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②当加速器制备出核素之后，放射性核素传输之前，热室设备将根据程序设定，自动检测合成热室的门是否已经关闭，合成热室里面的压力是否满足负压要求；只有这两项条件均满足的情况下，放射性核素才能通过管道进行传送，同时在控制室内操作台上有相应的核素传输工作状态指示灯；

③剂量监测：合成热室所在房间内安装固定式剂量率仪，当探测到剂量率超过设置阈值时，则有声光报警，人员马上撤离；

④视频监控：拟安装视频监控系统，便于辐射工作人员观察操作场所内及周边的情况。

3）质控室工作场所安全设施

①电离辐射警告标志：质控室入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②剂量监测：质控室内设置固定式剂量率仪，当探测到剂量率超过设置阈值时，则放化实验室内声光报警，人员马上撤离。

4）放化实验室安全设施

①电离辐射警告标志：放化实验室入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

②剂量监测：放化实验室内设置固定式剂量率仪，当探测到剂量率超过设置阈值时，则放化实验室内声光报警，人员马上撤离。

（3）核素诊断场所及敷贴治疗场所

1）电离辐射警告标志

建设单位拟在核医学科核素诊断及敷贴治疗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，警示人员注意辐射影响。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）紧急止动装置

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

3）操作警示装置

PET-CT 或 SPECT/-CT 扫描时，操作台上的指示灯变亮，警示装置发出警示声音。

4）视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察受检者的情况、核素诊断工作及敷贴治疗场所出入口情况；PET-CT 机房、SPECT-CT 机房和控制室之间拟安装对讲装置，便于工作人员通过对讲装置于机房内受检者联系。

5）门禁系统

在核素诊断工作及敷贴治疗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）核素门诊治疗场所

1）医院 ^{131}I 拟采用碘自动分装仪，分装仪与 ^{131}I 给药室相连，^{131}I 给药室内侧设置患者取药口；

2）医院对 ^{131}I 的自动分装、给药、服药等全程采取监控措施；

3）核素门诊治疗场所出入口、铅废物桶表面拟设置符合 GB18871-2002 规范的电离辐射警告标志；

4）核素门诊治疗场所拟设置动力排风装置，并保持良好的通风；

5）医院在核素门诊治疗场所的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。

10.2.4.2 辐射防护用品

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

表 10-9 本项目核医学科防护设施及用品配备计划

动物实验场所				
序号	防护用品名称	数量	防护厚度（mmPb）	设置场所
1	储源铅箱	1 个	40	储源室
2	药物铅罐	2 个	20	储源室
3	通风橱	2 台	20	注射室、核医学科研实验室
4	活度计	1 台	/	注射室
5	注射器屏蔽套	1 套	10	注射室
6	放射性废物桶	6 个	10	核医学科研实验室、小动物 PET-CT 机房、污物暂存间、解剖室、消毒灭菌室、注射室
7	废物衰变箱	1 个	10	污物暂存间、废药暂存间
8	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	4 套	0.5	核医学科研实验室、数据处理室
9	去污工具	2 套	/	缓冲间
10	表面污染监测仪	1 台	/	缓冲间
11	辐射剂量率仪	1 台	/	退更检测室
12	个人剂量报警仪	2 台	/	人员随身携带
13	个人剂量计	1 个/人	/	人员随身携带
14	防护应急物品	若干	/	缓冲间、核医学科研实验室
核素制备场所				
序号	防护用品名称	数量	防护厚度（mmPb）	设置场所
1	药物转运铅罐	2 个	50	外包室
2	通风橱	2 台	20	放化实验室、质控室
3	活度计	2 台	/	放化实验室、质控室
4	放射性废物桶	2 个	10	放化实验室、外包室
5	废物衰变箱	1 个	15	废物间
6	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅	4 套	0.5	热室控制室、放化实验室、质控

	橡胶帽子、铅防护眼镜			室、外包间
7	去污工具	2 套	/	缓冲间
8	表面污染监测仪	1 台	/	退更检测室
9	个人剂量报警仪	4 台	/	人员随身携带
10	个人剂量计	1 个/人	/	人员随身携带
11	长柄小推车	1 辆	/	核素制备场所
核素诊断及敷贴治疗场所				
序号	防护用品名称	数量	防护厚度（mmPb）	设置场所
1	储源铅箱	1 个	40	1 号储源室
2	药物铅罐	3 个	20	1 号储源室
3	通风橱	1 台	60	2 号分装室
4	通风橱	1 台	25	1 号分装室
5	通风橱	1 台	10	敷贴治疗制药室
6	活度计	2 台	/	1 号分装室、2 号分装室
7	入墙式注射台	1 套	40	2 号分装室
8	入墙式注射台	1 套	10	1 号分装室
9	注射器屏蔽套	2 套	10	2 号分装室
10	注射器屏蔽套	2 套	5	1 号分装室
11	放射性废物桶	6 个	10	2 号分装室、PET 注射后候诊室、PET 留观室、PET 患者注射窗台下方
12	放射性废物桶	7 个	10	1 号分装室、SPECT 注射后候诊室、SPECT 留观室、抢救室、SPECT 患者注射窗台下方
13	废物衰变箱	3 个	10	放射废物暂存间
14	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	6 套	0.5	1 号分装室、2 号分装室、PET-CT 控制室、SPECT-CT 控制室
15	去污工具	2 套	/	卫生通过间
16	表面污染监测仪	1 台	/	退更检测室
17	个人剂量报警仪	4 台	/	人员随身携带
18	个人剂量计	1 个/人	/	人员随身携带
19	防护应急物品	若干	/	抢救室、各留观室、各注射后候诊室
核素门诊治疗场所				
序号	防护用品名称	数量	防护厚度（mmPb）	设置场所
1	储源铅箱	1 个	40	2 号储源室
2	药物铅罐	2 个	20	2 号储源室
3	通风橱	1 台	20	3 号分装室
4	活度计	1 台	/	3 号分装室
5	入墙式注射台	2 套	20	3 号分装室
6	注射器屏蔽套	2 套	5	3 号分装室
7	放射性废物桶	6 个	10	3 号分装室、^{131}I 给药室、留观室、门诊注射室、甲吸测定室、患者注射窗台下方
8	废物衰变箱	1 个	10	放射性废物间
9	铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜	2 套	0.5	3 号分装室

10	去污工具	2 套	/	缓冲间
11	表面污染监测仪	1 台	/	退更检测室
12	个人剂量报警仪	2 台	/	人员随身携带
13	个人剂量计	1 个/人	/	人员随身携带
14	自动分装仪	1 台	/	3 号分装室
15	防护应急物品	若干	/	3 号分装室、留观室

10.2.4.3 放射性药物的存放控制措施

本项目核医学科使用的正电子放射性核素药物均为医院自行生产，药物生产完毕后自动进入转运铅罐，由专人使用转运小推车，经由核素专用转运通道送至核医学动物实验场所和核医学核素诊断及敷贴治疗场所的 1 号储源室内。其余核医学科诊断治疗药物提前一天向供药单位订购放射性药物，供药单位在约定的时间，将预约用量的药物送至核医学科，核医学科安排专人接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在 1 号储源室、2 号储源室或核医学动物实验场所的储源室内。

建设单位必须配备专(兼)职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、注销登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存帐、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。放射性药物要设有专门可靠的防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”安全设施的贮存场所，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起。

10.2.4.4 表面污染控制措施

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

（1）放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外撒漏；

（2）操作放射性药物时，须在有负压的通风橱内进行，防止放射性物质撒漏；

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

（4）操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

10.2.4.5 人员防护措施

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

屏蔽防护：通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品，注射器配备注射防护套和注射器防护提盒。

时间防护：在满足工作质量的前提下，尽量减少扫描时间，使照射时间最小化。

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

（2）其他人员防护

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

时间防护：设置明显的警示措施，提示其他人员尽可能减少在辐射工作场所周围的停留时间。

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

10.2.4.6 操作过程中的防护措施

医生在进行放射性药品分装、测活、注射操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣，铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。放射性药品分装操作均在通风橱内完成，通风橱设置有相应的铅当量防护层，分装测活后放射性药品装于配备屏蔽套的注射器中，将其置于注射器防护提盒内后转运至注射台，注射时医院和病人之间设置有相应铅当量的入墙式注射台。分药时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。通风橱底部设有废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。注射时注射器外还配有注射器铅防护套，注射操作台拟采用铅玻璃防护。注射操作时，医生（采取相应防护措施）与病人及药物分别位于铅玻璃的两侧，病人注射后进入注射后候诊室候诊。

核素治疗场所中甲亢治疗及甲吸检查使用的 ^{131}I 放射性药物均通过自动分装仪进行分装，医生在 3 号分装室通过电脑控制系统操作碘自动分装仪自动分装药物，通过监控装置，语音指导患者服药，甲亢患者和甲吸受检者服药后即可离开核医学科。

医生在进行放射性药品质检操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣，铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，均具备 0.5mmPb 当量。工作人员分装少量药物并置于铅防护罐内，通过药物传递窗口送达质控室。质控人员将药物转移至通风橱内，利用注射器或毛细管在通风橱内沾取少量药物，滴在烧杯内试纸上待扩散完全后进行检测。

10.2.4.7 对服药和注射后病人的防护措施

（1）对核医学科门诊病人的防护和管理措施

首先告知病人及家属辐射可能带来的危害性，患者要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在候诊室内驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封源工作场所，同时需要求患者在注射后在注射后候诊室静候，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入注射后候诊室内专用厕所，最终排入衰变池。

10.2.4.8 辐射安全与防护措施符合性分析

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《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）中的相关检查内容，将本项目核医学科在设计阶段采取的辐射安全设施进行对照分析，具体情况见表 10-10。

表 10-10 本项目核医学科辐射安全防护设施汇总对照分析表

一、核医学科射线装置工作场所			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	隔室操作	已设计	符合
	观察窗防护	已设计（除回旋加速器机房外）	符合
	门防护	已设计	符合
	候诊位设置	拟设置（除核素制备场所和动物实验场所外）	符合
	辅助防护用品	拟配备	符合
	通风设施	拟设置	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	入口处工作状态显示	拟设置	符合
其他	个人剂量计	拟增配	符合
二、核医学科非密封放射性物质操作场所			
核素操场所设施	分区管理	拟执行	符合
	场所门外电离辐射警示标志	拟设置	符合
	通风设施	已设计	符合
	注射用屏蔽设施	拟设置（除核素制备场所外）	符合
	病人专用卫生间	拟设置（除核素制备场所和动物实验场所外）	符合
	患者进出口单向门禁	拟设置（除核素制备场所和动物实验场所外）	符合
其它	门外电离辐射警示标志	拟设置	符合
	储源场所防火、防水、防盗、防丢失、防破坏措施	拟设置	符合
	通风橱	拟设置	符合
其他			
监测设备	便携式辐射辐射剂量仪器仪表（污染、辐射水平等）	拟配置	符合
	个人剂量计	拟配置	符合
放射性废液	放射性下水及标识（衰变池）	已设计	符合

和放射性废物	放射性废物暂存间，防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏措施	拟设置	符合
	放射性固体废物收集容器、标识、标签	拟配备	符合
防护器材	个人防护用品	拟配备	符合
	放射性表面去污用品和试剂	拟配备	符合

10.3 介入放射学项目设施安全与防护分析

10.3.1 工作场所布局分析及分区情况

（1）工作场所布局分析

本项目介入放射学机房分布于医技病房楼一层、三层和四层。医技病房楼一层拟设置 2 间急诊手术室，医技病房楼三层拟设置 4 间 DSA 手术室和 2 间 ERCP 机房，医技病房楼四层拟设置 2 间复合手术室，相关机房设置情况详见表 10-11 至表 10-14。

表 10-11　医技病房楼一层拟设辐射手术室情况一览表

机房	急诊手术室 1	急诊手术室 2
机房上方布局	治疗室、设备库房	办公室、库房、更衣室
机房下方布局	车库	车库
机房东面布局	CT 暂存间	楼梯间
机房南面布局	病人通道	病人通道、卫生间
机房西面布局	过道	CT 暂存间
机房北面布局	控制室、设备间、过道	控制室、过道
防护门	北墙中部和北墙东侧分别各设一扇平开门 南墙中部设一扇平移门	北墙东侧和北墙中部分别各设一扇平开门； 南墙中部设一扇平移门
观察窗	北墙东侧	北墙西侧
控制位	手术室北侧	手术室北侧

表 10-12 医技病房楼三层拟设辐射手术室情况一览表

机房	DSA 手术室 1	DSA 手术室 2	DSA 手术室 3	DSA 手术室 4
机房上方布局	洁净走廊、缓冲间、复合手术室 1	手术室 OR26	急诊手术室控制室、洁净走廊	手术室 OR28
机房下方布局	急诊门厅	急诊抢救大厅	药房、门厅	急诊诊室、过道
机房东面布局	控制走廊	洁净走廊	控制走廊、缓冲间	洁净走廊
机房南面布局	设备间、导管库	导管库、设备间、污物走廊	设备间、净化机房	洁净走廊
机房西面布局	污物走廊	控制走廊	室外临空	控制走廊
机房北面布局	电梯间、洁净走廊、污物走廊	洁净走廊	污物走廊、导管库	设备间、铅衣存放间、污物走廊
防护门	北墙东侧设一扇平移门； 东墙南侧设一扇平开门	北墙西侧设一扇平移门； 西墙南侧设一扇平开门；	南墙西侧和东墙北侧分别设一扇平开门； 东墙南侧设一扇平移门	西墙北侧和北墙东侧分别设一扇平开门； 南墙西侧设一扇平移门

观察窗	东墙中部	西墙中部	东墙北侧	西墙中部
控制位	手术室东侧	手术室西侧	手术室东侧	手术室西侧

表 10-13　医技病房楼三层拟设 ERCP 机房情况一览表

机房	1 号 ERCP 机房	2 号 ERCP 机房
机房上方布局	手术中心过道、手术室 OR26	无菌间
机房下方布局	医护休息室	急诊示教室
机房东面布局	控制室	内镜洗消区、过道
机房南面布局	库房	室外临空
机房西面布局	洁净走廊	控制室
机房北面布局	缓冲间、更衣室	缓冲间、控制室
防护门	东墙北侧设一扇平开门 北墙西侧设一扇平移门	北墙东侧设一扇平开门； 西墙南侧设一扇平移门
观察窗	东墙中部	西墙中部
控制位	机房东侧	机房西侧

表 10-14　医技病房楼四层拟设复合手术室情况一览表

机房	1 号复合手术室	2 号复合手术室
机房上方布局	休息室、上人屋面	上人屋面
机房下方布局	介入中心 DSA1 号机房、控制室、库房	介入中心缓冲间、净化机房、洁净走廊、办公室
机房东面布局	污物走廊	污物走廊
机房南面布局	MRI 设备间	污物走廊
机房西面布局	缓冲间、库房、控制室	控制室、缓冲间、库房
机房北面布局	洁净走廊	MRI 设备间
防护门	西墙北侧和东墙北侧分别设一扇平移门 南墙中部设双扇推拉门	西墙中部和东墙中部分别设一扇平移门； 北墙中部设双扇推拉门
观察窗	西墙南侧	西墙北侧
控制位	机房西南侧	机房西北侧

本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房布局与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）对照分析见表 10-15。

表 10-15 本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房布局与标准对照分析

项目	GBZ 130-2020 要求	设置情况	评价
机房布置情况	每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求	本项目拟设置的 DSA 及中型 C 臂机设备均设有单独的机房，机房最小使用面积及最小单边长度均满足设备的布局要求	满足
	X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全	本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房分布于医技住院楼一层、三层和四层，相邻区域均没有产科、儿科等敏感科室，采取了相应的屏蔽防护措施，考虑了邻室及周围场所的人员防护与安全	满足
	应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	本项目新增 DSA 及中型 C 臂机设备有用线束不会直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位	满足
受检者	受检者不应在机房内候诊	本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和	满足

候诊区		ERCP 机房的受检者均不在机房内候诊	
机房面积	最小有效使用面积不小于 20m^2，最小单边长度不小于 3.5m	急诊手术室 1（复合手术）：8.4m×6.55m=55.02m^2 急诊手术室 2（复合手术）：8.4m×6.55m=55.02m^2 DSA 手术室 1（介入手术）：7.9m×6.4m=50.56m^2 DSA 手术室 2（介入手术）：7.65m×6.4m=48.96m^2 DSA 手术室 3（介入手术）：11.6m×7.35m=85.26m^2 DSA 手术室 4（介入手术）：9.3m×7.1m=66.03m^2 1 号 ERCP 机房（中型 C 臂机房）：7.05m×4.81m=33.91m^2 2 号 ERCP 机房（中型 C 臂机房）：7.05m×4.76m=33.56m^2 1 号复合手术室（复合手术）：9.2m×7.6m=69.92m^2 2 号复合手术室（复合手术）：9.4m×7.6m=71.44m^2	满足

经对照分析可知，本项目拟建急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房的设置满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）平面布局的要求，急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房采取了防辐射的屏蔽措施，能够满足放射诊疗需求，并且充分考虑了相邻场所的防护安全，因此，本项目工作场所布局合理，平面布局图详见图 10-6 至图 10-9。

（2）工作场所分区

医院根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求，并结合医院实际情况以及该项目的特点，拟将本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房辐射工作场所划分为控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房控制区和监督区划分如下：

控制区：急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房内部区域；

监督区：与急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房紧邻的辅助工作用房（控制室、准备间、设备机房）、过道、相邻诊室等。

本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房控制区和监督区的划分如图 10-6 所示，本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房辐射工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求，符合 GB18871-2002 的规定。

图 10-6 本项目医技住院楼一层急诊手术室平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-7 本项目医技住院楼三层 DSA 手术室平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-8 本项目医技住院楼三层 ERCP 手术室平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

图 10-9 本项目医技住院楼四层复合手术室平面布局、“两区”划分及路径规划示意图

10.3.2 辐射安全及防护措施

本项目 DSA 及中型 C 臂机射线装置的主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 DSA 及中型 C 臂机射线装置产生的 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

（1）设备固有安全性

本项目使用的 DSA 及中型 C 臂机射线装置，拟购买于正规厂家，根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020），设备具备以下安全防护措施：

①采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适的过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

③采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

④采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，即称之为图像冻结（last image hold，LIH）。充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

⑤配备相应的表征剂量的指示装置：配备有相应的表征剂量的指示装置，当机房内出现超剂量照射时会出现报警提醒。

⑥急停开关装置：介入手术床旁设置急停开关（各开关串联并与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动急停开关，可停止 X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

（2）本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房辐射屏蔽设计

本项目介入手术室、复合手术室和中型 C 臂机房防护设计方案详见表 10-16。

表 10-16 本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房防护设计方案一览表

场所	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度
急诊手术室 1-2	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料
	机房间隔墙	4mmPb 辐射防护板
	顶棚	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料

	地坪	180mm 砼+15mm 硫酸钡涂料
	防护门	内衬 3.5mm 铅板
	观察窗	3.5mm 铅当量防护玻璃
DSA 手术室 1-4	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料
	顶棚	260mm 砼
	地坪	260mm 砼
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	4mm 铅当量防护玻璃
1-2 号 ERCP 机房	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料
	顶棚	260mm 砼
	地坪	260mm 砼
	防护门	内衬 4mm 铅板
	观察窗	4mm 铅当量防护玻璃
复合手术室 1-2	四侧墙体	3mmPb 辐射防护板
	顶棚	260mm 砼
	地坪	260mm 砼
	防护门	内衬 3.5mm 铅板
	观察窗	3.5mm 铅当量防护玻璃
注：表中砼为标准混凝土，密度为 2.35g/cm^3；铅的密度为 11.3g/cm^3，实心红砖的密度为 1.99g/cm^3；硫酸钡涂料的密度不小于 2.79g/cm^3。		

根据医院采购意向，本项目 DSA 射线装置管电压不超过 150kV，中型 C 臂机射线装置管电压不超过 150kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2 可计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。

根据本项目 DSA 和中型 C 臂机设备的特性，工作场所顶棚主要考虑设备主射线的影响，其余区域主要考虑设备散射线和泄漏射线的影响，本项目 DSA 和中型 C 臂机设备在实际使用中不会使用到最大管电压（150kV），但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍分别按照 150kV 下辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-17 铅、砖、混凝土对射线装置管电压的 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压（kV）	铅			混凝土		
	α	β	γ	α	β	γ
150（主束）	1.757	5.177	0.3156	0.03243	0.08599	1.467
150（散射）	1.791	5.478	0.5678	0.03240	0.07750	1.566

本项目混凝土的密度为 2.35g/cm^3，铅的密度为 11.3g/cm^3，实心红砖的密度为 1.99g/cm^3。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2，可计算得出 150kV 主束辐射下：150mm 混凝土等效铅当量约为 1.6mmPb，180mm 混凝土等效铅当量约为 1.9mmPb，260mm 混凝土等效铅当量约为 3mmPb；150kV 散射辐射下：150mm 混凝土等效铅当量约为 1.9mmPb，180mm 混凝土等效铅当量约为 2.4mmPb，260mm 混凝土等效铅当量约为 3.6mmPb。

本项目拟使用的硫酸钡防护涂料密度不低于 2.79g/cm^3，参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）P105，管电压为 150kV 时，17mm 硫酸钡涂料（钡水泥）为 1mmPb，

38mm 硫酸钡涂料为 2mmPb，利用插值法可计算得:10mm 硫酸钡涂料等效铅当量约为 0.6mmPb,15mm 硫酸钡涂料等效铅当量约为 0.9mmPb,20mm 硫酸钡涂料等效铅当量约为 1.1mmPb；

本项目拟使用的实心红砖密度为 1.99g/cm³，参考《放射防护实用手册》（主编赵兰才、张丹枫）P105，管电压为 150kV 时，370mm 红砖为 4mmPb。

本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房各屏蔽防护材料折算后的等效屏蔽铅当量，具体结果见表 10-18。

表 10-18 本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房屏蔽材料的铅当量折算结果

场所	屏蔽体	拟采取的屏蔽防护材料及厚度	等效铅当量（mmPb）	GBZ130-2020 标准要求	评价
急诊手术室 1-2	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料	4.6	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	机房间隔墙	4mmPb 辐射防护板	4.0		符合
	顶棚	150mm 砼+20mm 硫酸钡涂料	3.0		符合
	地坪	180mm 砼+15mm 硫酸钡涂料	3.3		符合
	防护门	内衬 3.5mm 铅板	3.5		符合
	观察窗	3.5mm 铅当量防护玻璃	3.5		符合
DSA 手术室 1-4	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料	4.6	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	顶棚	260mm 砼	3.6		符合
	地坪	260mm 砼	3.6		符合
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	4mm 铅当量防护玻璃	4.0		符合
1-2 号 ERCP 机房	四侧墙体	370mm 实心红砖+10mm 硫酸钡涂料	4.6	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	顶棚	260mm 砼	3.6		符合
	地坪	260mm 砼	3.6		符合
	防护门	内衬 4mm 铅板	4.0		符合
	观察窗	4mm 铅当量防护玻璃	4.0		符合
复合手术室 1-2	四侧墙体	3mmPb 辐射防护板	3.0	有用线束为 2mm 铅当量，非有用线束方向为 2mm 铅当量	符合
	顶棚	260mm 砼	3.6		符合
	地坪	260mm 砼	3.6		符合
	防护门	内衬 3.5mm 铅板	3.5		符合
	观察窗	3.5mm 铅当量防护玻璃	3.5		符合

注：表中砼为标准混凝土，密度为 2.35g/cm³；铅的密度为 11.3g/cm³，实心红砖的密度为 1.99g/cm³；硫酸钡涂料的密度不小于 2.79g/cm³。

表 10-19 本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房规格与标准对照表

机房名称	拟设置情况		标准要求		符合性评价
	最小单边长度（m）	有效使用面积（㎡）	最小单边长度（m）	有效使用面积（㎡）	
急诊手术室 1（复合手术）	6.55	55.02	3.5	20	符合
急诊手术室 2（复合手术）	6.55	55.02	3.5	20	符合
DSA 手术室 1（介入手术）	6.4	47.36	3.5	20	符合
DSA 手术室 2（介入手术）	6.4	48.96	3.5	20	符合
DSA 手术室 3（介入手术）	7.35	85.26	3.5	20	符合
DSA 手术室 4（介入手术）	7.1	66.03	3.5	20	符合
1 号 ERCP 机房（ERCP 治疗）	4.8	33.84	3.5	20	符合

2 号 ERCP 机房（ERCP 治疗）	4.76	33.56	3.5	20	符合
复合手术室 1（复合手术）	7.6	69.92	3.5	20	符合
复合手术室 2（复合手术）	7.7	72.38	3.5	20	符合

通过表 10.17、表 10.18 可知，本项目的急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房面积、最小单边长度均大于标准要求，其四面墙体、地坪、顶棚、防护门以及观察窗均采取了辐射屏蔽措施，充分考虑了邻室（含楼上及楼下）及周围场所的人员防护与安全，且屏蔽厚度均高于有用线束和非有用线束铅当量防护厚度标准规定值。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房的防护设施的技术要求满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中的相关防护设施的技术要求。

（3）距离防护

机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

（4）时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

（5）其他辐射安全防护措施

①机房门外设电离辐射警告标志，机房门上方设有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；在监督区、控制区墙体合适位置张贴监督区、控制区警示标识；患者防护门为推拉门，设有防夹装置和门机连锁，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联；工作人员防护门为平开门，设有自动闭门装置和门机连锁，且防护门上方的工作状态指示灯能与机房门有效关联。

②控制室墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，警告无关人员请勿靠近。手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。

④本项目所有辐射工作人员必须配备个人剂量计：在机房内的辐射工作人员应采用双剂量计检测方法（分别佩戴于铅橡胶围裙外锁骨对应的领口位置、铅橡胶围裙内躯干上）；机房内分别设置视频对讲装置 1 套，监视器位于控制台。在控制台上、介入手术床旁设置急停开关（各按钮串联并与 X 射线系统连接），一旦出现异常，按动任一个急停开关，均可停止

X 射线系统出束，并在急停开关旁设置醒目的中文提示。

⑤机房设置独立的通排风系统，通风次数不低于 4 次/h，能保持机房内良好的通风。

⑥电缆线通过电缆沟穿出机房，以斜 45°路径穿过机房墙体到达控制室，电缆沟表面铺设 2mm 铅板进行防护补偿，从而不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

⑦机房内不堆放与本项目诊断无关的杂物。

⑧机房候诊区设置辐射防护注意事项告知栏。

⑨急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房应配备相应的防护用品与辅助防护设施，其配置要求需求按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求进行配制。

表 10-20 本项目拟配备个人防护用品与标准对照表

机房名称	人员类型	GBZ130-2020 要求		本项目拟配置情况		评价
		个人防护用品	辅助防护用品	个人防护用品	辅助防护用品	
急诊手术室 1-2；DSA 手术室 1-4；1-2 号 ERCP 机房；1-2 号复合手术室	工作人员	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	防护铅当量为0.5mmPb 的铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜各4套/手术室，防护铅当量不低于0.025mmPb的介入防护手套4套/手术室	防护铅当量为 0.5mmPb 的铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘各 1件/手术室	符合
	患者和受检者	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	——	防护铅当量为0.5mmPb 的方巾1套/手术室，防护铅当量为0.5mmPb的铅橡胶颈套、铅橡胶帽子各1套/手术室	——	符合

10.3.3 辐射安全与防护措施符合性分析

为保证辐射安全，防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《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）中的相关检查内容，将本项目急诊手术室、DSA 手术室、复合手术室和 ERCP 机房在设计阶段采取的辐射安全设施进行对照分析，具体情况见表 10-21。

表 10-21 DSA 和中型 C 臂机辐射安全防护设施汇总对照分析表

序号	项目	规定的措施	落实情况
1	场地设施	铅防护吊屏、床下铅帘	厂家配置
2		铅衣、铅围裙、铅眼镜等个人防护用品	拟配置
3		患者局部防护	拟配置
4		观察窗屏蔽	已设计有
5		机房防护门窗	已设计有

6		通风设施	已设计有
7		入口处电离辐射警告标志	拟配置
8		入口处工作状态显示	已设计有
9		治疗室内准备出束音响提示	拟配置
10	监测设备	个人剂量计	拟配置
11		便携式 X-γ辐射监测仪	拟配置

综上所述，本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽各自辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的各辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

10.4 三废分析

10.4.1 施工期三废治理

（1）废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，但影响仅局限在施工现场附近区域。拟采取湿法作业控制排放扬尘，通过洒水增湿可以在很大程度上减少粉尘飞扬现象，加强管理。

（2）噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。

（3）废水

施工期废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，不外排。生活污水产量较小，拟依托医院临时污水处理设施进行处理。

（4）固体废物

施工中固体废物主要为装修过程产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。装修垃圾能回收利用的继续利用，不能的送建筑垃圾处理厂堆放。施工人员生活垃圾由场内垃圾桶手机，日产日清，交由市政环卫部门统一手机清运。

10.4.2 运营期三废治理

10.4.2.1 废气处理措施

略

10.4.2.2 废水处理措施

略

10.4.2.3 固体废物处理措施

略

10.4.2.4 噪声治理措施

略

10.4.2.5 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”。报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

10.5 环保措施及其投资估算

本项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-21。本项目总投资 50000 万元，环保投资 345.5 万元，占总投资的 6.91%。

10.6 环保措施及其投资估算

本项目总投资约 50000 万元，其中环保投资约 345.5 万元，占总投资的 6.91%。本项目的环保设施及投资情况见表 10-22。

表 10-22　本项目环保预算一览表

项目		环保措施	投资（万元）
医用直线加速器机房	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程(含防护门)	计入建设费用
	安全措施	通排风系统 1 套	**
		门机联锁装置每个机房 1 套	**
		门灯联锁设施每个机房 1 套	**
		出束音响提示装置每个机房 1 套	**
		紧急开门按钮每个机房 1 个	**
		急停开关（每个机房不少于 8 个）	**
		监控系统每个机房 1 套	**
		对讲系统每个机房 1 套	**
		灭火装置每个机房 1 套	**
		固定式剂量报警仪每间机房 1 台	**
		X-γ 辐射监测仪 1 台	**
		中子剂量率仪 1 台	**

		个人剂量报警仪每间机房 2 台	**
		电离辐射警告标志、警示标志和警戒线（若干）	**
		个人剂量计每人 1 个/人	**
核素制备场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、药物合成柜）	计入建设费用
	防护设备	通风橱 2 套	**
		转运铅罐 2 个	**
		废物衰变筒 2 个	**
		废物衰变箱 1 个	**
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 4 套	**
		去污工具 2 套	**
		表面污染监测仪 1 台	**
		个人剂量报警仪 4 台	**
		个人剂量计 1 个/人	**
	废水	废水处理设施及相应管道	**
	废气	净化通风排风系统	**
核素动物实验场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗）	计入建设费用
	防护设备	储源铅箱 1 个	**
		药物铅罐 2 个	**
		通风橱 2 套	**
		放射性废物桶 6 个	**
		废物衰变箱 1 个	**
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 4 套	**
		去污工具 2 套	**
		表面污染监测仪 1 台	**
		辐射剂量率仪 1 台	**
		个人剂量报警仪 2 台	**
		个人剂量计 1 个/人	**
	废水	废水处理设施及相应管道	**
	废气	净化通风排风系统	**
核素诊断及敷贴治疗场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、注射台）	计入建设费用
	防护设备	储源铅箱 1 个	**
		药物铅罐 3 个	**
		通风橱 1 个（60mmPb 当量）	**
		通风橱 1 个（25mmPb 当量）	**
		通风橱 1 个（10mmPb 当量）	**
		放射性废物桶 13 个	**
		废物衰变箱 3 个	**
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 6 套	**

		去污工具 2 套	**
		表面污染监测仪 1 台	**
		个人剂量报警仪 4 台	**
		个人剂量计 1 个/人	**
	废水	废水处理设施及相应管道	**
	废气	净化通风排风系统	**
核素门诊治疗场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、注射台）	计入建设费用
	防护设备	储源铅箱 1 个	**
		药物铅罐 2 个	**
		通风橱 1 套	**
		放射性废物桶 6 个	**
		废物衰变箱 1 个	**
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 2 套	**
		去污工具 2 套	**
		表面污染监测仪 1 台	**
		个人剂量报警仪 2 台	**
		个人剂量计 1 个/人	**
	废水	废水处理设施及相应管道	**
	废气	净化通风排风系统	**
介入放射学工作用房	辐射屏蔽措施	防护工程（含防护门、观察窗）	计入建设费用
	通排风系统	通排风系统每间机房 1 套	**
	安全措施	门灯联锁每间机房 2 套、工作状态指示灯每间机房 1 套	**
		急停开关每间机房 3 个（床体和操作台各 1 个，拟在墙面增设 1 个）	**
		对讲系统每间机房 1 套	**
		电离辐射警告标志、警示标志和警戒线（若干）	**
		平开门每扇均配置闭门装置，电动平移门每扇均配置防夹装置	**
		灭火装置每个机房 1 套	**
	防护用品	患者防护用品 1 套/人	**
		医护人员防护用品若干	**
监测费用		射线装置工作场所监测费用	**
其他		辐射工组人员、管理人员及应急人员的组织培训	**
合计			**

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《成都市第五人民医院光华院区项目环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

11.1.1 装修施工的环境影响分析

（1）大气环境影响分析

装修过程中采用“环保型”油漆及涂料，产生的废气污染物主要是扬尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

（2）水环境影响分析

装修过程中施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院污水处理站处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

（3）声环境影响分析

装修过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量选择低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

装修过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

此外，在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的重叠量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生。

11.1.2 设备安装调试期间的环境影响分析

在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。院方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设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。设备

安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 放疗科工作场所辐射水平分析

略

11.2.2 核医学相关工作场所辐射水平分析

略

11.2.3 介入放射学 DSA 和中型 C 臂机工作场所辐射水平分析

略

11.2.4 大气环境影响分析

略

11.2.5 水环境影响分析

略

11.2.6 固体废物环境影响分析

略

11.2.7 声环境影响分析

略

11.3 辐射事故影响分析

略

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 等法律法规要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

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

主任委员：**

副主任委员：***

委员：***

秘书：***

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

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”。

12.2.2 主要规章制度

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

防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环办发[2016]1400号）的相关要求，医院已制定了一系列辐射安全规章制度，辐射安全管理规章制度落实情况见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	项目	规定的制度	落实情况	备注
1	综合	放射质量管理制度	已制定	/
2		放射科工作制度	已制定	/
3		放射科防护规章制度	已制定	/
4		放射防护操作制度	已制定	/
5		放射安全管理制度	已制定	/
6		辐射工作场所安全管理要求	已制定	/
7		基本技术规范、操作常规	已制定	/
8	场所设施	设备影像定期检测制度	已制定	根据本项目进行相应的调整
9		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	/
10	监测	辐射工作场所监测方案	已制定	根据本项目进行相应的调整
11	人员	特殊人群X线检查告知及同意签字制度	已制定	/
12		受检者防护制度	已制定	/
13		辐射工作人员岗位职责	已制定	/
14		医学影像资料（数据）保存、使用及专人管理制度	已制定	/
15	应急	放射性突发事件医学应急预案	已制定	/
16		辐射事故应急相应程序	已制定	根据本项目进行相应的调整
17	三废	辐射 “三废”管理规定	拟制定	根据本项目进行相应的调整
18	大纲	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	/

医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

目前建设单位已制定的规章制度包括：<辐射安全与防护管理办法>、<工作岗位职责>、<辐射工作场所安全管理要求>、<辐射安全和防护设施维护维修制度>、<成都市第五人民医院辐射安全与防护管理委员会>、<放射性突发事件医学应急预案>等管理制度，各项规章制度内容较全面，操作性强，可满足本项目运行的需要。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布的新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》提出，使用Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射监测仪等仪器。生产和使用非密封型放射性物质的单位还应当有表面污染检测仪。根据以上要求，建议建设单位依据表 12-1 的内容对本项目辐射工作场所进行辐射监测仪器配置。

表 12-1 本项目辐射工作场所辐射监测仪器拟配置清单

工作场所	监测仪器	拟配置数量	备注
核素制备工作场所	环境辐射巡测仪	配置 1 台	/
	表面污染监测仪	配置 1 台	/
	固定式剂量报警仪	配置 4 台	热室、回旋加速器机房内、质控室、放化实验室各 1 台
核素诊断及敷贴治疗场所	环境辐射巡测仪	配置 2 台	/
	表面污染监测仪	配置 1 台	退更检测室内
	个人剂量报警仪	配置 4 台	/
核素治疗场所	环境辐射巡测仪	配置 1 台	/
	表面污染监测仪	配置 1 台	退更检测室内
	个人剂量报警仪	配置 2 台	/
核素动物实验场所	环境辐射巡测仪	配置 1 台	/
	表面污染监测仪	配置 1 台	退更检测室内
	个人剂量报警仪	配置 4 台	/
放疗科加速器机房	环境辐射巡测仪	配置 1 台	/
	中子剂量仪	配置 1 台	/
	固定式剂量报警仪	配置 1 台	每间机房各配置 1 套
	个人剂量报警仪	配置 6 台	/
医技住院楼一层急诊手术室	个人剂量报警仪	配置 4 台	/

医技住院楼三层 DSA 手术室	个人剂量报警仪	配置 8 台	/
医技住院楼三层 ERCP 机房	个人剂量报警仪	配置 4 台	/
医技住院楼四层复合手术室	个人剂量报警仪	配置 4 台	/

12.3.2 监测计划

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

（1）个人剂量监测

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

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

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

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

③辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案终生保存。

（2）辐射工作场所及周围环境监测

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

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

③对新增加射线设备做到先环评再建设，手续齐全后再使用。

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

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

（3）验收监测

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）辐射监测的内容和要求

①监测内容：X-γ 空气吸收剂量率。

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

表 12-2　本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
医用直线加速器	X-γ辐射周围剂量当量率	委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；验收监测1次；自行开展辐射监测。	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、迷道内墙外、机房外敏感点等
	中子剂量当量率		
非密封型放射性物质工作场所（核素制备场所、核素诊断及敷贴治疗场所、核素治疗场所、核素动物实验场所）	X-γ辐射周围剂量当量率	委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；验收监测1次；自行开展辐射监测。	射线装置机房墙体、门（及其门缝）、观察窗表面外 30cm 处、顶棚上方（楼上）距顶棚地面 30cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处
			距工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处、顶棚上方(楼上)距顶棚地面 30cm 处、地面下方（楼下）距楼下地面 170cm 处
	放射性废水		放射性废水衰变池排放口
	α、β表面污染	每天工作完成后进行一次（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等。
DSA、中型C臂机	X-γ空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，频率为1次/年；验收监测1次；自行开展辐射监测。	墙体四周外侧、操作人员操作位、防护门外、机房正上方对应区域、机房正下方对应区域、机房外敏感点等

③监测范围：控制区和监督区域及周围环境

④监测质量保证

a）落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位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；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/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）完善辐射工作场所环境监测管理制度。

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。

（5）辐射监测的可行性

环评认为，医院可以根据上述内容完善辐射工作场所和环境辐射水平监测方案与监测仪表使用与校验管理制度。制订的监测方案，应能够及时反映屏蔽设施的防护效能和放射废物排放达标情况。

12.4 年度评估报告情况

医院应按照规定的格式编写《辐射安全和防护状况年度评估报告》。医院应于每年1月31日前登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp）申报上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

12.5 辐射事故应急

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

（1）目的；

（2）组织架构及职责；

（3）放射工作管理制度；

（4）应急处置程序；

（5）保障措施。

项目单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保护部令第18号）第六章第四十三条规定，结合本项目实际情况，对原有辐射事故应急预案予以补充、完善，增加应急设备、应急演练计划等内容。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

（1）项目名称：成都市第五人民医院光华院区核技术利用建设项目

（2）建设单位：成都市第五人民医院

（3）建设性质：新建

（4）建设地点：温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口西北侧，成都市第五人民医院光华院区内。医院拟在地下二层东侧设置放疗科，在地下二层东侧（放疗科西侧）设置核医学科和核素制备场所，在地下一层东侧设置核医学科动物实验场所，在医技住院楼一层设置 DSA+CT 复合手术室，在医技住院楼三层设置 DSA 手术室和 ERCP 机房，在医技住院楼四层设置 DSA+MRI 复合手术室。

（5）建设内容：

①加速器机房

医院放疗科拟设置在医院地下二层东侧，拟新建 3 间直线加速器机房。包括 1 间 15MV 直线加速器机房（1 号加速器机房）和 2 间 10MV 直线加速器机房（2-3 号加速器机房），1 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙和北墙主屏蔽区为 3300mm 混凝土、北墙次屏蔽区为 2400mm 混凝土，南墙次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3300mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 1700mm 混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土，防护门为 20mm 铅板+200mm 含硼聚乙烯；2 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，北墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 2300mm 混凝土，迷道外墙为 2100mm 混凝土，防护门为 18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯；3 号加速器机房东墙为 1300mm 混凝土，南墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1800mm 混凝土，北墙主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 2200mm 混凝土，顶棚主屏蔽区为 3000mm 混凝土、次屏蔽区为 1500mm 混凝土，机房西侧设 L 型迷路，迷道内墙为 1700mm 混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土，防护门为 18mm 铅板+120mm 含硼聚乙烯。项目开展后，每台加速器按预计每天治疗约 30 人，平均每次治疗量约 2min，每年工作 250 天，加速器每年出束治疗时间约 250h。

②核医学科

医院核医学科建设内容涉及地下二层和地下一层，共包括 4 个部分：

1）拟在地下二层东侧，放疗科北侧区域设置核素制备场所，场所包括 1 间回旋加速器机房及其控制室、设备间、热室、质控室等附属工作用房，新增 1 台 16.5MeV 的回旋加速器制备放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr 用于 PET 显像诊断和小动物 PET 显像实验。核医学科核素制备场所非密封放射性核素日等效操作量为 $2.29\times10^{8}Bq$，属乙级非密封放射性物质工作场所。其中回旋加速器机房（约 52.48m^2），四侧墙体、顶棚和地坪均为 600mm 混凝土，防护门为 15mmPb+100mm 含硼聚乙烯板。热室（约 65.49m^2）东墙为 600mm 混凝土，其余三侧墙体为 300mm 混凝土，防护门和传递窗均为 10mm 铅当量，防护门和传递窗均为 10mm 铅当量，热室合成柜采用一体式 100mmPb 当量防护；区域内其余场所均采用 240mm 实心砖墙+20mm 硫酸钡涂料，防护门均采用 8mmPb 防护，区域整体顶棚为 260mm 混凝土，地坪为 250mm 混凝土。

2）拟在放疗科西侧设置核医学核素诊断及敷贴治疗场所，场所内拟新增 1 台正电子发射计算机断层成像系统（PET-CT）和 1 台单光子发射计算机断层成像系统（SPECT-CT），拟使用放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc 用于影像诊断工作。拟在 PET-CT 机房南侧设置 1 间敷贴治疗室，拟使用 ^{90}Sr 敷贴器和放射性核素 ^{32}P 用于敷贴治疗。本项目核医学科核素诊断及敷贴治疗场所非密封放射性核素日等效操作量为 $2.81\times10^{8}Bq$，为乙级非密封放射性物质工作场所。其中 PET-CT 机房（有效面积 47.12m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，工作人员防护门和观察窗为 15mm 铅当量，受检者防护门为 10mm 铅当量；PET 注射区三侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，注射窗采用 40mm 铅当量一体式注射窗；PET 注射后候诊室（约 18.42m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；PET 留观室（约 14.89m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；2 号分装室（约 13.64m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 15mmPb 当量，通风柜为 60mm 铅当量；储源室（约 4.58m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 6mmPb 当量，传递窗为 10mmPb；PET 区域清洁间、PET 区域污物暂存间、PET 区域放废暂存间四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb 当量；敷贴治疗室（约 5.15m^2）北侧墙体为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，其余三侧墙体为 240mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门为

2mmPb 当量；敷贴制药室北侧墙体为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，其余三侧墙体为 240mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门为 3mmPb 当量，房间内通风柜为 10mmPb 当量；SPECT-CT 机房（有效面积 38.22m^2）北侧墙体为 300mm 混凝土，其他三侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，工作人员防护门和观察窗为 8mm 铅当量，受检者防护门为 6mm 铅当量。抢救室（约 18.13m^2）、SPECT 注射后候诊室（约 21.56m^2）和 SPECT 留观室（约 8.1m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 6mmPb 当量；SPECT 注射室（约 9.12m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门为 10mmPb，注射窗为 10mmPb 当量；1 号分装室（约 20.09m^2）四侧墙体为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，防护门和注射窗口均为 10mm 铅当量，房间内拟设置 1 个 25mm 铅当量通风柜；区域整体顶棚为 260mm 混凝土，地坪为 250mm 混凝土。

3）拟在 SPECT-CT 机房北侧设置核医学门诊治疗工作场所，场所内设置服药室、甲吸测定室、门诊注射室等核素治疗工作用房，拟使用放射性核素 ^{131}I 用于甲状腺吸碘率测定和甲亢治疗；拟使用放射性核素 ^{89}Sr 用于肿瘤治疗。本项目核医学门诊治疗工作场所非密封放射性核素日等效操作量为 2.00×10^{8}Bq 为乙级非密封放射性物质工作场所。^{131}I 给药室（约 6.71m^2）的四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，防护门为 8mmPb 当量，给药窗口为 20mmPb 当量；^{131}I 给药后留观室（约 8.61m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，留观室内卫生间防护门为 6mmPb 当量，其余防护门为 8mmPb 当量；门诊注射室（约 10.48m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，注射窗口为 20mm 铅当量，防护门为 5mm 铅当量；3 号分装室（约 14.72m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+30mm 硫酸钡涂料，门诊注射窗口为 10mm 铅当量，防护门均为 8mm 铅当量，分装柜为 20mm 铅当量；2 号储源室（约 5.44m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，防护门均为 5mmPb 当量；废物暂存间（约 5.67m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，出口处防护门为 8mm 铅当量；卫生通过间（约 9.03m^2）四侧墙体均为 370mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，内部隔墙为 240mm 实心砖+20mm 硫酸钡涂料，入口处防护门为 8mm 铅当量。

4）拟在地下一层东侧设置核医学科动物实验场所并设置 1 间小动物 PET 影像机房，新增 1 台小动物 PET 设备，拟使用放射性核素 ^{18}F、^{11}C、^{13}N、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{99m}Tc 用于科学实验，非密封放射性核素日等效操作量为 1.33×10^{6}Bq，为乙级非密封放射性物质工

作场所。其中小动物 PET/CT 机房（约 22.5 ㎡）四周墙体为 370㎜ 实心砖+30㎜ 硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为 10㎜ 铅当量；核医学科研实验室（约 37.4 ㎡）东侧墙体为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料，其余三侧墙体为 240㎜ 实心砖+20㎜ 硫酸钡涂料，防护门为 3㎜ 铅当量，注射室（约 8.23 ㎡）、储源室（约 5.48 ㎡）、接收室（约 2.79 ㎡）、注射后观察室（约 6.86 ㎡）的四周墙体均为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 5㎜ 铅当量；清洁间（约 3.63 ㎡）、消毒灭菌室（约 3.74 ㎡）、解剖室（约 23.42 ㎡）、污物暂存间四周墙体均为 370㎜ 实心砖+10㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 3㎜ 铅当量；区域内过道非公用墙体为 240㎜ 实心砖+30㎜ 硫酸钡涂料；缓冲间、退更检测室四周墙体为 240㎜ 实心砖+20㎜ 硫酸钡涂料，防护门均为 3㎜ 铅当量；区域整体顶棚为 180㎜ 混凝土，地坪为 260㎜ 混凝土。拟新增一台小动物 PET/CT，属III类射线装置，待型号确定后再进行校准源的配备和环评登记备案工作。

③介入放射学工作场所

1）医院拟在医技住院楼一层急诊科设置 2 间 DSA+CT 复合手术室（急诊手术室 1-2）新增 2 台数字减影血管造影系统（DSA）和 1 台滑轨式 X 射线计算机体层摄影设备（CT），2 间手术室之间设置有移动 CT 暂存间，外围设置有控制室、设备间等配套房间。2 间手术室除移动 CT 暂存间隔墙外均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，移动 CT 暂存间隔墙为 4mmPb 辐射防护板，，顶棚为 150mm 混凝土+20mmPb 硫酸钡涂料，地坪为 200mm 混凝土+15mmPb 硫酸钡防护涂料，防护门和观察窗均为 3.5mm 铅当量。DSA 均属Ⅱ类射线装置，CT 属于III类射线装置。DSA 和 CT 主要用于心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

2）拟在医技住院楼三层介入中心设置 4 间 DSA 手术室（DSA1-4 号手术室），4 间 DSA 机房四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为 4mm 铅当量，顶棚和地坪均为 260mm 混凝土。新增 4 台数字减影血管造影系统（DSA），均属Ⅱ类射线装置。DSA 主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 100 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

3）拟在医技住院楼三层内镜中心设置 2 间 ERCP 用手术室（1-2 号 ERCP 机房），2 间 ERCP 机房四侧墙体均为 370mm 实心砖+10mm 硫酸钡涂料，顶棚和地坪均为 260mm 混凝土，防护门和观察窗均为 4mm 铅当量。新增 2 台经内镜逆行胰胆管造影（简称 ERCP）治疗用中型 C 臂机，均属 II 类射线装置。预计单台中型 C 臂机开展介入手术 1000 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

4）拟在医技住院楼四层设置 2 间 DSA+MRI 复合手术室（复合手术室 1-2），2 间手术室间设置有移动式 MRI 设备暂存间，外围设置有控制室、缓冲间、库房、设备间等配套房间。2 间手术室四侧墙体均为 3mmPb 辐射防护板，顶棚和顶盖均为 260mm 混凝土+10mmPb 硫酸钡涂料，防护门和观察窗均为 3.5mm 铅当量。新增 2 台数字减影血管造影系统（DSA），均属 II 类射线装置，主要用于神经血管、心血管、外周血管的介入检查和治疗，以及各部位非血管介入性检查和治疗。预计单台 DSA 开展介入手术 100 台/年，摄影工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 30 秒；透视工作状态下，平均每台介入手术最长出束时间为 10 分钟。

项目总投资 50000 万元，其中环保投资 345.5 万元，约占总投资的 6.91%。

13.1.2 产业政策符合性与实践正当性分析

本项目为核辐射技术利用医学领域，属高新技术。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年 12 月 27 日修订），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”项目和第十三项“医药”第 5 条“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设”项目，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

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

13.1.3 选址的合理性结论

本项目位于温江区涌泉街道官河社区，东坡大道（光华 8 线）与规划五环路交叉口

西北侧，成都市第五人民医院光华院区内。医院北侧为共和路（规划建设中），隔路为居民区（在建中）；西侧为同耕西一巷（规划建设中），隔路为花土街中学（在建中）；东侧为凤凰大街（规划道路）；南侧为农耕用地。

（1）加速器机房

本项目放疗科位于医院地下二层东侧（下方为土层，上方为覆土层，顶部距地面约10.4m,地面对应位置为院内道路），本项目放疗科机房北侧 50m 范围内为科研教学楼、院内绿化和院内道路；东侧 50m 范围内为院内道路和公共道路；南侧 50m 范围内为院内道路、院内绿化、农耕用地；西侧 50m 范围内为医技住院楼和院内道路。

（2）核医学工作场所

本项目核医学工作场所分布在医院地下二层和地下一层，核素制备场所、核素诊断及敷贴治疗场所和核医学门诊治疗工作场所均位于地下二层东侧，上方为地下车库、净化空调机房、隔油提升间、核医学科动物实验场所、普通实验室、办公室等，下方为地下车库；核医学科动物实验场所位于地下一层东侧，上方为院内过道，下方为核素诊断及敷贴治疗场所。核医学科工作用房北侧 50m 范围内为科研教学楼、院内绿化和院内道路；东侧 50m 范围内为院内道路和公共道路；南侧 50m 范围内为院内道路、院内绿化、农耕用地；西侧 50m 范围内为医技住院楼和院内道路。

（3）介入放射学工作机房

本项目介入放射学工作用房均位于医技住院楼内，包括医技住院楼一层的急诊手术室 1-2、医技住院楼三层的 DSA 手术室 1-4、医技住院楼三层的 1-2 号 ERCP 机房、医技住院楼四层的 1-2 号复合手术室。

急诊手术室 1-2 上方为 ICU 和办公室，下方为变电所；DSA 手术室 1-4 上方为手术中心，下方为急诊病房和输液区；1-2 号 ERCP 机房上方为无菌间和洁净走廊，下方为急诊示教室；1-2 号复合手术室上方为休息室和屋面，下方为手术中心。

介入放射学工作用房北侧 50m 范围内为门诊楼、院内绿化和院内道路；东侧 50m 范围内为院内道路和医技住院楼；南侧 50m 范围内为院内道路和医技住院楼，西侧 50m 范围内为院内道路和公共道路。

总结：本项目核医学工作场所、加速器机房和介入放射学机房区域周围 50m 范围内均为医院内部建筑及道路，不存在自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、居民区及学校等敏感目标，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后

对周围环境造成的辐射影响是可接受的，故本项目的选址是可行的。

综上分析，本项目的选址是合理的。

13.1.4 辐射环境质量现状分析

本项目拟建辐射工作场所区域及周围环境 X/γ 辐射空气吸收剂量率范围为 44 nGy/h～66 nGy/h，低于四川卫生环境厅《2023 年四川省生态环境状况公告》中的成都市环境γ辐射剂量率年均值范围（70~100nGy/h），属于当地正常天然本底辐射水平。

本项目拟建辐射工作场所区域周围环境β表面污染水平均低于设备探测下限，属于当地正常水平。

本项目拟建辐射工作场所区域周围环中子周围剂量当量率水平均低于设备探测下限，属于当地正常水平。

13.1.5 环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

本项目加速器机房、核医学工作场所各控制区屏蔽体外和 DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 处的剂量率预测值，满足国家标准的有关规定。

本项目辐射工作人员、周围公众及敏感点成员年受照射有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标志》（GB18871-2002）和《放射治疗辐射防护安全与防护要求》（HJ 1198-2021）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

（2）水环境影响分析

本项目核医学工作场所产生的废水在衰变池停留 10 个半衰期后，首次监测达标后，按照排水计划定期排入院内污水处理站，对周围水环境影响轻微。

本项目放疗科和介入放射学相关辐射工作场所不产生放射性废水，废水主要为医疗废水和生活废水。

废水经过分类预处理后进入院区污水处理站，污水处理站处理工艺为“格栅+调节池+生物接触氧化（缺氧+好氧）+沉淀+消毒池（次氯酸钠）”，处理后的废水达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）规定标准限值要求后经院区污水管线排入市政污水管网，最终由温江区城市污水处理厂处理后达标排放。对周围水环境影响是可以接受的。

（3）固废影响分析

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要是一次性注射器、口罩、手套、空药瓶以及擦试废物、一次性口杯和废活性炭等。放射性固废采用专门的固废收集桶收集后，暂存于源库衰变 10 个半衰期经监测达标后按照普通医疗废物由当地有资质单位定期处置，不会对周围环境产生影响。

本项目放疗科和介入放射学相关辐射工作场所不会产生放射性固体废物。本项目主要在 DSA 介入手术预计产生少量废造影剂容量瓶、废棉签、废药棉、废纱布、废手套等医疗废物。产生的医疗废物先集中收集在污物处理室，后转运至医院垃圾收集站，定期委托有资质的单位统一外运后专门处理。其他生活垃圾集中收集在垃圾收集站后经分拣后由环卫统一清运。

综上所述，本项目产生的固体废物经妥善处理后对周围环境影响较小。

（4）废气影响分析

本项目核医学相关工作用房产生的废气均由专用排风管道汇集至核医学专用排风井，不与其他非辐射工作区域通排风系统交叉，排风口位于建筑物屋顶，相应密闭设备顶壁均设置活性炭过滤。本项目医用电子直线加速器和 DSA 出束期间产生的臭氧和氮氧化物产生量较低，经机房通排风系统收集排放。排放浓度可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准，对区域大气环境影响轻微。

（5）声环境影响分析

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

（6）事故风险与防范

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

13.1.6 辐射防护措施有效性结论

（1）本项目医用直线加速器辐射工作场所门口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动，加速器机房设有门机联锁和门灯联锁及剂量联锁，要求规格符合有关法律法规的规定。同时，在监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。医用直线加速器设备操作台和床体自带急停开关，拟在加速器机房各墙体及迷道外墙上设置急停开关（位置位于人员容易接触位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令加速器停机。机房和控制室之间拟设置对讲系统和监控

系统。以便医师在操作时观测患者在治疗时的状况、及时处理意外情况。

（2）本项目核医学科拟设置自动分碘仪、铅注射窗、专用铅通风橱、铅防护屏风、铅衰变桶、表面污染监测仪、环境辐射巡测仪、个人剂量报警仪等辐射防护用具，拟配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护衣等个人防护用品，在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射；核医学储源室防护门拟设计为铅防盗门，钥匙由专人负责保管；日常期间由值班人员 24 小时监控；出入口安装摄像头及红外报警系统并入科室监控系统；拟设置放射性废水的专用管线及衰变池、放射性废气专用管线及活性炭高效过滤器、放射性废物的专用铅收集桶等，工作用房的通排风均能满足相关标准规范的要求。

（3）本项目拟在介入放射学工作用房控制区入口设置电离辐射警告标志和中文警示标志，并安装工作状态指示灯，灯箱上拟设置如“射线有害，灯亮勿入”的可视警示语句；拟在监督区入口门上设置电离辐射警示标志，地面拟张贴警示线；机房防护门拟设置闭门装置和防夹装置；控制室和各机房拟设置对讲装置；床体和控制室均拟设置急停按钮，并拟在机房墙面增设 1 个急停按钮。已为介入放射学医护人员和患者配备铅衣、铅眼镜、铅帽、铅防护围脖、铅手套、铅屏风等辐射防护用品。

（4）控制区拟设置相应的警示标志，限制无关人员进入。

（5）本项目运行后，辐射工作人员拟佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪，在加速器机房内拟设置固定式辐射报警仪。

综上所述，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

13.1.7 环保设施与保护目标

医院须按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

13.1.8 辐射安全管理的综合能力

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

13.2 项目环保可行性结论

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

13.3 建议与承诺

13.3.1 工作场所建设

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

13.3.2 人员培训

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

13.3.3 管理制度

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

（2）严格执行本项目在医疗工作过程中对控制区和监督区管理措施，控制人流管理措施，落实分区管理措施。

13.3.4 其它建议和要求

（1）医院应进一步加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

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

（3）加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过 1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性。

（4）医用射线装置报废前，医院应采取去功能化措施妥善处理，确保报废装置无

法再次通电使用。

（5）定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限制，应及时查找原因、排除事故隐患影响，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

（6）医院应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（7）本项目环评审批后，医院应及时到四川省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 http://rr.mee.gov.cn/)”中实施申报登记。

（8）根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规范进行项目竣工环保验收。项目投入运行后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护验收检查一览表见表 13-1。

表 13-1　项目环保竣工验收检查一览表

项目		环保措施
医用直线加速器机房	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程(含防护门)
	安全措施	通排风系统 1 套
		门机联锁装置每个机房 1 套
		门灯联锁设施每个机房 1 套
		出束音响提示装置每个机房 1 套
		紧急开门按钮每个机房 1 个
		急停开关（每个机房不少于 8 个）
		监控系统每个机房 1 套
		对讲系统每个机房 1 套
		灭火装置每个机房 1 套
		固定式剂量报警仪每间机房 1 台
		X-γ 辐射监测仪 1 台
		中子剂量率仪 1 台
		个人剂量报警仪每间机房 2 台
		电离辐射警告标志、警示标志和警戒线（若干）
		个人剂量计每人 1 个/人
核素制备场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、药物合成柜）
	防护设备	通风橱 2 套

		转运铅罐 2 个
		废物衰变筒 2 个
		废物衰变箱 1 个
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 4 套
		去污工具 2 套
		表面污染监测仪 1 台
		个人剂量报警仪 4 台
		个人剂量计 1 个/人
	废水	废水处理设施及相应管道
	废气	净化通风排风系统
核素动物实验场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗）
	防护设备	储源铅箱 1 个
		药物铅罐 2 个
		通风橱 2 套
		放射性废物桶 6 个
		废物衰变箱 1 个
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 4 套
		去污工具 2 套
		表面污染监测仪 1 台
		辐射剂量率仪 1 台
		个人剂量报警仪 2 台
		个人剂量计 1 个/人
	废水	废水处理设施及相应管道
	废气	净化通风排风系统
核素诊断及敷贴治疗场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、注射台）
	防护设备	储源铅箱 1 个
		药物铅罐 3 个
		通风橱 1 个（60mmPb 当量）
		通风橱 1 个（25mmPb 当量）
		通风橱 1 个（10mmPb 当量）
		放射性废物桶 13 个
		废物衰变箱 3 个
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 6 套
		去污工具 2 套
		表面污染监测仪 1 台
		个人剂量报警仪 4 台
		个人剂量计 1 个/人
	废水	废水处理设施及相应管道
	废气	净化通风排风系统
核素门诊治疗场所	辐射屏蔽措施	屏蔽防护工程（含防护门、观察窗、注射台）
	防护设备	储源铅箱 1 个
		药物铅罐 2 个
		通风橱 1 套
		放射性废物桶 6 个

		废物衰变箱 1 个
		铅防护衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜 2 套
		去污工具 2 套
		表面污染监测仪 1 台
		个人剂量报警仪 2 台
		个人剂量计 1 个/人
	废水	废水处理设施及相应管道
	废气	净化通风排风系统
介入放射学工作用房	辐射屏蔽措施	防护工程（含防护门、观察窗）
	通排风系统	通排风系统每间机房 1 套
	安全措施	门灯联锁每间机房 2 套、工作状态指示灯每间机房 1 套
		急停开关每间机房 3 个（床体和操作台各 1 个，拟在墙面增设 1 个）
		对讲系统每间机房 1 套
		电离辐射警告标志、警示标志和警戒线（若干）
		平开门每扇均配置闭门装置，电动平移门每扇均配置防夹装置
		灭火装置每个机房 1 套
	防护用品	患者防护用品 1 套/人
		医护人员防护用品若干

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