

核技术利用建设项目

遵义医科大学附属医院 分子影像重点实验室建设项目

环境影响报告表



建设单位名称：遵义医科大学附属医院

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：遵义市汇川区大连路 149 号

邮政编码：563003

联系人：王辉

电子邮箱：4011111111@qq.com

联系电话：18686868686



事业单位法人证书

统一社会信用代码 1210000004448853130

名称 核工业二三〇研究所
宗旨和业务范围 开展核地质调查，促进国家建设，地质学研究，地质实验测试（岩石矿物测试），地球物理勘查，建设项目环境影响评价，矿产资源开发利用，相关技术开发，仪器研制与会议接待服务，相关职业卫生技术服务
经费来源 财政补助、上级补助、事业、经营收入
开办资金 914000万元
举办单位 中国核工业集团有限公司

登记机关 关

有效期 自2019年04月29日至2024年04月29日





姓名: 张攸
Full Name _____
性别: 女
Sex _____
出生年月: _____
Date of Birth _____
专业类别: _____
Professional Type _____
批准日期: 201405
Approval Date _____

仅用于遵义医科大学附属医院分子
影像重点实验室建设项目使用
Signature of the Bearer

管理号:
File No.

2014035420350000003509420385

bmsh: 0351423000007363

签发单位盖章
Issued by

签发日期: 2014年10月21日
Issued on



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

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



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00015008
No.

个人参保证明（实缴明细）

当前单位名称	核工业二三〇研究所			当前单位编号	431.....99			
分支单位	湖南中核环保科技有限公司							
姓名	张攸	建账时间	201603	身份证号码	41.....5625			
性别	女	经办机构名称	湖南省社会保险经办机构	有效期至	2024-06-06 10:43			
				1.本证明系参保对象自主打印，使用者须通过以下2种途径验证真实性： (1) 登陆单位网厅公共服务平台(2) 下载安装“智慧人社”APP，使用参保证明验证功能扫描本证明的二维码 2.本证明的在线验证码的有效期为3个月 3.本证明涉及参保对象的权益信息，请妥善保管，依法使用 4.对权益记录有争议的，请咨询争议期间参保缴费经办机构				
用途				查询				
参保关系								
统一社会信用代码		单位名称		险种		起止时间		
RS0000439900503101		核工业二三〇研究所		机关事业单位工作人员基本养老保险		202309-202402		
				工伤保险		202309-202402		
				失业保险		202309-202402		
缴费明细								
费款所属期	险种类型	缴费基数	单位应缴	个人应缴	缴费标志	到账日期	缴费类型	经办机构
202402	机关事业单位工作人员基本养老保险	10276	1644.16	822.08	正常	20240222	正常应缴	省本级-湖南省省本级
	工伤保险	14970.52	107.79	0	正常	20240222	正常应缴	省本级-湖南省省本级
	失业保险	14970.52	104.79	44.92	正常	20240222	正常应缴	省本级-湖南省省本级
202401	机关事业单位工作人员基本养老保险	10276	1644.16	822.08	正常	20240123	正常应缴	省本级-湖南省省本级
	工伤保险	14970.52	107.79	0	正常	20240123	正常应缴	省本级-湖南省省本级

编制单位和编制人员情况表

项目编号	jy41j7		
建设项目名称	遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目		
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)	遵义医科大学附属医院		
统一社会信用代码	12520000429401122B		
法定代表人 (签章)	余昌胤		
主要负责人 (签字)	潘东风		
直接负责的主管人员 (签字)	王辉		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	核工业二三〇研究所		
统一社会信用代码	121000004448853130		
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
张攸	20385	E..... 88	张攸
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张攸	全文本	B..... 38	张攸

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	15
表 3 非密封放射性物质	16
表 4 射线装置	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	18
表 6 评价依据	19
表 7 保护目标与评价标准	21
表 8 环境质量和辐射现状	39
表 9 项目工程分析与源项	46
表 10 辐射安全与防护	64
表 11 环境影响分析	91
表 12 辐射安全管理	146
表 13 结论与建议	158
表 14 审批	163
附件.....	164
附件 1：委托书.....	164
附件 2：辐射安全许可证正本、副本	165
附件 3：医院现有相关管理制度	182
附件 4：本项目相关人员信息	212
附件 5：辐射环境本底监测报告	222

附图..... 231

附图 1：遵义医科大学附属医院地理位置图 231

附图 2：遵义医科大学附属医院平面图 232

附图 3：本项目第四住院楼负一层平面图 233

附图 4：本项目第四住院楼一层平面图 234

附图 5：本项目第四住院楼负二层平面图 235

附图 6：分子影像重点实验室排水管道平面布置图 236

附图 7：分子影像重点实验室排风管道平面布置图 237

附图 8：衰变池结构示意图 238

附图 9：本项目分子影像重点实验室平面布局图 239

表 1 项目基本情况

建设项目名称		遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目			
建设单位		遵义医科大学附属医院			
法人代表	余昌胤	联系人	王辉	联系电话	18*****26
注册地址		遵义市汇川区大连路 149 号			
项目建设地点		遵义市汇川区大连路 149 号遵义医科大学附属医院第四住院楼负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		786	环保投资 (万元)	242.3	投资比例 30.83%
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m ²)
应用 类 型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射 性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☐ II类 ☒ III类		
	其他	/			

1.1 建设单位情况

遵义医科大学附属医院是国家卫生健康委员会与贵州省人民政府共建高校的直属附属医院，前身是大连医学院附属医院，1969 年为支援三线建设举院南迁，是贵州省首家三级甲等综合医院，是国家疑难病症诊治能力提升工程（恶性肿瘤早期诊断与精准治疗方向）建设单位。

医院现有建筑面积 31 万平方米，编制床位 2000 张，开放床位 2800 张，设有 17 个部（处）、8 个专科医院，56 个临床科室、12 个医技科室。现有在岗职工 4374 人，其中高级职称 815 人，有国家“创新人才推进计划”中青年科技创新领军人才 1 人、新世纪百千万人才工程国家级人选 1 人、教育部新世纪优秀人才 2 人、省“十、百”层次创新型人才 3 人、省优秀青年科技人才 11 人；有国家卫生健康委（卫生部）突出贡献中青年专家 2 人，享受国务院特殊津贴 15 人，省政府特殊津贴 10 人，省核心专家及省管专家 13 人。

医院拥有国家临床研究中心分中心 3 个、省重点实验室 2 个、省临床医学研究中心 3 个、省部共建协同创新中心 1 个、省“2011 协同创新中心”2 个、省人才基地 2 个、省科技创新人才团队 14 个、省高校特色重点实验室和工程研究中心 4 个和省高等学校科技创新人才团队 5 个。遵义医科大学附属医院的地理位置见附图 1。

1.2 本期建设项目概况

- 1、项目名称：遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目
- 2、项目性质：改建
- 3、建设单位：遵义医科大学附属医院
- 4、建设地点：遵义市汇川区大连路 149 号遵义医科大学附属医院第四住院楼负一层
- 5、项目建设内容及规模

遵义医科大学附属医院由于科研需要，拟在第四住院楼负一层建设一个非密封放射性物质工作场所——分子影像重点实验室，在该场所内新增一台 III 类射线装置动物 PET/SPECT/CT，并使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 开展 PET 正电子显像诊断动物实验研究，使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究，使用 ^{131}I 、 ^{177}Lu 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究以及前列腺癌、肝癌等癌症的治疗动物实验研究，使用 ^{90}Y 进行肝病治疗研究，使用 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 进行前列腺癌、胰腺癌及其骨转移癌、胃肠胰腺神经内分泌瘤、结肠癌、淋巴瘤等癌症的治疗动物实验研究，本项目主要的实验动物研究对象为老鼠。分子影像重点实验室东侧为回旋加速器制药区（乙级非密封放射性物质工作场所），两个场所之间设置物理隔断，根据《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）“一、关于放射性药品生产、使用场所的管理（一）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。”本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所、负一层回旋加速器制药区核素生产工作场所满足上述要求，因此本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所按单独场所进行日等效操作量核算。本项目的工程建设内容及规模见表 1-1。

表 1-1 项目工程组成一览表

名称	工程建设内容及规模
主体工程	小动物 PET/SPECT/CT：位于分子影像重点实验室小动物 PET/CT 机房，机房有效使用面积为 17.0m^2 ，机房尺寸为长 4.6m ×宽 3.7m ×高 5.3m 。 固废间（面积 3.96m^2 ）、实验室（面积 41.3m^2 ）、注药动物饲养间（面积 2.88m^2 ）、

	卫生通过间（面积 5.0m ² ，内设淋浴间）等。
辅助工程	PET/SPECT/CT 操作室等。
环保工程	在第四住院部负一层分子影像重点实验室设置独立的通排风系统；新建 2 座并联/槽式衰变池，有效容积为 10.0m ³ ×2=20m ³ ，用于贮存衰变本项目产生的放射性废水，并在衰变池前端设置 1 座有效容积为 1m ³ 的沉淀池；设置 1 间固废间。
公用工程	依托第四住院部主体工程建设的配电、供电、通讯系统及污水处理系统等。
办公及生活设施	办公室、卫生间等。

本项目射线装置信息见表1-2、本项目非密封放射性核素使用情况见表1-3、非密封放射性物质工作场所概况见表1-4。

表 1-2 本项目射线装置信息一览表

设备名称	规格(型号)	数量	生产厂家	参数	射线装置类别	使用位置	备注
动物 PET/SPECT/CT	InliView -3000B	1 台	北京永新医疗设备有限公司	最大管电压：80kV， 最大管电流：0.7mA	III类	分子影像重点实验室小动物 PET//CT 机房	本次新增

表 1-3 本项目非密封放射性核素使用情况一览表

序号	核素名称	位置	用途	备注
1	¹⁸ F	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
2	⁶⁸ Ga	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
3	¹²⁴ I	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
4	⁶⁴ Cu	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
5	⁸⁹ Zr	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
6	¹¹ C	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
7	^{99m} Tc	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
8	¹¹¹ In	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究	本次新增
9	¹³¹ I	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究、核素治疗研究	本次新增
10	⁹⁰ Y	分子影像重点实验室	核素治疗研究	本次新增
11	¹⁷⁷ Lu	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究、核素治疗研究	本次新增
12	²²⁵ Ac	分子影像重点实验室	核素治疗研究	本次新增
13	²²³ Ra	分子影像重点实验室	核素治疗研究	本次新增
14	¹⁶¹ Tb	分子影像重点实验室	核素治疗研究	本次新增
15	²¹² Pb	分子影像重点实验室	PET/SPECT/CT 显像诊断研究、核素治疗研究	本次新增

表 1.4 本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所一览表

表 1-4 本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所一览表															
工作场所	分子影像重点实验室														
核素	¹⁸ F	¹²⁴ I	⁸⁹ Zr	⁶⁸ Ga	¹¹ C	⁶⁴ Cu	^{99m} Tc	¹¹¹ In	¹⁷⁷ Lu	¹³¹ I	²¹² Pb	²²⁵ Ac	²²³ Ra	⁹⁰ Y	¹⁶¹ Tb
毒性组别	低毒	中毒	中毒	低毒	低毒	低毒	低毒	中毒	中毒	中毒	中毒	极毒	极毒	中毒	中毒
操作方式	很简单的操作	简单操作	简单操作	简单操作	很简单的操作	简单操作	很简单的操作	简单操作	简单操作	简单操作	简单操作	简单操作	简单操作	简单操作	简单操作
工作内容	PET/SPECT/CT 显像诊断研究								PET/SPECT/CT 显像诊断研究、核素治疗研究			核素治疗研究			
工作时间	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展	工作日每日开展
研究开展例数	10 例/d	10 例/d	10 例/d	10 例/d	10 例/d	10 例/d	10 例/d	10 例/d	6 例/d	6 例/d	6 例/d	4 例/d	4 例/d	6 例/d	6 例/d
	PET/SPECT/CT 显像诊断研究日研究例数不超过 10 例								核素治疗研究日研究例数不超过 6 例						
	1000 例/a	120 例/a	120 例/a	900 例/a	120 例/a	120 例/a	1000 例/a	120 例/a	60 例/a	60 例/a	60 例/a	30 例/a	60 例/a	30 例/a	60 例/a
	PET/SPECT/CT 显像诊断研究年总的研究例数不超过 1000 例								核素治疗研究年总的研究例数不超过 360 例						
给药方式	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射	注射
每例研究最大用量	1.48E+07 Bq（即 0.4mCi）	7.40E+06 Bq（即 0.2mCi）	7.40E+06 Bq（即 0.2mCi）	1.48E+07 Bq（即 0.4mCi）	1.48E+07 Bq（即 0.4mCi）	7.40E+06 Bq（即 0.2mCi）	1.48E+07 Bq（即 0.4mCi）	7.40E+06 Bq（即 0.2mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）	1.48E+07 Bq（即 0.4mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）	3.70E+07 Bq（即 1mCi）
购买药量的倍数	不购买，依托医院回旋加速器制备	1	1	3	不购买，依托医院回旋加速器制备	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1

					备											
实际日最大操作量	1. 11E+08 Bq （即 3mCi）	5.55E+07Bq （即 1.5mCi）	5.55E+07Bq （即 1.5mCi）	3.33E+08Bq （即 9mCi）	1. 11E+08Bq （即 3mCi）	1.66E+08Bq （即 4.5mCi）	3.33E+08Bq （即 9mCi）	5.55E+07Bq （即 1.5mCi）	2.22E+08Bq （即 6mCi）	8.88E+07Bq （即 2.4mCi）	2.22E+08Bq （即 6mCi）	1.48E+08Bq （即 4mCi）	1.48E+08Bq （即 4mCi）	2.22E+08Bq （即 6mCi）	2.22E+08Bq （即 6mCi）	
日等效最大操作量	1. 11E+05Bq	5.55E+06Bq	5.55E+06Bq	3.33E+06Bq	1. 11E+05Bq	1.66E+06Bq	3.33E+05Bq	5.55E+06Bq	2.22E+07Bq	8.88E+06Bq	2.22E+07Bq	1.48E+09Bq	1.48E+09Bq	2.22E+07Bq	2.22E+07Bq	
	5.55E+06Bq								1.48E+09Bq							
	1.49E+09Bq															
年最大使用量	9.25E+09Bq	4.44E+08Bq	4.44E+08Bq	2.00E+10Bq	8.88E+08Bq	1.33E+09Bq	4.02E+10Bq	4.44E+08Bq	2.22E+09Bq	8.88E+08Bq	2.22E+09Bq	1. 11E+09Bq	2.22E+09Bq	1. 11E+09Bq	2.22E+09Bq	
备注： 1、购买药量的倍数： 由于核素的半衰期很短，为满足药量的使用， 需增加药量的购买； 2、根据建设单位提供的 资料： 本项 目当日进行PET/ SPECT/ CT显像诊断研究只使用一种核素 ， 核素治疗研究 只使用一种核素， 故选取PET/ SPECT/ CT显像诊断研究单一核素中的日等效最大操作量 的值 与肿瘤治疗研究 单一核素 中的 日等 效最大操作量的值之和作为分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所的日等效日等效最大操作量。																

由表 1-4 可知，本项目实施后，分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量为 $1.49 \times 10^9 \text{Bq}$ ，本项目非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量在 $2.7 \times 10^7 \text{Bq} \sim 4.0 \times 10^9 \text{Bq}$ 之间。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 规定，本项目分子影像重点实验室属于乙级非密封放射性物质工作场所。

6、辐射工作人员配置

经与建设单位核实，本项目分子影像重点实验室拟配备核素操作、注射药物后的动物搬运 2 人，PET/SPECT/CT 操作、摆位人员 1 人，注射后实验动物观察、饲养、实验动物排泄物清理 1 人，本项目拟配备的辐射工作人员已定名单见下表，本项目拟配备的人员不仅从事本项目辐射工作，还从事医院现有的核医学科相关放射工作。

表 1-5 本项目配备的辐射工作人员一览表

序号	姓名	岗位	上岗证	体检情况	个人剂量监测	备注
1	潘东风	核素操作、注射药物后的动物搬运	拟安排培训、考核	拟安排职业健康体检	拟开展个人剂量监测	现有非辐射工作人员
2	蔡炯		FS23GZ0300067	可继续原放射工作	2023 年个人剂量监测结果 0.08mSv	现有放射工作人员
3	胡显文	PET/SPECT/CT 操作、摆位	FS23GZ0300022	可以从事放射工作	2023 年个人剂量监测结果 0.05mSv	现有放射工作人员
4	李文鑫	注射后实验动物观察、饲养、实验动物排泄物清理	拟安排培训、考核	拟安排职业健康体检	拟开展个人剂量监测	现有非辐射工作人员

（1）本项目配备的辐射工作人员中有一部分人员未取得辐射安全与防护知识考核合格证，医院拟安排本项目未取得辐射安全与防护知识考核合格证的辐射工作人员以及新进人员在网上自主培训后，报名参加辐射安全与防护知识的考核，通过考核方可上岗，做到持证上岗。

（2）医院已委托有资质的单位对相关放射工作人员开展个人剂量监测工作，同时安排未开展个人剂量监测的工作人员进行个人剂量监测，工作人员工作期间按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求佩戴个人剂量计，监测周期为三个月测定一次。

（3）按照国家相关法律规定，放射工作人员必须进行岗前、岗中、离岗职业健康检查。医院拟安排本项目配备的放射工作人员进行职业健康检查，在今后放射工作中，职业健康检查周期应不超过 2 年。

1.3 核技术利用项目的任务由来

本期核技术利用项目的实施对医院建立分子影像研究教学基地、提高医学服务水平、服务质量等都具有重大意义。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求的有关规定，本项目在实施前须进行环境影响评价。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对非密封放射性物质工作场所的分级，本项目分子影像重点实验室为乙级非密封放射性物质工作场所。本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中“核与辐射”第 172 条“核技术利用建设项目”中“乙级非密封放射性物质工作场所”，应编制环境影响评价报告表。

为了调查本核技术利用建设项目对辐射工作人员、公众和环境造成的影响，从辐射防护的角度论证该项目的可行性，为射线装置及非密封放射性物质工作场所的应用单位提供参考建议，建设单位于 2023 年 10 月委托核工业二三 0 研究所进行遵义医科大学附属医院遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目环境影响报告表的编制工作，委托书见附件 1。环评单位接受委托后，立即组织专业技术人员开展资料收集、现场踏勘、资料整理分析及预测估算等工作，并与建设单位进行多方交流沟通核实，在进行工程分析以及辐射环境现状监测分析的基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，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)的要求，编制了本建设项目环境影响报告表。

1.4 项目选址、平面布置合理性分析

1.4.1 项目选址合理性分析

遵义医科大学附属医院地处贵州省遵义市汇川区大连路 149 号，遵义医科大学附属医院位置及本项目所在区域图见附图 1。本项目用地为医院发展建设用地，根据现场勘查，遵义医科大学附属医院东侧为大连路、时代天街，南侧为贵阳路、医新小区南区及西区，西侧为家属区、遵义医科大学老校区，北侧为遵义医科大学老校区、医新小区北区。经调查，本次评价范围 50m 以内无生态环境敏感目标及学校、文物保护区、风景名胜区、森林公园、饮用水源保护区、集中居民区等环境敏感区域和生态敏感点，且本项目不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，且与非放射性工作场所有明确的分界隔离，场所排风口的位置位于

本项目所在大楼的楼顶，尽量远离了周边高层建筑，医院周围没有项目建设的制约因素，且本项目的非密封放射性物质工作场所按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，本项目位于无人长期居留的第四住院楼负一层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。因此本项目选址满足 HJ 1188-2021 的要求，选址合理。

1.4.2 平面布置合理性分析

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所的平面布局见表 1-6，第四住院楼负一层平面布置见附图 3，一层平面布置见附图 4，负二层平面布置见附图 5。

表 1-6 本项目辐射工作场所平面布局结构

场所名称	东侧	南侧	西侧	北侧	上方	下方
分子影像重点实验室	回旋加速器制药区、过道	通道、电梯厅	楼梯间、前室	泥土层	一层候诊区、大厅	负二层柴油发电机房、通道

经调查，本项目分子影像重点实验室辐射工作场所所在区域位置相对独立，工作区域专人管理，除需与本项目辐射工作相关的人员外，无关人员不得入内，并且在进入辐射区域的时候需经过严格身份确认，这样不但减少了无关公众受照射的概率，同时，也降低了其他工作人员受照射的概率。辐射工作场所采取了有效的屏蔽措施，防护设计参数均达到了相关技术规范对辐射工作场所的辐射防护要求，并且辐射工作场所均按规范要求设置电离辐射警告标志，合理划分控制区，监督区，控制区相对集中；本项目辐射工作场所实验室入口处设置卫生通过间（缓冲间），在卫生通过间配备相应的防护用品、可更换的衣物、表面污染测量仪、淋浴喷头、清洗池等，防止交叉污染；辐射工作场所设置门禁系统，无关人员不得进入，通过时间控制，人员通道、污物通道、药物通道不交叉。考虑到辐射工作场所可能会对周围环境造成的影响，本报告通过对辐射工作场所防护进行理论计算，结果显示在进行诊断、治疗研究过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束限值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染，对外环境造成辐射影响很小，因此，本项目平面布局是合理的。

1.5 实践正当性分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的社会危害时，该实践才是正当的。

本项目的建设有利于对医院建立分子影像研究教学基地、提高医学服务水平、服务质量

等都具有重大意义，具有明显的经济效益和社会效益，项目建成运行后，将提升医院在放射性药物药理学作用的研究及药物研发能力，同时将提高医院的整体服务水平以及服务质量，为医院创造了更大的经济效益。本项目各屏蔽和防护措施符合要求，对环境的影响也在可接受范围内，符合《电离辐射防护与辐射源基本标准》(GB18871-2002)中实践的内容：“源的生产和辐射或放射性物质在医学、工业、农业或教学与科研中的应用，包括与涉及或可能涉及辐射或放射性物质照射的应用有关的各种活动”及“在考虑了社会、经济和其他因素之后，其对照射个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害”。符合“实践正当性”的要求。

1.6 产业政策符合性

本项目使用的射线装置、放射性核素属于国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类项目：“第六项 第 4 条 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”、“第十三项医药 第 3 条 生物医药配套产业：化学成分限定细胞培养基，新型纯化填料和过滤膜材料，高端药用辅料，疫苗新佐剂的开发和生产，特殊功能性材料等新型药用包装材料与技术，即混即用、智能包装等新型包装系统及给药装置的开发和生产；高端化、智能化制药设备，新型制剂生产设备，大规模生物反应器及附属系统，蛋白质高效分离和纯化设备，药品连续化生产设备；实验动物标准化养殖及动物实验服务”以及“第十三项医药 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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

1.7 评价目的

- (1) 对本项目周围区域辐射环境现状进行监测，掌握区域辐射环境本底水平。
- (2) 评价项目在运行过程中对工作人员、公众以及环境造成的辐射影响。
- (3) 评价辐射防护措施效果，提出减少辐射危害的措施，为环境保护行政主管部门管理提供依据。
- (4) 对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。
- (5) 通过建设项目环境影响评价，为建设单位环境保护和公众利益给予技术支持。
- (6) 为建设单位的辐射环境管理提供科学依据。

1.8 建设单位已有核技术利用项目许可情况

1.8.1 原有核技术项目情况

遵义医科大学附属医院已于 2023 年 12 月 29 日取得了贵州省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（黔环辐证[00067]，有效期至 2028 年 12 月 28 日），许可种类和范围和使用 II 类、V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。医院现有射线装置基本情况见表 1-7，现有放射源见表 1-8，现使用的非密封放射性物质见表 1-9。

表 1-7 医院现有射线装置一览表

序号	设备名称	型号	数量	分类	安放/使用位置	使用情况	备注
1	DSA	Innova	1	II	第三住院部六楼介入手术室三手术室	在用	已许可
2	DSA	Artis ceiling	1	II	第三住院部六楼脑血管科介入手术室一手术室	在用	
3	DSA	Artis ceiling	1	II	第三住院部六楼介入手术室二手术室	在用	
4	DSA	Artis ceiling	1	II	第三住院部五楼杂交手术室	在用	
5	DSA	Alura FD20	1	II	老住院部介入手术室	在用	
6	DSA	Artis zee III Floor	1	II	第三住院部六楼介入手术室四手术室	在用	已许可
7	CT 机	SOMATOM Definition Flash	1	III	第三住院部三楼医学影像科 CT2 室	在用	
8	CT 机	SOMATOM Definition	1	III	第三住院部一楼医学影像科 CT3 室	在用	
9	SPECT/CT	GE Hawkeye4	1	III	直线加速器综合楼三层核医学科 SPECT/CT 检查室	在用	
10	DR 摄片机	Aristos VXPLUS	1	III	第三住院部三楼医学影像科 DR2 室	在用	
11	DR 摄片机	Axiom Aristos FX	1	III	第三住院部三楼医学影像科 DR3 室	在用	
12	乳腺机	Senographe Essent IaI	1	III	第三住院部三楼医学影像科第二乳腺检查室	在用	
13	数字胃肠机	SONIALVISION G4	1	III	第三住院部三楼医学影像科 2 号造影检查室	在用	
14	数字胃肠机	Axiom Aristos R200	1	III	第三住院部三楼医学影像科 1 号造影检查室	在用	
15	X 射线 C 臂机	Axiom Artis U	1	III	第三住院部四楼内镜中	在用	

					心 ERCP 室		
16	移动 X 射线机	MOBILETT XP DIGITAL	1	III	第三住院部三楼医学影像科	在用	
17	移动 X 射线机	MOBILETT XP DIGITAL	1	III	第三住院部三楼医学影像科	在用	
18	骨密度仪	MEDIX 90	1	III	直线加速器综合楼三层核医学科骨密度检查室	在用	
19	浅层放射 X 治疗仪	SRT-100	1	III	遵义医科大学附属医院美容医院一楼	在用	
20	体外震波碎石机	HK.ESWL-VI	1	III	老住院部一楼碎石机房	在用	
21	CT 机	GE Optima CT680	1	III	第三住院部三楼医学影像科 CT1 室	在用	
22	移动 X 射线机	MobiEye 700	1	III	第三住院部三楼医学影像科	在用	
23	X 射线 C 臂机	Ziehm8000	1	III	第三住院部五楼手术室	在用	
24	X 射线 C 臂机	Fluorostar 7900	1	III	第一住院部二楼手术室	在用	
25	X 射线 C 臂机	ARCADIS Orbic	1	III	第一住院部二楼脊柱外科手术室	在用	已许可
26	X 射线 C 臂机	Ziehm8000	1	III	第一住院部二楼脊柱外科手术室	在用	
27	PET-CT	Biograph mCT	1	III	儿科大楼（第四住院楼）一楼 PET-CT 机房	在用	
28	CT 机	SOMATOM Definition AS	1	III	儿科大楼（第四住院楼）一楼影像科 CT 室	在用	
29	DR 摄片机	Definium 6000	1	III	儿科大楼一楼影像科 DR 室	在用	
30	X 射线 C 臂机	Ziehm8000	1	III	儿科大楼（第四住院楼）手术室	在用	
31	DR 摄片机	uDR 550i	1	III	第三住院部三楼医学影像科 DR1 室	在用	
32	车载 DR	DR1000	1	III	第二住院部一楼体检科：贵 CF6681	在用	
33	CT 机	Aquilion Lightning TSX-036A	1	III	老住院部发热门诊CT 室	在用	
34	回旋加速器	HM- 10HC	1	II	儿科大楼（第四住院楼）负一楼回旋加速器制药	在用	

					区		
35	DSA	Optima IGS 330	1	II	第三住院部六楼介入平台	在用	
36	DSA	AZURION 7B20	1	II	第三住院部六楼脑血管科介入手术室	在用	
37	X 射线 C 臂机	OEC One CFD	1	III	第一住院部二楼手术室	在用	
38	DR 摄片机	Radnext50	1	III	第二住院部一楼体检科	在用	
39	CT 机	uCT760	1	III	第三住院部一楼医学影像科 CT4 室	在用	
40	DR 摄片机	Aristos VXPLUS	1	III	第三住院部一楼医学影像科 DR6 室	在用	

表 1-8 医院已履行环保手续的现有放射源一览表

序号	核素名称	活度 (Bq)	用途	放射源类别	使用场所	许可情况	备注
1	^{68}Ge	4.62E+07	SPECT/CT 校准	V 类放射源	儿科大楼（第四住院楼）一楼 PET 中心核医学科	已许可	在用
2	^{68}Ge	9.25E+07		V 类放射源		已许可	在用
3	^{68}Ge	4.62E+07		V 类放射源		已许可	在用
4	^{137}Cs	3.70E+13	血液辐照	II 类放射源	第二住院楼负一层血液辐照室	已许可	在用

表 1-9 医院已履行环保手续的现使用的非密封性放射性物质一览表

序号	核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	工作场所等级	用途	活动种类	场所位置	许可情况	备注
1	^{201}Tl	9.25E+05	乙级	放射诊断	使用	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	已许可	在用
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	2.31E+08		放射诊断	使用		已许可	在用
3	^{89}Sr	2.96E+07		放射治疗	使用		已许可	在用
4	^{153}Sm	3.70E+08		放射治疗	使用		已许可	在用
5	^{99}Mo	2.66E+06		制备 $^{99\text{m}}\text{Tc}$	使用		已许可	在用
6	^{177}Lu	1.48E+08		临床研究	使用		已许可	在用
7	^{111}In	3.33E+06		放射诊断	使用		已许可	在用
8	^{131}I	3.15E+09		放射治疗	使用		已许可	在用

9	^{125}I	3.33E+03			放免分析	使用		已许可	在用
10	^{125}I (粒子源)	1.98E+07		丙级	放射治疗	使用	直线加速器综合楼 四层核医学科	已许可	在用
11	^{15}O	3.7E+08	3.70E+09	乙级	放射诊断	生产	儿科大楼 (第四住院楼) 负 一楼回旋加速器制 药区	已许可	在用
12	^{13}N	3.7E+08			放射诊断	生产		已许可	在用
13	^{18}F	1.85E+09			放射诊断	生产		已许可	在用
14	^{11}C	1.11E+09			放射诊断	生产		已许可	在用
15	^{15}O	7.40E+06	1.52E+08	乙级	放射诊断	使用	儿科大楼 (第四住院楼) 一 楼 PET 中 心核医学科	已许可	在用
16	^{13}N	7.40E+06			放射诊断	使用		已许可	在用
17	^{68}Ge (^{68}Ga)	5.55E+07			制备 ^{68}Ga	使用		已许可	在用
18	^{68}Ga	3.70E+07			放射诊断	使用		已许可	在用
19	^{18}F	2.96E+07			放射诊断	使用		已许可	在用
20	^{64}Cu	7.40E+06			放射诊断	使用		已许可	在用
21	^{11}C	7.40E+06			放射诊断	使用		已许可	在用

1.8.2 辐射安全管理情况

(1) 遵义医科大学附属医院严格遵守了《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》等相关辐射防护法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，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。

(2) 医院已制定了《辐射、放射设备维修制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员培训计划》、《射线装置安全操作规程》、《核医学影像检查规程》、《岗位职责》、《放射性同位素订购、领取、保管、使用制度》、《放射源及射线装置台账管理制度》、《设备质量保证大纲及质量控制计划》、《辐射安全事故应急预案》等制度和规程，根据医院制定的制度，具有一定的可行性，并严格按照规章制度执行。

(3) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全管理委员会，明确辐射防护责任，并加强了对医院现有的各辐射工作场所的监督和管理。

(4) 医院组织辐射工作人员参加了医院自行组织的辐射安全与防护知识的培训，使用Ⅲ类射线装置的辐射工作人员通过了院内的辐射防护安全知识和法律法规教育考核，现核医学科、介入科的大部分辐射工作人员通过了贵州省生态环境厅组织的辐射安全与防护知识的考核，医院拟安排未取得辐射安全与防护知识的考核合格证的报名参与贵州省生态环境厅组织辐射安全与防护知识的考核，做到持证上岗。辐射工作期间，辐射工作人员按照 GBZ 128-2019 的要求佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。

(5) 根据《遵义医科大学附属医院放射性同位素与射线装置安全和防护状况 2023 年度评估报告》可知：医院现有的放射性场所均设置有电离辐射警示标志、报警装置和工作指示灯，各辐射工作场所通风良好。各辐射工作场所屏蔽防护措施满足要求；对于诊断机房设置了铅玻璃观察窗，能清楚观察到机房内情况；控制室和机房之间设置对讲装置，方便医务人员和受检者沟通；每个辐射工作场所周围外照射辐射水平符合相关标准规定的要求。

由现场调查情况可知，除了部分工作人员未取得辐射安全与防护知识的考核合格证书外，医院已采取相应的辐射防护措施，本次环评认为医院现有的辐射防护措施以及管理制度能够满足目前辐射防护要求。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	活动种类和范围	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）		年最大用量（Bq）	用途	操作方式	操作（使用）场所	贮存方式与地点
1	¹⁸ F	液态	使用 乙级非密封放射性物质 工作场所	1.11E+08	1.11E+05	1.49E+09	9.25E+09	放射诊断研究	很简单的操作	分子影像重点实验室	存储于实验室通风柜（手套箱）内、热室
2	¹²⁴ I	液态		5.55E+07	5.55E+06		4.44E+08	放射诊断研究	简单操作		
3	⁸⁹ Zr	液态		5.55E+07	5.55E+06		4.44E+08	放射诊断研究	简单操作		
4	⁶⁸ Ga	液态		3.33E+08	3.33E+06		2.00E+10	放射诊断研究	简单操作		
5	¹¹ C	液态		1.11E+08	1.11E+05		8.88E+08	放射诊断研究	很简单的操作		
6	⁶⁴ Cu	液态		1.66E+08	1.66E+06		1.33E+09	放射诊断研究	简单操作		
7	^{99m} Tc	液态		3.33E+08	3.33E+05		4.02E+10	放射诊断研究	很简单的操作		
8	¹¹¹ In	液态		5.55E+07	5.55E+06		4.44E+08	放射诊断研究	简单操作		
9	¹⁷⁷ Lu	液态		2.22E+08	2.22E+07		2.22E+09	放射诊断研究、核素治疗研究	简单操作		
10	¹³¹ I	液态		8.88E+07	8.88E+06		8.88E+08		简单操作		
11	²¹² Pb	液态		2.22E+08	2.22E+07		2.22E+09		简单操作		
12	²²⁵ Ac	液态		1.48E+08	1.48E+09		1.11E+09	核素治疗研究	简单操作		
13	²²³ Ra	液态		1.48E+08	1.48E+09		2.22E+09	核素治疗研究	简单操作		
14	⁹⁰ Y	液态		2.22E+08	2.22E+07		1.11E+09	核素治疗研究	简单操作		
15	¹⁶¹ Tb	液态		2.22E+08	2.22E+07		2.22E+09	核素治疗研究	简单操作		

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

表 4 射线装置

(一) 加速器： 包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器													
序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	流强(μA)	用途	工作场所	备注			
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途													
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所					
1	动物 PET/SPECT/CT	III类	1	InliView-3000B	80kV	0.7mA	放射诊断研究	分子影像重点实验室小动物 PET/CT 机房					
(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源													
序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 s 废弃物(重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性废气	气态	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 、 ^{90}Y	--	--	--	--	经高效过滤装置净化后排放	本项目产生的所有放射性废气均通过专用管道汇总到第四住院楼楼顶排气口排放。
放射性废水	液态	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 、 ^{90}Y	--	--	--	总 α $\leq 10\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$	存储在负二层废水衰变池中。	经过 210 天的贮存衰变，经有资质的单位检测达标后，可排入医院污水处理站处理后排至市政管网。
剩余放射性药物	液态		--	--	--	--	在铅罐内于固废间放置	经过 10 个半衰期衰变后排入衰变池中进行衰变，经监测达标后排入医院污水处理站处理后排至市政管网。
放射性固体（操作手套、口罩、注射器、针头、棉签、一次性吸水纸、擦拭纸、活性炭以及注药动物尸体等）	固态	^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 、 ^{90}Y	--	--	--	极低	固体废物包扎好编好日期后贮存在铅制固体废物衰变箱（铅柜）中，并置于放射性固体废物暂存室（固废间）中；使用后的注射器置于铅药盒中储存在固废间内衰变；注药动物尸体存储于铅罐中后，置于固废间内的专用冰柜中进行贮存衰变。	含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{212}Pb 的放射性固体废物暂存超过 30 天，含 ^{89}Zr 、 ^{124}I 、 ^{111}In 、 ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{90}Y 的放射性固体废物暂存超过各个核素的 10 倍半衰期，含 ^{131}I 的放射性固体废物暂存超过 180 天，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，由有资质单位统一回收处理，不外排。
臭氧、氮氧化物	气态	--	--	--	--	--	无组织排放	排风系统排入外环境

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

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

表‘评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第 48 号，2018 年 12 月 29 日修订实施）； (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）； (4) 《中华人民共和国职业病防治法》（中华人民共和国主席令第 24 号 2018 年 12 月 29 日 修订）； (5) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日修改施行）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修正）； (7) 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行） (8) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行； (9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（国家环境保护总局办公厅 环办函[2006]629 号）； (10) 《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》（环发[2006]145 号）； (11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（生态环境部第 16 号令，2021 年 1 月 1 日施行）； (12) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日经生态环境令第 20 号修订）； (13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（环境保护部令第 36 号，2019 年 11 月 1 日施行）； (14) 《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，2011 年 5 月 1 日施行）； (15) 《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）； (16) 《关于发布<射线装置分类> 的公告》（国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号于 2006 年 5 月 30 日公布施行，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号修订）； (17) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公
------	--

	告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行； (18) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》国环规环评〔2017〕4 号； (19) 《贵州省省级生态环境部门审批环境影响评价文件的建设项目目录》（黔环综合〔2023〕37 号，2023 年 9 月 28 日实施）； (20) 《关于发布<放射性废物的分类>的公告》（2018 年 1 月 1 日起施行）； (21) 《关于印发<医用同位素中长期发展规划>（2021-2035 年）的通知》（国家原子能机构、科技部、公安部、生态环境部、交通运输部、国家卫生健康委、国家医疗保障局、国家药品监督管理局文件 国原发〔2021〕2 号，2021 年 5 月 26 日印发）； (22) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》（国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令）。
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》（HJ 10.1-2016）； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (5) 《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (6) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）； (7) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB 11930-2010）； (8) 《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002）； (9) 《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）； (10) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (11) 《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ 235-2011）； (12) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； (13) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）； (14) 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》生态环境部辐射源安全监管辐射函（2023）20 号； (15) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）； (16) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学因素》（GBZ 2.1—2019）。
其他	(1) 项目环境影响评价委托书； (2) 甲方提供的有关资料； (3) 《中国环境天然放射性水平》（1995 年）； (4) 《辐射防护手册》（第一分册）《辐射源与屏蔽》（李德平主编，原子能出版社，1990 年）； (5) 《辐射防护手册》第三分册《辐射安全》（李德平主编，原子能出版社，1990 年）。

7.1 评价范围

保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)

中的相关规定，“乙级非密封放射性物质工作场所的评价范围取半径 50m 的范围。放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”。本项目为乙级非密封放射性物质工作场所，具有实体边界，因此，本项目评价范围确定为分子影像重点实验室辐射场所控制区边界外 50m 范围。项目评价范围见图 7-1。

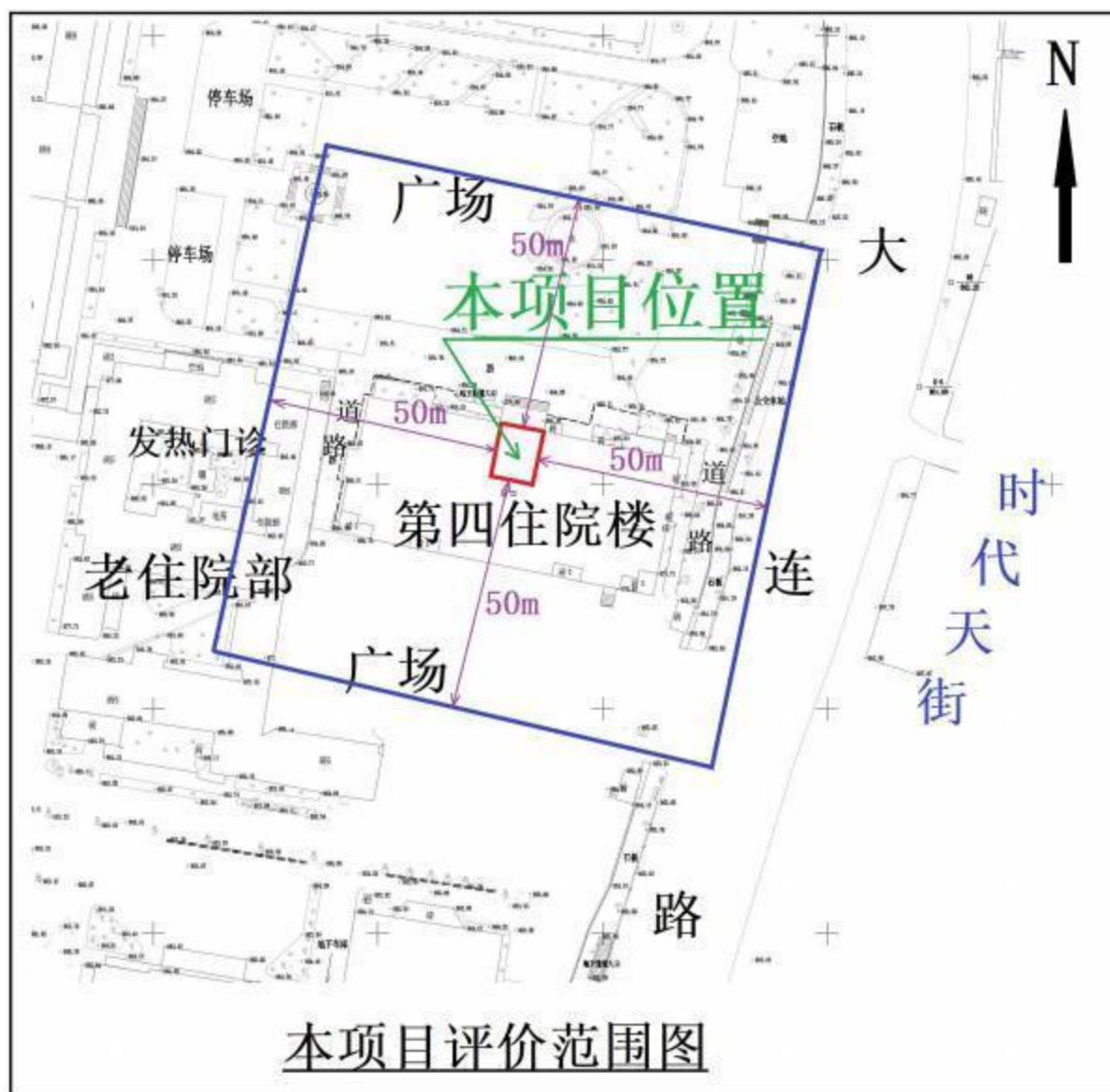


图 7-1 本项目评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目重点关注的环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7.1 主要环境保护目标一览表

区域	保护对象	人员类型	方位	位置描述	人流量	辐射剂量约束值
辐射工作场所（控制区）	分子影像重点实验室控制区内核素操作人员、搬运及摆位人员、注药实验动物观察/饲养员、排泄物清理人员等	职业人员	辐射场所控制区内	实验室、小动物 PET/CT 机房、注姚动物饲养间等	4 人	5mSv/a
辐射工作场所监督区范围	分子影像重点实验室 PET/SPECT/CT 操作人员	职业人员	辐射场所监督区内	PET/SPECT/CT 操作室	1 人	5mSv/a
非辐射工作场所	第四住院楼负一层其他非辐射工作人员等	公众人员	东侧	过道（紧邻）、回旋加速器制药区（距分子影像重点实验室东侧 1.7m~33m）	约 5 人	0.1mSv/a
			南侧	通道（紧邻）、电梯厅、办公室、库房、值班室等（距分子影像重点实验室南侧 1.8m~19m）	约 4 人	0.1mSv/a
			西侧	楼梯间、前室（紧邻）、普通实验室、后勤用房（距分子影像重点实验室西侧 4m~31m）	约 4 人	0.1mSv/a
	第四住院楼负二层其他非辐射工作人员等		下方	柴油发电机房、通道、配电房、水泵房、消防水池、杂物间、衰变池区域等	流动人员	0.1mSv/a
	第四住院楼一层~十一层其他非辐射工作人员等		上方	一层 PET 中心、放射科、核磁检查室、办公室、诊断室等，二层病理科办公室、诊断室、实验室等，三层办公室、诊断室、检查室等，四层手术室等，五层设备层，六层新生儿病房、办公室等，六层~七层产房、办公室等，八层~十一层病房、办公室、护士站等（距分子影像重点实验室上方紧邻~50m）	固定：约 150 人， 流动：约 800 人	0.1mSv/a
	老住院部、发热门诊其他非辐射工作人员等		西侧	老住院部、发热门诊（距分子影像重点实验室西侧 39m~50m）	固定：约 60 人， 流动：约 350 人	0.1mSv/a

	内部道路、停车场、广场、大连路及人行道流动人员		东侧	内部道路（距分子影像重点实验室东侧 33m~43m），大连路及人行道（距分子影像重点实验室东侧 43m~50m）	若干	0.1mSv/a
			南侧	广场（距分子影像重点实验室南侧 19m~50m）	若干	0.1mSv/a
			西侧	内部道路（距分子影像重点实验室西南侧 31m~39m）	若干	0.1mSv/a
			北侧	内部道路、广场、停车场（距分子影像重点实验室北侧紧邻~50m）	若干	0.1mSv/a
注： 以上距离为距分子影像重点实验室控制区边界的距离。						

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB18871-2002

（1）剂量限值

附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，本项目中从事放射诊断、治疗研究的工作人员年有效辐射剂量约束值取剂量限值的 1/4，即 5mSv/a。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量：1mSv；
- b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求，本项目的公众人员年有效辐射剂量约束值取剂量限值的 1/10，即 0.1mSv/a。

但剂量约束值的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

（2）辐射场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中附录 C 规定的，非密封放射性物质工作场所的分级应按表 7-2 将非密封放射性物质工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表7-2 非密封源工作场所的分级

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

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7-3 和表 7-4。

提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量，可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封源工作场所的分级判据如表 7-2。

表7-3 放射性核素毒性组别修正因子

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

表7-4 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较 低的固体	液体，溶液， 悬浮液	表面有污染 的固体	气体，蒸汽，粉末，压力 很高的液体， 固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

（3）同位素操作场所表面污染控制水平

工作人员体表、内衣、工作服以及工作场所的设备和地面等表面放射性污染的控制应遵循《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 第 B2 款所规定的限制要求。

B2 表面污染控制水平

B2.1 工作场所的表面污染控制水平如表 7-5 所列。

c) 设备、墙壁、地面经采取适当的去污措施后，仍超过表 7-5 中所列数值时，可视为固定污染，经审管部门或审管部门授权的部门检查同意，可适当放宽控制水平，但不得超过表 7-5 中所列数值的 5 倍。

表 7.5 工作场所的放射性表面污染控制水平

表面类型		α 放射性物质(Bq/cm ²)	β 放射性物质(Bq/cm ²)
工作台、设备、墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	40
	监督区	0.4	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	0.4	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.04	0.4

注：1) 该区内的高污染子区除外。

(4) 放射性物质向环境排放的控制

第 8.6.2 条 不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 $10ALI_{min}$ (ALI_{min} 是相应于职业照射的食入和吸收 ALI 值中较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得)；

b) 每一次排放的活度不超过 $1ALI_{min}$ ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

根据 B1.3.4 和 B1.3.5 条规定，对于职业照射，在一定的假设下可将 $I_{j,L}$ 用作 ALI。由相应的单位摄入量的待积有效剂量的值得到放射性核素 j 的年摄入量限值 $I_{j,L}$ 计算公式：

$$I_{j,ingL} = \frac{DL}{e_j}$$

式中：DL—相应的有效剂量的年剂量限值，0.1mSv/a；

e_j —GB18871-2002 中表 B3 和 B6、B7 给出的放射性核素 j 的单位摄入量所致待积有效剂量的响应值。本项目放射性核素排放导出限值见表 7-6。

表 7-6 放射性核素排放导出限值

放射性核素	食入/吸入 e (g)	f_i	月排放限值(Bq)	一次排放限值(Bq)
¹⁸ F	5.4E- 11	1.000	1.85E+07	1.85E+06
⁶⁸ Ga	4.9E- 11	0.001	2.04E+11	2.04E+10

¹²⁴ I	4.5E-09	1.000	2.50E+09	2.50E+08
⁶⁴ Cu	3.8E- 11	0.500	5.25E+07	5.25E+06
⁸⁹ Zr	3. 1E- 10	0.002	1.62E+09	1.62E+08
¹¹ C	2.4E- 11	1.000	4. 17E+07	4. 17E+06
^{99m} Tc	2.9E- 11	0.800	4.31E+07	4.31E+06
¹¹¹ In	3. 1E- 10	0.020	1.61E+08	1.61E+07
¹⁷⁷ Lu	1. 1E-09	5.0E-04	1.82E+09	1.82E+08
¹³¹ I	1. 1E-08	1.000	9.09E+04	9.09E+03
²¹² Pb	3.3E-08	0.200	1.52E+05	1.52E+04
²²⁵ Ac	7.9E-06	5.0E-04	2.53E+05	2.53E+04
²²³ Ra	6.9E-06	0.200	7.25E+02	7.25E+01
⁹⁰ Y	2.7E-09	1.0E-04	3.70E+09	370E+08
¹⁶¹ Tb	1.2E-09	5.0E-04	1.67E+09	1.67E+08

以 ¹⁸F 排放限值的计算为例：一次性排放限值为 $1.85\text{E}+06\text{Bq}=0.1 \div (5.4\text{E}- 11) \div 1000 \div 1.000$ ，月排放限值为 $1.85\text{E}+07\text{Bq}=(1.85\text{E}+06\text{Bq}) \times 10$ 。

(5) 豁免活度浓度与豁免活度

符合以下要求的放射性物质，即任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表 7-7 所给出的或审管部门所规定的豁免水平。

表 7-7 放射性核素的豁免活度浓度与豁免活度

核素	活度浓度(Bq/g)	活度/Bq
¹⁸ F	1.0E+01	1.0E+06
⁶⁴ Cu	1.0E+02	1.0E+06
^{99m} Tc	1.0E+02	1.0E+07
¹¹¹ In	1.0E+02	1.0E+06
¹⁷⁷ Lu	1.0E+03	1.0E+07
¹³¹ I	1.0E+02	1.0E+06
²¹² Pb	1.0E+01	1.0E+05
²²³ Ra	1.0E+02	1.0E+05

⁹⁰ Y	1.0E+03	1.0E+05
2、《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021) 第 4.3 条 辐射工作场所分区 第 4.3.1 条 应按照 GB 18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。 第 4.3.2 条 核医学工作场所的控制区主要包括放射性药物分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 第 4.3.3 条 核医学工作场所的监督区主要包括卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。 第 4.3.4 条 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。 第 4.4 条 剂量限值与剂量约束值 第 4.4.1 条 剂量限值 核医学工作人员职业照射剂量限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.1 的相关规定，核医学实践使公众成员所受到的剂量照射限值应符合 GB 18871 附录 B 中 B1.2 的相关规定。 第 4.4.2 条 剂量约束值 第 4.4.2.1 条 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5 mSv/a； 第 4.4.2.2 条 公众照射的剂量约束值不超过 0.1 mSv/a。 第 5.1 条 选址 第 5.1.1 条 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。 第 5.1.2 条 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。 第 5.1.3 条 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。 第 5.2 条 布局 5.2.1 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。		

第 5.2.2 条 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。

第 5.2.3 条 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。

第 6.1 条 屏蔽要求

第 6.1.1 条 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。

第 6.1.2 条 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。

第 6.1.5 条 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 30 cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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

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

第 6.1.8 条 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

第 6.2 条 场所安全措施要求

第 6.2.1 条 核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。

第 6.2.2 条 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、核素治疗病房的床位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。

第 6.2.3 条 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人

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，应采取相应的去污措施。

第 6.2.4 条 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，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。

第 6.2.5 条 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、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。

第 6.2.9 条 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

第 6.3 条 密闭和通风要求

第 6.3.1 条 核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

第 6.3.4 条 放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。

第 6.3.5 条 通风橱应有足够的通风能力。设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

第 7 条 放射性废物的管理

第 7.1 条 一般要求

第 7.1.1 条 应根据核医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素的种类、半衰期、活度水平和理化性质等，按放射性废物分类要求将放射性废物进行分类收集和分别处理。

第 7.1.2 条 应按照废物最小化的原则区分放射性废物与解控废物，不能混同处理，应尽量控制和减少放射性废物产生量。

第 7.1.3 条 核医学实践中产生的短寿命放射性废物，应尽量利用贮存衰变的方法进行处理，待放射性核素活度浓度满足解控水平后，实施解控。不能解控的放射性废物，应送交有资质的放射性废物收贮或处置机构进行处理。

第 7.1.4 条 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。

第 7.2 条 固体放射性废物的管理

第 7.2.1 条 固体放射性废物收集

第 7.2.1.1 条 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。

第 7.2.1.2 条 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。

第 7.2.1.3 条 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。

第 7.2.2 条 固体放射性废物贮存

第 7.2.2.1 条 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。

第 7.2.2.2 条 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。

第 7.2.2.3 条 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。

第 7.2.2.4 条 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。

第 7.2.2.5 条 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

第 7.2.3 条 固体放射性废物处理

第 7.2.3.1 条 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， 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。

第 7.2.3.2 条 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 0.1 mSv/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 。

第 7.2.3.3 条 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。

第 7.3 条 液态放射性废物的管理

第 7.3.1 条 放射性废液收集

第 7.3.1.1 条 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。

第 7.3.1.2 条 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。

第 7.3.1.3 条 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。

第 7.3.1.4 条 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。

第 7.3.2 条 放射性废液贮存

第 7.3.2.1 条 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。

第 7.3.2.2 条 槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

第 7.3.3 条 放射性废液排放

第 7.3.3.1 条 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），监测结果经监管部门认可后，按照 GB 18871 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 1 Bq/L、总 β 不大于 10 Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10 Bq/L。

第 7.3.3.3 条 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。

第 7.4 条 气态放射性废物的管理

第 7.4.1 条 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。

第 7.4.2 条 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。

3、《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)

本标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学。

第 6 条 X 射线设备机房防护设施的技术要求

第 6.1.1 条 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。

第 6.1.2 条 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。

第 6.1.3 条 每台固定使用的 X 射线机设备应设有单独的机房，机房应满足相应布局要求。

第 6.3 条 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

第 6.3.1 条 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

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

第 6.4 条 X 射线设备工作场所防护

第 6.4.1 条 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

第 6.4.2 条 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

第 6.4.3 条 机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。

第 6.4.4 条 机房门外应有电离辐射警告标志、机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

第 6.4.5 条 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

第 6.4.6 条 电动推拉门宜设置防夹装置。

第 6.4.7 条 受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。

第 6.4.9 条 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

第 6.4.10 条 机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。

第 6.5 条 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

第 6.5.1 条 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（见表 7-8）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣；

第 6.5.3 条 防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25 mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5 mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2 mmPb。

表 7-8 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
CT 体层扫描 (隔室)	—	—	铅橡胶性腺防护围裙 (方形)或方巾、铅 橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—
注 1：“—”表示不做要求				
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。				
a 工作人员、受检者的个人防护用品和辅助防护设施任选其一即可。				

4、《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）

第 5.1 条 工作场所平面布局和分区

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

第 5.1.2 条 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

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

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

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

b) 对于单一的治疗工作场所应设置放射性药物贮存室、分装及药物准备室、给药室、病房（使用非密封源治疗患者）或给药后留观区、给药后患者专用卫生间、值班室和放置急救设施的区域等功能用房；

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

d) 对于综合性的核医学工作场所，部分功能用房和辅助用房可以共同利用；

第 5.1.4 条 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间（放射性药物贮存室、分装及（或）药物准备室、给药室等）、扫描室、给药后候诊室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房（使用非密封源治疗患者）、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

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

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

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

第 5.2 条 放射防护措施要求

第 5.2.3 条 核医学工作场所的通风系统独立设置，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。

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

第 5.2.6 条 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

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

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

第 5.2.10 条 扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。

第 5.3 条 工作场所的防护水平要求

第 5.3.1 条 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3 m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，控制区内屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ，宜不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；核医学工作场所的分装柜或生物安全柜，应采取一定的屏蔽防护，以保证柜体外表面 5 cm 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；同时在该场所及周围的公众和放射工作人员应满足个人剂量限值要求。

第 6 条 操作中的放射防护要求

第 6.1 条 个人防护用品、辅助用品及去污用品配备

第 6.1.1 条 个人防护用品及去污用品

开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品（见附录 K），其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。当使用的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 活度大于 800MBq 时，防护用品的铅当量应不小于 0.5 mmPb，个人防护用品及去污用品具体配置见附录 K；对操作 ^{68}Ga 、 ^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

K.1 个人防护用品

个人防护用品见表 K.1（表 7-9）。

表 7-9 个人防护用品

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
正电子放射性药物和 ¹³¹ I 的场所	放射性污染防护服	——	——

注：“——”表示不要求，宜使用非铅防护用品。

K.2 应急及去污用品

主要包括下列物品：一次性防水手套、气溶胶防护口罩、安全眼镜、防水工作服、胶鞋、去污剂和/或喷雾（至少为加入清洗洗涤剂和硫代硫酸钠的水）；小刷子、一次性毛巾或吸水纸、毡头标记笔（水溶性油墨）、不同大小的塑料袋、酒精湿巾、电离辐射警告标志、胶带、标签、不透水的塑料布、一次性镊子。

第 6.1.2 条 辅助用品

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

第 6.2 条 放射性药物操作的放射防护要求

第 6.2.1 条 操作放射性药物应有专门场所，如临床诊疗需要在非专门场所给药时则需采取适当的防护措施。放射性药物使用前应适当屏蔽。

第 6.2.2 条 装有放射性药物的给药注射器，应有适当屏蔽。

第 6.2.3 条 操作放射性药物时，应根据实际情况，熟练操作技能、缩短工作时间并正确使用个人防护用品。

第 6.2.4 条 操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体应在通风柜内进行。通风柜保持良好通风，并按操作情况必要时进行气体或气溶胶放射性浓度的监测；操作放射性碘化物等挥发性或放射性气体的工作人员宜使用过滤式口罩。

第 6.2.5 条 控制区内不应进食、饮水、吸烟、化妆，也不应进行无关工作及存放无关物品。

第 6.2.6 条 操作放射性核素的工作人员，在离开放射性工作场所前应洗手和进行表面污染检测，如其污染水平超过表 7-5 规定值，应采取相应去污措施。

第 6.2.7 条 从控制区取出物品应进行表面污染检测，以杜绝超过表 7-5 规定的表面污染控制水平的物品被带出控制区。

第 6.2.9 条 放射性物质的贮存容器或保险箱应有适当屏蔽。放射性物质的放置应合理有

序、易于取放，每次取放的放射性物质应只限于需用的部分。

第 6.2.10 条 放射性物质贮存室应定期进行放射防护监测，无关人员不应入内。

第 6.2.11 条 贮存和运输放射性物质时应使用专门容器，取放容器中内容物时，不应污染容器。容器在运输时应有适当的固定措施。

第 6.2.12 条 贮存的放射性物质应及时登记建档，登记内容包括生产单位、到货日期、核素种类、理化性质、活度和容器表面放射性污染擦拭试验结果等。

第 6.2.13 条 所有放射性物质不再使用时，应立即送回原地安全储存。

第 6.2.14 条 当发生放射性物质溢出、散漏事故时，应根据单位制定的放射事故处置应急预案，参照使用 6.1.2 和附录 K 所列用品，及时控制、消除放射性污染；当人员皮肤、伤口被污染时，应迅速去污并给予医学处理。

第 6.2.15 条 核医学放射工作人员应按 GBZ 128 的要求进行外照射个人监测，操作大量气态和挥发性物质的工作人员，例如近距离操作 ^{131}I 的工作人员，宜按照 GBZ 129 的要求进行内照射个人监测。

第 8 条 医用放射性废物的放射防护管理要求

第 8.1 条 放射性废物分类，应根据医学实践中产生废物的形态及其中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等，将放射性废物进行分类收集和分别处理。核医学常用放射性核素的物理特性参见附录 H。

第 8.2 条 设废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

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

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

第 8.5 条 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。

第 8.6 条 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。

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

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

第 8.9 条 储存场所应具有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。

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

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

5、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学因素》（GBZ 2.1-2019）

工作场所空气中臭氧最高容许浓度： 0.3 mg/m^3 ， NO_x 时间加权平均容许浓度为 5 mg/m^3 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

遵义医科大学附属医院地处贵州省遵义市汇川区大连路 149 号，遵义医科大学附属医院位置及本项目所在区域图见附图 1。本项目用地为医院发展建设用地，根据现场勘查，遵义医科大学附属医院东侧为大连路、时代天街，南侧为贵阳路、医新小区南区及西区，西侧为家属区、遵义医科大学老校区，北侧为遵义医科大学老校区、医新小区北区。遵义医科大学附属医院拟在第四住院楼负一层建设一个使用 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 放射性核素的非密封放射性物质工作场所，并配套安装一台动物 PET/SPECT/CT(III类射线装置)。项目周边环境现场照片见下图。

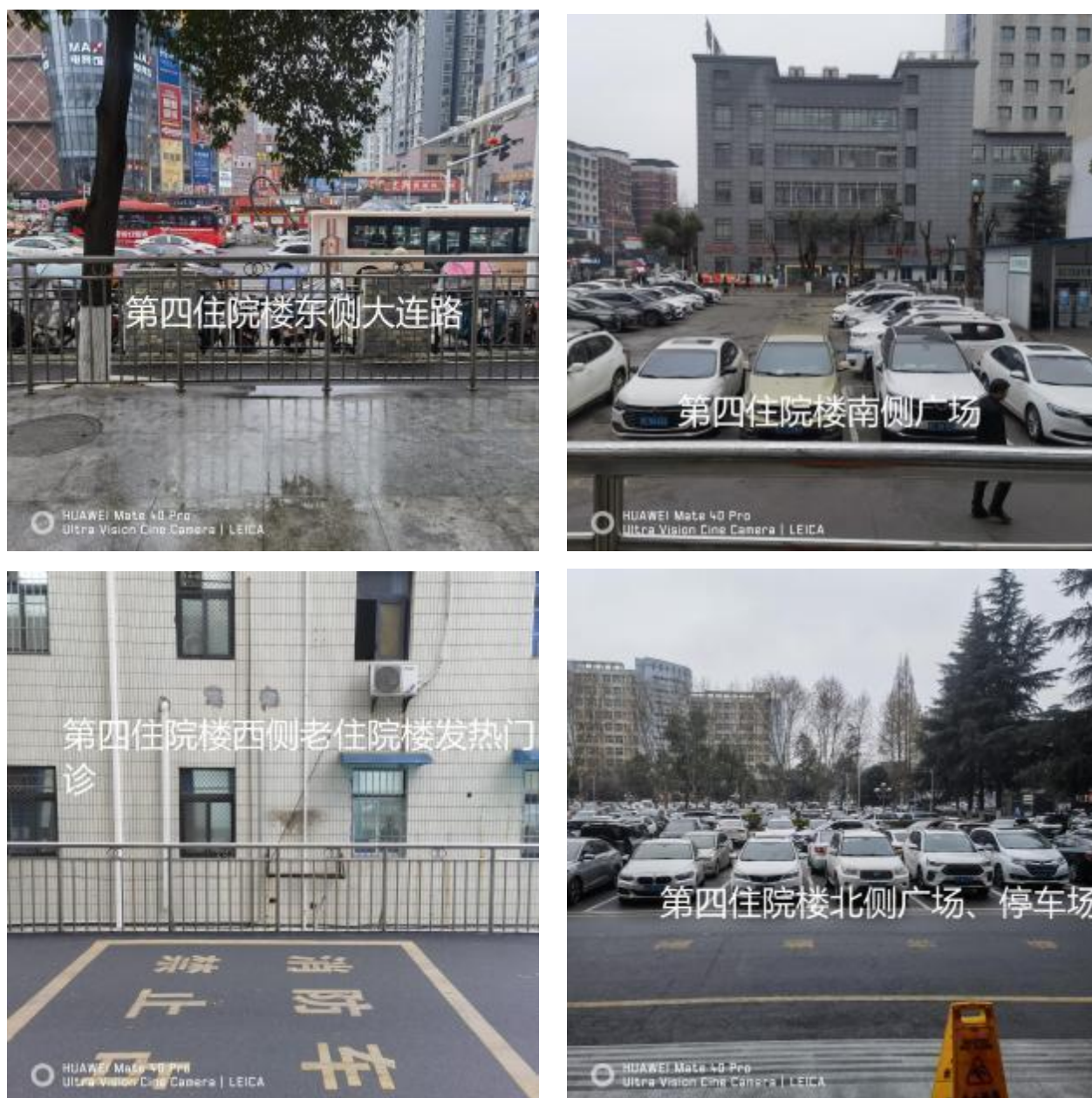


图 8.1 项目周边环境现状图

8.2 辐射环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 评价对象

本次评价对象为拟建核技术利用项目场址及周围环境陆地 γ 辐射剂量率的本底情况。

8.2.2 监测因子

本次环评辐射环境本底监测选取 γ 辐射空气比释动能率作为监测因子。

8.2.3 监测点位

本项目 γ 辐射剂量率监测点位布置见图 8-2~图 8-5。

8.3 监测方案、质量保证措施、监测结果

8.3.1 监测方案

(1) 监测仪器及方法

根据污染因子分析，对拟建的核技术利用项目场所及周围环境进行陆地 γ 辐射空气比释动能率本底监测。监测仪器及监测方法、标准见表 8-1。

表 8-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数及监测方法、标准

仪器名称	便携式 X- γ 剂量率仪
型号(编号)	BH3103B (072)
生产厂家	北京核仪器厂
量 程	X- γ : $(1 \sim 10000) \times 10^{-8} \text{Gy/h}$
能量响应	25 KeV~3 MeV
检定证书	校准证书编号: JL2393177531 有效期: 2023 年 11 月 02 日~2024 年 11 月 01 日
校准因子	0.987
监测方法	现场瞬时测量
监测规范、标准	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

(2) 监测布点

参照《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)中的方法布设监测点，根据项目周围环境现状，监测点位的选取覆盖分子影像重点实验室建设项目区域及周围公众人员活动区域（项目实体边界 50m 范围内）。根据上述布点原则与方法，本项目共设置 13 个点位监测环境地表 γ 辐射剂量率，本项目监测点位布置如图 8-2~图 8-5 所示；本次监测在拟建分子影像重点实验室场址、评价范围敏感目标处、道路及原野布设监测点，能够反映项目分子影像重点实验室内、评价范围敏感目标处、道路及原野的辐射环境现状。

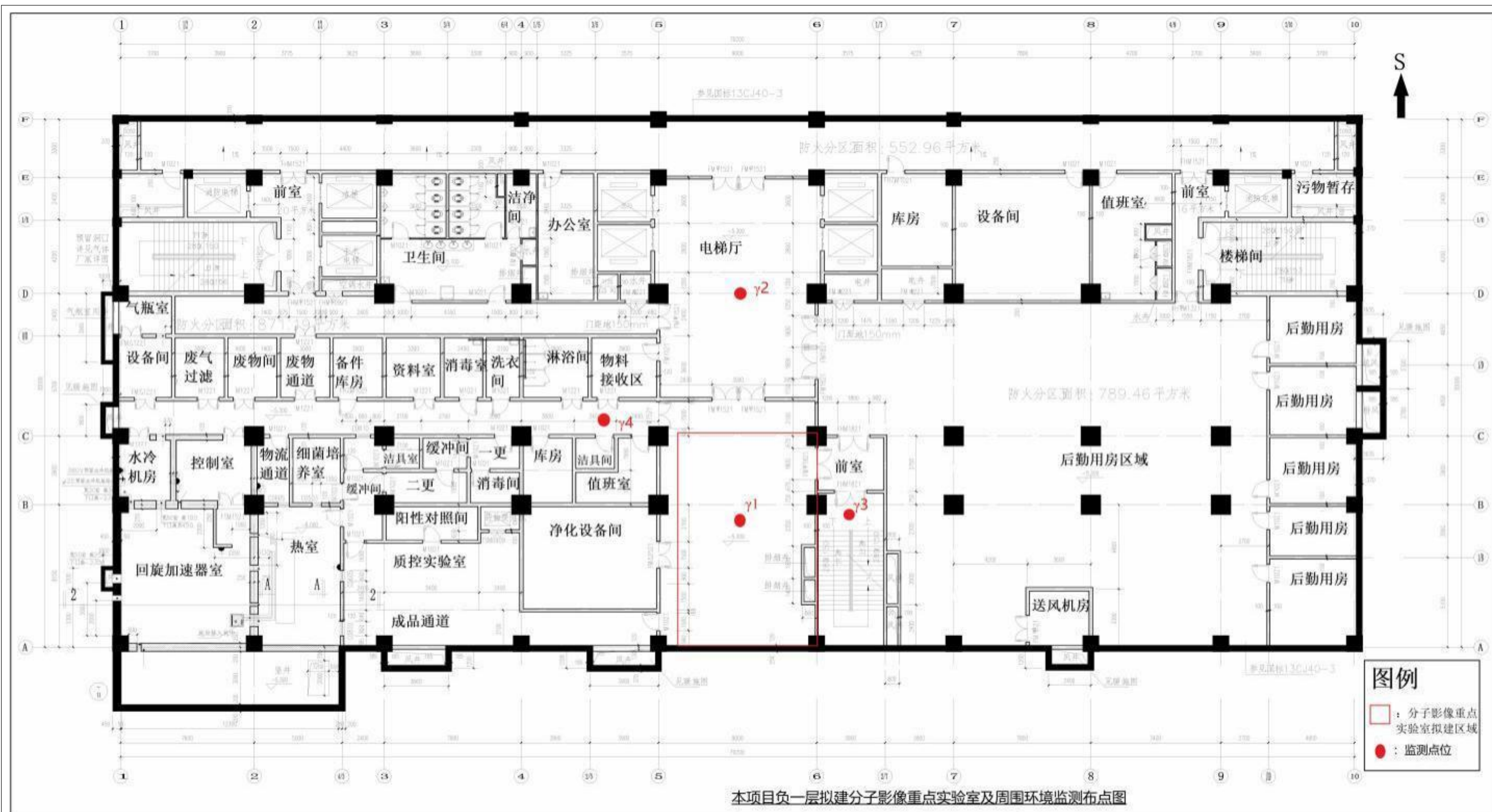


图 8-2 拟建负一层分子影像建设项目场址及周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

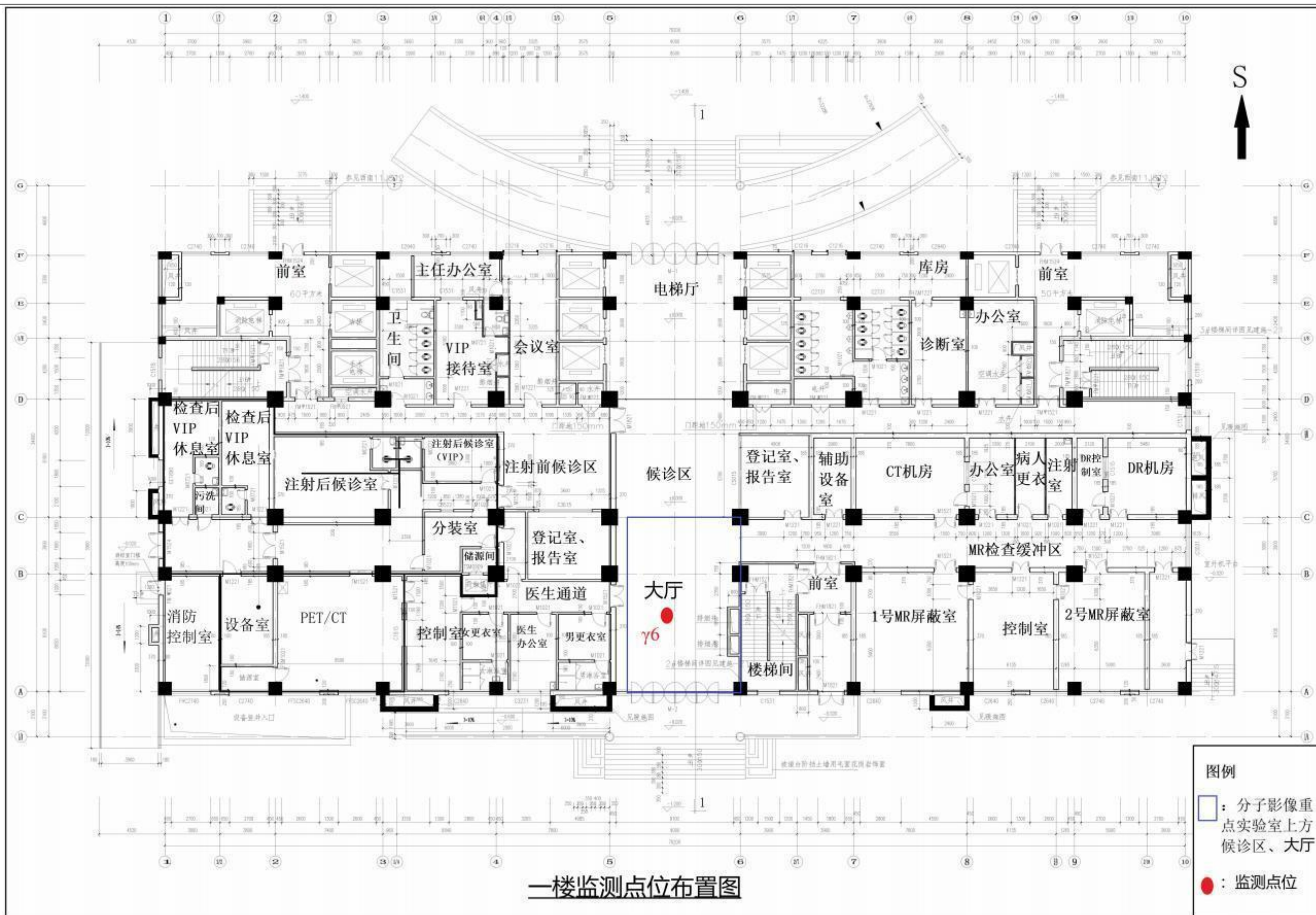


图 8.3 拟建负一层分子影像建设项目场址上方一楼 γ 辐射剂量率监测点位示意图

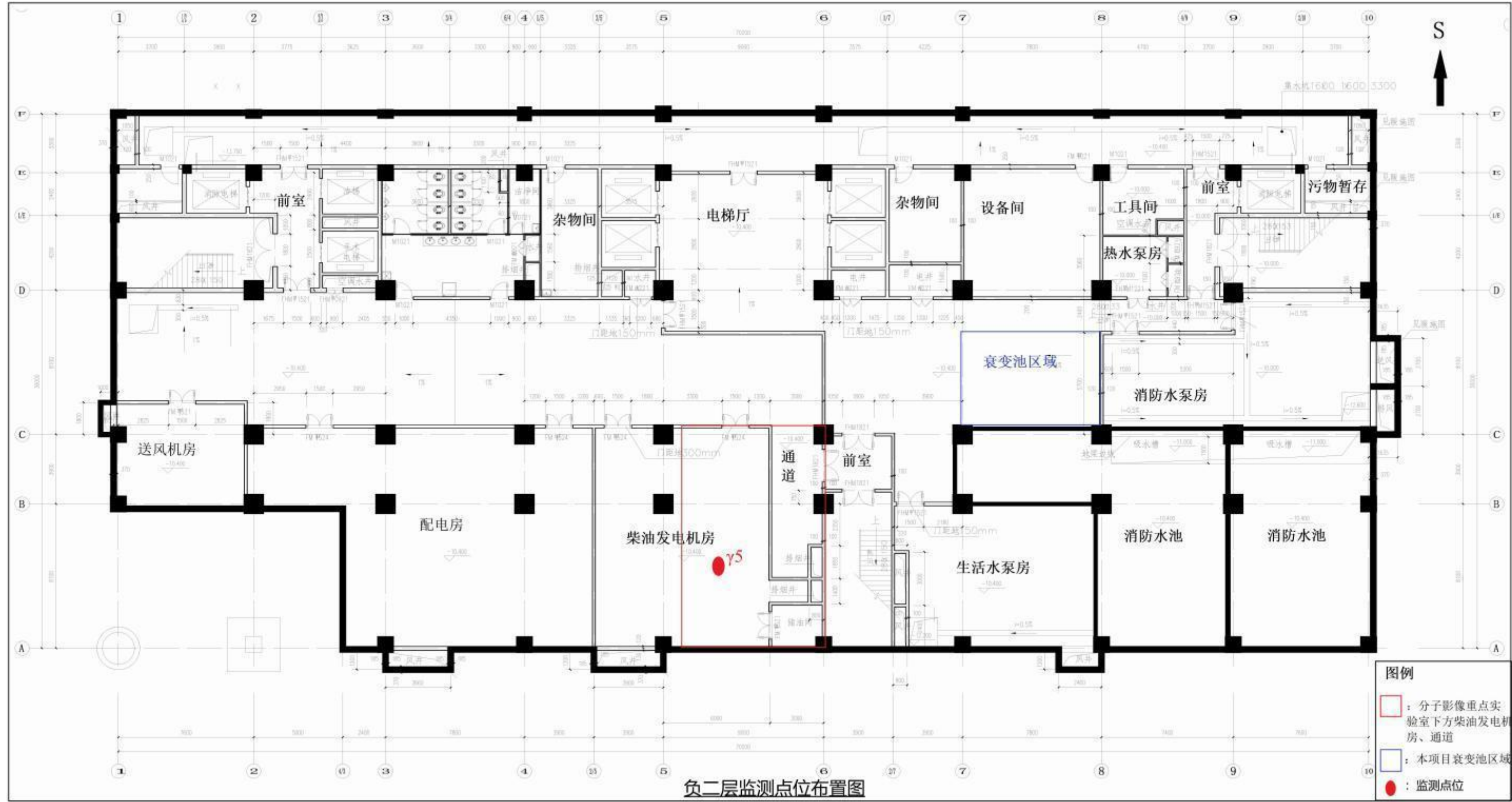


图 8-4 拟建负一层分子影像建设项目场址下方负二层 γ 辐射剂量率监测点位示意图

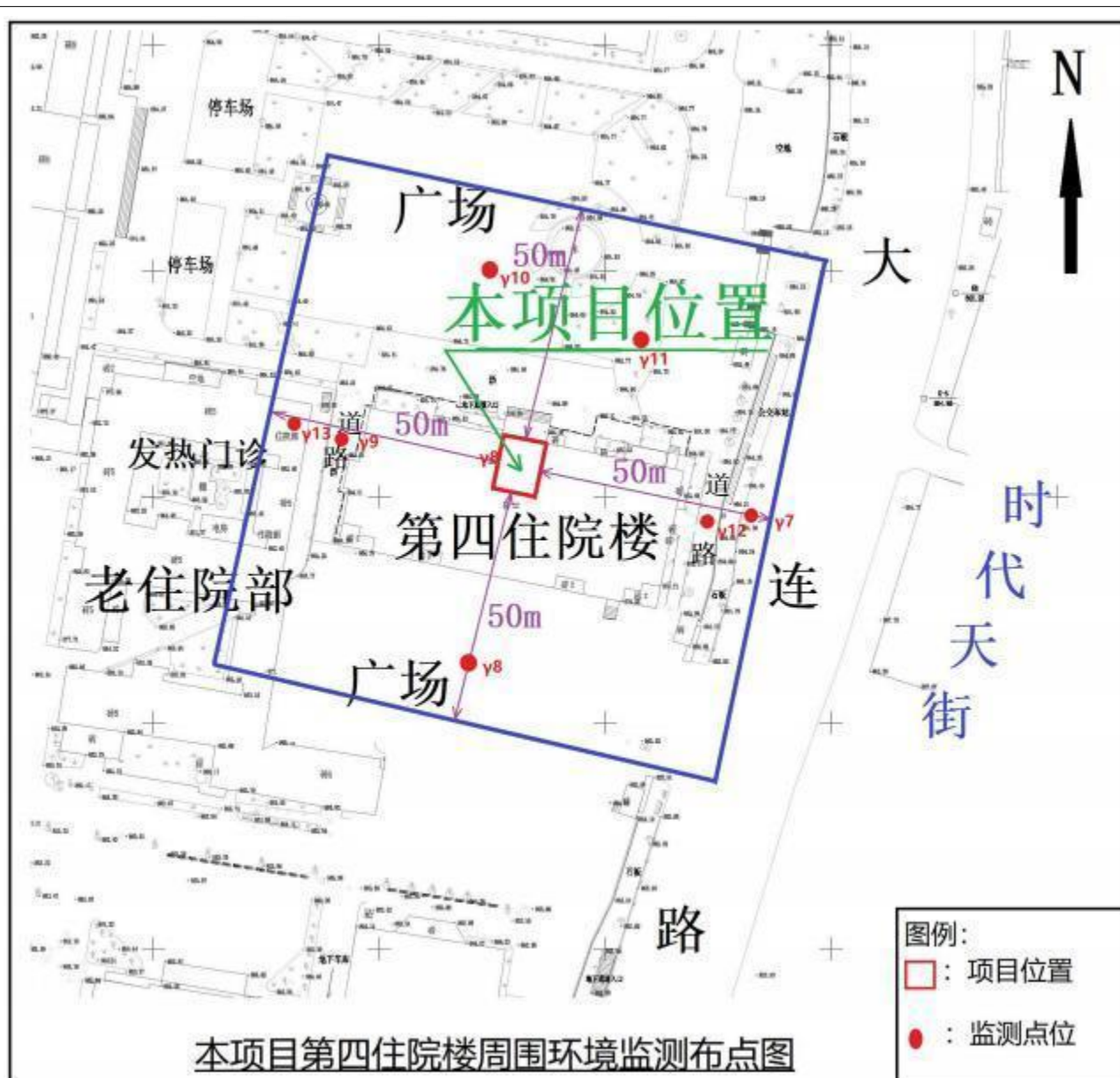


图 8.5 本项目第四住院楼周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

8.3.2 检测质量保证措施

- a 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。
- b 监测方法采用国家有关部门颁布的且本单位已通过有关部门认证过的标准，监测人员经考核合格并持有合格证书。
- c 监测仪器与所测对象能量响应范围、量程、响应时间等方面相符合，且定期经计量部门检定，检定合格后方可使用，并在有效期内，以保证获得真实有效的监测结果。
- d 监测报告严格执行贵州辐源环保科技有限公司质量管理体系的要求实行三级审核。

8.4.3 监测结果

2024 年 2 月 20 日贵州辐源环保科技有限公司对场址及其周围环境进行了 γ 辐射剂量率本底监测，监测报告详见附件 5，拟建项目区域及周围环境陆地 γ 辐射空气比释动能率本底监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建项目场址及其周围环境 γ 射线空气比释动能率监测结果 单位: ($\times 10^{-8} \text{Gy/h}$)

测点编号	测点描述	γ 辐射剂量率	标准差	备注
γ_1	拟建分子影像重点实验室内	6.12	0.64	建筑物内
γ_2	拟建分子影像重点实验室南侧电梯厅	6.22	0.76	建筑物内
γ_3	拟建分子影像重点实验室西侧楼梯间	5.92	0.60	建筑物内
γ_4	拟建分子影像重点实验室东侧核医学科（回旋加速器制药区走廊）	8.68	0.64	建筑物内
γ_5	拟建分子影像重点实验室楼下柴油发电机房	4.93	0.60	建筑物内
γ_6	拟建分子影像重点实验室楼上一楼大厅	5.82	0.54	建筑物内
γ_7	拟建分子影像重点实验室东侧大连路	4.54	0.72	道路
γ_8	拟建分子影像重点实验室南侧广场	3.35	0.72	道路
γ_9	拟建分子影像重点实验室西侧院内道路	7.40	0.60	道路
γ_{10}	拟建分子影像重点实验室北侧广场	5.23	0.64	道路
γ_{11}	拟建分子影像重点实验室北侧绿化带	7.30	0.54	原野
γ_{12}	拟建分子影像重点实验室东侧人行通道	5.43	0.60	道路
γ_{13}	拟建分子影像重点实验室西侧发热门诊	8.09	0.84	建筑物内
备注： 以上监测数据均已扣除监测设备测点处的宇宙射线响应值（ $2.47 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ）。				

遵义市陆地 γ 辐射空气比释动能率参见《中国环境天然放射性水平》（1995 年）。

表 8-3 遵义市陆地 γ 辐射空气比释动能率 单位: ($\times 10^{-8} \text{Gy/h}$)

监测项目		建筑物内	原野	道路
γ 辐射	均值	9.89 $\pm$ 2.88	6.85 $\pm$ 1.34	4.94 $\pm$ 1.43
	范围	3.49--- 17.28	2.27--- 11.35	2.10--- 11.52

备注：遵义市陆地 γ 辐射空气比释动能率均已扣除了监测设备的宇宙射线响应值

8.4 环境现状调查结果评价

根据表 8-2 项目场址及其周围环境 γ 辐射空气比释动能率与表 8-3 遵义市陆地 γ 辐射空气比释动能率对比可以看出，医院拟建项目区域周围环境中 γ 辐射空气比释动能率处于遵义市陆地 γ 辐射空气比释动能率本底范围内，项目建设场址及其周围环境的辐射环境无异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 PET/SPECT/CT工作原理

分子显像是在细胞和分子层面对生物的生理过程进行成像，与传统的影像诊断技术相比，分子成像更注重探测分子的异常性和基因表达的变化，即深入到疾病的基础和本源层次对疾病的病理过程进行研究，对于疾病的早期诊断与治疗具有重要的科学意义和应用价值。作为生物医学研究的重要技术工具，分子影像设备在动物模型研究和临床研究之间架起了一座重要桥梁。

1、PET 工作原理

PET 是英文 Positron Emission Tomography 的缩写。其临床显像过程为：将发射正电子的放射性核素（如 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 等）标记到能够参与动物组织血流或代谢过程的化合物（如脂肪酸、脱氧葡萄糖、氨基酸、核苷等）上，将标有带正电子放射性核素的化合物注射到受检动物体内，让受检动物在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。放射核素发射出的正电子在体内移动大约 0.22mm 后与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等（511keV）、方向相反的 γ 光子。湮灭产生的一对 γ 光子被生物体外环形排列的探测器探测到，探测器输出的信号经过符合电路处理之后，得到大量的响应线（line of response，LOR），经过重建算法重建出图像，于是就得到了放射性核素在生物体内的分布情况。动物 PET 成像的基本原理示意图见图 9-1。

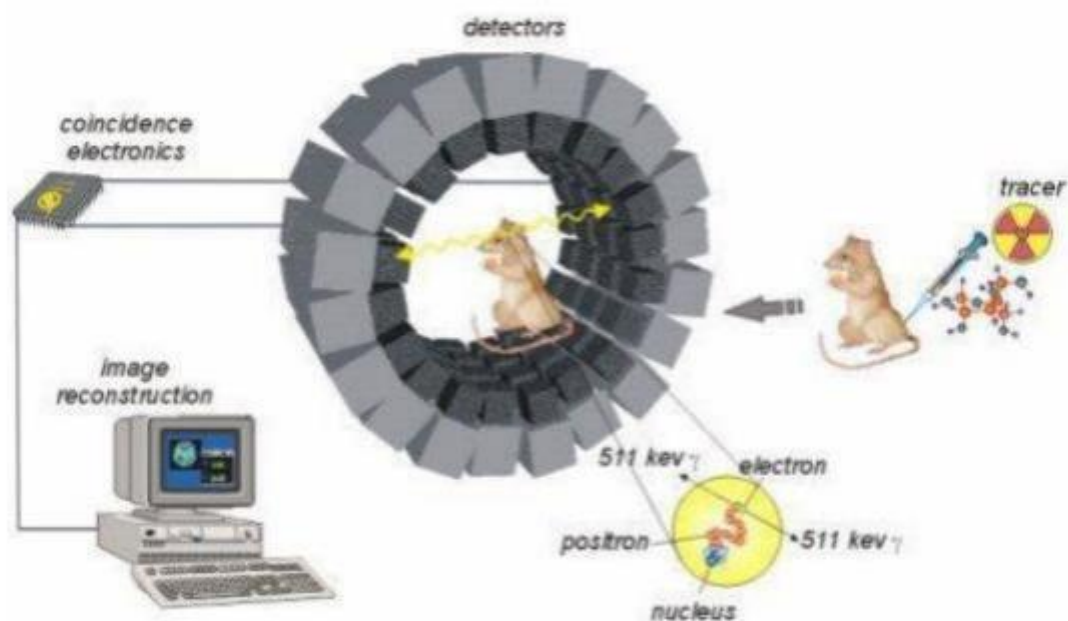


图 9.1 动物 PET 成像基本原理示意图

2、SPECT 工作原理

SPECT 的全称是单光子发射计算机断层扫描仪 (Single-Photon Emission Computed Tomography)，本项目主要用核素 ^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 进行显像诊断研究，其使用 ^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 进行诊断研究的基本原理是：受检动物注射 ^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 药物，本项目使用的 SPECT 显像诊断核素在特定的器官或组织发射出 γ 光子， γ 光子穿过动物组织器官后，经过针孔准直器，打到 SPECT 探测器上，探测器将 γ 光子转为可见光再转换电子，经过电路转换为数字信号，进行存储。旋转准直器，进行多个角度的 γ 光子数据采集，得到完备的投影数据，进行图像重建，从而获得小动物的三维放射性核素分布图像。注入的药物，根据动物体内功能代谢的不同，可以聚集在不同的器官、组织或病变部位。从而放射性核素能够随着药物的代谢过程聚集在特定的部位，其分布就能够反映动物体的生理代谢状况。由针孔准直器和 PET 环形探测器组成的小动物 SPECT 进行成像的基本原理如下图所示。

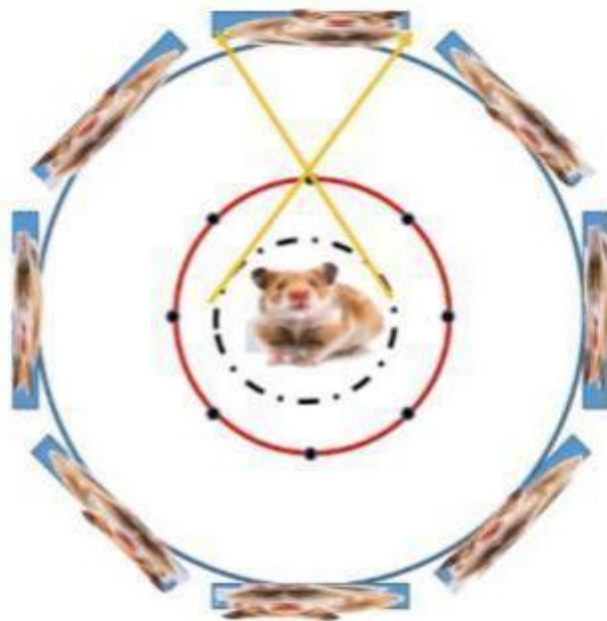


图 9-2 动物 SPECT 成像基本原理示意图

3、CT 基本原理

动物 CT 是基于微焦点 X 线球管及平板探测器的锥束 CT 系统。微焦点 X 线球管产生 X 射线锥形束，经 Al (Cu) 片滤除低能光子，经过被扫物体，最后打到探测器上，探测器将 X 光转换成可见光再转换成电子，经采集电路收集形成一个角度的投影图。X 线球管和探测器绕旋转中心进行 360 度旋转，采集到 360 度的三维投影数据 (sinogram，一个点的 360 度投影图为一个正弦函数曲线，多个点的 360 度投影图为交错的多条正弦函数曲线)。将投影数据进行重建，得到扫物体的三维切片图。

9.1.2 PET/SPECT/CT设备组成

本项目使用的InliView-3000B 动物 PET/SPECT/CT 是一种先进的临床前分子影像设备，可以对动物的生理过程进行活体、无创伤、高分辨的分子显像。PET/SPECT/CT系统主要由扫描仪（scanner）、显像(imaging table)、电子橱(electronics cabinet)、操作工作站（operator, sworkstation, OWS）、分析工作站（analysis workstation, AWS）和影像硬拷贝等组成。主要部件：主机、影像采集和处理计算机、PET/SPECT/CT探测器、动物床等。通过 PET 和 SPECT 影像来揭示小动物的生理和药物代谢情况，配备的微米量级分辨率 CT 可以精确地显像出代谢机体的解剖结构，之后通过对同一体位 CT 和 PET/SPECT 图像的融合，为实验人员提供生物更准确的生理、病理生理及生化等信息。采用了一体式机架设计，将 PET、SPECT、CT 模块集成在同一机架，减少了设备占用空间；另外产品设计在硬件上高度集成，软件上配备了全面的采集和处理功能。



图9-3 InliView-3000B 动物 PET/SPECT/CT

9.1.3 肿瘤治疗研究

^{90}Y 放射性药物主要用于肝病治疗动物实验研究， ^{131}I 药物主要用于甲状腺癌症的治疗动物实验研究， ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 主要用于前列腺癌、胰腺癌及其骨转移癌、胃肠胰腺神经内分泌瘤、结肠癌、淋巴癌等癌症的治疗动物实验研究。肿瘤病灶部位由于组织受到破坏，成组织细胞的修复作用极其活跃，所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物，是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚，因此是一种间接的浓聚机制。肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线（镭-223衰变过程中发射 α 射线），辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，

细胞结构不清；染色体淡或固缩，炎细胞浸润；进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗肿瘤。

9.1.4 核素特性

本项目 PET/SPECT/CT 诊断研究以及肿瘤治疗研究涉及的放射性核素的属性参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 PET/SPECT/CT 诊断研究以及肿瘤治疗研究涉及的放射性核素的属性参数

核素名称	状态	半衰期	毒性级别	衰变方式	主要射线能量(MeV)
^{18}F (氟)	液态	109.8min	低毒	EC、 β^+	γ : 0.511 β^+ : 0.250
^{124}I (碘)	液态	4.18d	中毒	EC、 β^+	γ : 0.511、1.691、0.603、0.723 β^+ : 0.9736、0.687
^{68}Ga (镓)	液态	68.3min	低毒	EC、 β^+	γ : 0.511 β^+ : 0.836
^{64}Cu (铜)	液态	12.70h	低毒	EC、 β^+	γ : 0.511 β^+ : 0.278
^{89}Zr (锆)	液态	78.41h	中毒	EC、 β^+	γ : 0.511、0.909 β^+ : 0.396
^{11}C (碳)	液态	20.4min	低毒	EC、 β^+	γ : 0.511 β^+ : 0.386
$^{99\text{m}}\text{Tc}$ (锝)	液态	6.01h	低毒	EC、 β^-	γ : 0.140 β^- : 0.102
^{111}In (铟)	液态	2.80d	中毒	EC	γ : 0.245
^{131}I (碘)	液态	8.03d	中毒	EC、 β^-	γ : 0.365、0.637 β^- : 0.602
^{177}Lu (镥)	液态	6.65d	中毒	EC、 β^-	γ : 0.208、0.113 β^- : 0.498
^{90}Y (钇)	液态	64.0h	中毒	β^-	β^- : 2.280
^{225}Ac (锕)	液态	9.92d	极毒	EC、 α	γ : 0.100 α : 5.830、5.783
^{223}Ra (镭)	液态	11.43d	极毒	EC、 α	γ : 0.269 α : 5.716、5.606、5.540
^{161}Tb (铽)	液态	6.89d	中毒	EC、 β^-	γ : 0.075、0.049、0.026 β^- : 0.589
^{212}Pb (铅)	液态	10.64h	中毒	EC、 β^-	γ : 0.239、0.300 β^- : 0.590

9.1.5 工作流程

根据确定的放射性同位素 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 的注射剂量，该场所使用的放射性同位素 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、

^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 按量进行外购，运送至实验室通风柜、热室，使用的放射性同位素 ^{18}F 、 ^{11}C 按量由回旋加速器制药区进行生产后，转至实验室通风柜、热室，需要进行实验的动物在普通饲养间进行编号。

1、PET/SPECT/CT 扫描

PET/SPECT/CT 扫描涉及使用的放射性核素主要有 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 ^{99m}Tc 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 。本项目 PET/SPECT/CT 扫描方式分为动态扫描和静态扫描，其中动态扫描的例数占总例数的 5%，静态扫描的例数占总例数的 95%。

动态显像（dynamic imaging）指通过成像设备对靶器官所有释放的 γ 射线进行连续时间点采集的成像技术。动态显像是核医学成像的一个优势，可以反映特定放射性药物被靶器官随着时间变化进行摄取和洗脱的动态变化过程，非常适用于脏器功能的判断。而且，通过建立数学模型，还可以对动态显像数据进行定量分析。如果动物进行动态扫描，则需要将动物麻醉后直接给药，后立即运送到 PET/CT 机房进行扫描。

静态显像（static imaging）指通过成像设备在一个时间点对靶器官所有释放的 γ 射线进行采集的成像技术。静态显像选择的时间点一般是在特定的靶向放射性药物被靶器官或靶病灶摄取达到高峰或相对稳定，且与非靶器官或靶病灶组织的放射性药物摄取比值（靶本比）达到足以在图像中清晰显示病灶的时候。由于静态显像可以根据需要采集足够的放射性计数，图像较为清晰，分辨率较高。如果动物进行静态扫描，则需要将动物麻醉后运送到通风柜内进行药物注射，并在通风柜内等待约 60 分钟，以便药物被病变组织摄取，然后送至小动物 PET/CT 机房进行扫描。

动态显像或静态显像扫描结束后，需要进行解剖研究的在通风柜中进行解剖，观察组织情况后，动物尸体按照放射性固体废物进行处理；不需要进行解剖的实验动物，工作人员送至注射动物饲养间进行留观饲养约 1 天。注射后实验动物饲养由本项目配备的实验动物观察、饲养人员进行喂养。显像诊断研究流程及产物节点详见图 9-4。

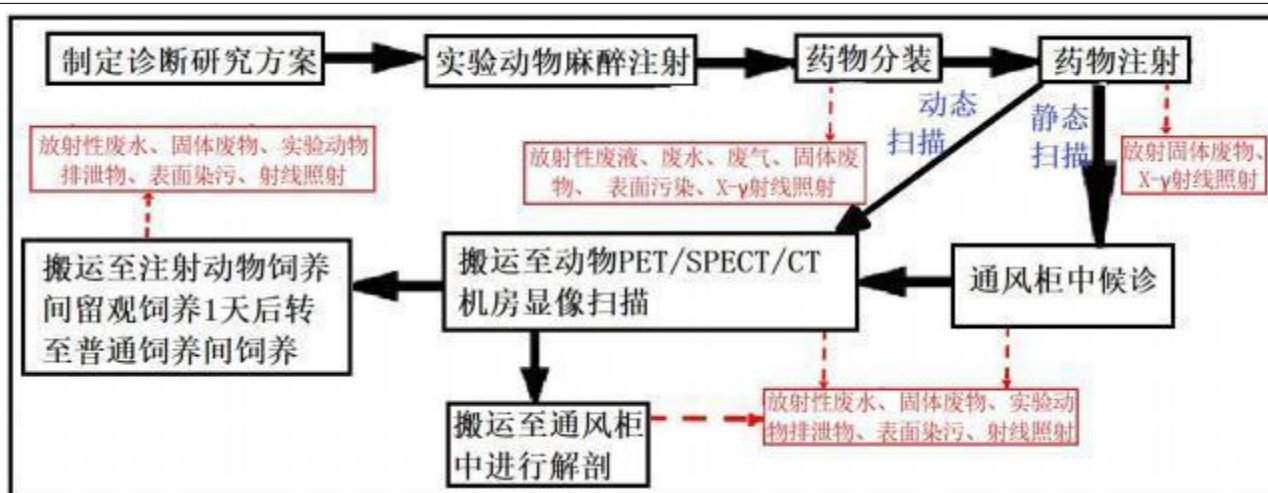


图 9-4 PET/SPECT/CT 显像诊断研究流程及产污节点

①实验动物通道与流程

本项目实验动物从普通饲养室经 M1 → M2 进入实验室，在实验台 T 麻醉注射并麻醉药效起作用后，由搬运人员送至分装柜手套箱 C 内进行药物注射；需要进行静态扫描的在通风柜中候诊，然后由实验动物搬运人员经 M3 搬运至动物 PET/SPECT/CT 机房，接受扫描，需要进行动态扫描的实验动物注射药物后直接由搬运人员经 M3 转至 PET/SPECT/CT 机房接受扫描；扫描完成后，需要进行解剖的实验动物经 M3 → C 进入通风柜中由工作人员进行解剖，不需解剖的实验动物经 M3 → M6 进入注药动物饲养间进行留观、麻醉苏醒、饲养，饲养 1 天后达到离开注药动物饲养间条件，经 M6 → M5 进入缓冲间监测达标后，通过 M4 离开，详见图 9-5 所示。

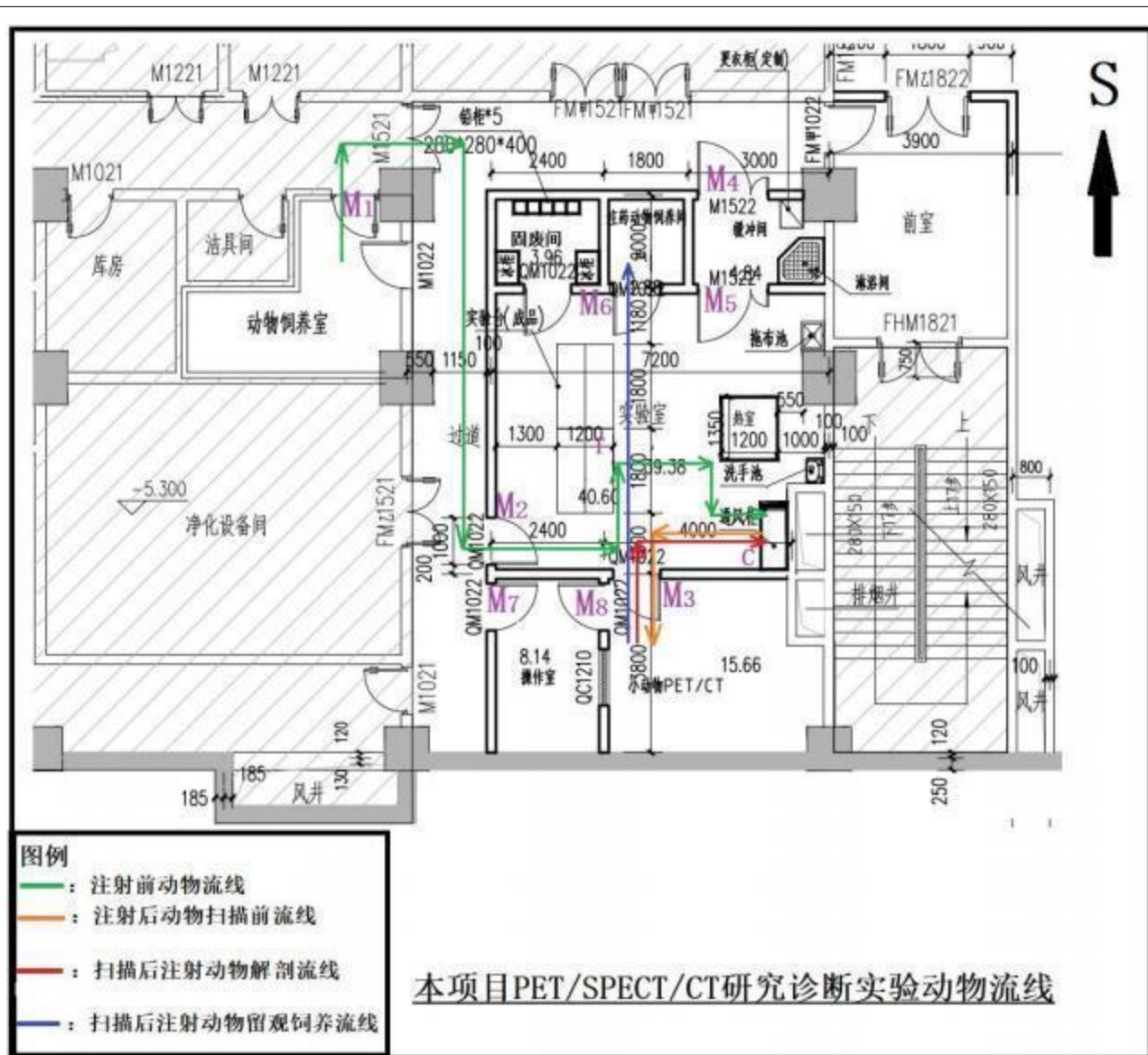


图 9-5 本项目 PET/SPECT/CT诊断研究实验动物流线图

②辐射工作人员通道与流程

本项目 PET/SPECT/CT 操作人员经 M7 进入 PET/SPECT/CT 操作室，需要进行摆位时经 M8 进入动物 PET/CT 机房；核素操作人员经 M4 进入缓冲间，更衣后经 M5 进入实验室，后在小分装热室分装取药后在通风柜 C 内对 PET/SPECT/CT 诊断研究对象（实验动物）进行注射；进行动态扫描的直接由注射人员搬运实验动物经 M3 进入小动物 PET/CT 机房进行动态扫描，进行静态扫描的在通风柜中候检约 60min 后，由注射人员搬运实验动物经 M3 进入小动物 PET/CT 机房进行静态扫描，后经 M3 撤离。扫描完成后，进入小动物 PET/CT 机房搬运实验动物至注药动物饲养间（留观、麻醉苏醒、饲养）或通风柜内（解剖）；辐射工作完成后沿路返回出非密封放射性物质工作场所。项目分子影像重点实验室对辐射人员设置了专用卫生通过间，分子影像重点实验室接触放射性药物的辐射人员通过仪器检测确认未受到放

射性表面污染后方可原路返回至非放射性工作区，详见图 9-6 所示。

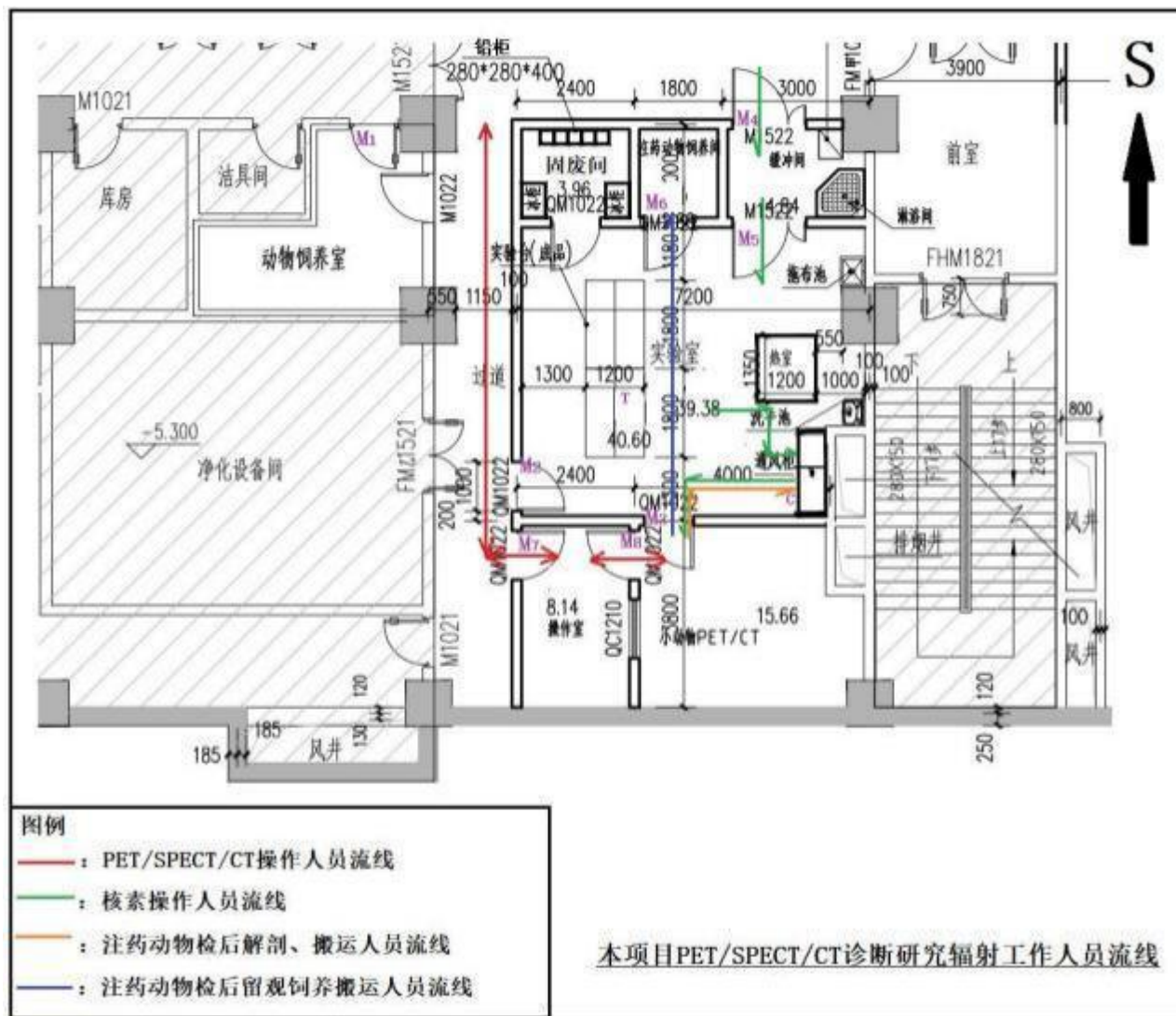


图 9.6 本项目 PET/SPECT/CT诊断研究辐射工作人员流线图

③PET/SPECT/CT 诊断研究放射性药品流向

外购的 PET/SPECT/CT 诊断研究放射性药品经第四住院大楼一楼北进出口进入大楼后，经楼梯下负一层后，由 M2 进入实验室，回旋加速器制药区生产的药物 (^{18}F 、 ^{11}C) 经 M10→M2 进入实验室，详见图 9-7 所示。

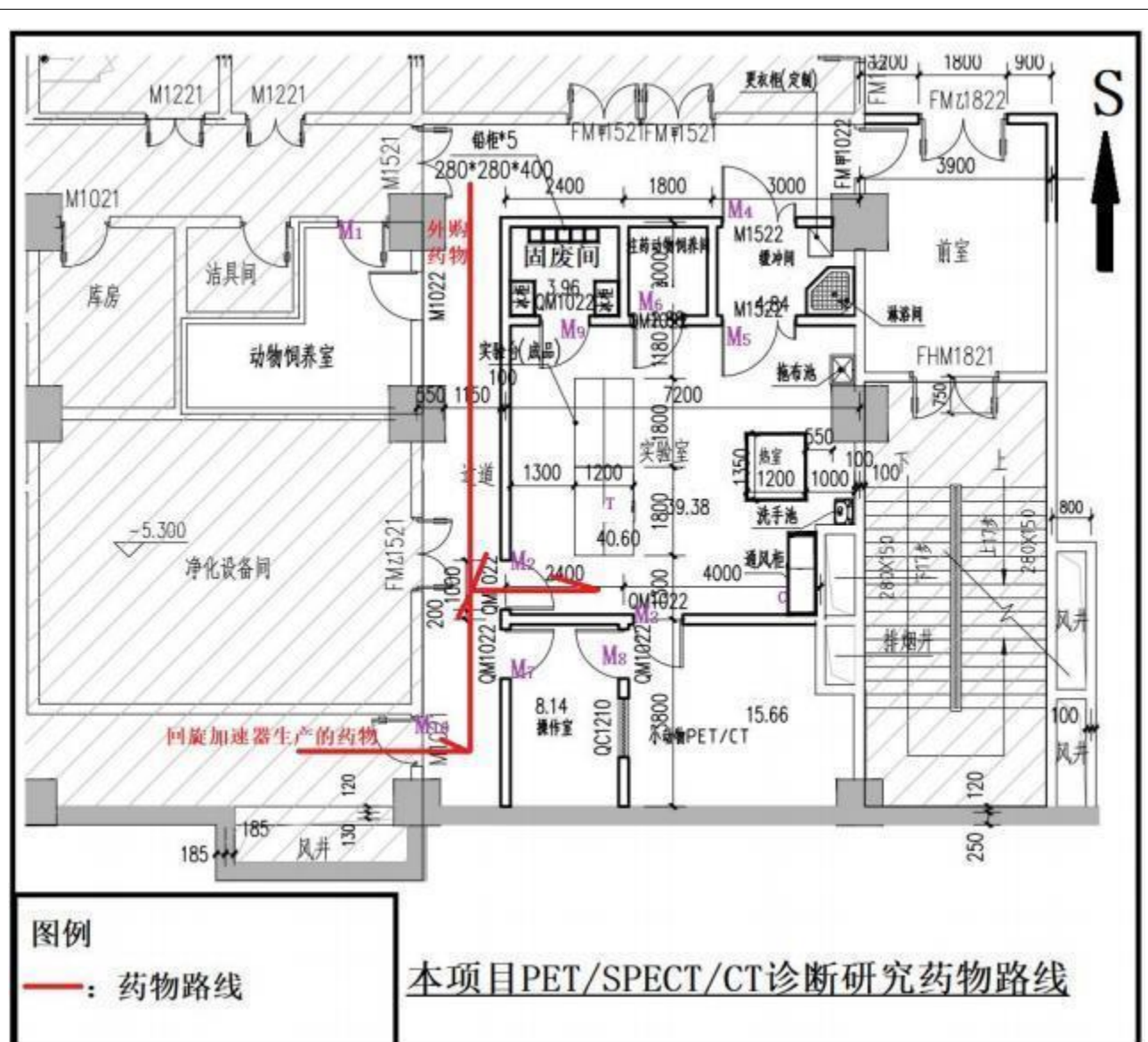


图 9-7 本项目 PET/SPECT/CT诊断研究药物线路图

本项目注射后实验动物需要搬运、粪便接盘需要清理以及注药动物解剖需要辐射工作人员近距离接触，注射后实验动物均在实验室内流动，不出实验室区域外，减少了一般工作人员与注射后实验动物接触的几率；同时人员通道、药物通道空间上虽有交叉，但可通过时间调控避免药物通道、人员通道的交叉。

2、肿瘤治疗研究

肿瘤治疗研究涉及使用的放射性核素主要有 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 。工作人员先对动物进行麻醉，麻醉注射，麻醉起作用后，由实验人员将动物送至通风柜中进行药物注射后，在通风柜中等待一定时间，转移至注射动物饲养间进行观察、饲养约5天后，在通风柜中进行解剖，观察组织情况后，动物尸体按照放射性固体废物进行处理。注药实验动物饲养由本项目配备的实验动物观察、饲养人员进行喂养。肿瘤治疗研究流程及产物节

点详见图9-8。

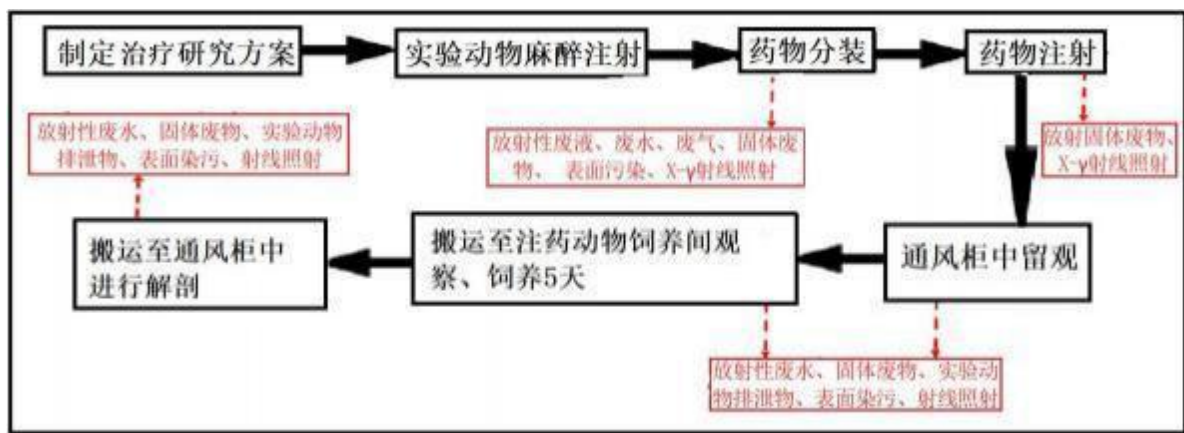


图 9-8 肿瘤治疗研究流程及产污节点

①实验动物通道与流程

本项目实验动物从普通饲养室经 M1→M2 进入实验室，在实验台 T 麻醉注射并麻醉药效起作用后，由搬运人员送至通风柜手套箱 C 内进行药物注射，并在通风柜中等待一定时间后，经 M6 进入注药动物饲养间进行留观、麻醉苏醒、饲养，饲养 5 天后，工作人员将实验动物经 M3→C 搬运转至通风柜中由工作人员进行解剖，观察组织情况后，动物尸体按照放射性固体废物进行处理，详见图 9-9 所示。

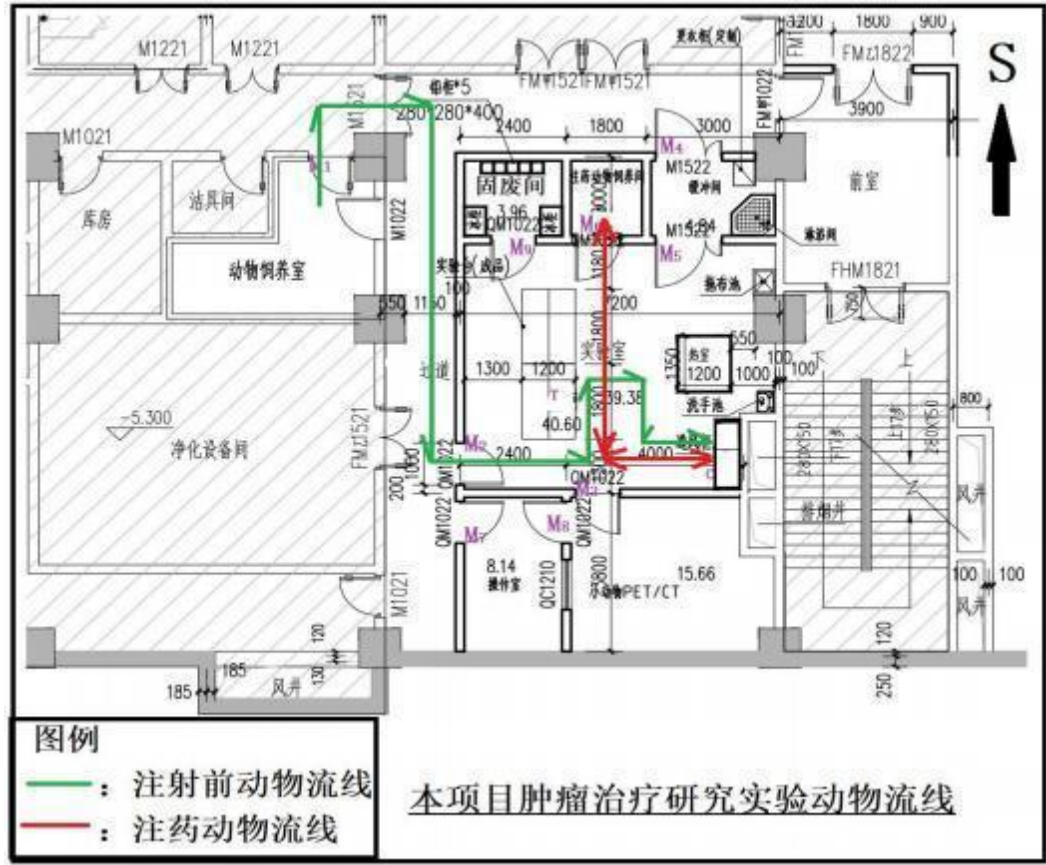


图 9-9 本项目肿瘤治疗研究实验动物流程线

②辐射工作人员通道与流程

本项目核素操作人员经 M4 进入缓冲间，更衣后经 M5 进入实验室，后在小分装热室分装取药后在通风柜 C 内对肿瘤治疗研究对象（实验动物）进行注射；在通风柜中等待约 10min 后，工作人员搬运实验动物至注药动物饲养间（观察、麻醉苏醒、饲养）进行饲养约 5 天后，工作人员搬运注药动物之通风柜内进行解剖，观察动物组织变化情况。辐射工作完成后沿路返回出非密封放射性物质工作场所。项目分子影像重点实验室对辐射人员设置了专用卫生通过间，分子影像重点实验室接触放射性药物的辐射人员通过仪器检测确认未受到放射性表面污染后方可原路返回至非放射性工作区，详见图 9-10 所示。

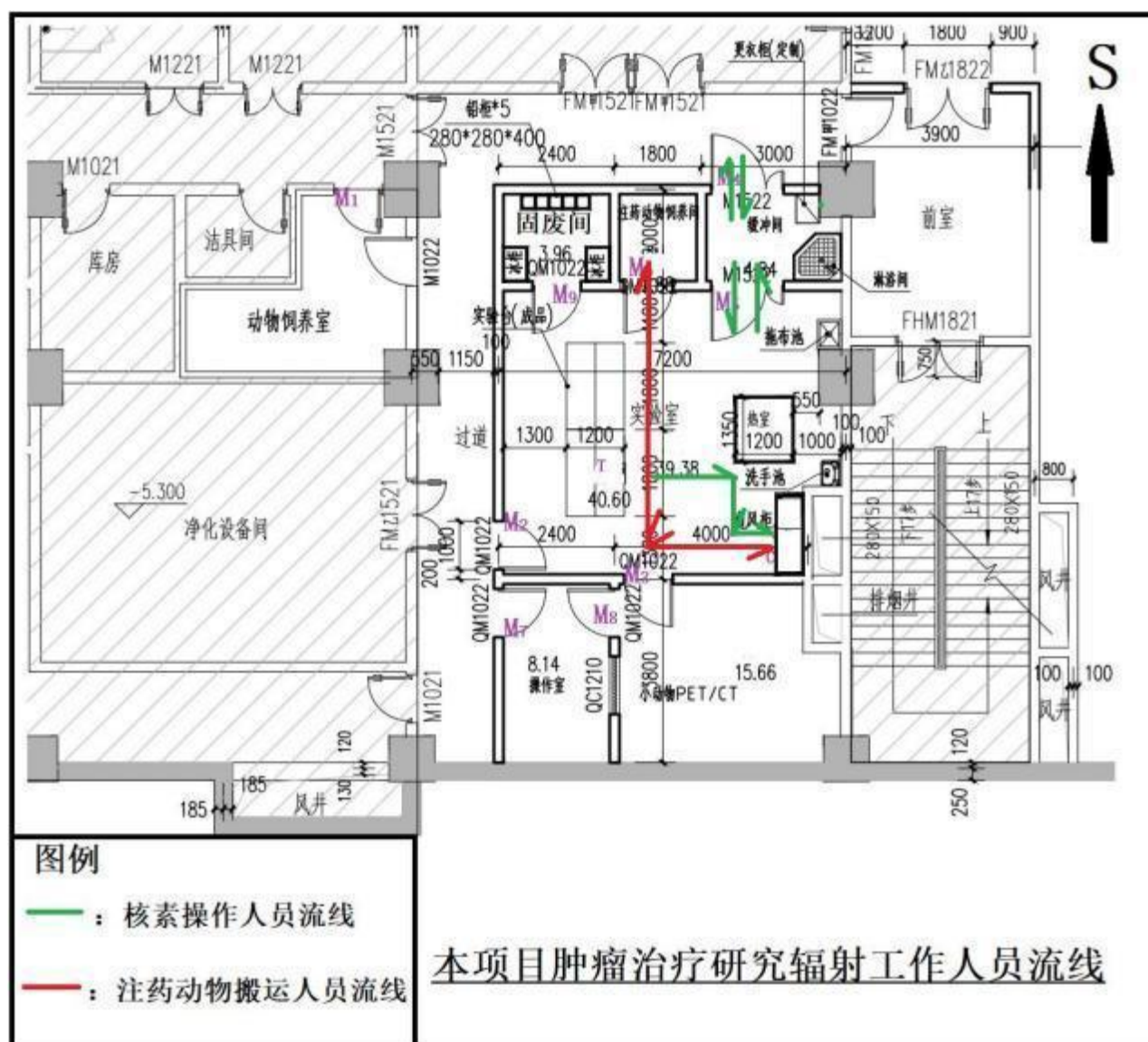


图 9-10 本项目肿瘤治疗研究辐射工作人员流程图

③肿瘤治疗研究放射性药品流向

外购的肿瘤治疗研究放射性药品经第四住院大楼一楼北进出口进入大楼后，经楼梯下负

一层后，由 M2 进入实验室，详见图 9-11 所示。

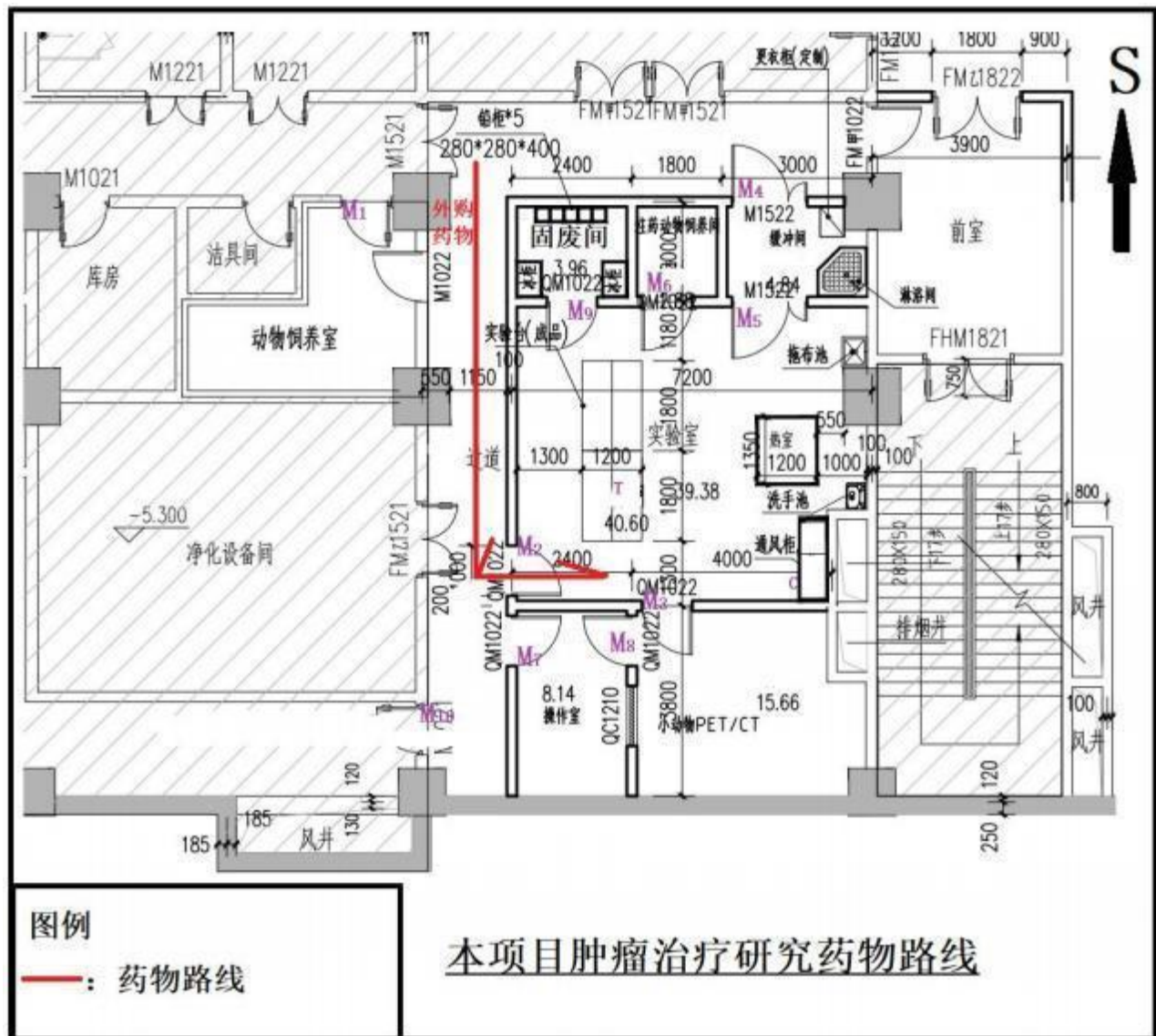


图 9-11 本项目肿瘤治疗研究药物线路图

本项目注射后实验动物需要搬运、粪便接盘需要清理以及注药动物解剖需要辐射工作人员近距离接触，注射后实验动物均在实验室内流动，不出实验室区域外，减少了一般工作人员与注射后实验动物接触的几率；同时PET/SPECT/CT操作人员通道与肿瘤治疗药物通道空间上虽有交叉，但可通过时间调控避免药物通道、人员通道的交叉。

9.1.6 人员配置计划及工作负荷

建设单位暂拟为本次评价项目配备相关工作人员见表 9-2，相应工作人员均为医院现有工作人员。本项目实行 8 小时工作制，每周工作 5 天，年工作 250 天。

表 9-2 配备人员一览表

场所名称	人员岗位	拟配备人数	工作内容
分子影像重点实验室	药物分装、注射、注射动物搬运工作人员	2 人	药物分装、注射、注射动物搬运

	PET/SPECT/CT 操作、摆位人员	1 人	PET/SPECT/CT 操作、摆位
	注射后实验动物观察、饲养、实验动物排泄物接盘清理人员	1 人	注射后实验动物观察、饲养、实验动物排泄物接盘清理等

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期污染源

本项目土建工程依托于遵义医科大学附属医院第四住院楼主体工程进行建设，项目施工期主要是装修施工，在装修阶段主要污染物为扬尘、施工废水、噪声、施工废渣等。在安装及调试阶段主要污染物是设备运行时产生的电离辐射、臭氧及氮氧化物。

1、装饰工程施工

在对构筑物的室内外进行装修时(如表面粉刷、油漆、喷涂、裱糊、镶贴装饰等)，钻机、切割机等产生噪声，喷漆和其它涂料会产生废气、固体废弃物料及污水。

2、设备安装调试的污染分析

本项目射线装置的安装及调试由设备供货方专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。安装调试阶段是在辐射防护设计完成后进行，在此过程中各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试过程中会产生包装废物及电离辐射。

9.2.2 运行期正常工况污染源描述

由分子影像重点实验室工作流程分析可知， γ 射线外照射将伴随核素在 PET/SPECT/CT 诊断研究以及肿瘤治疗研究项目整个开展过程中，包括供药、分装标记、注射等过程，并随后进入实验研究对象（实验动物）体中。实验动物注射放射性药物后，本身短时间内也成为“辐射体”，不但对周围环境有外照射影响，排泄物也成为放射性污染物。供药、分装、注射操作过程产生的固体废物、注射放射性药物后解剖或实验动物死亡也可能受放射性污染而成为放射性固体废物，分子影像重点实验室建设项目污染因子包括：

(1) γ 射线

分子影像重点实验室使用的 ^{18}F 非密封放射性物质、 ^{124}I 非密封放射性物质、 ^{68}Ga 非密封放射性物质、 ^{64}Cu 非密封放射性物质、 ^{89}Zr 非密封放射性物质、 ^{11}C 非密封放射性物质、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 非密封放射性物质、 ^{111}In 非密封放射性物质、 ^{131}I 非密封放射性物质、 ^{177}Lu 非密封放射性物质、 ^{225}Ac 非密封放射性物质、 ^{223}Ra 非密封放射性物质、 ^{161}Tb 非密封放射性物质以及 ^{212}Pb 非密封放射性物质会自发的发生衰变产生 γ 射线，因此 γ 射线是分子影像重点实验室建设项目的污染因子。

（2） α 射线及 α 表面污染

^{223}Ra 、 ^{225}Ac 放射性药物会发出 α 射线，使用活动过程中不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 α 放射性表面污染。因此， α 射线是该项目的主要污染因子。

（3） β 射线及 β 表面污染

部分放射性药物会发出 β 射线，使用活动过程中不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成 β 放射性表面污染。因此， β 射线是该项目的主要污染因子。

（4）X 射线

本项目使用的 PET/SPECT/CT 在曝光显像的过程中会发出 X 射线，以及放射性核素衰变过程中会产生韧致辐射，会对周围环境造成辐射影响，因此 X 射线是本项目的主要污染因子。

（5）放射性废水

根据医院提供的资料，本项目产生的废水主要来源于场所清洁以及工作人员清洗、洗澡废水，在整个研究过程中，用于场所清洁日产生的废水量大约为 20L，核素操作人员清洗、洗澡日产生的废水量为 50L。本项目分子影像重点实验室放射性废水产生情况见表 9-3。

表 9-3 分子影像重点实验室放射性废水排放汇总表

核素名称	半衰期	产生来源	用水量 (L/d)	排放量 (L/d)	周最大工 作天数	日最大产 生量 (L/d)	周最大产生 量 (L/周)
^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb	取半衰期 最长的 ^{223}Ra : 11.43d	工作人员 清洗、洗澡	50	50	5 天	50	250
^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu	取半衰期 最长的 ^{124}I : 4.18d	场所清洁	20	20	5 天	20	100
周废水产生量合计							350

（6）放射性废气

分子影像重点实验室辐射工作场所涉及使用 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb ，其中 ^{124}I 、 ^{131}I 属于碘化钠化合物，属于易挥发物质，其余核素挥发量极小。本项目排风管道拟设置“两级”过滤系统净化，“两级”过滤净化系统由高效空气过滤和活性炭过滤组成，保守预计总的过滤效率大于 90%（高效过滤器按照《高效空气过滤器》（GB/T13554-2020）过滤效率应大于 99%）。本次评价， ^{124}I 、 ^{131}I

的挥发量按 1%保守估算，其它核素挥发量按 0.1%保守核算，经计算，各核素排放源强见表 9-4。

表 9-4 分子影像重点实验室放射性废气排放量汇总表

核素	日最大操作量(Bq)	场所名称	排放系数	日最大排放量(Bq)
¹²⁴ I	5.55E+07	分子影像重点实验室	0.01%	5.55E+03
¹³¹ I	8.88E+07	分子影像重点实验室	0.01%	8.88E+03
¹⁸ F	1.11E+08	分子影像重点实验室	0.001%	1.11E+03
⁶⁸ Ga	3.33E+08	分子影像重点实验室	0.001%	3.33E+03
⁶⁴ Cu	1.66E+08	分子影像重点实验室	0.001%	1.66E+03
⁸⁹ Zr	5.55E+07	分子影像重点实验室	0.001%	5.55E+02
¹¹ C	1.11E+08	分子影像重点实验室	0.001%	1.11E+03
^{99m} Tc	3.33E+08	分子影像重点实验室	0.001%	3.33E+03
¹¹¹ In	5.55E+07	分子影像重点实验室	0.001%	5.55E+02
¹⁷⁷ Lu	2.22E+08	分子影像重点实验室	0.001%	2.22E+03
²¹² Pb	2.22E+08	分子影像重点实验室	0.001%	2.22E+03
²²⁵ Ac	1.48E+08	分子影像重点实验室	0.001%	1.48E+03
²²³ Ra	1.48E+08	分子影像重点实验室	0.001%	1.48E+03
⁹⁰ Y	2.22E+08	分子影像重点实验室	0.001%	2.22E+08
¹⁶¹ Tb	2.22E+08	分子影像重点实验室	0.001%	2.22E+08

(7) 放射性固废

分子影像重点实验室涉及使用的放射性药物包括 ¹⁸F、¹²⁴I、⁶⁸Ga、⁶⁴Cu、⁸⁹Zr、¹¹C、^{99m}Tc、¹¹¹In、¹³¹I、¹⁷⁷Lu、⁹⁰Y、²²⁵Ac、²²³Ra、¹⁶¹Tb、²¹²Pb，均采用注射的方式进行给药，产生的固体废物包括：一次性注射器、针头、棉签、口罩、擦拭纸、手套、药瓶、一次性防护服等，产生量约 150g/只·次，此外，根据建设单位提供的资料：还有注射放射性药物解剖后的实验动物尸体、擦拭纸，和用于注药实验动物饲养、观察期间产生的排泄物及用于接收排泄物的吸水纸等，PET/SPECT/CT 诊断研究的注药实验动物排泄物及用于接收排泄物的吸水纸产生量约 50g/只，肿瘤治疗研究的注药实验动物排泄物及用于接收排泄物的吸水纸产生量约 100g/只。分子影像重点实验室次日早晨八天前收集转移至固废间，每日一次，收集转运至固废间的时间约 1min/次，注药的动物尸体转移至固废间动物尸体专用冰柜中，转运时间约 1min/只。

本项目分子影像重点实验室部分管道设置有活性炭过滤器，建设单位将每半年更换一次，更换一次产生量约 5kg。

根据前述分析，分子影像重点实验室辐射工作场所放射性固废产生情况见表 9-5。

表 9-5 分子影像重点实验室放射性固废汇总表

放射性固废	产生来源	产生量 (g/d·只)	日最大研究 实验动物数 量(只)	日最大产 生量(kg/d)
1、PET/SPECT/CT 诊断研究				
含 ^{18}F 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{124}I 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{68}Ga 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{64}Cu 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{89}Zr 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{11}C 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/
含 ^{111}In 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	10	1.5

	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	50	/	/	
合计				1.5	
周最大产生量				10.0kg/周	
备注：本项目 PET/SPECT/CT 诊断研究日最大研究实验动物数量为 10 只，故选取所使用的各核素中的日最大产生量中最大值作为本次评价项目的放射性固体废物日最大产生量。					
2、肿瘤治疗研究					
含 ^{177}Lu 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{131}I 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{212}Pb 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{225}Ac 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{223}Ra 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{90}Y 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
含 ^{161}Tb 放射性固废	一次性注射器、针头、口罩、手套、棉签、药瓶、擦拭废物、一次性防护服等	150	4	0.6	
	排泄物及用于接收排泄物的吸水纸	100	/	/	
合计				4.2	
周最大产生量				23.8kg/周	
备注：本项目肿瘤治疗研究注药动物需要在注药动物饲养间进行喂养 5 天。					
废活性炭	过滤器	10kg/a	/	/	

含放射性核素的动物尸体	注药实验动物解剖尸体	1360 只/年	/	/	
(8) 臭氧、氮氧化物 本项目动物 PET/SPECT/CT 营运期还会产生氮氧化物、臭氧空气污染物。 (9) 噪声 分子影像重点实验室通排风机工作时将产生一定的噪声。 (10) 非放射性废水 辐射工作人员的生活污水依托医院使用的污水处理设施处置。 (11) 非放射性固体废弃物 固体废弃物主要为分子影像重点实验室工作人员产生的少量生活垃圾。 9.2.3 运行期事故工况污染源 本项目使用 1 台动物 PET/SPECT/CT（属于III类射线装置）、1 个乙级非密封放射性物质工作场所。参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查，现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分列如下： (1) 在操作放射性同位素的过程中，因容器破碎、药物泼洒等，有可能污染工作台、地面、墙壁、设备等，甚至造成手和皮肤的污染。 (2) 放射性药物丢失或被盜，造成放射性事故；放射性药物在转移过程中由于操作人员违反操作规定或误操作引起意外泄漏而造成放射性表面污染。 (3) 因受到爆炸、火灾等各种自然或人为灾害的破坏，可能会导致放射性药物包容破损、放射性液体泄漏，若处置不当，会对人员和环境造成危害。 (4) 放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。 (5) 放射性废物管理不善，包括：放射性废水未经足够的时间衰变即进行排放，使排放超出规定的限值，可能对环境或人体造成一定的危害；放射性固体废物未经足够的时间衰变，存放时间过短，即进行擅自处理，可能对环境造成污染和对公众造成危害。 (6) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成附加照射剂量。 (7) 在使用 PET/SPECT/CT 发射 X 射线进行扫描时，人员误入机房引起误照射。 (8) 外力撞击导致放射性同位素跌落裸露时，使工作人员或公众受到外照射。 事故工况下的污染因子与正常工况下基本相同，主要为：α射线、α表面污染、β射线、β表面污染、γ射线、X 射线（含韧致辐射）、放射性废水、放射性废气、放射性固体废弃物等。					

10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

通过对污染源分析可知，本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所产生的主要污染物为 γ 射线、X射线、 α 射线、 β 射线和 α 、 β 表面沾污等。同时放射性核素诊断研究、肿瘤治疗研究过程中还会产生放射性废水、放射性气体和放射性固体废物、臭氧、氮氧化物。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

10.1.1 工作场所选址、布局及分区合理性分析

1、选址合理性分析

本项目涉及的分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所位于第四住院楼负一层，该区域相对独立，无人长期居留。本次评价范围 50m 以内无学校、文物保护区、风景名胜区、森林公园、饮用水源保护区、集中居民区等环境敏感区域和生态敏感点，分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，且与非放射性工作场所有明确的分界隔离，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道，排风口位于第四住院楼楼顶，且尽量远离了周边高层建筑，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求，选址合理。

2、工作场所布局合理性分析

本项目辐射工作场所周围环境状况见表 10-1，分子影像重点实验室平面布局图见图 10-1。

表10-1 本项目分子影像重点实验室辐射工作场所周围环境状况一览表

场所名称	东侧	南侧	西侧	北侧	上方	下方
分子影像重点实验室	回旋加速器制药区、过道	通道、电梯厅	楼梯间、前室	泥土层	一层候诊区、大厅	负二层柴油发电机房、通道

本项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所设置独立门禁出入口，非工作人员引导不能直接进入，实验动物在进行注药前注射了麻醉剂，限制了给药后实验动物的活动空间，减少给药后实验动物对其他人员的照射；实验室、注药动物饲养间、固废间等高活性室相对集中，以防止交叉污染；根据表 9 中人流、物流的情况，分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所涉及 PET/SPECT/CT 显像诊断研究、肿瘤治疗研究，项目设有门禁系统，可控制无关人员随意进入控制区，尽量缩短给药后实验动物与搬运人员的接触时间，避免工作人员和公众受到不必要的照射；本项目辐射工作场所控制区的出入口设立卫生通过间，为工作人员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；本项目在通风柜内注药动物饲养笼以及注药饲养间各饲养笼下方设置的专用排泄物吸水纸；放射性药物、

放射性废物的存放范围小，控制区内各功能区均设置相应的物理隔离，分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所于楼上、楼下及周围相邻工作场所均设置有实体墙隔离，整个场所相对封闭，避免了与相邻区域人员的交叉污染，符合《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的相关要求，布局合理。

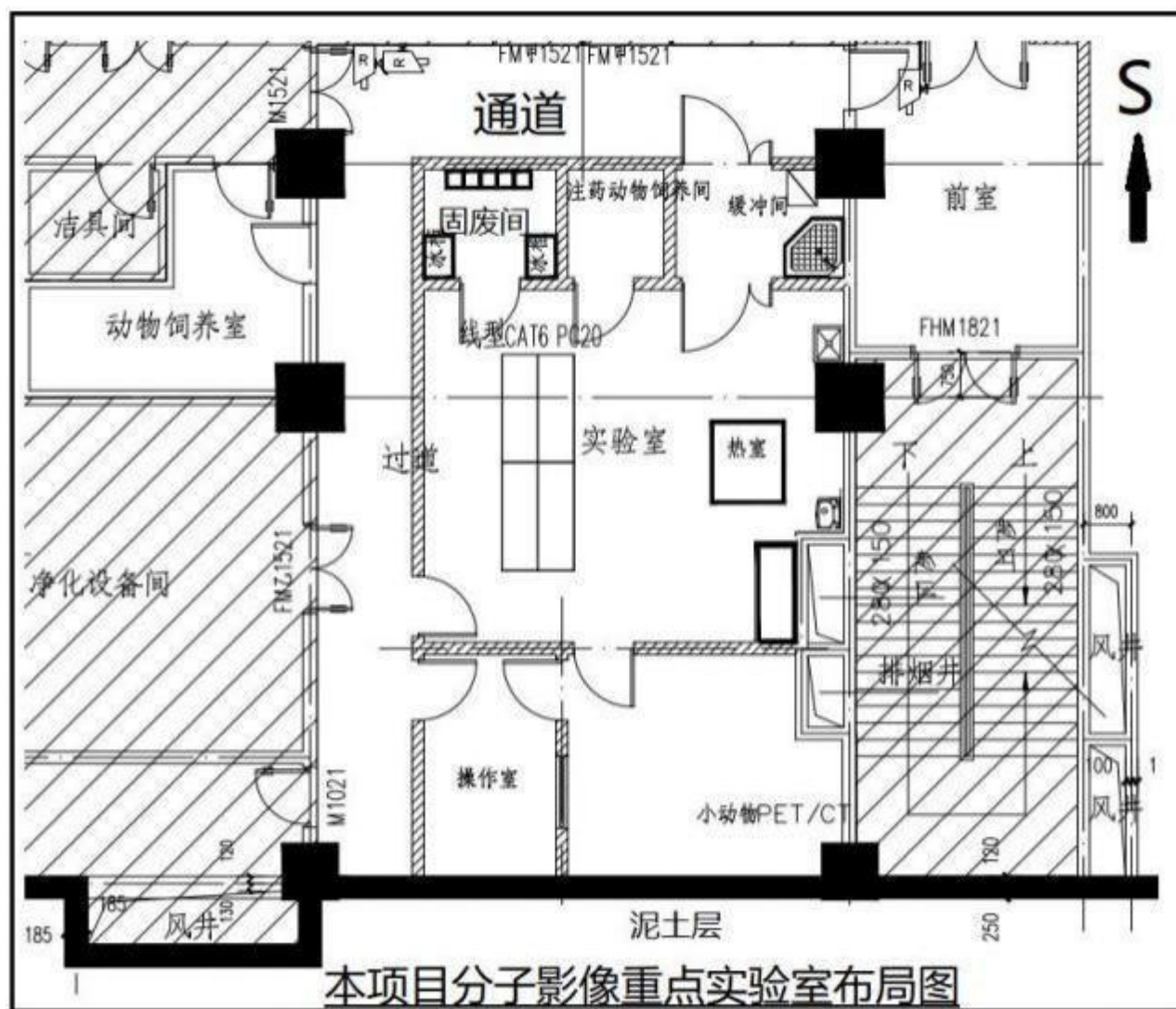


图 10.1 本项目分子影像重点实验室平面布置图

3、工作场所分区

(1) 工作场所分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求：

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，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中 4.3 的要求：

4.3.1 应按照 GB18871 的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。

4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。

（2）工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基标准》（GB 18871-2002）中的要求，结合本项目辐射防护以及环境情况等特点，将辐射工作场所划分为控制区以及监督区。建设单位拟对本项目辐射工作场所控制区和监督区的划分情况见表 10-2，控制区及监督区划分情况如图 10-2 所示，并在本项目辐射工作场所控制区与监督区边界粘贴控制区与监督区标识。本次分子影像重点实验室辐射工作场所两区划分与标准对照情况见表 10-3。

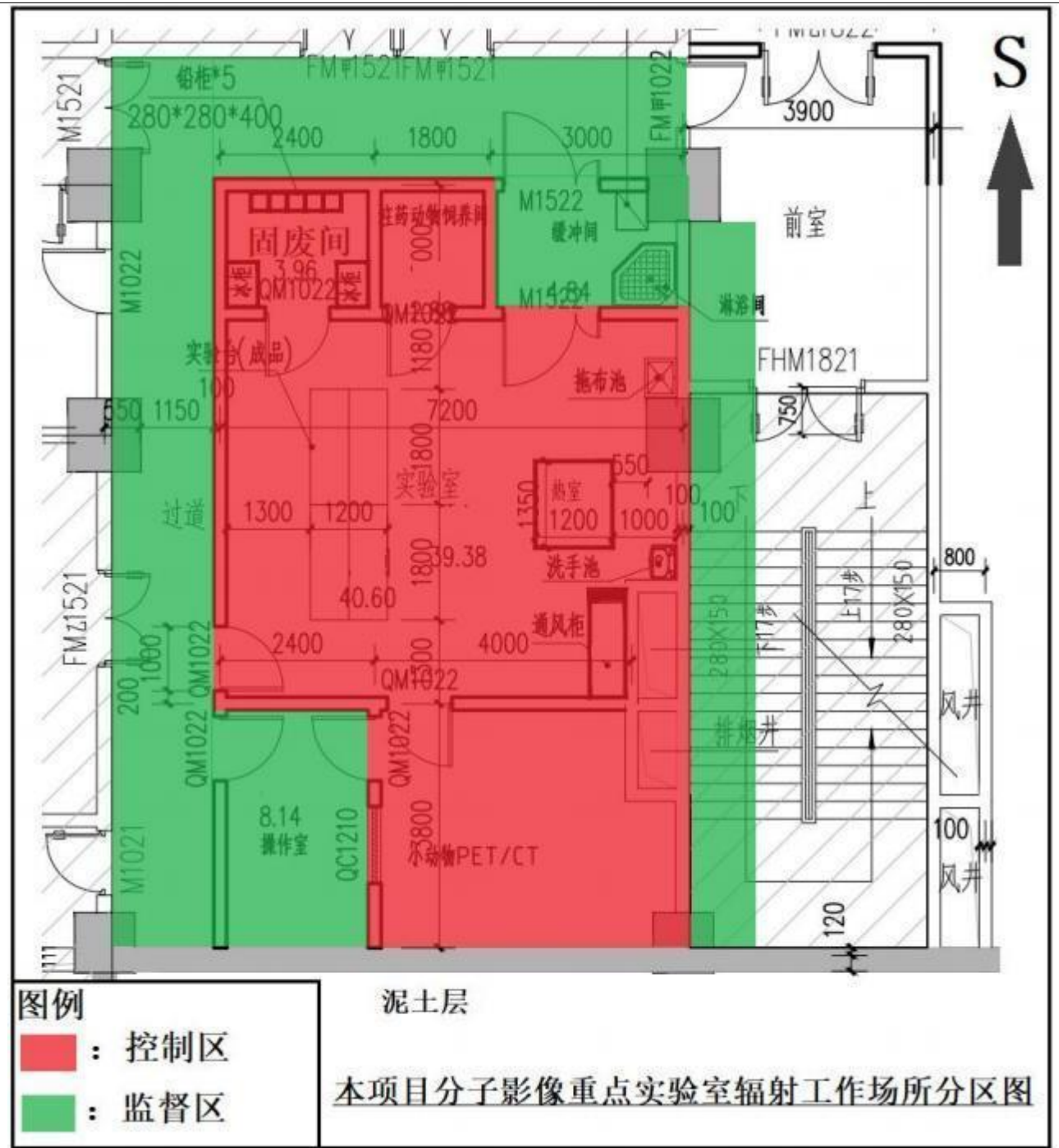


图10-2 本项目分子影像重点实验室辐射工作场所分区图

表 10-2 控制区和监督区划分

工作场所	控制区	监督区	备注
分子影像重点实验室	实验室、固废间、小动物 PET/CT 机房、注药动物饲养间、负二层衰变池等	过道、缓冲间、PET/SPECT/CT 操作室、楼梯间、前室等	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时应尽量减小在控制区内居留时间，以减少不必要的照射。监督区范围内应尽量限制无关人员进入长期逗留。另外，负二层新建衰变池所在位置应进行隔离，纳入控制区范围，防止无关人员进入。并张贴电离辐射警告标志。
本项目在采取相应管理措施的条件下，控制区、监督区设置合理。			

表10-3 本项目辐射工作场所分区情况对照表

项目	《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)	《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)	场所名称	本项目情况	是否符合要求
分区	5.1.4 核医学放射工作场所应划分为控制区和监督区。控制区一般包括使用非密封源核素的房间(放射性药物贮存室、分装及(或)药物准备室、给药室等)、扫描室、给药后候检室、样品测量室、放射性废物储藏室、病房(使用非密封源治疗患者)、卫生通过间、保洁用品储存场所等。监督区一般包括控制室、员工休息室、更衣室、医务人员卫生间等。应根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)的有关规定,结合核医学科的具体情况,对控制区和监督区采取相应管理措施。	4.3.1 应按照 GB 18871 的要求经核医工作场所划分出控制区和监督区,并进行相应的管理。 4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。 4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及控制区相连的其他场所或区域。 4.3.4 控制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志,监督区入口处应设置标明监督区的标志。	分子影像重点实验室	控制区: 实验室、固废间、小动物 PET/CT 机房、注药动物饲养间、负二层衰变池区域等。 监督区: 过道、缓冲间、PET/SPECT/CT 操作室、楼梯间、前室等。并在控制区的入口设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志,监督区入口处设置标明监督区的标志。	建设单位已承诺建设,待建设完成后符合要求

10.1.2 工作场所分级

本项目涉及的非密封放射性物质工作场所分级:依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C 提供的放射性同位素工作场所放射性核素日等效最大操作计算方法(见式 10-1)和建设单位提供的放射性同位素最大日操作量,可以计算出核素的日等效最大操作量。非密封放射性物质工作场所的分级判据如表 10-4。

表 10-4 非密封源工作场所的分级

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

放射性同位素的日等效最大操作量根据其毒性组别、操作方式、放射源状态和实际日最大操作量确定。毒性组别和操作方式与放射源状态修正因子见表 10-5、表 10-6。

表 10-5 放射性核素组别修正因子

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

表 10-6 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平 较低的固体	液体，溶液，悬浮 液	表面有污 染的固体	气体，蒸汽，粉末，压 力很高的液体， 固体
源的贮存	1000	100	10	1
很简单操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.01	0.001

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 D “放射性核素的毒性分组，本项目所使用的放射性核素毒性分组见表 10-7 ”。

日等效最大操作量的计算公式如下：

$$\text{日等效最大操作量} = \frac{\text{实际操作量} \times \text{毒性组别修正因子}}{\text{操作方式修正因子}} \quad (\text{式 } 10-1)$$

按照表 10-5、表 10-6，放射性同位素日等效最大操作量修正因子列入表 10-7 中。根据本项目非密封放射性物质工作场所使用放射性同位素的毒性组别、操作方式、日等效最大操作量及《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）的要求确定出本项目非密封放射性物质工作场所级别。具体见表 10-7。

表 10-7 非密封放射性物质工作场所情况一览表

操作场所	核素名称	实际日最大操作量 (Bq)	毒性组别	毒性组别修正因子	操作方式	操作方式修正因子	拟申请的日等效最大操作量 (Bq)			场所等级
分子影像重点实验室	¹⁸ F	1.11E+08	低毒组	0.01	很简单的操作	0.1	1.11E+05	5.55E+06	1.49E+09	乙级
	¹²⁴ I	5.55E+07	中毒组	0.1	简单操作	1	5.55E+06			
	⁶⁸ Ga	3.33E+08	低毒组	0.01	简单操作	1	3.33E+06			
	⁶⁴ Cu	1.66E+08	低毒组	0.01	简单操作	1	1.66E+06			

	⁸⁹ Zr	5.55E+07	中毒组	0.1	简单操作	1	5.55E+06			
	¹¹ C	1.11E+08	低毒组	0.01	很简单的操作	0.1	1.11E+05			
	^{99m} Tc	3.33E+08	低毒组	0.01	很简单的操作	0.1	3.33E+05			
	¹¹¹ In	5.55E+07	中毒组	0.1	简单操作	1	5.55E+06	1.48E+09		
	¹⁷⁷ Lu	2.22E+08	中毒组	0.1	简单操作	1	2.22E+07			
	¹³¹ I	8.88E+07	中毒组	0.1	简单操作	1	8.88E+06			
	²¹² Pb	2.22E+08	中毒组	0.1	简单操作	1	2.22E+07			
	²²⁵ Ac	1.48E+08	极毒组	10	简单操作	1	1.48E+09			
	²²³ Ra	1.48E+08	极毒组	10	简单操作	1	1.48E+09			
	⁹⁰ Y	2.22E+08	中毒组	0.1	简单操作	1	2.22E+07			
	¹⁶¹ Tb	2.22E+08	中毒组	0.1	简单操作	1	2.22E+07			
备注： 根据建设单位提供的资料： 本项目当日进行 PET/ SPECT/ CT 显像诊断研究只使用一种核素 ， 核素治疗研究只使用一种核素 ， 故选取 PET/ SPECT/ CT 显像诊断研究单一核素中的日等效最大操作量 的值与肿瘤 治疗研究 单一核素 中的 日等效最大操作量 的值之和作为分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所的日等效日等效最大操作量。										

由表 10-7 可知，本项目实施后，项目分子影像重点实验室非密封放射性物质工作场所日等效最大操作量为 1.49E+09Bq，处于 2.0E+07Bq~4.0E+09Bq 之间。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 C 规定，本项目非密封放射性物质工作场所属于乙级非密封放射性物质工作场所。

10.1.3 辐射安全与防护措施

本项目非密封放射性物质工作场所采取的辐射防护与放射性污染防治措施主要包括以下方面：

1、建筑物屏蔽设计

为了保障工作场所周围公众及工作人员的辐射安全，本项目辐射工作场所的四周、屋顶及下方均修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，屏蔽状况见表 10-8。

表 10-8 分子影像重点实验室辐射工作场所各功能用房防护情况一览表

功能用房	屏蔽体	屏蔽设计	通风	工作台面	地面及管道
------	-----	------	----	------	-------

小动物 PET/CT 机房	东墙、南墙、西墙	20cm 实心砖	有抽风装置	易清洗不 锈钢台面	地面铺设高分子耐磨 层，与墙壁设置无缝 衔接，不设计与衰变 池相连的下水管道
	北墙	37cm 混凝土			
	天棚	12cm 混凝土			
	地面	12cm 混凝土			
	南侧防护门	2 mmPb			
	东侧防护门	2 mmPb			
	观察窗	4mmPb 铅玻璃			
实验室	四周墙体	20cm 实心砖	有抽风装置	易清洗不 锈钢台面	地面铺设高分子耐磨 层，与墙壁设置无缝 衔接，设计与衰变池 相连的下水管道
	天棚	12cm 混凝土			
	地面	12cm 混凝土			
	南侧防护门	1mmPb			
	东侧防护门	1mmPb			
	北侧防护门	2 mmPb			
	通风柜（手套箱）	10mmPb			
	小分装热室	75 mmPb			
注药动 物饲养 间	四周墙体	20cm 实心砖	有抽风装置	易清洗不 锈钢台面	地面铺设高分子耐磨 层，与墙壁设置无缝 衔接，不设计与衰变 池相连的下水管道
	天棚	12cm 混凝土			
	地面	12cm 混凝土			
	防护门	1mmPb			
固废间	四周墙体	20cm 实心砖	有抽风装 置，并设负 压	易清洗不 锈钢台面	地面铺设高分子耐磨 层，与墙壁设置无缝 衔接，不设计与衰变 池相连的下水管道
	天棚	12cm 混凝土			
	地面	12cm 混凝土			
	防护门	1mmPb			
备注：混凝土密度≥2.35g/cm³，砖密度≥1.65g/cm³，铅密度≥11.34g/cm³，硫酸钡水泥密度≥3.2g/cm³。					

根据表 10-8，本项目分子影像重点实验室辐射防护设计通过表 11 的计算表明，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）的防护要求。

2、电离辐射警告标志

控制区的出入口处，包括小动物 PET/CT 机房、注药动物饲养间出口、固废间门口、废物桶表面、小分装热室表面等拟粘贴符合 GB18871-2002 规范的电离辐射警告标志。

3、工作状态指示灯

小动物 PET/CT 机房南侧门口还应安装工作状态指示灯以提示射线装置开机状态，用于提醒无关人员不要靠近和逗留。

4、闭门装置

根据 GBZ 130-2020 的要求，小动物 PET/CT 机房防护门应有闭门装置，且防护门上的工作状态指示灯和与防护门能有效联动。为保证含铅防护门的屏蔽效果，环评建议将控制区内的含铅防护门设置闭门器，确保防护门保持常闭状态，保证良好的防护效果。

5、监视装置

分子影像重点实验室辐射工作场所设有视频监控摄像头。实验室设有视频监控，与医院的安保系统相连，确保场所内放射性物质的安全。

6、放射性药品储存过程的防护措施

本项目外购放射性药物由供药公司负责运送至分子影像重点实验室内，回旋加速器生产的 ^{18}F 、 ^{11}C 放射性药物由回旋加速器加速器生产区的工作人员送至分子影像重点实验室内，各放射性药物单次运送最大量均不超过各核素当日的最大使用量，运输/转运过程中均储存在有屏蔽的容器中，且转入建设单位前外购的放射性药物表面辐射剂量率水平满足《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019），转入建设单位后放射性药物置于小分装热室或通风柜中，当日的药量当日使用完毕，不暂存，在实验室设置有红外监控摄像头，防止放射性物品被盗或被破坏。

7、放射性药品操作过程防护措施

辐射工作人员在进行放射性药物 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 的分装、注射操作时首先做好个人防护，包括穿铅衣，戴铅眼镜、铅手套、口罩、工作帽等，小分装热室的六面均设置有75mm铅当量防护层，通风柜手套箱六面均设置有10mm铅当量防护层，且在通风柜中配置一定数量的铅砖（53mm厚）用于增加通风柜人员操作位的辐射屏蔽厚度，通风柜和小分装热室均设置排风口，从而保持分装设备内空气通畅，通风管引至屋顶。本项目放射性药物均在小分装热室内进行自动分装，小分装热室的结构见图10-3所示。通风柜操作侧下方均设两个活动式铅门，作为两个操作口，核素操作人员通过此操作口在通风柜内对实验动物进行注射操作，注射时，注射工作人员将分装后的放射性药物转入通风柜，实验动物与注射工作人员之间的通风柜为10mm厚铅当量并在通风柜内设置53mm厚铅砖。在通风柜操作位下方设置一个放射性废物收集桶(20mm铅当量)，用于收集操作废弃的一次性注射器、针头、棉球、擦拭纸、空药瓶。

实验动物搬运人员在对注射药物后实验动物搬运时，均穿戴铅衣、铅手套、口罩、工作帽、一次性防护服，并且在实验动物候诊期间、显像诊断期间、注药后留观饲养期间，实验动物搬运人员均不与实验动物进行接触。

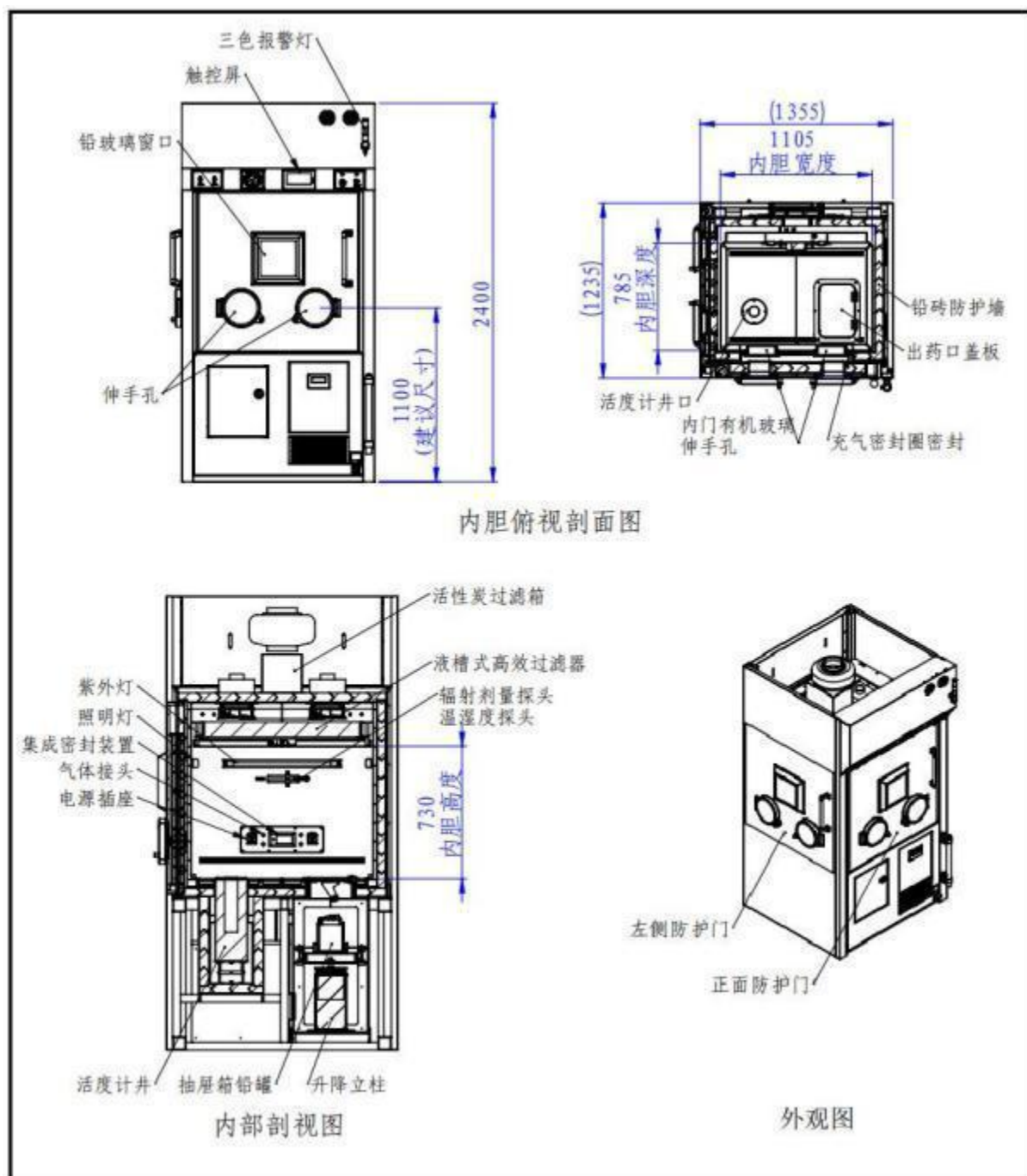


图10.3 小分装热室结构图

8、动物PET/SPECT/CT射线装置辐射防护措施

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 射线管头的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以

及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。

③采用脉冲技术：在图像数字化基础上实现脉冲，改善图像清晰度；并能明显地减少照射剂量。

④配备辅助防护设施：配备有 0.5mm 铅当量的铅衣、铅围脖、铅围裙等防护用品，可用于与注药实验动物接触中的放射防护。

⑤根据设备厂家提供的资料，该设备自带辐射防护屏蔽，能够确保射线装置在进行 CT 功能扫描出束时，设备表面 10cm 处剂量率不超过 1μSv/h。设备辐射防护部件结构见图 10-4。



图 10-4 设备自带辐射防护部件图

表 10-9 动物 PET/SPECT/CT辐射防护部件表

编号	防护部件	屏蔽材料	屏蔽厚度
1	外观：前面板防护板	铅板	1mm
2	外观：观察窗防护板	铅板	1mm
3	X射线四周防护板	钢板	5mm
4	CT后部防护板	铝板	5mm

本项目所使用的动物 PET/SPECT/CT 射线装置设备表面 10cm 处剂量率不超过 1μSv/h，满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的要求，根据射线剂量率与距离呈衰减的关系，则机房外 30cm 处周围剂量当量率不超过 1μSv/h，同时也不会超过《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中“CT 机房外的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h”的限值要求。

9、拟配备的防护用品及辐射监测仪器

本项目分子影像重点实验室拟配备防护设备及用品，详细清单见表 10- 10；拟配备的个人防护用品，详细清单见表 10- 11；监测仪器及设备，详细清单见表 10- 12。辐射防护设备、设施布置示意图详见图 10-5。

图 10-10 拟配备的防护设备和用品

屏蔽设施名称	参数	数量	备注
铅防护罐	20mmPb	2	用于盛装项目使用的放射性核素
	20mmPb	5	用于储存注药动物尸体并置于冰柜中
通风柜手套箱	内尺寸：1800mm×800mm×700mm；防护铅当量：10mmPb	1（3联）	用于项目使用的放射性核素注射、注药动物的候诊、留观及解剖
注射器防护套	3mL、5mL、10mL，防护铅当量 10mmPb	1	用于项目使用的放射性核素
放射性废物桶	50L，10mmPb	5	用于存放项目产生的放射性固废
	8L，10mmPb	2	用于收集项目产生的放射性固废
铅砖	53 mmPb	50 块	用于通风柜、注药动物饲养间屏蔽加强
小分装热室	防护铅当量 75mmPb	1	用于分装项目使用的放射性核素

表 10-11 拟配备的个人防护用品

场所	名称	数量	规格(mmPb)
分子影像重点实验室	铅衣	4 件	0.5
	铅橡胶帽子	4 顶	0.5
	铅橡胶围脖	4 个	0.5
	铅防护眼镜	4 副	0.5
	铅防护手套	2 双	0.5
	铅橡胶围裙	4 件	0.5

表 10-12 拟配备的辐射监测仪器

场所名称	装置名称	数量	参数
分子影像重点实验室	表面污染监测仪	1 台	待定
	个人剂量报警仪	3 台	待定
	便携式 X-γ辐射监测仪	1 台	待定
	固定式辐射剂量报警系统	3 套	待定
	活度计（小分装热室自带）	1 台	/
	固定式辐射剂量监测仪（注药实验动物转移用）	1 台	待定

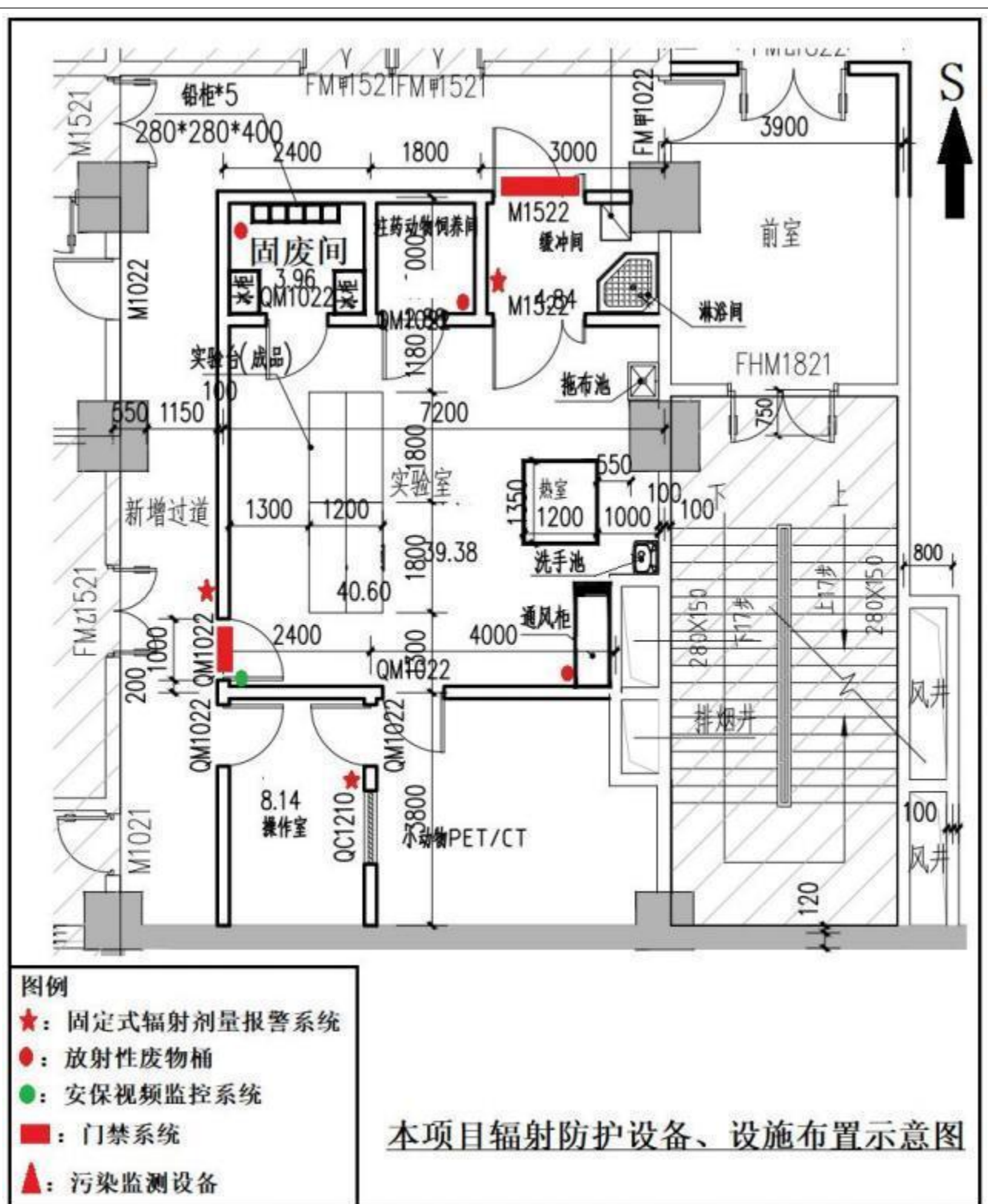


图10-5 本项目辐射防护设备、设施布置示意图

10、注药实验动物辐射安全管理

接受PET/SPECT/CT诊断研究以及肿瘤治疗研究的实验动物，应距离注药实验动物体表1m处的周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 方可转移至普通饲养间，以控制注药实验动物与非辐射工作人员（普通饲养员）可能受到的照射。建设单位在缓冲间设置有固定式剂量监测仪，

当注药实验动物达到转移条件后，经监测满足体表1m处的周围剂量当量率不大于2.5μSv/h方可转出。

11、对注药实验动物的尸体处理措施

如经过放射性核素诊断研究、肿瘤治疗研究需要进行解剖的实验动物，尸体处理需遵循如下原则：

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，并存放至专用冰柜内，并做好屏蔽防护。

本项目分子影像重点实验室对核素诊断研究以及肿瘤治疗研究过程出现意外死亡或解剖后的实验动物的尸体处理不得超过《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188-2021)相关标准要求。

12、穿墙管道及防护门安装设计要求

本项目分子影像重点实验室涉及相关电缆和通风管道均采用斜穿墙体，并在电缆和通风口出入口处采用与机房设计相同铅当量的铅橡胶进行补充防护，同时为减少接缝处射线的泄露，防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度的 10 倍以上。

10.1.4 防护设施列表对比分析

分子影像重点实验室辐射工作场所防护设施与《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）、《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）标准对照分析表见表 10-13、表 10-14、表 10-15 和表 10-16。

图 10-13 分子影像重点实验室辐射工作场所防护设施与 GBZ 120-2020 标准对照分析表

序号	GBZ 120-2020标准要求	拟采取的安全防护措施和设施	符合情况
1	通风系统独立设置，保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量；合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/s；排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置。	本项目分子影像重点实验室辐射工作场所设置独立的通风系统，共计使用1套排风系统，通风柜及小分装热室风速均不小于0.5m/s，并保持辐射工作场所内呈负压状态，排气口高于第四住院楼楼顶并安装专用过滤装置。	符合
2	在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射。	本项目分子影像重点实验室辐射工作场所出入口设置门禁及电磁门锁权限控制；实验动物是处于麻醉状态下进行注射和候诊，限制其活动范围；总体工作场所布局合理，有利于诊断研究、肿	符合

		瘤治疗研究方便，能避免无关人员进入 辐射工作场所内。		
3	对于单一 的诊断工作场所应设置给药前患者或受检者候诊区、放射性药物贮存室、分装给药室（可含质控室）、给药后患者或受检者候诊室(根据放射性核素防护特性分别设置)、质控（样品测量）室、控制室、机房、给药后患者或受检者卫生间和放射性废物储藏室等功能用房； 诊断工作场所和治疗工作场所都需要设置清洁用品储存场所、员工休息室、护士站、更衣室、卫生间、去污淋浴间、抢救室或抢救功能区等辅助用房。	分子影像重点实验室设置了给药前实验动物饲养间、分装热室、通风柜、小动物 PET/CT 机房、注药动物饲养间等，同时设置固废间、缓冲间、PET/SPECT/CT 操作室；并设有更衣区、沐浴等相关辅助功能设施，整体设置的相关功能用房较完善。	符合	
4	核医学工作场所的布局应有助于开展工作，避免无关人员通过。	本项目根据 PET/SPECT/CT 诊断研究、肿瘤治疗研究工作流程合理布置，实验动物和工作人员通道独立设置，控制区出入口均设置门禁，避免无关人员通过。	符合	
5	通过设计合适的时间空间交通模式来控制辐射源（放射性药物、放射性废物、给药后患者或受检者）的活动，给药后患者或受检者与注射放射性药物前患者或受检者不交叉，给药后患者或受检者与工作人员不交叉，人员与放射性药物通道不交叉。合理设置放射性物质运输通道，便于放射性药物、放射性废物的运送和处理；便于放射性污染的清理、清洗等工作的开展。	本项目实验动物注药前进行了麻醉，注药实验动物的搬运在辐射场所内部进行；从时间上将药物运输、废物处理、实验动物的搬运路径错开及采取相应的管控措施，使其不会产生交叉；放射性物质的运输通道设置相对合理；本项目设计有清洗和去污设备，位于缓冲间和实验室。	符合	
6	应通过工作场所平面布局的设计和屏蔽手段，避免附近的辐射源（核医学周边场所内的辐射装置、给药后患者或受检者）对诊断区设备成像、功能检测的影响。	分子影像重点实验室辐射工作场所相关用房拟采取相应的辐射防护屏蔽措施，分子影像重点实验室周边场所邻近位置未设置能够影响本项目诊断设备成像研究、功能检测的辐射装置。	符合	
7	控制区的入口应设置电离辐射警告标志。	控制区入口拟设置电离辐射警告标志。	符合	
8	核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	不适用	/	
9	给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。	本项目注药实验动物均在通风柜内候诊，通风柜设有观察窗，小动物 PET/CT 机房设有观察窗，便于工作人员观察注药实验动物的状况。	符合	
10	应为放射性物质内部运输配备有足够屏蔽的储存、转运等容器。容器表面应设置电离辐射标志。	拟配备相应数量的铅废物桶及铅防护罐，表面设置电离辐射警告标志。	符合	
11	扫描室外防护门上方应设置工作状态指示灯。	小动物 PET/CT 机房南侧防护门上方拟设置工作状态指示灯，并与防护门实现联锁。	符合	

图 10-14 分子影像重点实验室辐射工作场所防护设施与 HJ1188-2021 标准对照分析表

序号	HJ1188-2021要求	设计情况	符合情况
1	核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理；核医学工作场所的控制区主要包括放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域；核医学工作场所的监督区主要包括显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域；制区的入口应设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处应设置标明监督区的标志。	建设单位拟将实验室、固废间、注药动物饲养间、小动物 PET/CT 机房、衰变池区域等划分为控制区，严格限制无关人员进入。其余房间，过道、缓冲间、PET/ SPECT/ CT 操作室、楼梯间、前室等划为监督区；控制区的入口设置规范的电离辐射警告标志及标明控制区的标志，监督区入口处设置标明监督区的标志。	符合
2	核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道；核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离；核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。	本项目位于第四住院楼负一层，该区域相对独立，无人长期居留，设置了物理隔离和单独的人员、物流通道；分子影像重点实验室辐射工作场所不毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，且与非放射性工作场所有明确的分界隔离；分子影像重点实验室辐射工作场所排风口的的位置位于第四住院楼的楼顶。	符合
3	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；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；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	本项目涉及 PET/SPECT/CT 显像诊断及肿瘤治疗研究；辐射工作场所内控制区相对集中，能防止交叉污染；分子影像重点实验室辐射工作场所设立相对独立的工作人员、放射性药物和放射性废物路径，设置门禁系统，人员与放射性药物通道通过时空限制不交叉；实验动物是处于麻醉状态下进行注射和候诊，限制其活动范围；控制区的出入口设立卫生通过间（缓冲间），为工作人员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。控制区内设有注药实验动物排泄物的专用清理设施。	符合

	卫生间。			
4	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；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。	由表 11 理论预测分析可知分子影像重点实验室辐射工作场所屏蔽设计适当保守。	符合	
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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ ；放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 $25\mu\text{Sv/h}$ ；固体放射性废物收集桶、曝露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体和管道应增加相应屏蔽措施，以保证其外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。	由表 11 理论预测分析可知，距分子影像重点实验室辐射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小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射性药物分装的箱体、通风柜等设备设有屏蔽结构，设备外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；根据核素的种类，固体放射性废物收集桶铅当量 10mmPb 的防护，可以保证其外表面 30 cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。放射性物质贮存在小分装热室或通风柜内，小分装热室及通风柜设有屏蔽，并配备铅储存罐。	符合	
6	核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑，室内地面与墙壁衔接处应无接缝，易于清洗、去污。	分子影像重点实验室辐射工作场所的工作台、实验台、桌椅均采用塑胶光滑的材质，地面铺设 PVC 底板，墙面为油漆，地面与墙体之间接缝为无缝设计。	符合	
7	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。	本项目分子影像重点实验室核素操作在手套箱（设有伸手孔的通风橱、小分装热室）中进行；拟为辐射工作人员配备防护用品；配套 1 套 10mmPb 注射器防护套。	符合	
8	操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的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，应采取相应的去污措施。	本项目分子影像重点实验室辐射工作场所的缓冲间配有表面污染仪和淋浴清洗设备，可供工作人员进行表污监测和去污。	符合	
9	放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，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。	放射性物质储存在小分装热室和通风柜手套箱中，并使用配备的辐射检测仪定期自行辐射水平监测，并每年委托有资质的监测单位进行监测，拟建立相应的台账。	符合	
10	应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、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。	拟为分子影像重点实验室辐射工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器（铅防护罐），容器表面张贴电离辐射警告标志，容器在运送时有适当的固定措施。	符合	

11	扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。	小动物 PET/CT 机房南侧外门框上方均拟设置工作状态指示灯。	符合
12	核医学工作场所应保持良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	本项目分子影像重点实验室辐射工作场所拟设置排风系统，控制区和监督区分开设置，并保持工作场所的负压，气流流向遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。	符合
13	放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置；通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。	本项目分子影像重点实验室核素操作在通风橱手套箱及小分装热室中进行；通风橱手套箱及小分装热室设计单独的排风系统，并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置；废气排气口高于本建筑物屋顶。	符合

表 10-15 分子影像重点实验室辐射工作场所防护设施与 GBZ 130-2020 标准对照分析表

序号	GBZ 130-2020要求		射线装置机房设计情况	符合情况
1	CT 机房：有用线束方向、非有用线束方向铅当量 2.5mm；		项目动物 PET/ SPECT/ CT 射线装置自带屏蔽，不适用。	/
2	CT 机：机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m；		项目动物 PET/ SPECT/ CT 射线装置自带屏蔽，不适用。	/
3	机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风。		小动物 PET/CT 机房设计排气装置，保证通风状况良好。	符合
4	X 射线设备机房布局	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。	小动物 PET/CT 机房四周很少有人停留，机房屏蔽墙体、门、窗均设计采取符合标准要求的防护措施，机房（照射室）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。射线装置有用线束避免了直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。 小动物 PET/CT 机房只安装 1 台 PET/SPECT/CT 射线装置，机房平面布局满足显像诊断研究使用设备的布局要求。	符合
5		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。		符合
6		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。		符合
7	X 射线设备工作场所	机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	小动物 PET/CT 机房在控制台侧（操作室）设置观察窗，观察窗位置便于观察到机房实验动物状态及防护门	符合

	防护 防护措施		开闭情况。	
8		机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	小动物 PET/CT 机房内不堆放与该设备诊断研究工作无关的杂物。	符合
9		机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。	小动物 PET/CT 机房南侧防护门外拟设置电离辐射警告标志；机房南侧防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。	符合
10		平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	小动物 PET/CT 机房平开机房门拟设置自动闭门装置，由操作员控制；拟设置门灯联锁，工作状态指示灯能与机房门有效关联。	符合
11		受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	一般情况下，工作人员不在机房内逗留。	符合
12		机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。	机房出入口处于散射辐射相对低的位置。	符合
13		每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（表 7-8）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。 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；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 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。	机房配备铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子至少 1 套供工作人员使用，上述防护用品铅当量为 0.5mmPb。给辐射工作人员配备个人剂量计。	符合

表 10-16 本项目各辐射工作场所防护设施与《核技术利用监督检查技术程序》标准对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	备注
乙级非密封放射性物质工作场所：检查程序文号（NNSA/HQ-08-JD-IP-006）				
1	场所设施	工作场所功能、设置及分区布局	本项目分子影像重点实验室拟按要求设计了相应的功能用房，并设置监督区和控制区。	符合
2		场所分区的管控措施及标识	本项目分子影像重点实验室拟设置场所分区的管控措施，并在各区入口处粘贴控制区或监督区标识	符合

3		电离辐射警告标志	拟在本项目分子影像重点实验室辐射工作场所门外、放射性废物桶表面、固废间、衰变池区域等位置设置电离辐射警告标志	符合	
4		卫生通过间	本项目本项目分子影像重点实验室进口、出口均设置了缓冲间	符合	
5		通风系统完整性及有效性	本项目本项目分子影像重点实验室拟设置独立的排风系统	符合	
6		密封箱室	本项目分子影像重点实验室配置的通风橱手套箱、小分装热室等设置密封屏蔽箱体，同时，各功能用房采取全屏蔽体的方式进行防护	符合	
7		屏蔽防护设施	本项目分子影像重点实验室辐射工作场所拟设置，经估算，满足相关标准要求	符合	
8		防过热或超压保护	本项目本项目分子影像重点实验室不涉及	/	
9		防止放射性液体操作造成污染的措施	本项目的放射性液体操作均在通风橱手套箱、小分装热室中进行，且采用自动分装，并且配备应急去污用品。	符合	
10		机械手或其它远距离操作工具	本项目设有手套箱（通风柜、小分装热室均设置双伸手孔）	符合	
11		火灾报警仪	本项目分子影像重点实验室拟设置	符合	
12		放射性废水处理系统及标识	本项目分子影像重点实验室拟设置独立的放射性废水处理系统，并设置走向标识	符合	
13		放射性物料与成品暂存场所或设施	本项目辐射工作场所拟配置铅防护罐	符合	
14		放射性固体废物暂存场所或设施	本项目辐射工作场所设计废物暂存室（固废间）	符合	
15		安保措施	本项目分子影像重点实验室拟设置视频监控系统、报警系统，并于医院安保系统相连	符合	
16		防火设备、应急出口	本项目分子影像重点实验室拟配备灭火器，并设置应急出口	符合	
17	监测设备	人员出口污染监测仪	辐射场所人员出入口拟设置污染监测仪（ α 、 β 表面污染测量仪）	符合	

	18		固定式辐射剂量报警仪	辐射工作场所拟配置 3 组固定式辐射剂量报警系统	符合
	19		固定式或移动式气溶胶取样监测设备	拟委托有资质的第三方进行取样监测	/
	20		便携式辐射监测仪	本项目辐射工作场所拟配置	符合
	21		个人剂量计	本项目辐射工作场所拟配置	符合
	22		个人剂量报警仪	本项目辐射工作场所拟配置	符合
	23		防护用品	个人辐射防护用品	本项目辐射工作场所拟配置
	24	应急物资	去污用品和应急物资	本项目辐射工作场所拟配置	符合
	25		合适的灭火器材	本项目辐射工作场所拟配置	符合
	26		放射性同位素应急容器	本项目辐射工作场所拟配置铅防护罐	符合
PET/SPECT/CT：检查程序文号（NNSA/HQ-08-JD-IP-036）					
	1	场所设施	单独机房	PET/SPECT/CT 设置了单独机房	符合
	2		机房门窗防护	小动物 PET/CT 机房门窗拟设置防护	符合
	3		候诊位设置	注药动物候诊位于通风柜中	符合
	4		闭门装置	拟设置闭门装置	符合
	5		防护用品和辅助防护设施	拟设置防护用品和辅助防护设施	符合
	6		入口处电离辐射警告标志	入口处拟设置电离辐射警告标志	符合
	7		入口处机器工作状态显示	入口处防护门拟设置机器工作状态显示	符合
	8	其他	监测仪表	拟配置辐射剂量报警仪	符合
	9		个人剂量计	拟为辐射工作人员配置个人剂量计	符合

10.2 三废的治理 (三废治理的设施、方案、预期效果; 有废旧放射源的给出处理方案。)

10.2.1 废气治理措施

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所共计使用 2 套排风系统, 实验室通风柜、实验室、小分装热室、小动物 PET/CT 机房、固废间、注药动物饲养间设置 1 套独立的排风系统, 为排风管 1, 并汇至一层 PET 中心放射性核素排风井中, 通至第四住院楼楼顶排放; 缓冲间、普通动物饲养室设置 1 套排风系统, 为排风管 2, 汇至普通排风井排放。其中实验室 (包括通风柜、小分装热室)、固废间、注药动物饲养间等属于高活性区, 其余属于低活性区。

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所按照高活性区、低活性区分开设置排风系统, 各排风管道安装独立机械排风装置, 排风口安装大功率排风机。每路排风管道进入风井前均

拟设置止回阀，各直管均设置防倒灌装置，避免废气倒灌和泄露。通风气流设计为非放射性区域气压>监督区气压>控制区气压。最终各股气流统一汇入放射性排放废气风井后，经风井内排风管道排至第四住院楼楼顶，尽量远离了周围高层建筑，排风口设置活性炭吸附过滤，设有防鸟、防虫、防雨措施，且与普通通风管道分开设计，通风设计满足《核医学辐射防护与安全要求》(HJ 1188 -2021)以及《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。具体通风管道布置图详见附 7。

同时上述排风系统管道均保持负压状态，高效空气过滤器和活性炭过滤器对放射性核素的去除效率不低于 90%，活性炭吸附装置内的活性炭每半年更换一次，保障吸附装置的有效性，确保分子影像重点实验室辐射工作场所含放射性废气满足相应标准的要求。

10.2.2 废水治理措施

分子影像重点实验室辐射工作场所的上水拟配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和缓冲间内的淋浴间（淋浴更衣）、盥洗水盆、清洗池等拟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。采取合理的限水措施，并加强对辐射工作人员的宣传教育，从源头减少放射性废水产生，分子影像重点实验室辐射工作场所放射性废液主要含有 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 等，设计 1 套衰变池处理系统。

(1)衰变池选址合理性

分子影像重点实验室衰变池位于第四住院楼负二层，衰变池区域采用砖混结构，与本项目分子影像重点实验室辐射工作场所较近，尽可能缩减了放射废水管道铺设长度，减少了维修检修的辐射风险；且衰变池位于第四住院楼负二层，周围无建设衰变池处理系统的不利因素，该区域属于人员较少居留或经过位置，因此从辐射防护考虑，选址合理。本项目分子影像重点实验室的排水管道均布置于负二层顶板下方，对于外露管道将采取 4mmPb 当量铅皮进行管道包裹，确保管道外表面 0.3m 处辐射剂量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并标识管道走向标志，尽量减少对公众的辐射影响。本项目衰变池区域四周采用 30cm 实心砖，顶部为 12cm 混凝土，基本对外环境无影响。环评建议衰变池区域入口处张贴电离辐射警示标志，无关人员禁止进入。

(2)衰变池设计

医院拟设置 1 套衰变池处理系统，为槽式衰变池。本项目衰变池区域采用砖混结构，四周厚度 30cm 实心砖，顶部为 12cm 混凝土，在砖混结构内部放置不锈钢罐体，内表面进行专

业的耐酸碱腐蚀和防渗处理，防渗系数 $\leq 10^{-8}\text{cm/s}$ ，确保池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑。衰变池顶均预留窗口，可从其中进行取样监测，确保池内废液达标排放。

该衰变池本体为 1 个污泥池以及 2 级并联衰变池组成。每级衰变池池体宽均为 1.5m，长均为 3.5m，储水深度均为 2.0m，单级衰变池的容积均为 10.5m^3 ，总有效容积为 21m^3 。衰变池池壁及底部均抹防水及耐酸碱腐蚀涂料。废水处理流程为废水重力自流至分子影像重点实验室衰变池处理系统前端的污泥池内，废水在污泥池内沉淀后通过泵输送至衰变池每级衰变池内进行衰变处理。

放射性废水通过泵进入衰变池第一格小池，当第一格小池废水到达控制液位时关闭第一格进水阀门并打开第二格进水阀门，放射性废水流入第二格小池，以此类推。当最后一格小池即将排满时（通过设置控制液位），通过水泵抽取第一格衰变池的放射性废水进行检测，达到排放标准后，排至医院污水处理站进一步处理后排至市政管网。污水管道布置图见附图 5，衰变池结构示意图见附图 8。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）针对液态放射性废物的管理提出如下要求：①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；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，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 。②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。③衰变池纳入控制区进行管理，需设立明显的电离辐射警告标志，同时衰变池区域入口门应上锁。

本项目产生的非放射性废水主要为分子影像重点实验室工作人员的生活污水，依托建设医院的污水处理设施处置。

10.2.3 固体废弃物处理措施

1、放射性固体废物处理措施

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所产生的放射性废物主要是一次性注射器、针头、棉签、口罩、擦拭纸、手套、药瓶、一次性防护服等，废物中主要含有放射性核素 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb ，年产生量约 354kg 。工作场所设计了 1 间放射性固体废物暂存间（固废间），在实验室通风柜下方、注射动物饲养间内配备专用的放射性废物桶，内套专用塑料袋直接受纳废物，定时将放射性废物由废物桶内取出，装满后的废物袋密封，每袋废物重量不超过 20kg 。标注废物类型、核

素种类、活度水平、暂存起始日期、收集人等，转移至废物暂存室（固废间、污洗间）集中暂存，暂存足够的时间且满足相应核素解控水平后，作为一般医疗固体废物依托医院的医疗废物暂存库暂存后，执行医疗废物转移联单制度，由有资质的单位统一回收处理。

放射性固体废物暂存间（固废间）按照控制区管理，入口处应配置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏的措施，放射性固体废物暂存间（固废间）内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。放射性固体废物暂存间内设置专门容器用于盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别的废物应分开存放，合理有序，易于取放。

本次要求建设单位将定期更换下的活性炭过滤作为放射性固废进行收集处理（一般半年更换一次）。

（3）放射性固废的收集、贮存和处理要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188 -2021），针对本项目分子影像重点实验室辐射场所放射性固废的收集、贮存和处理提出如下管理措施要求：

a.放射性固体废物收集

①固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。放射性核素的固废存放于铅当量为 10mmPb 的专用废物桶中。

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。

③放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至废物暂存室（固废间）贮存。

b.放射性固废贮存

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。

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。

③放射性固体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。

④废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

c.放射性固废处理

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 $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。

②含 ^{18}F 、 ^{64}Cu 、 ^{68}Ga 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{212}Pb 的放射性固体废物暂存时间需超过 30 天，含 ^{89}Zr 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{124}I 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{111}In 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{177}Lu 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{225}Ac 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{90}Y 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{161}Tb 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{223}Ra 放射性固体废物暂存时间超过半衰期的 10 倍，含 ^{131}I 放射性固体废物暂存时间超过 180 天。

③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 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，极毒性 α 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

④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。

d.贮存能力分析

本项目分子影像重点实验室年产生的试剂瓶、手套、移液器吸头、口罩、一次性注射器、棉签、擦拭纸、观察期间产生的排泄物及用于接收排泄物的吸水纸等总计重量达到约 354kg/a 。医疗废物密度国家统计局结果平均值是 $488.85\text{kg}/\text{m}^3$ ，考虑到器皿体积等附加因素，保守按照平均密度 $1 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，则每年医疗固废体积约为 0.354m^3 。另外考虑到分子影像重点实验室部分管道换下的活性炭同样在放射性固体废物暂存间（固废间）贮存，颗粒柱状活性炭密度一般都在 $0.45 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ - $0.65 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，则预计本项目每年产生的废弃活性炭达到 10kg ，体积最大为 0.02m^3 ，项目配备的用于储存动物尸体的冰柜（2 台）规格为长 1.1m × 宽 0.45m × 高 0.8m ，体积均约 0.4m^3 ，动物尸体的密度约 $1.02 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3$ ，单只动物的最大重量 200g ，则每年动物尸体的产生体积约为 0.27m^3 ，而本项目设置 1 间放射性固体废物暂存间（固废间），容积为 16.6m^3 。本项目保守按照碘-131 存放 180 天的量来核算产生的固废量，则 180 天后，产生的放射性固废量为 $1.67\text{m}^3 = 180\text{d} \div 7\text{d}/\text{周} \times 33.8\text{kg}/\text{周} \div (1 \times 10^3\text{kg}/\text{m}^3) + 0.4\text{m}^3 \times 2$ 。本项目放射性固体废物暂存间（固废间）以及拟配置的动物尸体专用冰柜容积均完全能够满足贮存周期内存放的固废量。

2、非放射性固废处理措施

本项目产生非放射性废物包括一些药棉、纱布、手套、一次性麻醉注射器、空药瓶等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。同时工作人员也会产生少量的生活垃圾，经建设单位内部垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

10.2.4 噪声治理措施

本项目辐射场所通排风管道连接处采用石棉板垫片进行减振降噪，且通风设备均采用低噪声设备，使环境噪声满足 1 类声环境功能区的限值要求（昼间：55dB（A），夜间 45dB（A））。

10.3 本项目环保措施及投资估算

本项目的环境保护投资估算见表 10-17。

表10-17 本项目环保投资一览表

辐射安全措施	设施（措施）	数量	投资金额（万元）	备注
辐射屏蔽措施	实验室、小动物 PET/CT 机房、固废间、注药动物饲养间等铅防护门。	6 扇	26	/
	小动物 PET/CT 机房铅防护玻璃	1 扇	2.3	/
	带屏蔽效果（10mmPb）通风柜	1 套	20	/
	铅砖（53mmPb）	50 块	18	/
	小分装热室（75mmPb）	1	48	/
	铅防护罐（20mmPb）	7 个	10.5	/
	分子影像重点实验室辐射场所屏蔽体建设	/	31	/
监控系统	实验室内设视频监控系统	1 套	1.2	/
通风系统	设置 2 套独立排风系统及两级过滤装置，并对通风管道穿墙屏蔽补偿	2 套	11.6	/
个人剂量监测	辐射工作人员个人剂量定期监测	/	0.6	/
职业健康体检	辐射工作人员定期进行职业健康体检	/	1.8	/
监测仪器	1 台 X-γ辐射剂量率监测仪、1 台 α/β 表面沾污仪、3 台个人剂量报警仪、固定式辐射剂量报警系统 3 套、固定式辐射剂量监测仪 1 套	/	7.6	/
个人防护用品	铅橡胶围裙（4 件）、铅橡胶帽子（4 件）、铅橡胶围脖（4 个）、铅防护眼镜（4 副）、铅手防护套（2 双）等	/	5.5	/

放射性废水处置	独立下水系统及排水管道屏蔽措施	1 套	1.2	/	
	2 格并联衰变池（总有效容积 21m ³ ，在前端设置一座污泥池）	1 套	28.9	/	
放射性固废处置	实验室、注药动物饲养间、固废间等分核素种类设置放射性固废收集桶	7 个	19.3	/	
	动物尸体暂存专用冰柜（规格：长 1.1m×宽 0.45m×高 0.8m 台）	2 台	0.8	/	
	放射性固体废物暂存间（固废间）	1 间	/	纳入改造屏蔽	
安全设施	实验室室红外监控及报警系统	1 套	1.2	/	
	门禁系统	2 套	1.5	/	
	电离辐射警示标识及“两区”划分标识	若干	0.2	/	
辐射环境监测	辐射工作场所辐射环境年度监测	/	3.6	/	
应急及去污用品	一次性防水手套、气溶胶防护口罩、防水工作服、胶鞋、污染表面清洗剂、一次性毛巾、吸水纸、胶带、标签、塑料袋一次性镊子等应急及去污用品	若干	1.3	/	
医疗废物处置	依托医院的医疗废物暂存库以及医疗废物转移联单制度	/	0	/	
相关辐射安全管理制度制定及上墙		/	0.2	/	
环保投资合计			242.3	/	
本项目总投资			786	/	
环保投资占总投资比例			30.83%	/	

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段环境影响分析

遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目建设期主要为建设施工、防护工程的施工及装修，建设阶段的环境影响主要有声环境、空气环境、水环境和固体废物的影响，不涉及放射性影响。其中噪声和扬尘主要来自场地防护工程、装修施工，但建设工程施工期比较短，且在独立的场地内部进行，采取各项措施对周围环境影响小，随施工期结束而消除，因此，施工在合理安排施工时间，对周围的影响可控。

11.1.1 主体及装修施工的环境影响

(1) 声环境影响分析

该项目施工期的噪声主要来自施工机械运作及屏蔽体涂刷等阶段，但该评价项目的建设工期，影响期短暂，对周围环境影响小。因此，合理安排施工时间，夜间禁止高噪声机械作业，对周围的影响不大。为尽量减少施工期噪声影响，项目建设和施工单位采取以下噪声防治措施：

①合理安排施工时间：首先，制订施工计划时，应尽可能避免大量高噪声设备同时施工，禁止 22:00~6:00 时段施工作业。

②合理布局施工现场，以避免局部声级过高，钢制模板在使用、拆卸、装卸等过程中，应尽可能地轻拿轻放，以免模板相互碰撞产生噪声。

③降低设备声级：设备选型上尽量采用低噪声设备，如以液压机械代替燃油机械，振捣器采用高频振捣器等。动力机械设备应进行定期的维修、养护，以保证其在正常工况下工作。闲置不用的设备应立即关闭。

④降低人为噪音：按规定操作机械设备，减少碰撞噪音。同时要尽量少用哨子、钟、笛等指挥作业，而代以现代化设备。

⑤对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围设置掩蔽物、加隔振垫、安装消声器等。

(2) 环境空气影响分析

施工期，扬尘来自于材料搬运、装卸等施工活动，但都位于第四住院楼内部，属于无组织排放。受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但项目工程建设完成后即可恢复。

(3) 水环境影响分析

本工程施工污水主要来自施工人员的生活污水。医院建设有生活、卫生设施、污水处理

站和排水管网，施工人员的生活污水通过配套建设的生活、卫生设施排入医院污水处理站处理后排入市政管网。

（4）固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾。施工过程中的建筑垃圾和生活垃圾必须集中处理，严禁随意堆放和倾倒。生活垃圾应置于医院内部垃圾收集箱内。施工建筑垃圾委托有资质的渣土运输公司处置，运垃圾的专用车每次装完垃圾后，用苫布盖好，避免途中遗洒和运输过程中造成扬尘。可以使工程建设产生的垃圾处于可控制状态。

综上所述，本工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格执行有关规定的污染防治措施，并加强监管，对建设期的声环境、空气环境、水环境和固体废物等进行防治，采取降噪、防尘措施，合理安排工作时间，避免夜间施工，尽可能对周围环境的影响降到最小。

为了保证本项目辐射工作场所能够满足辐射防护的要求，非密封放射性物质工作场所在进行建设过程中应严格按照要求施工，使用满足要求的水泥、铅、实心砖等防护材料；墙体应避免衔接处有缝隙。另外，门的底部与地面之间的缝隙采取搭接的方式进行屏蔽，搭接长度不小于缝隙宽度的 10 倍。

11.1.2 设备安装调试的环境影响

本项目设备的安装由厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装设备，安装调试期间操作人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。

本项目使用的设备的安装和调试均在机房内完成，在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中医院应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁。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。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 理论计算公式

1、X- γ 射线辐射影响理论计算公式

因预测点位与放射性核素操作位置间的距离比装药瓶的几何尺寸大 5 倍以上，故可视为点源。职业人员操作过程中穿着有防护铅服，并在屏蔽体中进行操作，公众位于屏蔽房间外，本次评价还考虑屏蔽材料减弱因素。应用 γ 射线点源剂量率计算公式进行预测，计算公式参照《辐射防护手册》（第三分册）中 P27 所列公式，如式 11-1~式 11-3 所示。

$$X = A\Gamma/r^2 \quad (\text{式 11-1})$$

$$D=8.69 \times 10^{-3} X \quad (\text{式 } 11-2)$$

式中：A—放射源的活度，Ci；

Γ —放射性核素的 Γ 常数， $R \cdot m^2/h \cdot Ci$ ；

X—照射量率，单位 R/h；

r—参考点距离源的距离，m；

D—吸收剂量率，Gy/h；

本次评价按什值层法进行减弱系数计算。

$$K = 10^{-\frac{X}{TVL}} \quad (\text{式 } 11-3)$$

式中：TVL—什值层厚度；

X—屏蔽厚度(cm)；

K—衰减系数。

本项目非密封放射性核素辐射场所的 γ 辐射对应各屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）

参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I.1，如下表所示。

表 11-1 本项目非密封放射性核素 γ 辐射对应各屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）

核素	主要 γ 射线能量	铅(11.3g/cm ³)	砖(1.65g/cm ³)	混凝土(2.35g/cm ³)
¹⁸ F、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹¹ C	0.511MeV	16.6mm	263mm	176mm
⁸⁹ Zr	0.909MeV、0.511MeV	29.9mm	373mm	255mm
¹²⁴ I	1.691MeV、0.511MeV	30.5mm	428mm	286mm
^{99m} Tc	0.140MeV	1mm	160mm	110mm
¹¹¹ In	0.245MeV、0.171MeV	1.96mm	204mm	160mm
¹³¹ I	0.365MeV、0.637MeV	11mm	240mm	170mm
¹⁷⁷ Lu	0.208MeV、0.113MeV	2.77mm	220mm	155mm
²²⁵ Ac	0.100MeV	1.21mm	112mm	90mm
²²³ Ra	0.269MeV	4.22mm	180mm	166mm
¹⁶¹ Tb	0.075MeV、0.049MeV、0.026MeV	0.19mm	21.2mm	17.5mm
²¹² Pb	0.239MeV	2.88mm	202mm	133mm

备注：⁸⁹Zr 核素在光子能量 0.909MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，¹²⁴I 核素在光子能量 1.691MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，¹¹¹In 核素在光子能量 0.245MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，¹⁷⁷Lu 在光子能量 0.208MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，²²⁵Ac 核素在光子能量 0.245MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，²²³Ra 在光子能量 0.269MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，¹⁶¹Tb 核素在光子能量 0.075MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层，以及 ²¹²Pb 在光子能量 0.239MeV 下的实心砖、混凝土十分之一值层参见《辐射防护手册》（第三分册，P29 图 2.16 及 P30 表 2.12），并根据各核素的光子能量采用插值法估算各屏蔽材料十分之一值层厚度；⁸⁹Zr、¹²⁴I、¹¹¹In、¹⁷⁷Lu、²²⁵Ac、²²³Ra、¹⁶¹Tb、²¹²Pb 核素对于铅屏蔽材料的十分之一值层参见《EXPOSURE RATE CONSTANTS AND LEAD

2、β射线辐射影响理论计算公式

本项目涉及使用的 ¹⁸F、¹²⁴I、⁶⁸Ga、⁶⁴Cu、⁸⁹Zr、¹¹C、^{99m}Tc、¹³¹I、¹⁷⁷Lu、⁹⁰Y、¹⁶¹Tb、²¹²Pb 核素衰变过程中会有β粒子。根据《辐射防护手册》（第三分册，P20~P23），β粒子在不同介质中的射程按式 11-6 计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX}$$
（式 11-4）

式中：d—最大射程，cm； ρ—屏蔽材料密度，g/cm³； E_{MAX}—β粒子最大能量，MeV。

3、韧致辐射的计算公式

无屏蔽时，韧致辐射在空气中的吸收剂量率计算公式参考《辐射剂量与防护》（霍雷、刘剑利、马永和）：

$$D=4.58\times 10^{-14}AZ(E_b/r)^2\cdot (\mu_{en}/\rho)$$
（式 11-5）

式中：D—屏蔽层中β粒子产生的韧致辐射在r(m)处空气中的吸收剂量率，Gy/h；

A—放射源活度，Bq；

Z—屏蔽材料的有效原子序数，本次环评取空气的有效原子序数，为7.36；

E_b—韧致辐射平均能量，MeV，约为入射β射线的最大能量的1/3，即E_b ≈ E_{max}/3；

r—距离辐射点的距离，m；

μ_{en}/ρ—平均能量为E_b的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数，m²/kg，由《辐射防护导论》附表1查得。

11.2.2 分子影像重点实验室辐射环境影响分析

11.2.2.1 III类射线装置机房屏蔽措施评价

根据遵义医科大学附属医院采购计划，拟采购的动物 PET/SPECT/CT 的最大管电压为80kV，最大管电流 0.7mA，为自屏蔽射线装置。小动物 PET/CT 机房四周墙体均为实心砖，顶板、地面为混凝土，防护门使用的是铅门，观察窗使用的是铅玻璃，实心砖密度为 1.65g/cm³，混凝土密度为 2.35g/cm³。具体的防护采购计划见下表。

本项目用的各屏蔽材料厚度的铅当量计算参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C，并根据射线装置的参数选取 90kV 条件下进行计算。

表 11-2 不同屏蔽物质等效铅当量厚度

管电压	X (mm)： 1mmPb		X (mm)： 2mmPb		X (mm)： 3mmPb	
	混凝土	实心砖	混凝土	实心砖	混凝土	实心砖

90kV	74	113	128	184	190	256			
备注：混凝土密度≥2.35g/cm³，砖密度≥1.65g/cm³。									
本项目小动物 PET/CT 机房设计情况见表 11-3。									
表 11-3 X射线装置机房屏蔽状况									
工作场所	墙体	顶棚	地面	防护门		观察窗			
小动物PET/ CT 机房	东墙、南墙、西墙：20cm 实心砖（2mmPb）	12cm 混凝土（约 2mmPb）	12cm 混凝土（约 2mmPb）	南侧防护门：2mmPb		4 mmPb			
	北墙：37cm 混凝土（6mmPb）			东侧防护门：2mmPb					
备注：混凝土密度≥2.35g/cm³，砖密度≥1.65g/cm³； 医用诊断 X 射线防护中不同屏蔽物质等效铅当量厚度见《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中表 C.4～表 C.7； 所有墙体拼接缝进行密封防护处理。									
由于动物PET/SPECT/CT设备自带屏蔽体，设备表面10cm处剂量率不超过1μSv/h，根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系，以及《辐射防护手册 第一分册》（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987）中给出的计算公式进行理论预测。各侧屏蔽墙体的辐射剂量率计算结果见表11-5。									
$H=H_0.B.r^2/R^2$ （式 11-6） 式中： H—关注点处的辐射空气比释动能率，μSv/h； H₀—设备表面 0.1m 处的最大辐射剂量率，1μSv/h； R—靶点至关注点的距离，m； r—靶点至设备表面 0.1m 处的距离，m，本次取 0.3m； B—屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中给出的公式计算。 $B=[（1+\beta/\alpha）e^{\alpha\gamma X}-\beta/\alpha]^{-1/\gamma}$ （式 11-7） 式中： B—屏蔽透射因子； X—屏蔽材料铅当量厚度，mm； α、β、γ—铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的三个拟合参数。根据 GBZ 130-2020 附录 C 表 C.2 数据获得，详见下表。 表 11.4 铅对不同管电压 X 射线的辐射衰减拟合参数 <table><tr><td>管电压(kV)</td><td>屏蔽材料(铅)</td></tr></table>								管电压(kV)	屏蔽材料(铅)
管电压(kV)	屏蔽材料(铅)								

	α	β	γ
80	3.067	18.83	0.7726
注：拟合参数均取自《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）表 C.2。			

表11-5 CT功能下动物PET/SPECT/CT机房周围关注点剂量率估算

关注点位置	机房东侧（操作室）			机房南侧（实验室）		机房西侧（楼梯间）	机房北侧（泥土层）	机房顶部（大厅）	机房下方（柴油发电机房、通道）
屏蔽体铅当量厚度	墙体：2 mmPb	防护门：2 mmPb	观察窗：4 mmPb	墙体：2 mmPb	防护门：2mmPb	墙体：2 mmPb	墙体：6mmPb	2 mmPb	2 mmPb
B	1.72E-04	1.72E-04	3.69E-07	1.72E-04	1.72E-04	1.72E-04	8.00E-10	1.72E-04	1.72E-04
H ₀ （μSv/h）	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R（m）	2.8	2.7	2.6	2.3	2.5	2.9	2.5	3.5	1.4
r（m）	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
周围剂量当量率（μSv/h）	1.97E-06	2.12E-06	4.91E-09	2.93E-06	2.48E-06	1.84E-06	1.15E-11	1.26E-06	7.89E-06

由表11-5计算结果可知：本项目动物PET/SPECT/CT在CT功能正常运行情况下，机房周围各关注点处的附加剂量率最大为7.89E-06μSv/h，能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 中规定“在距机房屏蔽体外表面0.3m处周围剂量当量率控制目标值应不大于2.5μSv/h”的限值要求，本报告在对外环境的影响分析中，不考虑动物PET/SPECT/CT在CT功能下X射线的影响。

从本项目小动物PET/CT机房屏蔽措施评价分析可知，拟建设的小动物PET/CT机房的屏蔽措施均能够满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）的要求。在动物PET/SPECT/CT投入使用前，建设单位还应在操作室适当位置张贴岗位职责和操作规程，防护门外应张贴电离辐射警示志，并设置醒目的工作状态指示灯，指示灯与防护门设置联锁装置。

11.2.2.2 非密封放射性物质工作场所

本次环评对PET/SPECT/CT显像诊断研究以及肿瘤治疗研究的辐射环境影响分别以涉及的放射性核素进行屏蔽设计计算，后根据关注点受照的各源项对其的影响进行综合叠加进行分析。本项目关注点布置图见图11-1。

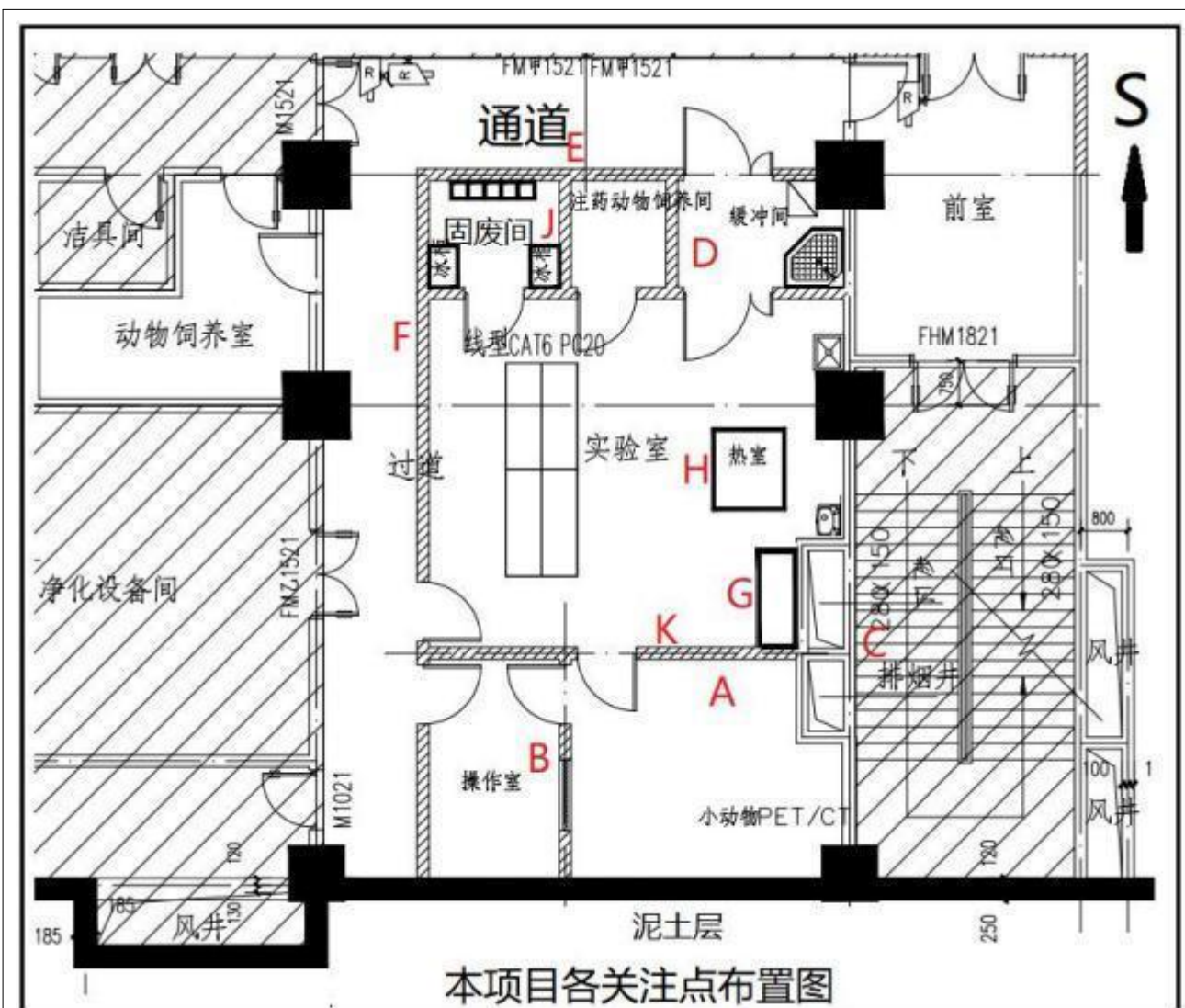


图11-1 本项目关注点布置图

计算时，注药实验动物按点源考虑，位于各功能用房中央，分装工作人员在75mm铅当量的小分装热室进行自动分装，单次分装的药量不超过日最大操作量，单日只使用一种显像诊断研究放射性核素、一种肿瘤治疗研究放射性核素，分装完成后，工作人员取药并转至10mmPb通风柜中对实验动物进行注射，且通风柜内配备有53mmPb铅砖若干，通风柜内各个核素的使用量参见表11-7；通风柜中可能会涉及注射后候诊/留观，数量不超过两只；注药动物饲养间按照10只注药实验动物进行剂量率的估算，同时还在注药动物饲养间配备53mmPb的铅砖，用于饲养笼的屏蔽；摆位人员穿戴0.5mmPb的铅衣对实验动物进行摆位，为保守估算，本项目按照注药实验动物在不考虑衰减的情况下进行计算，小动物PET/CT机房按照1只注药实验动物进行计算。

1、 γ 辐射以及韧致辐射的环境影响分析

(1) γ 辐射的环境影响分析

本项目非密封放射性物质工作场所主要使用涉及 γ 辐射影响的放射性核素为 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb ，各核素的使用情况及 γ 辐射影响计算参数详见下表。

标11.6 本项目各核素的使用情况及 γ 辐射影响参数一览表

核素使用项目	核素	核素使用量	TVL铅 ($11.3\text{g}/\text{cm}^3$)	TVL砖 ($1.65\text{g}/\text{cm}^3$)	TVL混凝土 ($2.35\text{g}/\text{cm}^3$)	Γ ($\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{Ci}$)
PET/SPECT/CT显像诊断研究	^{18}F	单次 0.0004Ci	16.6mm	263mm	176mm	0.568
		实际日最大: 0.003Ci				
	^{68}Ga	单次 0.0004Ci	16.6mm	263mm	176mm	0.543
		实际日最大: 0.009Ci				
	^{64}Cu	单次 0.0002Ci	16.6mm	263mm	176mm	0.105
		实际日最大: 0.0045Ci				
	^{11}C	单次 0.0004Ci	16.6mm	263mm	176mm	0.586
		实际日最大: 0.003Ci				
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	单次 0.0004Ci	1mm	160mm	110mm	0.0795
		实际日最大: 0.009Ci				
	^{111}In	单次 0.0002Ci	1.96mm	204mm	160mm	0.346
		实际日最大: 0.0015Ci				
	^{89}Zr	单次 0.0002Ci	29.9mm	373mm	255mm	0.659
		实际日最大: 0.0015Ci				
	^{124}I	单次 0.0002Ci	30.5mm	428mm	286mm	0.659
		实际日最大: 0.0015Ci				
	^{131}I	单次 0.0004Ci	11mm	240mm	170mm	0.22
		实际日最大: 0.0024Ci				
	^{177}Lu	单次 0.001Ci	2.77mm	220mm	155mm	0.0181
		实际日最大: 0.006Ci				
肿瘤核素治疗研究	^{131}I	单次 0.0004Ci	11mm	240mm	170mm	0.22
		实际日最大: 0.0024Ci				
	^{177}Lu	单次 0.001Ci	2.77mm	220mm	155mm	0.0181
		实际日最大: 0.006Ci				

	²²⁵ Ac	单次 0.001Ci	1.21mm	112mm	90mm	0.0126
		实际日最大: 0.004Ci				
	²²³ Ra	单次 0.001Ci	4.22mm	180mm	166mm	0.077
		实际日最大: 0.004Ci				
	¹⁶¹ Tb	单次 0.001Ci	0.19mm	21.2mm	17.5mm	0.0571
		实际日最大: 0.006Ci				
	²¹² Pb	单次 0.001Ci	2.88mm	202mm	133mm	0.0792
		实际日最大: 0.006Ci				

备注：Γ 参见《EXPOSURE RATE CONSTANTS AND LEAD SHIELDING VALUES FOR OVER 1, 10 0 RADIONUCLIDES》P2 73，Table 1. Exposure rate constants, f- factors, and lead shielding data developed in this work for all photon-emitting nuclides in the ICRP 107 nuclear decay data set.

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所对于各核素γ辐射屏蔽计算结果见表11-7，计算公式见式11-1～式11-3。

表 11-7 分子影像重点实验室Y辐射剂量率估算结果

理论计算点位		核素种类	源活度 Ci)	周围剂量当量 率常 (R·m ² /h·Ci	距离 m)	屏蔽物质及厚度	屏蔽后的剂 量率 (μSv/h)	
实验室	东侧墙外 30cm（过道）	¹⁸ F	0.0004	0.568	3.0	20cm 实心砖	3.81E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	3.0		3.64E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	3.0		3.52E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	3.0		3.93E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	3.0		4.34E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	3.0		3.70E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	3.0		0.73E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	3.0		6.99E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	3.0		1.25E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	3.0		2.15E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	3.0		1.99E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	3.0		5.76E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	3.0		2.03E-11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	3.0		7.82E-03	
	南侧墙体外 30cm（缓冲间）	¹⁸ F	0.0004	0.568	1.4	20cm 实心砖	1.75E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	1.4		1.67E-01	

		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	1.4		1.62E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	1.4		1.80E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	1.4		1.99E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	1.4		1.70E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	1.4		7.93E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	1.4		3.21E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	1.4		5.73E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	1.4		9.89E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	1.4		9.15E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	1.4		2.64E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	1.4		9.32E-11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	1.4		3.59E-02	
	西侧墙体外 30cm（楼梯 间、前室）	¹⁸ F	0.0004	0.568	1.4	20cm 实心砖	1.75E-01	
			0.0008	0.568	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	1.10E-04	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	1.4	20cm 实心砖	1.67E-01	
			0.0008	0.543	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	1.05E-04	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	1.4	20cm 实心砖	1.62E-02	
			0.0004	0.105	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	1.02E-05	
		¹¹ C	0.0004	0.586	1.4	20cm 实心砖	1.80E-01	
			0.0008	0.586	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	1.13E-04	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	1.4	20cm 实心砖	1.99E-01	
			0.0004	0.659	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	6.72E-03	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	1.4	20cm 实心砖	1.70E-01	
			0.0004	0.659	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖 +20cm 实心砖	5.21E-03	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	1.4	20cm 实心砖	7.93E-03	
			0.0008	0.0795	1.0	10mmPb 通风 柜+53mm 铅砖	3.11E-65	

						+20cm 实心砖		
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	1.4	20cm 实心砖	3.21E-02	
			0.0004	0.346	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	9.06E-34	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	1.4	20cm 实心砖	5.73E-02	
			0.0008	0.22	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	4.21E-07	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	1.4	20cm 实心砖	9.89E-03	
			0.002	0.0181	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	7.00E-25	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	1.4	20cm 实心砖	9.15E-04	
			0.002	0.0126	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	3.08E-55	
		²²³ Ra	0.001	0.077	1.4	20cm 实心砖	2.64E-02	
			0.002	0.077	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	1.22E-16	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	1.4	20cm 实心砖	9.32E-11	
			0.002	0.0571	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	0.00	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	1.4	20cm 实心砖	3.59E-02	
			0.002	0.0792	1.0	10mmPb 通风柜+53mm 铅砖+20cm 实心砖	1.88E-23	
	北侧墙外 30cm（小动物 PET/CT 机房）	¹⁸ F	0.0004	0.568	0.8	20cm 实心砖	5.36E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	0.8		5.12E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	0.8		4.95E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	0.8		5.53E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	0.8		6.10E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	0.8		5.21E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	0.8		2.43E-02	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	0.8		9.83E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	0.8		1.75E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	0.8		3.03E-02	

		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	0.8		2.80E-03	
		²²³ Ra	0.001	0.077	0.8		8. 10E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	0.8		2.85E- 10	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	0.8		1. 10E-01	
	顶部外 30cm (一楼大厅)	¹⁸ F	0.0004	0.568	4.6	12cm 混凝土	1.94E-02	
			0.0008	0.568	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	9.70E-03	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	4.6	12cm 混凝土	1.86E-01	
			0.0008	0.543	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	9.27E-03	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	4.6	12cm 混凝土	1.79E-03	
			0.0004	0.105	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	8.96E-04	
		¹¹ C	0.0004	0.586	4.6	12cm 混凝土	2.00E-02	
			0.0008	0.586	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	1.00E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	4.6	12cm 混凝土	2.06E-02	
			0.0004	0.659	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	1.94E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	4.6	12cm 混凝土	1.83E-02	
			0.0004	0.659	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	1.70E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	4.6	12cm 混凝土	1.06E-03	
			0.0008	0.0795	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	2. 12E- 13	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	4.6	12cm 混凝土	5.05E-03	
			0.0004	0.346	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	7.99E-08	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	4.6	12cm 混凝土	7. 11E-03	
			0.0008	0.22	4.6	10mmPb 通风 柜+12cm 混凝土	1.75E-03	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	4.6	12cm 混凝土	1.25E-03	
			0.002	0.0181	4.6	10mmPb 通风	6. 14E-07	

						柜+12cm 混凝土		
		^{225}Ac	0.001	0.0126	4.6	12cm 混凝土	2.40E-04	
			0.002	0.0126	4.6	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.61E-12	
		^{223}Ra	0.001	0.077	4.6	12cm 混凝土	5.99E-03	
			0.002	0.077	4.6	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	5.11E-05	
		^{161}Tb	0.001	0.0571	4.6	12cm 混凝土	3.26E-09	
			0.002	0.0571	4.6	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.52E-61	
		^{212}Pb	0.001	0.0792	4.6	12cm 混凝土	4.07E-03	
			0.002	0.0792	4.6	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.75E-06	
	顶部外 1m (一楼大厅)	^{18}F	0.0004	0.568	5.3	12cm 混凝土	1.46E-02	
			0.0008	0.568	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	7.31E-03	
		^{68}Ga	0.0004	0.543	5.3	12cm 混凝土	1.40E-02	
			0.0008	0.543	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	6.98E-03	
		^{64}Cu	0.0002	0.105	5.3	12cm 混凝土	1.35E-03	
			0.0004	0.105	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	6.75E-04	
		^{11}C	0.0004	0.586	5.3	12cm 混凝土	1.51E-02	
			0.0008	0.586	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	7.54E-03	
		^{124}I	0.0002	0.659	5.3	12cm 混凝土	1.55E-02	
			0.0004	0.659	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.46E-02	
		^{89}Zr	0.0002	0.659	5.3	12cm 混凝土	1.38E-02	
			0.0004	0.659	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.28E-02	
		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0004	0.0795	5.3	12cm 混凝土	7.98E-04	
			0.0008	0.0795	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.60E-13	

							土		
			¹¹¹ In	0.0002	0.346	5.3	12cm 混凝土	3.81E-03	
				0.0004	0.346	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	6.02E-08	
			¹³¹ I	0.0004	0.22	5.3	12cm 混凝土	5.36E-03	
				0.0008	0.22	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.32E-03	
			¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	5.3	12cm 混凝土	9.42E-04	
				0.002	0.0181	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	4.62E-07	
			²²⁵ Ac	0.001	0.0126	5.3	12cm 混凝土	1.81E-04	
				0.002	0.0126	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.97E- 12	
			²²³ Ra	0.001	0.077	5.3	12cm 混凝土	4.51E-03	
				0.002	0.077	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	3.85E-05	
			¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	5.3	12cm 混凝土	2.45E-09	
				0.002	0.0571	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1. 15E-61	
			²¹² Pb	0.001	0.0792	5.3	12cm 混凝土	3.07E-03	
				0.002	0.0792	5.3	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.07E-06	
	下方30 cm处 (负二层柴油发电机房、通道等)	¹⁸ F	0.0004	0.568	1.4	12cm 混凝土	2. 10E-01		
			0.0008	0.568	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.05E-01		
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	1.4	12cm 混凝土	2.00E-01		
			0.0008	0.543	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.00E-01		
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	1.4	12cm 混凝土	1.94E-02		
			0.0004	0.105	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	9.68E-03		
		¹¹ C	0.0004	0.586	1.4	12cm 混凝土	2. 16E-01		
			0.0008	0.586	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.08E-01		

						土		
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	1.4	12cm 混凝土	2.22E-01	
			0.0004	0.659	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.09E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	1.4	12cm 混凝土	1.98E-01	
			0.0004	0.659	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.83E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	1.4	12cm 混凝土	1.14E-02	
			0.0008	0.0795	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.29E-12	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	1.4	12cm 混凝土	5.46E-02	
			0.0004	0.346	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	8.63E-07	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	1.4	12cm 混凝土	7.68E-02	
			0.0008	0.22	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.89E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	1.4	12cm 混凝土	1.35E-02	
			0.002	0.0181	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	6.62E-06	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	1.4	12cm 混凝土	2.59E-03	
			0.002	0.0126	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.82E-11	
		²²³ Ra	0.001	0.077	1.4	12cm 混凝土	6.46E-02	
			0.002	0.077	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	5.52E-04	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	1.4	12cm 混凝土	3.52E-08	
			0.002	0.0571	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.64E-60	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	1.4	12cm 混凝土	4.40E-02	
			0.001	0.0792	1.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.97E-05	
	距下方地面170cm处(负二层柴油发	¹⁸ F	0.0004	0.568	4.4	12cm 混凝土	2.12E-02	
			0.0008	0.568	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.06E-02	

	电机房、通道等)					土		
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	4.4	12cm 混凝土	2.03E-02	
			0.0008	0.543	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.01E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	4.4	12cm 混凝土	1.96E-03	
			0.0004	0.105	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	9.80E-04	
		¹¹ C	0.0004	0.586	4.4	12cm 混凝土	2.19E-02	
			0.0008	0.586	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.09E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	4.4	12cm 混凝土	2.25E-02	
			0.0004	0.659	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.12E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	4.4	12cm 混凝土	2.00E-02	
			0.0004	0.659	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.85E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	4.4	12cm 混凝土	1.16E-03	
			0.0008	0.0795	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.32E-13	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	4.4	12cm 混凝土	5.52E-03	
			0.0004	0.346	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	8.73E-08	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	4.4	12cm 混凝土	7.78E-03	
			0.0008	0.22	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.92E-03	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	4.4	12cm 混凝土	1.37E-03	
			0.002	0.0181	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	6.71E-07	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	4.4	12cm 混凝土	2.63E-04	
			0.002	0.0126	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	2.86E-12	
		²²³ Ra	0.001	0.077	4.4	12cm 混凝土	6.54E-03	
			0.002	0.077	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	5.59E-05	

						土		
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	4.4	12cm 混凝土	3.56E-09	
			0.002	0.0571	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	1.66E-61	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	4.4	12cm 混凝土	4.45E-03	
			0.002	0.0792	4.4	10mmPb 通风柜+12cm 混凝土	3.00E-06	
	东侧防护门外 30cm（过道）	¹⁸ F	0.0004	0.568	3.0	1mmPb	1.91E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	3.0		1.83E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	3.0		1.77E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	3.0		1.97E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	3.0		1.18E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	3.0		1.18E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	3.0		3.07E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	3.0		2.06E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	3.0		6.89E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	3.0		7.61E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	3.0		1.8134	
		²²³ Ra	0.001	0.077	3.0		4.31E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	3.0		3.01E-07	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	3.0		3.44E-02	
	南侧防护门外 30cm（缓冲间）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.4	1mmPb	2.98E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.4		2.85E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.4		2.76E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.4		3.08E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.4		1.84E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.4		1.84E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.4		4.80E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.4		3.22E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.4		1.08E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.4		1.19E-02	

		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.4		2.83E-03	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.4		6.73E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.4		4.70E-07	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.4		5.37E-02	
	北侧防护门外 30cm (小动物PET/ CT 机房)	¹⁸ F	0.0004	0.568	1.0	2 mmPb	1.50	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	1.0		1.43	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	1.0		1.38E-01	
		¹¹ C	0.0004	0.586	1.0		1.54	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	1.0		9.85E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	1.0		9.82E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	1.0		2.76E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	1.0		5.74E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	1.0		5.03E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	1.0		2.98E-02	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	1.0		2.43E-03	
		²²³ Ra	0.001	0.077	1.0		2.25E-01	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	1.0		1.48E- 11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	1.0		1.39E-01	
	小分装热室表面30 cm处	¹⁸ F	0.003	0.568	0.5	75 mmPb	1.80E-03	
		⁶⁸ Ga	0.009	0.543	0.5		5. 15E-03	
		⁶⁴ Cu	0.0045	0.105	0.5		4.98E-04	
		¹¹ C	0.003	0.586	0.5		1.85E-03	
		¹²⁴ I	0.0015	0.659	0.5		1. 19E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0015	0.659	0.5		1.07E-01	
		^{99m} Tc	0.009	0.0795	0.5		2.49E-74	
		¹¹¹ In	0.0015	0.346	0.5		9.79E-38	
		¹³¹ I	0.0024	0.22	0.5		2.79E-06	
		¹⁷⁷ Lu	0.006	0.0181	0.5		3. 17E-27	
		²²⁵ Ac	0.004	0.0126	0.5		1.82E-62	
		²²³ Ra	0.004	0.077	0.5		1.81E- 17	
		¹⁶¹ Tb	0.006	0.0571	0.5		0.0	

通风柜正表面 30cm		^{212}Pb	0.006	0.0792	0.5		1.50E-25	
	^{18}F		0.0004	0.568	0.5	10mmPb 通风柜	1.97	
			0.0008	0.568	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.53E-03	
	^{68}Ga		0.0004	0.543	0.5	10mmPb 通风柜	1.89	
			0.0008	0.543	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.42E-03	
	^{64}Cu		0.0002	0.105	0.5	10mmPb 通风柜	1.82E-01	
			0.0004	0.105	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.34E-04	
	^{11}C		0.0004	0.586	0.5	10mmPb 通风柜	2.04	
			0.0008	0.586	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.61E-03	
	^{124}I		0.0002	0.659	0.5	10mmPb 通风柜	2.15	
			0.0004	0.659	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	7.88E-02	
	^{89}Zr		0.0002	0.659	0.5	10mmPb 通风柜	2.12	
			0.0004	0.659	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	7.16E-02	
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$		0.0004	0.0795	0.5	10mmPb 通风柜	1.11E-10	
			0.0008	0.0795	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.21E-63	
	^{111}In		0.0002	0.346	0.5	10mmPb 通风柜	1.90E-05	
			0.0004	0.346	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	3.46E-32	
	^{131}I		0.0004	0.22	0.5	10mmPb 通风柜	3.77E-01	
			0.0008	0.22	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	1.15E-05	
	^{177}Lu		0.001	0.0181	0.5	10mmPb 通风柜	1.54E-04	
			0.002	0.0181	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	1.14E-23	

			^{225}Ac	0.001	0.0126	0.5	10mmPb 通风柜	2.38E-09	
				0.002	0.0126	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	7.52E-53	
			^{223}Ra	0.001	0.077	0.5	10mmPb 通风柜	1.14E-02	
				0.002	0.077	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	6.31E-15	
			^{161}Tb	0.001	0.0571	0.5	10mmPb 通风柜	4.64E-53	
				0.002	0.0571	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	0.00	
			^{212}Pb	0.001	0.0792	0.5	10mmPb 通风柜	9.28E-04	
				0.002	0.0792	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	3.67E-22	
	通风柜侧表面 30cm		^{18}F	0.0004	0.568	0.5	10mmPb 通风柜	1.97	
				0.0008	0.568	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.53E-03	
			^{68}Ga	0.0004	0.543	0.5	10mmPb 通风柜	1.89	
				0.0008	0.543	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.42E-03	
			^{64}Cu	0.0002	0.105	0.5	10mmPb 通风柜	1.82E-01	
				0.0004	0.105	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	2.34E-04	
			^{11}C	0.0004	0.586	0.5	10mmPb 通风柜	2.04	
				0.0008	0.586	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	1.31E-03	
			^{124}I	0.0002	0.659	0.5	10mmPb 通风柜	2.15	
				0.0004	0.659	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	7.88E-02	
			^{89}Zr	0.0002	0.659	0.5	10mmPb 通风柜	2.12	
				0.0004	0.659	0.5	10mmPb 通风柜+53mmPb 铅砖	7.16E-02	
			$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0.0004	0.0795	0.5	10mmPb 通风柜	1.11E-10	

			0.0008	0.0795	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	2.21E-63
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	0.5	10mmPb 通风柜	1.90E-05
			0.0004	0.346	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	3.46E-32
		¹³¹ I	0.0004	0.22	0.5	10mmPb 通风柜	3.77E-01
			0.0008	0.22	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	1.15E-05
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	0.5	10mmPb 通风柜	1.54E-04
			0.002	0.0181	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	1.14E-23
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	0.5	10mmPb 通风柜	2.38E-09
			0.002	0.0126	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	7.52E-53
		²²³ Ra	0.001	0.077	0.5	10mmPb 通风柜	1.14E-02
			0.002	0.077	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	6.31E-15
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	0.5	10mmPb 通风柜	4.64E-53
			0.002	0.0571	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	0.00
		²¹² Pb	0.001	0.0792	0.5	10mmPb 通风柜	9.28E-04
			0.002	0.0792	0.5	10mmPb 通风柜+53 mmPb 铅砖	3.67E-22
小动物 PET/C T 机房	东侧墙体外 30cm（操作室）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.8	20cm 实心砖	4.37E-02
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.8		4.18E-02
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.8		4.04E-03
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.8		4.51E-02
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.8		4.98E-02
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.8		4.25E-02
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.8		1.98E-03
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.8		8.02E-03

		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.8		1.43E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.8		2.47E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.8		2.29E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.8		6.61E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.8		2.33E- 11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.8		8.98E-03	
	南侧墙体外 30cm（实验 室）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.3	20cm 实心砖	6.48E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.3		6. 19E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.3		5.99E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.3		6.68E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.3		7.38E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.3		6.30E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.3		2.94E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.3		1. 19E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.3		2. 12E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.3		3.67E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.3		3.39E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.3		9.79E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.3		3.45E- 11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.3		1.33E-02	
	西侧墙体外 30cm（楼梯 间）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.9	20cm 实心砖	4.08E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.9		3.90E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.9		3.77E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.9		4.20E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.9		4.64E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.9		3.96E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.9		1.85E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.9		7.48E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.9		1.33E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.9		2.31E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.9		2. 13E-04	

		²²³ Ra	0.001	0.077	2.9		6.16E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.9		2.17E-11	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.9		8.37E-03	
	顶部外 30cm (一楼大厅)	¹⁸ F	0.0004	0.568	4.6	12cm 混凝土	1.94E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	4.6		1.86E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	4.6		1.79E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	4.6		2.00E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	4.6		2.06E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	4.6		1.83E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	4.6		1.06E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	4.6		5.05E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	4.6		7.11E-03	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	4.6		1.25E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	4.6		2.40E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	4.6		5.99E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	4.6		3.26E-09	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	4.6		4.07E-03	
	顶部外 1m (一楼大厅)	¹⁸ F	0.0004	0.568	5.3	12cm 混凝土	1.46E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	5.3		1.40E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	5.3		1.35E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	5.3		1.51E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	5.3		1.55E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	5.3		1.38E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	5.3		7.98E-04	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	5.3		3.81E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	5.3		5.36E-03	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	5.3		9.42E-04	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	5.3		1.81E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	5.3		4.51E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	5.3		2.45E-09	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	5.3		3.07E-03	

	下方30 cm处 (负二层柴油发电机房、通道等)	¹⁸ F	0.0004	0.568	1.4	12cm 混凝土	2.10E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	1.4		2.00E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	1.4		1.94E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	1.4		2.16E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	1.4		2.22E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	1.4		1.98E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	1.4		1.14E-02	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	1.4		5.46E-02	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	1.4		7.68E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	1.4		1.35E-02	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	1.4		2.59E-03	
		²²³ Ra	0.001	0.077	1.4		6.46E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	1.4		3.52E-08	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	1.4		4.40E-02	
	距下方地面 170cm 处(负二层柴油发电机房、通道等)	¹⁸ F	0.0004	0.568	4.4	12cm 混凝土	2.12E-02	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	4.4		2.03E-02	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	4.4		1.96E-03	
		¹¹ C	0.0004	0.586	4.4		2.19E-02	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	4.4		2.25E-02	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	4.4		2.00E-02	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	4.4		1.16E-03	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	4.4		5.52E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	4.4		7.78E-03	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	4.4		1.37E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	4.4		2.63E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	4.4		6.54E-03	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	4.4		3.56E-09	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	4.4		4.45E-03	
	东侧防护门外 30cm (操作室)	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.7	2 mmPb	2.05E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.7		1.96E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.7		1.90E-02	

		¹¹ C	0.0004	0.586	2.7		2.12E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.7		1.35E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.7		1.35E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.7		3.79E-04	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.7		7.87E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.7		6.90E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.7		4.09E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.7		3.34E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.7		3.08E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.7		2.03E-12	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.7		1.91E-02	
	东侧观察窗外 30cm（操作室）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.6	4 mmPb	1.68E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.6		1.60E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.6		1.55E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.6		1.73E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.6		1.25E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.6		1.25E-01	
		^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.6		4.09E-06	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.6		8.10E-04	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.6		4.90E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.6		8.37E-04	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.6		8.01E-06	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.6		1.12E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.6		6.50E-23	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.6		4.16E-03	
	南侧防护门外 30cm（实验室）	¹⁸ F	0.0004	0.568	2.5	2 mmPb	2.39E-01	
		⁶⁸ Ga	0.0004	0.543	2.5		2.29E-01	
		⁶⁴ Cu	0.0002	0.105	2.5		2.21E-02	
		¹¹ C	0.0004	0.586	2.5		2.47E-01	
		¹²⁴ I	0.0002	0.659	2.5		1.58E-01	
		⁸⁹ Zr	0.0002	0.659	2.5		1.57E-01	

注药动物饲养间	东侧墙体外30cm（固废间）	^{99m} Tc	0.0004	0.0795	2.5	20cm 实心砖	4.42E-04	
		¹¹¹ In	0.0002	0.346	2.5		9.18E-03	
		¹³¹ I	0.0004	0.22	2.5		8.05E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.001	0.0181	2.5		4.77E-03	
		²²⁵ Ac	0.001	0.0126	2.5		3.90E-04	
		²²³ Ra	0.001	0.077	2.5		3.59E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.001	0.0571	2.5		2.36E-12	
		²¹² Pb	0.001	0.0792	2.5		2.23E-02	
	南侧墙体外30cm（通道）	¹⁸ F	0.004	0.568	1.3	20cm 实心砖 +53mm 铅砖	2.03	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.3		1.94	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.3		1.87E-01	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.3		2.09	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.3		2.31	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.3		1.97	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.3		9.20E-02	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.3		3.72E-01	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.3		6.64E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.3		1.15E-01	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.3		1.06E-02	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.3		3.07E-01	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.3		1.08E-09	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.3		4.17E-01	
		¹⁸ F	0.004	0.568	1.3		1.30E-03	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.3		1.24E-03	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.3		1.20E-04	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.3		1.34E-03	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.3		4.23E-02	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.3		3.33E-02	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.3		9.20E-55	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.3		3.39E-28	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.3		1.01E-05	

		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.3		8.44E-21	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.3		1.68E-46	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.3		8.46E- 14	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.3		1.22E-288	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.3		1.65E- 19	
	西侧墙体外 30cm（缓冲 间）	¹⁸ F	0.004	0.568	1.3	20cm 实心砖 +53mm 铅砖	1.30E-03	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.3		1.24E-03	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.3		1.20E-04	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.3		1.34E-03	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.3		4.23E-02	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.3		3.33E-02	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.3		9.20E-55	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.3		3.39E-28	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.3		1.01E-05	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.3		8.44E-21	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.3		1.68E-46	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.3		8.46E- 14	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.3		1.22E-288	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.3		1.65E- 19	
	北侧墙体外 30cm（实验 室）	¹⁸ F	0.004	0.568	1.3	20cm 实心砖	2.03	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.3		1.94	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.3		1.87E-01	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.3		2.09	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.3		2.31	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.3		1.97	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.3		9.20E-02	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.3		3.72E-01	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.3		6.64E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.3		1.15E-01	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.3		1.06E-02	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.3		3.07E-01	

		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.3		1.08E-09	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.3		4.17E-01	
顶部外 30cm (一楼大厅)	12cm 混凝土	¹⁸ F	0.004	0.568	4.6	12cm 混凝土	1.94E-01	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	4.6		1.86E-01	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	4.6		1.79E02	
		¹¹ C	0.004	0.586	4.6		2.00E-01	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	4.6		2.06E-01	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	4.6		1.83E-01	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	4.6		7.34E-03	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	4.6		2.97E-02	
		¹³¹ I	0.004	0.22	4.6		7.11E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	4.6		1.25E-02	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	4.6		2.40E-03	
		²²³ Ra	0.01	0.077	4.6		5.99E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	4.6		3.26E-08	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	4.6		4.07E-02	
顶部外 1m (一楼大厅)	12cm 混凝土	¹⁸ F	0.004	0.568	5.3	12cm 混凝土	1.46E-01	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	5.3		1.40E-01	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	5.3		1.35E-02	
		¹¹ C	0.004	0.586	5.3		1.51E-01	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	5.3		1.55E-01	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	5.3		1.38E-01	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	5.3		5.53E-03	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	5.3		2.24E-02	
		¹³¹ I	0.004	0.22	5.3		5.36E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	5.3		9.42E-03	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	5.3		1.81E-03	
		²²³ Ra	0.01	0.077	5.3		4.51E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	5.3		2.45E-08	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	5.3		3.07E-02	
	下方30 cm处	¹⁸ F	0.004	0.568	1.4	12cm 混凝土	2.10	

	(负二层柴油发电机房、通道等)	⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.4		2.00	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.4		1.94E-01	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.4		2.16	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.4		2.22	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.4		1.98	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.4		7.93E-02	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.4		3.21E-01	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.4		7.68E-01	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.4		1.35E-01	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.4		2.59E-02	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.4		6.46E-01	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.4		3.52E-07	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.4		4.40E-01	
	距下方地面170cm处(负二层柴油发电机房、通道等)	¹⁸ F	0.004	0.568	4.4	12cm 混凝土	2.12E-01	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	4.4		2.03E-01	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	4.4		1.96E-02	
		¹¹ C	0.004	0.586	4.4		2.19E-01	
		¹²⁴ I	0.002	0.659	4.4		2.25E-01	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	4.4		2.00E-01	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	4.4		8.03E-03	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	4.4		3.25E-02	
		¹³¹ I	0.004	0.22	4.4		7.78E-02	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	4.4		1.37E-02	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	4.4		2.63E-03	
		²²³ Ra	0.01	0.077	4.4		6.54E-02	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	4.4		3.56E-08	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	4.4		4.45E-02	
	防护门外30cm(实验室)	¹⁸ F	0.004	0.568	1.2	1mmPb+53mm铅砖	7.66E-03	
		⁶⁸ Ga	0.004	0.543	1.2		7.32E-03	
		⁶⁴ Cu	0.002	0.105	1.2		7.08E-04	
		¹¹ C	0.004	0.586	1.2		7.90E-03	

		¹²⁴ I	0.002	0.659	1.2		1.35E-01	
		⁸⁹ Zr	0.002	0.659	1.2		1.24E-01	
		^{99m} Tc	0.004	0.0795	1.2		1.92E-54	
		¹¹¹ In	0.002	0.346	1.2		1.17E-27	
		¹³¹ I	0.004	0.22	1.2		6.55E-05	
		¹⁷⁷ Lu	0.01	0.0181	1.2		3.50E-20	
		²²⁵ Ac	0.01	0.0126	1.2		1.79E-45	
		²²³ Ra	0.01	0.077	1.2		7.43E-13	
		¹⁶¹ Tb	0.01	0.0571	1.2		2.12E-284	
		²¹² Pb	0.01	0.0792	1.2		8.50E-19	

备注：由于 ²²³Ra、²²⁵Ac、²¹²Pb 的使用量比较低，同时半衰期比较长，使用时间较短，本次评价不考虑其子体的辐射影响。

（2）韧致辐射的环境影响分析

本项目非密封放射性物质工作场所主要使用涉及韧致辐射影响的放射性核素为¹⁸F、¹²⁴I、⁶⁸Ga、⁶⁴Cu、⁸⁹Zr、¹¹C、^{99m}Tc、⁹⁰Y、¹³¹I、¹⁷⁷Lu、¹⁶¹Tb、²¹²Pb，各核素的使用情况及韧致辐射影响计算参数详见下表。

标11-8 本项目各核素的使用情况及韧致辐射影响参数一览表

核素使用项目	核素	核素使用量 A (Bq)	有效原子序 Z 数	E _b (MeV)	μ _{en} /ρ (m ² /kg)	
PET/SPECT/C T 显像诊断研究	¹⁸ F	单次：1.48E+07	7.36	0.083	2.368E-03	
		实际日最大： 1.11E+08				
	⁶⁸ Ga	单次：1.48E+07	7.36	0.279	2.858E-03	
		实际日最大： 3.33E+08				
	⁶⁴ Cu	单次：7.40E+06	7.36	0.093	2.328E-03	
		实际日最大： 1.66E+08				
	¹¹ C	单次：1.48E+07	7.36	0.129	2.184E-03	
		实际日最大： 1.11E+08				
	^{99m} Tc	单次：1.48E+07	7.36	0.034	1.28E-02	
		实际日最大： 3.33E+08				
	⁸⁹ Zr	单次：7.40E+06	7.36	0.132	2.528E-03	
		实际日最大： 5.55E+07				

	¹²⁴ I	单次：7.40E+06	7.36	0.325	2.860E-03	
		实际日最大： 5.55E+07				
	¹³¹ I	单次：1.48E+07	7.36	0.201	2.702E-03	
		实际日最大： 8.88E+07				
	¹⁷⁷ Lu	单次：3.70E+07	7.36	0.166	2.664E-03	
		实际日最大： 2.22E+08				
肿瘤核素治疗 研究	¹³¹ I	单次：1.48E+07	7.36	0.201	2.702E-03	
		实际日最大： 8.88E+07				
	¹⁷⁷ Lu	单次：3.70E+07	7.36	0.166	2.664E-03	
		实际日最大： 2.22E+08				
	⁹⁰ Y	单次：3.70E+07	7.36	0.760	2.896E-03	
		实际日最大： 2.22E+08				
	¹⁶¹ Tb	单次：3.70E+07	7.36	0.589	2.941E-03	
		实际日最大： 2.22E+08				
	²¹² Pb	单次：3.70E+07	7.36	0.197	2.788E-03	
		实际日最大： 2.22E+08				

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所对于各核素韧致辐射屏蔽计算结果见表11-9，计算公式见式11-5。

表 11-9 距离各核素不同距离处韧致辐射致空气吸收剂量率

核素 名称	核素用量 (Bq)	距离放射性核素不同距离处韧致辐射致空气吸收剂量率(μGy/h)							
		0.1m	0.2m	0.3m	0.5m	1m	2m	3m	
¹⁸ F	1.48E+07	78.14E-03	2.03E-03	9.04E-04	3.26E-04	8.14E-05	2.03E-05	9.04E-06	
	1.11E+08	6.10E-02	1.53E-02	6.78E-03	2.44E-03	6.10E-04	1.53E-04	6.78E-05	
⁶⁸ Ga	1.48E+07	1.11E-01	2.77E-02	1.23E-02	4.44E-03	1.11E-03	2.77E-04	1.23E-04	
	3.33E+08	2.50	6.24E-01	2.77E-01	9.99E-02	2.50E-02	6.24E-03	2.77E-03	
⁶⁴ Cu	7.40E+06	5.02E-03	1.26E-03	5.58E-04	2.01E-04	5.02E-05	1.26E-05	5.58E-06	
	1.66E+08	1.13E-01	2.82E-02	1.25E-02	4.51E-03	1.13E-03	2.82E-04	1.25E-04	
¹¹ C	1.48E+07	1.81E-02	4.53E-03	2.01E-03	7.25E-04	1.81E-04	4.53E-05	2.01E-05	
	1.11E+08	1.36E-01	3.40E-02	1.51E-02	5.44E-03	1.36E-03	3.40E-04	1.51E-04	

⁸⁹ Zr	7.40E+06	1.10E-02	2.75E-03	1.22E-03	4.40E-04	1.10E-04	2.75E-05	1.22E-05
	5.55E+07	8.24E-02	2.06E-02	9.16E-03	3.30E-03	8.24E-04	2.06E-04	9.16E-05
¹²⁴ I	7.40E+06	7.54E-02	1.88E-02	8.37E-03	3.01E-03	7.54E-04	1.88E-04	8.37E-05
	5.55E+07	5.65E-01	1.41E-01	6.28E-02	2.26E-02	5.65E-03	1.41E-03	6.28E-04
^{99m} Tc	1.48E+07	7.38E-03	1.85E-03	8.20E-04	2.95E-04	7.38E-05	1.85E-05	8.20E-06
	3.33E+08	1.66E-01	4.15E-02	1.85E-02	6.64E-03	1.66E-03	4.15E-04	1.85E-04
¹³¹ I	1.48E+07	5.45E-02	1.36E-02	6.05E-03	2.18E-03	5.45E-04	1.36E-04	6.05E-05
	8.88E+07	3.27E-01	8.17E-02	3.63E-02	1.31E-02	3.27E-03	8.17E-04	3.63E-04
¹⁷⁷ Lu	3.70E+07	9.16E-02	2.29E-02	1.02E-02	3.66E-03	9.16E-04	2.29E-04	1.02E-04
	2.22E+08	5.49E-01	1.37E-01	6.10E-02	2.20E-02	5.49E-03	1.37E-03	6.10E-04
¹⁶¹ Tb	3.70E+07	1.27	3.18E-01	1.41E-01	5.09E-02	1.27E-02	3.18E-03	1.41E-03
	2.22E+08	7.64	1.91	8.48E-01	3.05E-01	7.64E-02	1.91E-02	8.48E-03
²¹² Pb	3.70E+07	1.35E-01	3.37E-02	1.50E-02	5.40E-03	1.35E-03	3.37E-04	1.50E-04
	2.22E+08	8.10E-01	2.02E-01	9.00E-02	3.24E-02	8.10E-03	2.02E-03	9.00E-04
⁹⁰ Y	3.70E+07	2.09	5.22E-01	2.32E-01	8.35E-02	2.09E-02	5.22E-03	2.32E-03
	2.22E+08	12.52	3.13	1.39	5.01E-01	1.25E-01	3.13E-02	1.39E-02

由上表可知，不考虑辐射工作场所屏蔽情况下，按各核素使用的最大活度计算，距离各核素 0.5m 处空气吸收剂量率为最大为 5.01E-01μGy/h，1m 处空气吸收剂量率为 1.25E-01μGy/h，2m 处空气吸收剂量率为 3.13E-02μGy/h，3m 处γ辐射剂量率降至 1.39E-02μGy/h，对周围环境影响较小。

在实际核素使用过程中，实验室、小动物 PET/CT 机房、固废间、注药动物饲养间实体屏蔽外表面及防护门外表面距离放射源均大于 1m，同时分装柜、小分装热室设置屏蔽，在经过各屏蔽体屏蔽后，各核素因β射线致韧致辐射对周围环境环境影响很小，由上表计算可知：本项目在对防护屏蔽计算时，不考虑各核素因β射线所致韧致辐射的影响。

（3）本项目辐射环境影响叠加分析

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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”的要求，根据医院提供的资料，本项目肿瘤治疗研究后，注射显像诊断研究药物后，可能会涉及 PET/SPECT/CT 显像诊断研究，其中 ¹³¹I、¹⁷⁷Lu、²¹²Pb 进行肿瘤治

疗研究后，需要进行 PET/SPECT/CT 显像诊断研究时，不需要注射其他显像诊断研究药物。
并根据表 11-7 的计算结果选取最大值进行叠加计算，计算结果见下表。

表 11-10 本项目各关注点处辐射剂量率计算结果

点位编号	参考点环 保目标名 称	辐射源 位置	核素名称	辐射剂量率(μ Sv/h)				剂量率限 值(μSv/h)
A	小动物 PET/CT 机 房	实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.54	1.77			10
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	2.25E-0 1				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	5.03E-01			10	
B	动物 PET/SPEC T/CT 操作 室	小动物 PET/CT 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2. 12E-0 1	2.43E-01	2.43E-0 1	9.34E-01	2.5
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	3.08E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	6.90E-02				
		实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	6. 10E-0 1	6.91E-01	6.91E-0 1		
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	8. 10E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.75E-01				
C	楼梯间	小动物 PET/CT 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	4.64E-0 2	5.26E-02	5.26E-0 2	2.84E-01	2.5
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6. 16E-0 3				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.33E-02				

		实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	$1.99\text{E}-0_1$	2.25E-01	$2.25\text{E}-0_1$		
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$2.64\text{E}-0_2$				
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	5.73E-02				
		通风柜	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	$6.72\text{E}-0_3$	6.72E-03	$6.72\text{E}-0_3$		
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$1.22\text{E}-1_6$				
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	4.21E-07				
D	缓冲间	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	$3.08\text{E}-0_1$	3.75E-01	$3.75\text{E}-0_1$	4.17E-01	2.5
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$6.73\text{E}-0_2$				
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	1.08E-01				
		注药动物饲养间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	$4.23\text{E}-0_2$	4.23E-02			
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$8.46\text{E}-1_4$				
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	$1.01\text{E}-0_5$				
E	通道	注药动物饲养间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	$4.23\text{E}-0_2$	4.23E-02			2.5
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$8.46\text{E}-1_4$				

			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.01E-0 5				
F	过道	实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.97E-0 1	2.40E-01			2.5
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	4.31E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	5.59E-02			2.5	
G	通风柜表面 30cm	通风柜 (注射)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.15	2.16	2.16	2.24	2.5
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	1.14E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	3.77E-01				
		通风柜 (注射 后候诊 或留观)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	7.88E-0 2	7.88E-02			
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6.31E-1 5				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.15E-0 5				
H	小分装热 室表面 30cm	热室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.19E-0 1	1.19E-01			2.5
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	2.79E-0 6				
J	固废间	实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	3.08E-0 1	3.75E-0 1	3.75E-01	3.36	10

			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6.73E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.08E-01				
		注药动物 饲养 间	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.31		2.98		
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	1.06E-02				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	6.64E-01				
K	实验室	小动物 PECT/C T 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.47E-0 1	2.83E-0 1	2.83E-01	2.52	10
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	3.59E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	8.05E-02				
		通风柜	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	2.24（参照 G 点）				
下方 30cm 处（负二层 柴油发电机房、通道 等）		实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.22E-0 1	2.87E-0 1	2.87E-01	4.41	10
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6.46E-0 2				
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7.68E-02				
		通风柜	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、	2.09E-0 1	2.10E-0 1	2.10E-01		

		64Cu、124I、 89Zr、 99mTc、111In					
		225Ac、 223Ra、 161Tb	5.52E-04				
		131I、 177Lu、 212Pb	1.89E-02				
	小动物 PET/CT 机房	18F、11C、 68Ga、 64Cu、124I、 89Zr、 99mTc、111In	2.22E-01	2.87E-01	2.87E-01		
		225Ac、 223Ra、 161Tb	6.46E-02				
		131I、 177Lu、 212Pb	7.68E-02				
	注药动物 饲养 间	18F、11C、 68Ga、 64Cu、124I、 89Zr、 99mTc、111In	2.22	3.63			
		225Ac、 223Ra、 161Tb	6.46E-01				
		131I、 177Lu、 212Pb	7.68E-01				
	距下方地面 170cm 处 (负二层柴油发电 房、通道等)	实验室	18F、11C、 68Ga、 64Cu、124I、 89Zr、 99mTc、111In	2.25E-02	2.26E-02	2.26E-02	
225Ac、 223Ra、 161Tb			5.59E-05				
131I、 177Lu、 212Pb			7.78E-03				
通风柜		18F、11C、 68Ga、 64Cu、124I、 89Zr、 99mTc、111In	2.12E-02	2.13E-02	2.13E-02		
		225Ac、 223Ra、 161Tb	5.59E-05				
		131I、 177Lu、 212Pb	1.92E-03				

	小动物 PET/CT... 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.25E-0 2	2.90E-0 2	2.90E-02		
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6.54E-0 3				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7.78E-03				
	注药动 物饲养 间	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.25E-0 1	3.68E-01			
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	6.54E-0 2				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7.78E-0 2				
顶部外 30cm (一楼大厅)	实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.06E-0 2	2.66E-0 2	2.66E-02	4.10E-0 1	2.5
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	5.99E-0 3				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7.11E-03				
	通风柜	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.94E-0 2	1.95E-0 2	1.95E-02		
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	5.11E-05				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.75E-03				
	小动物 PET/CT... 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.06E-0 2	2.66E-0 2	2.66E-02		
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	5.99E-0 3				

		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7. 11E-03				
	注药动物饲养间	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	2.06E-01	3.37E-01			
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	5.99E-02				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7. 11E-02				
顶部外 1m (一楼大厅)	实验室	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.55E-02	2.00E-02	2.00E-02	3.09E-01	2.5
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	4.51E-03				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	5.36E-03				
	通风柜	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.46E-02	1.46E-02	1.46E-02		
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	3.85E-05				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	1.32E-03				
	小动物PET/CT... 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.55E-02	2.00E-02	2.00E-02		
		²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	4.51E-03				
		¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	5.36E-03				
	注药动物饲养间	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	1.55E-01	2.54E-01			

			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	$4.51\text{E-}02$			
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	$5.36\text{E-}02$			
分装操作人员	穿戴铅衣	小分装热室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	1.15E-01		/	
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.51E-06		/	
	无铅衣		^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	1.19E-01		/	
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.79E-06		/	
注射操作人员、解剖操作人员	穿戴铅衣	通风柜	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	2.07	2.08	/	
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	8.70E-03			
	无铅衣		^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	3.40E-01		/	
			^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	2.15	2.16	/	
			^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	1.14E-02			
			^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	3.77E-01		/	
摆位人员、注药动物转移	穿戴铅衣	小动物PET/CT机房、注	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、	21.12（ ^{11}C 的计算值）		26.78	/

以及动物尸体收集转移人员		药实验动物	⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In			
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	5.66（ ²²³ Ra 的计算值）		
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	7.65（ ¹³¹ I 的计算值）		/
	无铅衣		¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	22.63（ ¹¹ C 的计算值）	30.06	/
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	7.43（ ²²³ Ra 的计算值）		
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	8.50（ ¹³¹ I 的计算值）		/

注药动物观察及饲养人员	穿戴铅衣	注药实验动物、注药动物饲养间	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	211.16（ ¹¹ C 的计算值）	344.29	/
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	56.60（ ²²³ Ra 的计算值）		
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	76.53（ ¹³¹ I 的计算值）		
	无铅衣		¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In	226.33（ ¹¹ C 的计算值）	385.65	/
			²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb	74.35（ ²²³ Ra 的计算值）		
			¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	84.97（ ¹³¹ I 的计算值）		

备注： 1、摆位人员、注药动物转移人员受照剂量率的计算：人员与注药动物的距离 0.3m，并根据涉及到的各核素的参数进行计算选取最大值作为本次环评人员受照剂量率；
2、注药动物观察及饲养人员受照剂量率的计算：人员与注药动物的距离0.3m，并根据涉及到的各核素的参数进行计算选取最大值作为本次环评人员受照剂量率。

由表 11-7 以及表 11-10 估算结果可知：本项目非密封放射性物质工作场所控制区边界屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率最大为 9.34E-01μSv/h，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）控制区边界 30cm 处辐射剂量率不超过 2.5 μ Sv/h 的限值要求；通风柜、小分装热室表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率最大为 2.24μSv/h，满足《核医学辐射防护与

安全要求》（HJ 1188-2021）中“放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等设备应设有屏蔽结构，以保证设备外表面 30cm 处人员操作位的周围剂量当量率小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求，通风柜侧表面 30cm 处周围剂量当量率最大为 2.15 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中“放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面的周围剂量当量率小于 25 $\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求；屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域边界屏蔽体外 30cm 处的辐射剂量率最大为 4.41 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）“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 10 $\mu\text{Sv/h}$ ”的限值要求。根据计算，医院对分子影像重点实验室辐射工作场所的屏蔽设计可行。

2、辐射场所致职业人员、公众的附加年有效剂量

由于分子影像重点实验室内操作人员是在穿戴铅衣、铅围脖等防护用品的条件下进行核素操作，故操作人员所受辐射剂量估算参照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）中外照射个人监测剂量评价方法“6.2.4 佩戴铅围裙内、外两个剂量计时，宜采用式 11-8 估算有效剂量”。

$$E=\alpha H_u+\beta H_o \quad (\text{式 } 11-8)$$

式中：

E—有效剂量中的外照射分量，单位为毫希沃特（mSv）；

α —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.79，无屏蔽时，取 0.84；

H_u —铅围裙内佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特（mSv）；

β —系数，有甲状腺屏蔽时，取 0.051，无屏蔽时，取 0.100；

H_o —铅围裙外锁骨对应的衣领位置佩戴的个人剂量计测得的 $H_p(10)$ ，单位为毫希沃特（mSv）。

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下式计算：

$$H=D_r \times t \times k \times T/1000 \quad (\text{式 } 11-9)$$

式中：

H—外照射附加年有效剂量，mSv；

D_r —外照射附加剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t—年照射时间，h；

T—居留因子，参照表 11-9；

k—剂量换算系数，取 1。

表 11-11 停留因子的选取

场所	居留因子(T_f)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的候诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2- 1/5	1/2: 相邻的治疗室、与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、雇员休息室、职员休息室
偶然停留	1/16	1/8- 1/40	1/8: 各治疗室房门 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车辆的户外区域、无人看管的停车场, 车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人看管的电梯

根据建设单位提供的资料, 本项目 PET/SPECT/CT 显像诊断研究的例数最大为 1000 例/年 (含使用 ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 药物), 同时进行肿瘤治疗研究及 PET/SPECT/CT 显像诊断研究的例数最大为 180 例/年 (含使用 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb 药物), 仅进行肿瘤治疗研究的例数最大为 180 例/年 (含使用 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{90}Y 药物)。根据前文表 11-7、表 11-10 的计算结果以及建设单位提供的信息, ^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 每天分装时间约为 10 分钟, ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 每天分装时间约为 10 分钟, 一年工作 250 天, 年分装时间分别均为 41.7 小时; 注射操作人员每例次注射时间约为 30 秒, 年注射实验动物 1360 例, 年注射时间为 11.3 小时, 解剖操作人员每例次解剖时间约为 3min, 年解剖实验动物 1360 例, 年解剖时间为 68 小时; 注射后候诊时间平均为 60 分钟, 通风柜最大容纳均为 2 名注射药实验动物进行候诊, 根据动态扫描 (5%) 与静态扫描 (95%) 实验动物的数量比例, 则注药实验动物在通风柜候诊时间为 $60 \times 1360 \times 95\% \div 2 = 38760$ 分钟 (646 小时); 动物 PET/SPECT/CT 单例次静态扫描时间平均为 30min, 动态扫描时间平均为 75min, 则年静态扫描时间为 $30 \times 1360 \times 95\% = 38760$ 分钟 (646 小时), 年动态扫描时间为 $75 \times 1360 \times 5\% = 5100$ 分钟 (85 小时), 总的年扫描时间为 $646\text{h} + 85\text{h} = 731\text{h}$; 摆位操作人员每例次摆位时间约为 0.5 分钟, 年摆位 1360 例次, 年摆位时间为 11.3 小时; 注药实验动物单例次搬运平均 1.0min, 则年搬运时间为 $1.0 \times 1360 = 1360$ 分钟 (22.7 小时); 注射动物饲养间单批次显像诊断研究的注药动物饲养时间为 1d, 肿瘤治疗研究的注药动物观察、饲养时间约为 5d, 按照日工作时间 (8h) 进行计算, 则注射显像诊断放射性核素的动物年饲养时间为 $1 \times 8 \times (1000) / 10 = 800$ 小时, 注射肿瘤治疗研究放射性核素的动物年饲养时间为 $5 \times 8 \times 360 / 10 = 1440$ 小时; 注药实验动物饲养每日观察/喂养 3 次, 单次观察/喂养接触时间约 2min, 则年观察/饲养接触时间约 $1360 \text{ 只/年} \div 10 \text{ 只/d} \times 3 \text{ 次/d} \times 2\text{min/次} \div$

60min/h= 13.6h。

注药实验动物粪便清理人员需要对饲养笼下方设置吸水纸进行处理，单例次清理时间为1min/次，则年清理时间为 $1 \times 1360 = 1360\text{min}$ （22.7h），残留量为每日的最大用量的1%，清理人员与接盘的距离约0.3m；分子影像重点实验室产生的放射性固体废物（不含注药动物尸体）次日收集转移至固废间，每次转移时间1min/次，则放射性固体废物年转移时间为：4.2h，衰变时间为13h，残留量为每日的最大用量的1%，收集转移人员与收集袋的距离约0.2m；分子影像重点实验室产生的注药动物尸体当日产生、当日收集转移至固废间，每只转移时间1min/次，则注药动物尸体年转移时间为： $1 \times 1360 = 1360\text{min}$ （22.7h），收集转移人员与收集袋的距离约0.3m。经过一段时间的衰变后的放射性活度计算公式如下所示：

$$A = A_0 e^{(-0.693t/T_{1/2})} \quad (\text{式11-10})$$

式中：A—放射性核素经过一段时间衰变后的放射性活度，Ci；
 A_0 —放射性核素的初始放射性活度，Ci；
t—衰变时间；
 $T_{1/2}$ —放射性核素半衰期。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中“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”的要求以及式11-8～式11-10可得分子影像重点实验室辐射工作场所工作人员及公众的年有效剂量估算结果，详见表11-12，分子影像重点实验室辐射工作场所内核素操作人员附加年有效剂量评价结果见表11-13，本次计算只选取职业人员以及公众人员可能逗留的区域进行有效剂量的估算。

表 11-12 分子影像重点实验室辐射工作场所工作人员及公众人员年有效剂量估算结果表

参考点环 保目标名 称	辐射源 位置	核素名称	辐射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	时间 h)(	居留 因子	年有效剂量 (mSv/a)		剂量限值 (mSv/a)
F（分子影 像重 点 实 验室东 侧 过道公众）	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.40E-01	22.7（保 守参照转 移时间）	1/4	1.36E-03		0.1
E（分子影 像重 点 实 验室南 侧 通道公众）	注药动 物饲养 间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	4.23E-02	800	1/4	8.46E-03	8.46E-0 3	0.1
		^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb 、 ^{225}Ac 、	1.01E-05	1440	1/4	3.64E-06		

			^{223}Ra 、 ^{161}Tb						
D（分子影像重点实验室缓冲间非辐射工作人员）	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	3.75E-01	22.7（保守参照转移时间）	1/16	5.32E-04	2.55E-0 ₃	0.1	
	注药动物饲养间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	4.23E-02	800	1/16	2.12E-03			
		^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb	1.01E-05	1440	1/16	9.09E-07			
C（分子影像重点实验室西侧楼梯间、前室非辐射工作人员）	小动物PET/CT机房	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	5.26E-02	731	1/16	2.40E-03	2.99E-0 ₃	0.1	
	实验室		2.25E-01	22.7（保守参照转移时间）		3.19E-04			
	通风柜		6.72E-03	646	1/16	2.71E-04			
B（操作室动物PET/SPECT/CT操作人员及机房内摆位人员）	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	6.91E-01	22.7（保守参照转移时间）	1	1.57E-02	1.98E-0 ₁	/	
			1.77	22.7（保守参照转移时间）	1/8	5.02E-03			
	小动物PET/CT机房		2.43E-01	731	1	1.78E-01			
	摆位（穿戴铅衣）		26.78	11.3	1	H _u ：3.03E-01			
	摆位（无铅衣）		30.06	11.3	1	H _o ：3.40E-01			
负二层柴油发电机房、通道等	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.26E-02	22.7（保守参照转移时间）	1/16	3.21E-05	2.05E-0 ₂	0.1	
	通风柜	^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.13E-02	646	1/16	8.60E-04			
		小动物PET/CT.机房		2.90E-02	731	1/16			
	注药动物饲养间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In	2.25E-01	800	1/16	1.13E-02			
		^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	7.78E-02	1440	1/16	7.00E-03			

一楼大厅	实验室	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.00E-02	22.7（保守参照转移时间）	1/4	1.14E-04	$5.64\text{E}-0_2$	0.1
	通风柜	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	1.46E-02	646	1/4	2.36E-03		
	小动物PET/CT机房	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.00E-02	731	1/4	3.66E-03		
	注药动物饲养间	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	1.55E-01	800	1/4	3.10E-02		
		^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	5.36E-02	1440	1/4	1.93E-02		
G、H（分装、注射、解剖操作人员）	小分装热室（穿戴铅衣）	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	1.15E-01	41.7	1	4.80E-03	H_0 ：1.22	/
		^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.51E-06	41.7	1	1.05E-07		
	通风柜（穿戴铅衣）	2.08	79.3（解剖 68h+注射 11.3h）	1	1.65E-01			
	固废清理（穿戴铅衣）	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	105.84（ ^{124}I 的计算值 83.94+ ^{223}Ra 的计算值 21.90）	4.2	1	4.45E-01		
		动物尸体清理（穿戴铅衣）	26.78	22.7	1	6.08E-01		
	小分装热室（无铅衣）	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	1.19E-01	41.7	1	4.96E-03	H_0 ：1.34	
		^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.79E-06	41.7	1	1.16E-07		
	通风柜（无铅衣）	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	2.16	79.3（解剖 68h+注射 11.3h）	1	1.71E-01		
	固废清理（无铅衣）	^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb	115.94（ ^{124}I 的计算值 87.17+ ^{223}Ra 的计	4.2	1	4.87E-01		
		^{18}F 、 ^{11}C 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{124}I 、 ^{89}Zr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{212}Pb						

			算值 28.77)				
	动物尸体清理 (无铅衣)		30.06	22.7	1	6.82E-01	
	小动物 PET/CT 机房	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	2.83E-01	731	1/4	5.17E-02	
注药实验 动物转移 人员	搬运 (穿戴 铅衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	26.78	22.7	1	H _u ：6.08E-01	/
	搬运 (无铅 衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	30.06	22.7	1	H _o ：6.82E-01	
注药动物 观察/饲养 人员	观察/饲养(穿戴铅衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	344.29	13.6	1	H _u ：4.68	/
	观察/饲养(无铅衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	385.65	13.6	1	H _o ：5.24	
注药实验 动物排泄 物清理人 员	排泄物清理(穿戴铅衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	4.63 (⁶⁸ Ga 的计算值 4.40+ ²²³ Ra 的计算值 0.23)	22.7	1	H _u ：1.05E-01	/
	排泄物清理(无铅衣)	¹⁸ F、 ¹¹ C、 ⁶⁸ Ga、 ⁶⁴ Cu、 ¹²⁴ I、 ⁸⁹ Zr、 ^{99m} Tc、 ¹¹¹ In、 ²²⁵ Ac、 ²²³ Ra、 ¹⁶¹ Tb、 ¹³¹ I、 ¹⁷⁷ Lu、 ²¹² Pb	5.02 (⁶⁸ Ga 的计算值 4.72+ ²²³ Ra 的计算值 0.30)	22.7	1	H _o ：1.14E-01	
备注：注药实验动物排泄物清理人员、废物清理人员所受的辐射剂量率：根据涉及到的各核素的参数以及公式 11- 1～式 11-3 进行计算，并选取最大值作为本次环评人员受照剂量率进行年有效剂量的计算。							
表 11-13 分子影像重点实验室辐射工作场所内核素操作人员附加年有效剂量评价结果							
人员类别	α	β	H _u (mSv/a)	H _o (mSv/a)	E (mSv/a)		辐射剂量 约束值
分子影像重点实验室 动物 PET/SPECT/CT 操作及摆位人员	0.79	0.051	3.03E-01	3.40E-01	2.57E-01	5.05E-01	5
	/	/	/	/	1.98E-01		
	/	/	/	/	2023 年 个人剂量 监测结果 0.05:		

分子影像重点实验室 分装、注射、解剖操作、 废物转移、注药动物转 移等人员	0.79	0.051	1.22	1.34	1.03	1.68	5
	0.79	0.051	6.08E-01	6.82E-01	5.15E-01		
	/	/	/	/	5.17E-02		
	/	/	/	/	2023 年 个人剂量 监测结果 0.08:		
分子影像重点实验室 注药实验动物观察/饲 养、实验动物排泄物清 理人员	0.79	0.051	4.68	5.24	3.96	4.05	5
	0.79	0.051	1.05E-01	1.14E-01	8.88E-02		

备注：以分子影像重点实验室动物 PET/SPECT/CT 操作及摆位人员（职业人员）所受的附加年有效剂量的计算为例， $E = \alpha \times H_{\alpha} + \beta \times H_{\beta} = 0.79 \times 3.03E-01 \text{mSv/a} + 0.051 \times 3.40E-01 \text{mSv/a} = 2.57E-01 \text{mSv/a}$ 。

根据表 11-12、表 11-13 中分子影像重点实验室工作人员及公众人员受照剂量的估算可知，本项目运行后分子影像重点实验室辐射工作人员受到的附加年有效剂量最大为 4.05mSv/a，公众成员受到的附加年有效剂量最大为 5.64E-02mSv/a，满足项目辐射剂量约束值（职业人员年有效剂量不超过 5mSv/a，公众年有效剂量不超过 0.1mSv/a）要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。对于表 7-1 中所列其他环境保护目标，由于与本项目的距离更远，考虑 γ 射线随着与射线源的距离增大能量呈递减趋势，因此，其他环境保护目标处受照射剂量均不超过 0.1mSv/a。因此本项目分子影像重点实验室建设项目投入使用后对评价范围内环境保护目标环境的影响满足评价标准要求。

3、 β 辐射环境影响分析

本项目分子影像重点实验室涉及使用的核素衰变过程中会有 β 粒子，根据公式11-4，可计算各核素衰变产生的 β 粒子在不同屏蔽物质中的最大射程，见下表。

表11-14 各核素 β 射线在不同屏蔽材料中理论最大射程

核素	β 射线能量 (MeV)	空气密度 (g/cm ³)	空气中的 射程(cm)	砖墙密度 (g/cm ³)	砖墙中的 射程(cm)	铅玻璃密 度(g/cm ³)	铅玻璃中的射 程(cm)
¹⁸ F	0.250	1.29× 10 ⁻³	96.9	1.65	0.08	7.36	0.017
¹²⁴ I	0.9736	1.29× 10 ⁻³	377.9	1.65	0.30	7.36	0.066
⁶⁸ Ga	0.836	1.29× 10 ⁻³	324.0	1.65	0.25	7.36	0.057
⁶⁴ Cu	0.278	1.29× 10 ⁻³	107.8	1.65	0.08	7.36	0.019
⁸⁹ Zr	0.396	1.29× 10 ⁻³	153.5	1.65	0.12	7.36	0.027
¹¹ C	0.386	1.29× 10 ⁻³	149.6	1.65	0.12	7.36	0.027

^{99m}Tc	0.102	1.29×10^{-3}	39.5	1.65	0.03	7.36	0.007
^{131}I	0.602	1.29×10^{-3}	233.3	1.65	0.18	7.36	0.041
^{177}Lu	0.498	1.29×10^{-3}	193.0	1.65	0.15	7.36	0.034
^{90}Y	2.280	1.29×10^{-3}	883.7	1.65	0.69	7.36	0.155
^{161}Tb	0.589	1.29×10^{-3}	228.3	1.65	0.18	7.36	0.040
^{212}Pb	0.590	1.29×10^{-3}	228.7	1.65	0.18	7.36	0.040

综上所述，本项目涉及使用的核素在整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，同时在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mmPb 当量的防护铅服，且公众与放射性核素之间还采取了距离隔离措施，因此 β 射线对职业人员和公众辐射影响是很小的。

4、 α 射线辐射影响分析

本项目涉及使用的 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 核素衰变过程中会产生 α 粒子， α 射线能量分别为 5.830MeV、5.716MeV，根据《辐射防护手册》（第三分册，P21）中“表 2.7 α 粒子在空气、生物组织及铝中射程”，本项目 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 核素衰变过程中产生的 α 粒子在空气中射程均约为 4.4cm，在生物组织中射程均约为 53 μm ，在铝中射程均约为 28 μm 。 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 核素在整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 α 射线，同时在整个使用过程中职业人员还穿戴有 0.5mmPb 当量的防护铅服，且公众与放射性核素之间还采取了距离隔离措施，因此 α 射线对职业人员和公众辐射影响是很小的。

11.2.3 废气环境影响分析

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所设计了排风系统，各功能用房均设计有通风口，排风管汇流至一层 PET 中心放射性核素排风井内，由风机独立排至第四住院楼楼顶，经活性炭吸附后排放，本项目排风井为沿用一层 PET 中心排风井，由于本项目各核素的使用量较低，且不与其他非放射性排风管道共用，各自排放，分子影像重点实验室在通风系统中对气态污染物采用以下措施：

（1）换气次数及排气口位置设置：工作场所及设备间有足够的换气次数，以保证人员进入和设备正常运行的环境条件。药物分装在小分装热室中完成，注射过程在通风柜中完成，小分装热室、通风柜均设有抽风系统，风速不小于 0.5m/s，废气通过独立的排风管道接至一层 PET 中心放射性排风井内，后经排风井内管道至第四住院楼楼顶，经活性炭吸附后排放，且尽量远离了周围高层建筑，满足《核医学辐射防护与安全要求》HJ 1188-2021 中对通风设施排气口的规定。

（2）空气流向：本项目非密封放射性物质工作场所按照高活性区、低活性区分开设置

排风系统，各排风管道安装独立机械排风装置，排风口安装大功率排风机。每路排风管道进入风井前均拟设置止回阀，各直管均设置防倒灌装置，避免废气倒灌和泄露。通风气流设计为非放射性区域气压>监督区气压>控制区气压，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

(3) 排风管道：本项目共计使用 2 套排风系统，各路径排风管道汇入专用排风井后直达第四住院楼楼顶，气体经过过滤系统过滤后排出室外。

(4) 吸附装置：上述排风系统管道均保持负压状态，高效空气过滤器和活性炭过滤器对放射性核素的去处效率不低于 90%，活性炭吸附装置内的活性炭每半年更换一次，保障吸附装置的有效性，确保非密封放射性物质工作场所含放射性废气满足相应标准的要求。室内管道更换的活性炭可作为临时性固体废物，暂存至本项目放射性固体废物暂存间（固废间），当满足清洁解控时再按照医疗废物处理，楼顶更换的活性炭可作为临时性固体废物，暂存至一层 PET 中心放射性固体废物暂存间（固废间）。项目依托的一层 PET 中心排风井的处置能够满足本项目的排风管道的布置要求，经过处置后，项目的放射性核素气体对环境的影响较小。

11.2.4 固体废物环境影响分析

11.2.4.1 放射性固体废物

分子影像重点实验室辐射工作场所产生的放射性固体废物主要是一次性注射器、棉签、擦拭纸、一次性口罩、试剂瓶、一次性防护服、接收注药实验动物排泄物用的吸水纸以及实验中可能会产生的实验动物尸体、器官等，废物中主要含有放射性核素 ^{18}F 、 ^{124}I 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 、 ^{131}I 、 ^{177}Lu 、 ^{90}Y 、 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb ，年产生量约 626kg，其中实验动物尸体、器官年产生量约 272kg。医院采用专门固废收集桶分类收集后，按核素分类转至放射性固体废物暂存间（固废间）暂存衰变，含放射性的实验动物尸体、器官装入废物袋置于铅罐中，然后连同铅罐放入固废间专用冰柜中暂存衰变。含 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{64}Cu 、 ^{11}C 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{212}Pb 的放射性固体废物暂存超过 30 天，待其衰变时间满足以上要求后，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，由有资质单位统一回收处理，不外排；含 ^{124}I 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（41.8 天），含 ^{89}Zr 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（32.7 天），含 ^{111}In 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（28 天），含 ^{177}Lu 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（66.5 天），含 ^{90}Y 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（26.7 天），含 ^{225}Ac 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（99.2 天），

含 ^{223}Ra 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（114.3 天），含 ^{161}Tb 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期（68.9 天），含 ^{131}I 的放射性固体废物暂存超过 180 天，对于可能涉及到两种核素的放射性固体废物，按照核素半衰期较长的时间要求进行暂存，待其衰变时间满足以上要求后，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，由有资质单位统一回收处理，不外排，其中注药动物尸体、器官达到清洁解控水平后按照医院对于一般实验动物尸体的处理流程进行处理；更换下的活性炭过滤器产生量为 10kg/a ，于分子影像重点实验室固废间衰变贮存超过 180 天后，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。

在废物袋转移时，对废物袋的转移路径临时进行管控，在确保转移路径上没有人员后，方可进行废物袋的转移操作。本项目建设的放射性固体废物暂存间（固废间）钥匙由两人分别保管，实行双人双锁管理，并于实验室内设置视频监控，可实时监控固废间的情况，并纳入医院保卫科的安全监控网络，方便值班人员实现 24 小时实时监控。

经分析，上述措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于固体放射性废物处理的管理要求，项目运行期放射性废物按要求进行收集、暂存和处理后不会对环境造成影响。

11.2.4.2 非放射性固体废物

本项目的非放射性固体废物主要为工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

本项目产生的固体废物经上述措施处理后对周围环境影响较小。

11.2.5 废水环境影响分析

11.2.5.1 放射性废水对环境的影响分析

1、废水收集处理措施及衰变池容量可行性分析

遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室废水产生量约 $0.35\text{m}^3/\text{周}$ ，经核算分子影像重点实验室经 180 天（以核素 ^{131}I 进行计算）产生的废水量约为 9.0m^3 （ $31.92\text{m}^3=0.35\text{m}^3/\text{周}\div 5\text{d}/\text{周}\times 180\text{d}\div 7\text{d}/\text{周}\times 5\text{d}/\text{周}$ ）。设置放射性废水衰变系统：设 2 个容积均为 10.5m^3 的衰变池，并联结构，单座衰变池可接收单座衰变池可接受 30 周（ $30\text{周}=10.5\text{m}^3\div 0.35\text{m}^3/\text{周}$ ）的废水，废水在其中停留时间超过 210 天（ $210\text{天}=1\times 10.5\text{m}^3\div 0.35\text{m}^3/\text{周}\times 7\text{d}/\text{周}$ ），符合含 ^{131}I 核素的放射性废水贮存衰变不低于 180 天的要求，能够满足衰变池容积的要求。建设单位拟为本项目设置了专用的放射性废水收集措施，主要是在缓冲间（淋浴）、实验室内洗手池、拖布池

设置专用的排水系统，直接进入衰变池进行衰变处理，本项目的排水管道布置详见附图 6，对于裸露的排水管道采取 4mmPb 的铅皮进行包裹处理，确保排水管道表面 30cm 处周围剂量当量率不超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求，并粘贴排水管道的走向标识。

2、衰变池放射性废水监测

本项目衰变池设置便利取样口，以便废水取样监测，项目建设投入使用后，分子影像重点实验室放射性废水经有资质的检测单位检测合格（废水中总 α 不大于 1 Bq/L 、总 β 不大于 10 Bq/L 、碘-131 的放射性活度浓度不大于 10 Bq/L ）后，经生态环境部门同意排放后进入医院污水处理站作进一步处理后外排。

11.2.5.2 非放射性废水对环境的影响分析

本项目分子影像重点实验室产生的非放射性废水主要由与本项目相关辐射人员产生的少量生活污水，并依托医院的污水处理设施处置。

11.2.6 声环境影响分析

本项目分子影像重点实验室辐射工作场所的风机工作时会产生一定的噪声，通排风管道连接处采用石棉板垫片进行减振降噪，同时所有通风设备均采用低噪声设备噪声经机房隔声和距离衰减后噪声值较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 潜在辐射事故

- （1）射线装置机房门一灯联锁失效或操作人员失误，人员误入机房，造成误照射。
- （2）由于管理不善，发生放射性药物失窃、被盗，散落的放射性药物对周围活动人员产生照射。
- （3）在转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄露，造成操作台面、地面辐射污染。
- （4）工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。
- （5）放射性废水或放射性固废衰变时间不够，未达到解控水平或排放标准即进行处理，放射性废物如果管理不善，随处堆放、散落，将造成周围环境的放射性污染，并且会扩散到空气中进入人体而造成内照射。
- （6）工作场所发生火灾、爆炸等造成放射性药物泄露。

事故情景假设

I、非密封放射性物质泄漏

①判定因子：环境剂量率

a、假设放射性核素分装过程中导致放射性药物试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物分装过程中造成放射性药物泄漏或丢失，以 ^{18}F 泄漏或丢失为例，泄漏量为 3mCi；因此，本项目事故计算以 ^{18}F （泄漏量 3mCi）计算；

b、若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；

c、受照人员不考虑任何屏蔽措施；

d、事故持续最长时间为 2h；

分别计算距放射源 0.1m、0.2m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m、10m、12.6m 处的剂量率。

计算结果见表 11-15。

表 11-15 核素丢失事故下不同距离处个人有效剂量分布

距源距离(m)	^{18}F 丢失或泄露事故持续时段的 γ 射线剂量率(mSv/h)	周围人员受照剂量(mSv/次)
0.1	1.48E+00	2.96
0.2	3.70E-01	0.74
0.5	5.92E-02	0.118
1.0	1.48E-02	0.0296
2.0	3.70E-03	0.0074
5.0	5.92E-04	0.0012
10.0	1.48E-04	0.0003
12.6	9.33E-05	0.0002

根据《贵州省辐射事故应急预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成气态放射性物质的释放量小于 $5.0\text{E}+11\text{Bq}$ 的 ^{131}I 当量，或者事故造成小于 500m^2 范围的环境剂量率达到或超过 0.1mSv/h ，或者 β/γ 沉积水平达到或超过 1000Bq/cm^2 ，或者 α 沉积活度达到或超过 100Bq/cm^2 以及放射性物质泄漏，造成医院内或设施内局部辐射污染后果。结合表 11-15 可知，本项目为一般辐射事故。

②判定因子：事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量(以 Sr-90 当量为标准)

A、查 GB18871-2002 得：公众人员食入 ^{18}F 所致待积有效剂量 $e(g)=4.9\text{E}-11\text{Sv/Bq}$ ，公众人员食入 ^{90}Sr 所致待积有效剂量 $e(g)=2.8\text{E}-08\text{Sv/Bq}$ 。

B、本项目事故计算以 ^{18}F （泄漏量 3mCi）计算。

C、释放当量转换：

核素 ^{18}F 事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量 $=3\text{mCi} \times 3.7 \times 10^7$

$\text{Bq/mCi} \times e(g)_{\text{F-18}} / e(g)_{\text{Sr-90}} = 6.34 \times 10^7 \text{Bq}$ 。

根据《贵州省辐射事故应急预案》中“一般辐射事故”规定：事故造成水环境污染时放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+11\text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量时为一般辐射事故；事故造成地表、土壤污染时放射性物质的释放量小于 $1.0\text{E}+12\text{Bq}$ 的 ^{90}Sr 当量时为一般辐射事故；根据上述计算，本项目发生辐射事故，各核素事故造成水环境、地表、土壤污染时放射性物质的释放量均小于上述限值，为一般辐射事故。

综上，本项目放射性药物操作过程中发生辐射事故时，为一般辐射事故。

11.3.2 辐射事故预防措施

对前述本项目可能发生的事故情况，建设单位已成立了辐射安全管理委员会，负责有关正常工作条件的保障及解决放射实践中出现的各种防护问题。并制定应急预案、辐射安全管理制度、辐射工作人员剂量管理制度、安全操作规程、岗位职责、监测计划和培训制度。此外，为了防止辐射事故发生，还采取了多种防范措施：

（1）定期开展安全装置与设施检查，保证门-灯联锁装置有效。制定并落实操作规范，工作人员定期培训。

（2）做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

（3）制定并落实放射性核素安全管理制度，设专人负责，做好核素的领取、使用登记工作，确保放射性药物的安全。应设置防盗门、防盗窗及报警装置等设施，做好防盗工作。

（4）制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，配备必要的防护用品，减少药物操作和转移过程中洒漏事故发生。

（5）加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确配备的防护用品（铅衣、铅防护手套、铅橡胶围裙、铅围脖、铅防护眼镜等）及存放位置。

（6）加强对注药实验动物的管理，在不影响诊断、治疗研究的情况下，合理安排其用药量，经过在注药动物饲养间饲养一段时间，经检测满足转移条件后方可转移至普通饲养间饲养。

（7）放射性性固体废物衰变箱外应标注内含核素种类、封存时间。医院应加强放射性废水和固废排放处理管理，按照 HJ 1188-2021 标准要求的衰变时间停留衰变，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

（8）药品的分装在小分装热室内进行，注射在通风柜中进行，当发生事故时及时处理。事故处理过程中会产生少量含放射性的固废和清洗废水，废水经排水管道进入衰变池处理系统。

以上的各种安全装置和防范措施，符合了国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中规定的要求。有了以上安全防范设施、加上人员的正确操作和认真执行各种安全规章制度，即可减少或避免人员误入和超剂量照射事故的发生，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

11.3.3 辐射事故应急处理措施

发生辐射事故时，应立即启动应急预案，采取的应急处理措施如下：

（1）由于操作不慎，有少量液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边缘向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面污染监测仪监测污染区，如果 α 表面污染大于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到控制标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区 α 表面污染小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ， β 表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。

（2）因不慎造成放射性药物大面积污染地面或台面是，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。

（3）若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向有关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性药物。在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性药物丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

（4）放射性废物处置或管理不当造成污染时，立即划定警戒区，并设置放射性污染标识，限制无关人员靠近，由专业人员处理，经监测满足解控要求后再解除警戒。

建设单位对于辐射事故应进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

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

按照国务院令第 449 号《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与防护管理办法》及生态环境主管部门的要求，遵义医科大学附属医院成立了由法人为负责人的辐射安全管理委员会，包括主任委员 1 名、副主任委员 3 名、成员 17 名，负责对辐射防护相关工作进行控制和管理，辐射安全管理委员会具体组成见下表。

表 12-1 辐射安全管理委员会成员一览表

序号	职务	人员
1	主任委员	余昌胤
2	副主任委员	张体江、魏在荣、杨智
3	成员	李成明、张骏、杨邦辉、廖荣容、鄂泽松、彭箭宸、赵然尊、石荣书、邓呈亮、王攀、姚声涛、张绍基、刘达兴、敖俊、李邦国、谢睿、杨小红

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021）修订》，生态环境部令第 3 号第十六条要求：“使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”。从遵义医科大学附属医院目前配置的辐射安全管理委员会信息看，辐射安全管理委员会成员有一定的管理能力，本项目开展后，遵义医科大学附属医院的管理人员也能满足配置要求，辐射安全与环境保护管理机构的设置合理。

遵义医科大学附属医院设置的辐射安全管理委员会职责包括：负责落实医院辐射管理规定，定期以书面形式汇报医院辐射安全状况；组织制定并落实放射诊疗和放射防护管理制度；定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；负责全院放射工作人员的个人放射剂量监测元件的收集、送检、更换和发放；监督医院放射人员放射剂量监测元件的佩戴情况；负责放射警示标志的完整和维护；制定辐射事件应急预案，记录医院发生的辐射事件并及时向生态环境和卫生行政部门报告。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021）修订》，环境保护部令第 3 号第十六条要求：“辐射安全管理机构成员和辐射工作人员均需参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，并通过考核”。遵义医科大学附属医院现有

部分辐射工作人员未参加贵州省生态环境厅组织的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，医院应及时安排相关的辐射工作人员（包括本次拟新聘的工作人员）尽快参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训及考核，做到持证上岗，辐射安全与防护知识培训合格证书见附件 4。医院应每五年组织一次复训及考核，并按照《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）的要求在网上进行辐射安全与防护知识及相关法律法规的自主培训，然后报名参与考核。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号)、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部令第 18 号)中的有关要求，使用射线装置及生产、使用放射性同位素的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、设备台账登记制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急预案；产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放可行的处理方案；使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划。

建设单位已根据相关标准要求制定了《辐射、放射设备维修制度》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射安全管理规定》、《辐射工作人员培训计划》、《射线装置安全操作规程》、《核医学影像检查规程》、《岗位职责》、《放射性同位素订购、领取、保管、使用制度》、《放射源及射线装置台账管理制度》、《设备质量保证大纲及质量控制计划》、《辐射安全事故应急预案》等制度，同时按照相关要求在工作场所粘贴上墙，医院还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性，现对各项制度提出相应的建议如下：

操作规程：明确分子影像重点实验室辐射工作场所辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及具体操作步骤。重点是：①根据各核素的使用情况，确保开展辐射工作时所有辐射屏蔽措施均已到位，严格按照规定操作流程操作，防止发生辐射事故；②从事辐射工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪；③根据不同核素的使用情况明确各项工作的操作要求，尤其是分装注射工作人员、注药动物观察/饲

养、注药实验动物排泄物清理、注药实验动物转移工作具体的辐射安全操作规程。

辐射防护和安全保卫制度：根据分子影像重点实验室辐射工作场所操作的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度。重点是：①定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态；②工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

台账登记制度：建立非密封放射性物质以及射线装置的台账管理制度，放射性核素交接制度，重点是：分子影像重点实验室使用的射线装置及放射性同位素的使用情况等由专人负责登记、专人形成台帐、每月核对，确保使用情况与登记相符。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训、考核。

监测方案：明确监测频次和监测项目。监测结果定期上报环境保护行政主管部门。为了确保本项目辐射工作场所的辐射安全，该单位应制定监测方案，重点是：①配备辐射监测仪器，用于辐射工作场所定期自行检测；②为本项目分子影像重点实验室辐射工作场所配备 3 台个人剂量报警仪，定期开展放射性监测工作；③为本项目辐射工作人员配备 1 台 α 、 β 表面污染测量仪，项目工作人员在进行核素操作、解剖、清洁、实验动物排泄物清理完成后，要进行 β 表面污染监测，确保人员不受污染，方可离开辐射工作场所；④辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量、职业健康检查档案；⑤委托有资质监测单位对本项目的辐射工作场所的安全和防护状况进行年度检测，每年 1 月 31 日前在全国辐射安全申报系统向生态环境部门提交上一年度的评估报告，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

岗位职责：明确分子影像重点实验室辐射工作场所操作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任。

质量保证大纲和质量控制检测计划：明确放射设备（动物 PET/SPECT/CT）的质量控制检测项目，制定质量保证大纲，建设单位拟为本项目配备 1 台活度计，发现设备不能满足质控要求时，应及时委托设备厂家进行维修、调试。

实验对象管理：明确注药前、注药后实验动物的分区饲养管理要求（不交叉饲养），明确注药实验动物出辐射工作场所的具体要求，确保实验动物体表 1m 处的剂量率低于

2.5 μ Sv/h 后方可转移至普通饲养间。

综上所述，建设单位在落实上述制度后，能够确保分子影像重点实验室辐射工作场所的安全使用，满足国家相关的管理及技术层面要求。

12.3 辐射监测及验收

12.3.1 辐射监测及个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》，本项目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、辐射剂量巡测仪、表面污染监测仪等仪器，用于对辐射工作场所周围的辐射水平进行巡测。

根据相关规定医院拟为本项目辐射工作场所配备 1 台辐射巡测仪、1 台表面污染测量仪及 3 台个人剂量报警仪，方能满足审管部门对于监测仪器的要求。

医院应定期请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，包括仪器设备防护性能的检测，每年 1~2 次；医院定期对辐射场所周围辐射水平进行监测，并对监测结果进行记录，定期对放射性废水、放射性固体废物、放射性废气进行核素分析和总 α 、总 β 放射性活度检测；本项目辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，分子影像重点实验室辐射工作场所核素操作人员以及与辐射源近距离接触的工作人员在穿戴防护用品的情况下铅衣内外分别进行个人剂量监测，定期(不少于 1 次/季度)送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案，辐射环境监测计划及方案要求见表 12-2。同时医院应定期安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

落实以上措施后，医院安全措施能够满足辐射安全的要求。

表 12-2 监测计划及方案要求一览表

监测对象	具体内容	监测频率		监测项目
对放射工作人员	佩戴个人剂量卡（分子影像重点实验室核素操作人员以及与辐射源近距离接触的工作人员铅衣内外各一个，室外工作人员佩戴一个），个人剂量监测	3 个月为一周期，一年监测 4 次		X- γ 累积剂量
工作场所和周围环境	分子影像重点实验室辐射工作场所控制区内、辐射工作人员活动区，辐射工作场所屏蔽体外	自行监测	每三个月一次	X- γ 剂量率、 α 表面污染、 β 表面污染
	30cm 处（包括场所周边及楼上、楼下）及评价范围 50m 内周边人员活动区域	委托监测	每年一次	X- γ 剂量率、 α 表面污染、 β 表面污染
	分子影像重点实验室辐射工作人员操作核素工作结束后辐射工	自行监测	每天-次	α 表面污染、 β 表面污染

	作人员的衣物表面、鞋子表面及底部、手等部位				
放射性废物	放射性废水	委托监测	排放前	总 α 放射性活度、总 β 放射性活度、活度核素浓度（没有监测标准采用总放代替）	
	放射性固体废物	委托监测	处理前	X- γ 剂量率、 α 表面污染、 β 表面污染	
	放射性废气	委托监测	每年一次	核素活度浓度分析、总 α 放射性活度、总 β 放射性活度	
防护性能	放射性设备性能的自主稳定性和质量控制检测	每年一次；设备初次投入使用、大修及更换关键组件时		质量控制性能及防护检测	

12.3.2 竣工环境保护验收

遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目，在通过审批取得辐射安全许可证后，设施投入使用后应立即自主组织验收，验收内容见表 12-3。

表 12-3 环境保护验收项目一览表

项目	“三同时”验收内容	验收要求
防护措施	废水：放射性废水单独收集，经衰变池处理达标后排入医院污水处理站处理。医院在第四住院楼负二层 1 套衰变池废水处理系统，用于收集处理产生的放射性废水。衰变池为 2 级槽式衰变，为砖混结构，总容积约为 21m³。排水管道外裸露的部分应采取 4mmPb 当量铅皮进行包裹，确保排水管道外表面 0.3m 处的辐射剂量率低于 2.5μSv/h。	衰变池污水处理系统满足衰变贮存时间超过 180 天，经监测满足总 α 放射性活度 $\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 β 放射性活度 $\leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ 的要求报生态环境部门同意后排入医院污水处理设施；并设置取样口。
	废气：2 套排风系统。工作场所按照高活性区、低活性区分开设置排风系统，气流各自经风道通至第四住院楼楼顶，经活性炭吸附后排放。	安装到位、运行良好，减少放射性废气对工作人员的影响
	固废：放射性废物则储存在废物暂存室（固废间）的铅废物桶中，达到标准要求的衰变时间后，经检测达到清洁解控水平后，报生态环境主管部门批准，方可作为普通废物处理，废物桶的配置数量为 7 个，且废物暂存室（固废间）内配置的铅废物桶，容量及数量满足项目产生的量及贮存衰变时间	不会产生二次污染，并设废物处置台账

		的要求。确保废物桶表面 30cm 处剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。		
		屏蔽措施：具体防护屏蔽措施参见前文表 10-8 分子影像重点实验室辐射工作场所各功能用房防护情况一览表。	满足 HJ1188-2021 要求，辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。	
安全措施		严格分区管理，各区之间通过门禁系统进行分隔，限制人员流通	满足 GBZ 120-2020、HJ 1188-2021 以及 GBZ 130-2020 的要求	
		岗位职责和操作规程等工作制度在合适处张贴上墙		
		小动物 PET/CT 机房外张贴警示标志、安装工作指示灯，放射性废物桶张贴电离辐射警告标志		
		实验室设置视频监控系统，并在小动物 PET/CT 机房设置观察窗。		
		控制区的入口应设置电离辐射警告标志		
		PET/SPECT/CT 隔室操作，机房外张贴电离辐射警告标志、放射注意事项、安装醒目的工作指示灯（与机房相通的门能有效关联），灯箱处设置警示标语。		
		机房设置动力通风装置；平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭房门的管理措施，防护门是否设置防夹装置、自动闭门装置。		
个人防护		拟购置 1 台辐射巡测仪、3 台剂量报警仪、1 台表面沾污仪、3 套固定式辐射剂量报警系统、1 套固定式辐射剂量监测仪	按要求送检，并确保运行正常	
		辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测	按 GBZ128-2019 要求佩戴/送检	
		配置铅衣、铅橡胶颈套、铅围裙、铅防护眼镜、铅手套等防护用品	防护用品的配置满足表 10-11 的要求，按要求配置/佩戴	
综合管理	管理机构	建立、补充医院辐射安全管理委员会，辐射安全和防护负责人需参加辐射安全与防护知识考核。	辐射安全负责人取得培训、考核合格证	
	管理制度	拟制定或补充了《辐射事故应急预案》、《辐射防护与安全保卫制度》、《岗位职责》、《分子影像重点实验室放射防护管理规定》、《操作规程与安全防护》、《动物 PET/SPECT/CT 射线装置操作规程》、《放射性同位素及射线装置台账管理制度》、《设备检修维护制度》、《放射工作人员剂量监测制度》、《放射工作人员健康体检制度》、《放射工作人员培训制度》、《辐射环境监测制度》、《放射性同位素使用登记制度》等一系列规章制度。	根据要求制定	
	上岗证明	拟配置辐射工作人员，均参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规培训考核，考核合格后上岗。	辐射工作人员均取得辐射安全与防护知识考核合格证；并进行职业健康体检，体检合格	

12.4 辐射事故应急

医院已制定了《辐射安全事故应急预案》，成立了辐射安全事故应急处理领导小组，组织开展辐射事件的应急处理救援工作，并对辐射安全与防护、辐射事故应急措施、辐射事故调查处理等做出规定。医院还应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条、国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发【2006】145 号）及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令 第 17 号）的有关规定，对可能发生的辐射事故，不断修订和完善本单位的应急方案，做好应急准备，辐射事故应急预案包括了下列内容。

1、组织机构与职责

（1）成立了辐射安全事故应急处理领导小组，具体组成如下：

组长：余昌胤

副组长：杨智、张体江、魏在荣

成员：李成明、张骏、杨邦辉、廖荣容、鄂泽松、彭笳宸、赵然尊、石荣书、邓呈亮、王攀、姚声涛、黄美容、刘达兴、敖俊、李邦国、谢睿、杨小红

下设办公室于设备处，并成立应急救援工作组，应急救援工作组包括医疗救治组、护理组、接诊转运组、设备物资组、药品组、秩序维护组、信息收集宣传报告组。

（2）应急组织职责

辐射事故发生后，立即启动本预案，辐射事故应急处理领导小组迅速赶赴现场，根据现场实际情况，合理分工、密切配合、快速有效，全面展开应急处理救援工作。医疗救治专家组负责辐射事故应急处理、技术保障、医疗救治工作及协调其他部门的关系；护理组负责对全院护理人员调配及管理工作；接诊转运组负责发生辐射事故时病人的转诊、转运工作；设备物资组负责发生辐射事故时，立即联系辐射源、放射设备生产厂家及各种抢救设备、物资的调配；药品组负责发生辐射事故时各种抢救药品的调配；秩序维护组负责发生辐射事故时周边环境的安全保卫，并防止事态扩大影响安定团结，影响正常工作进行；信息收集宣传报告组负责对政府及其他部门有关辐射事故相关文件的收集、整理、报告和医院对政府应急办及上级卫生行政部门的报告及传递等，做到及时、准确、全面地发布信息。

2、辐射安全事故应急处理原则

（1）生命第一，科学施救原则；

（2）控制现场，科学评估原则；

(3) 收集信息，迅速上报原则。

3、应急处理流程

辐射事故发生后，现场值班人员应疏散现场人员并立即向辐射事故应急处理领导小组报告辐射事故简要情况，辐射事故应急处理领导小组通知保卫处封锁现场及根据辐射事故类别采取相应应急处理措施，并在 2 小时内向生态环境部门、公安部门、卫生部门汇报辐射事故情况，积极配合相关政府部门进行处置和调查。

4、辐射事故类别

根据医院实际情况，特将辐射事故按照装置类别划分为以下辐射事故类别：

- (1) 加速器生产中心辐射事故；
- (2) DSA 与其他III类射线装置项目辐射事故；
- (3) 非密封放射性物质污染事故；
- (4) 放射源被盗、失控(泄露)辐射事故。

5、应急预案启动

辐射事故发生后，立即启动本预案，辐射事故应急处理领导小组迅速赶赴现场，根据现场实际情况，合理分工、密切配合、快速有效，全面展开应急处理救援工作。

(1) 加器生产中心辐射事故(核医学科)

1) 加速器生产时产生核泄漏：

①人员撤离：应第一时间停止生产，并将人员撤离至安全范围。

②立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组，小组成员迅速到达事故现场。

③封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

④设备报修和故障排除：值班技术员上报设备处由设备处联系售后报修，同时由设备处对故障现象和维修内容进行记录，包括：a.报修设备名称；b.故障内容：时间、有无诱因、故障状况、报修时间、报修人；c.设备维修状况：更换零配件、修复时间、工程师、科室验收人。

⑤剂量监测：核医学科应急处置人员穿戴防护用品持辐射剂量监测设备进入泄露场所进行监测，监测结果显示正常后，方可进入生产区作业。

2) 合成、分装过程中出现核泄漏：

①人员撤离：工作人员应保持冷静的头脑，要保持良好的通风，防止气溶胶的形成，同时人员也应迅速撤离现场，并关好防护门。

②立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组，小组成员迅速到达事故现场。

③封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

④实施应急救治：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

⑤剂量监测：核医学科应急处置人员穿戴防护用品持辐射剂量监测设备进入泄露场所进行监测，监测结果显示正常后，方可进入生产区作业。

3) 对于药品配送或使用过程中出现的核泄漏，配送人员或医护人员应迅速撤离现场，保卫处设立警示，同时也要告诉周围人群不得接近，等辐射降到安全范围内时，方可继续作业。

(2) DSA 与其他射线装置项目辐事(影像科及 DSA 用科室)

①人员撤离及患者分流：对于人员误照射、工作场所泄露射线、泄露辐射的情况应及时按下紧急停止开关，暂停检查，将患者移至非工作领域，采取应急处理措施包括重新启动在内的简单故障排除方法，同时应通知设备处。

②立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组，小组成员迅速到达事故现场。

③伤者救治：若现场有人员受伤，采取措施对受伤害人员进行紧急救护，并及时运送伤员进行进一步检查和救治。

④设备报修和故障排除：值班技术员上报设备处由设备处联系售后报修，同时由设备处对故障现象和维修内容进行记录，包括：a.报修设备名称；b.故障内容：时间、有无诱因、故障状况、报修时间、报修人；c.设备维修状况：更换零配件、修复时间、工程师、科室验收人。

(3) 非密封放射性物质污事(核医学科)

①人员撤离：发生非密封放射性物质污染事故后，当班工作人员疏散现场及附近人员撤离到安全地点。

②立即报告：当班工作人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组，小组成员迅速

到达事故现场。

③封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员车辆管制，禁止无关人员进入。

④报告当地生态环境、公安部门：设备处初步调查，将事故发生的时间、地点、原因、污染物种类、性质、已造成的污染范围等有关情况及时报告当地生态环境、公安部门，以方便生态环境、公安部门对事故进行处理。并在 2 小时内进行书面上报。

⑤切断污染环节：根据现场情况，设备处和核医学科及时采取措施，切断一切可能扩大污染范围的环节。

⑥实施急救：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

⑦协助调查处理：生态环境、公安、卫生部门及专家组对事故进行调查时，积极配合，尽力提供方便，并按照有关指示及要求开展工作。

⑧进行事故总结：事故处理完毕后及时写出总结报告。

(4) 放射源被盗、失控(泄露) 辐射事故(输血科、核医学科)

①源被盗事故。

a.报告应急处理小组、保卫处：澄清源被盗事实落实清楚被盗源的型号、核素名称、活度、射线种类、类别、安装地点、被盗大约时间，以及已经采取的措施，并在 2 小时内进行书面上报当地生态环境、公安部门。

b.保护现场：保卫处组织保安人员对现场进行有效保护，禁止人员进入，以便于公安、生态环境部门调查取证。

c.配合公安、环保部门调查侦破：公安、生态环境部门介入调查取证时，积极配合，尽最大力量提供方便，为早日侦破认真开展工作。

d.进行事故总结：事故处理完毕后，认真总结经验教训，研究制定防范措施，杜绝此类事件的再次发生。

②源失控(泄露)污染事故

a.撤离人员：发生源失控(泄露)污染事故后，应急组织指挥机构立即下令，保卫处组织疏散现场及附近人员撤离到安全地点。

b.立即报告：当班工作人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组，小组成员迅速到达事故现场。

c.封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

d.现场抢修：由设备处组织维修人员进行现场抢修如源失控(泄露) 无法抢修处置，则及时报当地生态环境部门。

e.报告当地生态环境部门：设备处初步调查、抢修，如无法及时控制，则将事故发生的时间、地点、原因、污染物种类、性质、已造成的污染范围等有关情况及时报告当地生态环境部门，以方便生态环境、公安部门对事故进行处理。并在 2 小时内进行书面上报。

f.切断污染环节：根据现场情况，设备处及时采取措施，切断一切可能扩大污染范围的环节。

g.实施紧急救治：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

h.协助调查处理：生态环境、卫生部门及专家组对事故进行调查时，积极配合，尽力提供方便，并按照有关指示及要求开展工作。

i.进行事故总结：事故处理完毕后及时写出总结报告。

建设单位制定的《辐射事故应急预案》应具有针对性，建议建设单位对其制定的《辐射事故应急预案》进一步完善，将本项目配备的辐射工作人员纳入应急机构中，补充各辐射事故类型的善后处理工作要求，根据建设单位的具体情况进行调整、更新等相关要求内容，按照应急培训、演习方案定期开展应急培训和演练，并且把辐射事故应急流程图在各辐射工作场所显眼位置进行粘贴。

待本项目实施后，建设单位应按照下列要求制定、实施辐射事故应急培训、演练的方案：

①每年进行一次综合性辐射事故应急培训，并作好培训记录。

②参加培训的人员为各级应急指挥机构成员和应急保障系统、应急信息系统的有关人员。

③培训的主要内容是应急管理程序的有关规定以及放射事故发生后的应急基础知识、运行组织方式和抢险救助措施。

④结合本单位实际情况制定放射事故应急救援培训计划，每年进行一次有针对性的应急救援培训并作好应急培训记录，参加培训的人员和培训的主要内容。

⑤应急演练

a、应急处理领导小组制定应急演习计划。

b、每年至少组织一次应急演习，针对具体的辐射事件进行演习，由医院应急工作领导小组和有关科室人员参加演习，必要时还应联络各有关单位和应急保障系统参加演习。

c、每次演习前，应制定详细的演习流程，包括演习时间、地点、人员等。

d、演习结束后，由应急工作领导小组负责人组织对整个演习情况进行讨论总结，并作好记录。

医院应按以上要求制定、完善辐射事故应急预案后，该辐射事故应急预案方可适用于本次评价项目。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目

项目性质：改建

建设单位：遵义医科大学附属医院

建设地点：遵义市汇川区大连路 149 号遵义医科大学附属医院第四住院楼负一层

工程建设内容及规模：遵义医科大学附属医院由于科研需要，拟在第四住院楼负一层建设一个非密封放射性物质工作场所——分子影像重点实验室，在该场所内新增一台 III 类射线装置小动物 PET/SPECT/CT，并使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 开展 PET 正电子显像诊断动物实验研究，使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究，使用 ^{131}I 、 ^{177}Lu 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究以及前列腺癌、肝癌等癌症的治疗动物实验研究，使用 ^{90}Y 进行肝病治疗研究，使用 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 进行前列腺癌、胰腺癌及其骨转移癌、胃肠胰腺神经内分泌瘤、结肠癌、淋巴瘤等癌症的治疗动物实验研究。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

(1) 辐射安全措施

① 辐射屏蔽措施

本项目辐射工作场所拟设置的辐射屏蔽措施与相关标准对照，并进行理论计算，能够满足相关标准的防护厚度的要求。

② 监控系统、通风系统

拟为本项目辐射工作场所设置一套视频监控系统，并设置相应的排风系统，工作场所的有关控制区房间均采用有梯度的微负压通风，能够满足 HJ 1188-2021 的要求。

③ 辐射安全培训、职业健康体检、个人剂量监测

拟安排本项目未取得考核合格证辐射工作人员在网上进行辐射安全与防护知识及相关法律法规的自主培训，然后报名参与辐射安全与防护知识及相关法律法规的考核，通过考核后方可从事辐射工作；安排本项目辐射工作人员进行职业健康检查；委托第三方有资质的检测机构按 GBZ 128-2019 的要求对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测，满足相关标准的要求。

④ 拟配备监测仪器与个人防护用品

拟为本项目配备 1 台 X- γ 辐射剂量率监测仪、1 台 α/β 表面沾污仪、3 台个人剂量报警

仪、3套固定式辐射剂量报警系统等监测设备，铅围裙、铅衣、铅围脖、铅防护眼镜等，能够满足HJ 1188-2021以及GBZ 130-2020的要求。

⑤辐射环境监测

拟为本项目制定辐射环境监测方案，并定期按照辐射环境监测方案对本项目进行辐射环境监测，同时委托有资质的检测机构对本项目进行年度监测，能够满足相关标准的要求。

⑥应急及去污用品

建设单位拟为本项目分子影像重点实验室辐射工作场所配备一次性防水手套、气溶胶防护口罩、防水工作服、胶鞋、污染表面清洗剂、一次性毛巾、吸水纸、胶带、标签、塑料袋一次性镊子等应急及去污用品若干，以预防可能发生的辐射安全事故，本项目配备的应急及去污用品能够满足辐射事故的应急要求。

(2)辐射安全管理

建设单位目前已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。建设单位须根据相关法律、法规、条例及本环评报告提出的要求，对现有辐射安全管理制度进行补偿完善。对于本项目的辐射工作人员，建设单位应及时安排其在网上进行辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的自主培训，然后报名参与并通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核；并委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

(3)年度评估

遵义医科大学附属医院每年应编制辐射安全与防护年度评估报告，并于次年1月31日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统上报生态环境主管部门。

13.1.3 环境影响分析结论

(1) 辐射环境现状

现场监测数据表明：遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目场址周围环境的辐射环境现状处于区域正常辐射水平范围内，项目建设场址及其周围环境的 γ 辐射剂量率无异常。

(2)辐射防护影响预测

①经过理论计算可知，本项目分子影像重点实验室辐射场所各屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）限值要求。对于少部分外露管道将采取 4mmPb 当量铅皮进行管道包裹，确保管道外表面 0.3m 处辐射剂量率

低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；放射性固废收集容器密封暂存后保证外表面 30cm 处的周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②经理论预测，小动物 PET/CT 机房的辐射防护屏蔽措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

(3) 人员剂量估算分析

根据理论计算结果，在正常工况下，本项目对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv/a 的职业人员年有效剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv/a 的公众人员年有效剂量约束值。

(4) 三废处理处置

① 废气处置

建设单位对本项目辐射场所设计了给排风系统，各功能用房均设计有排风口，排风管汇流至排风井内，由风机独立排至第四住院楼楼顶，活性炭吸附后排放，排风井为独立排风通道（与一楼 PET 中心合用），不与其他非放射性排风管道共用，各自排放，本项目产生的放射性废气对周边区域产生放射影响较小；本项目小动物 PET/CT 机房内拟设置排风系统，机房内空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，通过排风装置排入大气，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

② 废水及固废处置

本项目辐射场所设置独立下水系统，并对排水管道进行防护屏蔽，设置 2 格并联衰变池（有效容积 21m^3 ），经计算，衰变池的废水经过衰变贮存，排放活度能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的排放要求；同时为本项目配置足够数量的固废收集桶，并设置 1 间放射性固体废物暂存间（固废间），用于暂存衰变本项目辐射工作场所产生的放射性固体废物，配备 2 台专用于存放注药动物尸体的冰柜。放射性废水及放射性固体废物处置措施能够满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的要求。

13.1.4 可行性分析结论

(1) 产业政策符合性分析结论

本项目使用的射线装置、放射性核素属于国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类项目：“第六项 第 4 条 核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”、“第十三项医药 第 3 条 生物医药配套产业：化学成分限定细胞培养基，新型纯化填料和过滤膜材料，高端药用辅料，疫苗新佐剂的

开发和生产，特殊功能性材料等新型药用包装材料与技术，即混即用、智能包装等新型包装系统及给药装置的开发和生产；高端化、智能化制药设备，新型制剂生产设备，大规模生物反应器及附属系统，蛋白质高效分离和纯化设备，药品连续化生产设备；实验动物标准化养殖及动物实验服务”以及“第十三项医药 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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本工程不涉及学校、自然保护区、风景名胜区、森林公园、饮用水水源保护区、集中居民区等环境敏感区域和生态敏感点。项目建设符合国家产业政策、环保政策和相关规划。

(2) 代价利益分析

有利于提高医院的服务水平、科研能力，具有明显的经济效益和社会效益，项目建成运行后，将提升医院在药理学作用的研究及药物研发能力，同时将提高医院的整体医疗服务水平以及服务质量，为医院创造更大的经济效益。为保护该项目周边其他非辐射工作人员和公众，均加强了防护，从剂量预测结果可知，该项目周围公众年所受附加剂量满足项目管理限值 0.1mSv/a 的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因此，从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

(3) 实践的正当性分析

本项目的建设有利于提高医院的服务水平、科研能力，具有明显的经济效益和社会效益，项目建成运行后，将提升医院在药理学作用的研究及药物研发能力，同时将提高医院的整体医疗服务水平以及服务质量，为医院创造更大的经济效益。在完全落实国家有关法律法规和标准及本报告提出的辐射防护和安全措施，做到辐射防护最优化的前提下，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

(4) 项目环保可行性分析结论

经采取切实可行的环保、防护措施，特别是认真落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为：遵义医科大学附属医院申请从事相关辐射工作的种类、范围、场所满足辐射安全相关要求，具备使用Ⅲ类射线装置、使用乙级非密封放射性物质工作场所的相关能力。

13.1.5 项目验收

项目经审批取得辐射安全许可证以后，必须根据《建设项目竣工环境保护验收暂行

办法》以及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的要求自主组织验收，并将验收结果在网上公示，公示时间不得低于20个工作日，如果没有意见，然后在生态环境部网上备案待查。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

1、建设单位要严格执行辐射污染防治与辐射环境管理的法律法规；认真落实各项污染防治措施和要求，认真落实岗位辐射防护制度和岗位责任制制度，落实培训计划及应急监测计划等各项规章制度。

2、建设单位对从事辐射工作人员要经常进行辐射防护知识的教育，并形成长效机制，提高辐射防护意识，提高自我防护意识，定期检查和评估工作人员的个人剂量，建立个人剂量档案。

3、建设单位要定期检查使用工作场所安全联锁装置、防护仪表，发现问题及时解决，不得在没有启动防护装置的情况下强制运行射线装置，以杜绝辐射事故的发生。

4、建设单位应加强施工中的监理及管理，确保按设计要求进行施工。

13.2.2 承诺

1、为本项目配备相应的防护用品，确保辐射工作人员穿戴防护用品进行屏蔽后方可工作，防止其所受照射超过国家规定的限值。

2、制定具体的小动物 PET/SPECT/CT 诊断研究质控方案，保障诊断研究的有效、安全。

3、建设单位在取得本次项目环评批复后，应当按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修改）规定的许可证申请程序，重新申请领取《辐射安全许可证》。并按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》以及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）的要求自主完成环境保护竣工验收工作。

5、建设单位若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其使用功能进行调整变动，则应按要求向有关生态环境部门进行申报，并按污染控制目标采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境部门的监督管理。

表14审批

下一级环保部门预审意见：

公 章

经办人

年 月 日

审批意见：

公 章

经办人

年 月 日

遵义医科大学附属医院

委托书

核工业二三〇研究所：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等有关法律法规的规定，现委托贵所承担“遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目”的环境影响评价工作。

请贵所按照国家有关法律法规和技术规范的要求抓紧实施。

遵义医科大学附属医院
二〇二三年十月二十日





辐射安全许可证

根据《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》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称：遵义医科大学附属医院

地 址：贵州省遵义市汇川区大连路 149 号

法定代表人：余昌胤

种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅴ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；生产、使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。

证书编号：黔环辐证[00067]

有效期至：2028 年 12 月 28 日

发证机关：贵州省生态环境厅

发证日期：2023 年 12 月 29 日



中华人民共和国生态环境部制

根据《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》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	遵义医科大学附属医院		
地 址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号		
法定代表人	余昌胤	电话	0 316
证件类型	身份证	号码	5 12
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	第一住院部二楼手术室	大连路老院区	彭嘉宸
	第三住院部六楼介入手术室1、胸腔导管科	大连路 149 号	姚声涛
	第三住院部五楼杂交手术室	大连路 149 号	刘达兴
	直线加速器综合楼一楼肿瘤科	大连路 149 号	张体江
	老住院部一楼碎石室	大连路 149 号	梁国标
	第三住院部六楼介入平台	大连路 149 号	王文萍
种类和范围	使用 II 类、V 类放射源;使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	黔环辐证[00067]		
有效期至	年 月 日	2028 12 28	
发证日期	年 月 日	2023 12 29	

根据《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》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	遵义医科大学附属医院		
地 址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号		
法定代表人	余昌胤	电话	0 316
证件类型	身份证	号码	5 12
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	第三住院部五楼 手术室	大连路 149 号	邓呈亮
	第一住院部二楼 手术室脊柱外科	大连路 149 号	敖俊
	直线加速器综合 楼四层核医学科	大连路老院区	王攀
	直线加速器综合楼三 层、四层核医学科	大连路老院区	王攀
	直线加速器综合 楼三层核医学科	大连路老院区	王攀
	儿科大楼一楼 PET 机房	大连路老院区	王攀
种类和范围	使用 II 类、V 类放射源;使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	黔环辐证[00067]		
有效期至	年 月 2028	12	29
发证日期	年 月 2023	12	29

根据《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》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	遵义医科大学附属医院		
地 址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号		
法定代表人	余昌胤	电话	6
证件类型	身份证	号码	522 212
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	老住院部发热门诊	大连路老院区	李邦国
	第二住院楼地下一层	大连路老院区	黄美容
	老住院部介入手术室	大连路 149 号	石荣书
	儿科大楼手术室	大连路 149 号	杨小红
	第三住院部四楼内镜中心	大连路 149 号	谢睿
	第三住院部六楼介入手术室二、三、四	大连路 149 号	赵然尊
种类和范围	使用 II 类、V 类放射源;使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	黔环辐证[00067]		
有效期至	年 月 日 2028 12 28		
发证日期	年 月 日 (发证机关章) 2023 12 29		

根据《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》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	遵义医科大学附属医院		
地 址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号		
法定代表人	余昌胤	电话	0851-2 0216
证件类型	身份证	号码	522 212
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	儿科大楼负一楼回旋加速器制药区	大连路老院区	王攀
	儿科大楼一楼回旋加速器室	大连路老院区	王攀
	儿科大楼一楼影像科	大连路老院区	李邦国
	第三住院部三楼医学影像科	大连路老院区	李邦国
	第三住院部一楼医学影像科	大连路老院区	李邦国
	第二住院部一楼体检科	大连路老院区	李邦国
种类和范围	使用 II 类、V 类放射源;使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	黔环辐证[00067]		
有效期至	2028 年 12 月 28 日		
发证日期	2023 年 12 月 29 日(发证机关章)		

根据《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》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	遵义医科大学附属医院		
地 址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号		
法定代表人	余昌胤	电话	0851 3501 16
证件类型	身份证	号码	522101197109161212
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	遵义医科大学附属医院美容医院一楼	大连路老院区	孙娜娜
	第三住院部四楼内镜中心 ERCP 二室	大连路 149 号	赵礼金
种类和范围	使用 II 类、V 类放射源;使用 II 类、III 类射线装置;生产、使用非密封放射性物质,乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。		
许可证条件			
证书编号	黔环辐证[00067]		
有效期至	2028 年 12 月 28 日		
发证日期	2023 年 12 月 29 日 (发证机关章)		



(一) 放射源

证书编号: 黔环辐证[00067]

[illegible]

活动种类和范围

(二) 非密封放射性物质

证书编号:

黔环辐证[00067]

序号	工作场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类
1	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Tl-201	9.25E+5	2.31E+11	使用
2	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Tc-99m	2.31E+8	5.78E+12	使用
3	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Sr-89	2.96E+7	2.96E+10	使用
4	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Sm-153	3.7E+8	9.25E+11	使用
5	儿科大楼一楼 PET 机房	乙级	O-15	7.4E+6	1.85E+12	使用
6	儿科大楼负一楼回旋加速器制药区	乙级	O-15	3.7E+8	9.25E+12	生产
7	儿科大楼一楼 PET 机房	乙级	N-13	7.4E+6	1.85E+12	使用
8	儿科大楼负一楼回旋加速器制药区	乙级	N-13	3.7E+8	9.25E+12	生产
9	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Mo-99	2.66E+6	6.64E+12	使用
10	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	Lu-177	1.48E+8	3.7E+11	使用
11	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	In-111	3.33E+6	8.33E+10	使用
12	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	I-131	3.15E+9	4.625E+12	使用
13	直线加速器综合楼四层核医学科	丙级	I-125(粒子源)	1.98E+7	4.95E+11	使用
14	直线加速器综合楼三层、四层核医学科	乙级	I-125	3.33E+3	8.33E+7	使用
15	儿科大楼一楼 PET 机房	乙级	Ge-68 (Ga-68)	5.55E+7	1.39E+14	使用
16	儿科大楼一楼 PET 机房	乙级	Ge-68	3.7E+7	9.25E+11	使用
17	儿科大楼一楼 PET 机房	乙级	F-18	2.96E+7	7.40E+12	使用
18	儿科大楼负一楼回旋加速器制药区	乙级	F-18	1.85E+9	4.63E+13	生产

(二) 非密封放射性物质

黔环辐证[00067]

[illegible]

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号：

黔环辐证[00067]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
1	移动 X 射线	III类	4	使用
2	医用直线加速器	II类	1	使用
3	医用诊断 X 射线装置	III类	1	使用
4	体外震波碎石机	III类	1	使用
5	数字胃肠机	III类	2	使用
6	乳腺机	III类	1	使用
7	乳腺机	III类	1	使用
8	浅层放射 X 线治疗仪	III类	1	使用
9	回旋加速器	II类	1	使用
10	骨密度仪	III类	1	使用
11	车载 DR	III类	1	使用
12	X 射线 C 臂机	III类	1	使用
13	X 射线 C 臂机	III类	1	使用
14	X 射线 C 臂机	III类	2	使用
15	X 射线 C 臂机	III类	2	使用
16	SPECT/CT	III类	1	使用
17	PET-CT	III类	1	使用
18	DSA	II类	3	使用

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号：

黔环辐证[00067]

序号	装置名称	类别	装置数量	活动种类
19	DSA	II类	1	使用
20	DSA	II类	2	使用
21	DSA	II类	1	使用
22	DSA	II类	1	使用
23	DR 摄片机	III类	1	使用
24	DR 摄片机	III类	4	使用
25	DR 摄片机	III类	1	使用
26	DR 摄片机	III类	1	使用
27	C臂	III类	1	使用
28	CT	III类	1	使用
29	CT	III类	2	使用
30	CT	III类	1	使用
31	CT	III类	2	使用
	以下空白			

台帐明细登记 (一) 放射源

证书编号: 黔环辐证[00067]

序号	核素	出厂日期	出厂活度 (Bq)	标号	编码	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
1	Cs-137	20211201	3.7E+13	2147 001	0321CS000022	II	血液辐照仪	第二住院楼地下一层	来源 成都中核高通同位素股份有限公司	杨航	20230914
2	Ge-68	20230720	9.25E+7	U203	US23GE002625	V	刻度/校准源	儿科大楼一楼PET机房	去向 美国	杨航	20231116
3	Ge-68	20230720	4.62E+7	U244	US23GE002615	V	刻度/校准源	儿科大楼一楼PET机房	去向 美国	杨航	20231116
4	Ge-68	20230720	4.62E+7	U243	US23GE002605	V	刻度/校准源	儿科大楼一楼PET机房	去向 美国	杨航	20231116
	以下								去向		
	空白								来源		
									去向		
									来源		
									去向		
									来源		
									去向		
									来源		
									去向		

台帐明细登记 (三) 射线装置

证书编号: 黔环辐证[00067]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
1	DSA	GE Innova IGS520	II类	血管造影用 X 射线装置	第三住院部六楼介入手术室 二、三、四、三手术室	来源			
						去向			
2	DSA	Artis zee ceiling	II类	血管造影用 X 射线装置	第三住院部六楼介入手术室 1、脑血管科；一手术室	来源			
						去向			
3	DSA	Artis zee ceiling	II类	血管造影用 X 射线装置	第三住院部六楼介入手术室 二、三、四、二手术室	来源			
						去向			
4	DSA	Artis zee ceiling	II类	血管造影用 X 射线装置	第三住院部五楼杂交 手术室	来源			
						去向			
5	DSA	Allura Xpre FD20	II类	血管造影用 X 射线装置	老住院部介入手术室；住 院部介入中心	来源			
						去向			
6	DSA	Artis zee III Floor	II类	血管造影用 X 射线装置	第三住院部六楼介入手术室 二、三、四、四手术室	来源			
						去向			
7	CT机	SOMATOM Definition Flash	III类	医用 X 射线计算机断层 扫描 (CT) 装置	第三住院部三楼医学影像科 ；CT2室	来源			
						去向			
8	CT机	SOMATOM Definition	III类	医用 X 射线计算机断层 扫描 (CT) 装置	第三住院部一楼医学影像科 ；CT3室	来源			
						去向			

台帐明细登记

(三) 射线装置

证书编号黔环辐证[00067]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向	审核人	审核日期
9	SPECT/CT	GE Hawkeye4	III类	医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	直接加速器综合楼三楼核医学科; 309CT/CT检查室	来源 去向		
10	DR摄片机	AristosVXP4S	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科; DR2室	来源 去向		
11	DR摄片机	Axiom Aristos FX	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科; DR3室	来源 去向		
12	乳腺机	GE Senographe Essential	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科; 第一乳腺检查室	来源 去向		
13	数字胃肠机	SOMATOM DUALVISION G4	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科; 2号造影检查室	来源 去向		
14	数字胃肠机	Axiom Aristos P200	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科; 1号造影检查室	来源 去向		
15	X射线C臂机	Axiom Artis U	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部四楼内镜中心; ERCP室	来源 去向		
16	移动X射线机	MOBILETT XP DIGITAL	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科	来源 去向		

台帐明细登记 (三) 射线装置

证书编号: 黔环辐证[00067]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
17	移动 X 射线机	MINOR RT DIGITAL XP	III类	医用诊断 X 射线装置	第三住院部三楼医学影像科	来源			
						去向			
18	骨密度仪	MEDIX 90	III类	医用诊断 X 射线装置	直隶加速器综合楼三层核医学科; 骨密度检查室	来源			
						去向			
19	浅层放射 X 治疗仪	SRT-100	III类	其他不能豁免的 X 射线装置; X 射线治疗机	遵义医科大学附属医院美容医院一楼	来源			
						去向			
20	体外震波碎石机	HK. ESWL-VI	III类	其他不能豁免的 X 射线装置; X 射线治疗机	老住院部一楼碎石室; 碎石机房	来源			
						去向			
21	CT 机	GE Optima CT680	III类	医用诊断 X 射线装置	第三住院部三楼医学影像科; CT1 室	来源			
						去向			
22	移动 X 射线机	MobiEye700	III类	医用诊断 X 射线装置	第三住院部三楼医学影像科	来源			
						去向			
23	X 射线 C 臂机	Ziehm8000	III类	医用诊断 X 射线装置	第三住院部五楼手术室	来源			
						去向			
24	X 射线 C 臂机	Fluorostar790 0	III类	医用诊断 X 射线装置	第一住院部二楼手术室	来源			
						去向			

台帐明细登记 (三) 射线装置

证书编号: 黔环辐证[00067]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
						来源	去向		
25	X射线C臂机	ARCADIS Orbic	III类	医用诊断X射线装置	第一住院部二楼手术室 室脊柱外科				
26	X射线C臂机	Ziehm8000	III类	医用诊断X射线装置	第一住院部二楼手术室 室脊柱外科				
27	PET-CT	Biograph mCT	III类	医用X射线计算机断层 扫描(CT)装置	儿科大楼一楼PET机房; PET-CT室				
28	CT机	SOMATOM Definition AS	III类	医用X射线计算机断层 扫描(CT)装置	儿科大楼一楼影像科 ; CT室				
29	DR摄片机	Definium 6000	III类	医用诊断X射线装置	儿科大楼一楼影像科 ; DR室				
30	X射线C臂机	Ziehm8000	III类	医用诊断X射线装置	儿科大楼手术室				
31	DR摄片机	uDR 550i)	III类	医用诊断X射线装置	第三住院部三楼医学影像科 ; DR1室				
32	车载DR	DR1000	III类	医用诊断X射线装置	第二住院部一楼体检科; DR681				

台帐明细登记 (三) 射线装置

证书编号:黔环辐证[00067]

序号	装置名称	规格型号	类别	用途	场所	来源/去向		审核人	审核日期
33	CT 机	Aquilion Lightning TSR-0200A	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置 III 类	老住院部发热门诊 CT 室		来源			
						去向			
34	回旋加速器	HM-10HC	制备正电子发射计算机断层显像装置 (PET) 放射性的医用加速器 II 类	儿科大楼负一楼回旋加速器制药区,		来源			
						去向			
35	DSA	Optima 1000 330	血管造影用 X 射线装置 II 类	第三住院部六楼介入平台		来源			
						去向			
36	DSA	AZURION 7820	血管造影用 X 射线装置 II 类	第三住院部六楼介入手术室 1、脑血管科		来源			
						去向			
37	X 射线 C 臂机	OEC One CFD	医用诊断 X 射线装置 III 类	第一住院部二楼手术室		来源			
						去向			
38	DR 摄片机	Radnext50	医用诊断 X 射线装置 III 类	第二住院部一楼体检科		来源			
						去向			
39	CT 机	uCT760	医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置 III 类	第三住院部一楼医学影像科 CT4 室		来源			
						去向			
40	DR 摄片机	AristosVXPLUS	医用诊断 X 射线装置 III 类	第三住院部一楼医学影像科 DR6 室		来源			
						去向			

遵义医科大学附属医院办公室文件

遵医附院院办发〔2022〕20号

遵义医科大学附属医院办公室 关于调整医院辐射安全管理委员会成员的通知

各部门：

为进一步加强辐射安全管理，保护职工的身体健 康，按照辐射安全管理的相关规定，结合我院实际，调整辐射安全管理委员会成员，具体名单如下：

主任委员：余昌胤

副主任委员：张体江 魏在荣 杨 智

成 员：	李成明	张 骏	杨邦辉	廖荣容	鄢泽松
	彭茹宸	赵然尊	石荣书	邓呈亮	王 攀
	姚声涛	张绍基	刘达兴	敖 俊	李邦国
	谢 睿	杨小红			

辐射安全管理委员会下设办公室，办公室设在设备处。

附件（另附）：

1. 医院辐射安全管理委员会职责
2. 医院辐射安全管理委员会工作制度
3. 各科室辐射管理人员工作职责
4. 医院辐射安全管理委员会责任分工
5. 各科室辐射管理人员名单

遵义医科大学附属医院办公室
2022年4月25日



遵义医科大学附属医院办公室

2022年4月25日印发

共印2份

附件 1

医院辐射安全管理委员会职责

- 一、负责落实医院辐射管理规定，定期以书面形式汇报我院辐射安全状况；
- 二、组织制定并落实放射诊疗和放射防护管理制度；
- 三、定期组织对放射诊疗工作场所、设备和人员进行放射防护检测、监测和检查；
- 四、负责全院放射工作人员的个人放射剂量监测元件的收集、送检、更换和发放；
- 五、监督医院放射人员放射剂量监测元件的佩戴情况；
- 六、负责放射警示标志的完整和维护；
- 七、制定辐射事件应急预案，记录医院发生的辐射事件并及时向环保和卫生行政部门报告。

附件 2

医院辐射安全管理委员会工作制度

一、提议召开医院辐射安全会议，定期向医院汇报辐射安全情况；

二、不定期检查科室辐射安全执行情况；

三、定期安排全院放射诊疗工作人员的健康体检；对身体情况异常的职工采取复查、辐射安全教育、建议暂时调离放射岗位等方式保护职工身体健康；

四、定期组织全院放射工作人员辐射安全防护知识及相关法律法规培训工作；

五、监督科室放射人员是否按照操作规范进行各种操作。

附件 3

各科室辐射管理人员工作职责

一、各放射相关科室安排一名辐射管理兼职管理人员，负责本科室放射工作人员的个人放射剂量监测元件的收集、更换和发放；

二、负责协调安排本科室放射工作人员每年一度的健康体检；

三、定期组织协调本科室放射工作人员辐射安全与防护考核工作；

四、对体检结果和个人放射剂量结果有异常者，及时通知本人进行必要的检查或处理；

五、督促本科室放射工作人员规范佩戴个人放射剂量监测元件

六、检查本科室放射诊疗场所放射防护警示灯与警示标志，未正常工作或有破损的地方立即通知相关部门修复；

七、放射性同位素和放射源的领取、保管、交接班制度；

八、记录本科室发生的辐射事件并及时报告医务处和预防保健科。

附件 4

医院辐射安全管理委员会责任分工

一、专职辐射安全管理人员：王敏

（一）不定期检查科室辐射安全执行情况；

（二）每年组织安排 1 次全院放射诊疗工作人员的健康体检；对体检结果有异常者，及时通知相关科室，按要求进行相应的处理。同时按规定，将体检结果记录在放射工作人员证中；

（三）组织全院放射工作人员每两年一次的个人辐射安全防护知识及相关法律法规培训工作；

（四）负责全院放射工作人员的个人放射剂量监测元件的收集、更换和发放并准确记录在案。对结果有异常者，及时调查其原因并上报；

（五）定期检查放射工作人员是否规范佩戴个人放射剂量监测元件；

（六）负责全院放射工作人员健康档案的建立并妥善保管

二、各相关部门的责任

（一）预防保健科主任负责机构日常工作安排、执行和监督；

（二）后勤处负责新建、扩建、改建核技术利用建设项目的基础建设；负责放射诊疗和场所设置醒目的警示标志和维护；

（三）设备处负责新建、扩建、改建核技术利用建设项目的

环评申报和验收；负责《辐射安全许可证》的申请；定期组织全院放射工作人员辐射安全与防护考核工作；

（四）医务处负责《放射诊疗许可证》的申请和验证；

三、放射工作人员的权利与义务

（一）我院放射工作人员按照规定享受放射保健；

（二）放射工作人员有义务执行相关的放射规定，佩戴个人放射剂量监测元件，以便进行放射剂量监测；

（三）未按照规定佩戴或者不规范佩戴个人放射剂量监测元件者，因个人原因没有元件监测数据者，但身体受到放射损伤者，医院将无法评定为放射性职业损伤；未按规定佩戴放射剂量监测元件，致使放射剂量监测元件放射剂量超标者，所有有关的监测费用及受到卫生行政部门处罚的，费用由个人承担。

附件 5

各科室辐射管理人员名单

- 一、设备处：王 浪
- 二、医务处：张 骏
- 三、后勤处：杨邦辉
- 四、内镜科：谢 睿
- 五、影像科：穆贵勇
- 六、核医学科：王 攀
- 七、输血科：张绍基
- 八、心内科：赵然尊
- 九、心外科：刘达兴
- 十、脑血管科：姚声涛
- 十一、骨一科：彭笳宸
- 十二、骨二科：敖 俊
- 十三、烧伤整形外科：邓呈亮
- 十四、介入科：石荣书
- 十五、小儿矫形外科：杨小红
- 十六、专职辐射安全管理人员：王 敏

遵义医科大学附属医院办公室

2022 年 4 月 25 日印发

共印 4 份

遵义医科大学附属医院

辐射防护和安全保卫制度

- 1、从事或准备从事辐射工作的人员，必须接受体格检查，并接受辐射防护知识培训和法规教育，合格者方可从事辐射工作。
- 2、要严格遵守操作规则，并按规定采取防护措施。
- 3、要经常检查防护设施的防护效能，各种放射源只准许在国家规定允许剂量的条件下使用，避免工作人员接受超剂量照射。
- 4、放射专业工作人员在任何情况下都不允许暴露于原发射线束之中，在不影响诊疗质量的情况下，尽量缩短照射时间，设备允许时，尽可能采取遥控和远距离操作。
- 5、放射工作场所、放射性同位素贮存场所准备有明确的警示标识，如警示指示牌、警示灯等。
- 6、备有必要的防护设施和防护用品，保证放射工作场所通风良好。

遵义医科大学附属医院

放射源及射线装置台帐管理制度

- 1、建立射线装置台帐，设有仪器名称、型号、管电压、输出电流、用途等。
- 2、建立放射源台账，设有核素名称、放射源编码、出厂日期、出厂活度（贝可）、核素类别、使用位置/存放点、使用状态等。
- 3、严格射线装置及放射源进出管理，坚决杜绝外借现象发生。
- 4、退役的射线装置应该按照医院相关报废流程进行处置。
- 5、退役放射源由原生产厂家或有资质的单位收贮，医院不得随意处置。

遵义医科大学附属医院

辐射工作场所和环境辐射水平监测方案

为加强对放射源及射线装置管理，控制放射性物质的照射，规范放射工作防护管理，保障和关员工健康和环境安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，结合我院实际，特制定本方案。

设备处负责联系有放射设备性能、工作场所防护监测资质的机构对我院放射设备进行每年一次的设备性能与防护监测。

1、外部监测: 定期联系有监测资质的机构对我院放射工作设备性能与场所辐射防护进行监测或环境评价。

2、内部监测: 核医学科定期指定专人对存放放射物质场所进行监测，并记录档案；涉及二类射线装置使用科室定期自行组织专人对工作场所进行监测，并记录档案。

3、应急监测: 应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平进行必要的内部或外部监测。



遵义医科大学附属医院 辐射、放射设备维修制度

一、各科室辐射、放射设备发生故障时，及时报科室主管负责人和维修工程师处理，维修工程师开展维修工作时，各科室工作人员全力配合维修工作，减少停机率。

二、各科室维修工程师经检查发现不能独立解决问题，要上报各科室负责人及设备处，及时联系厂家售后部门派人来完成维修工作。

三、维修工作完成后，各科室工作人员应操作机器进行检查，确认故障是否排除，机器能否正常工作。

四、工程师或物理师应对机器进行必要检测，确保机器工作正常。

五、维修工程师签收维修项目清单，并留复印件存档。

六、设备处辐射管理人员每月对放射性工作场所的安全防护设施进行定期巡查，并填写巡查记录，发现有安全隐患，及时通知厂家进行维修处理，做好维修记录并存档。



遵义医科大学附属医院 辐射工作人员培训计划

一、在辐射安全管理委员会领导下，实行科主任负责制。涉及辐射工作的科室由科主任对辐射工作人员进行统一领导和管理。

二、辐射安全与防护培训计划：仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员由我院结合实际，按照国家核技术利用辐射安全与防护培训平台 (<http://fushe.mee.gov.cn/>) 和辐射安全培训微信公众号（辐射安全培训）已公布的参考题库和考核规则，拟定培训计划和考核规定，自行组织对我院仅从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员开展培训和考核，将培训计划、考核试卷等资料留存备查。其余使用 II 类射线装置、放射源及非密封放射性物质的工作人员定期准备参加环保主管部门组织的核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后方可上岗；做到每名操作人员都进行培训，加强操作人员的辐射安全教育，增强操作人员在辐射工作岗位的可调节性，做到辐射人员轮流上岗，尽可能达到“防护与安全的最优化”的原则。

遵义医科大学附属医院

辐射安全管理规定

为保证我单位辐射环境安全，保障职工和患者的健康和安全，根据《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许可管理办法》等有关法律、法规，结合单位实际情况，特制定本规定。

一、为落实辐射安全工作主体责任，单位确定法定代表人为辐射安全工作第一责任人，签订辐射安全责任书。同时成立辐射安全管理委员会（下称管理委员会），全面负责本单位的辐射安全与防护工作。

二、单位改建、扩建辐射项目，必须严格按照法律法规要求，履行环评审批及环保验收手续并取得批复意见后可正式运行。同时，各类辐射活动必须在辐射安全许可证规定的种类和范围内开展。

三、建立健全本单位辐射安全防护和保卫等各项管理规章制度，辐射事故应急预案，采取措施防止辐射安全事故的发生。

四、不定期对辐射安全与防护工作落实情况的检查，发现安全隐患问题的，应要求相关部门、人员及时整改；发现重大安全隐患的必须立即停止使用，还应向环保部门报告，

经整改确认安全后，辐射工作方可继续进行。

五、建立放射源管理和放射源登记台账。做到进出本单位的放射源数量相符，放射源购买、更新、处置时，按规定办理放射源转让批准、备案登记、许可变更等手续。各使用科室应当制定使用放射性装置和同位素制度、登记制度及操作规程，确保在辐射安全有效的前提下开展各项工作。

六、加强对辐射工作人员的辐射安全与防护培训，严禁未经培训考核合格的工作人员上岗从事辐射工作活动。

七、配备监测设备，对放射源装置和工作场所进行经常性的巡查巡测，确保放射防护设施完好与含源装置性能的稳定，巡查检测记录归档保存。

八、辐射工作人员应配带个人辐射剂量计，建立辐射工作人员个人剂量档案。

九、每年必须对辐射工作场所的安全与防护状况进行年度评估，坚持年度评估与年度监测相结合，及时发现安全问题，并立即整改。

十、辐射工作场所设置明显的电离辐射警示标志，严禁存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

十一、加强放射源闲置期间的安全保卫工作，并指定专人每天进行安全保卫和巡视，建立巡查记录。当放射源闲置超过三个月的，领导小组及其他负有辐射安全责任人有责任向单位报告，及时按法规要求进行安全送贮。

十二、应建立健全安全辐射安全管理制度及档案，接受环保部门、公安部门的监督检查。

十三、凡本单位辐射工作人员必须严格落实本规定及其他辐射安全与防护规章制度要求。如有违反，将根据造成不良后果情况，进行对应处罚；若造成辐射事故发生的，按法律法规要求，追究违规人员法律责任。

PET-CT 操作步骤



一. 开机

1. 打开 PET-CT 屏幕显示器。
2. 确认检查床的位置是否在起始位置 (Table Position 为 0)。
3. 在 syngo Acquisition Workplace 菜单上, 依次选择 System (系统) > End (结束)。选择 Restart System (重新启动系统)。单击 Yes (是)。
4. 屏幕上将会自动显示 Checkup (检查) 对话框。但如果该对话框未自动显示, 可以通过依次选择 syngo 菜单中的 Setup (设置) > Checkup (检查) 对其进行访问。
 - 1) 单击 Checkup (检查) 按钮。系统检查将开始。
 - 2) 按照系统提示按下控制箱上的启动按钮。
5. 确认屏幕显示是否正常, 如有报错立即通知工程师来解决。

二. 关机

1. 确认检查床的位置是否在起始位置 (Table Position 为 0)。
2. 关闭 PET-CT 屏幕显示器。

三. 检查流程

1. 首先在 MedEx 工作站选择“注射”界面, 检查护士输入

受查者的信息如：受查者的 PET 号、姓名、性别、年龄、体重、注射剂量、注射时间等各种信息。

2. 打开 worklist，点击受查者目录，然后必须再次核对病人 PET 号、姓名、性别、年龄、体重。
3. 先要求受查者除去身体上的各种金属物如（皮带、钥匙、手机、项链等），然后把受查者放上检查床，手上举，必须将受查者头部 OM 线与 PET-CT 激光定位线平行位置，将检查床位置进入：高度为 140cm 左右，床的轴向位置为 -300mm 左右。
4. 进入采集程序，输入病人注射剂量、注射时间信息。
5. 首先采集病人体部 PET-CT，待后采集脑图像时必须把手在胸腹部。

遵义医科大学附属医院

放射性同位素订购、领取、保管、使用制度

1. 国家规定订购与使用放射性同位素实行许可证制度。应根据工作实际需要，在规定允许使用量范围内，制定年度订购计划。
2. 放射性同位素及放射免疫分析试剂应有专人领取和保管；到货后迅速取回，及时登记，妥善保管，防止丢失或变性。
3. 使用时，将放射性同位素移入本科（室）专用铅罐内，盖上铅罐，贴妥标签，注明放射性同位素种类、放射性浓度及日期，出厂说明书妥加保存，以备查对。
4. ^{99m}Tc 发生器按规定步骤与要求安装，质量检测符合要求后方可使用。
5. 标记及注射放射性药物时应严格核对，防止发生差错。应定期质控检查，如需要可随时检查。
6. 放射性免疫分析试剂盒不符合检测指标要求者不得使用，以保证检测结果准确可靠。
7. 放射性同位素到货后，应及时通知患者检查或治疗，以减少浪费。
8. 放射性同位素空容器应固定地点集中存放，按月退回，并登记退回容器型号及编号，存档备查。

遵义医科大学附属医院

辐射安全事故应急预案

一、总则

为提高我院应对突发辐射事故处理能力，迅速采取必要和有效的应急行动，最大限度预防和减少突发辐射事故的损害，保证我院辐射环境安全，保障职工与患者生命安全，根据《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许可管理规定》等有关法律、法规，结合单位实际情况，特制定本应急预案。

二、组织机构及职责

我院辐射事故应急组织机构由辐射安全事故应急处理领导小组、应急救援工作组构成。应急处理领导小组是负责现场应急处置的决策指挥机构。

（一）辐射安全事故应急处理领导小组

组 长：余昌胤

副组长：杨 智 张体江 魏在荣

成 员：	李成明	张 骏	杨邦辉	廖荣容
	鄢泽松	彭笳宸	赵然尊	石荣书
	邓呈亮	王 攀	姚声涛	黄美容
	刘达兴	敖 俊	李邦国	谢 睿

杨小红

领导小组下设办公室在设备处,联系电话: 8214(内线)。

职责:

辐射事故发生后,立即启动本预案,辐射事故应急处理领导小组迅速赶赴现场,根据现场实际情况,合理分工,密切配合、快速有效,全面展开应急处理救援工作。

(二)应急救援工作组

在应急处理领导小组的统一领导下成立辐射事故应急救援工作组,包括医疗救治组、护理组、接诊转运组、设备物资组、药品组、秩序维护组、信息收集宣传报告组。

1、医疗救治专家组

组 长: 魏在荣

副组长: 张 骏

成 员: 全院各临床、医技科室负责人

职 责: 辐射事故应急处理、技术保障、医疗救治工作及协调其他部门的关系。

2、护理组

组 长: 黄仕明

副组长: 袁晓丽 谭 静

成 员: 各临床科室护士长

职 责: 对全院护理人员调配及管理工作。

3、接诊转运组

组 长：张体江

副组长：杨邦辉

组 员：后勤处所有人员

职 责：发生辐射事故时病人的转诊、转运工作。

4、设备物资组

组 长：杨 智

副组长：李成明

组 员：设备处所有工作人员

职 责：发生辐射事故时，立即联系辐射源、放射设备生产厂家及各种抢救设备、物资的调配。

5、药品组

组 长：魏在荣

副组长：杨建文

组 员：药剂科所有工作人员

职 责：发生辐射事故时各种抢救药品的调配。

6、秩序维护组

组 长：唐昌言

副组长：张逸雄

组 员：保卫处所有工作人员

职 责：发生辐射事故时周边环境的安全保卫，并防止事态扩大影响安定团结，影响正常工作进行。

7、信息收集宣传报告组

组 长：勾 强

副组长：肖 毅

组 员：宣传科所有工作人员

职 责：负责对政府及其他部门有关辐射事故相关文件的收集、整理、报告和我院对政府应急办及上级卫生行政部门的报告及传递等，做到及时、准确、全面地发布信息。

三、 辐射安全事故应急处理原则

（一）生命第一，科学施救原则；

（二）控制现场，科学评估原则；

（三）收集信息，迅速上报原则；

四、 应急处理流程图



辐射事故发生后，现场值班人员应疏散现场人员并立即向辐射事故应急处理领导小组（内线 8214）报告辐射事故简要情况，辐射事故应急处理领导小组通知保卫处封锁现场及根据辐射事故类别采取相应应急处理措施，并在 1 小时内向

环保部门、公安部门、卫生部门汇报辐射事故情况，积极配合相关政府部门进行处置和调查。

五、 辐射事故类别

根据我院实际情况，特将辐射事故按照装置类别划分为以下辐射事故类别：

- (一) 加速器生产中心辐射事故
- (二) DSA 与其他Ⅲ类射线装置项目辐射事故
- (三) 非密封放射性物质污染事故
- (四) 放射源被盗、失控（泄露）辐射事故

六、 应急预案启动

辐射事故发生后，立即启动本预案，辐射事故应急处理领导小组迅速赶赴现场，根据现场实际情况，合理分工、密切配合，快速有效，全面展开应急处理救援工作。

(一) 加速器生产中心辐射事故(核医学科)

(1) 加速器生产时产生核泄漏：

①人员撤离：应第一时间停止生产，并将人员撤离至安全范围；

②立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组（内线 8214），小组成员迅速到达事故现场。

③封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

④设备报修和故障排除：值班技术员上报设备处由设备处联系售后报修，同时由设备处对故障现象和维修内容进行记录，包括：1. 报修设备名称；2. 故障内容：时间、有无诱因、故障状况、报修时间、报修人；3. 设备维修状况：更换零配件、修复时间、工程师、科室验收人。

⑤剂量监测：核医学科应急处置人员穿戴防护用品持辐射剂量监测设备进入泄露场所进行监测，监测结果显示正常后，方可进入生产区作业。

(2) 合成、分装过程中出现核泄漏：

①人员撤离：工作人员应保持冷静的头脑，要保持良好的通风，防止气溶胶的形成，同时人员也应迅速撤离现场，并关好防护门。

②立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组（内线 8214），小组成员迅速到达事故现场。

③封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

④实施应急救治：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

⑤剂量监测：核医学科应急处置人员穿戴防护用品持辐射剂量监测设备进入泄露场所进行监测，监测结果显示

正常后，方可进入生产区作业。

(3) 对于药品配送或使用过程中出现的核泄漏，配送人员或医护人员应迅速撤离现场，保卫处设立警示，同时也要告诉周围人群不得接近，等辐射降到安全范围内时，方可继续作业。(与非密封放射性物质污染事故雷同，建议删除，请核医学科定夺)

(二) DSA 与其他Ⅲ类射线装置项目辐射事故(影像科及 DSA 使用科室)

(1) 人员撤离及患者分流：对于人员误照射、工作场所泄露射线、泄露辐射的情况应及时按下紧急停止开关，暂停检查，将患者移至非工作领域，采取应急处理措施包括重新启动在内的简单故障排除方法，同时应通知设备处。

(2) 立即报告：当班人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组(内线 8214)，小组成员迅速到达事故现场。

(3) 伤者救治：若现场有人员受伤，采取措施对受伤人员进行紧急救护，并及时运送伤员进行进一步检查和救治。

(4) 设备报修和故障排除：设备报修和故障排除：值班技术员上报设备处由设备处联系售后报修，同时由设备处对故障现象和维修内容进行记录，包括：1. 报修设备名称；2. 故障内容：时间、有无诱因、故障状况、报修时间、报修人；3. 设备维修状况：更换零配件、修复时间、工程师、科

室验收人。

（三）非密封放射性物质污染事故（核医学科）

（1）人员撤离：发生非密封放射性物质污染事故后，当班工作人员疏散现场及附近人员撤离到安全地点。

（2）立即报告：当班工作人员立即报告院辐射安全事故应急处理小组（内线 8214），小组成员迅速到达事故现场。

（3）封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

（4）报告当地环保、公安部门：设备处初步调查，将事故发生的时间、地点、原因、污染物种类、性质、已造成的污染范围等有关情况及时报告当地环保、公安部门，以方便环保、公安部门对事故进行处理。并在 1 小时内进行书面上报。

（5）切断污染环节：根据现场情况，设备处和核医学科及时采取措施，切断一切可能扩大污染范围的环节。

（6）实施应急救治：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

（7）协助调查处理：环保、公安、卫生部门及专家组对事故进行调查时，积极配合，尽力提供方便，并按照有

关指示及要求开展工作。

(8) 进行事故总结: 事故处理完毕后及时写出总结报告。

(四) 放射源被盗、失控(泄露)辐射事故(输血科、核医学科)

1. 源被盗事故。

(1) 报告应急处理小组、保卫处: 澄清源被盗事实, 落实清楚被盗源的型号、核素名称、活度、射线种类、类别、安装地点、被盗大约时间, 以及已经采取的措施, 并在 1 小时内进行书面上报当地环保、公安部门。

(2) 保护现场: 保卫处组织保安人员对现场进行有效保护, 禁止人员进入, 以便于公安、环保部门调查取证。

(3) 配合公安、环保部门调查侦破: 公安、环保部门介入调查取证时, 积极配合, 尽最大力量提供方便, 为早日侦破认真开展工作。

(4) 进行事故总结: 事故处理完毕后, 认真总结经验、教训, 研究制定防范措施, 杜绝此类事件的再次发生。

2. 源失控(泄露)污染事故

(1) 撤离人员: 发生源失控(泄露)污染事故后, 应急组织指挥机构立即下令, 保卫处组织疏散现场及附近人员撤离到安全地点。

(2) 立即报告: 当班工作人员立即报告院辐射安全事故

应急处理小组（内线 8214），小组成员迅速到达事故现场。

(3) 封锁现场：初步确定污染性质，划定警戒范围，保卫处组织保安人员迅速封锁现场，对事故区实行人员、车辆管制，禁止无关人员进入。

(4) 现场抢修：由设备处组织维修人员进行现场抢修，如源失控（泄露）无法抢修处置，则及时报当地环保部门。

(5) 报告当地环保：设备处初步调查、抢修，如无法及时控制，则将事故发生的时间、地点、原因、污染物种类、性质、已造成的污染范围等有关情况及时报告当地环保，以方便环保、公安部门对事故进行处理。并在 1 小时内进行书面上报。

(6) 切断污染环节：根据现场情况，设备处及时采取措施，切断一切可能扩大污染范围的环节。

(7) 实施应急救治：对可能受到放射性核素污染或者放射性损伤的人员立即采取隔离或应急救援措施，并在预防保健科指导下，采取有效的个人安全防护措施。

(8) 协助调查处理：环保卫生部门及专家组对事故进行调查时，积极配合，尽力提供方便，并按照有关指示及要求开展工作。

(9) 进行事故总结：事故处理完毕后及时写出总结报告。

附件 4：本项目相关人员信息

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



蔡炯，男，1972年06月01日生，身份证：42[REDACTED]19，于2023年07月参加 核医学 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GZ0300067

有效期：2023年07月14日至 2028年07月14日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



胡显文，男，1988年10月01日生，身份证：[REDACTED]，于2023年03月参加 核医学 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS23GZ0300022

有效期：2023年03月16日至 2028年03月16日



报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



放射工作人员职业健康检查表

体检编号	2205255073
单 位	遵义医科大学附属医院
部 门	核医学
姓 名	蔡炯
性 别	男
年 龄	50岁
电 话	11
危害因素	电离辐射
类 别	在岗期间
体检日期	2022年5月25日

单位名称：贵州省第三人民医院(贵州省职业病防治院)

地址：贵州省贵阳市云岩区百花大道34号

体检批准文号：黔卫职检字(2013)第012号

电话：0851-84778341

职业体检结论及建议：

职业健康检查结论： 可继续原放射工作。	职业健康检查建议 可继续原放射工作。
报告医师： 主检医师： 2022年7月6日	

尊敬的受检者：

首先感谢您配合我们完成了这次医学检查，也衷心感谢您对我们工作的信任。职业健康监护是实现法定职业性疾病二级预防“早发现、早诊断、早治疗”的重要手段。依照《职业健康监护技术规范》（GBZ188-2014）的相关检查要求，针对您所接触的职业性危害因素所检项目，我们对您的职业健康状况进行了检查，在此我们需提醒您注意的是：①本报告改动无效；②报告结论只对本次查体有效；③本报告不得作为劳动关系、职业史和职业病危害接触史证明；④若检出职业性相关异常情况及其他健康异常情况请按照处理意见要求进行处理。为了您的健康，我们建议您按照《职业健康监护技术规范》要求定期进行职业健康检查。

贵州省第三人民医院
贵州省职业病防治院
健康（职业）管理中心

注意：您只需要阅读体检结论及建议。

本人已阅此次体检结论和建议



2022年7月28日



蔡刚 男 50岁 2205255073

第9页，共9页



2306066051



放射工作人员职业健康检查表

体检编号	2306066051		
工作单位	遵义医科大学附属医院		
部 门	核医学		
姓 名	胡显文		
性 别	男	年 龄	34岁
联系电话	12		
体检日期	2023年6月6日		
体检类别	上岗前		
危害因素	电离辐射		

体检机构名称：贵州省第三人民医院

地址：贵州省贵阳市云岩区百花大道34号

体检批准文号：黔卫职检备字（2020）第021号

电话：0851-84778341



职业体检结论及建议：

职业体检结论： 可以从事放射工作。	职业体检建议： 可以从事放射工作。
报告医师：胡明 总检医师：[Signature] 2023年7月10日 	

尊敬的受检者：

首先感谢您配合我们完成了这次医学检查，也衷心感谢您对我们工作的信任。职业健康监护是实现法定职业性疾病二级预防“早发现、早诊断、早治疗”的重要手段。依据国家法律法规，规范标准相关要求，针对您所接触的职业性危害因素所检项目，我们对您的职业健康状况进行了检查，在此我们需提醒您注意的是：①本报告改动无效；②报告结论只对本次查体有效；③本报告不得作为劳动关系、职业史和职业病危害接触史证明；④若检出职业性相关异常情况及其他健康异常情况请按照处理意见要求进行处理。为了您的健康，我们建议您按照相关规定定期进行职业健康检查。

注意：您只需要阅读体检结论及建议。

贵州省第三人民医院
贵州省职业病防治院
健康（职业）管理中心

2023年12月11日

贵州省第三人民医院
贵州省职业病防治院

个人剂量监测 年剂量检测报告

（密封）

委托单位：遵义医科大学附属医院

检测单位：贵州省第三人民医院（贵州省职业病防治院）

报告日期：2023年12月11日



贵州省第三人民医院 年剂量检测评价报告

报告编号: GZSSY-Y-2022-621

第 1 页 共 22 页

检测项目	个人剂量监测	检测方法	热释光剂量测量法
用人单位	遵义医科大学附属医院	委托单位	遵义医科大学附属医院
检测/评价依据	GBZ128-2019		
检测室名称	个人剂量监测室	检测类别/目的	委托/常规监测
检测仪器名称/型号/编号	热释光剂量仪 /RE2000/390005	探测器	热释光剂量计(TLD)-片状(圆片)-LiF(Mg,Cu,P)
监测日期:	2022-10-01~2023-09-30		

评价结论:

你单位崔伟同志,剂量计编号:ZYFY-MNW-16,年度剂量:13.79 mSv,年受照剂量大于 5mSv,建议该放射工作人员按国家要求做好职业健康监护,正确佩戴个人剂量计,从事介入工作建议佩戴双剂量计,妥善保管个人剂量计,加强个人防护,持续监测个人剂量,余张淑娟等 556 位同志年受照剂量小于 5mSv,符合 GBZ128-2019《职业性外照射个人剂量监测》第 6.1 条规定要求,



检测结果:

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10)$ (mSv)
ZYFY-FK-01	张淑娟	女	其它(2F)	3	0.03
ZYFY-FK-02	李光雪	女	其它(2F)	3	0.03
ZYFY-FK-04	刘颂	男	其它(2F)	3	1.14
ZYFY-FS-001	杨科进	男	诊断放射学(2A)	3	0.05
ZYFY-FS-002	关品	男	诊断放射学(2A)	4	0.16
ZYFY-FS-003	韩红	女	诊断放射学(2A)	4	0.04
ZYFY-FS-004	仇光禹	男	诊断放射学(2A)	4	0.06
ZYFY-FS-005	李邦国	男	诊断放射学(2A)	4	0.07
ZYFY-FS-006	张体江	男	诊断放射学(2A)	4	0.09
ZYFY-FS-007	陈华	男	诊断放射学(2A)	4	0.08
ZYFY-FS-008	王显真	男	诊断放射学(2A)	4	0.15
ZYFY-FS-009	李强	男	诊断放射学(2A)	4	0.23

检测结果:

第 8 页 共 22 页

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10)$ (mSv)
ZYFY-GJW-09	桑鹏	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-10	余浩	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-11	熊伟	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-12	邓钰鸿	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-GJW-13	仲鹤鹤	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-14	陈方	男	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-GJW-15	刘穆齐	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-16	何兴川	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-GJW-18	孙鹏鹏	男	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-GJW-19	杨继滨	男	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-GJW-21	吕国庆	男	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-GJW-22	朱泊同	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-GJW-24	蔡东峰	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-GJW-27	张靖	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-GJW-28	黄淼	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GJW-29	刘梓舟	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-GJW-31	杨礼丹	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-GP-02	李文鑫	男	核医学(2C)	1	0.01
ZYFY-GP-04	崔廷煜	男	核医学(2C)	1	0.01
ZYFY-HYX-001	王攀	男	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-002	杨尚旭	女	核医学(2C)	4	0.23
ZYFY-HYX-003	蔡剑	男	核医学(2C)	4	0.08
ZYFY-HYX-004	王聚	男	核医学(2C)	4	0.10
ZYFY-HYX-005	李彬	男	核医学(2C)	4	0.22
ZYFY-HYX-006	代克波	男	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-007	钱凯	男	核医学(2C)	4	0.55

检测结果:

第 9 页 共 22 页

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10)$ (mSv)
ZYFY-HYX-008	杨昌伟	男	核医学(2C)	4	0.18
ZYFY-HYX-009	吴雁	女	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-010	郑家深	男	核医学(2C)	4	0.12
ZYFY-HYX-011	冯泽龙	男	核医学(2C)	4	0.08
ZYFY-HYX-012	李雪	女	核医学(2C)	4	0.08
ZYFY-HYX-013	喻荣华	女	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-014	蒋茂燕	女	核医学(2C)	4	0.36
ZYFY-HYX-015	蔡小佳	女	核医学(2C)	4	0.16
ZYFY-HYX-016	杨培庆	男	核医学(2C)	4	0.12
ZYFY-HYX-017	张川毅	女	核医学(2C)	4	0.06
ZYFY-HYX-018	黄琦	男	核医学(2C)	4	0.07
ZYFY-HYX-019	孙全林	女	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-020	李顺	男	核医学(2C)	4	0.61
ZYFY-HYX-022	梅晴悦	女	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-023	宋林霞	女	核医学(2C)	4	0.23
ZYFY-HYX-024	文顺翠	女	核医学(2C)	4	0.16
ZYFY-HYX-026	李松	女	核医学(2C)	4	0.52
ZYFY-HYX-027	尚茂彩	女	核医学(2C)	4	0.53
ZYFY-HYX-028	杨文笔	女	核医学(2C)	4	0.04
ZYFY-HYX-029	石晓玲	女	核医学(2C)	4	0.41
ZYFY-HYX-030	胡晓	女	核医学(2C)	4	0.77
ZYFY-HYX-031	万庆	女	核医学(2C)	3	0.18
ZYFY-HYX-032	胡显文	男	核医学(2C)	3	0.05
ZYFY-HYX-GP-01	蔡瑞	男	核医学(2C)	1	0.01
ZYFY-HYX-GP-02	文瑞	男	核医学(2C)	1	0.01
ZYFY-HYX-GP-03	唐金艳	女	核医学(2C)	1	0.01

检测结果:

第 22 页 共 22 页

编号	姓名	性别	职业类别	本年度监测次数	$H_p(10)$ (mSv)
ZYFY-XWK-004	王雨梅	女	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-XWK-01	刘达兴	男	介入放射学(2E)	3	0.05
ZYFY-XWK-02	夏宇	男	介入放射学(2E)	4	0.08
ZYFY-XWK-03	黄德荣	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-04	任彦	女	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-XWK-05	周浩	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-06	张登沈	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-XWK-07	汤全	男	介入放射学(2E)	4	0.16
ZYFY-XWK-08	田仁斌	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-XWK-09	熊伟	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-XWK-10	国科	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-XWK-11	罗刚	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-12	罗亮亮	男	介入放射学(2E)	4	0.05
ZYFY-XWK-13	张令涛	男	介入放射学(2E)	4	0.08
ZYFY-XWK-14	刘英杰	男	介入放射学(2E)	1	0.01
ZYFY-XWK-15	肖睿涵	女	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-16	廖远峰	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-XWK-17	张黔	男	介入放射学(2E)	4	0.04
ZYFY-XWK-18	宋扬	男	介入放射学(2E)	3	0.05
ZYFY-XWK-19	张建	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-21	徐璐亮	男	介入放射学(2E)	3	0.03
ZYFY-XWK-22	孔平	男	介入放射学(2E)	2	0.02
ZYFY-XWK-23	王波	男	介入放射学(2E)	2	0.04

检测人: 刘超

校核人: 王超

2023 年 12 月 11 日

2023 年 12 月 11 日





贵州辐源环保科技有限公司
监 测 报 告

报告编号：GZFY/HJ-FSJC2024-051

委托单位：遵义医科大学附属医院

项目名称：分子影像重点实验室建设项目环境本底监测



报告日期：2024 年 2 月 23 日



检验检测机构 资质认定证书

副本

证书编号: 192415101304

名称: 贵州福源环保科技有限公司

地址: 贵州省贵阳市贵安新区国家高新技术产业开发区沙文科技园区白金大道(3491号)
7号楼第4层7-4-2、3、4号

经审查,你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力,现予批准,可以向社会出具具有证明作用的数据和结果。特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。
你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由贵州福源环保科技有限公司承担。

许可使用标志



192415101304

发证日期: 2019年08月13日

有效期至: 2025年08月12日

发证机关:



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制,在中华人民共和国境内有效。

监测报告说明

1. 本报告依据国家有关法律法规、标准、协议和技术文件进行。本机构保证检测工作的公正性、独立性和可靠性，对检测的数据负责；不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
2. 本报告无监测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司红色检验检测专用章、无骑缝章和无  章无效。
3. 对本监测报告有异议者，请于收到报告书之日起十五日内向本单位提出复核申请，逾期不予受理。
4. 委托现场监测对委托单位现场实际状况负责；送样委托检测，仅对来样负责。
5. 未经本单位书面允许的对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效，本单位不承担任何法律责任。
6. 监测结果仅对本次监测项目负责。
7. 本报告一式叁份，客户方贰份，本公司留存壹份。

检测单位：贵州福源环保科技有限公司

联系地址：贵州省贵阳市贵阳国家高新技术产业开发区沙文科技园区白金大道
(3491号)7号楼第4层7-4-2、3、4号

联系电话：0851-85770850

手 机：18111839306

联 系 人：肖建炫

邮 箱：120444846@qq.com

贵州福源环保科技有限公司

监测报告

一、基本信息

委托单位	遵义医科大学附属医院					
单位地址	贵州省遵义市汇川区大连路 149 号					
项目名称	分子影像重点实验室建设项目环境本底监测					
海拔 (m)	860			天气情况	晴	
监测仪器	设备名称	编号	检定/校准因子	能响范围	响应时间	有效期
	BH3103B 型 X-γ剂量率仪	072	0.987	25keV-3MeV	≤5s	2024.11.1
监测方法	现场瞬时测量					
监测依据	1、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； 2、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）。					

二、监测结果

2.1 拟建分子影像重点实验室及其周围环境

监测项目	陆地γ辐射剂量率	监测点数	13		
环境温湿度	22.6℃, 45%RH	监测日期	2024 年 2 月 20 日		
监测类别	委托监测	监测方式	现场瞬时测量		
监测地点	拟建第四住院楼负一楼拟建分子影像重点实验室及其周围环境 (经纬度: 27°42'39"N, 106°56'31"E)				
监测点号	监测位置	陆地γ辐射剂量率 (单位: $\times 10^{-4}\text{Gy/h}$)			
		读数范围	平均读数	测量结果	
γ1	拟建分子影像重点实验室内	7.0-9.0	8.2	6.12±0.64	
γ2	拟建分子影像重点实验室南侧电梯厅	7.0-10.0	8.3	6.22±0.76	
γ3	拟建分子影像重点实验室西侧楼梯间	7.0-9.0	8.0	5.92±0.60	
γ4	拟建分子影像重点实验室东侧核医学科	10.0-12.0	10.8	8.68±0.64	

监 测 报 告

续表：拟建分子影像重点实验室及其周围环境

监测点号	监测位置	陆地γ辐射剂量率（单位：×10 ⁻⁶ Gy/h）		
		读数范围	平均读数	测量结果
γ5	拟建分子影像重点实验室楼下发电机房	6.0-8.0	7.0	4.93±0.60
γ6	拟建分子影像重点实验室楼上大厅	7.0-9.0	7.9	5.82±0.54
γ7	拟建分子影像重点实验室东侧大连路	6.0-8.0	7.1	4.54±0.72
γ8	拟建分子影像重点实验室南侧广场	5.0-7.0	5.9	3.35±0.72
γ9	拟建分子影像重点实验室西侧院内道路	9.0-11.0	10.0	7.40±0.60
γ10	拟建分子影像重点实验室北侧广场	7.0-9.0	7.8	5.23±0.64
γ11	拟建分子影像重点实验室北侧绿化带	9.0-11.0	9.9	7.30±0.54
γ12	拟建分子影像重点实验室东侧人行通道	7.0-9.0	8.0	5.43±0.60
γ13	拟建分子影像重点实验室西侧发热门诊	9.0-12.0	10.2	8.09±0.84
备注：测量结果=平均读数×校准因子（0.987）-k ₁ ×测点处宇宙射线响应值（2.47×10 ⁻⁶ Gy/h）				
k ₁ ：建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。				

监测报告

三、监测布点图



本项目监测布点图1

图1 拟建分子影像重点实验室环境监测布点图1

监测报告

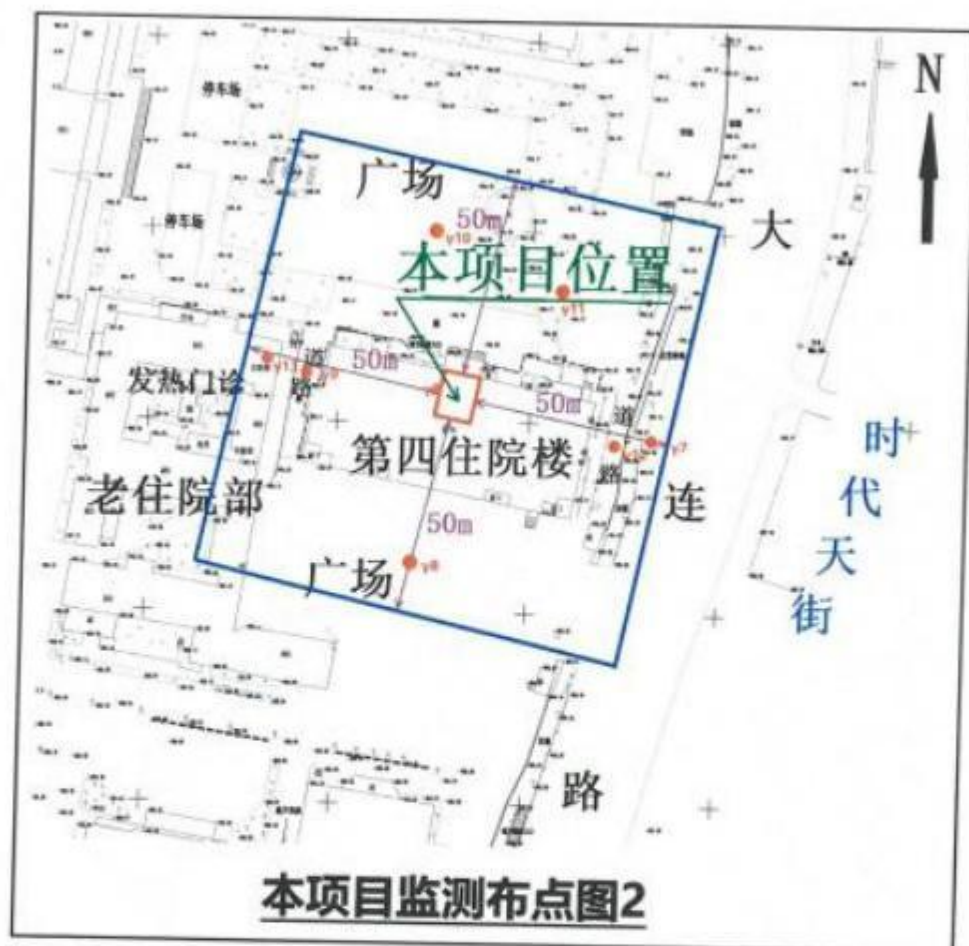


图1 拟建分子影像重点实验室环境监测布点图2

监测报告

现场监测图



监测报告



编制人: 杨群桂
签发人: 高建

审核人: 刘永发
签发日期: 2024年2月23日
(加盖公章和骑缝章)

附图

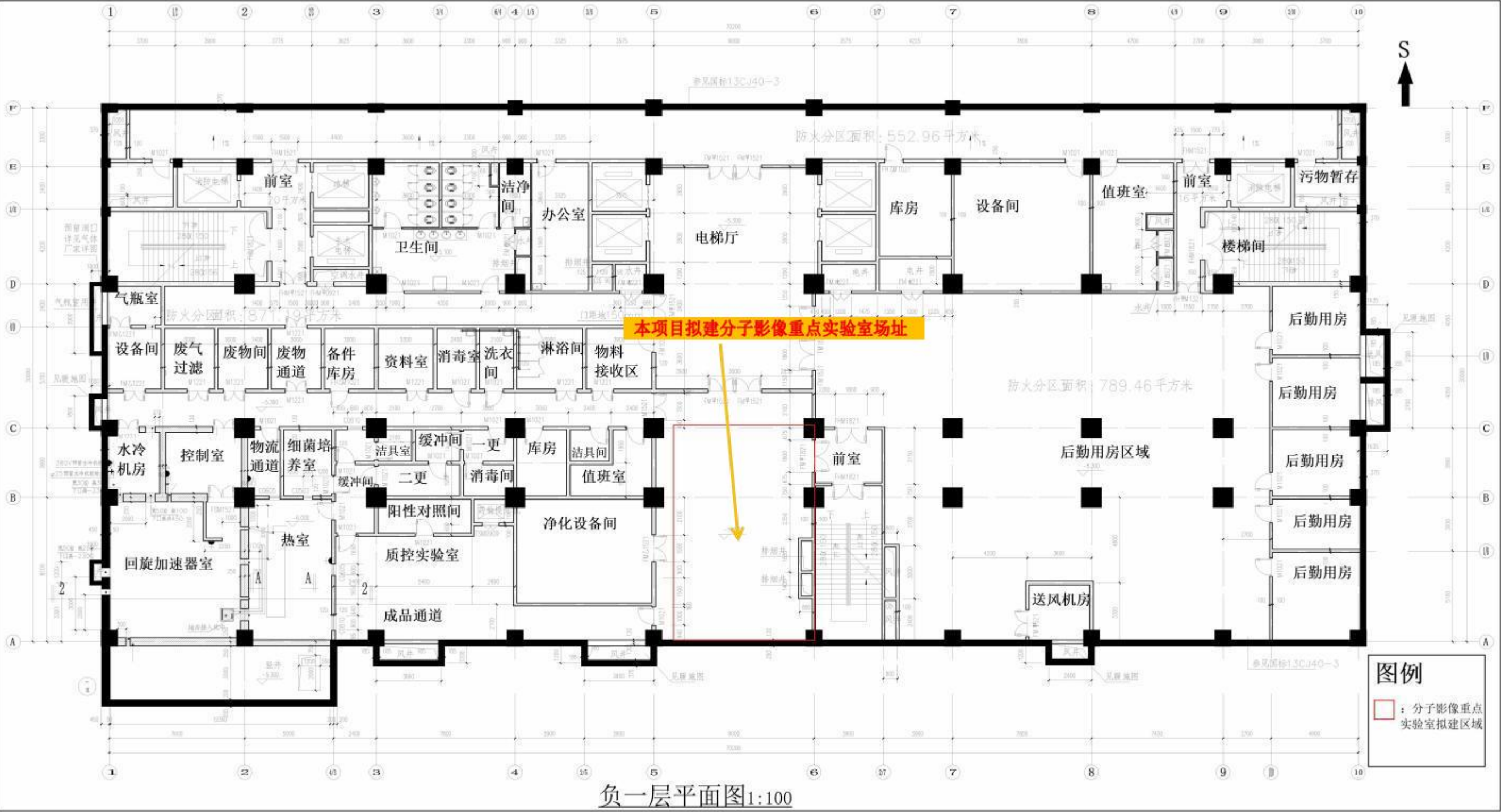
附图 1：遵义医科大学附属医院地理位置图



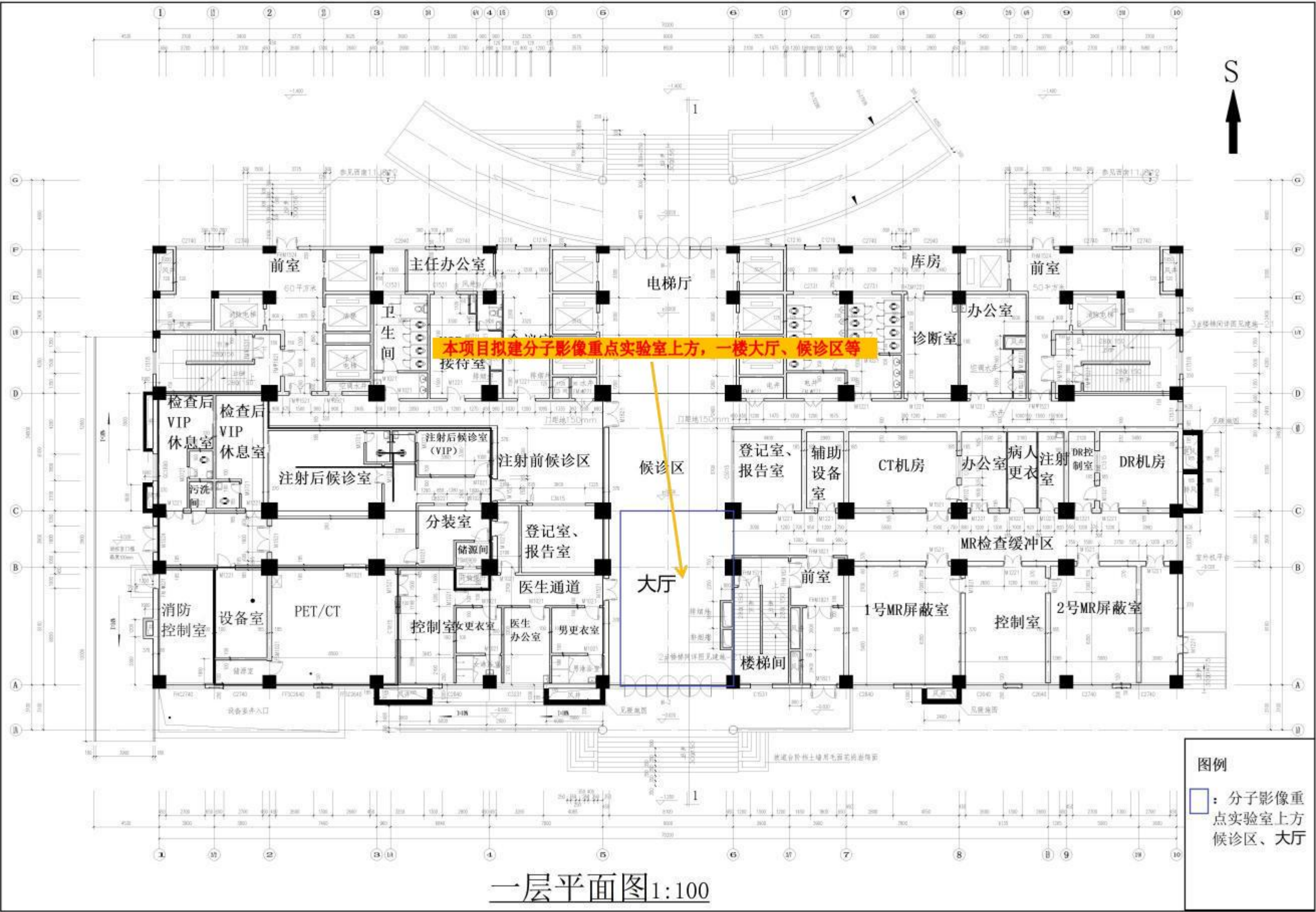
附图 2：遵义医科大学附属医院平面图



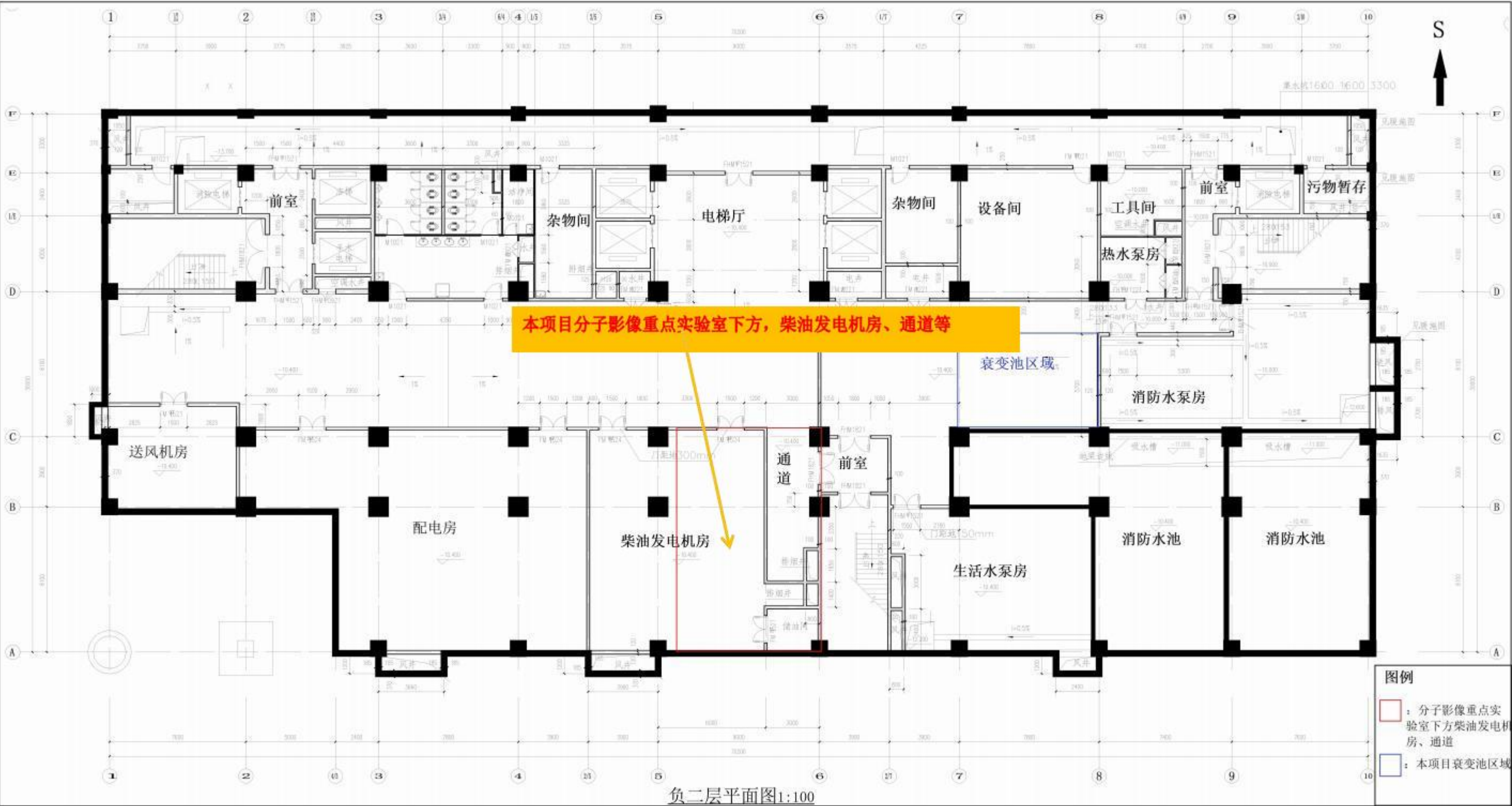
附图 3：本项目第四住院楼负一层平面图



附图 4：本项目第四住院楼一层平面图



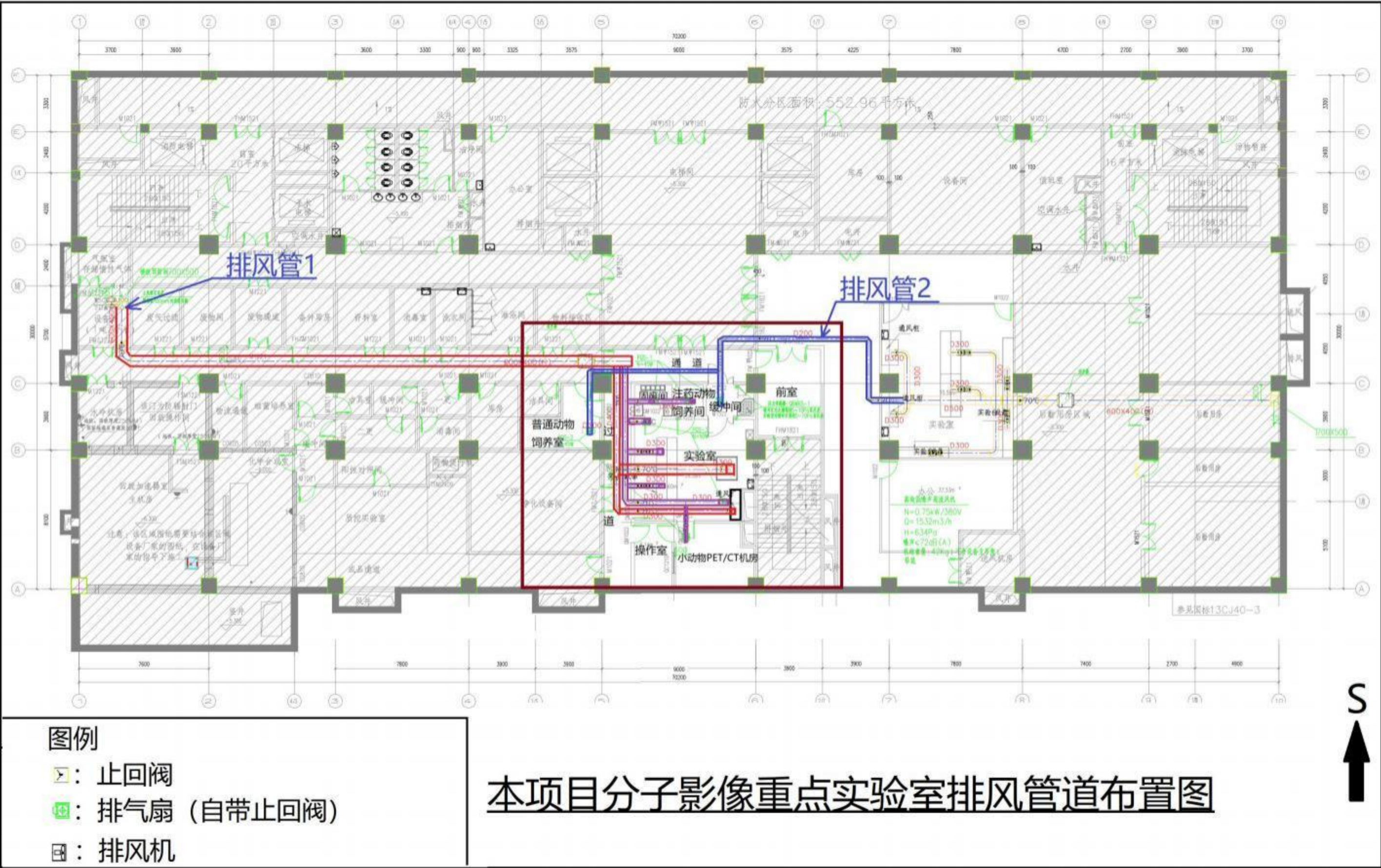
附图 5：本项目第四住院楼负二层平面图



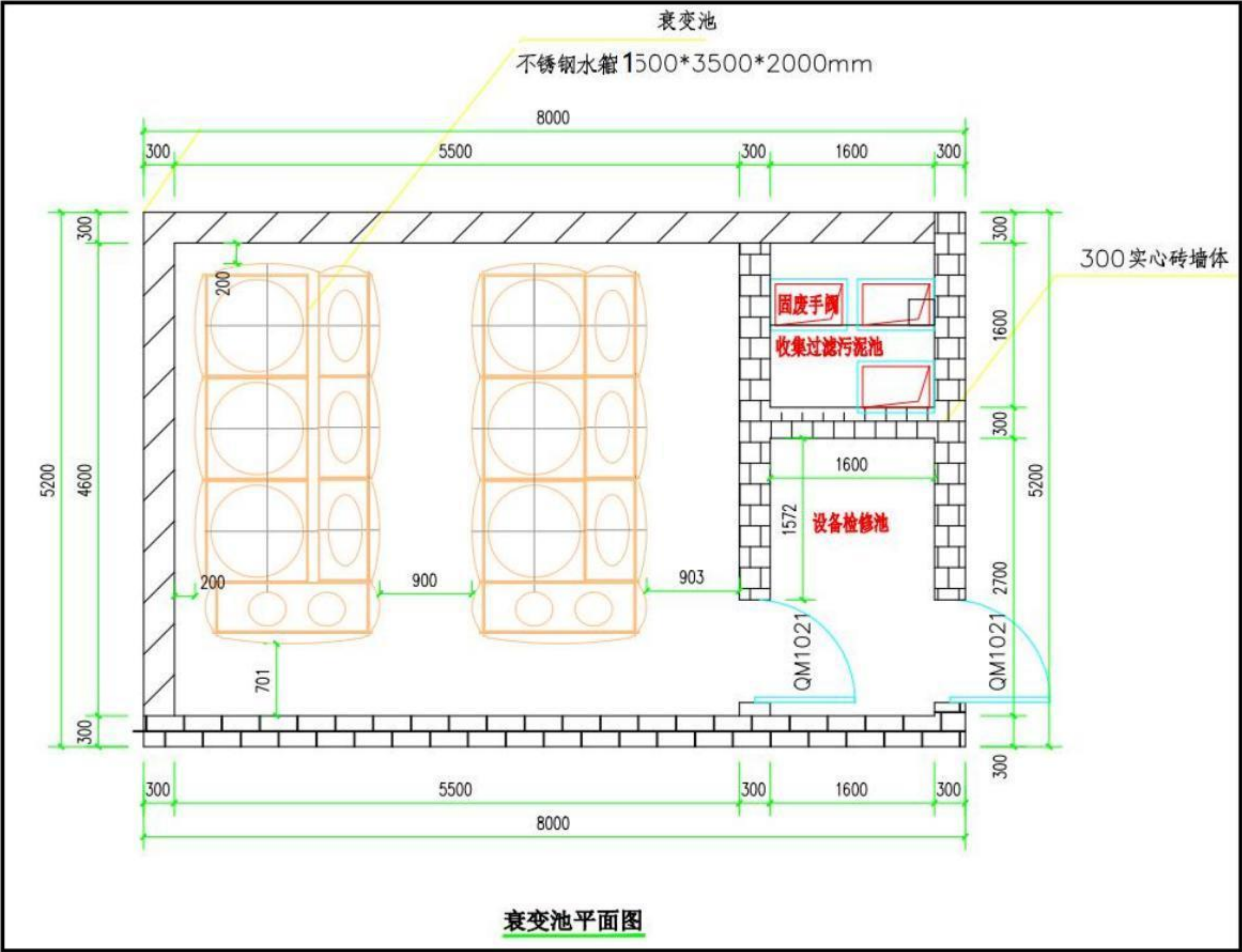
附图 6：分子影像重点实验室排水管道布置图



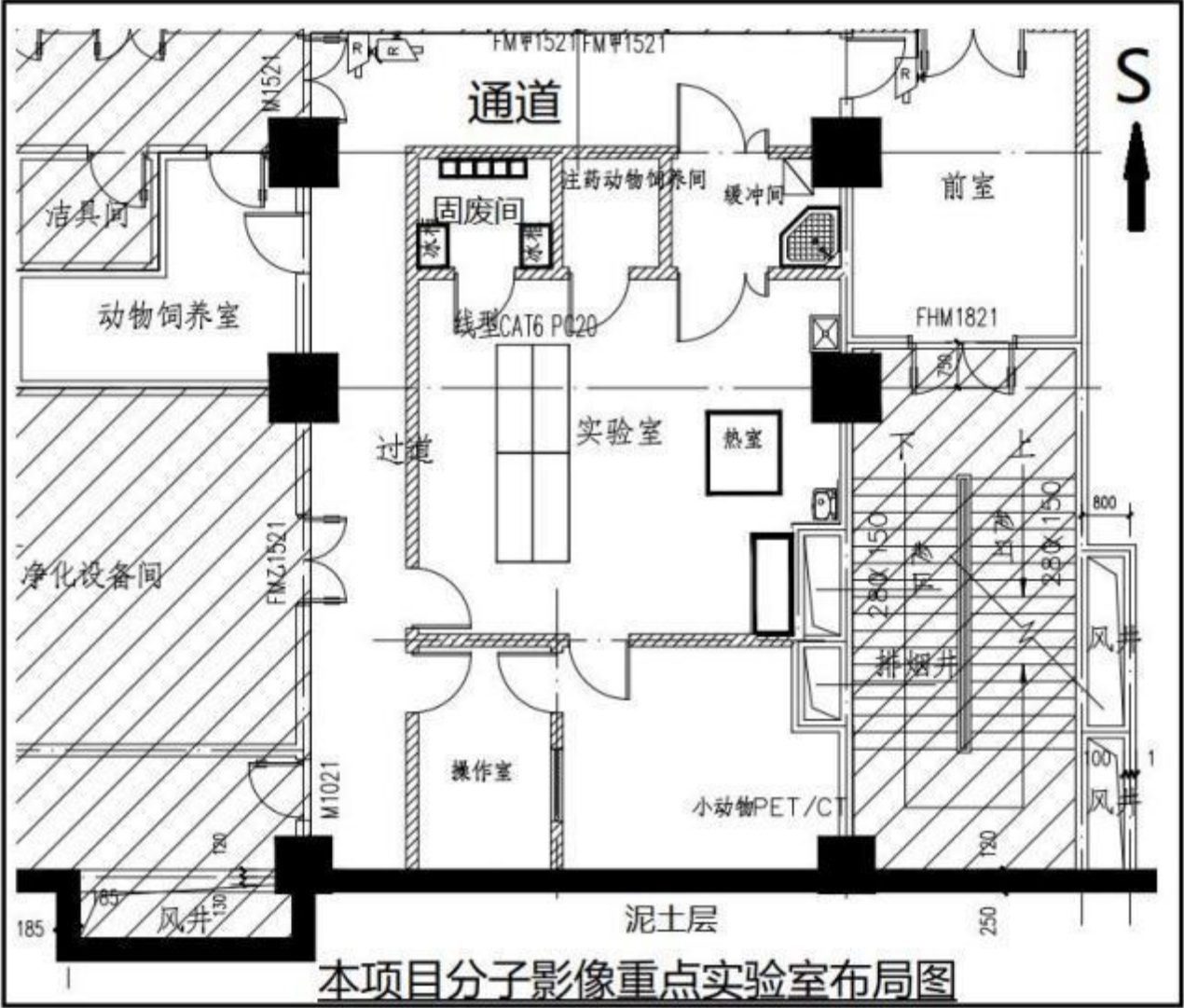
附图 7：分子影像重点实验室排风管道平面布置图



附图 8：衰变池结构示意图



附图9：本项目分子影像重点实验室平面布局图



遵义医科大学附属医院

授权委托书

贵州省生态环境厅：

由核工业二三〇研究所编制的《遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目环境影响报告表》已完成，我单位特委托吴艳如（身份证号码：52010119740424）代为办理相关事宜，请各主管部门办理相关手续为谢！

特此委托

遵义医科大学附属医院

2024年3月11日



遵义医科大学附属医院

承诺函

贵州省生态环境厅：

根据《遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目环境影响报告表》的有关规定，我单位报送的所有材料真实无误，承诺对材料的真实性负责；报送的报告表不含涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私以及涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定的内容。



环评中介服务机构承诺函

贵州省生态环境厅：

我单位承诺受委托编制的环评文件符合国家和贵州省的各项技术规范，对材料的真实性、规范性和环评结论负责。根据《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》的有关规定，报送的《遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目环境影响报告表》不含涉及国家秘密、商业秘密、个人隐私以及涉及国家安全、公共安全、经济安全和社会稳定的内容。



遵义医科大学附属医院
遵义医科大学附属医院分子影像中心
遵义市汇川区大连路149号遵义医科大学

[illegible]

注：1、同级别经部门审批核发的唯一项目代码
2、分类依据：国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)
3、对多点项目仅提供主体工程的中心坐标
4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量
5、⑦=③+④+⑤，⑧=②+④+③，当②=0时，⑧=①+④+⑤

序号	项目名称	项目地点	总投资(万元)	项目内容及规模	主要污染物及生态影响	环评批复日期
1	遵义医科大学附属医院分子影像重点实验室建设项目	遵义市汇川区大连路149号遵义医科大学附属医院第四住院楼负一层	786	遵义医科大学附属医院由于科研需要，拟在第四住院楼负一层建设一个非密封放射性物质工作场所——分子影像重点实验室，在该场所内新增一台III类射线装置动物 PET/SPECT/CT，并使用 ^{18}F 、 ^{68}Ga 、 ^{124}I 、 ^{64}Cu 、 ^{89}Zr 、 ^{11}C 开展 PET 正电子显像诊断动物实验研究，使用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{111}In 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究，使用 ^{131}I 、 ^{177}Lu 开展 SPECT 显像诊断动物实验研究以及前列腺癌、肝癌等癌症的治疗动物实验研究，使用 ^{90}Y 进行肝病治疗研究，使用 ^{225}Ac 、 ^{223}Ra 、 ^{161}Tb 、 ^{212}Pb 进行前列腺癌、胰腺癌及其骨转移癌、胃肠胰腺神经内分泌瘤、结肠癌、淋巴瘤等癌症的治疗动物实验研究。	由分子影像重点实验室工作流程分析可知，γ射线外照射将伴随核素在 PET/SPECT/CT 诊断研究以及肿瘤治疗研究项目整个开展过程中，包括供药、分装标记、注射等过程，并随后进入实验研究对象（实验动物）体内。实验动物注射放射性药物后，本身短时间内也成为“辐射体”，不但对周围环境有外照射影响，排泄物也成为放射性污染物。供药、分装、注射操作过程产生的固体废物、注射放射性药物后解剖或实验动物死亡也可能受放射性污染而成为放射性固体废物，分子影像重点实验室建设项目污染因子包括： (1) γ射线 分子影像重点实验室使用的 ^{18}F 非密封放射性物质、^{124}I 非密封放射性物质、^{68}Ga 非密封放射性物质、^{64}Cu 非密封放射性物质、^{89}Zr 非密封放射性物质、^{11}C 非密封放射性物质、$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 非密封放射性物质、^{111}In 非密封放射性物质、^{131}I 非密封放射性物质、^{177}Lu 非密封放射性物质、^{225}Ac 非密封放射性物质、^{223}Ra 非密封放射性物质、^{161}Tb 非密封放射性物质以及 ^{212}Pb 非密封放射性物质会自发的发生衰变产生γ射线，因此γ射线是分子影像重点实验室建设项目的主要污染因子。 (2) α射线及α表面污染 ^{223}Ra、^{225}Ac 放射性药物会发出α射线，使用活动过程中不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成α放射性表面污染。因此，α射线是该项目的主要污染因子。 (3) β射线及β表面污染 部分放射性药物会发出β射线，使用活动过程中不可避免地会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成β放射性表面污染。因此，β射线是该项目的主要污染因子。 (4) X 射线 本项目使用的 PET/SPECT/CT 在曝光显像的过程中会发出 X 射线，以及放射性核素衰变过程中会产生韧致辐射，会对周围环境造成辐射影响，因此 X 射线是本项目的主要污染因子。	

1

					(5) 放射性废水 根据医院提供的资料，本项目产生的废水主要来源于场所清洁以及工作人员清洗、洗澡废水， (6) 放射性废气 分子影像重点实验室辐射工作场所涉及使用^{18}F、^{124}I、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{11}C、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{111}In、^{131}I、^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra、^{161}Tb、^{212}Pb，其中^{124}I、^{131}I属于碘化钠化合物，属于易挥发物质，其余核素挥发量极小。 (7) 放射性固废 分子影像重点实验室涉及使用的放射性药物包括^{18}F、^{124}I、^{68}Ga、^{64}Cu、^{89}Zr、^{11}C、$^{99\text{m}}\text{Tc}$、^{111}In、^{131}I、^{177}Lu、^{90}Y、^{225}Ac、^{223}Ra、^{161}Tb、^{212}Pb，均采用注射的方式进行给药，产生的固体废物包括：一次性注射器、针头、棉签、口罩、擦拭纸、手套、药瓶、一次性防护服等，产生量约150g/只·次，此外，根据建设单位提供的资料：还有注射放射性药物解剖后的实验动物尸体、擦拭纸，和用于注药实验动物饲养、观察期间产生的排泄物及用于接收排泄物的吸水纸等。 (8) 臭氧、氮氧化物 本项目动物 PET/SPECT/CT 营运期还会产生氮氧化物、臭氧空气污染物。	
--	--	--	--	--	--	--

2