

核技术利用建设项目

湖南恺德微创医院有限公司新增一处
乙级非密封放射性物质工作场所项目
环境影响报告表

（ 报 审 稿 ）

湖南恺德微创医院有限公司

二〇二六年八月

核技术利用建设项目

湖南恺德微创医院有限公司新增一处 乙级非密封放射性物质工作场所项目 环境影响报告表

建设单位名称：湖南恺德微创医院有限公司

建设单位法定代表人（签名或签章）：

通讯地址：株洲市荷塘区茨菇塘恺德路 99 号

邮政编码：412000

联系人： 栗卫炎

电子邮箱：2733183752@qq.com

联系电话：15873303200

核技术利用建设项目

湖南恺德微创医院有限公司新增一
处乙级非密封放射性物质工作场所
项目
环境影响报告表



建设单位名称：湖南恺德微创医院有限公司

建设单位法定代表人（签名或盖章）：

陈大来

通讯地址：株洲市荷塘区茨菇塘恺德路 99 号



打印编号: 1787127017000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	n6528v		
建设项目名称	湖南恺德微创医院有限公司新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目		
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）	湖南恺德微创医院有限公司		
法定代表人（签章）	陈大东		
主要负责人（签字）	邓轲		
直接负责的主管人员（签字）	粟卫炎		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	长沙苏韦环保科技有限公司		
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
伍志强			伍志强
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
伍志强	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准。		伍志强
李文	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议		李文

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	17
表 3 非密封放射性物质	17
表 4 射线装置	18
表 5 废弃物（重点是放射性废物）	19
表 6 评价依据	20
表 7 保护目标与评价标准	22
表 8 环境质量和辐射现状	32
表 9 项目工程分析与源项	35
表 10 辐射安全与防护	43
表 11 环境影响分析	58
表 12 辐射安全管理	77
表 13 结论与要求	85
表 14 审批	87

附 图

附图一：单位地理位置图

附图二：医院平面示意图

附图三：第五大楼一层原始平面示意图

附图四：第五大楼二层原始平面示意图

附图五：核医学科平面示意图

附图六：核医学科排风示意图

附图七：核医学科排水示意图

附图八：项目摄像监控装置、可视对讲门禁/单向门禁装置、呼叫系统安装示意图

附 件

附件 1 委托书

附件 2 医院相关证件

附件 3 医院相关环评文件

附件 4 关于调整辐射安全防护管理委员会的通知

附件 5 辐射防护相关制度（部分）

附件 6 辐射事故应急预案

附件 7 现有辐射工作人员情况统计表

附件 8 现状检测报告

附件 9 核医学科辐射屏蔽设计参数

附件 10 关于剂量管理目标值的确定文件

附件 11 核医学科放射性核素工作量计划

表 1 项目基本情况

建设项目名称		湖南恺德微创医院有限公司新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目			
建设单位		湖南恺德微创医院有限公司			
法人代表					
注册地址		株洲市荷塘区茨菇塘恺德路 99 号			
项目建设地点		株洲恺德心血管病医院第五大楼一层东端			
立项审批部门		/		批准文号 /	
建设项目总投资（万元）		200	项目环保投资（万元）	138	投资比例（环保投资/总投资） 69%
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		

1.项目概述

1.1 医院简介

株洲恺德心血管病医院为集医疗、教学、科研、预防于一体的三级医院，该医疗机构主体与湖南恺德微创医院有限公司为同一经营主体（以下用“株洲恺德心血管病医院”称建设单位）。医院现有博士后、教授 21 人，硕士、副教授 55 人；开设心胸外科、心血管内科、普外科、妇科、泌尿外科、神经内科、骨伤科、神经外科、呼吸与危重症医学科、消化内科、肾病科、麻醉科、康复医学科等临床科室

1.2 任务由来

为满足群众日益增长的就医需求，提升医院整体的医疗服务水平，扩展医院医疗服务项目，株洲恺德心血管病医院拟对第五大楼一层东端发热门诊进行改造，设置 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，拟使用非密封放射性物质 I-131 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用 P-32 开展核素敷贴治疗。

根据《中华人民共和国环境保护法》《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号）和《中华人民共和国环境影响评价法》以及《中华人民共和国放射性污染防治法》，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目涉及使用乙级非密封放射性物质工作场所，环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。因此，2025 年 8 月 1 日，株洲恺德心血管病医院委托长沙宏伟环保科技有限公司对项目进行环境影响评价（委托书见附件 1）。评价单位在现场调查和收集有关资料的基础上，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，编制完成了该项目环境影响报告表。

1.3 项目概况

（1）项目名称：湖南恺德微创医院有限公司新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目

（2）建设单位：株洲恺德心血管病医院

（3）建设地点：株洲恺德心血管病医院第五大楼一层东端

（4）建设性质：改扩建

（5）建设内容与规模：本项目拟对第五大楼一层东端原发热门诊病房进行改造，设置 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，拟使用非密封放射性物质 I-131 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用 P-32 开展核素敷贴治疗。本项目核医学科拟规划建设分装室、甲功测定室、敷贴室、固废室。储源室、留观室及相关辅助用房，拟重新规划建设通风系统和给排水系统，新建一处衰变池，本项目主要工程依托关系见表 1-1。

表 1-1 本项目主要工程依托关系表

名称	建设内容及规模		备注
主体工程	核医学科场所	建设分装、固废、储源、敷贴、甲亢留观、卫生间、污洗间、卫生通过间、甲功测定室、衰变房等功能用房。	改建
	使用核素	①使用非密封放射性物质I-131开展甲亢治疗和甲状腺功能测定； ②使用P-32开展核素敷贴治疗；	新增
辅助工程	办公区	建设导医室、诊室、值班室、体外分析室、宣教室等功能用房。	改建
公用工程	供电	由市政电网供电，依托医院供配电系统。	依托
	供水	由城市供水管网提供，依托院内现有供水系统。	依托

	排水	产生的生活污水直接联通医院现有污水管道，依托医院现有污水处理系统处理后接入市政污水管网；本项目核医学科产生的放射性废水经衰变池处理达标后进入医院污水处理系统处理。	依托医院污水处理系统，新建衰变池
环保工程	放射性废水	拟新建1个槽式三级衰变池，设置于核医学科场所南侧地下。由1个容积为4.0m ³ 的沉渣池、3个有效容积均为4.0m ³ 的衰变池构成，3个衰变池总有效容积12.0m ³ 。	新建
	放射性废气	核医学科控制区设置独立的排风系统，排气口高于本建筑物屋顶，排放前由过滤净化装置处理。	新建
	放射性固体废物	拟设置固废间，通过铅防护废物桶收集放射性废物后，存放于固废间内，存放达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。	新建

(6) 本项目核医学科拟使用非密封放射性物质为 I-131 和 P-32，依据医院提供的工作量估算：

1、甲亢治疗：医院采取预约制，每天治疗人数 5 人，每周工作 1 天，每周一接诊，全年最多治疗人数 250 人，每人最大用药量 $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ (10mCi)。

2、甲状腺功能测定：医院采取预约制，每天检测人数 5 人，每周工作 1 天，每周一接诊，全年最多检测人数 250 人，每人最大用药量 $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$ (0.01mCi)。

3、敷贴治疗：医院采取预约制，每天最多治疗人数 10 人，每周工作 1 天，每周二接诊，全年治疗人数最多 480 人，每人最大用药量 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi)。

4、I-131 药物接诊当日送药，P-32 每月送药 1 次，医院根据患者数量和服药剂量预订放射性药物，每次送药 I-131 不超过 50.05mCi，P-32 不超过 40mCi。月底时，医院根据 P-32 剩余药量，受理患者预约，如发生药物不够的情况，则将患者调整至下月初进行治疗。

具体情况详见表 1-2。

表 1-2 新建核医学科使用非密封放射性核素表

核素名称	半衰期	性状	衰变类型	最大药量 Bq/人	接诊人数 人/批	日最大操作量 Bq/d	年工作负荷 人/a	年最大用量 Bq/a	用途
I-131	8.02d	液态	β衰变	3.7E+8	5 人/批	1.85E+9	250 人/a	9.25E+10	甲亢治疗
I-131	8.02d	液态	β衰变	3.7E+5	5 人/批	1.85E+6	250 人/a	9.25E+7	甲测
P-32	14.26d	液态	β衰变	3.7E+7	10 人/批	1.48E+9	480 人/a	1.78E+10	敷贴治疗

本次评价将核医学科作为一个非密封源工作场所，根据《电离辐射防护与辐射

源安全基本标准》（GB 18871-2002）附录 C 非密封源工作场所的分级规定，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。

$$\text{日等效最大操作量} = \frac{\text{实际日操作量} \times \text{毒性组别修正因子}}{\text{操作方式修正因子}}$$

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）附录 A，I-131、P-32 均属于中毒毒性组别，修正因子为 0.1，医疗机构使用 I-131 核素的相关活动视为“简单操作”操作方式，有关的修正因子为 1。本项目拟使用的 P-32 药液仅进行暂存、分装、转移、给药、储存等操作，按“简单操作”考虑，有关的修正因子为 1，暂存、储存应按“非常简单”考虑，有关的修正因子为 100。

表 1-3 新建核医学科使用非密封放射性核素日等效最大操作量

序号	核素	日最大操作量（Bq）	毒性组别修正因子		操作方式修正因子		日等效最大操作量（Bq）	使用地点
1	I-131	1.85E+09	中毒	0.1	简单	1	1.85E+08	分装室
2	I-131	1.85E+06	中毒	0.1	简单	1	1.85E+05	
3	P-32	1.48E+09	中毒	0.1	简单	1	1.48E+08	
4	P-32	1.48E+09	中毒	0.1	非常简单	100	1.48E+06	储源室
合计							3.35E+08	

经计算，新建核医学科使用非密封放射性核素日等效最大操作量为：3.35×10⁸Bq；依据 GB18871-2002 附录 C 中规定乙级非密封源工作场所：2.0×10⁷—4.0×10⁹Bq，因此本项目新建核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。

（7）人员配备：核医学科拟配备 3 名辐射工作人员，均从医院内部调配，仅从事本科室相关岗位工作，不从事其他辐射工作，从事核医学工作前，辐射工作人员均应取得核医学专业的辐射安全与防护考核合格成绩单；进行上岗前的职业健康体检；在岗期间建设单位应为辐射工作人员配置个人剂量计，并按要求正确佩戴、定期送检。本项目运行后，3 名辐射工作人员仅从事核医学科工作。

（8）建设方案：依据建设单位提供图纸，本项目占地约 323m²（含预留区域）。医院第五大楼为砖混结构建筑，医院拟将改建区域原门窗、地面面层、吊顶、管线插座、洁具等全部拆除。拆除后，建设单位拟依据设计图纸新建场所墙体；经现场勘察，原建筑外墙为 240mm 实心红砖墙。将整个区域分为卫生通过间、敷贴室、分装室、固废室、储源室、留观室、甲功测定室、候诊区、医护办公室等功能用房。

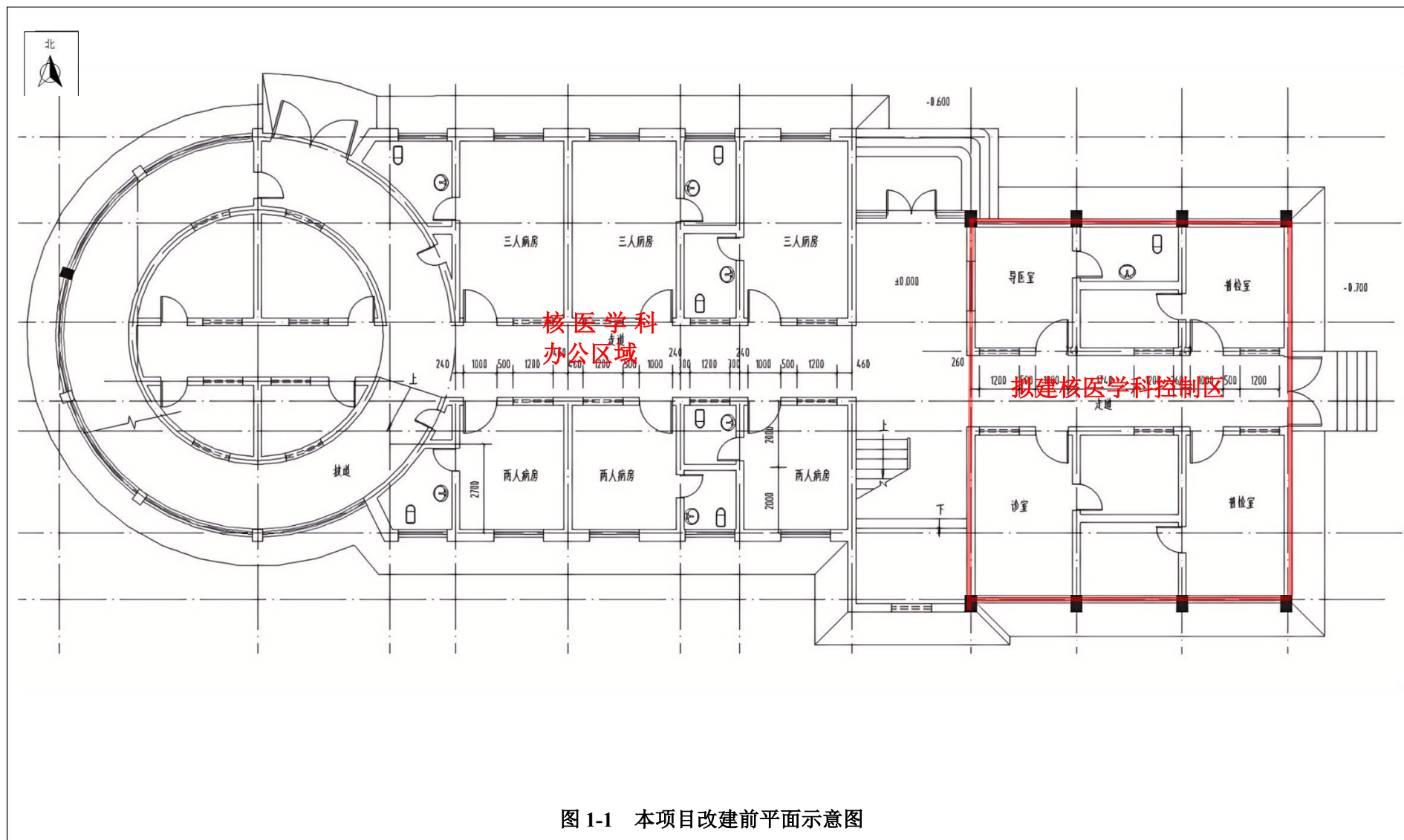
本项目改建前平面示意图见图 1-1，本项目改建后平面示意图见图 1-2。

1.4 产业政策符合性与实践正当性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目使用的非密封放射性物质属于第一类“鼓励类”第六项“核能”中第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。本项目按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，可以将该项目危害产生的影响降至尽可能小。本项目的实施给职业人员、公众及社会带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.5 项目选址及周边环境

株洲恺德心血管病医院位于株洲市荷塘区茨菇塘恺德路 99 号。医院北侧和西侧为山区，北侧山峰另一侧侧为居民区，医院西侧山峰另一侧为钻石广场，东侧为恺德路，西侧为前进社区茨凯小区。医院所处区域交通、供水、供电、医疗、通信等配套城市公用设施建设完善，地理位置较优越。项目地理位置图见图 1-3，医院平面布局见图 1-4。



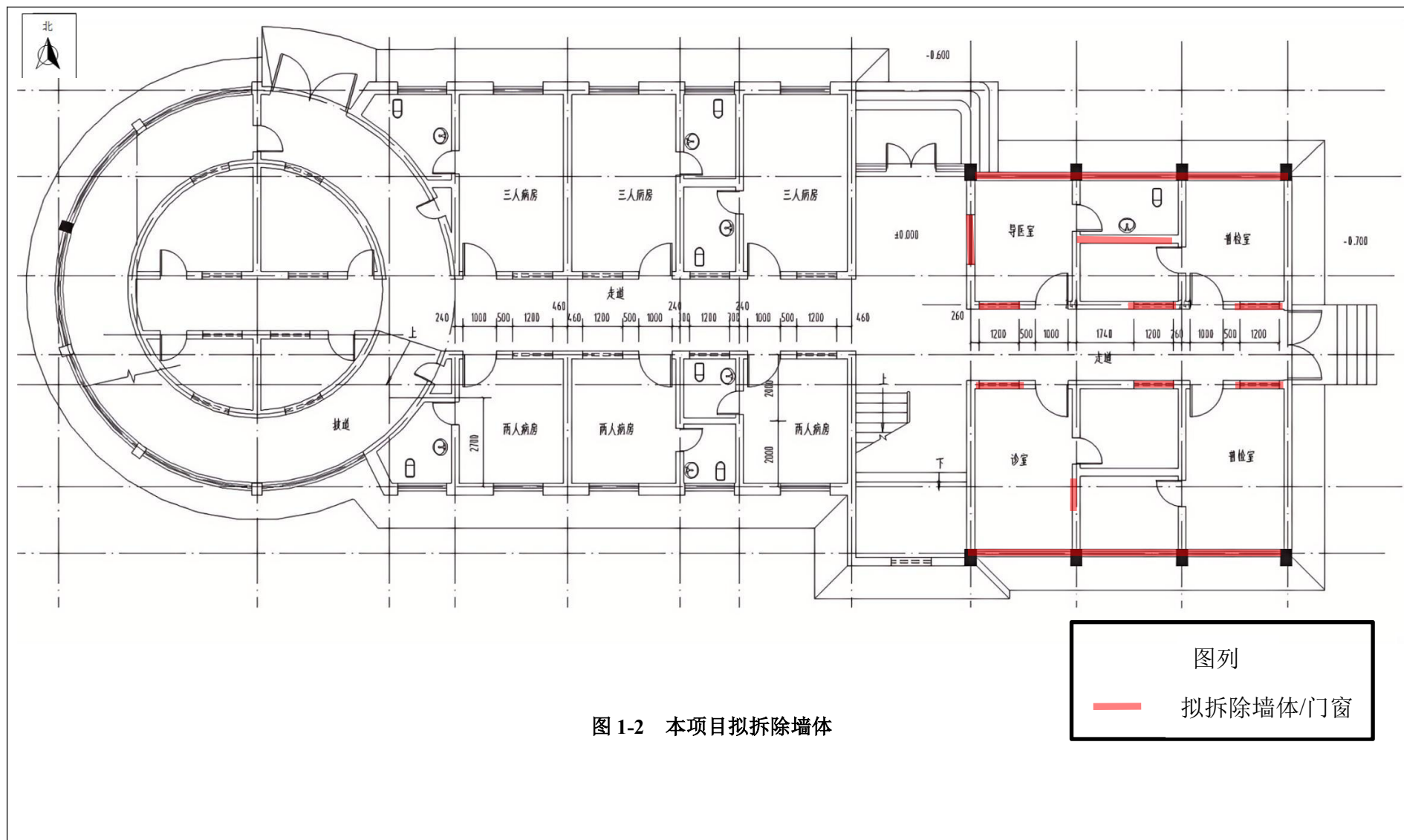
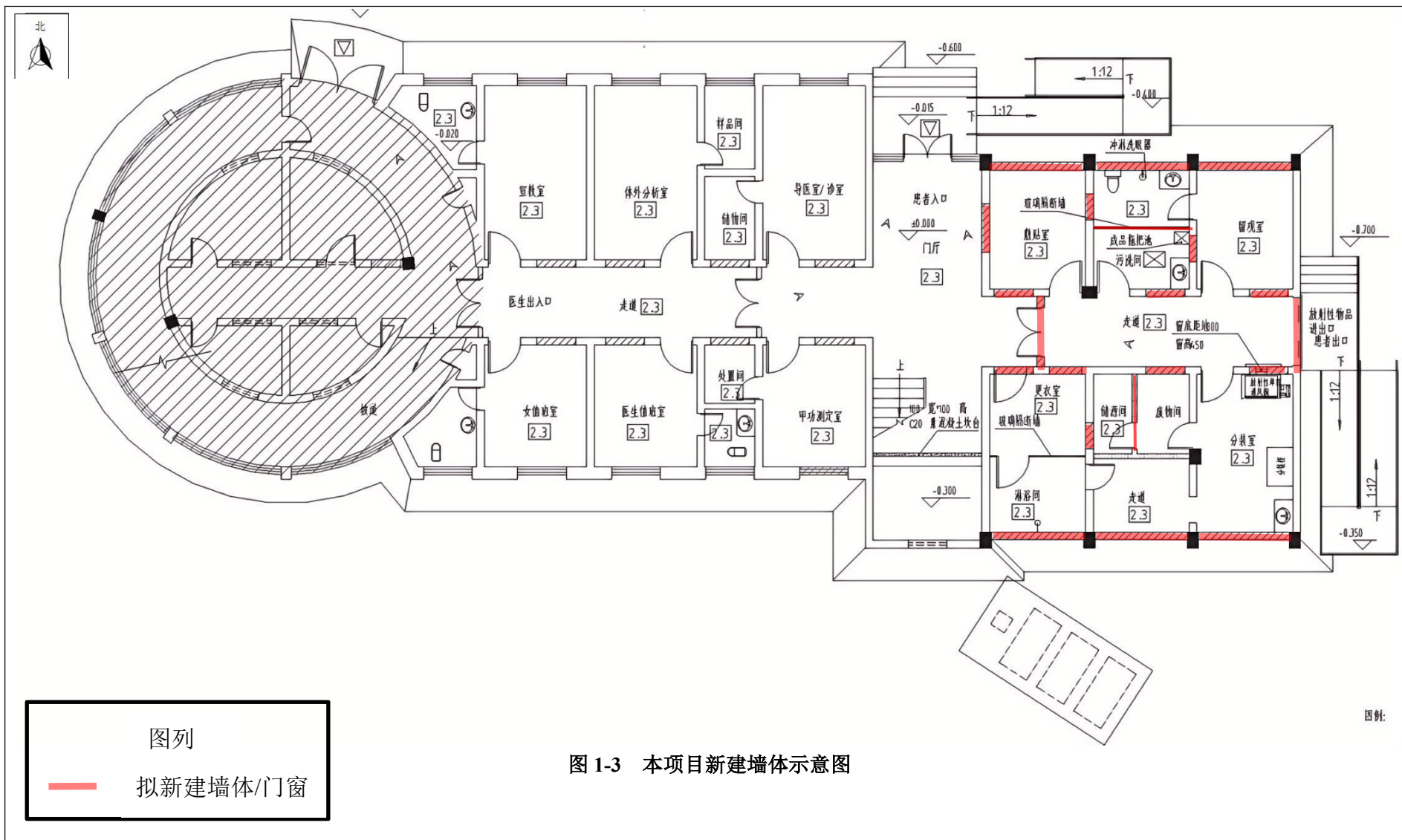


图 1-2 本项目拟拆除墙体



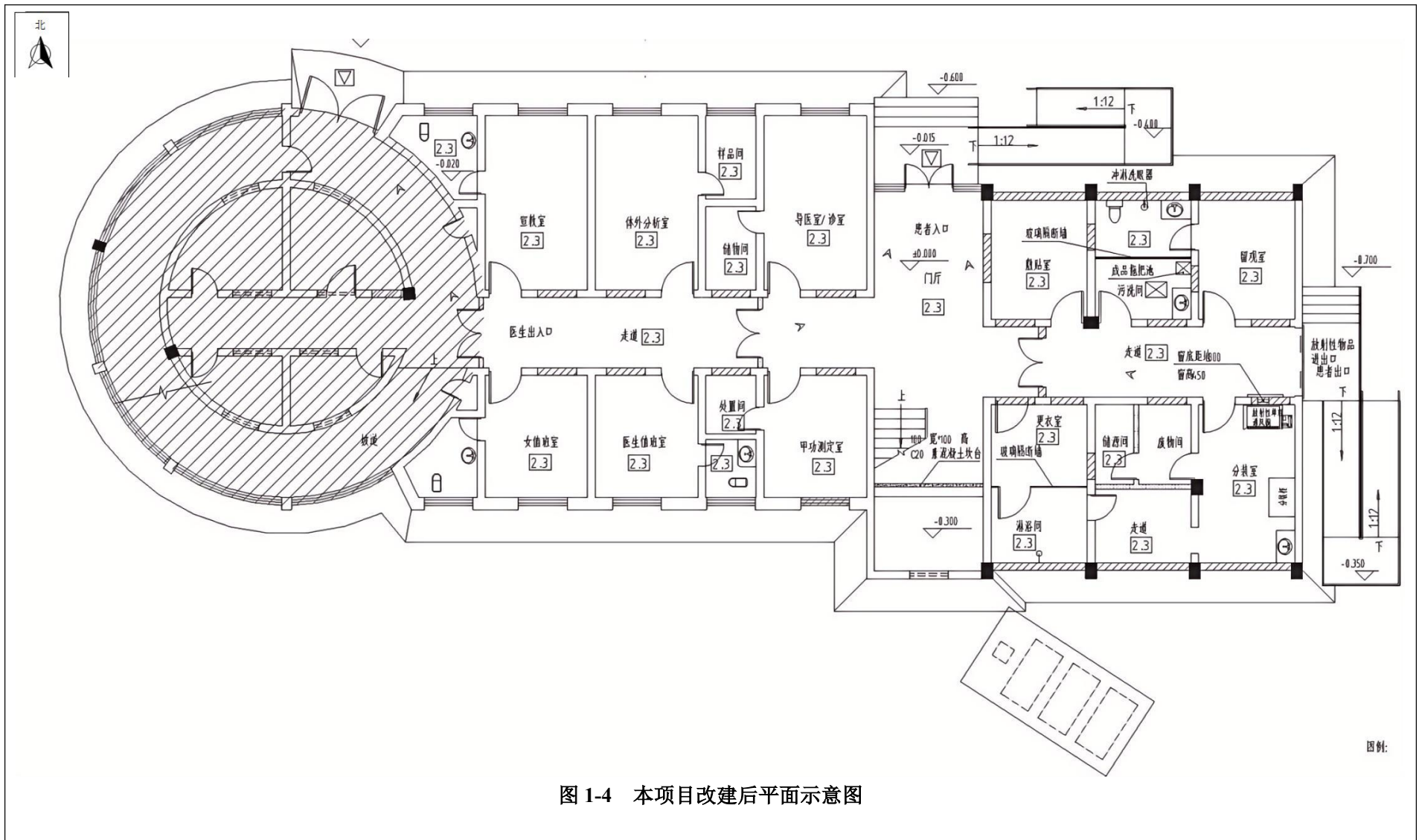


图 1-4 本项目改建后平面示意图

医院第五大楼位于医院南侧，其西北侧 33m 处为医院食堂，根据现场调查本项目控制区与食堂相距 53m，二者高差为 4.0m，南侧 5m 处为三间民房，二者高差为 2.5m，其中二间为医院库房（房子产权归属医院），另外一间医院长期租赁用于库房使用（租赁合同见附件），东北侧 15m 处为第一住院大楼，北侧 56m 处为医院第二住院大楼，西北侧 20m 处为介入导管室。

本项目第五大楼为地上 5 层建筑，整个建筑为砖混结构。第五大楼北侧为医院道路及地下停车场入口，西侧为院内道路及院内停车场，南侧为居民区，东侧为山坡，周边环境适配核医学科的建设与运营需求。医院拟将第五大楼一层建设为核医学科，控制区设在一层东侧。目前第五大楼一层为发热门诊诊室及病房，楼上为发热门诊病房、楼下为夯实土层，且配备独立的出入口，出入口直接通向第五大楼北侧及东侧室外区域，远离妇产科、儿科等敏感人群集中区域，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）及《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中关于核医学科选址的相关标准规定。

本项目核医学科布局设计充分考量了周边场所的安全防护需求，其中控制区东侧和北侧为医院道路，西侧为核医学科办公区域，南侧为居民区（医院已租赁作为库房使用），控制区西北侧 53m 处为医院食堂，楼下为夯实土层，楼上为空置房间。控制区与非放射性工作场所设置明确的分界隔离设施，且拥有独立的出入口，出口朝向第五大楼东侧室外，有效避开了妇产科、儿科等敏感人群活动区域，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中对核医学科布局的规范要求。

综上所述，本次评价认为，本项目核医学科的选址符合区域规划及相关标准要求，总平面布局科学合理，功能分区清晰，安全防护措施到位，能够有效控制辐射环境风险，选址及布局的合理性得到充分保障。

1.6 现有核技术利用项目情况

（1）现有许可种类和范围

医院现有辐射安全许可证编号为湘环辐证[00096]，有效期至 2029 年 4 月 14 日。许可种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ射线装置。医院现有Ⅱ类射线装置 1 台，Ⅲ射线装置 9 台，均按要求办理了相关环评、验收手续。现有射线装置见表 1-4。

表 1-4 现有射线装置一览表

序号	设备名称	类别	规格型号	工作场所	装置状态	环保手续	验收情况
1	X 射线机	III	Somatom-definition	双源 CT 室	在用	202443020200000010	无需验收
2	双能 X 射线骨密度仪	III	DXA-800E	体检中心	在用	202443020200000054	
3	X 射线机	III	DT570	体检中心	在用	202443020200000010	
4	X 射线机	III	UDR 780i	新华路门诊	在用	202443020200000010	
5	移动 DR	III	IDR5500C	ICU	在用	202443020200000010	
6	DSA	II	Allia IGSUltra	导管二室	在用	编制辐射安全分析报告	2025 年验收
7	DSA	II	AREISZEEFloor	导管室	在用	湘环评辐表[2012]2 号	2012 验收
8	CT 机	III	OptimoCT520	放射科	在用	202443020200000010	无需验收
9	X 射线机	III	7000C	放射科	在用	202443020200000010	
10	移动小 C 臂	III	JZ06-B	手术室	在用	202443020200000010	

（2）现有辐射工作人员

医院现有辐射工作人员 28 名。从收集的资料可知，28 人取得了辐射安全培训合格证书（覆盖所有从事Ⅱ类射线装置使用的辐射工作人员），11 人参加了医院组织的自主培训并考核合格，另外 15 人取得辐射安全考试合格成绩单，2 人合格成绩单过期，已由医院暂时调离辐射岗位，取得培训合格成绩单后方可继续从事原辐射工作；依据 2025 年 7 月至 2026 年 6 月近一年度个人剂量监测报告结果，医院辐射工作人员未超过医院管理目标值和标准限值；2025 年 12 月 25 日，医院组织全院辐射工作人员至株洲市劳动卫生职业病防治中心进行职业健康检查，28 人职业健康体检结论“可继续原放射工作”。人员情况详见表 1-5。

表 1-5 医院现有辐射工作人员信息一览表

序号	姓名	科室	体检结果	近一年度个人剂量监测值（mSv）	培训结果
----	----	----	------	------------------	------

1	舒克周	放射科	可继续从事原放射工作	0.265	自主培训	2025/10/10
2	刘春生	放射科	可继续从事原放射工作	0.247	FS22HN0100901	2027-08-12
3	陈鹏	放射科	可继续从事原放射工作	0.362	FS25HN0101013	2030-10-31
4	袁佳	放射科	可继续从事原放射工作	0.178	FS25HN0101058	2030-10-31
5	李德厚	放射科	可继续从事原放射工作	0.171	FS25HN0101076	2030-10-31
6	刘家云	介入科	可继续从事原放射工作	0.155	FS25HN0101030	2030-10-31
7	余君波	放射科	可继续从事原放射工作	0.282	FS25HN0101059	2030-10-31
8	凌瑜	放射科	可继续从事原放射工作	0.41	FS22HN0100970	2027-08-26
9	曾嵘	放射科	可继续从事原放射工作	0.213	FS26HN0100125	2031-01-23
10	袁志强	放射科	可继续从事原放射工作	0.115	FS24HN0100215	2029-02-03
11	刘赞	放射科	可继续从事原放射工作	0.404	FS22HN0100911	2027-08-12
12	张育荣	介入科	可继续从事原放射工作	0.543	培训合格成绩单过期，已暂离辐射工作岗位	
13	刘春娥	介入科	可继续从事原放射工作	0.464	FS25HN0101052	2030-10-31
14	刘伟	介入科	可继续从事原放射工作	0.292	FS25HN0100878	2030-09-24
15	刘宇	介入科	可继续从事原放射工作	0.346	FS25HN0101050	2030-10-31
16	杨凯	介入科	可继续从事原放射工作	0.129	FS25HN0101048	2030-10-31
17	李芳	介入科	可继续从事原放射工作	0.296	FS25HN0101051	2030-10-31
18	邓邵军	介入科	可继续从事原放射工作	0.18	FS26HN0100169	2031-02-05
19	刘平	介入科	可继续从事原放射工作	0.108	FS25HN0101023	2030-10-31
20	秦宏	介入科	可继续从事原放射工作	0.179	FS25HN0100879	2030-09-24
21	黄贵振	介入科	可继续从事原放射工作	0.112	FS25HN0101025	2030-10-31
22	李松	介入科	可继续从事原放射工作	0.073	FS25HN0101014	2027-10-31
23	占斌	介入科	可继续从事原放射工作	0.129	FS22HN0100957	2027-08-26
24	薛湘苏	介入科	可继续从事原放射工作	0.14	培训合格成绩单过期，已暂离辐射工作岗位	

25	鲍世军	介入科	可继续从事原放射工作	0.068	FS25HN0101057	2030-10-31
26	阳辉	介入科	可继续从事原放射工作	0.258	FS22HN0100949	2027-08-26
27	唐建胜	介入科	可继续从事原放射工作	0.071	FS22HN0100955	2027-08-26
28	韩志高	介入科	可继续从事原放射工作	0.381	FS22HN0100896	2027-08-12

(3) 现有辐射安全管理情况

1) 医院成立了辐射防护管理委员会，制定了一系列的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案。现有管理制度内容较为全面，基本能满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。

2) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、警示标志和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

3) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展核技术利用项目的辐射安全防护要求。

4) 医院每年编制《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有核技术利用工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、放射性同位素和射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况、监测仪器情况进行年度总结和评估，并在每年 1 月 31 日前提交至核技术利用申报系统。

(4) 上一年度年度评估报告结论

建设单位每年委托有资质的单位对医院辐射工作场所进行监测，并对射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告。
2026 年 1 月 8 日，医院在全国核技术利用申报系统提交了 2025 年度评估报告。医院委托**湖南涌仁科技有限公司**于**2025 年 12 月 5 日**对各辐射工作场所进行辐射环境监测，根据检测单位出具的检测报告，医院各核技术利用项目场所的周围剂量当量率符合相关标准的要求。

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
	本项目不涉及放射源							

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	I-131	液态，中毒，易挥发，半衰期 8.02d	使用	1.85×10^9	1.85×10^7	9.25×10^{10}	甲亢治疗	简单操作	第五大楼一楼核医学科	第五大楼一楼核医学科 I-131 分装柜	/
2	I-131	液态，中毒，易挥发，半衰期 8.02d	使用	1.85×10^6	1.85×10^4	9.25×10^7	甲状腺功能测定	简单操作	第五大楼一楼核医学科	第五大楼一楼核医学科 I-131 分装柜	/
3	P-32	液体，中毒，半衰期 14.26d	使用	1.48×10^9	1.48×10^8	1.78×10^{10}	敷贴治疗	简单操作	第五大楼一楼核医学科	第五大楼一楼核医学科储源室	/
	以下空白										

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)/剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及									

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
	本项目不涉及								

(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	
	本项目不涉及												

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
放射性固体废物（包括沾染核素的废西林瓶、服药纸杯、棉球、棉签、吸水纸、手套、更换的旧活性炭等，废弃的放射性药物）	固态	I-131、P-32	/	/	/	/	存放于固废间专用衰变箱内，I-131 固废需要暂存 180 天以上，P-32 固废暂存 143 天以上	I-131 固废暂存超过 180 天、P-32 固废暂存 143 天，经自主监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 对废物清洁解控作为普通医疗废物处理。
放射性废水（包含患者在控制区内治疗、留观期间的排泄和冲洗废水，以及控制区工作场所清洁、工作人员冲淋等废水）	液态	I-131、P-32	/	/	/	/	排放至核医学科衰变池内存放衰变	暂存时间超过 180 天或经有资质的机构检测满足相关标准要求（总 $\alpha \leq 1\text{Bq}/\text{L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq}/\text{L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq}/\text{L}$ ）后，排入医院污水处理站做进一步处理，再排入城市污水管网。
放射性废气	气态	I-131、P-32	/	/	/	/	不暂存	高效活性炭装置吸附后经专用管道引至楼顶排放
以下空白								

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

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

表 6 评价依据

法规文件	1、《中华人民共和国环境保护法》（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》（2018 年修正，2018 年 12 月 29 日施行）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）； 4、《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日起实施）； 5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订实施）； 6、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（2021 年 1 月 1 日施行）； 7、《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）； 8、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日施行）； 9、《生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）； 10、《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》（环保总局公告〔2006〕145 号）； 11、《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日，国家发展改革委令第 7 号令发布，2024 年 2 月 1 日起施行）； 12、《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日）； 13、《放射工作人员职业健康管理暂行办法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）； 14、《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》（环境保护部、工业和信息化部、国家国防科技工业局公告 2017 年第 65 号）； 15、《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施）； 16、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告 2021
------	--

	年第 9 号，2021 年 3 月 15 日起实施）； 17、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行）。 18、《生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20 号）。
技术标准	1、《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 2、《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）； 3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 6、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 7、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 8、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）； 9、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 10、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 11、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 12、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 13、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）； 14、《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）。
其他	1、环境影响评价委托书（见附件 1）； 2、李德平、潘自强主编《辐射防护手册 第一分册 辐射源与屏蔽》《辐射防护手册 第三分册 辐射安全》，原子能出版社，1987 年； 3、湖南省环境监测中心站《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第 11 卷第 2 期，1991 年 3 月）； 4、《辐射防护导论》，原子能出版社，1991 年； 5、医院提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目属于医院核技术利用项目，根据《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）中“第 1.5 评价范围和保护目标”的要求，本项目非密封放射性物质工作场所等级为乙级，因此本项目以核医学科辐射工作场所实体屏蔽边界外的 50m 为评价范围。评价范围示意图见图 7-1。

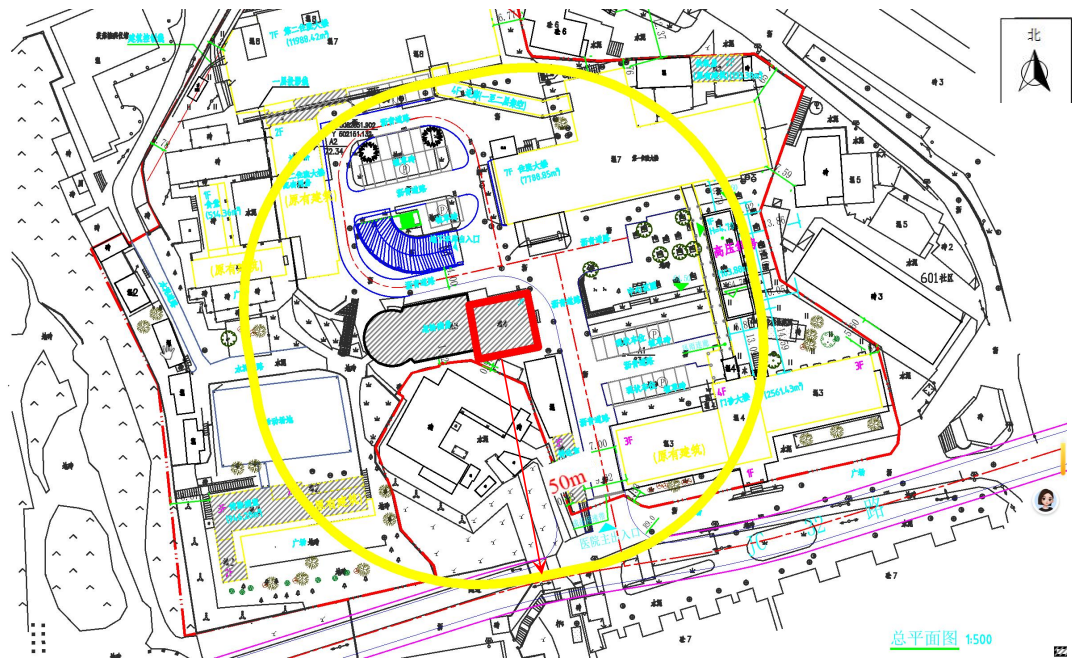


图 7-1 评价范围示意图

保护目标

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目辐射工作人员及评价范围内公众成员。包括：医院从事本项目操作的职业人员及邻近场所的公众，公众包括场所附近常驻人员、医院其他从事辐射工作的辐射工作人员等，不包括就诊病患及其他流动人员。根据本项目核技术利用场所布局及外环境特征，确定本项目环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

污染源	机房位置	方位	距离		环境敏感点名称	环境保护人群	影响人数
			垂直	水平			
核医学科控制区	第五大楼一层东侧	核医学科	/	/	场所内	辐射工作人员	3 人
		北侧	0	0—50m	院内道路、停车场	公众成员	若干
		南侧	0	0—8m	院内库房、巷子	公众成员	若干
			-3.0m	8—50m	居民区	公众成员	2 人
		西侧	0	0—27m	核医学科办公区	公众成员	约 5 人
			4.5m	27m—50m	院内道路、篮球场	公众成员	若干
		东侧	0	0—12m	院内道路	公众人员	若干
			0	12—50m	院内停车场	公众成员	若干
		东北侧	0	15m	第二住院大楼	公众成员	约 100 人
		西北侧	0	30m	介入导管室	公众成员	约 30 人
		西南侧	0	36m	院内办公室	公众成员	约 20 人
		东南侧	0	25m	门诊大楼	公众成员	约 120 人
		楼上	3.1m	0	空置房间	公众成员	-
		楼下	/	/	无建筑	-	-

注：以核医学科地面为垂直基准面 0m 标高，一层楼层高度为 3.1m

评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全性。

（1）剂量限值

第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。

不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

第 B1.1.1.1 款，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：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 作为职业照射剂量限值。

根据预估工作量，医院将本项目辐射工作人员的剂量管理目标值设为

5.0mSv/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；

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

结合医院实际情况，核技术利用工作场所周围公众的剂量管理目标值设为

0.1mSv/a。

(2) 工作场所分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性和大小，以及所需要的防护手段与安全防护措施的性质和范围。

6.4.1.3 对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分出不同的子区，以方便管理。

6.4.1.4 注册者、许可证持有者应：

a) 采用实体边界划定控制区；采用实体边界不现实时也可以采用其他适当的手段；

b) 在源的运行或开启只是间歇性的或仅是把源从一处移至另一处的情况下，采用与主导情况相适应的方法划定控制区，并对照射时间加以规定；

- c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F（标准的附录）规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示；
- d) 制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；
- e) 运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；
- f) 按需要在控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜；
- g) 按需要在控制区的出口处提供皮肤和工作服的污染监测仪、被携出物品的污染监测设备、冲洗或淋浴设施以及被污染防护衣具的贮存柜；
- h) 定期审查控制区的实际状况，以确定是否有必要改变该区的防护手段或安全措施或该区的边界。

6.4.2 监督区

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

6.4.2.2 注册者和许可证持有者应：

- a) 采用适当的手段划出监督区的边界；
- b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- c) 定期审查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

6.4.3 非密封源工作场所的分级

非密封源工作场所的分级应按附录 C（标准的附录）的规定进行。

表 7-2 非密封源工作场所分级

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 $\sim 2 \times 10^7$

2、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）（节选）

5.1 工作场所平面布局和分区

5.1.1 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。

5.1.2 核医学工作场所平面布局设计应遵循如下原则：

a) 使工作场所的外照射水平和污染发生的概率达到尽可能小；

c) 在核医学诊疗工作区域，控制区的入口和出口应设置门锁权限控制和单向门等安全措施，限制患者或受检者的随意流动，保证工作场所内的工作人员和公众免受不必要的照射；

d) 在分装和给药区的出口处应设计卫生通过间，进行污染检测。

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

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、给药区、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；

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、给药区等）、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。

5.1.5 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，给药区应靠近病房，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。

5.1.6 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。

5.2 放射防护措施要求

5.2.3 核医学工作场所的通风按表 1 要求，通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

5.2.4 分装药物操作宜采用自动分装方式，I-131 给药操作宜采用隔室或遥控给药方式。

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

5.2.6 控制区的入口应设置电离辐射警告标志。

5.2.7 核医学场所中相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。

5.2.8 给药后患者或受检者候诊室、扫描室应配备监视设施或观察窗和对讲装置。回旋加速器机房内应装备应急对外通讯设施。

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

5.3 工作场所的防护水平要求

5.3.1 核医学工作场所控制区的用房，应根据使用的核素种类、能量和最大使用量，给予足够的屏蔽防护。在核医学控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的周围剂量当量率控制目标值应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 5cm 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。

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机

构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-3。

表 7-3 核医学科工作场所放射性表面污染控制水平（节选）

表面类型		β 放射性物质（Bq/cm ² ）
工作台、设备、墙壁、地面	控制区（高污染子区除外）	40
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区 监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		0.4

附录 K，个人防护用品和应急去污用品

K.1 个人防护用品

个人防护用品见下表 K.1（本报告中表 7-4）。

表 7-4 个人防护用品（节选）

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 I-131 的场所	放射性污染防护服	—	—
敷贴治疗	宜使用远距离操作工具	有机玻璃眼镜或面罩	不小于 3mm 厚的橡皮泥或橡胶板等

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 and 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。

3、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）（节选）

4 总则

4.4.2 剂量约束值

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.4.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

6 工作场所的辐射安全与防护

6.1 屏蔽要求

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

的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7 放射性废物的管理

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

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

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

c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

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

7.2.3.3 固体放射性废物的存储和处理应安排专人负责，并建立废物存储和处理台账，详细记录放射性废物的核素名称、重量、废物产生起始日期、责任人员、出库时间和监测结果等信息。

7.3 液态放射性废物的管理

7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式：

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

7.4 气态放射性废物的管理

7.4.1 产生气态放射性废物的核医学场所应设置独立的通风系统，合理组织工作场所的气流，对排出工作场所的气体进行过滤净化，避免污染工作场所和环境。

7.4.2 应定期检查通风系统过滤净化器的有效性，及时更换失效的过滤器，更换周期不能超过厂家推荐的使用时间。更换下来的过滤器按放射性固体废物进行收集、处理。

4、《生态环境部辐射源安全监管司关于核医学标准相关条款咨询的复函》

一、关于槽式衰变池中含碘-131 放射性废水排放

含碘-131 放射性废水可按照下列任意一种方式进行排放：

（一）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 8.6.2 条规定，经监管部门确认单次排入普通下水道的废水中碘-131 活度不超过 1ALmin(9E+5 贝可)，每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 10ALmin(9E+6 贝可)。

（二）暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放。

（三）暂存不满 180 天但监测结果表明碘-131 活度浓度已降至不高于 10 贝可/升水平，也可直接排放。

医院应做好相关排放记录。

综合上述标准，结合本项目拟使用的放射性同位素情况，确定本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标如下：

表 7-5 本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标

一、年剂量管理目标值		
项目	GB18871-2002 中年平均有效剂量限值（mSv/a）	本项目年有效剂量管理目标值（mSv/a）
职业人员	20	5
公众人员	1	0.1
二、通风设计		
核医学科	保持场所良好通风，气流流向合理，保持场所负压和各区压差；通风橱/分装柜设置单独通风系统，顶壁安装活性炭或其他过滤装置；设有通风橱等场所的通风系统排气口高于本建筑物屋顶，排放口有专用废气过滤净化装置。分装柜/通风橱风速≥0.5m/s。	
三、周围剂量当量率控制水平		
核医学科	人员可达处控制区外屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h；	

	控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子$>1/2$），周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$； 控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子$<1/2$），周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$； 分装柜等设备、放射性储源及废物暂存容器外表面 5cm 处周围剂量当量率$\leq 25\mu\text{Sv/h}$； 分装柜等设备、放射性储源及废物暂存容器外表面 30cm 处周围剂量当量率$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$。
四、表面污染控制水平	
核医学科 （ β 放射性物质）	控制区表面污染控制水平取 40.0Bq/cm^2 ，监督区表面污染控制水平取 4.0Bq/cm^2 。
五、放射性废水衰变池设计及废水处置要求	
含 I-131、P-32 放射性废水	废水暂存时间大于 180d，可直接排入医院污水处理站做进一步处理，放射性废液如果暂存时间不超过 180 天，应委托有资质的机构检测满足相关标准要求（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ ）后最终排入城市污水管网。

表 8 环境质量和辐射现状

辐射现状

8.1 监测点位布置情况

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），本次评价委托长沙市鹏悦环保工程有限公司于 2026 年 8 月 7 日对本项目所在地进行了γ辐射剂量率现状监测工作。检测仪器情况见表 8-1，γ辐射剂量率监测布点示意图见图 8-1、图 8-2。

表 8-1 检测所使用的仪器情况

检测仪器	仪器名称	X、γ剂量率仪
	仪器型号	NT6101
	出厂编号	0126127
	量程	探头：0.01μGy/h~600μGy/h 主机：0.01μGy/h~600μGy/h
	能量响应	48keV~3MeV
	检定证书编号	2026S10-20-6611650001
	检定有效期至	2027.7.19
	校准因子	0.91

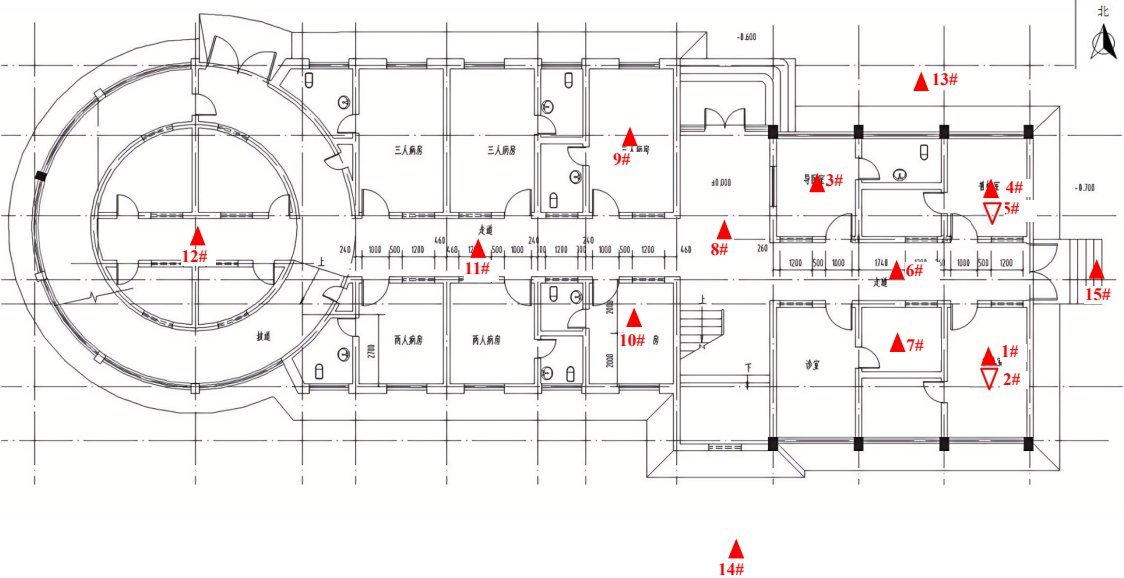


图 8-1 γ辐射剂量率监测布点示意图（室内）



图 8-2 γ 辐射剂量率监测布点示意图（室外）

8.2 监测方案及质量保证

8.2.1 监测目的

掌握项目拟建场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2 监测依据

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

8.2.3 质量保证

该项目测量所用的仪器性能参数符合国家标准方法的要求，具有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

8.2.4 监测因子

本项目监测因子： γ 辐射剂量率。

8.2.5 监测结果

γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2 γ 辐射剂量率监测结果一览表

序号	监测点位描述		测量值 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
	改建后	改建前			
1	拟建核医学科分装室	第五大楼一层普检室	0.07	0.01	室内
2	拟建核医学科楼上空置房间	第五大楼二层医生办公室	0.07	0.01	室内
3	拟建核医学科敷贴室	第五大楼一层导医室	0.07	0.01	室内
4	拟建核医学科留观室	第五大楼一层普检室	0.07	0.01	室内
5	拟建核医学科楼上空置房间	第五大楼二层抢救室	0.08	0.01	室内
6	拟建核医学科走廊/服药区	第五大楼一层通道	0.07	0.02	室内
7	拟建核医学科固废/储源室	第五大楼一层诊室	0.06	0.01	室内
8	拟建核医学科候诊大厅	第五大楼一层大厅	0.07	0.01	室内
9	拟建核医学科导医室	第五大楼一层病房	0.07	0.01	室内
10	拟建核医学科甲功测定室	第五大楼一层病房	0.06	0.01	室内
11	拟建核医学科办公区走廊	第五大楼一层西侧走廊	0.07	0.01	室内
12	第五大楼旋转坡道底部通道		0.07	0.01	室内
13	拟建核医学科控制区北侧空地		0.05	0.02	道路
14	拟建核医学科衰变池位置		0.05	0.01	道路
15	拟建核医学科东侧道路		0.07	0.01	道路
16	第五大楼西侧上山楼梯		0.06	0.02	道路
17	医院食堂前空地		0.06	0.01	道路
18	第五大楼北侧空地停车场		0.05	0.02	道路
19	第五大楼北侧空地停车场		0.06	0.02	道路
20	医院地下停车场入口		0.06	0.01	道路
21	第一住院大楼一层大厅		0.07	0.01	室内
22	院办公大楼一层走廊		0.07	0.01	室内
23	第五大楼南侧居民区		0.06	0.01	道路

24	第三住院大楼（门诊楼）一层大厅	0.07	0.01	室内
注：（1）本底测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据，计算平均值，经刻度因子修正后为报告值或给定范围值 （2）根据 HJ1157-2021：测量值=读数值均值×校准因子 k1×仪器检验源效率因子 k2。本次环境检测取值：校准因子 k1 为 0.91，效率因子 k2 取 1。 （3）以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。				

由表 8-2 可知，本项目周围环境 γ 辐射剂量率监测值（未扣除宇宙射线响应值）：室内为 0.06~0.08 μ Gy/h，拟建区域道路为 0.05~0.06nGy/h。根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中辐射环境结果可知，株洲市天然贯穿辐射剂量率（未扣除宇宙射线）数据见表 8-3。

表 8-3 湖南省株洲市天然贯穿辐射剂量率（单位：nGy/h）		
监测项目	室内	室外
天然贯穿辐射剂量率	93.1±14.7	126.5±19.7

根据以上对比可知，项目拟建场址的环境 X- γ 辐射剂量率处于株洲市本底辐射范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

本项目核医学科位于第五大楼一层东端，拟使用放射性核素 I-131 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用放射性核素 P-32 开展核素敷贴治疗。

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

- （1）有相对独立、明确的监督区和控制区划分；
- （2）工艺流程连续完整；
- （3）有相对独立的辐射防护措施。

本项目核医学科相对独立、具有明确的监督区和控制区划分，工艺流程连续完整，有相对独立的辐射防护措施，因此，将整个核医学科作为 1 个单独的场所进行评价。

工作原理及流程如下：

①核素特性

I-131 的物理半衰期为 8.02 天，衰变方式为纯 β^- 衰变，先衰变到激发态氙-131（ $^{131}\text{Xe}^*$ ），后者再发生 γ 跃迁，退激发出 γ 射线。其中 β^- 射线分支比最大的为 89.2%，能量为 606.3keV； γ 射线可释放多条，其中分支比最大的为 81.1%，能量为 364.5keV， γ 射线能量最大的为 722.89keV，分支比 1.8%。药物中 I-本身不易挥发，但 I-若被氧化为单质碘（ I_2 ），则可能因 I_2 的挥发性导致损失，需注意避光、密封储存以抑制氧化。

P-32 的物理半衰期为 14.26 天，衰变方式为纯 β^- 衰变，无伴随 γ 射线发射，子核直接衰变为稳定的 S-32。衰变时放出单一能谱的 β^- 射线，最大能量（ $E_{\max}$ ）为 1.709MeV，平均能量（ E_{av} ）为 0.695MeV。该 β^- 射线在生物软组织（密度 $\approx 1 \text{ g/cm}^3$ ）中射程极短，平均射程约 0.2—0.3mm，最大射程约 0.6—0.8mm，仅能作用于局部组织，对周围正常组织辐射损伤极小。本项目使用的 P-32 药物为液态制剂，活性成分为放射性磷酸盐水溶液；磷酸盐为离子化合物，在水溶液中以稳定的磷酸根离子（ $\text{PO}_4^{3-}/\text{HPO}_4^{2-}$ ）形式存在，常温下无挥发性，化学性质稳定。

②工作原理

a. 甲亢治疗

甲状腺具有高度选择性摄取 I-131 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。I-131 在甲状腺内停留的时间较长，在甲亢患者甲状腺内的有效半衰期约 3~5 天。在患者服用 I-131 后，90%以上的 I-131 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 I-131 随代谢排出体外。I-131 衰变时主要发射 β —粒子，且射程短，仅约 2~3mm，对周围正常组织一般无影响。因此，I-131 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发生炎症、萎缩直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。

b. 甲状腺功能测定

碘是甲状腺合成甲状腺激素的原料之一，放射性的 I-131 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取的速度与甲状腺功能密切相关。将 I-131 引入受检者体内，利用体外探测仪器测定甲状腺部位放射性计数的变化，可以了解 I-131 被甲状腺摄取的情况，从而判断甲状腺的功能。甲状腺功能测定单人次 I-131 给药量很小，本项目最大用量仅 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ (0.01mCi)，低于 GB18871 规定的豁免水平 ($1.0\text{E}+06\text{Bq}$)。

c. 敷贴治疗

P-32 敷贴治疗主要是利用核素放射 β 射线，使局部病灶产生辐射生物效应而达到治疗目的，使用前依据患者病变的形状、大小制成的敷贴器，将放射性核素 P-32 均匀地吸附在滤纸上制成的，让敷贴器充分贴近病变皮肤，利用 P-32 发出的 β 射线对病变组织进行辐射照射，从而对皮肤毛细血管瘤、血管痣、瘢痕疙瘩、慢性湿疹、牛皮癣及局限性神经性皮炎等起到治疗作用。这种敷贴器有利于克服常规敷贴放射源固定形状的限制性，达到完全覆盖病变组织使之真正得到靶向照射，使病变组织得到最大照射效应，并有效控制周围正常组织的吸收剂量而减少损伤。

② 工作流程及产污环节

a. 甲亢治疗

工作流程：

① 患者适应性评估及预约登记：根据患者病情进行综合评估是否开具 I-131 治疗单，告知患者可能对辐射危害及注意事项，根据患者预约情况制定放射性药物订购计划。

②医生首先根据甲状腺吸碘率或吸碘量，确定服药量之后，在服药窗口放置适量药物，药物用纸杯盛装，并通过视频、对讲设施指导病人在服药窗口取药并服用。

④甲亢患者根据现场叫号进入甲亢服药间，按照指示取药服用。

⑤甲亢患者服药后无异常，即在留观室短暂留观后（每名患者留观时间不超过 10min，留观室最多 1 人同时留观），由专用通道离开。

产污环节：分装药物及患者服药、留观时的 γ 射线、 β 射线、韧致辐射、表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物等。

甲亢治疗及产污详见图 9-1。

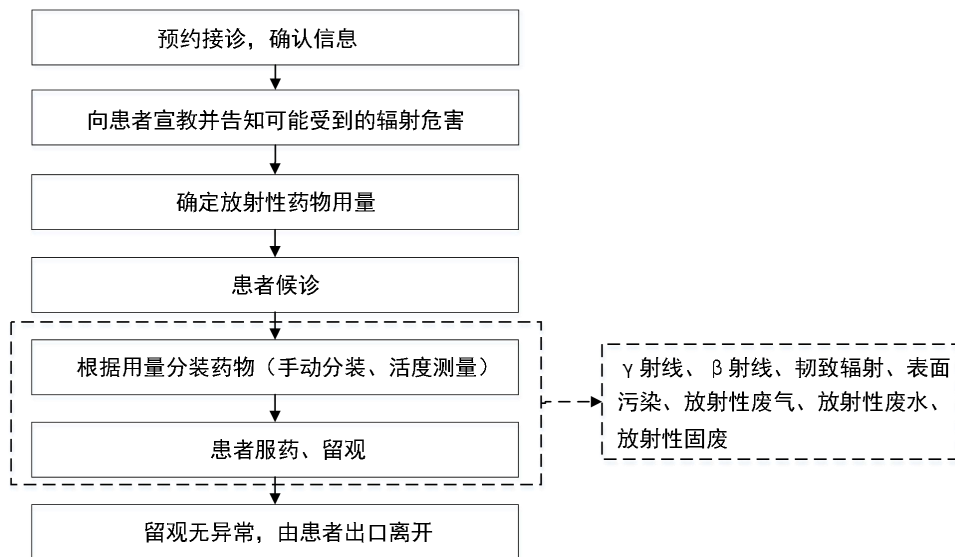


图 9-1 甲亢治疗工作流程及产污示意图

b. 甲状腺功能测定

工作流程：

（1）受检者适应性评估及预约登记：根据受检者情况进行综合评估，告知受检者可能对辐射危害及注意事项，根据受检者预约情况制定放射性药物订购计划。

（2）甲状腺功能测定受检者用的 I-131 量较少，供药方将甲亢、甲测所需 I-131 药物日最大所需量装在一支试剂瓶内，放于用铅屏蔽容器送至核医学科分装室分装柜内，核医学科工作人员核对药物信息无误后并签收。

（3）给药前，工作人员拟对药液手动分装（每次分装时长不超过 1.0min）

完成单个甲测受检者所需剂量（最大不超过 10uCi，低于 GB18871 规定的豁免水平），使用活度计对分装药物进行活度测量，确保其药物活度符合目标活度正常误差范围，稀释的药物拟置于服药杯内，并置于垫有吸水纸的托盘内，放入服药窗口。

（4）受检者根据现场叫号依次进入甲亢服药间，按照指示取药服用。

（5）受检者服药后无异常，即可由留观室专用通道离开，无需留观。

（6）甲测受检者需分别于 2h、4h、24h（或 3h、6h、24h）后回甲功测定室测摄碘率，每次检查 60s。

产污环节：分装药物及患者服药时的 γ 射线、 β 射线、表面污染、放射性废气、放射性废水、放射性固体废物等。

甲状腺功能测定流程及产污详见图 9-2。

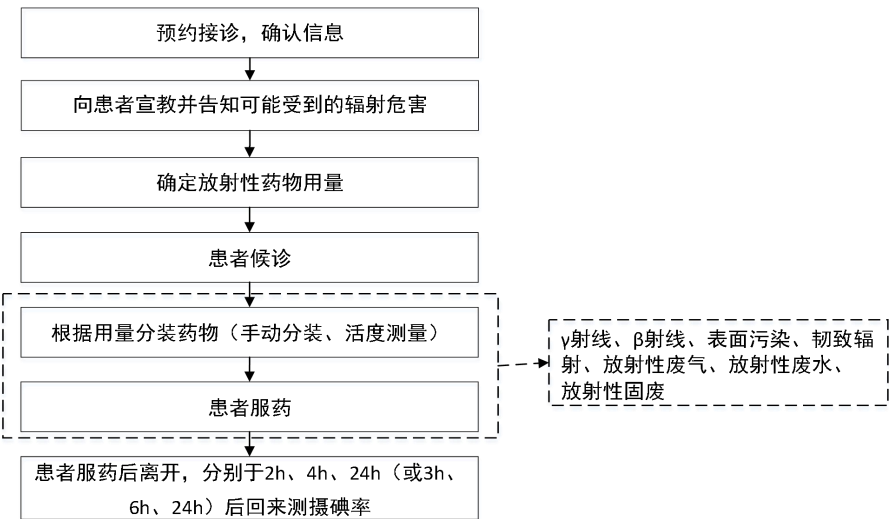


图 9-2 甲状腺功能测定流程及产污示意图

c.敷贴治疗

工作流程：

（1）预约登记：患者提前预约，医生根据患者数量和服药剂量预订 P-32 放射性药物，每月最多送药 1 次，每次送药不超过 40mCi（40 名敷贴患者的最大用药量），药物提供方在约定的时间将 P-32 放射性药物送至医院核医学科储源室内。用药前向患者告知可能收到的辐射危害。

（2）敷贴器制备：P-32 敷贴器治疗采用优质滤纸作为 P-32 溶液的支持物，根据病变形状制成相应大小的敷贴器（纸片，每次制备不超过 30min），按照患

者年龄、瘢痕的面积、部位和质地计算一次的敷贴剂量（最大不超过 1mCi）及敷贴的时间。敷贴器制作拟在分装室分装柜内进行，先将 P-32 用适量蒸馏水或生理盐水稀释配制成一定放射性活性的液体，使用活度计对药物进行活度测量，确保其药物活度符合目标活度正常误差范围，用加样器将稀释好的 P-32 溶液滴加在制作好的滤纸上，用红外线灯烤干或晾干滤纸，并用塑料膜将其密封待用。

（3）患者信息核对：核对患者治疗卡信息，向患者说明治疗的目的、方法和注意事项等，并详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积、治疗次数以及患者个人信息等。

（4）实施敷贴治疗：医护人员拟采取佩戴有机玻璃眼镜和使用远距离操作工具等有效的个人防护措施，用胶布或绷带将塑封的 P-32 敷贴器紧密贴在病变处，将敷贴器持续地放在患者病灶部位，记录敷贴时间，达到预定治疗剂量时及时取掉。每次治疗前，先收回患者的治疗卡，再给予实施敷贴治疗。治疗完毕，先收回敷贴器再发给治疗卡。使用 P-32 敷贴器时，需用防护材料（如橡皮或塑料等）将病灶周围正常皮肤覆盖，避免受到不必要的照射。

（5）敷贴治疗完毕后，患者进行表面污染检测，满足标准要求后由场所东侧的患者出口离开，工作人员回收废旧敷贴器作为放射性固体废物处置。

产污环节：P-32 为纯 β 衰变，其主要的污染源为在操作核素及敷贴器过程中产生的 β 射线、韧致辐射、表面污染、放射性废气、放射性固体废物等，制膜期间以及在使用期满后会产生废旧敷贴器、一次性防护用品等放射性固体废物，制膜时药物与空气接触污染的空气。如若发生核素洒落等意外事故，还可能污染工作场所造成放射性表面沾污。

敷贴治疗流程及产污详见图 9-3。

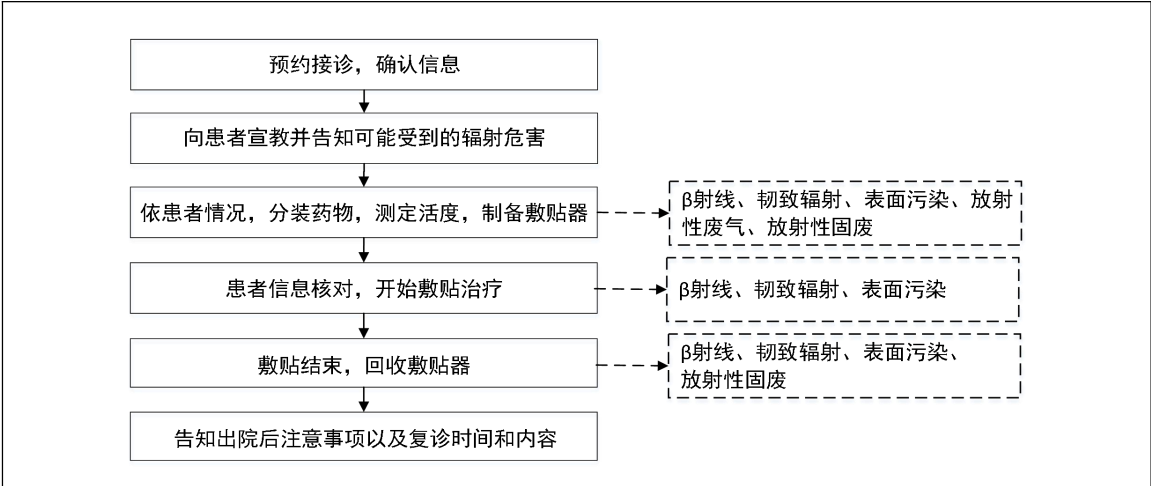


图 9-3 敷贴治疗流程及产污示意图

③工作负荷

- (1) 甲亢治疗：医院采取预约制，每天治疗人数 5 人，每周工作 1 天，每周一接诊，全年最多治疗人数 250 人，每人最大用药量 $3.7\times10^8\text{Bq}$ (10mCi)。
- (2) 甲状腺功能测定：医院采取预约制，每天检测人数 5 人，每周工作 1 天，每周一接诊，全年最多检测人数 250 人，每人最大用药量 $3.7\times10^5\text{Bq}$ (0.01mCi)。
- (3) 敷贴治疗：医院采取预约制，每天最多治疗人数 10 人，每周工作 1 天，每周二接诊，全年治疗人数最多 480 人，每人最大用药量 $3.7\times10^7\text{Bq}$ (1mCi)。
- (5) I-131 药物接诊当日送药，P-32 和 Sr-89 每月送药 1 次，医院根据患者数量和服药剂量预订放射性药物，每次送药 I-131 不超过 50.05mCi，P-32 不超过 40mCi。

污染源项描述

本项目涉及核医学科，污染源项分析如下：

(1) 正常工况

①γ射线

本项目使用的 I-131 核素在衰变过程中会发出γ射线。

②β射线

本项目使用的 I-131 和 P-32 核素在衰变过程中会发出β射线。

③韧致辐射

本项目使用的 P-32 核素为纯β衰变，β射线与物质作用会产生韧致辐射。I-131

核素虽然也会产生韧致辐射，但影响远小于其发出的 γ 射线。

③表面污染

人员在对 I-131、P-32 放射性药物的操作过程中，可能会引起工作台、设备、墙面、地面、工作服和手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

④放射性废气

在 I-131、P-32 放射性药物使用时产生受放射性药物污染的空气，同时 I-131 药物易挥发，会产生放射性气溶胶。

⑤放射性废水

工作人员使用 I-131 核素时产生的废水，口服 I-131 放射性药物的患者排泄和冲洗废水，控制区工作场所清洗废水等。

⑥放射性固废

本项目放射性固废主要为工作人员操作过程中产生的手套、棉签、纱布、破碎杯皿、注射器、针头、擦拭污染物地面的物品等，患者给药的滤纸、留观时产生的放射性废弃物和通风系统更换的废活性炭等放射性废弃物。

（2）事故工况

①由于管理不善，导致放射性药物被盗、丢失；

②操作核素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漏，造成台面、地面放射污染及造成额外附加照射；

③在药物分装施药过程中发生意外或辐射工作人员操作失误将导致患者施药剂量不准确；

④由于管理失误，致使尚未叫号的患者或其他公众进入控制区甚至是分装室等由此造成人员受到不必要的照射或者是放射性表面污染；

⑤防护用品或设施不能正常使用，或管理不善辐射工作人员未按要求穿戴个人防护用品和使用辅助防护设施，受到超剂量外照射；

⑥由于风机故障等原因造成场所排风系统失效，使辐射工作人员造成额外附加照射。

表 10 辐射安全与防护

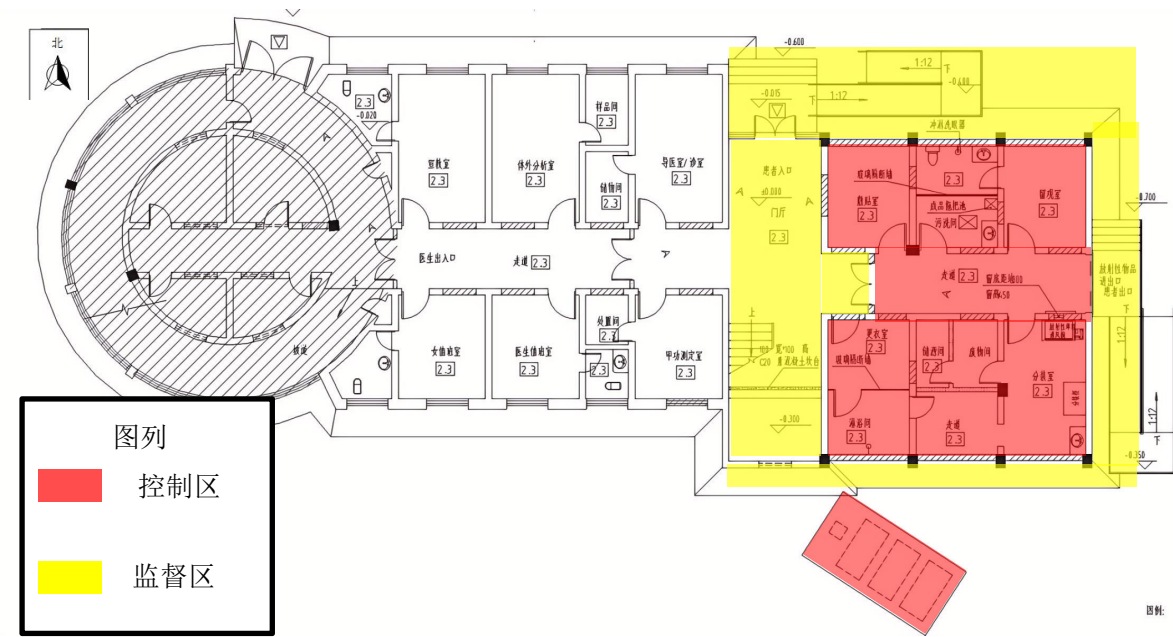
项目安全设施

10.1 核医学科

10.1.1 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目核医学科控制区位于第五大楼一层，具体平面布置及分区情况见图 10-1。从核医学科布局看，辐射工作场所相对独立，与其他场所有明显隔断，辐射场所内各功能用房布局分区明确，不相互穿插、干扰。辐射场所和工作人员进出口均设有屏蔽门，既方便工作人员和患者的进出，又利于辐射防护。辐射工作场所与周围环境设有一定的辐射安全防护距离。从环境保护和辐射安全与防护的角度来看，该项目辐射工作场所的平面布置是合理的。



10-1 核医学科平面布置及分区图

(2) 工作场所分区情况

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。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平

指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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

本项目核医学科工作场所分区情况见表 10-1、图 10-1。

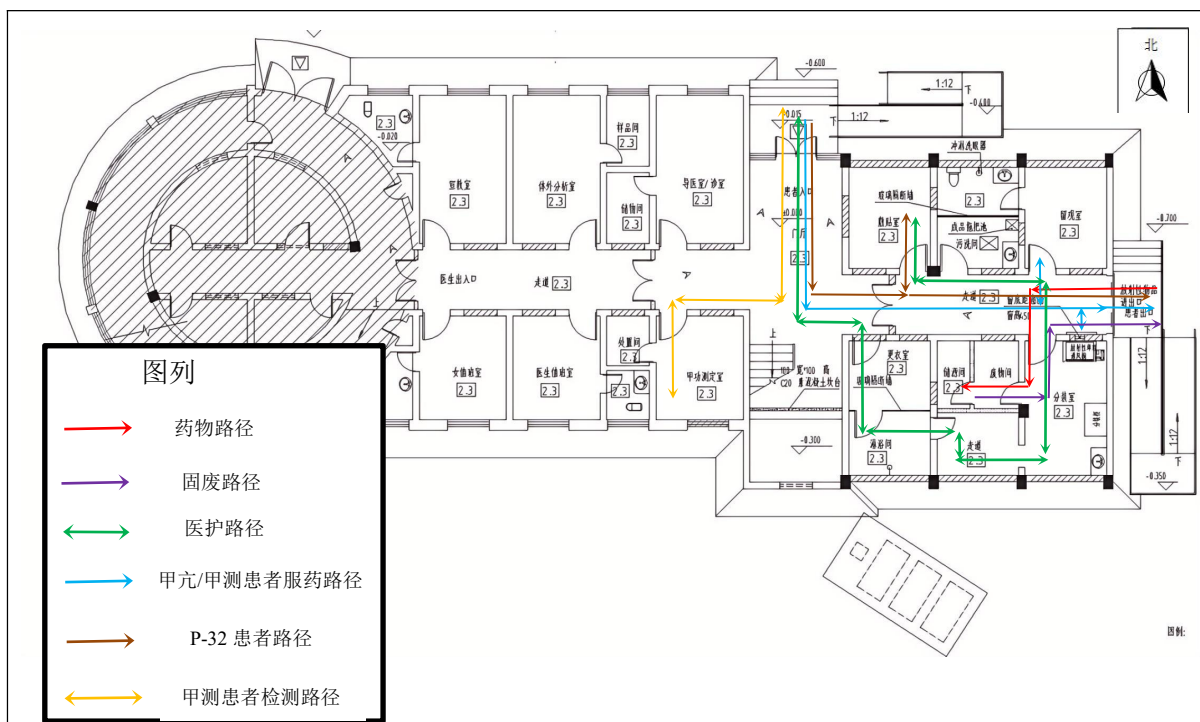
表 10-1 本项目核医学科工作场所分区表

场所	控制区	监督区
核医学科	分装室、储源室、固废室、敷贴室、控制区走廊、留观室、卫生间、污洗间、卫生通过间、衰变池区域	楼上空置房间、左侧患者候诊大厅、北侧及东侧室外空地、南侧库房巷道、衰变池上方区域

管理要求：控制区需要最优化的辐射屏蔽和安全防护措施，入口设置明显的电离辐射警告标志，标志图形、颜色、字体等均按照 GB18871-2002 规定要求设置，预防潜在照射及事故照射的发生。本项目非密封放射性物质工作场所监督区、控制区划分明确、独立，设置合理，满足辐射防护管理和职业照射控制要求。

10.1.2 人流和物流路径规划分析

结合项目的工作流程及工作场所布局设计，医院拟规划出工作场所患者及相关工作人员的流动路线，路径图详见图 10-2。



10-2 核医学科人流物流路径图

①人员路线:

(1) 甲亢/甲测患者路线: 甲亢/甲测患者从第五大楼一层北侧核医学科入口处, 进入患者等候区候诊, 等待叫号, 叫号后, 从患者等候区根据指示路径, 从患者走廊进入, 到服药窗口口服 I-131 药物, 从患者走廊进入留观室。甲测患者直接从东侧通道门离开, 甲亢患者留观约 10 分钟后从东侧通道门离开, 出口处为第五大楼东侧院内道路, 无人员聚集。甲测患者需在预定时间再次前往核医学科甲功测定室进行检测。

(2) 敷贴患者路线: 患者从第五大楼一层北侧核医学科入口处, 进入患者等候区候诊, 等待叫号, 叫号后, 从患者等候区根据指示路径, 从患者走廊进入, 前往敷贴室接受治疗, 治疗结束后沿患者走廊从东侧通道门离开, 出口处为第五大楼东侧院内道路, 无人员聚集。

(3) 辐射工作人员路线: 辐射工作人员从第五大楼一层北侧核医学科入口处进入患者等候区, 然后进入卫生通过间及淋浴间, 再进入分装室操作药物, 可通过分装室北侧防护门进入患者走廊, 再进入敷贴室给患者治疗, 离开时原路返回, 进行更衣并检测合格后离开。

②药物路线:

核医学科使用的核素均通过外购, 放射性药物由生产厂家在人流较少时将药物送达, 药物运输单位将运输车辆停在核医学科东侧院内通道, 然后经患者走廊进入分装室,

药物验收合格后，根据科室要求将药物放置在储源室的储源柜或分装室分装柜内，I-131 药品经服药窗口给患者/受检者服下，制作完成的敷贴器至敷贴治疗室进行敷贴治疗。

③固废路线：

解控后的废物经分装室、患者走廊，从核医学科出口运出，转运时选择下班后人流较少时段进行，外运的固废必须整备包装完整，避免转运过程中沿途洒落。

本次评价主要介绍了放射性药物涉及场所及操作放射性药物工作人员、患者的活动路径。总体来看，本项目核医学科患者路线基本能够保证沿工作程序的相关功能房间单向流动，且能够满足医务人员及患者均具有独立的出入口和流动路线，能够有效防止交叉污染，避免公众、工作人员受到不必要的外照射，人员路线规划合理。同时医院严格规定药物运输时间，确保放射性药物运输时运输路线无其他人员通过，避免无关人员受到不必要的外照射。通过该措施后，本次核医学科项目能满足人员路线与放射性药物运输路线不交叉。

10.1.3 核医学科工作场所屏蔽设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-2。

表 10-2 核医学科辐射防护设计一览表

场所名称	方位	相邻场所	屏蔽设计
分装室	东墙	室外空地	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	南墙	室外巷道	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	西墙	固废间/通道	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	北墙	患者通道	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	室顶	空置房间	120 预制板+8mmPb
	防护门	患者通道	4mmPb 手动平开门
	防护门	淋浴室	8mmPb 手动平开门
	防护门	固废间	4mmPb 手动平开门
	¹³¹ I 分装柜	/	30mmPb
	³² P 通风橱	/	10mm 有机玻璃+5mmPb
储源室/固废室	东墙	分装室	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	北墙	患者走廊	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	南墙	医生走廊	240mm 实心砖墙
	西墙	卫生通过间	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	室顶	空置房间	120 预制板+8mmPb
	防护门	分装室	4mmPb 手动平开门
患者走廊	北墙	敷贴室/污洗间/留观室	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	东墙	室外空地	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	南墙	分装室/固废/储源/卫生通	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥

		过间	
	西墙	患者候诊大厅	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	室顶	空置房间	120 预制板+8mmPb
	防护门	患者候诊大厅	8mmPb 手动平开门
	防护门	留观室	4mmPb 手动平开门
	防护门	敷贴室	4mmPb 手动平开门
	防护门	分装室	4mmPb 手动平开门
	服药窗口	医师操作位	30mmPb
留观室	东墙	室外空地	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	南墙	患者走廊	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	西墙	敷贴室	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	北墙	室外空地	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	室顶	空置房间	120 预制板+8mmPb
	防护门	患者走廊	4mmPb 手动平开门
敷贴室	东墙	留观室卫生间/污洗间	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	南墙	患者通道/候诊大厅	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	西墙	走廊	240mm 实心砖墙+2cm 硫酸钡水泥
	北墙	分装室	240mm 实心砖墙+4cm 硫酸钡水泥
	室顶	空置房间	120 预制板+3mmPb
	防护门	患者走廊	4mmPb 手动平开门

注：①铅密度：11.3g/cm³，实心砖密度：1.65g/cm³，硫酸钡水泥密度：3.2g/cm³；

②本项目第五大楼外墙厚 240mm，经现场查验为实心砖墙。

10.1.4 核医学科工作场所通风设施设计

本项目核医学科控制区拟设置 3 套排风系统，其具体情况如下：

①1#排风系统为 I-131 分装柜单独使用，1#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

②2#排风系统分别为 P-32 分装柜单独使用，2#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

③核医学科 3#排风系统是控制区内共用的排风系统，严格遵循“低活度区废气→高活度区主管”的单向风向原则，系统以分装室主管为核心汇流点，低活度区中，敷贴室废气先接入主管，储源室和卫生通过间废气先汇流再接入主管，留观室、卫生间、固废室/储源室废气先通过各自支管接入主管，且所有支管气流均单向流向主管；同时通过主管与支管的负压差控制、加装止回阀及日常止回阀检查，保障风向单向性，杜绝高活度废气回流。

本项目 1#、2#排风系统先在各分装柜壁顶安装第一道高效活性炭吸附装置，对柜内废气进行过滤，过滤后再第五大楼南侧汇合沿外墙至楼顶排放；3#排风系统（核医学科控制区内多用房共用系统）的废气，接入一套高效活性炭吸附装置，该装置可

分别对 3#排风系统的废气进行过滤，最终通过核医学科南侧外墙专用风管引至第五大楼楼顶高空排放，排风口周围无遮挡，同时外墙排风管粉刷明显颜色油漆，用于区分。核医学科排风设计见图 10-3。

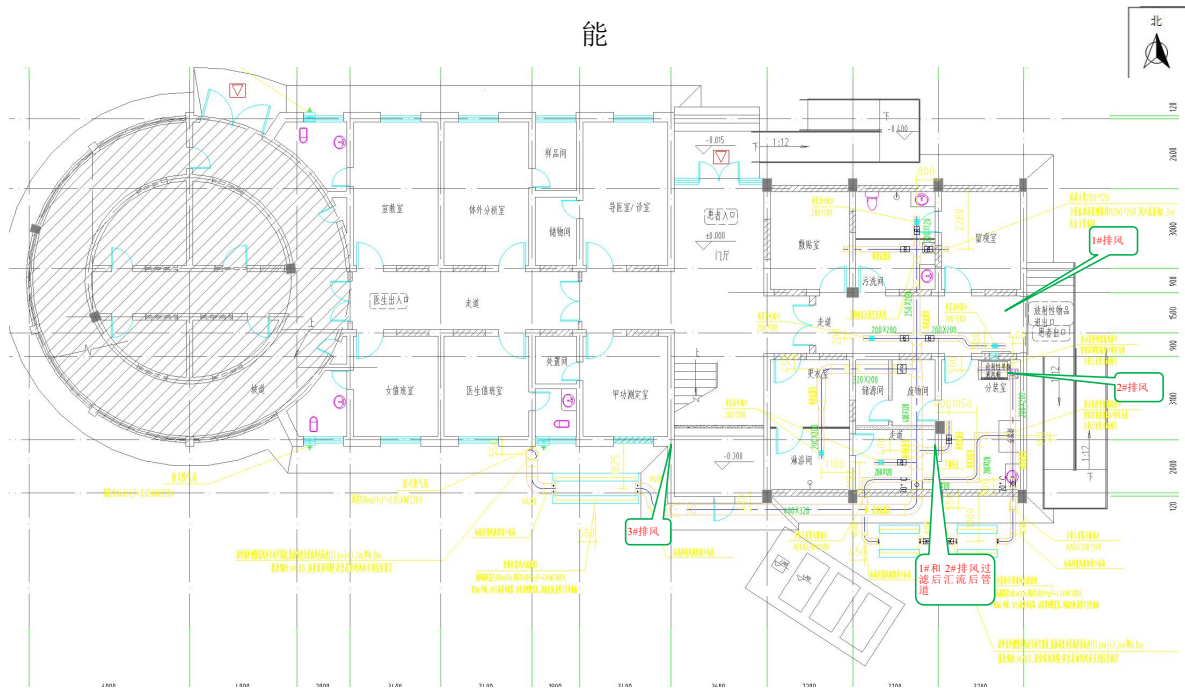


图 10-3 核医学科排风设计图

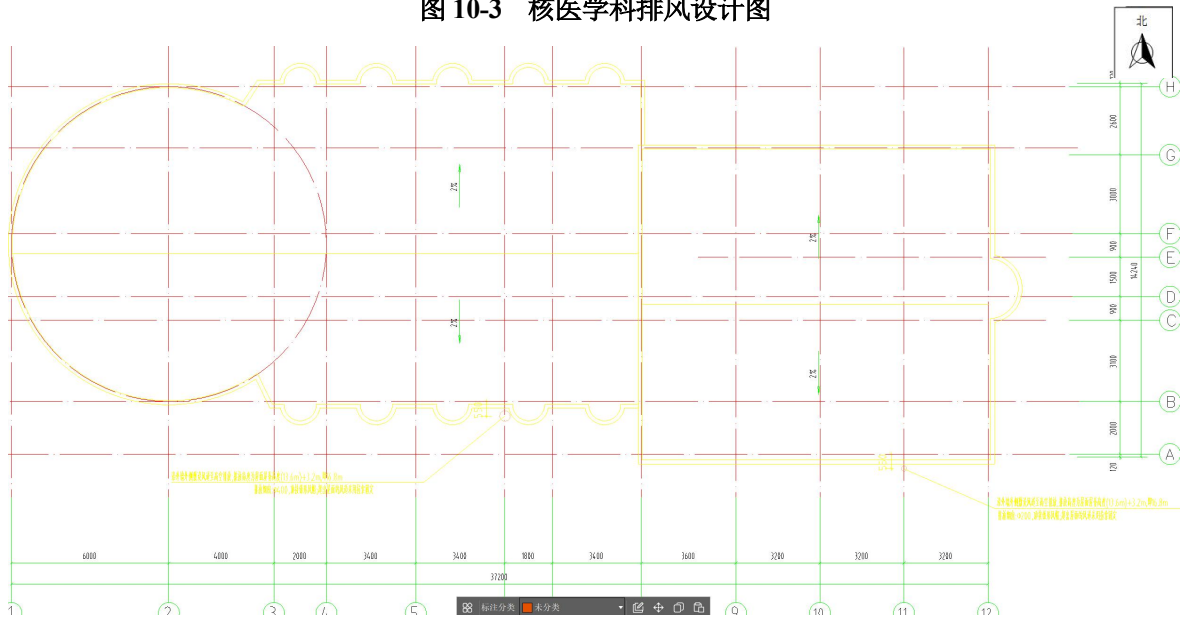


图 10-4 第五大楼主楼楼顶排风口示意图

10.1.5 核医学科排水管道设计

核医学科放射性污水室内收集管道采用地下埋管的方式，并设置一定高差，延伸至室外接入衰变池完成衰变处置。针对裸露段的放射性污水排污管道，为补偿管道外照射辐射影响，需采用厚度为 8.0mmPb 的铅板对管道进行全覆盖包裹屏蔽，确

保管道周边辐射剂量率符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871）等相关规范限值要求，保障人员辐射安全。具体排水管道示意图见图 10-5。

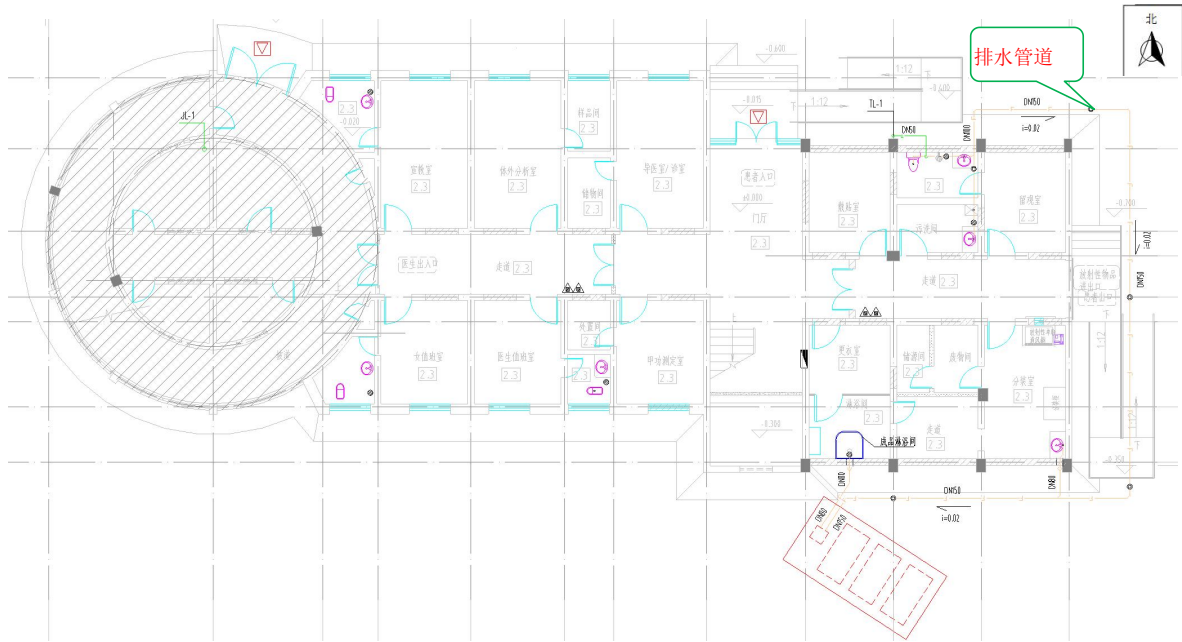
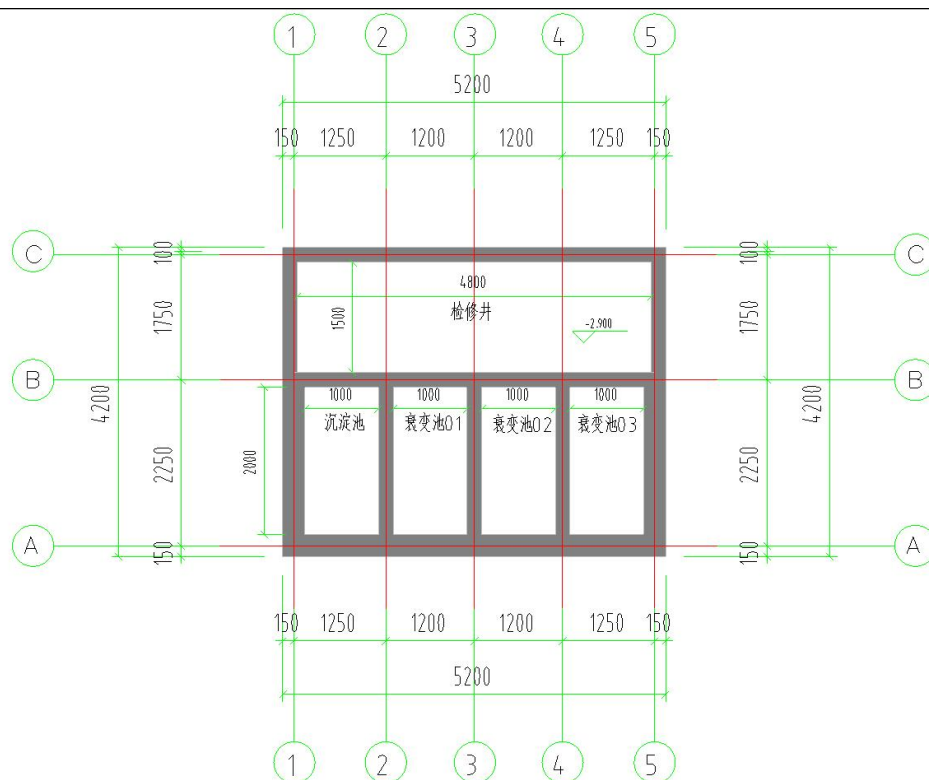


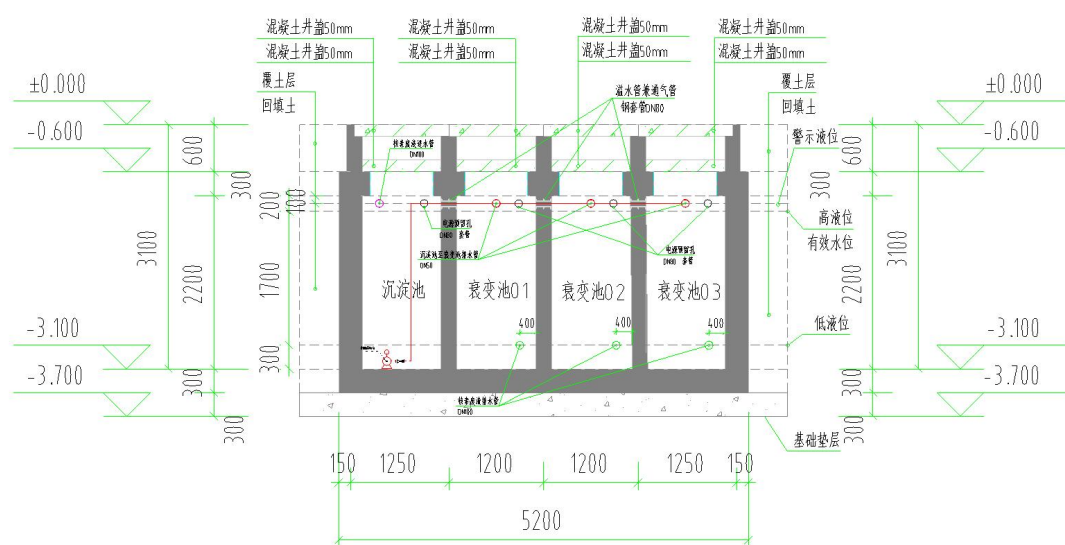
图 10-5 本项目核医学科排水管道示意图

10.1.6 核医学科衰变池设计

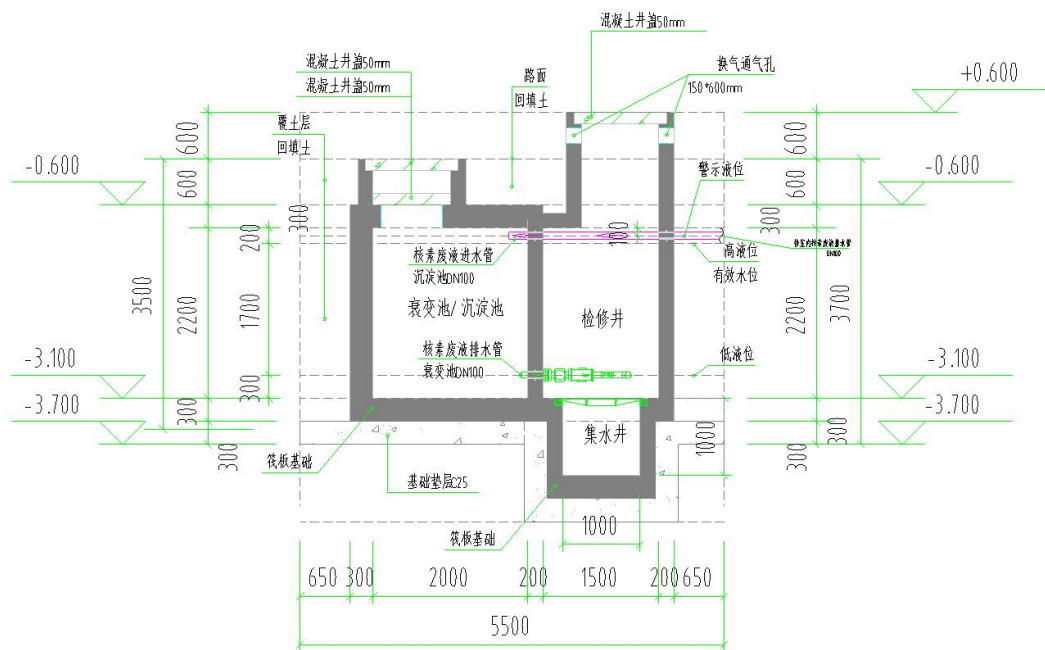
本项目计划在第五大楼南侧东端原库房区域新建核医学科衰变池，衰变池为槽式衰变池，为 3 级并联式结构，衰变池整体长 5.20m，宽 4.20m，深度 3.70m，包括 2 个沉渣池（4.4m³/个）、3 个衰变池（有效容积 4.4m³/池，单个衰变池内径 2.0m（长）×1.0m（宽）×2.4m（有效水深高度）），衰变池总有效容积约为 13.2m³，采用间歇式排放方式，用于收集本项目核医学科的放射性废水（I-131、P-32），放射性废水经衰变处理设施处理达标后再进入医院污水处理站进一步处理。在结构方面，该衰变池四周池壁、池底由 300mm 的混凝土，池盖结构由 150mm 的混凝土浇筑而成，衰变池内部做有防渗漏、耐酸、耐腐蚀处理，同时拟在各衰变池上方预留检修口，盖口采用防护盖板（采用不锈钢包 8.0mmPb 铅板），衰变池埋于地下，覆土层 600mm，医院拟设置围栏，禁止无关人员进入。



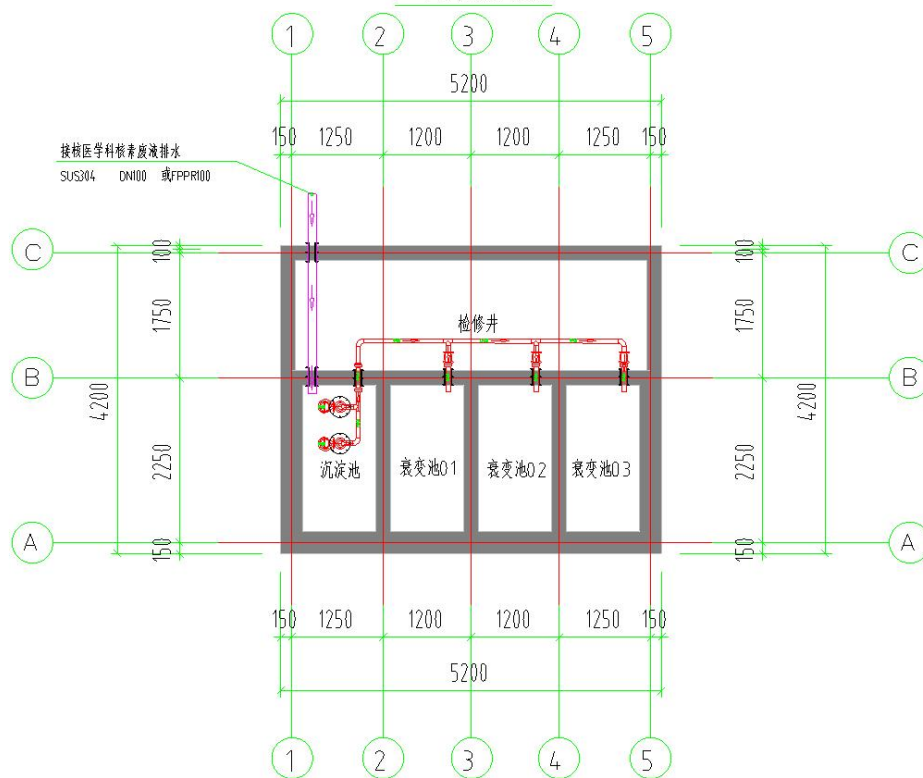
衰变池平面布局图1:50



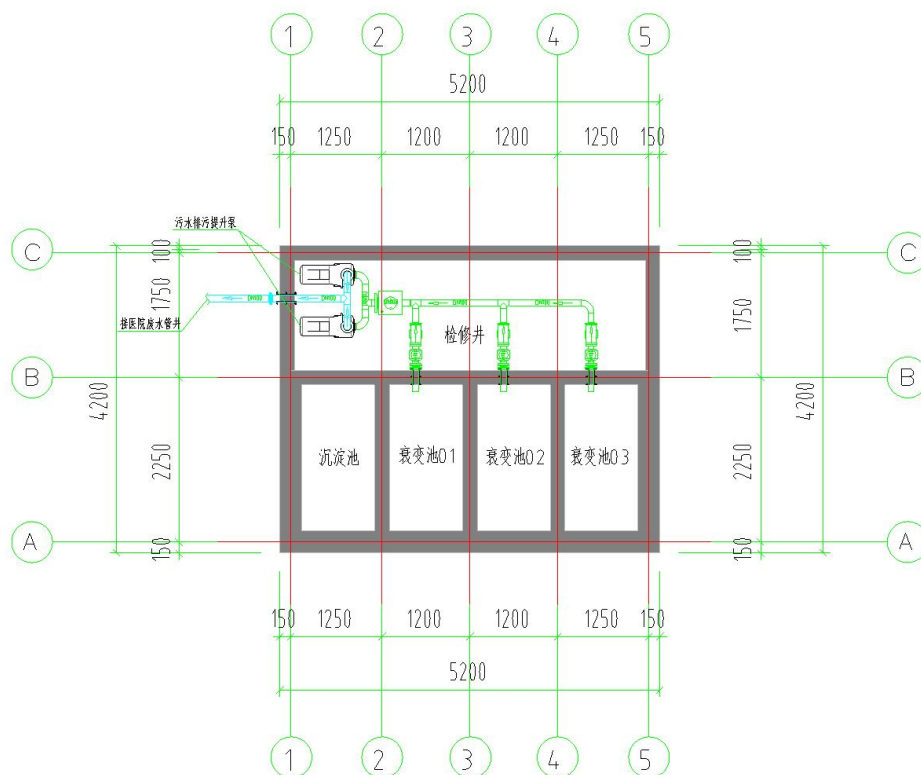
1-1剖面图 1:50



2-2剖面图 1:100



衰变池核素废液进水平面布局图 :50



衰变池核素废液排水平面布局图 :50

图 10-6 本项目核医学科衰变池设计示意图

10.1.7 核医学科固废箱设计

依托现有固废室北侧、东侧、原有墙体，在南侧和西侧新建 120mm 厚实心砖墙，新建墙体高度 1.5m，合围形成内径长 1.6m、宽 1.0m、有效储放高度 1.2m 的放射性固废暂存箱。箱体内砌筑横、竖各 1 道 120mm 厚实心砖墙，呈田字形分隔为四个独立储存隔间。单个隔间内径尺寸为长 0.74m、宽 0.44m、高 1.2m，单格容积 0.39m³，隔间总有效储存容积 1.56m³。箱体顶部设置 10mm 铅当量铅板作为防护盖板。

10.1.8 其他辐射安全和防护设施

(1) 辐射安全措施

a. 警示设施

医院拟在核医学科控制区各房间防护门外设置明显的电离辐射警告标志，警示人员注意安全，控制区采用红色警示线划分，地面给出相应的人员流动导向标志。

b. 视频监控和对讲装置

在工作场所范围内设置视频监控系统，便于观察患者的情况、工作场所进/出口

情况；分装室、服药窗口、敷贴室、留观室拟安装视频对讲装置，便于工作人员通过其与患者交流。

c.门禁控制系统

拟在核医学工作场所患者出、入口防护门设置门禁系统，实现“入口只进不出，出口只出不进”的单向路线设计，以便控制给药后患者流向，并防止无关人员入内；拟在工作人员出入口设置单向门禁，采用刷卡（或密码或人脸识别）进门，出门按钮出门方式，拟根据工作人员岗位给予对应区域进出权限，以限制无关人员入内。各患者出、入口、工作人员入口等防护门拟设置磁力锁和应急备用电源，以确保防护门打开后及时关闭以及临时停电情况下门禁系统的正常运行。本项目摄像监控装置、可视对讲门禁/单向门禁装置、呼叫系统具体安装位置示意图见附图。

（2）放射性药物的存放控制措施

本项目核医学科使用的放射性核素药物提前向供药单位订购，供药单位需在早上8点前，将订购的药物送至核医学科，核医学科安排专职人员接收放射性核素，经确认无误完成相关交接手续后暂存在核医学科分装柜或储源室内。

医院必须配备专（兼）职人员负责放射性药物的管理并建立健全放射性物质的保管、领用、登记和定期检查制度。要求设置专门的台账（如交收账、库存账、消耗账），加强对放射性药物的管理，严防丢失。放置放射性物质的容器，必须容易开启和关闭，容器外必须有明显的标签（注明元素名称、理化状态、射线类型、活度水平、存放起止时间、存放负责人等）。放射性药物存放的储源室要设有专门可靠的防火防盗等安全措施，且不得将放射性药物与易燃易爆及其他危险物品放在一起，放射性核素存取实行双人双锁管理。

（3）表面污染控制措施

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

- ①放射性药物应当有良好的外包装，送入后要妥善储存及转移，防止意外洒漏；
- ②操作放射性药物时，须在有负压的分装柜内进行，防止放射性物质洒漏；
- ③放射性药物操作人员应当定期参加相关专业培训，具备相应的技能与防护知识，并配备适当的防护用品；
- ④操作台、地面应当选用易于清污的材料或材质，并且每次操作完成后应当使用

表面污染监测仪器对操作台、地面、个人防护用品等进行表面污染监测，并购买放射性表面去污用品和试剂进行去污，以满足《电离辐射防护源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的标准值。

（4）人员防护措施

①辐射工作人员的防护

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

屏蔽防护：通过场所的有效实体屏蔽辐射源产生的辐射危害；为核素操作人员配备铅防护手套、铅衣等个人防护用品和放射性污染防护服、乳胶手套等一次性防污染用品等。

时间防护：加强辐射工作人员的实操培训，提高工作效率，缩短接触放射性药物的时间，使照射时间最小化。

距离防护：药物转运过程中，尽量采用长柄镊子操作，尽可能增大工作人员与放射性核素之间的距离。

②其他人员防护

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

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

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

③防护用品和监测仪器

本项目拟配备防护用品的来源应合法合规，由正规途径购买，同时应在有效期内使用防护用品，本项目拟配备的防护用品及监测仪器见表 10-3。

表 10-3 本项目核医学科拟配备防护用品及监测仪器清单

序号	防护用品名称	数量	铅当量（mmPb）	备注
1	铅橡胶衣	3 件	0.5mmPb	控制区内使用
2	铅橡胶围裙	3 件	0.5mmPb	
3	铅橡胶颈套	3 件	0.5mmPb	
4	铅橡胶帽子	3 顶	0.35mmPb	
5	有机玻璃眼镜或面罩	2 件	3mm 有机玻璃	P-32 分装及敷贴时

6	橡皮泥或橡胶板 ($\geq 3\text{mm}$)	1 套	/	使用
7	远距离操作工具	1 套	长柄镊子	
8	铅废物桶	5 个	5mmPb	
9	污染防护服、乳胶手套等一次性防污染用品	按需配备	/	
10	X/ γ 剂量率监测仪	1 台	/	
11	表面污染监测仪	1 台	/	
12	个人剂量报警仪	3 台	/	
13	X/ γ 个人剂量计	1 个/人	/	
14	I-131 分装柜	1 套	六面均为 30mmPb	
15	P-32 分装柜	1 套	六面均为 10mm 有机玻璃+5mmPb 铅皮	
16	活度计	1 台	/	

(5) 操作过程中的防护措施

工作人员在进行放射性药品分装操作时首先做好个人防护，包括穿戴铅衣、铅围裙、铅帽等。分装时药品、铅罐均放置在垫有滤纸的瓷盘内进行，以防止放射性药液洒漏造成操作台污染。分装柜底部设有废物铅桶，用于暂时收集放射性废物。

(6) 对服药后患者防护措施

首先告知患者及家属辐射可能带来的危害性，患者要与陪护人员实行隔离，陪护人员不允许在控制区内驻留，医院需要划定专门的陪护人员等候区并尽量远离非密封放射性物质工作场所，同时要求患者在服药后在留观室留观，禁止随意走动，呕吐物和排泄物要排入控制区内专用卫生间，最终排入衰变池。

10.4 环保投资

本项目环保投资一览表详见表 10-4。

表 10-4 环保投资一览表

序 号	项 目	费用 (万元)
1	核医学科场所屏蔽	120
2	辐射安全门禁系统、监控系统等	10
3	辐射防护用品	8
4	辐射警示标志、制度上墙等	0.2
5	便携式表面污染仪	4
6	便携式 X/ γ 剂量率检测仪	2
7	个人剂量报警仪	0.6
8	X/ γ 个人剂量计	0.2
9	环境管理	10
合 计		155

三废的治理

一、放射性废水

正常工况下核医学科各功能用房的放射性废水通过经管网收集后，接入衰变处理系统的沉渣池内。产生放射性废水的房间主要为卫生通过间、淋浴间、留观室卫生间和污洗间。本项目核医学科铺设管道，使得放射性废水通过重力自流的方式进入沉渣池内。

衰变池设计说明：

(1) 放射性废水首先进入沉渣池，沉渣池进、出水水管采用 UPVC 排水管，裸露管道外壁包 3mm 厚铅皮，沉渣池设铰刀切割式抽水泵 2 台（1 用 1 备），将废水及废水中污泥、杂质经沉渣池搅拌打碎后，排入衰变池存放。

(2) 沉渣池进水管上设阀门，沉渣池出水接入衰变池，衰变池分 3 格，每一格进水管上设电动阀和手动阀门，进水顺序为 1#-2#-3#-1#，依次循环，衰变池 1#进水时，打开衰变池 1#进水管上的电动阀，其余两格进水管上电动阀关闭，待水位达到最高水位时打开衰变池 2#进水管上电动阀，关闭衰变池 1#进水管上的电动阀，如此循环进水。

(3) 每一格衰变池内设铰刀切割式抽水泵 2 台（1 用 1 备），排放时将废水及废水中污泥、杂质搅拌打碎后排出，排水顺序为 1#-2#-3#-1#，当衰变池 3#进水过程中，水位距最高水位 300mm 时，启动衰变池 1#排水泵，水位距池底 300mm 时停泵。3 格衰变池依次循环进水和排水，保证废水在衰变池中停留时间达到 180 天以上。

根据表 11 章节分析，本项目放射性废水经衰变池衰变后可满足排放要求。

二、放射性固体废物

本项目核医学科产生的放射性固体废物主要有污染物的手套、棉签、纱布、滤纸、擦拭污染物地面的物品以及其他可能受放射性污染的物品、废弃没有用完的放射性药物等。在分装室、敷贴室、留观室等场所设置专用脚踏式废物桶，容器内放置塑料袋；对碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，先装入硬纸盒或其他包装材料中，然后再装入塑料袋内。每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。根据房间功能，按核素种类分别收集放射性废物，放射性废物包装表面注明所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。本项目核医学科产生的放射性废物暂存于固废间的衰变箱内。

废弃的活性炭按照放射性固废处理，存于固废间。项目运行过程中，应从源头上减少放射性固体废物的产生量，保证 I-131 放射性固废暂存超过 180 天，P-32 放射性固废暂存超过 143 天，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 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 对废物清洁解控作为医疗废物处理。综上所述，本项目产生的放射性固体废物收集和贮存措施基本满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相关要求。

三、放射性废气

本项目核医学科控制区拟设置 3 套排风系统，其具体情况如下：

①1#排风系统为 I-131 分装柜单独使用，1#排风系统的风速不小于 0.5m/s ；

②2#排风系统分别为 P-32 分装柜单独使用，2#排风系统的风速不小于 0.5m/s ；

③核医学科 3#排风系统是控制区内共用的排风系统，严格遵循“低活度区废气→高活度区主管”的单向风向原则，系统以分装室主管为核心汇流点，低活度区中，敷贴室废气先接入主管，储源室和卫生通过间废气先汇流再接入主管，留观室、卫生间、固废室/储源室废气先通过各自支管接入主管，且所有支管气流均单向流向主管；同时通过主管与支管的负压差控制、加装止回阀及日常止回阀检查，保障风向单向性，杜绝高活度废气回流。

本项目 1#、2#排风系统先在各分装柜壁顶安装第一道高效活性炭吸附装置，对柜内废气进行过滤，过滤后再第五大楼南侧汇合沿外墙至楼顶排放；3#排风系统（核医学科控制区内多用房共用系统）的废气，接入一套高效活性炭吸附装置，该装置可分别对 3#排风系统的废气进行过滤，最终通过核医学科南侧外墙专用风管引至第五大楼楼顶高空排放，排风口周围无遮挡，同时外墙排风管粉刷明显颜色油漆，用于区分。

综上所述，本项目核医学科工作场所设置了独立的通风系统，气流组织设计合理，排放前的废气经活性炭过滤装置净化处理，并定期更换活性炭，更换后的活性炭按照放射性固废处理，排风口设置位置相对较合理，满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）关于气态放射性废物管理的要求。

表 11 环境影响分析

本项目建设阶段对环境的影响

本项目辐射工作场所在建设阶段不产生放射性固废、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是改建机房施工时产生的噪声、扬尘、固体废物、废水等环境影响。

(1) 噪声及防治措施

施工期噪声主要来自项目施工时的机械噪声、装修时的设备噪声。通过选取噪声低、振动小的设备等措施，可降低噪声对周围环境的影响。

(2) 施工扬尘

本项目施工扬尘主要来自场所建设时产生的粉尘，为减小施工期间扬尘对外环境的影响，施工单位进行适当的加湿处理并加强施工现场的管理。

(3) 固体废物及防治措施

施工期固体废物主要为建筑垃圾和装修垃圾。施工期产生的固体废物均妥善处理，无回收价值的废物统一收集后，由施工单位或承建单位运输至合法堆场堆放。

(4) 废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院的污水处理系统，经院内处理后进入市政管网。

医院应合理安排施工时间及施工场地的秩序，对施工场地进行适当的封闭，由于本项目辐射防护工程量较小，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目施工期对外界的影响较小。

本项目运行阶段对环境的影响

辐射环境影响

(一) β射线辐射影响分析

β射线的穿透性能较差，根据《辐射防护手册 第三分册》（原子能出版社）P23，β射线在不同材料中的射程可按以下公式进行估算，主要参数及结果见表 11-1。

$$d = \frac{1}{2\rho} \bullet E_{\beta\max}$$

式中：

d ——防护厚度，cm；

ρ ——材料的密度，g/cm³，空气、皮肤、有机玻璃的密度取自《辐射防护手册 第

三分册》（原子能出版社）P23 表 2.8，实心砖、混凝土、硫酸钡水泥、铅的密度取自建设单位提供的屏蔽设计证明材料；

$E_{\beta\max}$ —— β 射线的最大能量，MeV。

表 11-1 β 射线在屏蔽材料中理论最大射程

屏蔽材料 d	ρ 材料密度（g/cm ³ ）	核素 P-32	核素 I-131
		$E_{\beta\max}$ （MeV）1.71	$E_{\beta\max}$ （MeV）0.602
		防护厚度（cm）	
空气	0.001293	661.253	232.792
皮肤	0.85—1.0	1.006—0.855	0.354—0.301
有机玻璃	1.18	0.725	0.255
实心砖	1.65	0.518	0.182
混凝土	2.35	0.364	0.128
硫酸钡水泥	3.2	0.267	0.094
铅	11.3	0.076	0.027

注： $E_{\beta\max}$ 来源于《核医学放射防护要求》（GBZ 120—2020）附录 H 表 H.1。

本项目使用放射性核素 P-32、I-131 的整个过程中均采取了有效的屏蔽措施屏蔽 β 射线，因此 β 射线对辐射工作人员和周围公众辐射影响很小。

2、 β 射线所致韧致辐射影响分析

P-32 为纯 β 衰变核素，其释放的 β 射线穿透能力较弱，在人体组织及介质中的辐射作用距离极短，一般不会对周围外环境造成显著的辐射影响，辐射防护中需重点关注其 β 射线与物质相互作用产生的韧致辐射。

依据《辐射防护导论》第 132 页相关内容，在开展屏蔽计算时，可假定韧致辐射的平均能量 E_b 为入射 β 粒子最大能量的 1/3。I-131 核素 β 粒子的最大能量约为 0.602MeV，经计算其产生的韧致辐射平均能量约为 0.201MeV，该能量远低于 I-131 释放的主要 γ 射线能量 0.365MeV。同时，I-131 的 β 射线本身射程短、能量分布分散，易被常规介质有效屏蔽，其产生的韧致辐射对远距离外照射的贡献程度极低。因此，本报告在辐射影响分析中，不单独计算 I-131 核素韧致辐射的辐射影响，仅重点考虑其主要 γ 射线的辐射贡献。

依据建设单位提供的工作制度，P-32 和 I-131 核素不会同时在场内使用，因此在计算场所各关注点周围剂量当量率时，除储源室和固废室外，其他场所不考虑剂量叠加。仅在计算年有效剂量时考虑剂量叠加。

将 P-32 药物简化成点源，其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，采

用方杰主编的《辐射防护导论》P133 公式 4.20 计算在无屏蔽时β射线产生的韧致辐射在关注点处空气中的吸收剂量率：

$$\dot{D} = 4.58 \times 10^{-14} A Z_e \left(\frac{E_b}{r} \right)^2 \cdot \left(\frac{u_{en}}{\rho} \right)$$

则有屏蔽时β射线产生的韧致辐射在关注点处空气中的吸收剂量率：

$$\dot{D} = 4.58 \times 10^{-14} A Z_e \left(\frac{E_b}{r} \right)^2 \cdot \left(\frac{u_{en}}{\rho} \right) \cdot \eta$$

式中：

$\dot{D}$ ——距离韧致辐射源 r 米处的空气吸收剂量率，Gy/h；

A——放射源活度，Bq；

Z_e ——吸收β粒子的屏蔽材料（或靶核）的有效原子序数，由《辐射防护导论》P129 表 4.4 查得；有机玻璃的有效原子序数 5.85，水的有效原子序数 6.66，铅的有效原子序数 82；

E_b ——β粒子的平均能量，MeV；根据《辐射防护导论》P122 表 4.1，P-32 核素的β粒子的平均能量为 0.695MeV；

r——参考点与屏蔽层的距离，m；

u_{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， m^2/kg ，根据《辐射防护导论》P302 附表 1，采用内插法计算出平均能量为 0.695MeV 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数为 $2.919 \times 10^{-3} m^2/kg$ ；

η ——透射比，根据《辐射防护导论》（P133 减弱倍数 $K=1/\eta$ ）P116 公式 3.64 变形得出公式 $\eta=10^{-d/TVL}$ （其中 TVL 屏蔽层在β粒子平均能量下的什值层厚度，由《辐射防护导论》P98 查表 3.5，采用内插法计算出平均能量为 0.695MeV 宽束 X 射线的 TVL 在铅和混凝土中分别取值：1.61cm、13.11cm。根据《放射卫生学》P141，砖属于低原子序数（<56）物质组成材料，可以采用密度比（ $d_{混凝土} \times \rho_{混凝土} = d_{材料} \times \rho_{材料}$ ）换算，即平均能量为 0.695MeV 宽束 X 射线的 TVL 在砖中取值为 18.67cm）

关注点与辐射源的距离取值原则：

本报告中核医学科辐射源位置及关注点距离的设定，均以《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）为依据，具体规则如下：

1、通用场所设定标准

对于核医学科控制区，辐射源及关注点的参数按以下规则确定：

辐射源位置：水平距离取各场所四周屏蔽体内侧 1m 处，垂直高度取离地面 1m

处；

关注点距离：参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）检测要求，统一设定为各场所四周及顶棚屏蔽体外 0.3m 处。

2、特殊场所调整规则

针对固废室与储源室，因场所功能特殊性，辐射源位置参数做如下调整：

垂直高度由通用的离地面 1m，调整为离地面 0.5m；水平距离由通用的离屏蔽体内侧 1m，调整为离墙体 0.5m。

在衰变房，将整体衰变池视为一个点源，在水平方向上取衰变池壁距各墙体最短距离，在垂直方向，取中间液面位置距顶部的距离。

表 11-2 各辐射关注点与源项距离取值一览表

序号	关注场所/位置	辐射源设定位置	计算距离 r (m)
1	分装柜操作位（5cm）	分装柜内距柜壁外侧 20cm	0.25
2	分装柜外 30cm 处	分装柜内距柜壁外侧 20cm	0.50
3	分装室北、西、南墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.67
4	分装室东墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.54
5	分装室、留观室、服药区、敷贴室顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	3.0
6	敷贴室北墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.67
7	敷贴室西、东、南墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.54
8	服药区北墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.87
9	敷贴室西、东、南墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.67
10	留观室北墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.87
11	留观室西、东、南墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.67
12	固废室西、南墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m，离地 0.5m	1.04
13	固废室北、东墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m，离地 0.5m	1.17
14	固废室、储源室顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m，离地 0.5m	3.5
15	储源室北、西墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m，离地 0.5m	1.04
16	储源室南、东墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m，离地 0.5m	1.17
17	衰变房顶棚外 30cm 处	最高液面高度为 1.8m	3.1

18	衰变房东墙外 30cm 处	取衰变池壁距墙体最短距离	1.30
19	衰变房南墙外 30cm 处	取衰变池壁距墙体最短距离	3.16
20	衰变房西墙外 30cm 处	取衰变池壁距墙体最短距离	1.92
21	衰变房北墙外 30cm 处	取衰变池壁距墙体最短距离	2.63
22	衰变房防护门外 30cm 处	取衰变池壁距墙体最短距离	2.70
23	其他各场所防护门外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m，离地 1m	1.3
注：负一层层高 3.1m。			

3、固废室活度取值

P-32 敷贴保守估计，每位患者 1mCi 用药量全部归为固废中，则每周 1 次，每次 10mCi，进入固废室衰变箱；I-131 每次给药，患者用药总活度的 1%进入固废，每周 1 次，每次约 0.5mCi；进入固废室衰变箱本项目 P-32 固废储存衰变时间为 143 天，总投入量为 200mCi；I-131 固废储存衰变时间为 180 天，总投入量约为 13mCi。

依据活度计算公式：

$$N_t = N_0 \times (1/2)^{(t/T_{1/2})}$$

其中：

N_t ：t 时刻活度；

N_0 是初始活度；

t 是衰变时间；

$T_{1/2}$ 是半衰期，P-32 取 14.26d，I-131 取 8.02d。

通过逐批计算 21 批 P-32 固废的剩余活度并求和，第 143 天时，固废室 P-32 固废最大活度约为 $1.17 \times 10^9 \text{Bq}$ （31.52mCi）；逐批计算 26 批 I-131 固废的剩余活度并求和，固废室 I-131 固废最大活度约为 $2.89 \times 10^7 \text{Bq}$ （0.78mCi）。故本项目核算固废室外关注点周围剂量当量率时，固废室源强分别以上述活度进行计算。

4、储源室活度取值

本项目 I-131 药物均是当日送药，正常情况下储源室仅储存 P-32 药物，因此储源室 P-32 药物最大活度为 40mCi。

5、核医学科各场所活度取值

本项目拟采取预约分时段就诊的措施，确保场所仅 1 名患者接受治疗。

本项目各场所 P-32 核素预期最大放射性活度 A 如下：

- 1) P-32 分装柜按照最大药物量 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ (40mCi) 考虑;
 - 2) 敷贴室按照 1 人考虑, 源活度按照 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) 进行计算;
 - 3) 分装室按照 1 人考虑, 源活度按照 $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$ (1mCi) 进行计算;
 - 4) 储源室按照 $1.48 \times 10^9 \text{Bq}$ (40mCi) 最大储存量考虑;
 - 5) 固废室按照 P-32 固废最大活度约为 $1.17 \times 10^9 \text{Bq}$ (31.52mCi) 计算。
- β 射线所致韧致辐射计算参数及结果见表 11-3、表 11-4。

表 11-3 β 射线所致韧致辐射计算参数及结果 (P-32)

序号	关注点位置	放射源活度 (Bq)	有效原子序数 Z_e	β 粒子的平均能量 E_b (MeV)	距离 r (m)	质量能量吸收系数 μ_{en}/ρ	屏蔽材料及厚度	透射比 η	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	P-32 分装柜外 5cm 处 (操作位)	1.48E+09	5.85	0.695	0.25	2.92E-03	10mm 有机玻璃+5mmPb 铅板	0.489	4.38E+00
2	P-32 分装柜外 30cm 处	1.48E+09	5.85	0.695	0.50	2.92E-03	10mm 有机玻璃+5mmPb 铅板	0.489	1.09E+00
3	工作人员转移敷贴器	3.70E+07	6.66	0.695	0.50	2.95E-03	0.5mmPb 铅衣	0.931	5.99E-02
4	分装室北、西、南墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.67	2.92E-03	370mm 实心砖墙	0.010	5.95E-05
5	分装室东墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.54	2.92E-03	240mm 实心砖墙	0.052	3.48E-04
6	分装室顶棚外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	3.00	2.92E-03	200mm 砼	0.030	5.27E-05
7	分装室卫生通过间入口防护门外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.30	2.92E-03	8mmPb	0.318	3.00E-03
8	分装室其他防护门外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.30	2.92E-03	4mmPb	0.564	5.32E-03
9	敷贴室北墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.67	2.92E-03	370mm 实心砖墙	0.010	5.95E-05
10	敷贴室东、西、南墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.67	2.92E-03	240mm 实心砖墙	0.052	2.96E-04
11	敷贴室顶棚外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	3.00	2.92E-03	200mm 砼	0.030	5.27E-05
12	敷贴室防护门外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.30	2.92E-03	2mmPb	0.751	7.08E-03
13	固废室南、西墙外 30cm 处	1.17E+09	82	0.695	1.04	2.92E-03	240mm 实心砖墙+10mmPb	0.012	7.11E-02
14	固废室北、东墙外 30cm 处	1.17E+09	82	0.695	1.17	2.95E-03	370mm 实心砖墙+10mmPb	0.003	1.14E-02
15	固废室顶棚外 30cm 处	1.17E+09	82	0.695	3.50	2.92E-03	200mm 砼+10mmPb	0.007	3.61E-03
16	固废室防护门外 30cm 处	1.17E+09	82	0.695	1.30	2.92E-03	4mmPb+10mmPb	0.135	4.95E-01
17	储源室北、西墙外 30cm 处	1.48E+09	82	0.695	1.04	2.92E-03	240mm 实心砖墙+30mmPb	7.10E-04	5.15E-03

18	储源室南、东墙外 30cm 处	1.48E+09	82	0.695	1.17	2.92E-03	370mm 实心砖墙+30mmPb	1.43E-04	8.19E-04
19	储源室顶棚外 30cm 处	1.48E+09	82	0.695	3.50	2.92E-03	200mm 砼+30mmPb	4.08E-04	2.61E-04
20	储源室防护门外 30cm 处	1.48E+09	82	0.695	1.30	2.92E-03	4mmPb+30mmPb	0.008	3.59E-02
注：①根据《辐射防护导论》，将γ射线减弱一定程度所需物质厚度 d 与物质的密度ρ成反比关系（$d_1/d_2=\rho_2/\rho_1$）。 ②本项目拟使用的实心砖密度为 1.65g/cm^3，混凝土（砼）密度为 2.35g/cm^3，铅密度为 11.3g/cm^3，预测时将实心砖厚度折合为混凝土厚度。240mm 实心砖经密度折算后等效 168.5mm 混凝土、370mm 实心砖经密度折算后等效 259.7mm 混凝土。 ③分装柜内的吸收β粒子的屏蔽材料为有机玻璃，有效原子序数 Z_e 为 5.85，转移敷贴器、药物在分装室内及敷贴室治疗时，吸收β粒子的屏蔽材料为人体组织，参考水的有效原子序数 6.66，储源室和固废室吸收β粒子的屏蔽材料为铅，有效原子序数 Z_e 为 82。 ④储源室储源罐铅当量为 30mmPb、固废室衰变箱铅当量为 10mmPb。									

由表 11-3 估算结果可知，放射性核素 P-32 产生的韧致辐射在通风橱外表面 5cm、30cm 处的最大周围剂量当量率分别为 4.38μSv/h、1.09μSv/h，分别小于 25μSv/h、2.5μSv/h 的控制水平，在核医学科场所控制区外各屏蔽体外表面 30cm 处的最大周围剂量当量率为 2.07E-02μSv/h，小于 2.5μSv/h 的控制水平，屏蔽设计满足标准要求。对周围辐射环境影响较小。

（二）γ 射线辐射影响分析

①计算公式

本项目γ射线剂量率评价公式采用《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 I 中公式变形得来，具体如下：

$$H_p = A \times f \times R^{-2} \times 10^{-x/TVL}$$

式中：

H_p ——经屏蔽后，关注点处的剂量率，μSv/h；

A ——放射源的预期最大放射性活度，MBq；

f ——剂量率常数，μSv·m²·h⁻¹·MBq⁻¹，

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1，I-131 周围剂量当量率常数（裸源）：0.0595，附录 L 表 L.1，患者体内单位放射性活度所致体外 1m 处的周围剂量当量率：0.0583；

R ——关注点距辐射源的距离，m；

x ——屏蔽层厚度，mm；

TVL ——γ射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度，mm。详见表 11-5。

表 11-5 TVL 取值表

核素	TVL(mm)		
	铅（11.3g/cm ³ ）	硫酸钡水泥（3.2g/cm ³ ）	砖（1.65g/cm ³ ）
I-131	11	125	240

②计算参数

关注点与辐射源的距离取值原则：

取值见表 11-2。

本项目拟采取预约分时段就诊的措施，避免多名甲亢、甲测患者同时在控制区，同时甲测患者最大服药量为 0.01mCi，甲测患者对环境影响较小，因此本项目 γ 射线辐射影响分析主要为辐射源项为甲亢患者。本项目各场所 I-131 核素预期最大放

射性活度 A 如下：

1) I-131 患者放射性药物活度：甲亢患者均不住院，最大服药量按照 370MBq (10mCi) 进行计算；甲测患者服药按照 0.37MBq (0.01mCi) 进行计算；

2) 甲亢分装柜按照甲亢每日最多 5 人，甲测每日最多 5 人考虑，源活度按照 1853.70MBq (50.1mCi) 进行计算；

3) 服药间按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算；

4) 留观室按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算；

5) 固废室 I-131 固废最大活度约为 28.9MBq (0.78mCi)；

6) 本项目 I-131 药物均是当日送药，正常情况下储源室不储存 I-131 药物。

③计算结果

根据以上计算公式，核医学科各场所辐射剂量率计算结果详见表 11-6。

表 11-6 核医学科辐射剂量率计算参数及结果一览表

关注点		计算参数					计算结果
		活度 A	剂量率常数 f $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{MBq})$	距离 R (m)	设计屏蔽材料及厚度 x	$TVL(\text{mm})$	$H_{\text{p}}(\mu\text{Sv/h})$
I-131 分装柜	分装柜表面外 5cm (操作位)	1853.7	0.0595	0.25	30mmPb 铅	11	3.31
	分装柜表面外 30cm	1853.7	0.0595	0.50	30mmPb 铅	11	0.83
分装室	顶部外 30cm	370	0.0595	3.00	200mm 砼	170/11	0.16
	北、西、南墙外 30cm	370	0.0595	1.67	370mm 实心砖墙	240	0.23
	东墙外 30cm	370	0.0595	1.54	240mm 实心砖墙	240	0.93
	卫生通过间防护门外 30cm	370	0.0595	1.30	8mmPb 铅	11	2.44
	其他防护门外 30cm	370	0.0595	1.30	4mmPb 铅	11	5.64
服药区	服药窗口	370	0.0595	0.50	30mmPb	11	0.17
	顶部外 30cm	370	0.0583	3.00	100mm 砼+3.0mmPb 铅板	170/11	0.33
	四面墙外 30cm	370	0.0583	1.67	370mm 实心砖墙	240	0.22
	患者入口防护门外 30cm	370	0.0583	1.30	8mmPb 铅	11	2.39
	患者出口防护门外 30cm	370	0.0583	1.30	4mmPb 铅	11	5.53
留观室	顶部外 30cm	370	0.0583	4.20	100mm 砼+3.0mmPb 铅板	170/11	0.17
	四面墙外 30cm	370	0.0583	1.67	370mm 实心砖墙	240	0.22
	其他防护门外 30cm	370	0.0583	1.30	4mmPb 铅	11	5.53
	患者出口防护门外 30cm	370	0.0583	1.30	10mmPb 铅	11	1.57
固废室	顶部外 30cm	28.9	0.0595	3.50	200mm 砼+10mmPb	170/11	1.15E-03
	西、南墙外 30cm	28.9	0.0595	1.17	240mm 实心砖墙+10mmPb	240/11	1.55E-02
	北、东墙外 30cm	28.9	0.0595	1.17	370mm 实心砖墙+10mmPb	240/11	4.45E-03
	防护门外 30cm	28.9	0.0595	1.30	4mmPb 铅+10mmPb	11	5.43E-02
衰变房	顶部外 30cm	222	0.0595	3.10	100mm 砼+4.0mmPb 铅板	170/11	1.38E-01
	东墙外 30cm	222	0.0595	1.30	370mm 实心砖墙	240	2.24E-01

	南墙外 30cm	222	0.0595	3.16	370mm 实心砖墙	240	3.80E-02
	西墙外 30cm	222	0.0595	1.92	370mm 实心砖墙	240	1.03E-01
	北墙外 30cm	222	0.0595	2.63	370mm 实心砖墙	240	5.48E-02
	防护门外 30cm	222	0.0595	2.70	4mmPb 铅	11	7.84E-01
药物转移	I-131 药物转移	370	0.0595	0.50	0.5mmPb 铅衣	11	7.93E+01

由表 11-6 计算结果可知，核医学科 I-131 通风橱外表面 5cm、30cm 处的最大周围剂量当量率分别为 3.31μSv/h、0.83μSv/h，分别小于 25μSv/h、2.5μSv/h 的控制水平，控制区内人员偶尔居留的区域屏蔽体外表面 0.3m 处最大周围剂量当量率为 5.64μSv/h，小于 10μSv/h 的控制水平；控制区外人员可达处，距屏蔽体外表面 0.3m 处的最大周围剂量当量率为 2.39μSv/h，小于 2.5μSv/h 的控制水平，满足标准要求。

综合表 11-3、表 11-4 和表 11-6，本项目固废间控制区外人员可达处的叠加剂量最大为 4.81E-04μSv/h，小于 2.5μSv/h 的控制水平；储源室控制区外人员可达处的叠加剂量最大为：9.15E-04μSv/h，小于 2.5μSv/h 的控制水平。均满足标准要求。

11.1.4 个人剂量估算

①估算公式

按照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计算公式如下：

$$H_e = D_r \times t \times T \times 10^{-3}$$

式中：

H_e ——X、γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ——X、γ射线吸收剂量率，μSv/h；

t ——X、γ射线照射时间，h/a；

T ——居留因子，参考 HJ1198-2021 附录 A。

②参数选取

本项目受影响人员主要包括辐射工作人员以及周边公众，同时依据本项目辐射环境现状监测结果，在楼上放射科正常运行状态下，周围环境 X-γ 辐射剂量率仍处于株洲市本底辐射范围内，证明放射科对周围环境辐射影响可忽略不计，因此本项目在进行个人剂量估算时，不考虑放射科的叠加影响。同时根据本项目特点，辐射工作人员主要考虑药物分装、转移时造成的影响。核医学科辐射工作人员及公众可达处受照时间详见表 11-7。

表 11-7 核医学科辐射工作人员及公众受照时间一览表

场所		每次照射时长	全年工作量	年照射时间
辐射工作人员	P-32 敷贴器制备（分装、测活）	15min/人次	10 人/d，最多 480 人/a	120h
	P-32 敷贴器转移（发放、回收）	5min/人次	10 人/d，最多 480 人/a	40h
	I-131 分装测活（甲亢、甲测）	3min/人次	10 人/d，1000 人次/a	50h

	I-131 转移（甲亢）	10s/人次	5 人/d, 500 人次/a	1.39h
公众	P-32 敷贴器制备（分装）	15min/人次	10 人/d, 最多 480 人/a	120h
	P-32 敷贴室（治疗）	1h/人次	10 人/d, 最多 480 人/a	480h
	I-131 测活（甲亢、甲测）	3min/人次	10 人/d, 1000 人次/a	50h
	服药间（I-131 服药）	3min/人次	5 人/d, 500 人/a	25h
	留观室（甲亢患者留观）	10min/人次	5 人/d, 500 人/a	83.3h
	固废室/储源室/衰变房	24h	365d	8760h
注：甲测患者药物分装后为豁免水平，不考虑其转移、服药时的辐射影响。				

③估算结果

本项目核医学科辐射工作人员及公众可达处个人剂量估算详见表 11-8。

表 11-8 辐射工作人员及公众关注点剂量估算一览表

点位描述				剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时 间 h/a	居留因 子	估算结果 mSv/a
辐射 工作 人员	P-32 敷贴器制备（分装、测活）			4.38	120	1	5.26E-01
	P-32 敷贴器转移（发放、回收）			5.99E-02	40	1	2.40E-03
	I-131 分装测活（甲亢、甲测）			3.31	50	1	1.66E-01
	I-131 转移（甲亢）			79.31	1.39	1	1.10E-01
	总年有效剂量						8.07E-01
公众 （考 虑人 员可 达处）	分 装 室	上方 30cm 处放射科	P-32	5.27E-05	120	1	8.01E-03
			Sr-89	1.23E-04	7.2	1	
			I-131	0.16	50	1	
		西墙外 30cm 处（走廊）	P-32	5.95E-05	120	1/5	2.30E-03
			Sr-89	1.31E-04	7.2	1/5	
			I-131	0.23	50	1/5	
	敷 贴 室	西、南侧墙外 30cm 处（走廊）	P-32	2.96E-04	480	1/5	2.84E-05
		上方 30cm 处（放射科）	P-32	1.56E-04	480	1	7.49E-05
	服 药 区	北墙外 30cm 处（室外空地）	Sr-89	1.05E-04	7.2	1/40	1.13E-04
			I-131	0.18	25	1/40	
		西墙外 30cm 处（走廊）	Sr-89	1.31E-04	7.2	1/5	1.10E-03
			I-131	2.20E-01	25	1/5	
		上方 30cm 处（放射科）	Sr-89	4.44E-04	7.2	1	8.25E-03
			I-131	0.33	25	1	
		患者入口处防护门	Sr-89	6.30E-03	7.2	1/8	7.47E-03
			I-131	2.39	25	1/8	
	留 观 室	北侧墙外 30cm 处（室外空地）	I-131	1.80E-01	166.7	1/40	7.50E-04
		上方 30cm 处放射科	I-131	1.80E-01	166.7	1	3.00E-02
		患者出口处防护门	I-131	1.80E-01	166.7	1/8	3.75E-03
	固	上方 30cm 处	P-32	3.61E-03	8760	1	4.217E-02

	废室	(放射科)	Sr-89	5.38E-05	8760	1	
			I-131	1.15E-03	8760	1	
	储源室	南侧墙外 30cm 处(公共卫生间)	P-32	8.19E-04	8760	1/20	4.01E-04
			Sr-89	9.55E-05	8760	1/20	
		上方 30cm 处(放射科)	P-32	2.61E-04	8760	1	2.66E-03
			Sr-89	4.29E-05	8760	1	
	衰变房	北侧墙外 30cm 处(室外空地)	I-131	5.48E-02	8760	1/40	1.20E-02
		东墙外 30cm 处(库房)	I-131	2.24E-01	8760	1/20	9.81E-02
		上方 30cm 处(放射科公共卫生间)	I-131	2.02E-01	8760	1/20	6.06E-02

注：1、楼上放射科居留因子保守取全居留 1，
2、部分居留：走廊处取 1/5；
3、偶然居留：防护门外取 1/8 外，室外空地取 1/40，公共卫生间取 1/20、库房取 1/20；
4、分装室、固废室和储源室考虑多个核素的叠加影响。

综上可知，核医学科工作人员总的年有效剂量为 0.807mSv，考虑人员剂量分担后更小，低于医院提出的 5.0mSv/a 的管理目标值。公众可达处最大年有效剂量为 9.81E-02mSv，低于医院提出的 0.1mSv/a 的管理目标值。

放射性废物影响分析

一、放射废气和有害气体

本项目核医学科控制区拟设置 3 套排风系统，其具体情况如下：

①1#排风系统为 I-131 分装柜单独使用，1#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

②2#排风系统分别为 P-32 分装柜单独使用，2#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

③核医学科 3#排风系统是控制区内共用的排风系统，严格遵循“低活度区废气→高活度区主管”的单向风向原则，系统以分装室主管为核心汇流点，低活度区中，敷贴室废气先接入主管，储源室和卫生通过间废气先汇流再接入主管，留观室、卫生间、固废室/储源室废气先通过各自支管接入主管，且所有支管气流均单向流向主管；同时通过主管与支管的负压差控制、加装止回阀及日常止回阀检查，保障风向单向性，杜绝高活度废气回流。

本项目 1#、2#排风系统先在各分装柜壁顶安装第一道高效活性炭吸附装置，对柜内废气进行过滤，过滤后再第五大楼南侧汇合沿外墙至楼顶排放；3#排风系统（核医学科控制区内多用房共用系统）的废气，接入一套高效活性炭吸附装置，该装置可分别对 3#排风系统的废气进行过滤，最终通过核医学科南侧外墙专用风管引至第五大楼楼顶高空排放，排风口周围无遮挡，同时外墙排风管粉刷明显颜色油漆，用于区

分。

二、放射性废水

(1) 放射性废水来源及排放量

本项目核医学科甲测受检者服药后即可离开,故不考虑甲测受检者放射性废水产生情况;核素敷贴患者接受治疗后回收敷贴器,不产生放射性废水。因此仅考虑甲亢门诊患者、医务人员和场所清洁产生的废水量。该场所按照废水中含有 I-131、P-32 考虑贮存衰变,由于 I-131 半衰期较长,因此按 I-131 的衰变要求进行处理。

本次评价放射性废水产生量计算依据为:根据《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019),门诊病人平均用水量为 6~12L/d、医务人员平均用水量为 60~80L/人班,废水产生量按用水量 90%计,门诊病人平均产生废水量为 5.4~10.8L/d、医务人员平均产生废水量为 54~72L/人·班,本项目废水产生量按照最大产生系数计算,患者废水产生量取 10.8L/d 人、医务人员废水产生量取 72.0L/班/人(含场所清洁废水)。

本项目每天核素操作医务人员按 2 人次/d 计算,产生废水按 72.0L/人次计算,每天废水量为 0.144m³,每周废水量 0.288m³。

核医学科甲亢患者不需住院,就诊患者按每人产生 10.8L/d 放射性废水计算,每天共 5 人,每天废水量 0.054m³,每周废水量 0.054m³。

表 11-9 新建核医学科衰变池放射性废水周产生量统计表

场所	用水类别	用水定额	周接诊病人数	排入废水	均排入废水
核医学科	服药病人排泄	10.8L/人	5 人	54L/周	342L/周
	医护人员及场所清洁	72L/人	2 人	288L/周	

注: 1、甲亢患者按照每天接诊 5 人,每周接诊 1 天,敷贴患者每周接诊 1 天;
2、医护人员每周接诊 2 天,每天 2 人操作核素;
3、核医学科所有的医护人员用水归入 I-131 衰变池中,医护人员冲淋时沾染的 P-32 药物随废水进入衰变池。

综上所述,核医学科每周废水量为 0.342m³,每年废水量为 17.1m³。

(2) 放射性废水处理能力分析

第五大楼负一楼核医学科废水进入南侧的衰变池沉渣池,经打碎收集后流至衰变池。核医学科废水进入专用槽式衰变池。衰变处理系统由 1 个容积为 4.8m³ 的沉渣池+3 个容积为 4.8m³ 的衰变池组成,核医学科使用的 I-131、P-32 核素半衰期分别为

8.02d、14.26d。

保守不考虑沉渣池的容量，衰变池为 3 池并联，衰变时间为注满 2 格衰变池所需时间。该核医学科每周产生的放射性废水约为 $0.342\text{m}^3/\text{周}$ ，考虑本项目三级衰变池并联，第 1 个衰变池排满后封存起，剩下 2 个衰变池的时间应不小于 25.7 周（180 天）（保守取 26 周，考虑排放前检测记录等时间），则单个衰变池排满应大于 13 周天，则单个衰变池所需有效体积 $V=0.342\times 13=4.45\text{m}^3<4.8\text{m}^3$ 。本项目衰变池设计有效容积满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函 2023[20]号）中：“槽式衰变池中含 I-131 放射性废水暂存 180 天后，衰变池废水可以直接排放”的放射性废液排放要求。

放射性废液如果暂存时间不超过 180 天，应委托有资质的机构检测满足相关标准要求（总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ ）后，排入医院污水处理站做进一步处理，最终排入城市污水管网。

三、放射性固废

根据源项分析可知，本项目放射性固废主要为工作人员操作过程中产生的手套、棉签、纱布、破碎杯皿、擦拭污染物地面的物品等，患者给药的口杯、留观时产生的放射性废弃物、通风系统更换的废活性炭等放射性废弃物。

本项目核医学科设置固废间，并拟在产生废物的场所内设置铅污物桶，桶内内衬专用放射性废物收集塑料袋。根据房间功能，按核素种类分别收集放射性废物，放射性废物包装表面注明所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。收集的废物拟于下班后集中送至固废间衰变箱内，含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天，磷-32 核素的放射性固体废物暂存超过 10 倍半衰期 143 天经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 对废物清洁解控作为医疗废物处理。

综上所述，本项目产生的放射性废气、放射性废水和放射性固体废物均可得到妥善处置，对环境的影响是可控的。

事故影响分析

本项目涉及非密封放射性物质的使用。在项目运行过程中存在着风险和潜在的危害。

1、核医学科在运行中可能发生的辐射事故有：

（1）由于操作不慎，溢漏、泼洒放射性物质，污染工作台面和地面。

(2) 放射性废物处置或管理不当，造成环境放射性污染。

(3) 辐射防护设施故障、管理失职等原因，造成人员误照射和环境污染。

(4) 发生医疗事故，如弄错患者或其组织、用错药物、剂量或分次剂量与处方严重不符的。

(5) 放射性废气排放中风机故障、过滤净化装置失效或功能减弱，造成环境空气污染。

2、事故预防措施

(1) 制定并落实放射性核素管理制度，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。

(2) 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，减少药物操作和运输过程中洒漏事故发生。

(3) 加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训，使工作人员明确了解需配备的防护用品及存放位置，

(4) 加强对有药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，并对有药患者提供与他人接触时的辐射防护措施的书面指导，使患者明白并自觉做到短期内不到公共场所去活动，并避免与家人近距离密切接触。核医学工作场所设置监控，进出口设置控制门，防止无关人员进入。

(5) 放射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，按照本环评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。

(6) 做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修。

3、应急方案的启动

(1) 一旦发生辐射事故，及时启动《辐射事故处理应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告辐射事故应急处理小组组长，组长随即通知辐射事故应急处理小组有关成员采取应急响应救助措施。

(2) 发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各项职责，各相关部门应积极协调配合，以便妥善处理所发生的辐射事故。

(3) 各类应急救助物资应准备充分、调配及时。

(4) 发生事故后应在 2 小时内报告生态环境部门、卫生行政部门。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全防护管理委员会

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条，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 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。株洲恺德心血管病医院目前设立有辐射安全与防护工作领导小组，下设办公室，负责领导小组日常管理及事务，可以满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求。本项目开展后，株洲恺德心血管病医院计划将核医学科放射诊疗质量及辐射防护安全管理工作纳入领导小组中。以满足相关法律法规要求。具体成员如下：

组 长：陈大来

副组长：谭军塘

成 员：周光明、邱城平、刘春生、舒克周

领导小组下设办公室，负责日常辐射安全与防护工作。领导小组职责如下：

- （1）负责领导小组的日常工作联络与协调。
- （2）起草医院辐射安全管理相关制度、计划、总结、报告等文件。
- （3）具体组织实施辐射安全培训、应急演练和监督检查。
- （4）管理辐射工作人员的个人剂量监测、职业健康监护及培训档案。
- （5）负责《辐射安全许可证》相关材料的准备、申报及管理工作。
- （6）督促各辐射科室落实安全防护措施，整改安全隐患。
- （7）完成领导小组交办的其他工作任务。

2、辐射工作人员

本项目正式运营后，核医学科拟配备 3 名辐射工作人员。医院应及时组织新增辐射工作人员进行上岗前职业健康体检、辐射安全与防护培训。确保人员体检合格且取得有效期内辐射安全与防护知识培训合格证书后方可上岗。取得培训合格证的人员，医院应每 5 年组织一次复训。医院应按规定为辐射工作人员配发个人剂量计。

辐射安全管理规章制度

建立、健全和严格执行辐射安全管理的规章制度是防止潜在照射发生的重要措

施。为保障射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，株洲恺德心血管病医院制定了相关辐射安全管理规章制度，为保证放射工作人员和周围公众人员的健康，株洲恺德心血管病医院必须严格按照国家法律法规执行，并加强对核技术利用项目的日常管理：

（1）根据株洲恺德心血管病医院的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对核技术利用装置的安全防护和维修要落实到个人；在执行各项制度时，要明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位职责，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（2）明确操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步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，避免事故发生。

（3）加强对辐射工作场所的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（4）为确保放射防护可靠性，维护放射工作人员和周围公众的权益，履行放射防护职责，避免事故的发生，株洲恺德心血管病医院应培植和保持良好的安全文化素养，

减少人为因素导致人员意外照射事故的发生，株洲恺德心血管病医院应对本项目的辐射

装置的安全和防护状况进行年度评估，并每年向发证机关提交上一年度的评估报告。

（6）医院应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应根据生态环境保护部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。如，针对本项目新增核素，应增加专项操作规程等制度。

辐射监测

1 监测目的

通过对本项目工作场所和周围环境辐射剂量率进行监测，了解该项目对环境的影响程度；通过对个人有效剂量的监测，了解该项目对职业人员受照情况，为项目的安全管理防护措施改进及职业评价提供依据。

2 监测任务的承担单位

由医院承担日常自主检测，每年委托有相应资质的单位进行年度检测。

3 监测依据

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）

《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

4 监测内容及频次

核医学科工作场所关注点和分装柜的表面 γ 辐射水平，不少于1次/月；

表面污染每次工作结束或发生药品洒落后及时监测。监测结果存档备案。

放射工作人员个人剂量监测每季度1次送检；监测结果存档备案。

5 核医学科检测布点

表 12-1 监测计划一览表

监测项目	监测对象	监测点位	监测频次	监测类别
X- γ 周围剂量当量率	核医学科	人员可达处各工作场所屏蔽体外30cm处以及人员经常驻留处；储源容器外5cm和1m处、放射性废物暂存容器外30cm处、通风橱/分装柜等外表面5cm和30cm处	每月1次	自行监测
			每年1次	委托监测
表面放射性污染	核医学科	放射性核素操作台面、设备表面、墙壁和地面，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	自行监测
			每年1次	委托监测
个人剂量监测	全院辐射工作人员	——	每季度1次， 每年4次	委托监测
放射性废水活度浓度（总 α 、总 β 、I-131）	放射性废水	衰变池采样口	当放射性废水暂存不超过180天排放前	委托监测
放射性固废（X- γ 周围剂量当量率、表面放射性污染）	放射性固体废物	放射性废物包装外表面	废物收集后和处置前	自行监测

本项目建成后，医院应按照规定拟委托有资质的检测机构对辐射工作场所进行验收监测。

6 个人剂量监测

放射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测交由具有个人剂量监测资质的单位进行，并存档。

监测频次为 1 次/每季度。并将监测结果及时填报至“全国核技术利用安全申报系统”，并编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，接受管理部门的监督（检测）检查。

辐射工作人员健康管理

（1）放射工作人员上岗前应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；项目运行后医院还应当组织放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。放射工作人员脱离放射工作岗位时，医院应当对其进行离岗前的职业健康检查。

（2）辐射工作单位对职业健康检查中发现不宜继续从事放射工作的人员，应当及时调离放射工作岗位，并妥善安置；对需要复查和医学随访观察的放射工作人员，应当及时予以安排。

（3）对参加应急处理或者受到事故照射的放射工作人员，医院应当及时组织健康检查或者医疗救治，按照国家有关标准进行医学随访观察。

（4）辐射工作人员上岗前应当接受放射防护和有关法律知识的培训，考核合格方可参加相应的工作。医院应当定期组织本单位的放射工作人员接受放射防护和有关法律知识的培训。医院应当建立并按照规定期限妥善保存培训档案。培训档案应当包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等资料。

（5）院方应定期组织放射工作人员进行辐射安全与防护相关培训，并考核合格持证上岗，定期复训。培训档案应当包括培训时间、考试或考核成绩等资料。

（6）辐射工作人员进入放射工作场所，应正确佩戴个人剂量计。

（7）医院不得安排怀孕的妇女参与应急处理。

（8）加强对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。医院还应关注工作人员每一次的累积剂量监测结果，对监测结果超过剂量管理限值的原因进行调查和分析，优化实践行为，同时应建立并终身保存个人剂量监

测档案，以备放射工作人员查看和管理部门检查。放射工作人员有权查阅、复印本人的职业健康监护档案。放射工作单位应当如实、无偿提供。

辐射事故应急

1、辐射事故应急响应机构的设置

医院辐射事故应急处理领导小组由院长、副院长及有关科室负责人组成，应急处理领导小组负责对辐射事件应急处理的统一领导、统一指挥，组织、开展放射事件的应急处理救援工作。

2、辐射事故应急预案

医院制定了辐射事故应急预案和核医学科放射性核素泄漏事故应急预案，应急预案包含了辐射事故分级、应急处理机构与职责、应急处理程序、事故报告及善后、应急准备等方面的内容。本项目建成后，医院应根据使用科室的实际情况修订辐射事故应急预案。

3、事故应急培训演习计划

（1）事故应急演练：完善的预案、周到的准备和准确的事事故处理必须依靠定期的应急演练来加以巩固和提高，从而真正发生时能够做到沉着应对、科学处置。医院的辐射事故应急预案及时修订，并定期组织应急演练，应急演练时注意以下几个方面：

①制定周密的演练方案：明确演练内容、目的、时间、地点、参演人员等。

②进行合理的人员分工：成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

③做好充分的演练准备：维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

④开展实战演练：按照事先预定的方案和程序，有条不紊地进行，演练过程中除非发生特殊情况，否则尽量不要随意中断。若出现问题，演练完毕后再进行总结。

⑤做好总结归纳：演练完毕后要及时进行归纳总结，对于演练过程中出现的问题要认真分析，并加以改正，成功的经验要继续保持。

（2）应急响应准备：包括建立辐射事故应急值班制度、开展人员培训、配备必要的应急物资和器材。

①辐射事故应急处理领导小组应建立完善的辐射事故应急预警机制，及时收

集、分析辐射事故相关信息，协调下设小组人员开展辐射事故应急准备工作，定期开展事故应急演练，提高应急处置能力。

②定期就辐射安全理论，辐射事故应急预案、程序和处置措施，以及应急监测技术等内容组织学习，必要时进行考核，以达到培训效果。

③根据医院核技术利用情况，可能发生的事故级别，做好事故应急装备的准备工作。主要包括交通、通讯、污染控制和安全防护等方面的物资和器材。

4、事故应急处理措施

辐射事故一旦发生，应立即启动应急预案。应急响应程序如下：

发生辐射事故的科室必须于 2 小时内报告医院应急领导小组。放射性同位素丢失、被盗的辐射事故由保卫科向公安机关报告，造成环境放射性污染的，还应当同时报告当地生态环境部门；人体受到超剂量照射的辐射事故由医务部向卫健部门报告。

各部门联系方式如下：

医院应急处理电话：13873396848（陈大来）

省生态环境厅：0731-85698110

环保热线：12345

省卫健委：0731-82213058

公安局：110

环境保护竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目竣工后，建设单位自主或委托技术机构开展环保竣工验收工作，具体工作见表 12-2。

表 12-2 环境保护竣工验收一览表

序号	验收项目	验收内容	依据
1	环保文件	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具验收监测报告	生态环境部公告 2018 年第 9 号
2	环境管理制度、应急措施	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，制定辐射防护相关管理制度、操作规程、应急预案，内容切实可行，具有可操作性	国家环境保护总局令第 31 号
3	辐射工作人员管理	所有辐射工作人员上岗前均应佩戴个人剂量计，进行职业健康体检并取得合格报告，本项目辐射工作人员应参加生态环境部核与辐射安全中心组织的集中考核，并取得辐射安全与防护考核成绩报告单后方可上	国家环境保护总局令第 31 号、生态环境部公告 2018 年

			岗，相关资料均按要求存档。	第 9 号
4	辐射屏蔽设计及安全防护措施		①辐射屏蔽设计：按环评报告中设计参数落实到位，并满足相应标准要求； ②防护用品及检测仪器：按环评报告表的要求落实到位。 ③辐射警示标识：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。 ④安全设备及系统：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，各控制区内配备监视设施和对讲装置。 ⑤导向标识：相应位置应有明确的患者或受检者导向标识或导向提示。	GBZ120-2020 HJ1188-2021
5	放射性三废处理设施	废气	核医学工作场所内设置独立的排风系统，保持场所负压，气流流向合理，各区域排风管最终引至项目所在楼楼顶排放。 通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统，风速不小于 0.5m/s，对风速进行定期监测。	GBZ120-2020 HJ1188-2021
		废水	核医学工作场所设置槽式放射性废液衰变池； 核医学工作场所内产生的所有放射性废水均经放射性废水处理系统处置，暂存时间超过 180 天或经有资质的机构检测满足相关标准要求（总 $\alpha \leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta \leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$ ）后，排入医院污水处理站做进一步处理，再排入城市污水管网。	GB18871-2002 GBZ120-2020 HJ1188-2021 辐射函（2023） 20 号
		固废	①给药区和留观室等位置放置铅污物桶。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。 ②核医学工作场所内设有专用固废间和衰变箱，产生的放射性固体废物按核素种类分别收集和存放，含 I-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天，P-32 核素的放射性固体废物暂存超过 10 倍半衰期 143 天，Sr-89 核素的放射性固体废物暂存超过 10 倍半衰期 505 天，且经自主监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 0.8Bq/cm^2 ，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。 ③应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。	GBZ120-2020 HJ1188-2021
6	辐射监测	环境监测	①核技术利用场所正式投入使用前，应委托有资质单位进行验收监测； ②制定环境辐射监测计划，包括自行监测和委托监测； ③配备相应的自检设备，防护检查仪器及人员，定时进行自检。	国家环境保护 总局令第 31 号

7			④辐射检测应建立完整档案。	
		个人剂量监测	每名辐射工作人员配置个人剂量计，委托有资质的单位监测，监测周期不超过三个月，并建立辐射工作人员个人剂量档案，长期进行信息跟踪、监控。	GBZ128-2019
	电离辐射	剂量限值	①辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv； ②公众成员年有效剂量不超过 0.1msv。	GB18871-2002 HJ1188-2021
		屏蔽体外剂量率、放射性表面污染	各工作场所屏蔽体外周围剂量当量率满足相应标准要求； 配置的储源容器、通风橱/分装柜等设备设施具有屏蔽结构，其外表面周围剂量当量率满足相应标准要求； 非密封工作场所放射性表面污染水平满足相应标准要求。	GBZ120-2020 HJ1188-2021

表 13 结论与要求

结论

13.1 项目概况

株洲恺德心血管病医院拟对第五大楼一层原发热门诊进行改造，设置 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，核医学科拟使用非密封放射性物质 I-131 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用 P-32 开展核素敷贴治疗。

13.2 实践正当性分析

本项目的建设对保障健康、拯救生命有着十分重要的作用。项目运营以后提高了医院救治患者的效率，医院在保障患者健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的实施给职业人员、公众及社会带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.3 产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目使用的非密封放射性物质属于第一类“鼓励类”第六项“核能”中第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.4 选址可行性分析

本项目核技术利用场所不邻接妇产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，环境本底属于调查范围内，项目选址可行。

13.5 环境影响分析结论

（1）本项目涉源场所四周墙壁、天花板、防护门均采取了相应的辐射屏蔽措施，能满足国家相关标准要求。

（2）根据估算可知：本项目满足医院提出的辐射工作人员年有效剂量管理目标值 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ，公众年有效剂量管理目标值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。

（3）医院拟按要求配备防护用品及检测仪器，防护用品的规格及数量可以满足医院放射工作的开展。

（4）医院成立了辐射安全防护管理领导小组，制定了相关辐射安全管理制度及辐射事故应急预案。在项目运行前，医院拟根据实际情况和 workflows 制定放射性药物的接收、分装制度、去污制度、各岗位具体职责、操作规程等相关制度并修订辐

射事故应急预案。

(5) 医院拟组织新增辐射工作人员进行辐射安全和防护知识培训、职业健康监护检查、个人剂量监测，并建立相应的档案。

综上所述，湖南恺德微创医院有限公司新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目实施符合相关法律法规和标准要求，在医院认真贯彻落实本报告表中提到的环保措施后，从环境保护和辐射防护角度考虑，该项目的开展是可行的。

建议

(1) 医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求，做好自主管理，制定工作场所和周围环境监测等相关监测计划以及职业健康体检工作计划，并配备相应的辐射检测设备进行自检，确保周围环境的辐射安全和职工健康。

(2) 医院应加强内部管理，明确管理职责，杜绝各类辐射事故的发生，应结合实际情况和监管部门要求制定各项辐射安全管理制度，完善辐射应急预案，要求具有可操作性，并认真落实，严格按照各项规章制度、操作规程执行。

(3) 医院应组织辐射工作人员到有资质的机构进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，定期开展个人剂量监测，接受辐射安全防护知识和法规培训，具备相应条件，体检合格且取得辐射安全培训合格成绩单后，方可从事放射工作。建立辐射工作人员个人剂量档案、职业健康监护档案，并终生保存。

(4) 在取得本次环评报告批复文件且工作场所达到使用标准后，医院应当按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定的许可证申请程序，重新申请领取《辐射安全许可证》。项目投入使用后，医院应按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》完成环保竣工验收工作。

(5) 定期对工作场所及其周围环境进行辐射监测，据此对核技术利用项目的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前将上一年度的评估报告上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”中。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人：

公章：

年 月 日

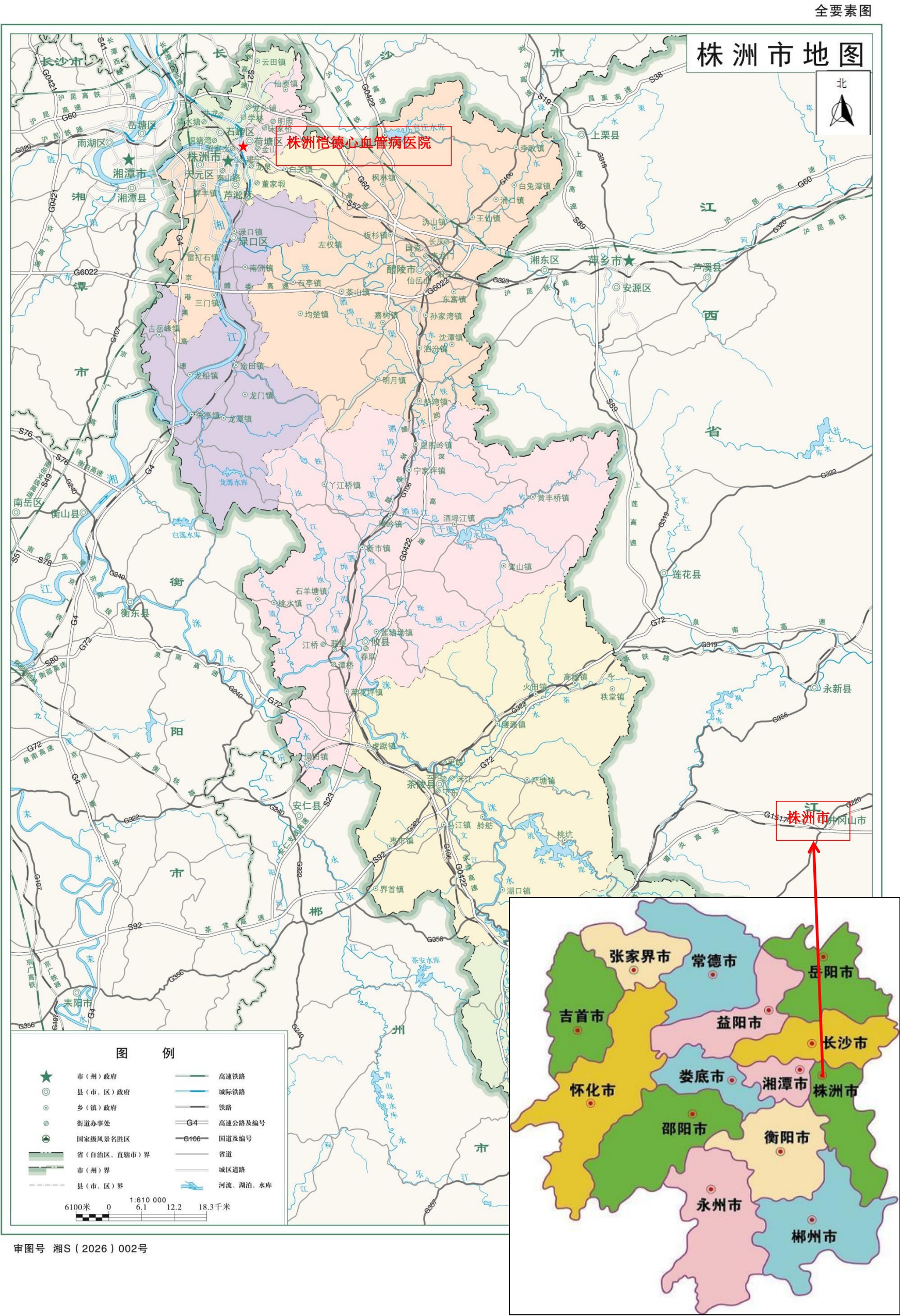
审批意见：

经办人：

公章：

年 月 日

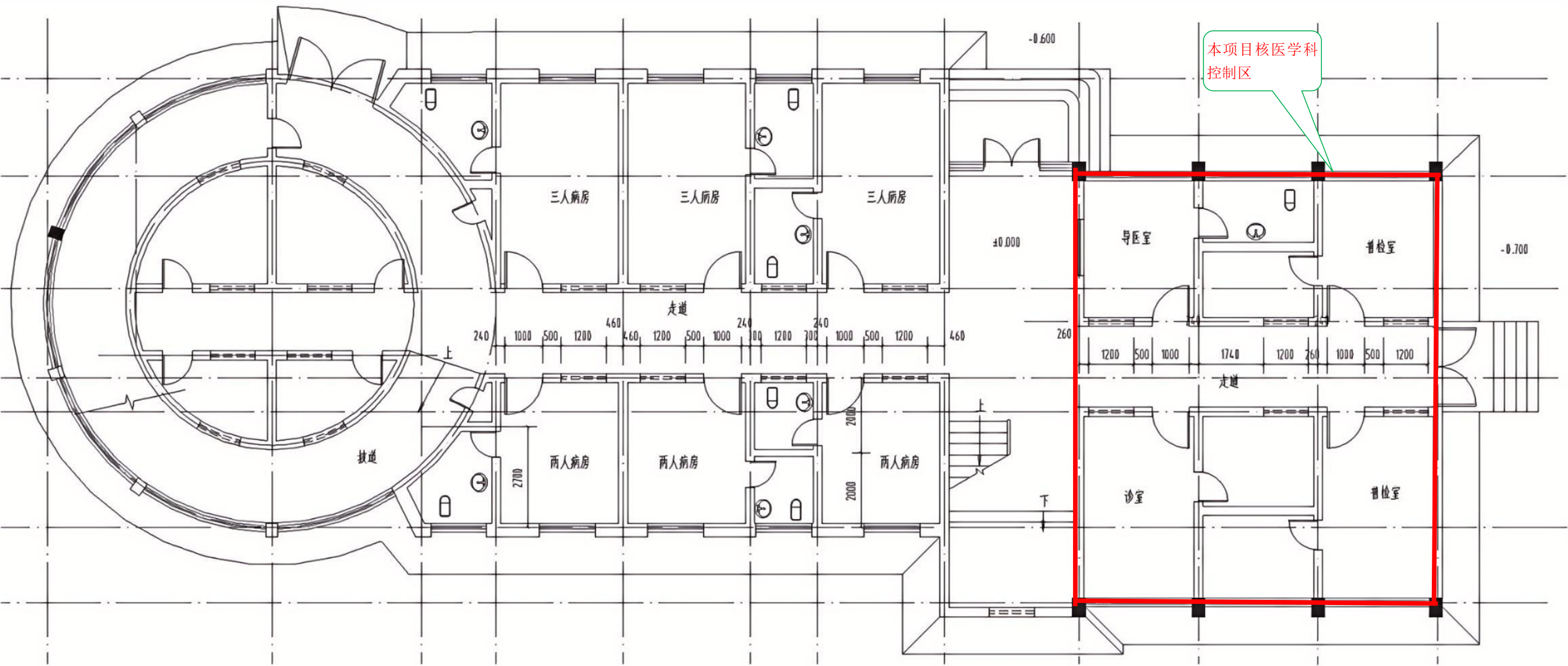
附图一：单位地理位置图



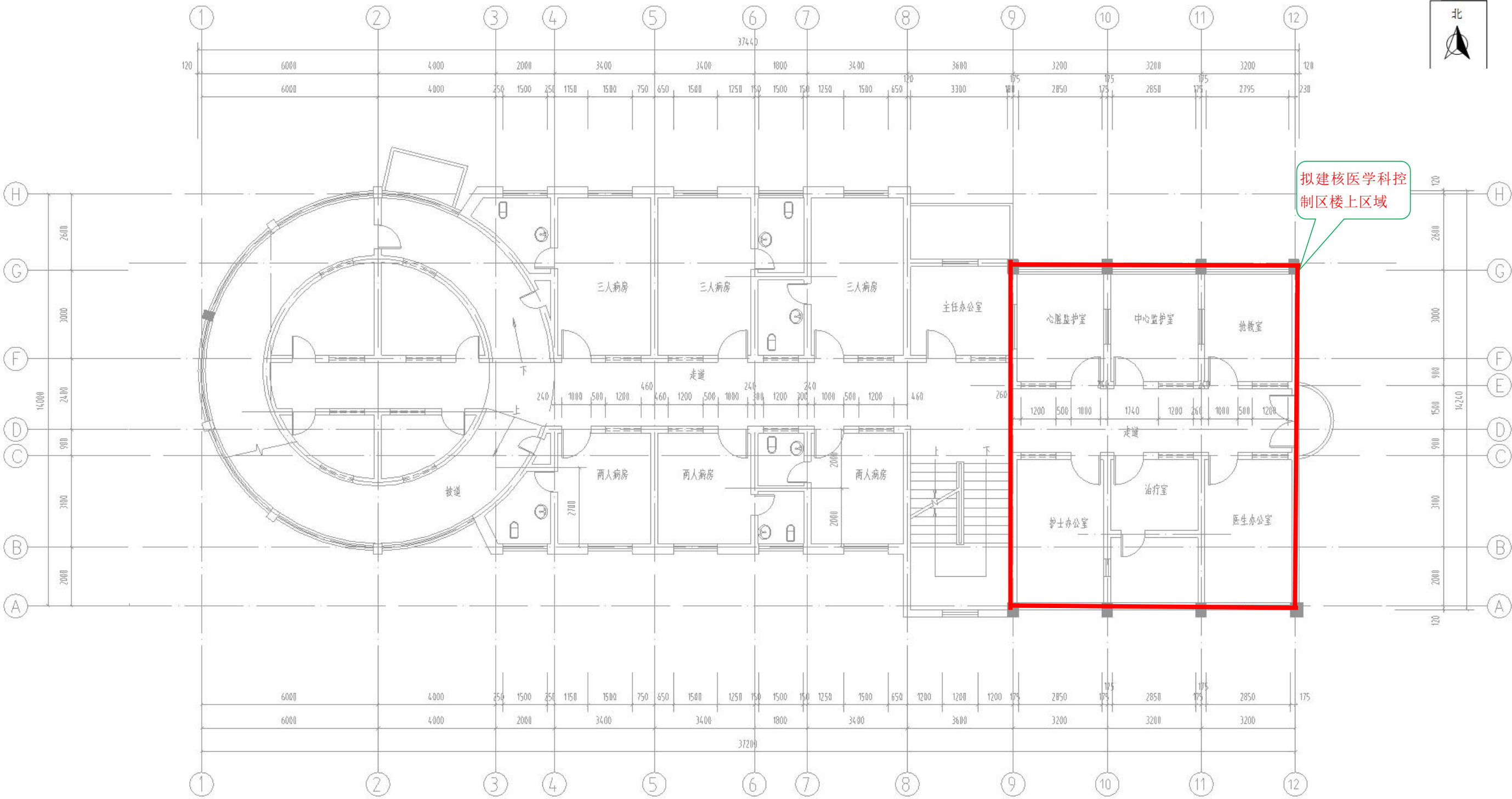
附图二：医院平面示意图



附图三：第五大楼一层原始平面示意图



附图四：第五大楼二层原始平面示意图



二层现状平面图 1:100

说明：
1. 本层为非改造范围。

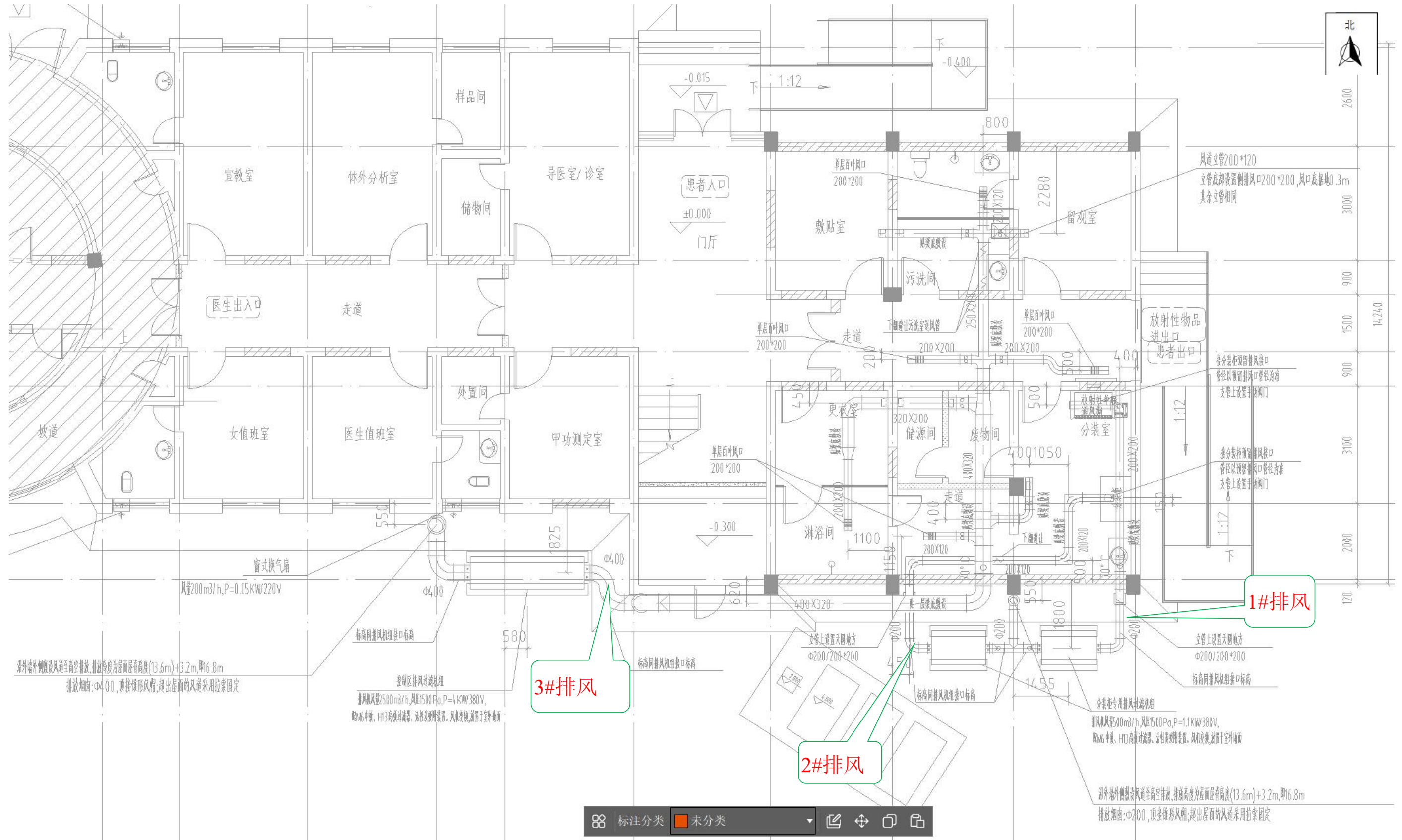
图例：
—— 原有砖墙

Architectural floor plan of the second floor of a nuclear medicine department. The plan shows various rooms including a waiting area, examination rooms, a laboratory, a storage room, a waste room, a shower, and a toilet. A large circular area on the left is labeled "拟建衰变池区域" (Proposed Decay Pool Area). The plan includes dimensions, elevations, and a legend.

Legend:

- 原有砖墙 (Original brick wall)
- 原有门或窗用240厚普通混凝土填充 (Original door or window filled with 240mm thick ordinary concrete)
- 14.8厚轻钢龙骨石膏板墙, 参C (14.8mm thick light steel keel gypsum board wall, refer to C)
- 疏散路线示意 (Evacuation route indication)
- [2.3] 表示吊顶高度为距地2.30m (Indicates ceiling height is 2.30m from the ground)

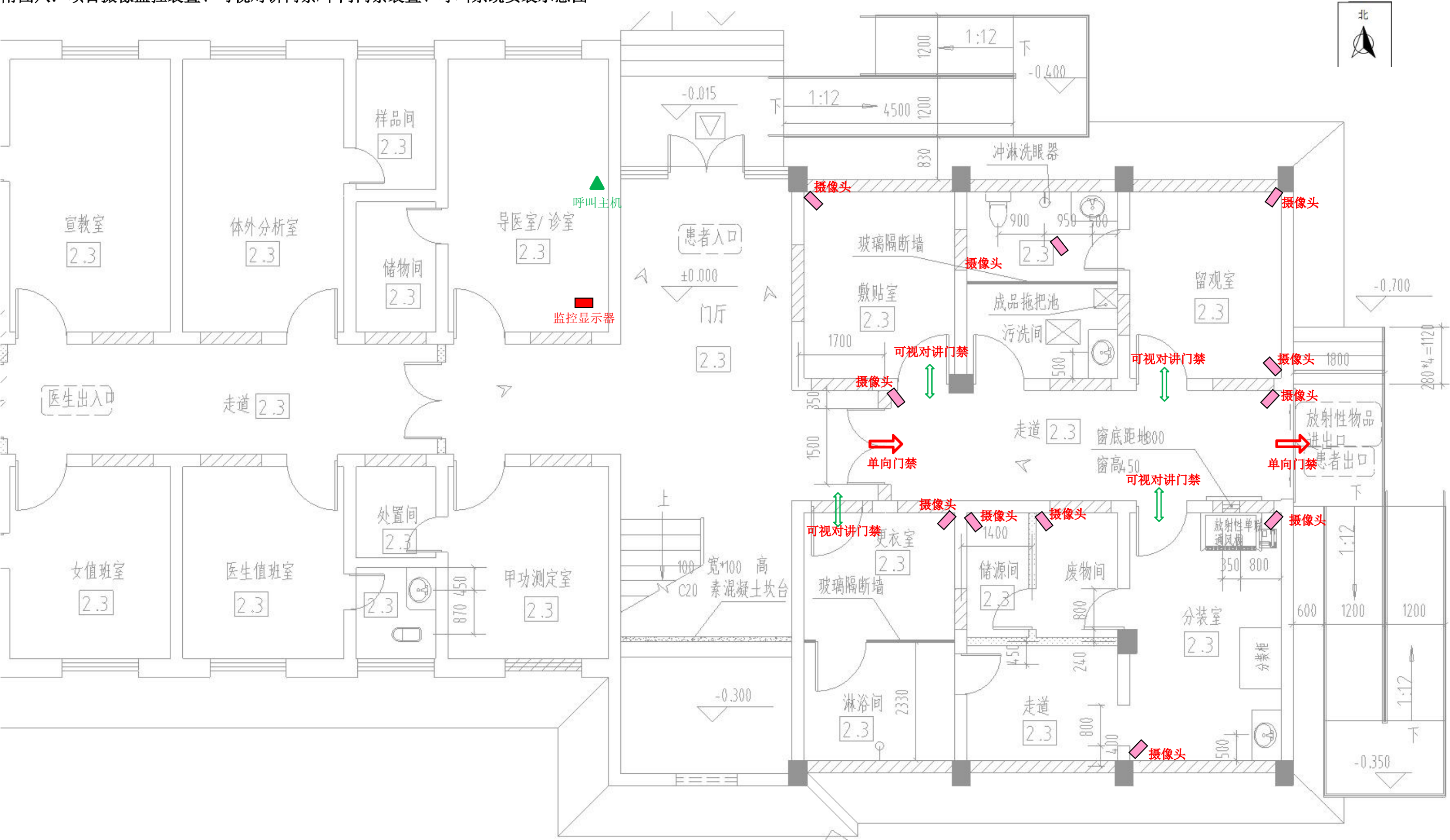
附图六：核医学科排风示意图



Architectural floor plan of a nuclear medicine department. The plan shows various rooms and their drainage systems. Key features include:

- Rooms and Areas:** 宣教室 (2.3), 体外分析室 (2.3), 样品间 (2.3), 导医室/诊室 (2.3), 储物间 (2.3), 患者入口 (2.3), 敷贴室 (2.3), 留观室 (2.3), 医生出入口, 走道 (2.3), 女值班室 (2.3), 医生值班室 (2.3), 处置间 (2.3), 甲功测定室 (2.3), 更衣室 (2.3), 淋浴间 (2.3), 成品淋浴间, 储源间 (2.3), 废物间, 分装室 (2.3), 放射性物品进出口, 患者出口.
- Drainage Systems:**
 - 核医学科排水管 (Nuclear Medicine Drainage Pipe):** Indicated by a red dashed line, showing a path from the bottom right towards the top left.
 - 其他排水 (Other Drainage):** Shown in blue, including floor drains and wall drains.
 - 管道规格 (Pipe Specifications):** DN50, DN80, DN100.
 - 坡度 (Slope):** $i=0.02$.
 - 标高 (Elevation):** -0.600, -0.015, ± 0.000 , -0.020, -0.300, -0.700, -0.350.
- Other Features:** A large circular area on the left, a staircase, and a north arrow.

附图八：项目摄像监控装置、可视对讲门禁/单向门禁装置、呼叫系统安装示意图



附件 1 委托书

委 托 书

长沙宏伟环保科技有限公司：

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》、《建设项目环境保护管理条例》等有关法律规定和要求，我院特委托贵公司承担湖南恺德微创医院有限公司新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目的环境影响评价工作。

湖南恺德微创医院有限公司

2026 年 7 月 20 日

