

核技术利用建设项目

桂阳县第一人民医院新增一处乙级  
非密封放射性物质工作场所项目  
环境影响报告表

(送审稿)

桂阳县第一人民医院

二〇二五年十二月

核技术利用建设项目

桂阳县第一人民医院新增一处乙级  
非密封放射性物质工作场所项目  
环境影响报告表

打印编号: 1768463873000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	r87hyd		
建设项目名称	桂阳县第一人民医院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		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称(盖章)	桂阳县第一人民医院		
统一社会信用代码	12431021447490894X		
法定代表人(签章)	尹朝信		
主要负责人(签字)	尹朝信		
直接负责的主管人员(签字)	张朋		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称(盖章)	长沙宏伟环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91430111MA4T62MN7D		
<b>三、编制人员情况</b>			
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	20230503536000000006	BH066280	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	报告表全文	BH066280	伍志强

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	6
表 2 放射源 .....	24
表 3 非密封放射性物质 .....	24
表 4 射线装置 .....	25
表 5 废弃物（重点是放射性废物） .....	26
表 6 评价依据 .....	27
表 7 保护目标与评价标准 .....	29
表 8 环境质量和辐射现状 .....	39
表 9 项目工程分析与源项 .....	45
表 10 辐射安全与防护 .....	53
表 11 环境影响分析 .....	65
表 12 辐射安全管理 .....	84
表 13 结论与要求 .....	92
表 14 审批 .....	94
附图一：单位地理位置图 .....	95
附图二：医院平面示意图 .....	96
附图三：放疗中心一层平面示意图 .....	97
附图四：核医学科平面示意图 .....	98
附图五：核医学科排风示意图 .....	99
附图六：核医学科排水示意图 .....	101
附图七：核医学科衰变池设计图 .....	102
附件 1 委托书 .....	103
附件 2 医院相关证件 .....	104
附件 3 医院相关环评文件及相关验收文件 .....	115
附件 4 关于调整辐射安全防护管理委员会的通知 .....	117
附件 5 辐射防护相关制度（部分） .....	122
附件 6 辐射事故应急预案 .....	138
附件 7 现有辐射工作人员情况统计表 .....	142

附件 8 现状监测报告 .....	148
附件 9 核医学科辐射屏蔽设计参数 .....	158
附件 10 关于剂量管理目标值的确定文件 .....	160
附件 11 核医学科放射性核素工作量计划 .....	161

**表1 项目基本情况**

建设项目名称	桂阳县第一人民医院新增一处乙级非密封放射性物质工作场所项目					
建设单位	桂阳县第一人民医院					
法人代表	尹朝信	联系人	张鹏	联系电话	13975752980	
注册地址	湖南省永州市桂阳县城关镇芙蓉西路 18 号					
项目建设地点	桂阳县第一人民医院东院区放疗中心大楼二层					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	300	项目环保投资（万元）	100	投资比例（环保投资/总投资）	33.3%	
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	/	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			

## 1、项目概述

### 1.1 医院简介

桂阳县第一人民医院由老院、东院组成，老院位于桂阳县城关镇芙蓉西路 18 号，东院位于桂阳县城北新区骏马大道东侧，东院占地面积 124608m<sup>2</sup>，总建筑面积 204836m<sup>2</sup> 主要建筑物包括：门急诊中心、住院大楼、综合楼、放疗中心、锅炉房等。现有职工 880 人。其中正高职称 5 人，副高职称 45 人，中级职称 360 人。设有 20 个临床科室、10 个医技科室和 12 个职能科室。

东院配备直线加速器、CT、DR、车载 DR 等医疗设备。

### 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，桂阳县第一人民医院拟将东院区放疗中心二楼（现状为办公室、会议室、值班室）改造成 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 <sup>131</sup>I 开展甲亢治

疗和甲状腺功能测定，使用<sup>89</sup>Sr进行转移性骨肿瘤治疗。

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）《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）》，本项目属于55\_17255\_172核技术利用建设项目-乙级非密封放射性物质工作场所；应编制环境影响报告表。因此，2025年11月13日，桂阳县第一人民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）。我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：桂阳县第一人民医院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：桂阳县第一人民医院；

（3）建设地点：桂阳县第一人民医院东院区放疗中心大楼二层；

（4）建设性质：改建

（5）建设内容与规模：本项目拟对放疗中心二楼（现状为办公室、会议室、值班室）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<sup>131</sup>I开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用<sup>89</sup>Sr进行转移性骨肿瘤治疗。本项目核医学科拟规划建设控制区：分装给药室、甲亢服药区、甲亢留观室、Sr-89治疗室、储源室、固废间、衰变池、敷贴室（使用V类放射源<sup>90</sup>Sr进行敷贴治疗，本评价不涉及该核素，该情况另行备案），监督区：办公室、诊室、甲测室、体外分析室，拟重新规划建设通风系统和给排水系统，新建一套放射性废水衰变池系统，本项目工程建设内容及规模见表1-1。

表1-1 项目建设主体工程一览表

主体功能用房		建设内容及规模	备注
主体工程	分装给药室	四面墙体：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥； 顶板：100mm 混凝土； 地板：100mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥；	顶板、底板依托现有，其中 <sup>131</sup> I留观室楼下为原拟规划后装机房，该机房建设完毕
	甲亢服药区	四面墙体：240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥； 顶板：100mm 混凝土； 地板：100mm 混凝土；	

		服药窗口: 30mmpb;	后并未投入使用, 现空置。
		甲亢留观室 四面墙体: 240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥; 顶板: 100mm 混凝土; 地板: 600mm 混凝土;	
		<sup>89</sup> Sr 治疗室 四面墙体: 240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥; 顶板: 100mm 混凝土; 地板: 100mm 混凝土;	
		储源室 四面墙体: 240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥; 顶板: 100mm 混凝土; 地板: 100mm 混凝土;	
		固废间 四面墙体: 240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥; 顶板: 100mm 混凝土; 地板: 100mm 混凝土;	
	衰变池	本项目衰变池为地理槽式衰变池, 位于住院楼北侧绿化空地, 深埋于地下, 收集池和衰变池按照重点防渗要求进行建设, 保证池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。池体各墙体及顶板均采用 200mm 混凝土, 顶部盖板采用不锈钢包 5.0mmPb 铅板, 衰变处理系统由 1 个有效容积为 2.25m <sup>3</sup> 的沉淀池+3 个有效容积为 11.34m <sup>3</sup> 的衰变池组成。3 个衰变池的尺寸约为 3m(长)×1.8m(宽)×2.1m(有效水深高度);	
辅助工程	监督区	办公室、诊室、甲测室、体外分析室等;	依托现有墙体, 甲测室北墙与 <sup>89</sup> Sr 治疗室、固废间共用;
公用工程	生活设施	办公及生活设施均利用医院主体工程设施;	依托
	供配电	由市政电网供电, 依托医院供配电系统;	依托
环保工程	放射性废水	核医学科产生的放射性废水排入衰变池中, 暂存时间超过 180 天后排入医院污水处理系统, 处理达标后排入市政管网;	新建
	放射性固废	核医学科产生的放射性固体废物收集于放射性废物桶中后, 转移至固废室衰变容器中贮存, 达到清洁解控水平后, 按医疗废物处置;	新建
	放射性废气	本项目设置 2 套排风系统, 1#排风系统为 <sup>131</sup> I 分装柜使用, 2#为核医学科其他用房共用。 1#排风系统在分装柜的壁顶安装高效活性炭吸附装置; 2#排风系统末端安装高效活性炭吸附装置; 排风口高出屋面 3 米, 周围无高于排风口的遮挡物;	新建

	电离 辐射	本项目控制区均进行屏蔽设计工程和安全防护设 施, 满足相关法规、标准的要求;	新建
--	----------	---	----

(6) 本项目核医学科拟使用非密封放射性物质为<sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr, 依据医院提供的工作量估算:

1、甲亢治疗: 医院采取预约制, 每天最大治疗人数 10 人, 每周工作 2 天, 每周一和周二接诊, 全年工作 50 周, 全年治疗人数 1000 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, 每天最大检测人数 10 人, 每周工作 2 天, 每周一和周二接诊, 年工作 50 周, 全年检测人数 1000 人, 每人最大用药量  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$  (0.01mCi) 。

3、<sup>89</sup>Sr 注射治疗: 医院采取预约制, 每天最多治疗人数 1 人, 每周三接诊, 年工作 50 周, 全年治疗人数 50 人, 每日最大用药量  $1.48 \times 10^8$  (4mCi) 。

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	实际日 用药量 Bq/d	年工作 负荷人 /a	年最大 用量 Bq/a	用 途
<sup>131</sup> I	8.04d	液 态	$\beta$ 衰变	3.7E+8	10 人/ 批	3.7E+9	1000 人 /a	3.7E+11	甲亢 治疗
<sup>131</sup> I	8.04d	液 态	$\beta$ 衰变	3.7E+5	10 人/ 批	3.7E+6	1000 人 /a	3.7E+08	甲测
<sup>89</sup> Sr	50.6d	液 态	$\beta$ 衰变	1.48E+8	1 人/ 批	1.48E+8	50 人/a	7.4E+9	转移 性骨 肿瘤 治疗

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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》(HJ1188-2021) 附录 A, I-131、Sr-89 属于中毒毒性组别, 修正因子为 0.1, 医疗机构使用<sup>131</sup>I 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<sup>89</sup>Sr 药液仅进行暂存、转移、

给药等操作，参照《辐射防护手册第三分册辐射安全》表 5.5，转移、给药应按“简单操作”考虑，暂存、储存应按“非常简单”考虑。

$^{131}\text{I}$  药物每周送药 1 次， $^{89}\text{Sr}$  每周送药 1 次，送药医院根据患者数量和服药剂量预订放射性药物，每次送药  $^{131}\text{I}$  不超过 200.2mCi,  $^{89}\text{Sr}$  每周送药不超过 4mCi。本项目计算非密封放射性核素日等效最大操作量时根据每次最大送药量计算。

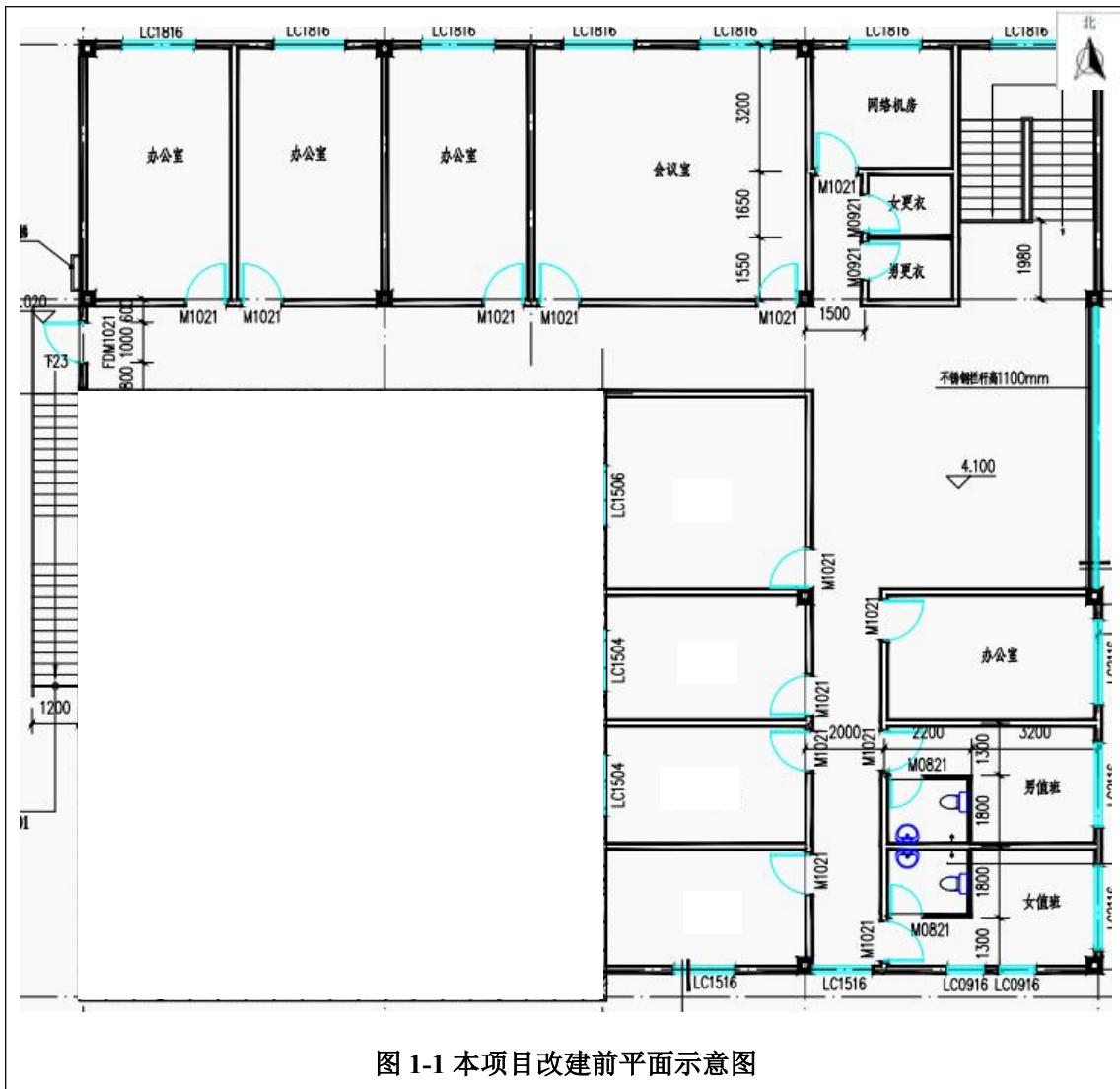
**表 1-3 新建核医学科使用非密封放射性核素日等效最大操作量**

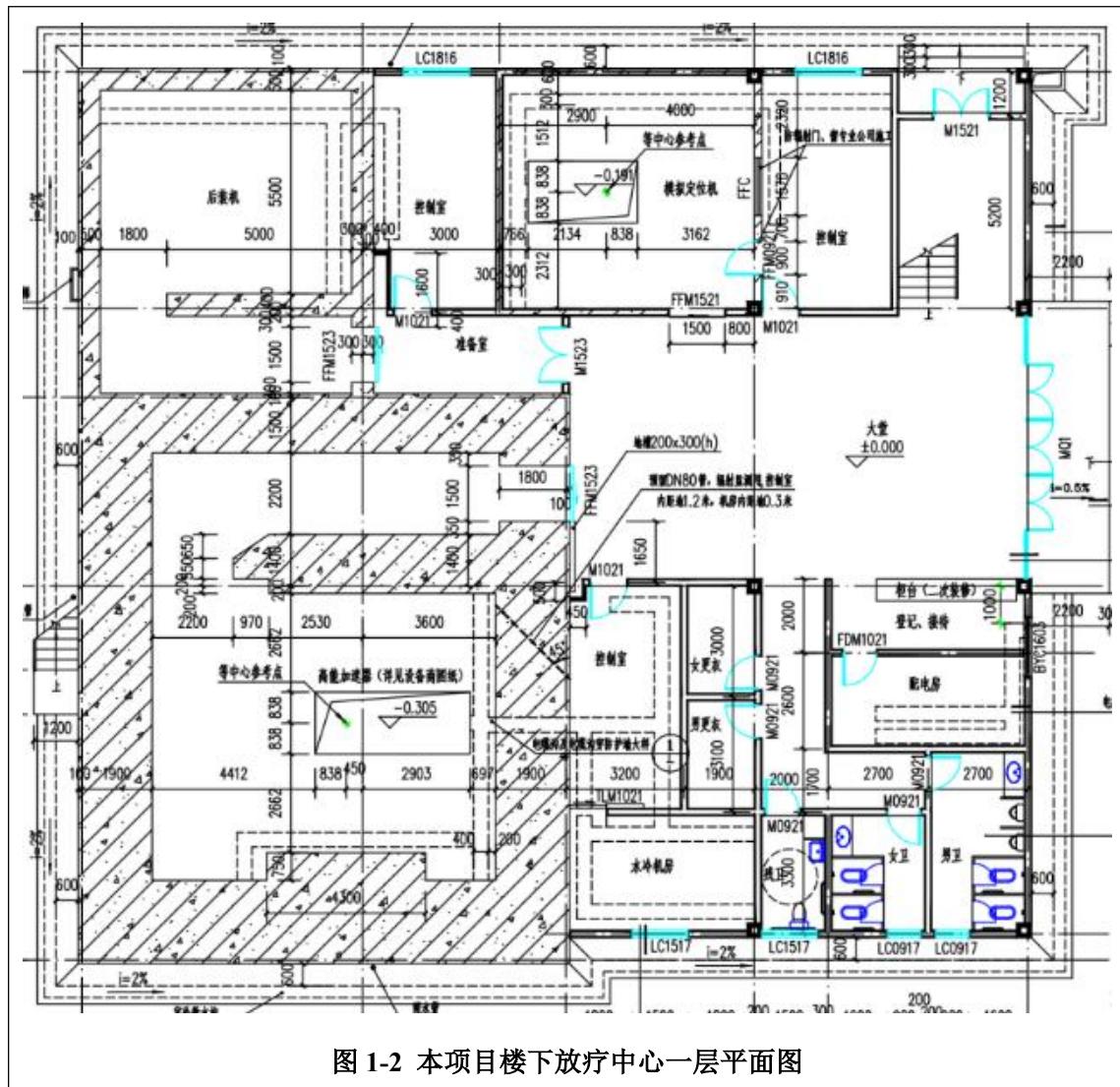
序号	核素	实际日操作量 (Bq)	毒性组别修正因子		操作方式修正因子		日等效最大操作量 (Bq)	储存/使用地点
1	$\text{I-131}$	7.4074E+09	中毒	0.1	简单	1	7.4074E+08	分装给药室 / 甲测室
2	$\text{Sr-89}$	1.48E+08	中毒	0.1	简单	1	1.48E+07	$^{89}\text{Sr}$ 治疗室
3	合计						7.56E+08	/

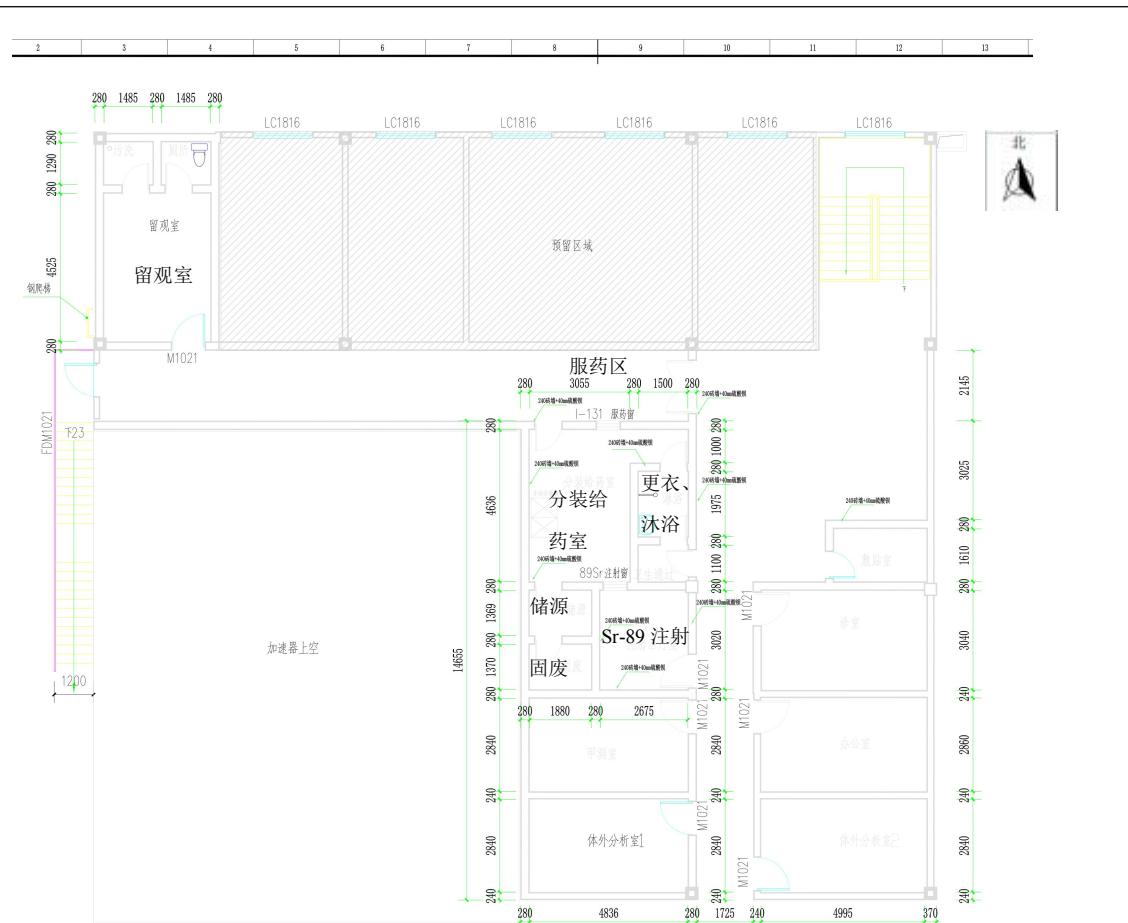
经计算，新建核医学科使用非密封放射性核素日等效最大操作量为： $7.56 \times 10^8 \text{Bq}$ ；依据 GB18871-2002 附录 C 中规定乙级非密封源工作场所： $2.0 \times 10^7$ — $4.0 \times 10^9 \text{Bq}$ ，因此本项目新建核医学科为乙级非密封放射性物质工作场所。

(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，调配人员需有相关经验，上述辐射工作人员在项目运行前需进行职业健康检查；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；佩戴个人剂量计，并定期测读。本项目辐射工作人员仅从事本科室相关岗位工作，不从事其他辐射工作，人员暂未配备。

(8) 改建方案：依据建设单位提供图纸，本项目占地约  $300\text{m}^2$ （含预留面积），医院放疗中心为框架式楼层建筑，原建筑墙体为 240mm 轻质砖墙，建设单位拟依据设计图纸拆除部分墙体，新建 240mm 实心砖墙。拆除后再依据本项目设计图纸重建相关墙体，将整个区域分为：分装给药室、 $^{89}\text{Sr}$  治疗室、甲亢留观室、甲测室、固废间、储源室、体外分析室、诊室、办公室等功能用房。详细改建前后对比图见图 1-1 和图 1-2。







桂阳市人民医院核医学场所平面布置图

图 1-2 本项目改建后布局图

#### 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

桂阳县第一人民医院东院区位于桂阳县城北新区骏马大道东侧，北面紧邻健康路，南面为空地，东面为空地、西面为空地。项目地理位置图见图 1-3，医院

平面布局见图 1-4。



图 1-3 项目地理位置图

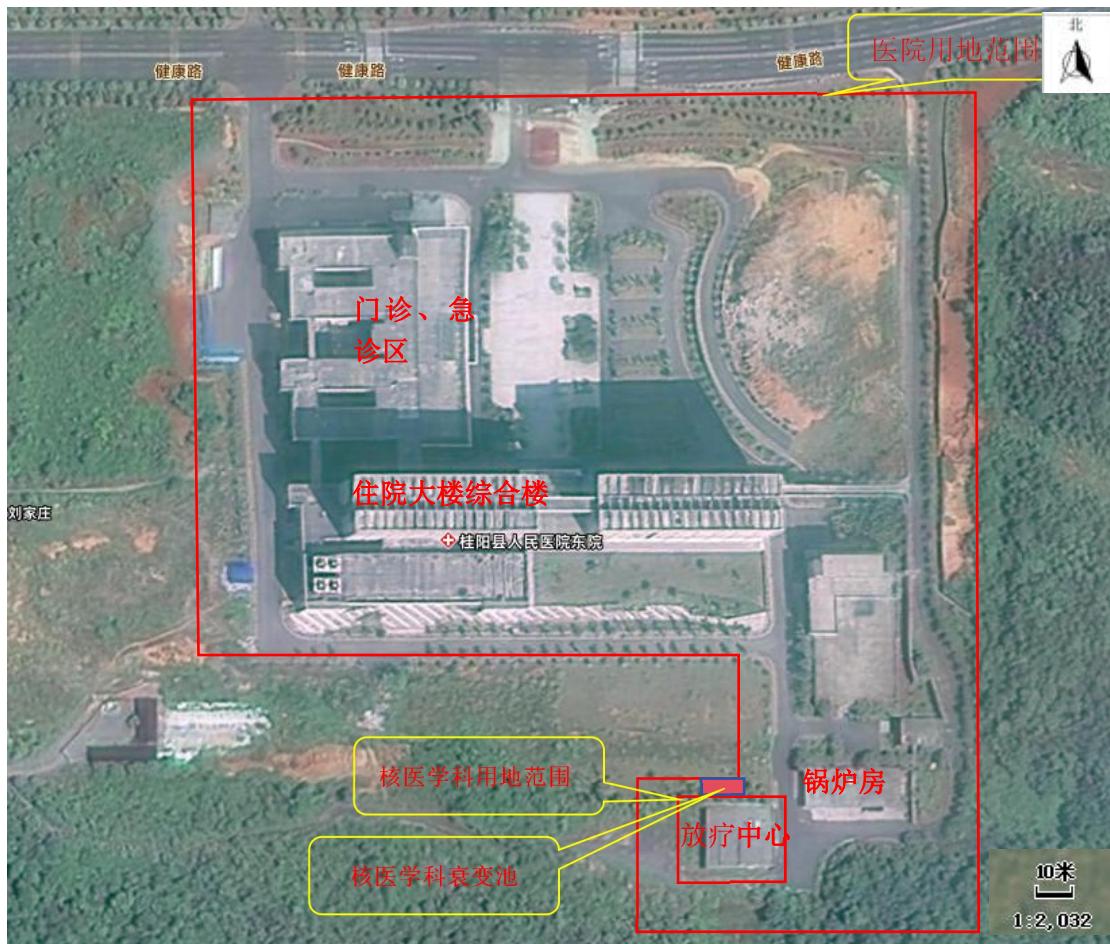


图 1-4 医院平面布局图

本项目所在放疗中心位于医院南部，北、西、南侧为一片空地，东侧为锅炉房，大楼地上为2层建筑，无地下室。本项目核医学科拟设置于放疗中心2层，原用途为行政区核医学科所在楼层平面布局图及其与上下楼层的关系图见附图。

本项目选址充分考虑了周围场所的安全，核医学科控制区东侧为核医学办公区域和核医学候诊区、北侧为室外空地、南侧为核医学科办公区、西侧为室外空地，楼下为候诊区、CT机房、CT控制室、加速器机房、加速器控制室、卫生间、配电室等，楼上无建筑。控制区与非放射性工作场所有明确的分界隔离，有单独的出、入口，出口通往往院楼一楼室外，远离了妇产科、儿科等敏感人群区域。符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准的选址和布局要求。

综上所述，本次评价认为本项目各核技术利用场所选址及布局较合理。

## 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[01872]，有效期至2026年5月24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2台，III射线装置11台，均按要求办理了相关环评、验收手续。现有射线装置见表1-2。

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	数字减影血管造影系统	II	ZNFX-8000F	本院介入治疗中心（2号楼8楼）	在用	湘环评辐表[2015]52号	已验收
2	直线加速器	II	ClinaciX	东院放疗中心1楼	在用	湘环评辐表[2015]52号	已验收
3	移动DR	III	MDR370i	本院放射科（2号楼2楼）	在用	备案号：202143102100000027	无需验收
4	DR	III	HF50-R	本院放射科（2号楼2楼）	在用	备案号：202543102100000030	无需验收
5	DR	III	XGEOGC80	本院放射科（2号楼2楼）	在用	备案号：201843102100000021	无需验收
6	CT	III	ingenuityI28	本院放射科（2号楼1楼）	在用	湘环评辐表[2015]52号	已验收

7	CT	III	Brilliance(16Slice)	本院放射科(2号楼1楼)	在用	备案号: 2025431021 00000030	无需验收
8	口腔全景X射线机	III	ORTHOPHOS XG5Ceph	本院口腔科(口腔门诊1楼)	在用	备案号: 2018431021 00000025	无需验收
9	小C型臂机	III	PLX7200型	本院手术室(5号楼10楼)	在用	备案号: 2018431021 00000072	无需验收
10	小C型臂机	III	PLX116B1	本院手术室(5号楼10楼)	在用	备案号: 2022431021 00000042	无需验收
11	DR	III	RADSPEEDM	东院健康管理中心1楼	在用	湘环评辐表[2015]52号	已验收
12	车载X射线摄影机	III	HG-20A	东院健康管理中心	在用	湘环评辐表[2015]52号	已验收
13	CT	III	UCT710	东院放疗中心1楼	建设中	备案号: 2025431021 00000066	无需验收

备注: 医院原规划有一台后装治疗机房,位于东院放疗中心一层,并进行了环境影响评价湘环评并取得湖南省生态环境厅批复: 辐表[2015]52号,后续防护施工完成后,医院并未实装后装机,此房间现在空置。

## (2) 现有辐射工作人员

表 1-5 医院现有辐射工作人员信息一览表

序号	姓名	性别	培训		近一年度个人剂量监测值(mSv)	体检结论	体检时间
			培训方式	有效期至			
1	谢亚丽	女	FS22HN0101479	2022-11-14至 2027-11-14	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
2	雷文忠	男	FS22HN0200357	2022-11-14至 2027-11-14	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
3	兰磊	男	FS22HN0101523	2022-11-27至 2027-11-27	0.21	可继续原放射工作	2025.8.26
4	匡燕君	女	FS23HN0101873	2023-09-02至 2028-09-02	<MDL	可继续原放射工作	2024.7.18
5	肖薇	女	自主考核	2024-06-28至 2029-06-27	<MDL	可继续原放射工作	2024.7.18
6	欧阳慧良	女	FS22HN0101478	2022-11-14至 2027-11-14	<MDL	可继续原放射工作	2024.7.18
7	谢雨琪	女	FS22HN0101470	2022-11-14至	0.08	可继续原放射工作	2025.8.26

				2027-11-14			
8	尹玕霖	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
9	尹珍珠	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.26	可继续原放射工作	2025.8.26
10	蒋信君	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	<MDL	可从事放射工作	2025.8.26
11	侯星丞	男	FS23HN0101872	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
12	岑凤威	男	FS23HN0101876	2023-09-02 至 2028-09-02	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
13	冯亚星	女	FS21HN0200396	2021-07-27 至 2026-07-27	0.07	可继续原放射工作	2025.8.26
14	廖祥军	男	FS23HN0101886	2023-09-02 至 2028-09-02	0.10	可继续原放射工作	2024.7.18
15	肖旺	男	FS21HN0101431	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
16	刘亚奇	男	FS24HN0200098	2024-10-21 至 2029-10-21	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
17	朱虹	女	FS22HN0101464	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
18	唐晖	男	FS21HN0101469	2021-07-21 至 2026-07-21	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
19	李晨	男	FS23HN0101836	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
20	胡琴	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
21	罗丽利	女	FS22HN0101575	2022-12-23 至 2027-12-23	0.09	可继续原放射工作	2025.8.26
22	侯双林	男	FS22HN0101481	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
23	程榕婷	女	FS21HN0101441	2021-07-21 至 2026-07-21	0.19	可继续原放射工作	2025.8.26
24	李龙俊	男	FS25HN0200003	2025-01-17 至 2030-01-17	0.05	可从事放射工作	2024.7.18
25	侯小龙	男	FS23HN0101837	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
26	邹彬	男	FS23HN0101791	2023-09-02 至 2028-09-02	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
27	陈晓璐	女	FS21HN0101450	2021-07-21 至 2026-07-21	0.19	可继续原放射工作	2025.8.26
28	彭姝	女	FS21HN0101489	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26

29	李疆晖	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
30	黄万华	男	FS22HN0101476	2022-11-14 至 2027-11-14	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
31	胡雨涛	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.04	复查肝脏 CT	2024.7.18
32	罗芳利	女	FS21HN0101457	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
33	李帅	男	FS25HN0200165	2025-09-24 至 2030-09-24	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
34	刘全	男	FS23HN0101851	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
35	邱林娟	女	FS23HN0101797	2023-09-02 至 2028-09-02	铅衣内 0.05 铅衣外 0.03	可继续原放射工作	2025.8.26
36	李前前	男	FS23HN0101884	2023-09-02 至 2028-09-02	0.12	可继续原放射工作	2025.8.26
37	谭毅勇	男	FS22HN0101471	2022-11-14 至 2027-11-14	<MDL	可继续原放射工作	2025.8.26
38	李荣	女	FS23HN0101888	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
39	刘兰英	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
40	刘喜华	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
41	周佳	男	FS23HN0101830	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
42	姜岭	男	FS22HN0101465	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.84	可继续原放射工作 可继续原放射工作	2025.8.26
43	许希	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
44	颜斌	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	铅衣内 0.05 铅衣外 0.73	可继续原放射工作	2025.8.26
45	罗迷	男	FS23HN0200266	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	复查甲状腺功能	2024.7.18
46	周秀萍	女	FS21HN0101493	2021-07-21 至 2026-07-21	铅衣内 0.05 铅衣外	可继续原放射工作	2024.7.18

					0.76		
47	李果	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
48	王晶晶	男	FS22HN0101486	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	复查甲状腺功能	2024.7.18
49	刘叶华	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
50	刘会	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
51	谭玉娟	女	FS22HN0200356	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.12	可继续原放射工作	2025.8.26
52	李勇	男	FS22HN0101467	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
53	陈声彩	男	FS23HN0101824	2023-09-02 至 2028-09-02	铅衣内 0.05 铅衣外 1.62	可继续原放射工作	2025.8.26
54	黄胜国	男	FS21HN0101619	2021-07-27 至 2026-07-27	0.08	可继续原放射工作	2025.8.26
55	周芳	女	FS22HN0101477	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.79	可继续原放射工作	2025.8.26
56	肖辉辉	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
57	王维	男	FS22HN0101487	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.73	可继续原放射工作	2025.8.26
58	何馨波	男	FS21HN0101486	2021-07-21 至 2026-07-21	0.22	可继续原放射工作	2025.8.26
59	江文平	男	FS23HN0101859	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
60	吴安民	男	FS22HN0101484	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
61	黄铸程	男	FS22HN0200354	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.89	可继续原放射工作	2025.8.26
62	李文正	男	FS21HN0200395	2021-07-27 至 2026-07-27	0	可继续原放射工作	2025.8.26

63	刘培虹	男	FS21HN0101440	2021-07-21 至 2026-07-21	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
					铅衣外 0.62		
64	李会兵	男	FS23HN0101847	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
65	龚晓丽	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可从事放射工作	2024.7.18
66	李君	女	FS21HN0101438	2021-07-21 至 2026-07-21	0.10	可继续原放射工作	2025.8.26
67	汤春慧	女	FS21HN0101680	2021-07-27 至 2026-07-27	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
					铅衣外 0.66	可继续原放射工作	
68	资利军	男	FS21HN0101662	2021-07-27 至 2026-07-27	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
					铅衣外 1.57	可继续原放射工作	2025.8.26
69	雷小艳	女	FS21HN0101439	2021-07-21 至 2026-07-21	0.15	可继续原放射工作	2025.8.26
70	雷义	男	FS22HN0101463	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
71	李阳平	男	FS23HN0101882	2023-09-02 至 2028-09-02	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
					铅衣外 0.85		
72	邓永松	男	FS21HN0101474	2021-07-21 至 2026-07-21	0.11	可继续原放射工作	2024.7.18
73	刘培军	男	FS21HN0101663	2021-07-27 至 2026-07-27	0.07	可继续原放射工作	2024.7.18
74	付二雄	男	FS23HN0101880	2023-09-02 至 2028-09-02	0.07	可继续原放射工作	2025.8.26
75	李程	男	FS21HN0101458	2021-07-21 至 2026-07-21	0.12	可继续原放射工作	2025.8.26
76	袁华	男	FS21HN0101429	2021-07-21 至 2026-07-21	0.16	可继续原放射工作	2025.8.26
77	王志	男	FS21HN0101674	2021-07-27 至 2026-07-27	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
					铅衣外 0.78		
78	刘兰花	女	FS21HN0101442	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
79	张朋	男	FS21HN0101481	2021-07-21 至	0.13	可继续原放射工作	2025.8.26

				2026-07-21			
80	江莫皇	男	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
81	乔清华	男	FS21HN0101655	2021-07-27 至 2026-07-27	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
82	毛艳萍	女	自主考核	2024-06-28 至 2029-06-27	铅衣内 0.05	可从事放射工作	2025.8.26
					铅衣外 0.10		
83	胡芙蓉	男	FS23HN0101852	2023-09-02 至 2028-09-02	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
84	胡勇	男	FS21HN0101476	2021-07-21 至 2026-07-21	0.12	可继续原放射工作	2024.7.18
85	谭志刚	男	FS21HN0101454	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
86	周水平	男	FS22HN0101472	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
					铅衣外 0.13	可继续原放射工作	2024.7.18
87	谢明胜	男	FS21HN0101634	2021-07-27 至 2026-07-27	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
					铅衣外 2.15	可继续原放射工作	
88	邓叶虎	男	FS22HN0101473	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
89	刘志峰	男	FS21HN0101622	2021-07-27 至 2026-07-27	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
90	曹意成	男	FS23HN0101866	2023-09-02 至 2028-09-02	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
					铅衣外 1.80		
91	廖国雄	男	FS21HN0101633	2021-07-27 至 2026-07-27	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
					铅衣外 0.60		
92	陈强	男	FS21HN0101461	2021-07-21 至 2026-07-21	0.13	可继续原放射工作	2024.7.18
93	石林斌	男	FS22HN0101475	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05	可继续原放射工作	2024.7.18
					铅衣外 1.00		
94	陈平民	男	FS22HN0101466	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2024.7.18

95	黄承月	男	FS22HN0101474	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
96	彭喆	男	FS22HN0101521	2022-11-27 至 2027-11-27	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
97	李锴	男	FS22HN0200355	2022-11-14 至 2027-11-14	铅衣内 0.05 铅衣外 0.07	可继续原放射工作	2025.8.26
98	谢建华	男	FS21HN0101491	2021-07-21 至 2026-07-21	0.11	可继续原放射工作	2025.8.26
99	王杏志	男	自主考核	2021-07-21 至 2026-07-21	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26
100	彭凤钢	男	FS22HN0200352	2022-11-14 至 2027-11-14	0.05	可继续原放射工作	2025.8.26

本院现有辐射工作人员 100 名, 其中 81 人取得辐射安全培训合格证书, 19 人参与医院组织的自主培训并考核合格, 2024 年 10 月 7 日至 2025 年 9 月 30 日近一年度个人剂量监测报告结果未超过医院管理目标值和标准限值。4 人职业健康体检结果为“可从事放射性工作”, 3 人体检结果为需要复查, 已按照体检建议暂离辐射工作岗位, 复查合格后再从事辐射相关工作。93 人体检结果为“可继续原放射工作”

### (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、监测仪器情况等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。2025 年 1 月，医院在全国核技术利用申报系统提交了 2024 年度评估报告。医院委托湖南涌仁科技有限公司于 2025 年 10 月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	<sup>131</sup> I	液体，中毒，半衰期 8.02d	使用	$7.4074 \times 10^9$	$7.4074 \times 10^8$	$7.4074 \times 10^{11}$	甲亢治疗、甲状腺功能测定	简单操作	东院放疗中心二层核医学科	放疗中心二楼核医学科储源室/分装柜	/
2	<sup>89</sup> Sr	液体，中毒，半衰期 50.6d	使用	$1.48 \times 10^8$	$1.48 \times 10^7$	$7.4 \times 10^9$	核素治疗	简单操作	放疗中心二楼	放疗中心二楼储源室	/
	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）

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<sup>3</sup>；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	<p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p> <p>13、《放射工作人员职业健康管理方法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>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）；</p> <p>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）；</p>
------	--

	<p>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）；</p> <p>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）。</p>
技术标准	<p>1、《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>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）；</p> <p>3、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>5、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>6、《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>7、《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</p> <p>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）；</p> <p>9、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>10、《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）；</p> <p>11、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）；</p> <p>12、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）；</p> <p>13、《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>14、《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）。</p> <p>15、《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）</p>
其他	<p>1、环境影响评价委托书（见附件 1）；</p> <p>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；</p> <p>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）；</p> <p>4、《放射防护实用手册》，济南出版社，2009 年；</p> <p>5、《辐射防护导论》，原子能出版社，1991 年；</p> <p>6、医院提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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：以项目实体边界为中心，放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径 500m 的范围，乙、丙级取半径 50m 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。

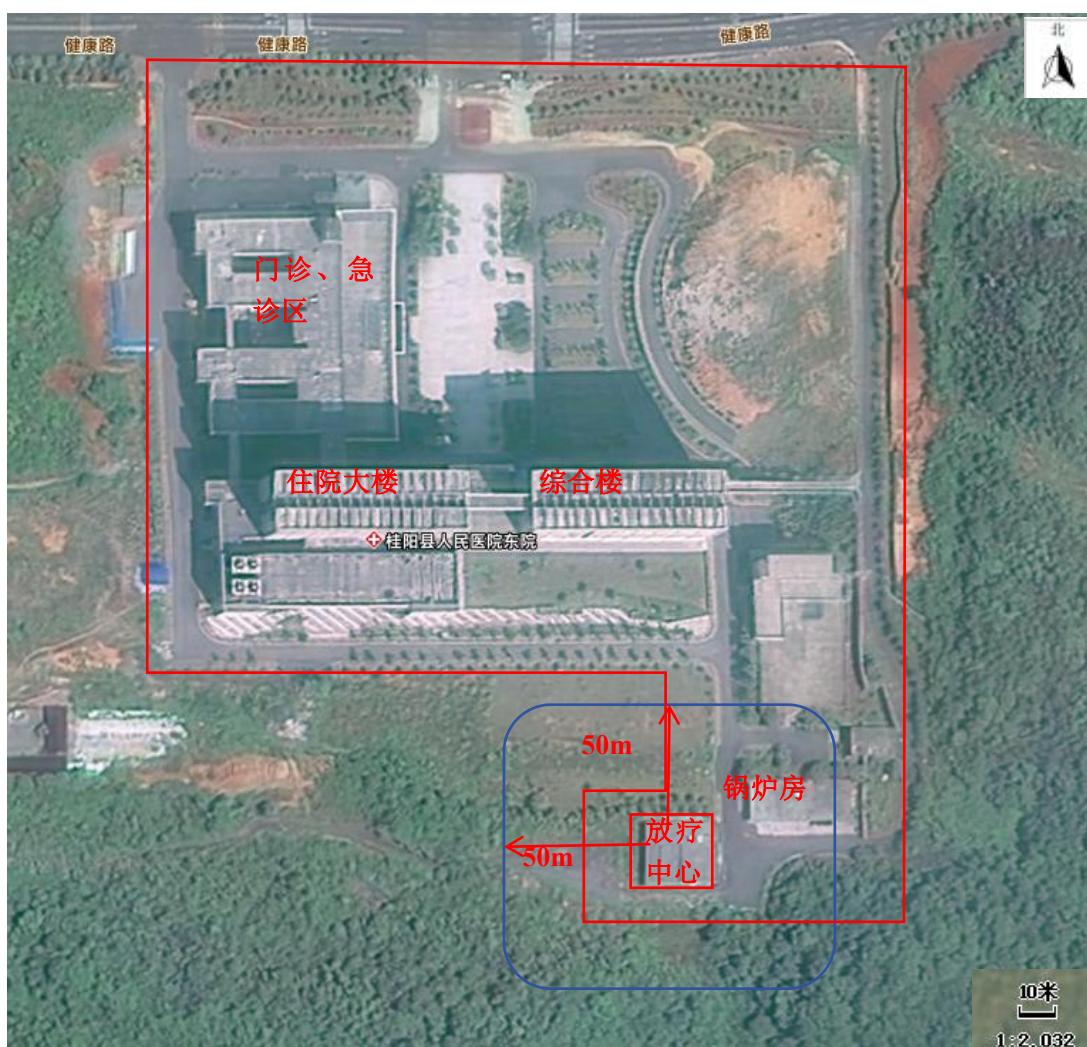


图 7-1 评价范围示意图

### 保护目标

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价

范围内相邻区域的公众。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	距离 m	环境保护人群	高差 m	影响人数
核医学科	放疗中心二楼	核医学科	场所内	/	本项目职业人员	/	3 人
		东面	锅炉房	15-50	公众成员	-4	约 2 人
		北面	院内道路	0-50	公众成员	-4	若干
		东面	院内道路	0-50	公众成员	-4	若干
		南面	院内道路	0-50	公众成员	-4	若干
		西面	院内道路	0-50	公众成员	-4	若干
		楼下	放疗中心一楼走廊、加速器机房控制室、候诊区、CT 机房及控制室、办公室等相邻用房	0-3	公众成员、CT, 加速器职业人员	0 至-4	约 10 人

## 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职业照射水平进行控制，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。

结合医院实际情况，医院将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	$>4\times10^9$
乙	$2\times10^7\sim4\times10^9$
丙	豁免活度值以上~ $2\times10^7$

### 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) 在分装和给药室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；

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 GB18871 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。

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

5.2.1 核医学的工作场所应按照非密封源工作场所分级规定进行分级，并采取相应防护措施。

5.2.2 应依据计划操作最大量放射性核素的加权活度对开放性放射性核素工作场所进行分类管理，把工作场所分为 I 、 II 、 III 三类。不同类别核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求见表 1，核医学工作场所分类的加权活度计算方

法见附录 G。

表 7-3 不同核医学工作场所用房室内表面及装备结构的基本放射防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	自然通风
管道	特殊管道	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆和去污设备	洗手盆和去污设备	洗手盆

注：1、特殊管道：下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。

2、洗手盆：为感应式或脚踏式等非手接触开关控制。

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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 控制区内屏蔽体外表面  $0.3\text{m}$  处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 宜不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 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  $5\text{cm}$  处的周围剂量当量率控制目标值应不大于  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 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 7-4。

**表 7-4 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		$\beta$ 放射性物质 ( $\text{Bq}/\text{cm}^2$ )
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	4
	监督区	
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

个人防护用品见表 K.1 (本报告中表 7-5)。

**表 7-5 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	
普通核医学和 SPECT 场所	铅橡胶衣、铅橡胶围裙和放射性污染防护服、铅橡胶围脖	铅橡胶帽、铅玻璃眼镜	—
正电子放射性药物和 $^{131}\text{I}$ 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 $3\text{mm}$ 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。

### 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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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  $25\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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， $\alpha$ 表面污染小于  $0.08\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta$ 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：

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  $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 $\alpha$ 发射体应小于  $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。

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 $\alpha$ 不大于 1Bq/L、总 $\beta$ 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 I-131 放射性废水排放

含 I-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  $^{131}\text{I}$  活度不超过  $1\text{ALmin}(9\text{E}+5 \text{ 贝可})$ ，每月排放的废水中  $^{131}\text{I}$  总活度不超过  $10\text{ALlmin}(9\text{E}+6 \text{ 贝可})$ 。

(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  $^{131}\text{I}$  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。

### 二、关于控制区剂量率

1.控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ），周围剂量当量率应小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

2.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 $< 1/2$ ），如给药

/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

### 三、关于独立通风要求

单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

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 7-6 本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标**

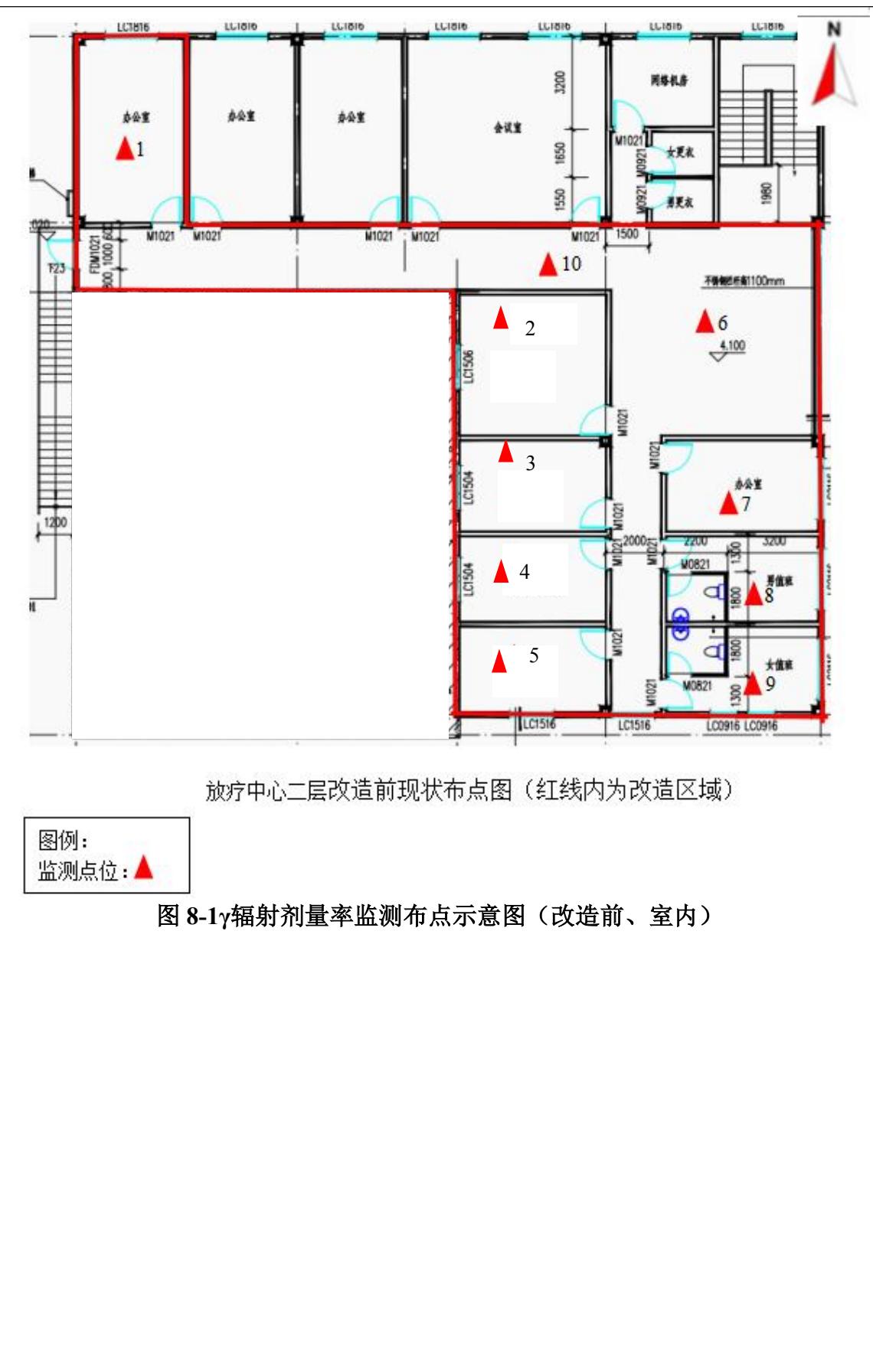
<b>一、年剂量管理目标值</b>		
项目	GB18871-2002 中年平均有效剂量限值 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )	本项目年有效剂量管理目标值 ( $\text{mSv}/\text{a}$ )
职业人员	20	5
公众人员	1	0.1
<b>二、通风设计</b>		
核医学科	HJ1188、GBZ120 保持场所良好通风，气流流向合理，保持场所负压和各区压差；分装柜设置单独通风系统，顶壁安装活性炭或其他过滤装置；设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口高于本建筑物屋顶，排放口有专用废气过滤净化装置。	
<b>三、周围剂量当量率控制水平</b>		
核医学科	人员可达处控制区外屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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 $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；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 $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 $0.1\text{mSv}/\text{h}$ ，表面污染水平对 $\beta$ 和 $\gamma$ 发射体以及低毒性 $\alpha$ 发射体应小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、其他 $\alpha$ 发射体应小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$	
<b>四、表面污染控制水平</b>		
核医学科 ( $\beta$ 放射性物质)	控制区表面污染控制水平取 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，监督区表面污染控制水平取 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 。	
<b>五、放射性废水衰变池设计及废水处置要求</b>		
含 $^{131}\text{I}$ 放射性废水	废水暂存时间大于 180d，可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。	

**表 8 环境质量和辐射现状****辐射现状**

根据《环境 $\gamma$ 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)，本评价委托长沙鹏悦环保工程有限公司于2025年11月13日对本项目所在地进行了 $\gamma$ 辐射剂量率现状监测工作。检测仪器情况见表8-1， $\gamma$ 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、 $\gamma$ 剂量率仪
	仪器型号	RM-2030
	出厂编号	2886
	量程	0.01 $\mu$ Sv/h~200 $\mu$ Sv/h
	能量响应	48Kev~3Mev
	检定证书编号	hnjlxz2024393-1325
	检定有效期	2025.12.23



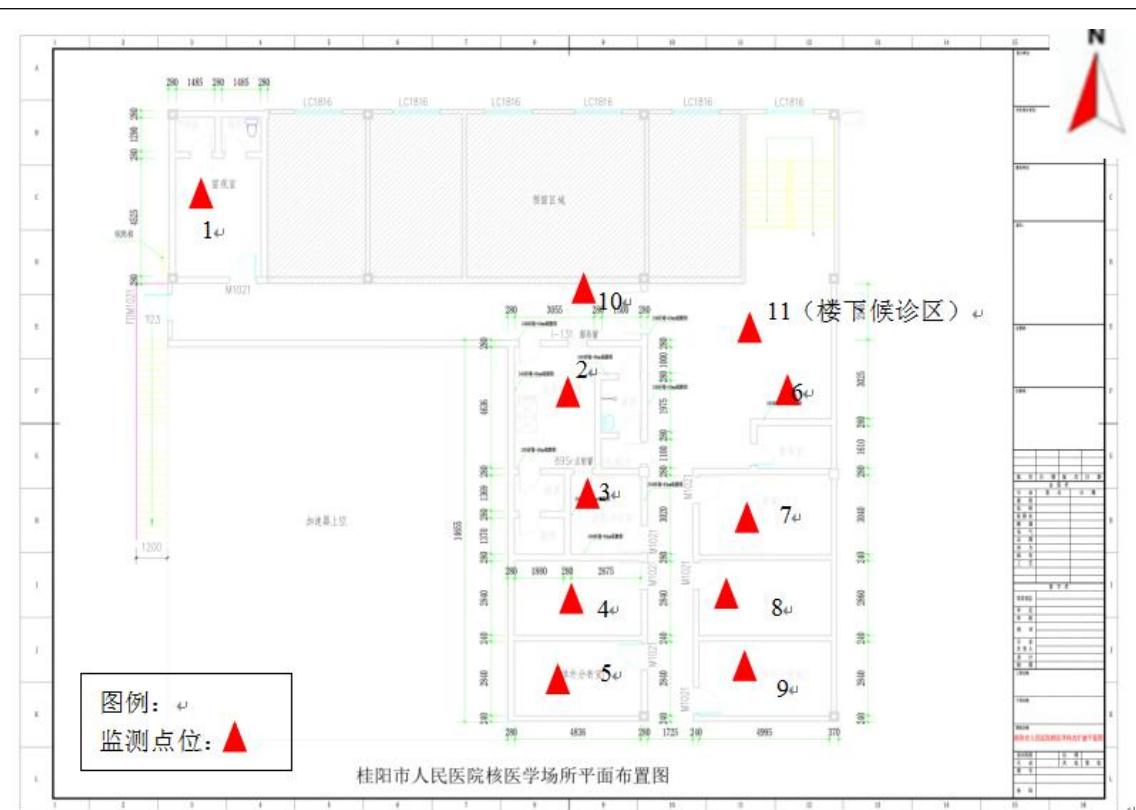


图 8-2 $\gamma$ 辐射剂量率监测布点示意图 (改造后对照)

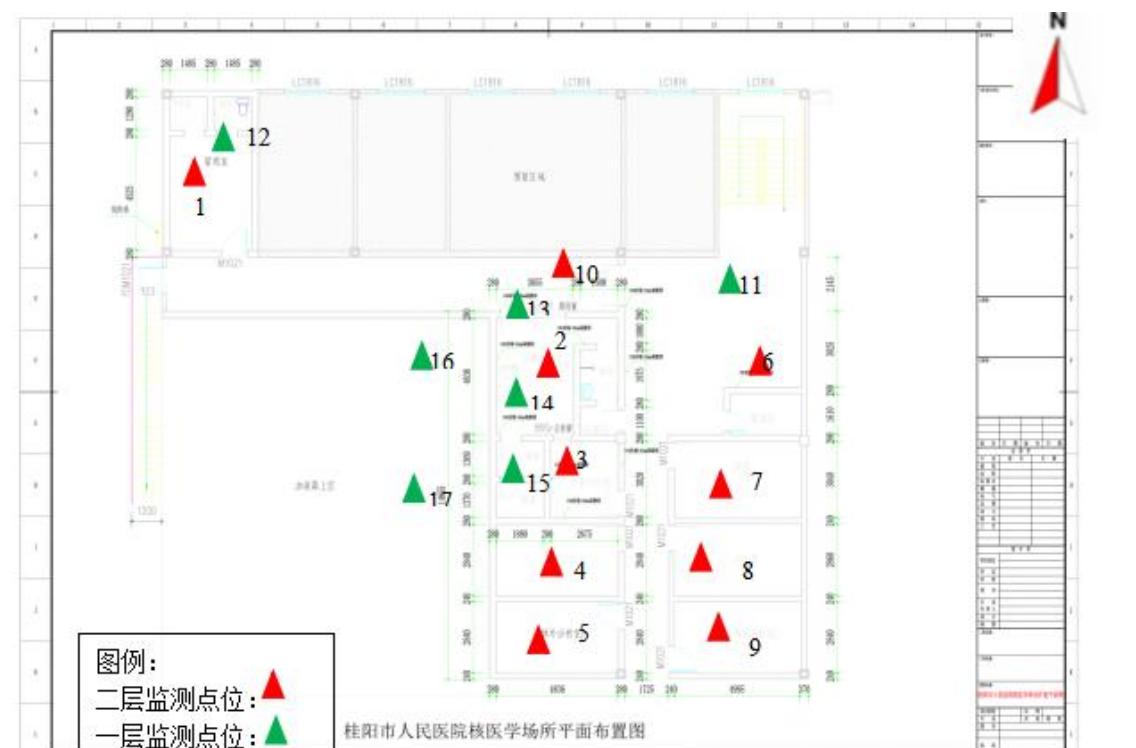


图 8-3 改造后布点图 (对照)



图 8-4 $\gamma$ 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

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

《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, 有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数据处理和填报, 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:  $\gamma$ 辐射剂量率。

## 8.2.5 监测结果

$\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-2。

表 8-2  $\gamma$ 辐射剂量率监测结果一览表

序号	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	备注
检测点位	检测点位描述	/	室内
△1	留观室拟建位置	90	室内
△2	分装室拟建位置	100	室内
△3	注射治疗室拟建位置	100	室内
△4	甲侧室拟建位置	110	室内
△5	体外分析室 1 拟建位置	120	室内
△6	候诊大厅拟建位置	110	室内
△7	诊室拟建位置	90	室内
△8	办公室拟建位置	120	室内
△9	体外分析室 2 拟建位置	110	室内
△10	病人通道拟建位置	120	室内
△11	楼下候诊区	100	室内
△12	楼下空房	60	室内
△13	楼下加速器机房防护门口	80	室内
△14	加速器机房控制室	80	室内
△15	加速器机房控制室	70	室内
△16	加速器机房迷道入口	80	室内
△17	加速器机房内	120	室内
△18	放疗中心北面内部道路	60	道路
△19	放疗中心东北面锅炉房门口	80	道路
△20	放疗中心东面内部道路	80	道路
△21	放疗中心南面内部道路	70	原野
△22	放疗中心西面内部道路	80	原野
备注	以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。		

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) 仪器对宇宙射线的响应通过以下方法获得:在湖南省郴州市东江湖(北纬 25.90°, 东经 113.41°, 海拔高度为 274m, 水深大于 3m, 距岸边大于 1km)使用辐射检测仪进行宇宙射线响应检测, 水面上仪器 50 次读数的平均值经校准后为 16nGy/h。项目拟建核医学科(北纬 26° 43' 16", 东经 113° 15' 10", 海拔高度为 103.5m), 根据 HJ61-2021 附录 D 修正公式 (D.1) 得出仪器在本项目所在地宇宙射线响应值为 16nGy/h。

(3) 根据 HJ1157-2021: 测量值=读数值均值×校准因子  $k_1$ ×仪器检验源效率因子  $k_2$ ÷转换

系数-仪器宇宙射线响应值×屏蔽修正因子  $k_3$ 。本次环境监测取值：校准因子  $k_1$  为 1.10，效率因子  $k_2$  取 1，宇宙射线的屏蔽修正因子  $k_3$ ：楼房取 0.8，道路取 1。仪器使用  $^{137}\text{Cs}$  进行校准，转换系数为 1.2Sv/Gy。

由表 8-2 可知，本项目周围环境  $\gamma$  辐射剂量率监测值室内为 90~120nGy/h 之间，拟建区域道路为 60~80nGy/h 之间。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，郴州市  $\gamma$  辐射剂量率数据见表 8-3。

**表 8-3 湖南省郴州市 $\gamma$ 辐射剂量率（单位：nGy/h）**

监测项目	原野	道路	室内
天然 $\gamma$ 辐射剂量率范围	35.4~141.9	40.6~130.5	51.1~226.5

根据以上对比可知，项目拟建场址的环境 X- $\gamma$  辐射剂量率处于郴州市本底辐射范围内。

表 9 项目工程分析与源项

**施工期污染工序及污染物产生情况**

本项目拟选址在放疗中心二楼，本项目施工期主要为机房的建设、装修，污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。调试期主要为调试过程中产生的 X 射线及少量有害气体。

**噪声：**施工噪声主要为基础施工、结构施工等阶段，各施工设备噪声源强约为 75~90dB (A)。

**废气：**项目施工产生的废气主要为施工扬尘，主要来自于施工过程中建筑材料现场搬运及堆放产生的扬尘、切割打磨装饰材料产生的粉尘、建筑垃圾清理及堆放产生的扬尘。

**废水：**施工期废水主要为施工人员生活污水，项目施工期每天最大约 10 人在施工现场作业，生活用水量约为 50L/人·d 计，污水产生系数按用水量的 0.8 计，则生活污水排放量为 0.40m<sup>3</sup>/d。

**固体废物：**主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员的生活垃圾。

产生辐射污染环节为设备安装及调试过程，因此，射线装置的安装、调试过程应请专业人员进行，建设单位不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在射线装置机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时涉源场所必须上锁。本项目施工期环境影响随着施工期的结束而结束，施工期工程量小，施工期短，且均在厂区施工，对外界环境影响很小，不存在环保遗留问题。

**工程设备和工艺分析**

本项目核医学科位于放疗中心楼二层，拟使用放射性核素 <sup>131</sup>I 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，使用 <sup>89</sup>Sr 进行转移性骨肿瘤治疗。

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：

本项目放射性核素<sup>131</sup>I、<sup>89</sup>Sr主要参数见GBZ120-2020附录H表H.1以及《辐射防护导论》P122页表4.1。

<sup>131</sup>I的半衰期为8.02天，衰变方式为β衰变，发射β射线(99%)和γ射线(1%)，其中β射线分支比最大的为89.2%，能量为602keV，还能释放出多条γ射线，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，占比1.8%。

<sup>89</sup>Sr的半衰期为50.53天，衰变方式为纯β衰变( $\beta\% = 100$ )，最大能量为1.488MeV，平均能量为0.5815MeV，释放的β射线穿透能力适中，在组织中平均射程约2.4mm，最大射程约8mm。本项目使用核素<sup>89</sup>Sr为液态，化学性质稳定不易挥发。

## ②工作原理

### a. 甲亢治疗

甲状腺具有高度选择性摄取<sup>131</sup>I的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。<sup>131</sup>I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<sup>131</sup>I后，90%以上的<sup>131</sup>I都会聚集到患者的甲状腺，其余的<sup>131</sup>I随代谢排出体外。<sup>131</sup>I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，<sup>131</sup>I治疗可使部分甲状腺组织受到β射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发生炎症、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<sup>131</sup>I也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取的量和速度与甲状腺功能密切相关。将<sup>131</sup>I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<sup>131</sup>I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<sup>131</sup>I给药量很小，本项目最大用量仅3.70E+05Bq(0.01mCi)，低于GB18871规定的豁免水平(1.0E+06Bq)。

### c.骨转移治疗

Sr-89 是一种亲骨性放射性核素，与钙离子有相近的理化性质，在骨组织中的沉积浓度与骨的钙磷代谢速度有关。骨转移瘤部位骨代谢活跃，Sr-89 沉积可达到正常骨组织的 2~25 倍，Sr-89 半衰期约 50.53 天，可滞留在骨转移病灶中，释放β射线可集中照射病变组织，抑制和杀灭肿瘤细胞，发挥缓解骨痛、抑制骨转移灶生长的作用。有资料显示，注射后 Sr-89 药物 90 天后，骨转移灶内 Sr-89 的滞留量仍可达 20%~88%，因此可持久地维持疗效。

#### ②工作流程及产污环节

##### a.甲亢治疗

(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) 医院根据患者预约情况向供药方定药，当天送药前，供药方将甲亢、甲测所需 I-131 药物周最大所需量装在一支试剂瓶内，用 50mm 铅屏蔽容器装载送至核医学科分装室的 20mmPb 当量 I-131 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) 每日给药前，工作人员进入控制室通过电脑控制自动分碘仪进行自动分装甲亢患者所需 I-131 药物（每次自动分装时长不超过 10min）。

(4) 药物分装好后，根据语音播报患者拿着一次性服药杯到服药窗口自行取药后服用。

(5) 甲亢患者服药后即在留观室短暂留观（每名患者留观时长不超过 15min，留观室最多 1 人留观），无异常后由专用通道离开。

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。

产污环节：分装药物及患者服药、留观时的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。

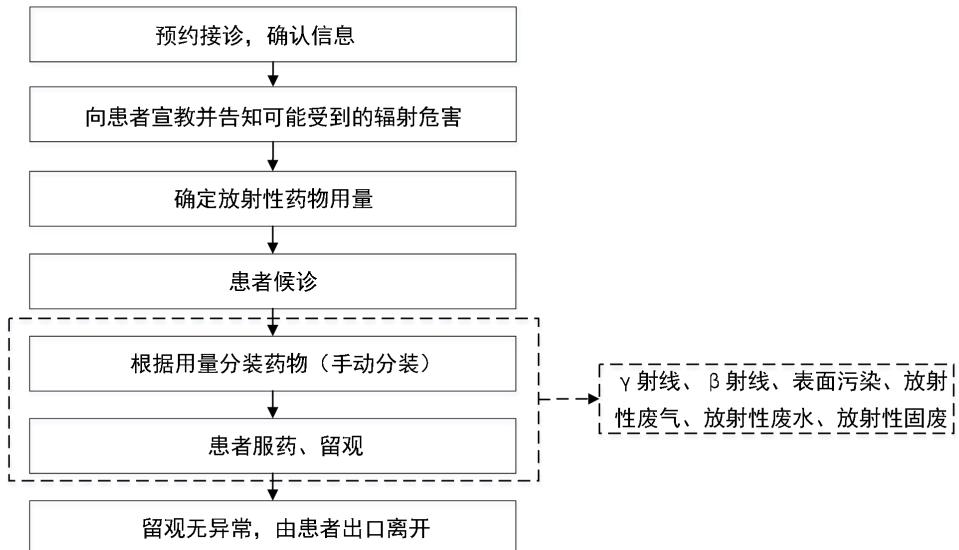


图 9-1 甲亢治疗工作流程及产污示意图

#### b. 甲状腺功能测定

- (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 药物周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) 每天甲亢患者给完药后，再做甲测患者给药，工作人员进入控制室通过电脑控制自动分碘仪分装出 1mCi 的 I-131 药物至药物容器里（分装时长约 10min），然后工作人员进入分装室对 1mCi 的药液手动分装（每次分装时长不超过 3.0min）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服药区，按照指示取药服用。
- (5) 受检者服药后无异常，即可由专用通道离开，无需留观。43
- (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产生的 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 射线、轫致辐射、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。

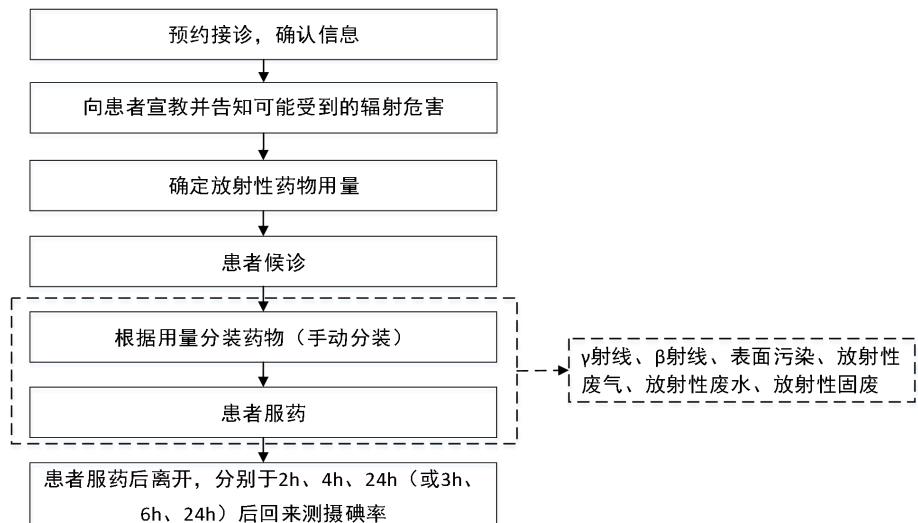


图 9-2 甲状腺功能测定流程及产污示意图

### c. 骨转移治疗

#### 工作流程

- 1、患者评估，对患者进行全面的医学评估，包括病史采集，了解患者是否有骨转移相关症状，如骨痛的部位、程度和频率等。同时，要详细询问患者的既往病史，包括是否有其他恶性肿瘤、心血管疾病、肝肾功能异常等情况，患者就诊前工作人员应向患者说明 $^{89}\text{Sr}$ 治疗注意事项，并签署治疗同意书。
- 2、核医学科向采购部门提出采购计划，采购 $^{89}\text{Sr}$ 注射液，存放至储源室保险柜内，做好入库记录。
- 3、医生制定治疗方案，预约治疗时间。根据每个患者的不同情况，设计合理治疗方案，精确计算药物用量。
- 4、在 $^{89}\text{Sr}$ 注射治疗前对病人进行血常规等基本身体检查。
- 5、由医生将准备好的药品暂存在铅罐中，运送至治疗室内对患者进行注射治疗，采用注射器缓慢注射 $^{89}\text{Sr}$ 药物，注射速度不宜过快，以避免患者出现不适。在注射过程中，密切观察患者的反应，如是否有头晕、心慌、恶心等症状。注射完毕后，用棉球按压注射部位片刻，防止出血。

- 6、清理治疗器材、清点消耗并记录。
- 7、定期随访，记录。
- 产污环节：Sr-89 为纯β衰变，其主要的污染源为注射过程中产生的β射线、轫致辐射，注射后器材清点产生的β射线、轫致辐射、废注射器等放射性固废。



图 9-3 骨转移治疗流程及产污示意图

### ③工作负荷

a. 甲亢治疗：医院采取预约制，每天治疗人数 10 人，每周工作 2 天，每周一和周三接诊，全年工作 50 周，全年治疗人数 1000 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi)。

b. 甲状腺功能测定：医院采取预约制，每天检测人数 10 人，每周工作 2 天，每周一和周三接诊，年工作 50 周，全年检测人数 1000 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$  (0.01mCi)。

C.,  $^{89}\text{Sr}$  注射治疗：医院采取预约制，每天治疗人数 1 人，每周三接诊，年工作 50 周，全年检测人数 50 人，每人最大用量  $1.48 \times 10^8$  (4mCi)。

$^{131}\text{I}$  药物周送药一次， $^{89}\text{Sr}$  每周送药一次，医院根据患者数量和服药剂量预订放射性药物，每次送药  $^{131}\text{I}$  不超过 200.2mCi， $^{89}\text{Sr}$  不超过 4mCi。

### 各功能场所的分类

依据《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)，本项目工作场所的分类见下表。

$$\text{加权活度} = \frac{\text{计划日操作最大活度} \times \text{核素的毒性权重因子}}{\text{操作性质修正因子}}$$

表 9-1 新建核医学科工作场所分类表

序号	位置	场所	核素名称	日最大操作量(Bq)	毒性权重因子	操作性质修正因子	加权活度(Bq)	分类
1	核医学科	分装室	I-131	$7.40 \times 10^9$	100	1	$7.40 \times 10^{11}$	I
2		固废室	I-131	$1.26 \times 10^8$	100	10	$1.26 \times 10^9$	II
3		甲亢服药	I-131	$3.7 \times 10^9$	100	1	$3.7 \times 10^{11}$	I
4		甲亢留观	I-131	$3.7 \times 10^8$ (1人)	100	1	$3.7 \times 10^{10}$	II
5		储源室	Sr-89	$1.48 \times 10^8$	100	100	$1.48 \times 10^8$	II
6		Sr-89治疗室	Sr-89	$1.48 \times 10^8$	100	1	$1.48 \times 10^{10}$	II

由表 9-1 可知本项目新建核医学科各功能场所的分类, 按照《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020) 5.2.2 要求, 对各功能场所进行必要的装修设计及设施配置。见下表:

表 9-2 不同类别核医学科工作场所的室内表面及装备结构防护要求

种类	分类		
	I	II	III
结构屏蔽	需要	需要	不需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	易清洗
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	不必须
通风	特殊的强制通风	良好通风	自然通风
管道	特殊管道	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆和去污设备	洗手盆和去污设备	洗手盆

注: 1、特殊管道: 下水道宜短, 大水流管道应有标记以便维修检测。  
2、洗手盆: 为感应式或脚踏式等非手接触开关控制。

### 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

##### ① $\gamma$ 射线

本项目使用的 I-131 核素在衰变过程中会发出 $\gamma$ 射线。

##### ② $\beta$ 射线和韧致辐射

本项目使用的 I-131、Sr-89 核素在衰变过程中会发出 $\beta$ 射线。

##### ③韧致辐射

本项目使用的 I-131、Sr-89 核素在衰变过程中会发出 $\beta$ 射线,  $\beta$ 射线易与物质

相互作用发生韧致辐射，造成外照射危害。

③表面污染

人员在对 I-131、Sr-89 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、Sr-89 放射性药物分装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

工作人员分装 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和通风系统更换的废活性炭、高效活性炭装置等放射性废弃物。

## （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露，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，如任何诊断用药物的施用量远大于处方值，或多次重复照射，或大大超过设定的指导水平，或误给药；

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；

⑦衰变池雨水渗入或泵失效，导致放射性废水溢出造成放射性污染。

表 10 辐射安全与防护

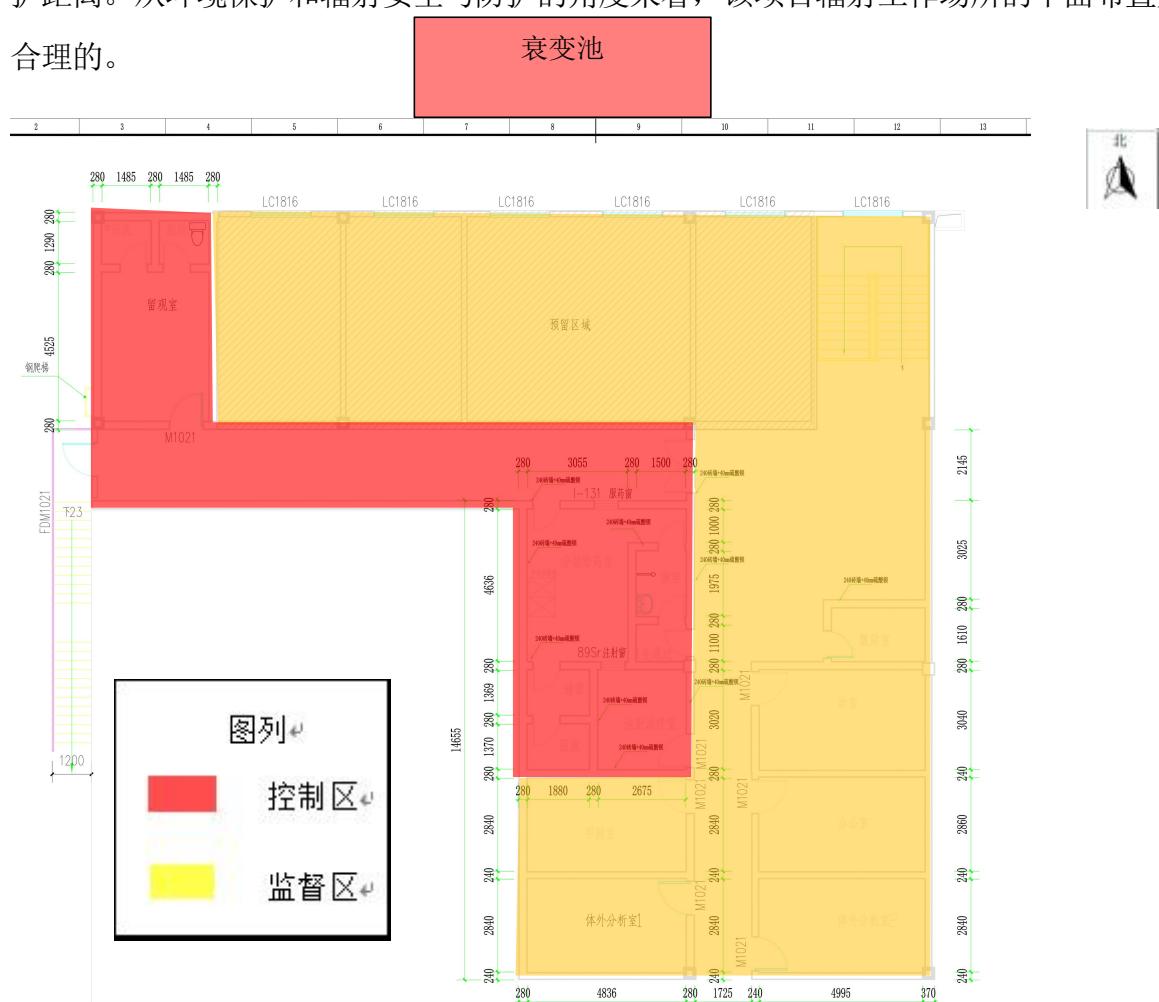
项目安全设施

10.1 核医学科

10.1.2 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目位于医院放疗中心二楼，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。



桂阳市人民医院核医学场所平面布置图

图 10-1 核医学科平面布置及分区图

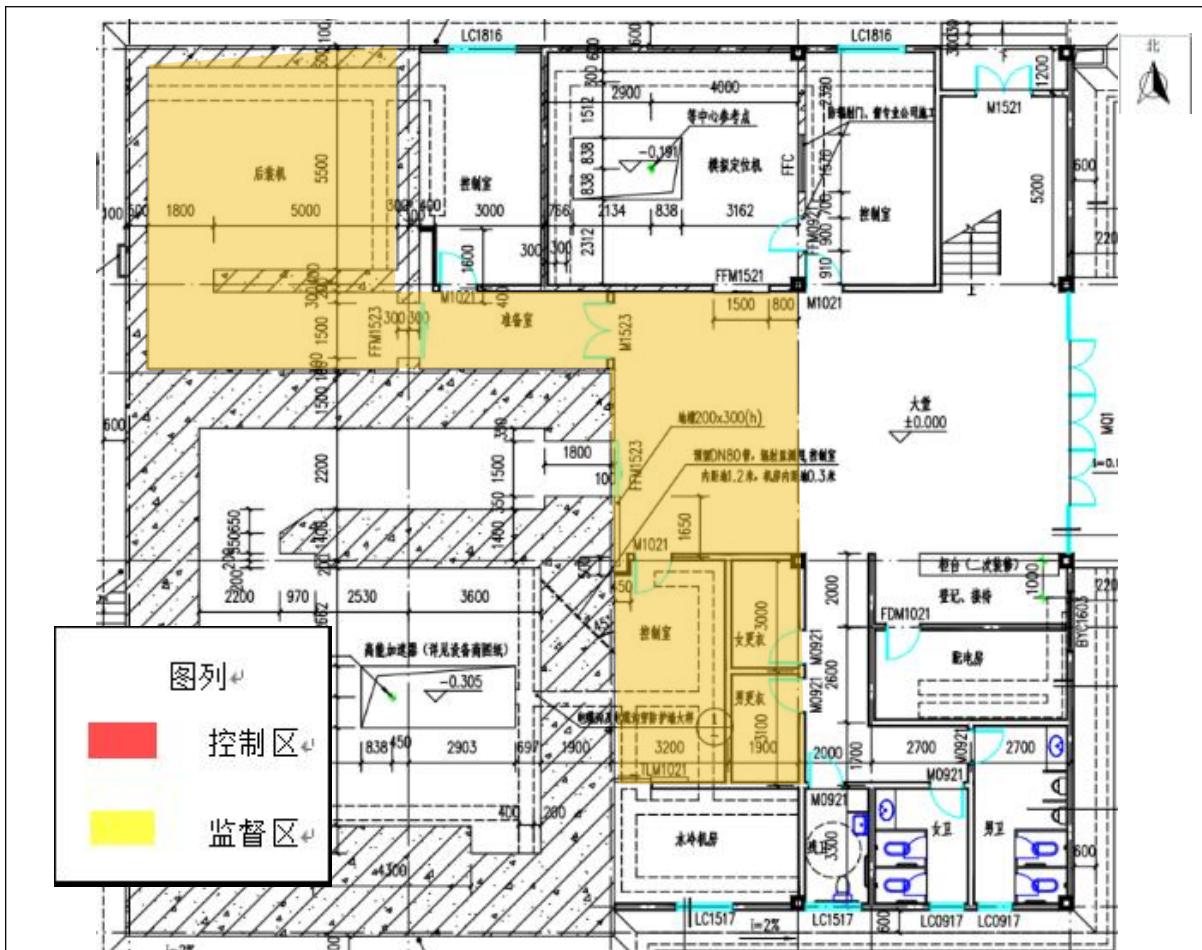


图 10-2 放疗中心一层平面布置及分区图

## (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	分装给药室、储源室、固废室、甲亢留观室、注射治疗室 卫生通过间、更衣淋浴间	预留区、甲测室、诊室、办公室、体外分析室 1、体外分析室 2、候诊区

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。

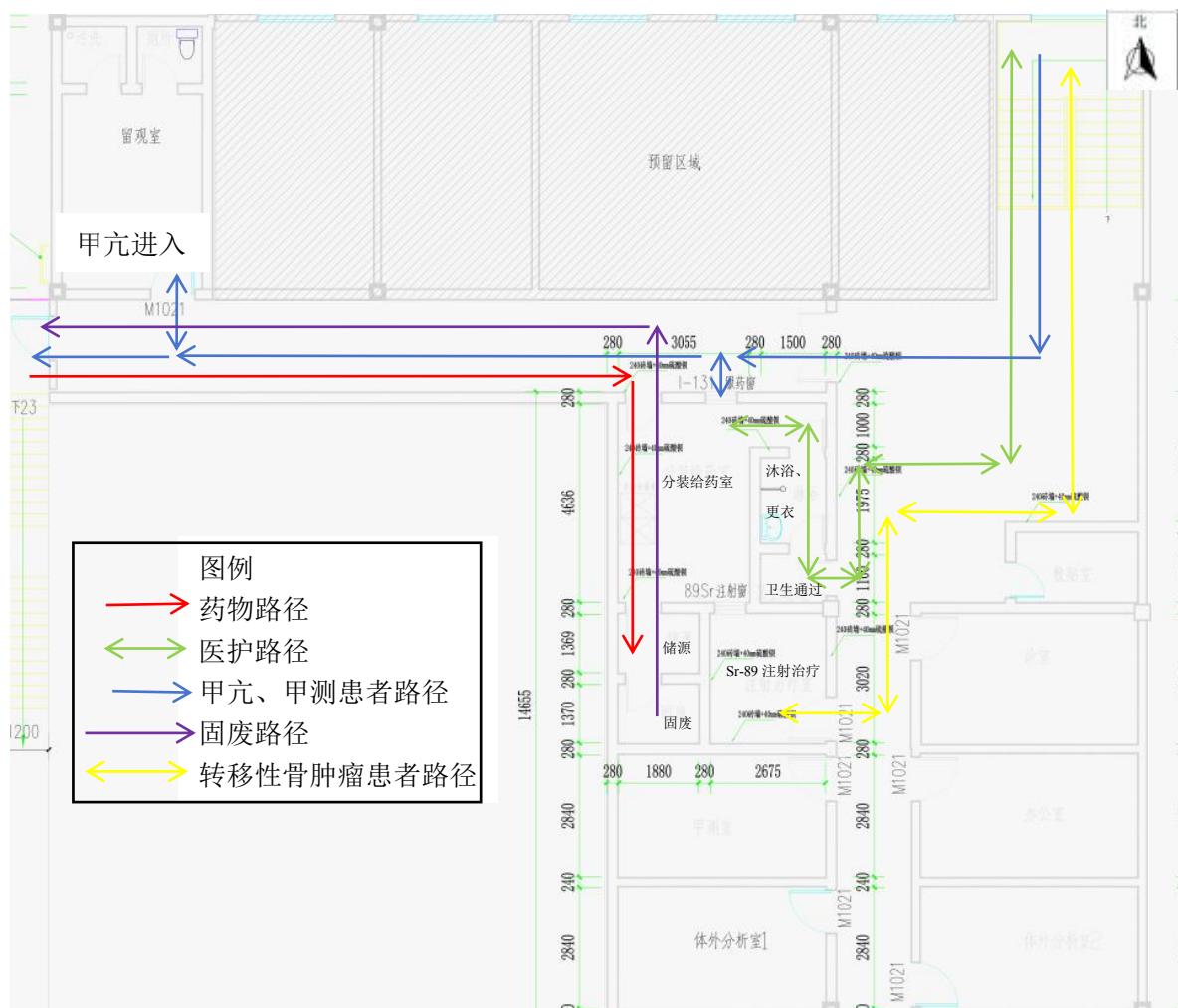


图 10-2 核医学科人流物流路径图

## ①人员路线

### a.患者路线:

$^{131}\text{I}$  接诊日优先安排甲测患者服药，再安排甲亢患者服药。患者从放疗中心一楼候诊厅步梯进入二楼候诊区，沿控制区通道向西在窗口处服药，服药后沿通道向西进入留观室，甲亢患者留观约 30 分钟，甲测患者直接向西通过患者出口单向门离开，出口处为院内道路，无人员聚集。甲测患者需在预定时间再次前往核医学科甲测室进行检测。

转移性骨肿瘤患者从放疗中心一楼候诊厅步梯进入二楼候诊区，进入候诊区后往南直走到注射治疗室。

b.医护人员路线：医护人员从放疗中心一楼候诊厅步梯进入二楼候诊区，沿通道向南进入卫生通过间，向北进入更衣淋浴间，向西进入分装给药室。

### ②药物路线:

每天上班前，厂家送药人员在规定的时间从放疗中心西侧防护门进入，沿通道向东至候诊区，向南进入卫生通过间，向北进入更衣淋浴间，向西进入分装给药室向南进入储源室。

### ③固废路线:

核医学科控制区内产生的固废收集后暂存于固废间，达到解控水平后由工作人员在非门诊上班时间运出。固废从放疗中心二楼西侧运出，送往医疗废物暂存间处理。

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
分装给药室	北墙	过道	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡
	南墙	预留敷贴室、缓冲区	

		西墙	临空	
		东墙	卫生通过间、更衣淋浴室、候诊区	
		分装柜	/	
		防护门	缓冲区	
		防护门	淋浴更衣室	
		给药窗	过道	
		楼下	候诊区	
		楼上	/	
		北墙	分装给药室	
储源室	南墙	固废间	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	
	西墙	临空		
	东墙	注射治疗室		
	防护门	分装给药室		
	地板	控制室、更衣室		
	顶部	/		
	北墙	储源室		
固废室	南墙	甲测室	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	
	西墙	临空		
	东墙	注射治疗室		
	防护门	储源室		
	楼下	控制室、更衣室		
	楼上	/		
	北墙	临空		
留观室	南墙	走廊	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	
	西墙	临空		
	东墙	核医学预留区		
	防护门	走廊		
	楼下	空房		
	楼上	/		
	北墙	分装给药室		
注射治疗室	南墙	甲测室	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	
	西墙	走廊		
	东墙	候诊区		
	楼下	加速器控制室		
	楼上	/		
	防护门	走廊		
	北墙	核医学科预留区		
甲亢服药区	南墙	分装给药室	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	

	东面（东侧患者通道入口）	候诊区	8mmPb 手动平开门
	西面（西侧患者通道出口）	临空	8mmPb 手动平开门
	楼下	走廊	100mm 混凝土
	楼上	/	100mm 混凝土

注: ①砼密度: 2.35g/cm<sup>3</sup>, 铅密度: 11.3g/cm<sup>3</sup>, 实心砖密度: 1.65g/cm<sup>3</sup>, 硫酸钡水泥密度 3.2g/cm<sup>3</sup>。

#### 10.1.4 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、留观室拟安装对讲装置, 便于工作人员通过对讲装置与患者交流。

###### 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。

##### (2) 通风设计

本项目核医学科控制区拟设置 2 套排风系统, 1#排风系统为<sup>131</sup>I 分装柜使用, 2#为核医学科其他用房共用。核医学科保持负压防止气体交叉污染, 在每个房间安装防回流装置。

核医学科产生的废气过滤后汇合后进行活性炭吸附, 经由核医学科专用风管引至楼顶排放, 排风口高出屋顶。1#排风系统在各分装柜的壁顶安装高效活性炭吸附装置。所使用的排风过滤器需定期更换, 更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

### （3）衰变池

本项目计划在放疗中心北侧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8.8m，宽5.7m，深度4.0m，包括1个收集池（3.0m<sup>3</sup>/个）和3个衰变池（12.2m<sup>3</sup>/池，单个衰变池3.05m（长）×2.0m（宽）×2.0m（有效水深高度）），总有效容积约为36.6m<sup>3</sup>，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（<sup>131</sup>I），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、池底和池盖结构均由200mm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，盖口用采用防护盖板（采用不锈钢包5mmPb铅板），下水管道露出地面的部分采取3.0mmPb铅皮包裹进行防护补偿。衰变池埋于地下，其上方医院拟设置围栏，禁止无关人员进入。

### （4）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，供药单位在规定的时间，将预约用量的药物送至核医学科，核医学科安排分装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。

### （5）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。

#### （6）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，普遍采用屏蔽防护和时间防护。

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	/

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	0.25mmPb	/
5	有机玻璃眼镜或面罩	2 件	/	/
6	远距离操作工具	若干	/	/
7	铅废物桶	5 个	5mmPb	/
8	放射性污染防护服	按需配备	/	/
9	便携式 X/γ 剂量率监测仪	1 台	/	/
10	便携式表面污染监测仪	1 台	/	/
11	个人剂量报警仪	3 台	/	/
12	X/γ 个人剂量计	1 个/人	/	/
13	<sup>131</sup> I 分装柜	1 套	六面均为 30mmPb	/
14	活度计	1 台	/	/
15	放射性废物衰变桶/箱	1 套	10mmPb+内衬 5mm 有机玻璃	/
16	储源保险柜	1 个	/	/

#### (7) 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。

#### (8) 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，同时需要求患者在服药后在甲亢留观室留观，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 10-14 环保投资一览表

序号	项目	费用 (万元)
1	机房屏蔽、手动分装柜	64
2	辐射安全联锁、监控系统等	12
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	3

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	100

### 三废的治理

#### 一、放射性废水

放疗中心二层核医学科各功能用房的放射性废水通过重力自流经管网收集后，接入衰变处理系统的沉淀池内。产生放射性废水的房间主要为淋浴更衣室、甲亢留观室卫生间、污洗间，排水点主要为便池、洗手盆、地漏处，核医学科给排水设计见图 10-5。

放疗中心北侧地下拟设置 1 套槽式放射性废水衰变处理系统，设置 1 个沉淀池和 3 个衰变池，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。沉淀池和衰变池按照重点防渗要求进行建设，保证池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。池体各墙体及顶板均采用 200mm 混凝土，顶部盖板采用不锈钢包 10mmPb 铅板。衰变处理系统由 1 个有效容积为 2.25m<sup>3</sup> 的沉淀池+3 个有效容积为 11.34m<sup>3</sup> 的衰变池组成。3 个衰变池的尺寸约为 3m（长）×1.8m（宽）×2.1m（有效水深高度）。

衰变池间平面、剖面图分别见图 10-6、10-7。

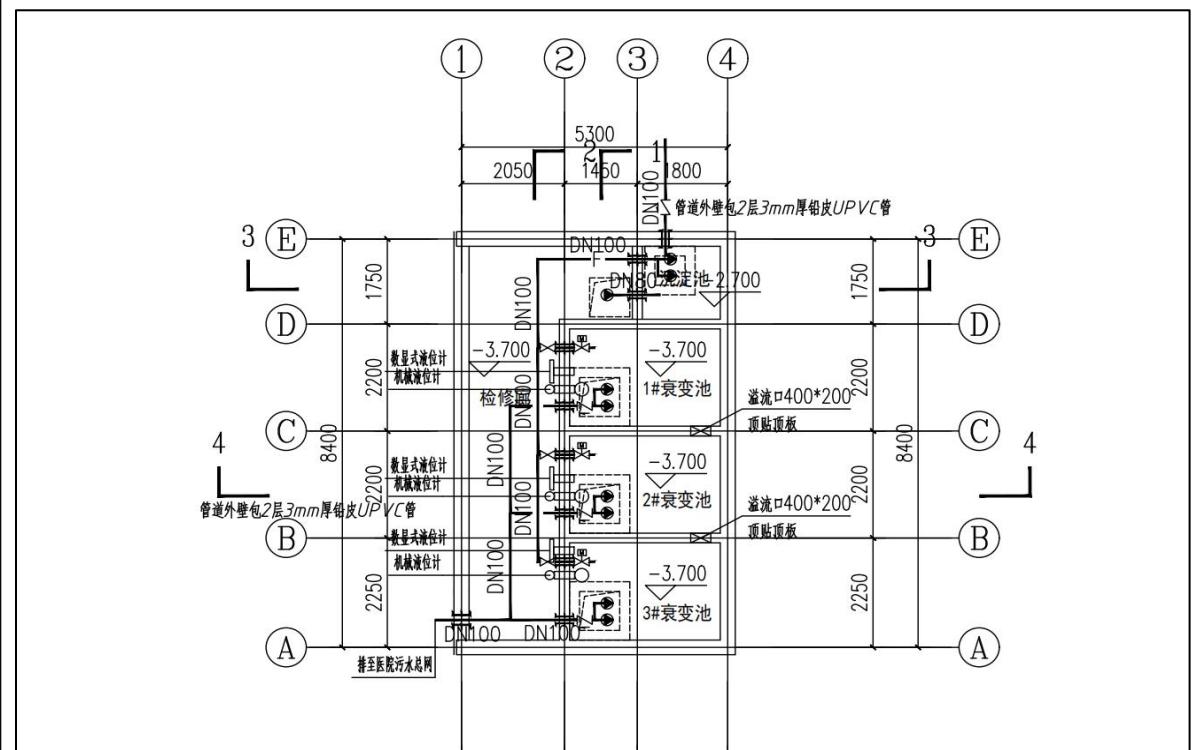


图 10-3 衰变池平面图

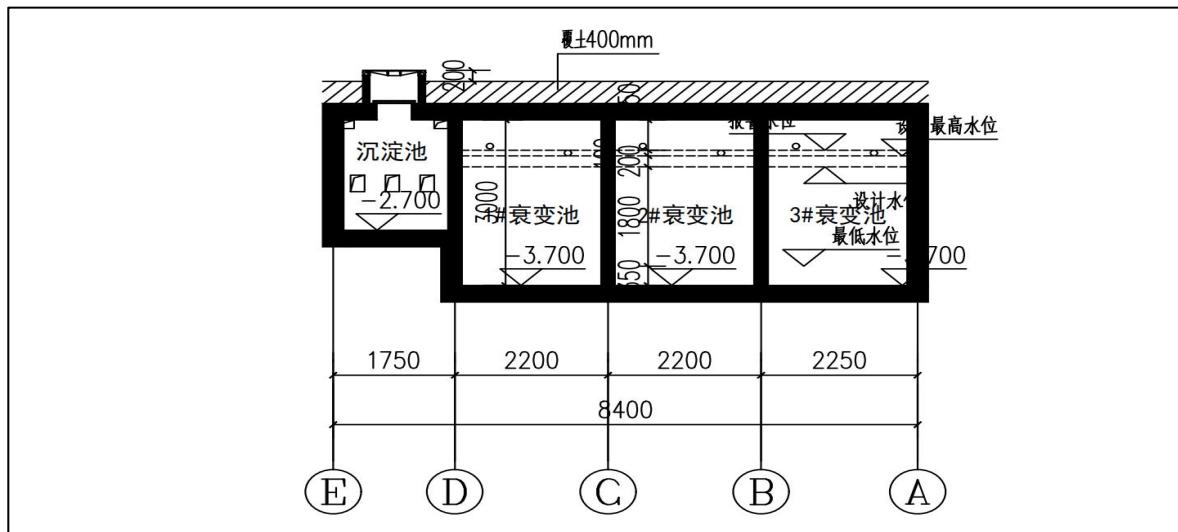


图 10-4 衰变池剖面图

#### 衰变池设计说明:

(1) 放射性废水首先进入沉淀池, 废水中的杂物经沉淀池去除, 沉淀池进、出水水管采用 UPVC 排水管, 管道外壁包 2 层共 6mmpb 厚铅皮。经衰变池处理后的压力排水管采用内外壁镀锌钢管。

(2) 沉淀池进水管上设阀门, 沉淀池出水接入衰变池, 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) 每一格衰变池内设潜污泵 2 台, 1 用 1 备, 固定自耦式安装, 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 100mm 时, 启动衰变池 1#排水泵, 水位距池底 350mm 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、破碎杯皿、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; 对注射器和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  $0.1\text{mSv/h}$ ，重量不超过 20kg。存放废物的容器必须安全可靠，并在显著位置标明废物类型、核素种类、比活度和存放日期等。本项目核医学科产生的放射性废物暂存于固废间内。

核医学科产生的废气在排放前经活性炭过滤器过滤后排放，医院将根据供货厂家建议和实际情况确定活性炭更换周期，建议医院在运行前期每季度对活性炭过滤装置处理前后废气放射性活度浓度进行一次取样检测，以进一步了解和验证活性炭的处理效率及更换频率，防止过滤装置失效，造成放射性污染事故。更换的活性炭应作为放射性固体废物暂存于固废间内。

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  $^{131}\text{I}$  放射性固废暂存超过 180 天， $^{89}\text{Sr}$  放射性固废暂存超过 506 天，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， $\beta$  表面污染小于  $0.4\text{Bq/cm}^2$  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 2 套排风系统，1#排风系统为  $^{131}\text{I}$  分装柜单独使用，2#排风系统为核医学科其他用房共用。核医学科控制区内功能用房保持负压防止气体交叉污染，在每个房间安装防回流装置，排风设计图见附件五。

核医学科产生的废气经由核医学科北侧外墙引至放疗中心楼顶中部排放，排风口高出屋顶 3m，距离放疗中心北侧住院大楼超 50m。1#排风系统在分装柜的壁顶安装活性炭吸附装置，2#排风系统在风管处配置高效活性炭过滤装置，楼顶排放口位置见附件五。

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，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后，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)  $\beta$ 射线辐射影响分析**

I-131、P-32、Sr-89 衰变过程均产生 $\beta$ 射线，根据《辐射防护手册 第三分册》(原子能出版社) P22，屏蔽材料的厚度等于 $\beta$ 粒子在该材料中的最大射程时，即可将 $\beta$ 粒子完全挡住， $\beta$ 粒子的最大射程  $R$  ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) 可用以下经验公式估计：

$$R = \frac{1}{2} \cdot E_{\beta\max} \quad (\text{式 11-1})$$

式中：  $R$ ： $\beta$ 粒子的最大射程，  $\text{g}/\text{cm}^2$ ；

$E_{\beta\max}$ :  $\beta$ 粒子的最大能量, MeV。

知道材料的密度 $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>) , 便能算出与最大射程对应的防护厚度  $d$  (cm),  
计

算公式如下:

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

式中:

$d$ ——防护厚度, cm;

$\rho$ ——材料的密度, g/cm<sup>3</sup>, 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;

$E_{\beta\max}$ —— $\beta$ 射线的最大能量, MeV。

表 11-1  $\beta$ 射线在屏蔽材料中理论最大射程

屏蔽材料 $d$	$\rho$ 材料密度 (g/cm <sup>3</sup> )	核素 Sr-89	核素 I-131
		$E_{\beta\max}$ (MeV) 1.488	$E_{\beta\max}$ (MeV) 0.602
		防护厚度 (cm)	
空气	0.001293	575.4	233
皮肤	0.85—1.0	0.875—0.744	0.354—0.3
有机玻璃	1.18	0.63	0.255
实心砖	1.65	0.45	0.18
混凝土	2.35	0.3166	0.128
硫酸钡水泥	3.2	0.2325	0.094
铅	11.3	0.066	0.027
铅玻璃	4.2	0.177	0.072

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<sup>89</sup>Sr 为购买的带 3mm 铅防护套的成品注射器药物, <sup>131</sup>I 分装柜的铅当量为 30mm, 本项目核医学科非密封放射性物质工作场所设置了足够的空间, 且有墙体和防护门进行屏蔽, 根据上表可知, 本项目 $\beta$ 射线对辐射工作人员和周围公众辐射影响很小

## 2、 $\beta$ 射线所致轫致辐射影响分析

根据《辐射防护导论》P132,  $\beta$ 粒子被自身源物质及源周围的其他物质阻止时分别产生的内、外轫致辐射, 在某些情况下是不能忽视的。在估算外照射剂量和确定屏蔽厚度时, 必须考虑 $\beta$ 粒子的外轫致辐射。

根据《辐射防护导论》P132、P133，在实际屏蔽计算时，可以假定轫致辐射的平均能量  $E_b$  是入射 $\beta$ 粒子的最大能量的  $1/3$ ，将轫致辐射源简化成点源，其周围空气比释动能率可近似按照点源模式计算，计算在无屏蔽时 $\beta$ 射线产生的轫致辐射在关注点处空气中的吸收剂量率公式如下：

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

则有屏蔽时 $\beta$ 射线产生的轫致辐射在关注点处空气中的吸收剂量率：

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

式中：

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

$A$ ——放射源活度，Bq；

$Z_e$ ——吸收 $\beta$ 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；

$E_b$ —— $\beta$ 粒子的平均能量，MeV；根据《辐射防护导论》P122 表 4.1，Sr-89 核素的 $\beta$ 粒子的平均能量为 0.5815MeV，I-131 核素的 $\beta$ 粒子的平均能量为 0.2MeV；

$r$ ——参考点与屏蔽层的距离，m；

$u_{en}/\rho$ ——平均能量为  $E_b$  的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数， $\text{m}^2/\text{kg}$ ，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 0.5815MeV、0.2MeV 的轫致辐射在空气中的质量能量吸收系数为  $2.9554 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kg}$ 、 $2.672 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{kg}$ ；

$\eta$ ——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 $\beta$ 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 0.5815MeV/0.2MeV 宽束 X 射线的 TVL 在铅和混凝土中分别取值：1.27cm/1.4cm、12.4cm/8.6cm。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（ $d_{\text{混凝土}} \times \rho_{\text{混凝土}} = d_{\text{材料}} \times \rho_{\text{材料}}$ ）换算，即平均能量为 0.5815MeV/0.2MeV 宽束 X 射线的 TVL 在砖中取值为 17.66cm、12.25cm。）

关注点与辐射源的距离取值原则:

本项目放疗中心大楼一层高 4m, 二层高 3.1m 则核医学科顶棚关注点距离为 2.50m (3.1m-1m+0.10m+0.3m) , 楼下关注点距离为 3.4m (4m-1.7m+0.1m+1m) , 防护门外关注点距离为 1.3m (1m+0.3m) , 距离四周墙壁为 1.58m (1m+0.28m (240mm 实心砖+40mm 硫酸钡水泥) +0.3m) 。工作人员转运放射性药物时, 取辐射源点与人员的距离为 0.5m。工作人员身穿 0.5mmPb 的铅防护用品。

本项目各场所  $^{89}\text{Sr}$  核素预期最大放射性活度 A 如下:

1. 储源室按照最大药量  $1.48 \times 10^8$  (4mCi) 考虑;
  2. 注射治疗室按药量  $1.48 \times 10^8$  (4mCi) 考虑;
  3. I-131 分装柜按照最大来药量  $7.4074 \times 10^9$  Bq (200.2mCi) 考虑;
- $\beta$ 射线所致轫致辐射计算参数及结果见表 11-2。

表 11-2 Sr-89 产生 $\beta$ 射线所致轫致辐射计算参数及结果

序号	关注点位置	放射源活度 (Bq)	有效原子序数 $Z_e$	$\beta$ 粒子的平均能量 $E_b$ (MeV)	距离 $r$ (m)	质量能量吸收系数 $u_{en}/\rho$	屏蔽材料及厚度	透射比 $\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
1	储源室东墙外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	1.58	2.9554E-03	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	0.016	2.78E-4
2	储源室防护门外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	1.3	2.9554E-03	8mmpb 铅板	0.27	7.20E-3
3	储源室南墙外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	1.58	2.9554E-03	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	0.016	2.78E-4
4	储源室顶部外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	2.5	2.9554E-03	100mm 混凝土	0.16	1.07E-4
5	储源室楼下离地 170cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	3.3	2.9554E-03	100mm 混凝土	0.16	6.40E-4
6	注射治疗室四周墙体外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	1.58	2.9554E-03	240mm 实心砖+40mm 硫酸钡	0.016	2.78E-4
7	注射治疗室楼下离地 170cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	3.3	2.9554E-03	100mm 混凝土	0.16	6.40E-4
8	注射治疗室顶部外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	2.5	2.9554E-03	100mm 混凝土	0.16	1.07E-4
9	注射室防护门外 30cm 处	1.48E8	6.66	0.5815	1.3	2.9554E-03	3mmpb	0.58	1.54E-2
10	工作人员转移注射器	1.48E8	6.66	0.5815	0.5	2.9554E-03	0.5mmpb	0.91	0.16
11	储源室 Sr-89 注射器防护套表面	1.48E8	5.85	0.5815	0.5	2.9554E-03	3mmpb	0.58	0.10

注: 本项目拟使用的实心砖密度为  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ , 硫酸钡密度为  $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ , 混凝土 (砼) 密度为  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ , 铅密度为  $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ , 预测时将硫酸钡防护涂料厚度折合为实心砖厚度。40mm 硫酸钡经密度折算后等效 76.8mm 实心砖。

转移药物、在治疗室内治疗时, 吸收 $\beta$ 粒子的屏蔽材料为人体组织, 参考水的有效原子序数 6.66。

表 11-2 I-131 产生 $\beta$ 射线所致轫致辐射计算参数及结果

序号	关注点位置	放射源活度 (Bq)	有效原子序数 $Z_e$	$\beta$ 粒子的平均能量 $E_b$ (MeV)	距离 $r$ (m)	质量能量吸收系数 $u_{en}/\rho$	屏蔽材料及厚度	透射比 $\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
1	I-131 分装柜外 5cm 处	7.4074E9	5.85	0.2	0.05	2.672E-03	50mmpb 铅罐+30mmpb 分装柜	1.93E-6	3.27E-11
2	I-131 分装柜外 5cm 处 (甲亢药)	3.70E8	5.85	0.2	0.05	2.672E-03	30mmpb 分装柜	0.007	0.029

	物手动分装)							
3	I-131 分装柜外 30cm 人员操作位 (甲亢药物手动分装)	3.70E8	5.85	0.2	0.3	2.672E-03	30mmpb 分装柜	0.007 8.3E-4
4	储源室 I-131 储源罐表面 30cm	7.4074E8	5.85	0.2	0.3	2.672E-03	50mmpb 铅罐	2.68E-4 6.25E-4
注: 根据表中数据可知, I-131 分装柜外 30cm 产生的 $\beta$ 射线所致轫致辐射辐射剂量率数值为 6.25E-4, 可忽略不计, 因此, 本次 $^{131}\text{I}$ 在估算公众外照射剂量和确定屏蔽厚度时主要考虑 $\gamma$ 射线的影响。								

由上表估算结果可知，放射性核素 Sr-89 产生的轫致辐射在工作人员进行药物转运时剂量率为  $0.152\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，控制水平，在核医学科场所控制区各屏蔽体外表面积 30cm 处的最大周围剂量当量率为  $0.0138\text{Sv}/\text{h}$ ，小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  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) $\gamma$ 射线辐射影响分析

本项目  $^{131}\text{I}$  使用过程中产生  $\gamma$  射线，本项目  $\gamma$  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， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$A$ ——放射源的预期最大放射性活度， $\text{MBq}$ ；

$f$ ——剂量率常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{MBq}^{-1}$ ，

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1， $^{131}\text{I}$  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， $\text{m}$ ；

$x$ ——屏蔽层厚度， $\text{mm}$ ；

$TVL$ —— $\gamma$  射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度， $\text{mm}$ 。详见表 11-3。

表 11-3TVL 取值表

核素	TVL (mm)			
	铅 ( $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ )	混凝土 ( $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ )	砖 ( $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ )	硫酸钡水泥 ( $3.2\text{g}/\text{cm}^3$ )
$^{131}\text{I}$	11	170	240	125

### ②计算参数

关注点与辐射源的距离取值原则：

本报告核医学科辐射源的位置取离各场所四周屏蔽体内侧 1m；辐射源的高度为离地面 1m；关注点距离选取参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 J.1 均取四周及顶棚屏蔽体外 0.3m 处。

本项目核医学科整体层高 3.1m，楼下放疗中心一层高 4m，则核医学科顶棚关注点距离为  $2.5\text{m} = 3.1\text{m} - 1\text{m} + 0.3\text{m} + 0.1\text{m}$ 。防护门外关注点距离为  $1.3\text{m} = 1\text{m} + 0.3\text{m}$ ，分装室防护墙体外关注点距离为  $1.58\text{m} = 1\text{m} + 0.28\text{m}$ （ $240\text{mm}$  实心砖 +  $40\text{mm}$  硫酸钡水泥）+  $0.3\text{m}$ 。药物在通风橱内距离柜体外表面为  $0.2\text{m}$ ，因此通风橱外  $0.3\text{m}$

的关注点距离辐射源点为  $0.5m=0.2m+0.3m$ ，因此通风橱外 5cm 的关注点距离辐射源点为  $0.25m=0.2m+0.05m$ ，工作人员分装和转移药物时身穿 0.5mmPb 的铅防护用品，伸直手臂，持托盘，增加药物与工作人员的防护距离，药物转移时，取辐射源点与人员的距离为 0.5m，服药时患者距离窗口 0.2m，窗口外 30cm 外关注点距离为  $0.5m=0.2m+0.3m$ ，楼底 170cm 处关注点距离为  $3.3m= (4m-1.7m) +0.1m+1m$ 。

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  $\gamma$  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 10 人，甲测每日最多 10 人考虑，源活度按照 3703.70MBq (100.1mCi) 进行计算；
- 3) 甲亢服药区按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算；甲亢留观室按照 1 人考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算。
- 4)  $^{89}\text{Sr}$  注射治疗室按照每日 1 人考虑，源活度按照 148MBq (4mCi) 进行计算

### 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 11-4。

表 11-4 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 $A$ (MBq)	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 $x$ /	$TVL$ (mm)	
$^{131}\text{I}$ 分装柜	分装柜表面外 5cm	7407.4	0.0595	0.05	30mmpb 铅+50mmpb 铅罐	11	0.009
	分装柜表面外 5cm(甲亢手动分装)	7407.4	0.0595	0.5	30mmpb 铅	11	0.165
人员分装位	分装柜表面外 30cm	7407.4	0.0595	0.5	30mmpb 铅+0.5mmpb 铅衣	11	2.975
分装室	北、西、南、墙外 30cm	370	0.0595	1.58	240 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 (约 14.52mmpb 铅)	11	0.422
	东侧 (卫生通过间、更衣淋浴室)	370	0.0595	1.58	240 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 (约 14.52mmpb 铅)	11	0.422
	顶部外 30cm	370	0.0595	2.5	100mm 混凝土 (约 6.47mmpb 铅)	11	0.909
	楼下离地 170cm	370	0.0595	3.3	100mm 混凝土+10mm 硫酸钡水泥 (约 7.35mmpb 铅)	11	0.434
	药物入口防护门外 30cm	370	0.0595	1.3	8mmpb 铅	11	2.441
	缓冲区入口防护门外 30cm	370	0.0595	1.3	8mmpb 铅	11	2.44
甲亢服药区	服药窗口	370	0.0595	0.5	30mmPb	11	0.165
	顶部外 30cm	370	0.0583	2.5	100mm 混凝土 (约 6.47mmpb 铅)	11	0.891
	楼下离地 170cm	370	0.0583	3.3	100mm 混凝土 (约 6.47mmpb 铅)	11	0.511
	四周墙外 30cm	370	0.0583	1.58	240 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 (约 14.52mmpb 铅)	11	0.414
	患者通道入口防护门外 30cm	370	0.0583	1.3	8mmpb 铅	11	2.392

	患者通道出口防护门外 30cm	370	0.0583	1.3	8mmpb 铅	11	2.392
甲亢留观室	四周墙外 30cm	370	0.0583	1.58	240 实心砖+40mm 硫酸钡水泥 (约 14.52mmpb 铅)	11	0.414
	顶部外 30cm	370	0.0583	2.5	100mm 混凝土 (约 6.47mmpb 铅)	11	0.891
	楼下离地 170cm	370	0.0583	3.3	600mm 混凝土 (约 38.82mmpb 铅)	11	0.001
	防护门	370	0.0583	1.3	8mmpb 铅	11	2.392
	I-131 药物转移	370	0.0595	0.5	0.5mmPb 铅衣	11	79.309

注: 砂密度: 2.35g/cm<sup>3</sup>, 铅密度: 11.3g/cm<sup>3</sup>, 实心砖密度: 1.65g/cm<sup>3</sup>, 硫酸钡密度: 3.2g/cm<sup>3</sup>。

由表 11-4 计算结果可知, 核医学科  $^{131}\text{I}$  分装柜体外表面 30cm 处的周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 控制区内人员偶尔居留的区域屏蔽体外表面 0.3m 处周围剂量当量率小于  $10\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 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小于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ , 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- $\gamma$ 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、 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量当量,  $\text{mSv}/\text{a}$ ;

$D_r$ —X、 $\gamma$ 射线吸收剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$t$ —X、 $\gamma$ 射线照射时间,  $\text{h}/\text{a}$ ;

$T$ —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, 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。关注点处剂量率根据表 11-2 和表 11-4 估算结果进行取值。

核医学科辐射工作人员及公众可达处受照时间详见表 11-5。

表 11-5 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	Sr-89 药物转移	10s/人次	1 人/d, 50 人/a	0.5h
	Sr-89 药物注射	10min/人次	1 人/d, 50 人/a	8.3h
	I-131 手动分装 (甲亢、甲测)	3min/人次	20 人/d, 2000 人次/a	200h
	I-131 转移 (甲亢)	10s/人次	10 人/d, 1000 人次/a	27.78h
公众	Sr-89 注射治疗室防护门外	10min/人次	1 人/d, 50 人/a	8.3h
	I-131 手动分装 (甲亢、甲测)	3min/人次	20 人/d, 2000 人次/a	100h
	甲亢服药区 (服药)	3min/人次	10 人/d, 1000 人/a	50h
	甲亢留观室 (留观)	30min/人次	10 人/d, 1000 人/a	500h

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本项目估算结果

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 11-6。

**表 11-6 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 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年受照 时间 h/a	居 留 因 子	估算结 果 mSv/a
辐射 工作 人员	I-131 分装 (甲亢、甲测)	2.975	200	1	0.595
	I-131 转移 (甲亢)	79.309	27.78	1	2.20
	Sr-89 药物转移	0.16	0.5	1	8E-5
	Sr-89 药物注射	0.10	8.3	1	8.3E-4
	总年有效剂量				2.80
公众	分装室东侧候诊区	0.422	200	1	0.0844
	下方离地 170cm 处 (候诊区)	0.434	200	1	0.0868
	甲亢服药区	0.414	50	1/16	1.29E-3
	北侧核医学预留区	0.511	50	1	0.026
	东侧候诊区	0.414	50	1	0.0207
	东侧防护门外 30cm 处	2.392	50	1/2	0.0598
	西侧患者楼梯	0.414	50	1/16	1.29E-3
	注射治疗室	2.78E-4	8.3	1/16	1.44E-7
	东侧走廊	2.78E-4	8.3	1	2.31E-6
	下方离地 170cm 处 (加速器控制室)	6.40E-4	8.3	1	5.31E-6
甲亢留观室	西侧患者楼梯	0.414	500	1/16	1.3E-2
	楼下空房	0.001	500	1	5E-4

注：楼下空置房间居留因子保守取全居留 1；

本项目位于放疗中心二层，一层为现有加速器机房，考虑该场所现有核技术利用情况，叠加计算工作人员及公众个人剂量，剂量率参考原加速器环境影响评价中数据。

屏蔽单元	射线类别	周剂量管理目标值 mSv·week <sup>-1</sup>	T 因子	U 因子	离辐射源距离 (m)	剂量率 目标值 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )	周工作 负荷 ( $\text{mGy}/\text{week}$ )	瞬时剂量 率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )	混凝土屏蔽厚度计算结果(mm)			按设计厚度计算出的剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )
									按周剂量管理目标值 (mm)	按周剂量管理目标值 (mm)	确定取值	
南墙	有用线束 (主屏蔽体)	$2 \times 10^{-3}$	1/4	1/4	7.80	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	3000.0 垂	2543.1	2753.6	0.67
	泄漏辐射 (次屏蔽体)		1/4	1	7.98	2.5			2250.0 垂	1417.1	1417.1	趋于零
西墙	泄漏辐射 (次屏蔽体)	$2 \times 10^{-3}$	1/4	1	7.55	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	2000.0 垂	1433.5	1394.5	1433.5
	泄漏辐射 (次屏蔽体)		2 $\times 10^{-3}$	1	6.35	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	2000.0 垂	1689.3	1445.6	1689.3
东墙	有用线束 (次屏蔽体)	$2 \times 10^{-3}$	1	1/4	9.20	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	3200.0 垂	2741.2	2691.7	2741.2
	泄漏辐射 (次屏蔽体)		2 $\times 10^{-3}$	1/4	1	8.66	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	1600.0 垂	1393.0	1354.0
北墙 (迷道内墙+迷道外墙)	有用线束 (主屏蔽体)	$2 \times 10^{-3}$	1/4	1/10	7.01	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	3000.0 垂	2151.1	2793.7	2793.7
	泄漏辐射 (次屏蔽体)		2 $\times 10^{-3}$	1/16	1	3.46	2.5	$1.5 \times 10^6$	$3.6 \times 10^8$	2000.0 垂	1459.2	1624.9
顶棚	有用线束 (主屏蔽体)	$2 \times 10^{-3}$										
	泄漏辐射 (次屏蔽体)											
防护门	$\gamma$ 射线	$2 \times 10^{-3}$	—	—	—	—	—	—	未设计	107mm <sup>b</sup>	—	—
	中子								103.3mm 含硼石蜡	—	150mm 含硼石蜡	—

图 11-1 原加速器环境影响评价中剂量率估算结果图

根据湖南省职业病防治院于 2015 年 7 月编制的《桂阳县第一人民医院核技术利用扩建项目》环境影响评价报告表(该报告表已取得湖南省生态环境厅批复,详见附件)中描述:

“按照该扩建项目所有放疗以及辅助设备的最大可能运行条件、工作负荷、设计的屏蔽厚度和距职业照射人员经常居留区域的距离,同时考虑设备泄漏辐射对近旁操作的工作人员的影响,保守估算出了周围人员可能受到的年剂量结果。

X、 $\gamma$ 射线产生的外照射附加年有效剂量计算公式为：

$$H_{E-X, \gamma} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-3}$$

公式中：  $H_{E-X, \gamma}$ ——X、 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

$D_r$ ——X、 $\gamma$ 射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$t$ ——X、 $\gamma$ 射线照射时间， $\text{h}/\text{a}$ ；

0.7——剂量换算系数， $\text{Sv}/\text{Gy}$ 。

在计算工作人员和公众可能受到的年剂量时，剂量率主要选择最大可能停留位置的剂量率，照射时间主要依据设备工作时间而定，对公众保守的估算在设备工作期间全年停留在最大可能停留的位置的受照剂量情况。

#### (1) 15MV 加速器所致人员的剂量

加速器在正常运行条件下，工作人员主要受到摆位时和在操作室内的外照射危害。

假设每天照射 100 野次，单次照射每块野给与 2.5Gy 的剂量，加速器标称输出剂量率 6.0Gy/min，则每野次出束时间为 25s。在实际工作中，加速器使用 15MV X 线的几率是比较小的，估算时取 1%。极端情况下，一年工作 250 天，加速器每天出束时间按 0.694 小时，则年累积出束时间为 173.5h/a。”

在操作室内，按照表 6-1 中的计算结果，射线穿过屏蔽墙后的剂量率为 0.67 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ （最大计算值），在操作室居留因子取 1，则估算的年有效剂量为 0.084mSv。

同时，15MV 能量的加速器还需考虑感生放射性对工作人员所致的剂量。加速器操作人员在机头下方 1m 处每野次停留 3min，感生放射性剂量率按 2.1  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ （类比湘雅医院加速器数据）计算，由 2 名人员轮流操作，则估算的年有效剂量为 1.31mSv。以上两项合计：0.084+1.31=1.39mSv。”

表 11-7 加速器产生辐射对本项目工作人员及公众影响估算表

点位描述		剂量率 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年受照时间 $\text{h}/\text{a}$	估算结果 mSv/a
本项目辐射工作人员	分装给药室	0.016	173.5	1.94E-3
公众	分装	0.016	173.5	1.94E-3

公众	给药室	下方离地 170cm 处 (候诊区)	0.016	173.5	1.94E-3
	甲亢服药区	楼下走廊	0.17	173.5	5.95E-3
	甲亢留观室	西侧患者楼梯	0.011	173.5	1.34E-4

表 11-8 叠加加速器后各关注点个人剂量

点位描述		本项目个人剂量估算结果 mSv/a	加速器个人剂量估算结果 mSv/a	总和 mSv/a
本项目辐射工作人员	分装给药室	2.80	1.94E-3	2.80194
加速器工作人员	注射治疗室下方离地 170cm 处加速器控制室	5.31E-6	1.39	1.39
公众	西侧患者楼梯	1.3E-2	1.34E-4	0.013
	分装给药下方离地 170cm 处 (候诊区)	0.0868	1.94E-3	0.089
	甲亢服药区楼下走廊	0.026	5.95E-3	0.032

综上可知，在考虑到本项目剂量率及叠加加速器剂量后，剂量率低于医院提出的 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

本项目核医学科设置 2 套排风系统，1#排风系统为  $^{131}\text{I}$  分装柜单独使用，2#排风系统为核医学科其他用房共用。核医学科保持负压防止气体交叉污染，在每个房间安装防回流装置。

核医学科产生的废气经由放疗中心北侧外墙引至放疗中心楼顶排放,排风口位于住院楼顶部居中部位,高出屋面3米,周围10m范围内无遮挡物。分装柜的壁顶安装高效活性炭吸附装置,其余排风管在顶楼风管处配置高效活性炭过滤装置。所使用的排风过滤器需定期更换,更换下来的过滤器应按放射性固体废物进行处理。

排风系统经高效活性炭吸附装置吸附过滤后,汇聚到一根主排风管,经由核医学科北侧外墙专用风管引至住院楼楼顶居中部位排放。排风口周围无遮挡。同时外墙排风管粘贴电离辐射标志、管道上标有显著标识,用以区分。

本项目排风口高出屋面3米,排风口50m内无高于排风口的遮挡物,核医学科废气经处置后排放对环境影响不大。。

## 二、放射性废水

### (1) 放射性废水来源及排放量

核医学科放射性废水主要来自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。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)。

本项目核医学科甲状腺功能测定患者服药后直接离开,不考虑其产生的废水量,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。

本项目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,每天废水量为0.072m<sup>3</sup>,每周废水量0.576m<sup>3</sup>。

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10人,每天废水量0.108m<sup>3</sup>,每周废水量0.216m<sup>3</sup>。

表 11-8 新建核医学科衰变池收集贮存放射性废水统计表

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	20人	216L/周	792L/周
	医护人员及场所清洁	72L/人	2人	576L/周	

注:1、甲亢患者按照每天接诊10人,每周接诊2次;

- |                               |
|-------------------------------|
| 2、医护人员每周接诊 4 天，每天 2 人上班；      |
| 3、核医学科所有的医护人员用水归入 I-131 衰变池中。 |

综上所述，核医学科每周废水量为  $0.792\text{m}^3$ ，每年废水量为  $39.6\text{m}^3$ 。

## （2）放射性废水处理能力分析

住院楼一楼核医学科废水自流进入住院楼北侧地下的收集池，经过滤后流至衰变池。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  $2.25\text{m}^3$  的收集池+3 个容积为  $11.34\text{m}^3$  的衰变池组成，核医学科使用的 I-131 核素半衰期为  $8.02\text{d}$ 。保守不考虑收集池的容量，衰变池为 3 池并联，衰变时间为注满 2 格衰变池所需时间，衰变池 2 格池子有效容积为  $22.68=11.34\times 2 (\text{m}^3)$ ，周废液产生量为  $0.792\text{m}^3/\text{周}$ ，注满 2 个池子需要  $22.68\div 0.792\approx 28.6$  周，约为 200 天。放射性废液衰变时间满足《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：“槽式衰变池中含碘-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  $\alpha\leqslant 1\text{Bq/L}$ 、总  $\beta\leqslant 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 的放射性活度浓度  $\leqslant 10\text{Bq/L}$ ）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，经过检测达到清洁解控水平后按一般医疗废物处置。

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、洒泼放射性物质，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，即时启动《辐射事故处理应急方案》。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相应救助措施。

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

(3) 各应急救助物质应准备充分、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 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。桂阳县第一人民医院目前设立有辐射防护管理委员会，且委员会下设办公室，负责委员会日常管理及事务，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，桂阳县第一人民医院计划新增核医学科放射诊疗质量及辐射防护安全管理小组，由科主任、副主任、质控员组成。以满足相关法律法规要求。具体成员如下：

主任：李积明；

副主任：雷红卫、谢建华；

委员：欧阳忠飞、彭喆、刘福、李杰、曹绍聪、邓毅、陈强、王志、蒋娟、肖军兵、欧阳涓涓、罗水英、彭昭武、李锴；

为确保安全防护和质量保证，阳伊雪为专职管理人员，负责放射诊疗的质量保证，以下五条职责：

（1）组织制定并落实放射诊疗各放射防护管理制度；

（2）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；

（3）组织本机构放射诊疗工作人员接受专业技术、放射防护知识及有关规定和健康检查；

（4）制定放射事件应急预案并组织演练；

（5）记录本机构发生的放射事件并及时报告环保及卫生行政部门。

**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，桂阳县第一人民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，桂阳县第一人民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）根据桂阳县第一人民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、维修人员的岗位责任，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到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，桂阳县第一人民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，桂阳县第一人民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。

（5）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。应根据环境保护管理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的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存源装置的表面 $\gamma$ 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- $\gamma$ 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、管线洞口、操作位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/合成柜等外表面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

放射性固体废物（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
-----------------------------	---------	------------	-----------	------

## 5、检测设备要求

- (1) 检测仪表应能适应脉冲辐射剂量场测量。
- (2) 仪表最低可测读值应不大于 0.1uSv/h。
- (3) 仪表宜能够测量辐射剂量率和累积剂量。
- (4) 仪表需经计量检定并在检定有效期内使用。

本项目建成后，医院应按照相关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) 放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) 放射工作人员上岗前应当接受放射防护和有关法律知识培训，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培训。医院应当建立并按照规定的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) 放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，同时应建立并终生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医务部、护理部、医学装备部、药学部、后勤保障部、招标采购部、保卫科及临床有关科室组成，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，组长由法人代表担任。

### 2、辐射事故应急预案

医院制定的辐射事故应急预案见附件 6，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，医院应根据各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：120

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，仅从事Ⅲ类射线装置操作使用的可按要求进行自主培训考核，其他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岗，相关资料均按要求存档。	国家环境保护总局令第 31 号、生态环境部公告 2018 年第 9 号
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	①辐射屏蔽设计：按环评报告表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，给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
6	放射性三废处理设施	废气	核医学工作场所内设置独立的通风系统，保持场所负压和各区压差，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，排放口前端设置高效活性炭过滤装置。手套箱、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，并在密闭设备的顶壁安装高效活性炭。
		废水	核医学工作场所应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 $\alpha$ ≤1Bq/L、总 $\beta$ ≤10Bq/L、碘-131 的放射性活度浓度≤10Bq/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。	
		固废	<p>①甲亢服药区和甲亢留观室等位置放置污物桶。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。</p> <p>②核医学工作场所内设有专用固废间，产生的放射性固体废物收集后，经暂存超过 180 天，且经自主监测辐射剂量率满足所处环境本底水平，<math>\beta</math>表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math>，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。</p>	GBZ120-2020 HJ1188-2021
7	辐射监测	环境监测	<p>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；</p> <p>②制定环境辐射监测计划，包括自行监测和委托监测，至少每年开展 1 次，有资质单位出具的年度监测报告；</p> <p>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。</p> <p>④辐射检测应建立完整档案。</p>	国家环境保护总局令第 31 号
			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。	
		个人剂量监测		GBZ128-2019
8	电离辐射	剂量限值	<p>①辐射工作人员年有效剂量不超过 <math>5\text{mSv}</math>；</p> <p>②公众成员年有效剂量不超过 <math>0.1\text{msv}</math>。</p>	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、放射性废物暂存容器、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
<b>13.1 项目概况</b> <p>桂阳县第一人民医院拟对放疗中心二层进行改造，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 <math>^{131}\text{I}</math> 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定。</p>
<b>13.2 实践正当性分析</b> <p>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。</p>
<b>13.3 产业政策符合性</b> <p>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。</p>
<b>13.4 选址可行性分析</b> <p>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。</p>
<b>13.5 环境影响分析结论</b> <p>(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。</p> <p>(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 <math>\leq 5.0\text{mSv/a}</math>，公众年有效剂量管理目标值 <math>\leq 0.1\text{mSv/a}</math>。</p> <p>(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。</p> <p>(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工作流程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</p>

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，桂阳县第一人民医院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，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，方可上岗。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:

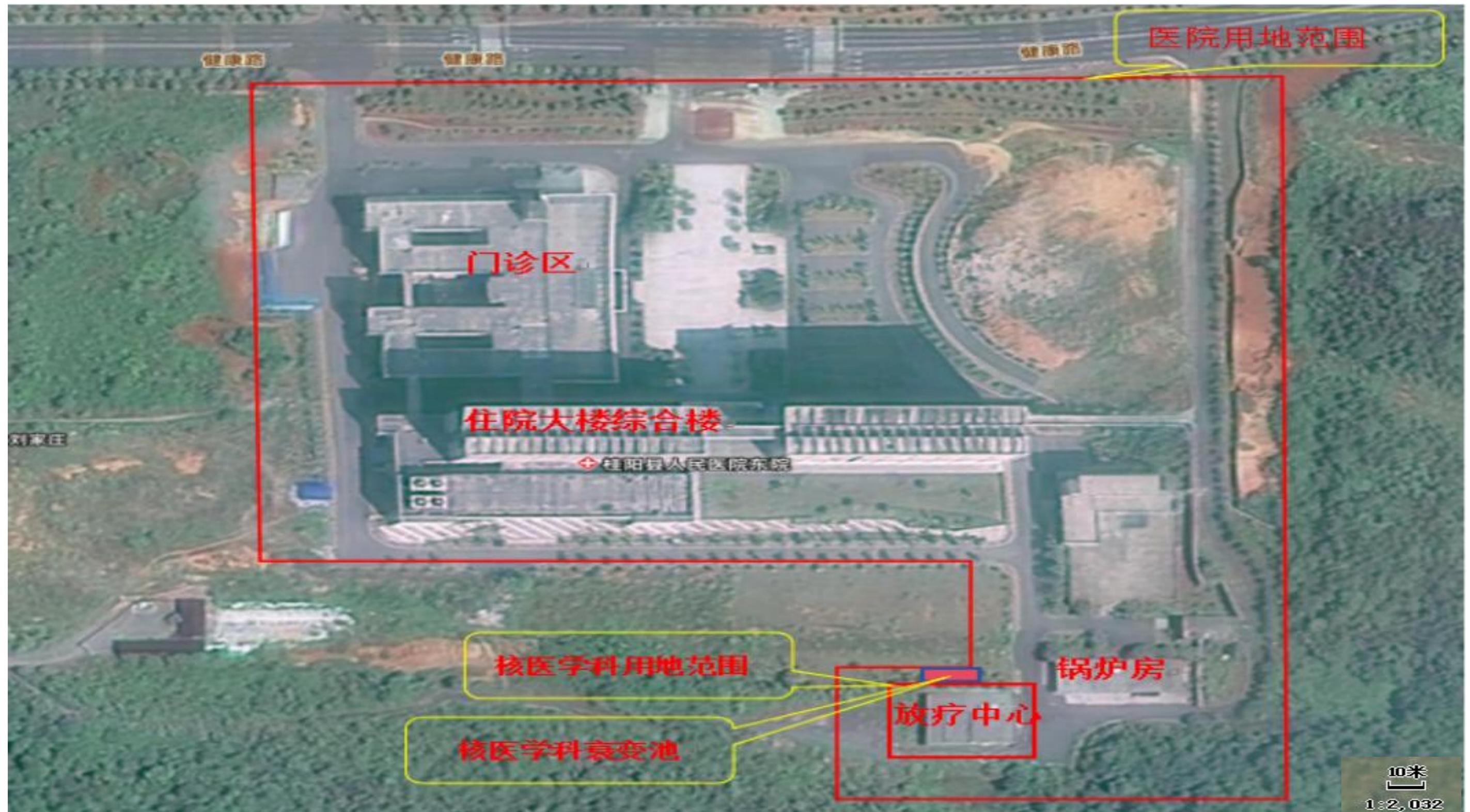
经办人: 公章:

年月日

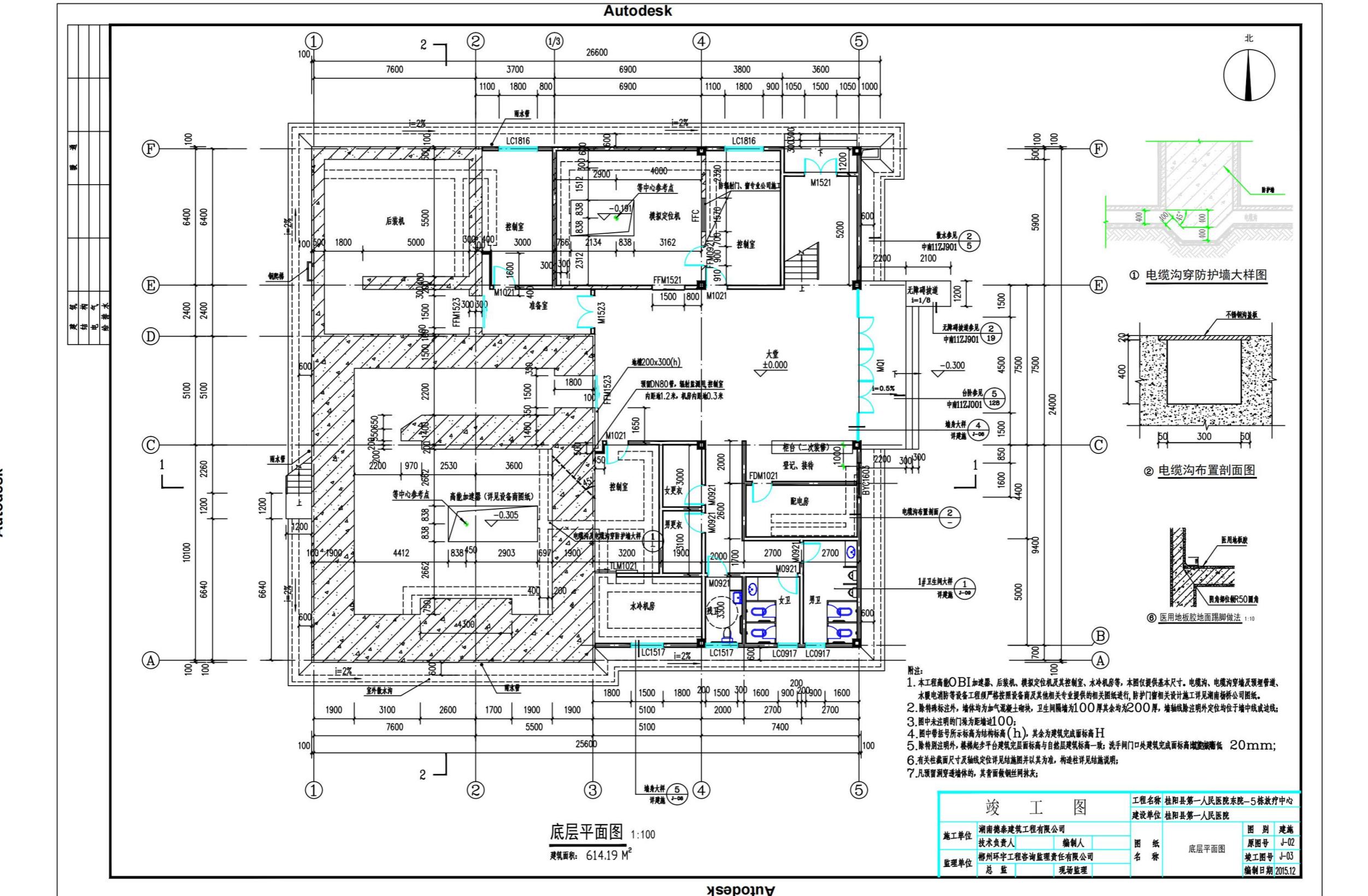
附图一：单位地理位置图



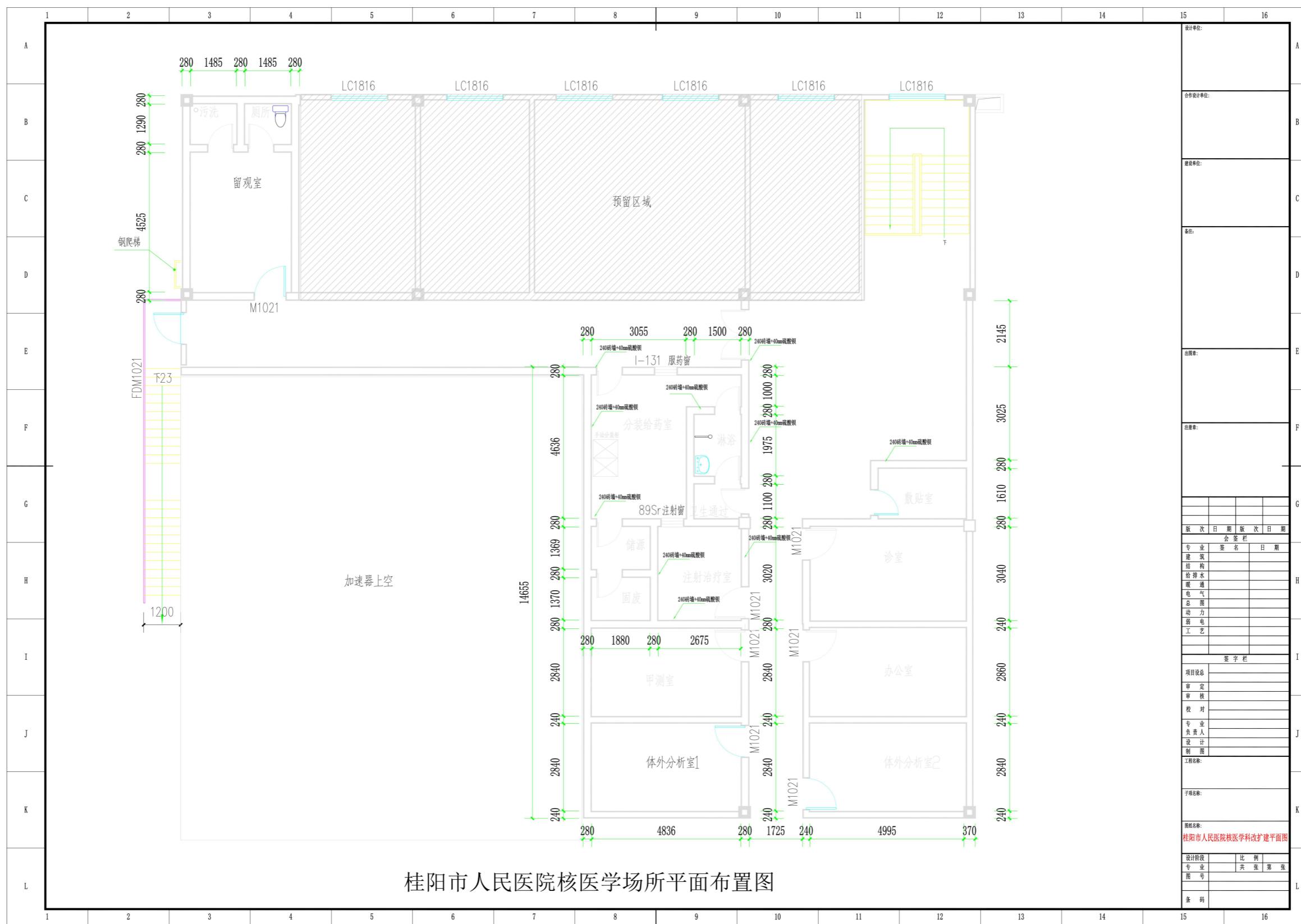
附图二：医院平面示意图



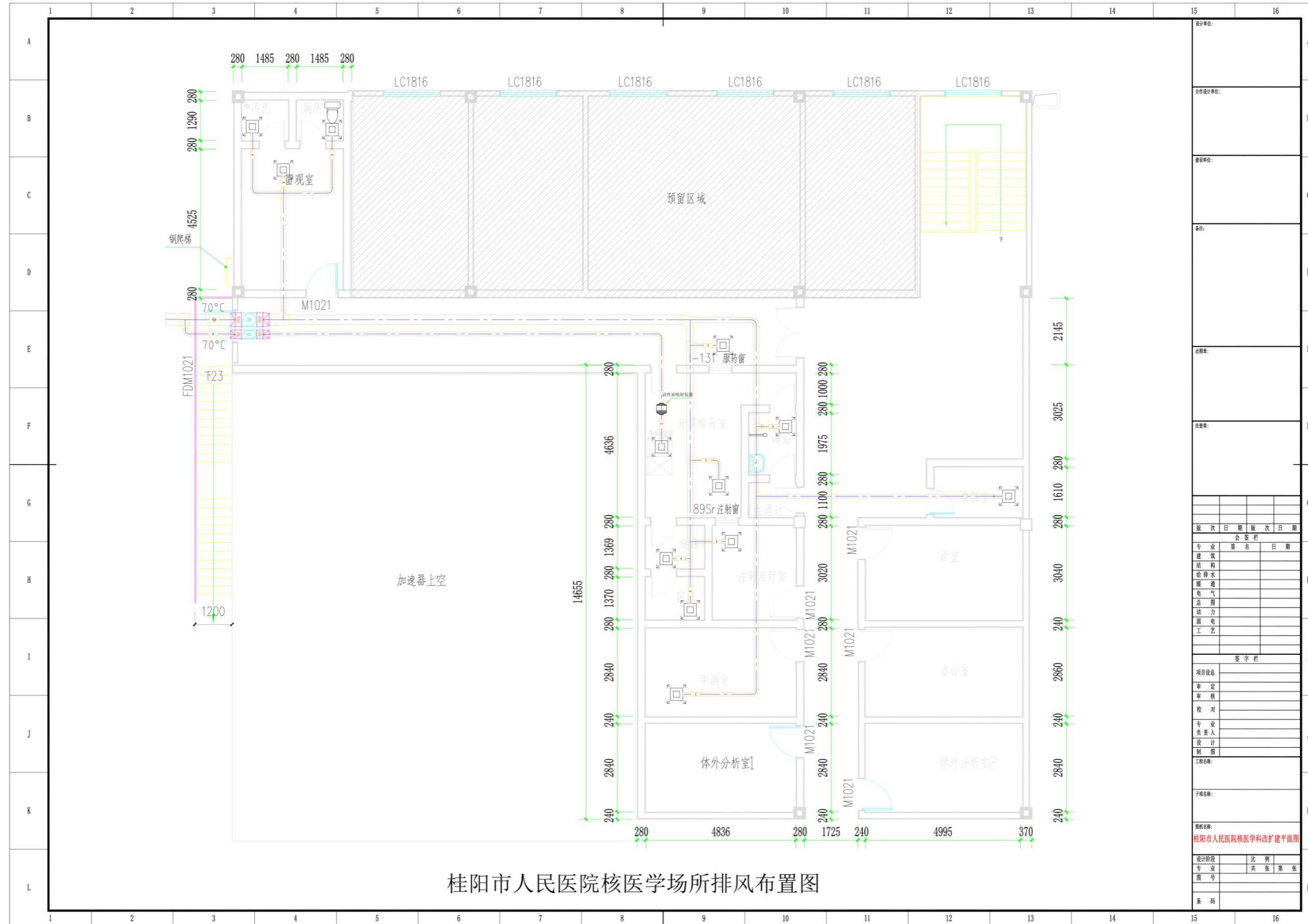
附图三：放疗中心一层平面示意图

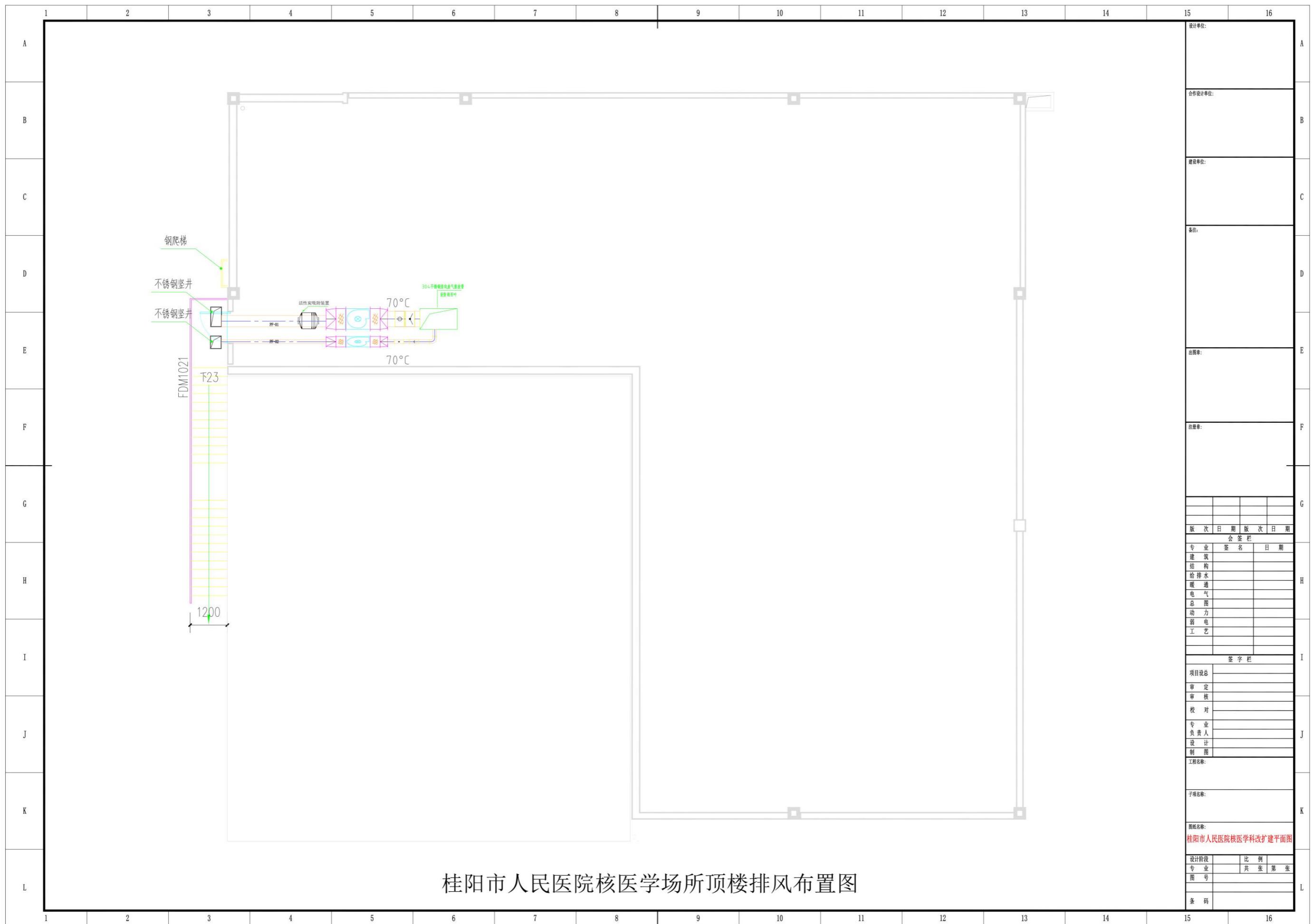


附图四：核医学科平面示意图

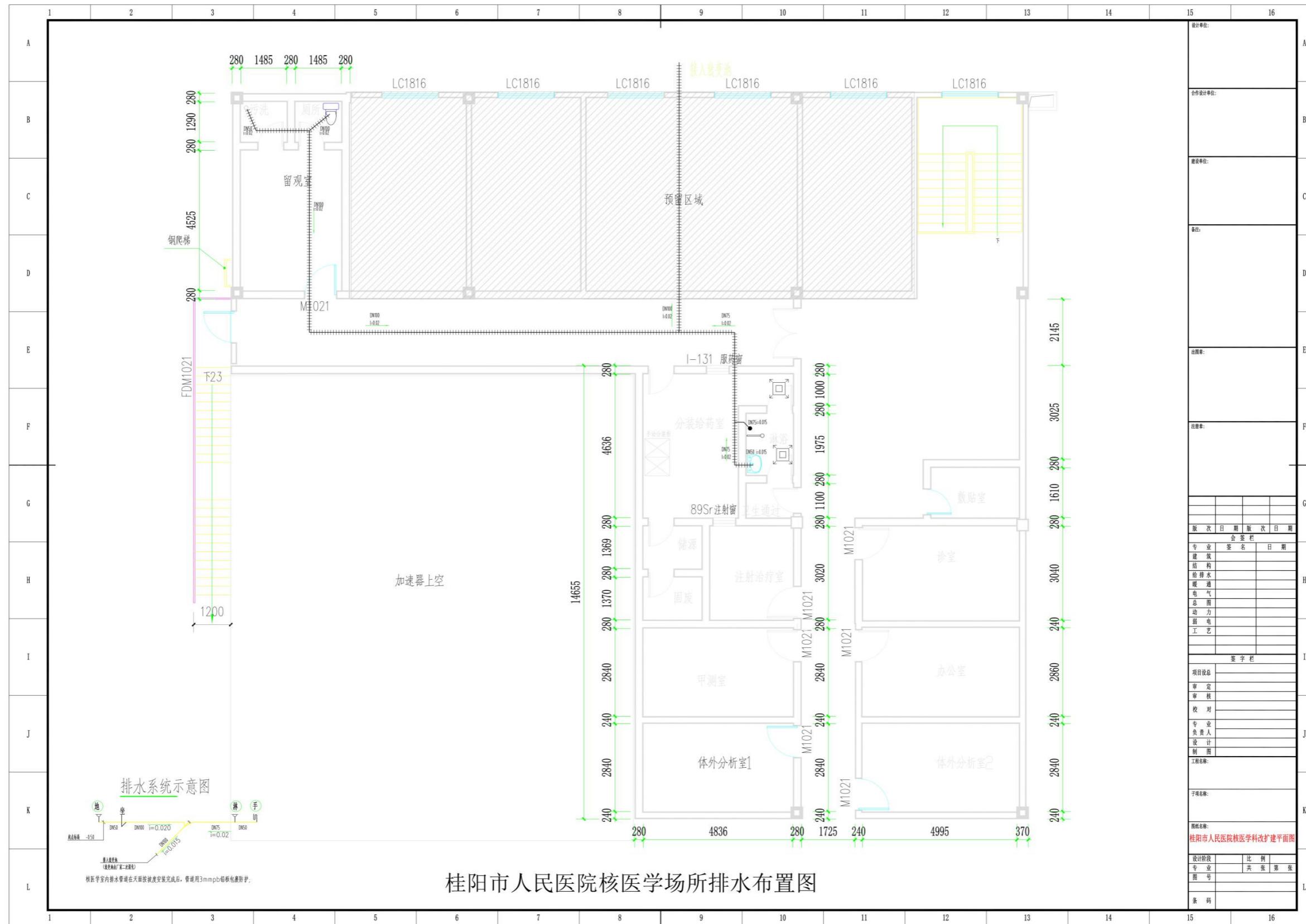


附图五：核医学科排风示意图

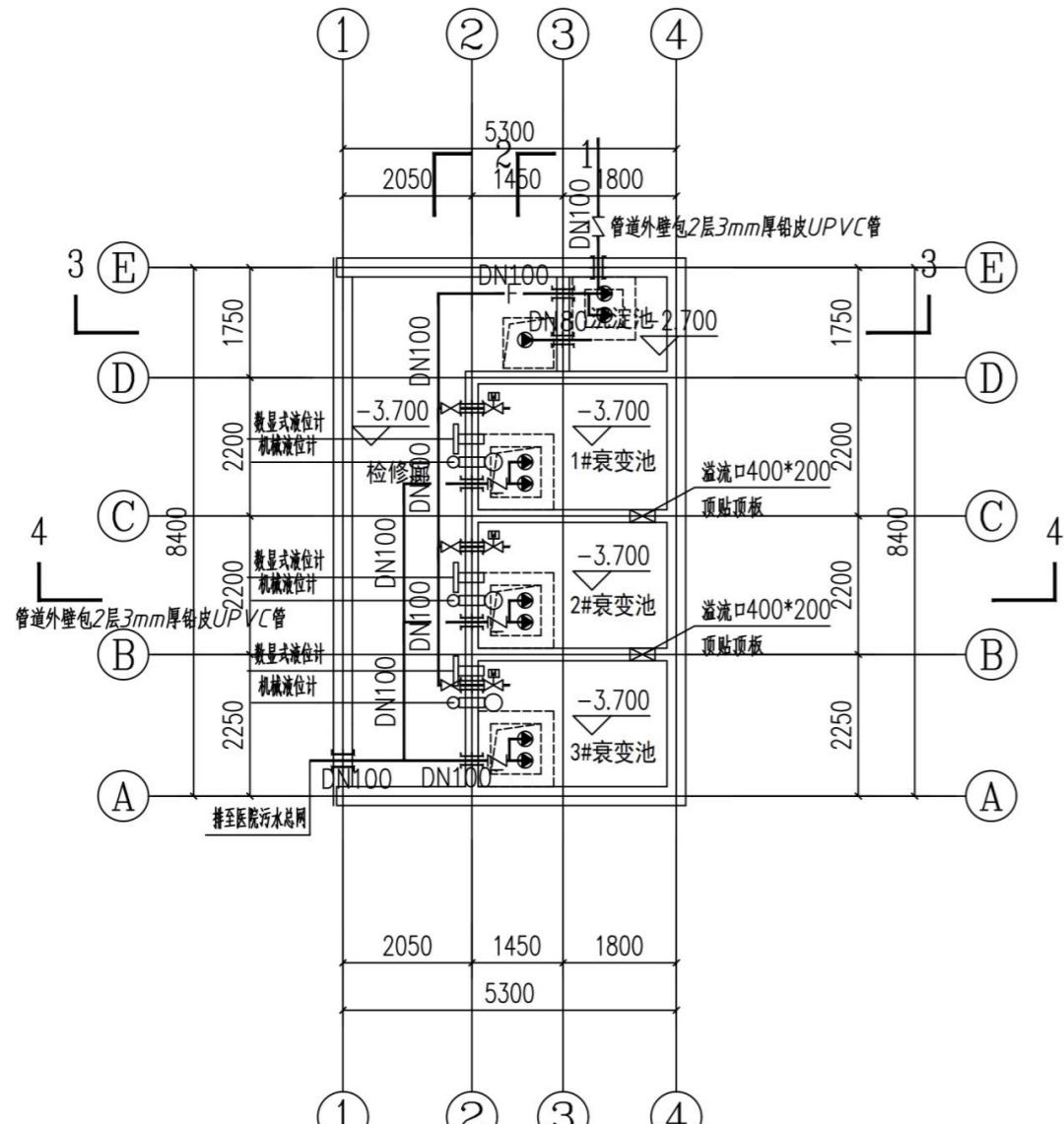




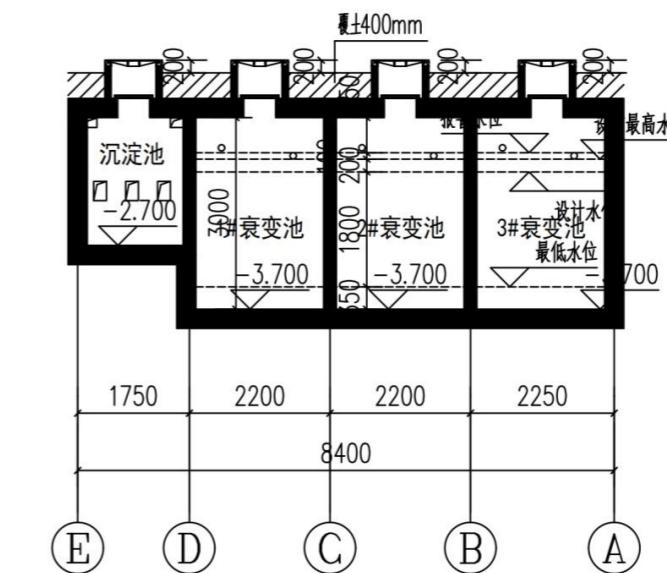
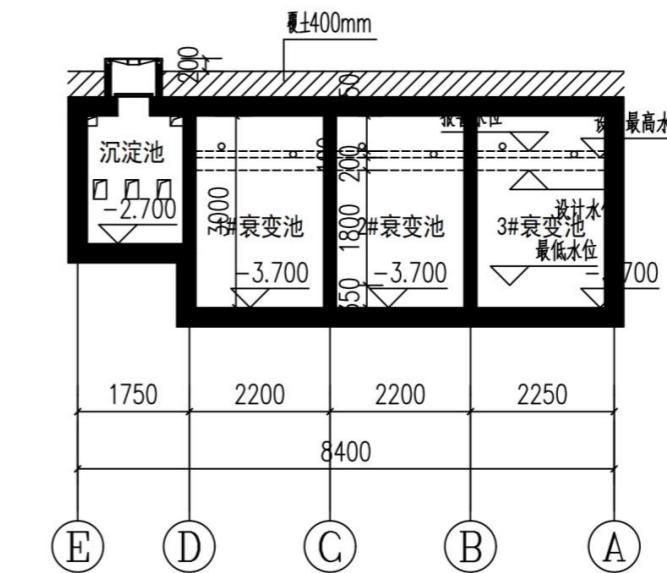
附图六：核医学科排水示意图



附图七：核医学科衰变池设计图



注：此张图为工艺流程图，不涉及结构专业，荷载详见结构图纸。



## 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》《建设项目环境保护分类管理名录》等相关法律法规的规定，我单位研究决定委托贵单位承担“桂阳县第一人民医院核技术利用项目”环境影响评价报告表工作。

根据该项目环境影响评价的需要，我单位将提供项目的有关文件、技术资料和协助现场踏勘。

有关该项目环境评价的其他事宜，由双方共同协商解决。

委托单位：桂阳县第一人民医院(盖章)

2025年11月13日

