

核技术利用建设项目

宁乡市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）

宁乡市人民医院

二〇二六年四月

# 核技术利用建设项目

## 宁乡市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

建设单位名称：宁乡市人民医院

建设单位法定代表人（签名或签章）：

通讯地址：宁乡市玉潭街道一环路 209 号

建设单位（盖章）：\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



打印编号: 1776820710000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	rf2i89		
建设项目名称	宁乡市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		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	宁乡市人民医院		
统一社会信用代码	[REDACTED]		
法定代表人（签章）	胡华		
主要负责人（签字）	刘杰妮		
直接负责的主管人员（签字）	马凯文		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	[REDACTED]		
统一社会信用代码	[REDACTED]		
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	[REDACTED]	BH066280	
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	
赵思泽	项目基本概况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	[REDACTED]	

# 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 .....	36
表 9 项目工程分析与源项 .....	39
表 10 辐射安全与防护 .....	47
表 11 环境影响分析 .....	59
表 12 辐射安全管理 .....	76
表 13 结论与要求 .....	85
表 14 审批 .....	87
附图一：医院地理位置图 .....	88
附图二：医院平面示意图 .....	89
附图三：传染病房楼一层原始平面示意图 .....	90
附图四：传染病房楼一层改造后平面示意图 .....	91
附图五：传染病房楼二层平面布置图 .....	92
附图六：核医学科排风示意图 .....	93
附图七：核医学科排水示意图 .....	94
附图八：本项目防辐射做法示意图 .....	95
附图九：本项目衰变池设计 .....	96
附件 1 本项目环评委托书 .....	100
附件 2 医院最新辐射安全许可证 .....	100
附件 3 医院关于调整放射防护管理委员会的通知 .....	110
附件 4 本项目相关管理制度 .....	114

附件 5 医院辐射事故应急预案 .....	137
附件 6 医院现有辐射工作人员情况统计表 .....	143
附件 7 本项目辐射环境现状检测报告 .....	144
附件 8 本项目辐射屏蔽设计参数 .....	153
附件 9 医院关于剂量管理目标值的确定文件 .....	154
附件 10 本项目人员配置及放射性核素工作量计划 .....	154

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		宁乡市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		宁乡市人民医院			
法人代表		[REDACTED]			
注册地址		宁乡市玉潭街道一环路 209 号			
项目建设地点		宁乡市人民医院传染病房楼一层			
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)	150	投资比例 (环保投资/总投资) 75%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m <sup>2</sup> )	300
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		
	<b>1、项目概述</b>				
<b>1.1 医院简介</b>					
<p>宁乡市人民医院位于宁乡市玉潭街道一环路 209 号，始建于 1939 年 9 月，集医疗急救、教学科研、康复保健于一体，是宁乡市唯一一家三级甲等综合医院。医院占地 200 亩，编制床位 1500 张，实际开放床位 1719 张，设 37 个临床科室、10 个医技科室，有高级职称 284 人，博士 8 人、硕士 238 人。医院泌尿外科、心血管内科、神经外科为长沙市医学重点专科；神经内科、骨科、感染性疾病科、重症医学科、临床药学、健康管理等 11 个学科入选县级省临床重点专科；肾病科、儿科、新生儿科、口腔科、肿瘤科等 10 个学科分别成为县级、市州级省临床重点专科建设项目；神经外科、泌尿外科、肿瘤科、护理及心血管内科、烧伤科、普通外科、妇产科、急诊医学科 9 大专科被确认为 2025 年省级临床重点专科项目。</p>					
<b>1.2 任务由来</b>					

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，宁乡市人民医院拟对传染病房楼一层原传染科部分用房进行改造，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 开展甲亢治疗和甲测，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 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，2026 年 3 月 29 日，宁乡市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）。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：宁乡市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：宁乡市人民医院

（3）建设地点：宁乡市人民医院传染病房楼一层

（4）建设性质：扩建

（5）建设内容与规模：本项目拟对传染病房楼一层原传染科部分用房进行改造，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 开展甲亢治疗和甲测，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、固废间、储源室、I-131 服药间、污洗间、甲亢留观室、敷贴室、甲测室及相关辅助用房，拟重新规划建设通风系统和给排水系统，新建一处衰变池，本项目主要工程建设及依托关系见表 1-1。

表 1-1 本项目主要工程建设及依托关系表

名称	建设内容及规模		备注
主体工程	核医学科场所	建设分装室、固废间、储源室、敷贴室、甲亢留观室、I-131服药间、污洗间、卫生通过间、甲测室等功能用房；	现有场地改建
	使用核素	①使用非密封放射性物质I-131开展甲亢治疗和甲测； ②使用P-32开展核素敷贴治疗。	新增
辅助工程	办公区	建设核医学候诊区、医生办公室、放免检验室等功能用房；公共卫生间依托现有。	现有场地改建
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	产生的生活污水依托医院的污水管网收集至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	拟建设1套槽式衰变池系统，设置于传染病房楼外南面绿化区内，埋于地下。由2个容积为2.5m <sup>3</sup> 的沉渣池、3个有效容积均为13.5m <sup>3</sup> 的衰变池构成，3个衰变池总有效容积40.5m <sup>3</sup> 。	新建
	放射性废气	核医学科控制区设置独立的排风系统，排气口高于新建住院大楼主楼屋顶并安装专用过滤装置。	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，存放于固废间衰变箱内，存放达到清洁解控水平后，作为医疗废物处理。	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 10 人，每周工作 2 天，每周二和周四接诊，全年最多治疗人数 1000 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi)。

2、甲测：医院采取预约制，每天检测人数 10 人，每周工作 2 天，每周二和周四检测，全年最多检测人数 1000 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^5 \text{Bq}$  (0.01mCi)。

3、P-32 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 3 天，每周一、周三和周五接诊，全年最多治疗 1500 人次，每人最大用药量  $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$  (1mCi)。

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 100.1mCi，P-32 不超过 120mCi。具体情况详见表 1-2。

表 1-2 本项目核医学科就诊病人数及非密封放射性物质使用情况

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	10 人/批	3.7E+9	1000 人/a	3.7E+11	甲亢治疗
I-131	8.02d	液态	β衰变	3.7E+5	10 人/批	3.7E+6	1000 人/a	3.7E+08	甲测
P-32	14.3d	液态	β衰变	3.7E+7	10 人/批	3.7E+8	1500 人/a	5.55E+10	敷贴治疗

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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、给药等操作，按“简单操作”考虑，有关的修正因子为 1。

本次计算非密封放射性核素的日等效最大操作量时，均按照非密封放射性核素的每次最大送药量计算（I-131 甲亢送药  $3.7 \times 10^9 \text{Bq}$ （100mCi）；I-131 甲测送药  $3.7 \times 10^6 \text{Bq}$ （0.1mCi）；P-32 送药  $4.44 \times 10^9 \text{Bq}$ （120mCi）），计算结果如下：

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)
			中毒	0.1	简单	1	
1	I-131	3.7E+09	中毒	0.1	简单	1	3.7E+08
2	I-131	3.7E+06	中毒	0.1	简单	1	3.7E+05
3	P-32	4.44E+09	中毒	0.1	简单	1	4.44E+08
合计							8.14E+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： $8.14 \times 10^8 \text{Bq}$ ；依据 GB18871-2002 附录 C 中规定乙级非密封源工作场所： $2.0 \times 10^7 \sim 4.0 \times 10^9 \text{Bq}$ ，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，其中 1 人（钟希）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；其他 2 人从其他科室调配，为新从事辐射工作。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，体检合格后

方可上岗；上岗期间，建设单位应为辐射工作人员配置个人剂量计，并要求正确佩戴、定期送检。本项目运行后，3名辐射工作人员仅从事本核医学科工作。

(8)建设方案：依据建设单位提供图纸，本项目占地约300m<sup>2</sup>(含衰变池区域)。医院传染病房楼为框架式建筑，建筑墙体为轻质防火砖，建设单位拟依据设计图纸拆除场所内所有墙体，控制区内新建370mm实心砖墙，控制区内辐射防护做法示意图见附图八。将整个区域分为卫生通过间、敷贴室、分装室、固废间、储源室、服药间、留观室、甲测室、候诊区、医生办公室等功能用房。

依据改建方案，本项目拟拆除改建区域除承重柱之外的所有墙体，拆除后依据设计图纸重新新建墙体。本项目改建前平面示意图见附图三，本项目改建后平面示意图见附图四。

#### 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 项目选址合理性分析及周边环境

宁乡市人民医院坐落于宁乡市玉潭街道一环路209号，其东面为春城北路，南面为一环路，西面为同兴花园小区，北面为春城佳苑、翡翠花城小区。该区域交通便捷，供水、供电、医疗、通信等城市公共配套设施建设完善，整体地理位置优越，可为项目运营提供良好的基础保障条件。医院地理位置及周边情况见图1-1。

医院现有主体建筑共计7栋。4号病房楼（6F）、新建的住院大楼（9F）、本项目所在传染病房楼（2F）位于院内北端；3号病房楼（5F）、2号病房楼（5F）、1号病房楼（4F）位于院内西端；门诊急诊医技楼（4F）位于院内南端。医院平面布局见附图二。

传染病房楼采用框架结构设计，大楼北侧布置为医院内部道路及绿化区域，东侧为院内通行道路，南侧为院内绿化区域，西侧为新建住院大楼，无地下建筑结构，周边环境适配核医学科的建设与运营需求。医院拟在传染病房楼一层设置核医学

科，该场所楼上为感染科住院病房，楼下无建筑结构，且配备独立的出入口，出入口直接通向传染病房楼室外区域，远离妇产科、儿科等敏感人群集中区域，医院食堂位于本项目拟建核医学科场所控制区外西北面 66m，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，其中控制区东侧为医生办公室，西侧为核医学科候诊室，北侧为医护、患者通道，南侧为传染病房楼外绿化区域，楼上为感染科住院病房，楼下无建筑结构。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，出口朝向传染病房楼南侧室外绿化区域，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。



图 1-1 医院地理位置及周边情况示意图

## 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[02332]，有效期至2027年6月16日。许可种类和范围：使用II类、III射线装置；使用非密封放射性物质，丙级非密封放射性物质工作场所。医院现有丙级非密封放射性物质工作场所1处，II类射线装置4台，III射线装置27台，均按要求办理了相关环评、验收手续。另外，拟建核医学场所内新增Sr-90敷贴项目已进行备案登记(备案号：202643012400000167)。

表 1-4 现有已许可非密封放射性物质情况一览表

工作场所	场所等级	核素	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	活动种类
放疗中心3号机房	丙级	<sup>125</sup> I (粒子源)	5.55×10 <sup>6</sup>	1.30×10 <sup>12</sup>	使用

表 1-5 现有已许可射线装置一览表

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	CT	III	LightSpeed VCT	CT检查室	在用		
2	CT	III	Optima CT540	CT检查室	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
3	双源CT	III	SOMATOM Force	第八检查室 (CT三室)	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
4	10MV直线加速器	II	Precise	放疗中心	在用	已环评	已验收
5	模拟定位机	III	SL-ID	放疗中心	在用		
6	模拟CT	III	SOMATOM Definition As	放疗中心	在用		
7	数字胃肠机	III	AXIOM Iconos R200	放射科机房	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
8	DR	III	Digital Diagnost	放射科机房	在用		
9	DR	III	AXIOM Aristos VX	放射科机房	在用		

				房			
10	DR	III	Multix Fusion Max	放射科 机房	在用		
11	DR	III	Ysio Max	放射科 机房	在用	备案号 20194301240000086	无需验收
12	DSA	II	AXIOM Artis FA	放射科 介入室	在用	已环评	已验收
13	DSA	II	Azurion 5M20	急诊急 救大楼 一楼 DSA 机 房	在用	已环评	已验收
14	口腔 CT	III	PP3-1	健康管 理中心 六楼口 腔 CBCT 室	在用	备案号 202143012400000206	无需验收
15	牙片机	III	FOCUS	健康管 理中心 六楼数 字化牙 片室	在用	备案号 202143012400000206	无需验收
16	DR	III	Multix Fusion Max	健康管 理中心 五楼 DR 室	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
17	骨密度 仪	III	STRATOS	健康管 理中心 五楼骨 密度仪 室	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
18	CT	III	Brilliance CT	健康管 理中心 一楼 CT 室	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
19	DR	III	DigitalDiagnost	健康管 理中心 一楼 DR 室	在用	备案号 202043012400000271	无需验收
20	牙科 X 射线机	III	IntraOs 70	口腔科	在用	备案号 20194301240000086	无需验收

21	全景 X 射线系统	III	Planmeca ProMax	口腔科	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
22	口腔 X 射线数字化体层摄影	III	HiRes3D	口腔科	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
23	DSA	II	Artis Zee	门急诊介入室	在用	已环评	已验收
24	乳腺 DR	III	Mammomat Fusion	门急诊医技楼一层八号机房	在用	备案号 202243012400000038	无需验收
25	DR	III	Sirius Starmobile tiara-VI (Y)	门诊楼一楼急诊科抢救病房	在用	备案号 202243012400000038	无需验收
26	CT	III	Optima CT520	门诊楼与感染科之间空地 CT 方舱	在用	备案号 202243012400000038	无需验收
27	移动式 C 形臂数字影像系统	III	JZ08	手术间	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
28	移动式 C 形臂 X 射线机	III	GE OEC Fluorostar CompactD	手术间	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
29	体外冲击碎石机	III	HK ESWL-V	碎石机房	在用		
30	移动 DR	III	SM-50HF-B-D	院内	在用	备案号 201943012400000086	无需验收
31	移动 DR	III	Mobile Diagnost WDR	院内	在用	备案号 201943012400000086	无需验收

## (2) 现有辐射工作人员

医院现有辐射工作人员 214 名。均参与了个人剂量监测及职业健康体检，个人剂量监测结果符合医院管理目标值要求，职业健康体检结果显示辐射工作人员可继续从事对应岗位工作。

医院现有辐射工作人员个人剂量监测报告、II 类射线装置工作人员辐射安全与

防护考核证书、职业健康体检结果见附件 6。

### **(3) 现有辐射安全防护措施落实情况**

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。2025 年 12 月 19 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。医院委托浙江卫康检测科技有限责任公司于 2025 年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 1-6 医院现有 II 类射线装置操作辐射工作人员信息一览表

姓名	性别	2024.09.27 个人剂量当量 (mSv)	2024.12.26 个人剂量当量 (mSv)	2025.03.26 个人剂量当量 (mSv)	2025.06.24 个人剂量当量 (mSv)	总剂量 (mSv)
李威	男	<MDL>	<MDL>	0.125	<MDL>	0.152
罗成皓	男	0.163	<MDL>	0.162	<MDL>	0.343
张剑	男	0.073	<MDL>	0.124	0.395	0.601
文林庄	男	<MDL>	0.035	0.109	<MDL>	0.162
钟希	男	<MDL>	<MDL>	0.059	<MDL>	0.086
彭勇	男	<MDL>	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.036
黄勇	男	<MDL>	<MDL>	0.075	<MDL>	0.102
李剑	男	<MDL>	<MDL>	0.08	<MDL>	0.107
蔡正科	男	<MDL>	<MDL>	0.066	<MDL>	0.093
张喜梅	女	<MDL>	<MDL>	0.092	<MDL>	0.119
黄文	女	<MDL>	<MDL>	0.062	<MDL>	0.089
刘惠	女	<MDL>	<MDL>	0.084	<MDL>	0.111
黄君珍	女	<MDL>	<MDL>	0.033	<MDL>	0.06
谭夕颜	女	<MDL>	<MDL>	0.035	<MDL>	0.062
陈超维	女	<MDL>	<MDL>	0.044	<MDL>	0.071
张莉娜	女	<MDL>	<MDL>	0.052	<MDL>	0.079

以上为放射治疗工作人员统计。

赵启亮	男	0.042	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.069
李俊	男	0.033	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.06
杨铁军	男	0.041	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.068
喻赣鹏	男	0.028	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.055
尹文军	男	0.039	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.066
朱俊	男	0.045	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.072
覃道鹏	男	0.053	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.08
杨子情	男	0.043	0.025	<MDL>	<MDL>	0.086
吴帅	男	0.057	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.084
汤玉泉	男	0.037	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.064
李谋林	男	0.026	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.053
宋瑞清	男	<MDL>	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.036
伍浩	男	<MDL>	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.036
汤佳	男	0.053	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.08
张镇	男	<MDL>	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.036
宋臻琪	男	<MDL>	<MDL>	<MDL>	<MDL>	0.036
黄帅	男	<MDL>	0.091	<MDL>	<MDL>	0.118
刘志涛	男	<MDL>	<MDL>	0.219	<MDL>	0.246

文雪平	男	<MDL>	<MDL>	0.178	0.092	0.288
欧勇	男	<MDL>	<MDL>	0.236	<MDL>	0.263
刘勃	男	<MDL>	<MDL>	0.22	<MDL>	0.247
周可为	男	0.027	<MDL>	0.142	<MDL>	0.187
付柳霖	男	<MDL>	<MDL>	0.284	<MDL>	0.311
方仁杰	男	<MDL>	<MDL>	0.198	<MDL>	0.225
谭利高	男	0.172	<MDL>	0.22	<MDL>	0.41
徐迈	男	0.162	<MDL>	0.218	<MDL>	0.398
杨海	男	0.116	<MDL>	0.256	<MDL>	0.39
吴文韬	男	0.125	<MDL>	0.208	<MDL>	0.351
梁彪	男	0.171	<MDL>	0.265	<MDL>	0.454
许磊	男	0.04	<MDL>	0.105	<MDL>	0.163
谢凯	男	<MDL>	<MDL>	0.076	<MDL>	0.103
文博	男	<MDL>	<MDL>	0.078	<MDL>	0.105
刘灿军	男	0.025	<MDL>	0.07	<MDL>	0.113
文帅	男	0.135	<MDL>	0.203	<MDL>	0.356
彭立	男	0.121	<MDL>	0.133	<MDL>	0.272
王浩	男	0.178	<MDL>	0.131	<MDL>	0.327
段新辉	男	0.16	<MDL>	0.232	<MDL>	0.41

邹灿	男	<MDL>	<MDL>	0.038	<MDL>	0.065
张云奇	男	<MDL>	<MDL>	0.214	<MDL>	0.241
夏朝晖	男	<MDL>	<MDL>	0.25	<MDL>	0.277
叶钢	男	<MDL>	<MDL>	0.243	<MDL>	0.27
李庆军	男	0.135	<MDL>	0.196	<MDL>	0.349
欧新锋	男	0.174	<MDL>	0.22	<MDL>	0.412
孟丁南	男	0.151	<MDL>	0.154	<MDL>	0.323
刘浪	男	0.163	<MDL>	0.152	<MDL>	0.333
阳韬	男	0.17	<MDL>	0.274	<MDL>	0.462
谢文韬	男	0.119	0.084	0.131	<MDL>	0.343
袁苏鹏	男	0.148	0.091	0.243	<MDL>	0.491
黄芳	女	<MDL>	<MDL>	0.087	<MDL>	0.114
王静	女	0.02	<MDL>	0.084	<MDL>	0.122
宋亚芬	女	<MDL>	<MDL>	0.095	<MDL>	0.122
刘爱波	女	0.131	<MDL>	0.074	<MDL>	0.223
李俊	女	0.042	<MDL>	0.07	<MDL>	0.13
邓丹	女	<MDL>	<MDL>	0.137	<MDL>	0.164
李军凤	女	0.114	<MDL>	0.128	<MDL>	0.26
吴谷娟	女	0.14	0.118	0.119	<MDL>	0.386

以上为介入工作人员统计。

**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	$3.7 \times 10^9$	$3.7 \times 10^8$	$3.7 \times 10^{11}$	甲亢治疗	简单操作	传染病房楼一楼核医学科	传染病房楼一楼核医学科 I-131 分装柜	/
2	I-131	液态，中毒，易挥发，半衰期 8.02d	使用	$3.7 \times 10^6$	$3.7 \times 10^5$	$3.7 \times 10^8$	甲测	简单操作	传染病房楼一楼核医学科	传染病房楼一楼核医学科 I-131 分装柜	/
3	P-32	液体，中毒，半衰期 14.26d	使用	$4.44 \times 10^9$	$4.44 \times 10^8$	$5.55 \times 10^{10}$	敷贴治疗	简单操作	传染病房楼一楼核医学科	传染病房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(包括服药纸杯、吸水纸、手套、更换的废活性炭等,废弃的放射性药物、废 P-32 敷贴器)	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 0.8Bq/cm <sup>2</sup> 对废物清洁解控作为医疗废物处理。
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α ≤1Bq/L、总β≤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。
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<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<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"><li>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）；</li><li>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）；</li><li>3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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）；</li><li>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</li></ol>
------	--

	<p>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、《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>
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、《辐射防护导论》，原子能出版社，1991 年；</p> <p>5、医院提供的其他资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 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：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。”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。

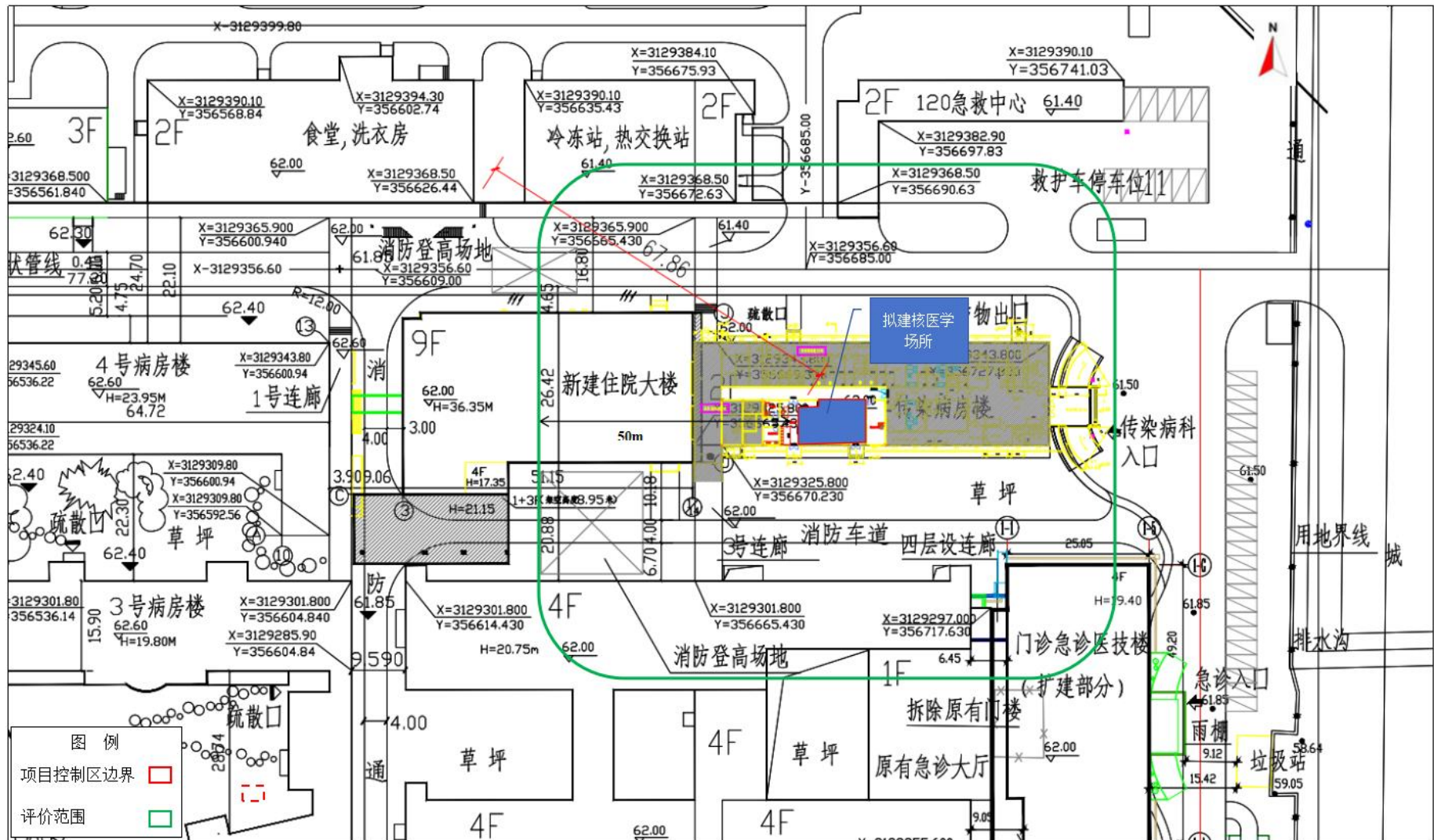


图 7-1 本项目评价范围示意图

## 7.2 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	传染病房楼一层	核医学科	/	/	场所内	辐射工作人员	3 人
		北侧	0	0m-2.5m	走廊	公众成员	2 人
			0	2.5m-10m	传染病房楼一层病房	公众成员	4 人
			0	10m-50m	院内绿化、院内道路、冷冻站、120 急救中心	公众成员	若干
		南侧	0	0m-25m	院内绿化、消防车道	公众成员	<u>2 人</u>
			0	25m-50m	门诊急诊医技楼	公众成员	若干
		西侧	0	0-13m	公共厕所、2 号楼梯、公共室内通道、	公众成员	5 人
			0	13m-50m	新建住院大楼、院内绿化区域	公众成员	若干
		东侧	0	0-50m	传染病房楼一层大厅、其他诊室、楼梯间、传染病房楼入口	公众人员	若干
		楼上	4.8m	0	传染病房楼二层感染科病房	公众成员	约 20 人
楼下	/	/	无建筑结构	/	/		

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 剂量限值及管理目标值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及医院管理目标值要求，具体如下：

表 7-2 个人剂量限值及管理目标值

序号	标准名称	标准内容
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	<p>B1.1职业照射</p> <p>B1.1.1应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>a) 由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；</p> <p>b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；</p> <p>c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；</p> <p>d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。</p> <p>B1.2.1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超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv；</p> <p>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；</p>
2	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	<p>4.4.2.1一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过5mSv/a；</p> <p>4.4.2.2公众照射的剂量约束值不超过0.1mSv/a。</p>
3	建设单位管理目标值要求	<p>1、辐射工作人员：5mSv/a；</p> <p>2、公众：0.1mSv/a。</p>

#### 7.3.2 辐射工作场所分区

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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）的标准要求，具体如下：

表 7-3 工作场所分区

序号	标准名称	标准内容
1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）	<p>6.4.1控制区</p> <p>(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防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。</p> <p>(2) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。</p> <p>(3) 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。</p> <p>(4) 运用行政管理程序和实体屏蔽限制进出控制区。</p> <p>(5) 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储</p>

		<p>存柜。</p> <p>(6) 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。</p> <p>6.4.2 监督区</p> <p>(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，但需要经常对照职业照射条件进行监督和评价。</p> <p>(2) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。</p> <p>(3) 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。</p>
2	《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	<p>4.3.1 应按照GB18871的要求将核医学工作场所划分出控制区和监督区，并进行相应的管理。</p> <p>4.3.2 核医学工作场所的控制区主要包括回旋加速器机房、放射性药物合成和分装室、放射性药物贮存室、给药室、给药后候诊室、扫描室、核素治疗病房、给药后患者的专用卫生间、放射性废物暂存库、衰变池等区域。</p> <p>4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。</p>
3	《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020)	<p>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。</p>

### 7.3.3 非密封源工作场所的分级

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

表 7-4 工作场所分级

级别	日等效最大操作量/Bq
甲	>4E+09
乙	2E+07~4E+09
丙	豁免活度值以上~2E+07

注：日等效最大操作量=（实际日操作量×毒性修正因子）/操作方式修正因子

表 7-5 操作方式与放射源状态修正因子

操作方式	放射源状态			
	表面污染水平较低的固体	液体，溶液，悬浮液	表面有污染的固体	气体，蒸汽，粉末，压力很高的液体，固体
源的贮存	1000	100	10	1

很简单的操作	100	10	1	0.1
简单操作	10	1	0.1	0.01
特别危险的操作	1	0.1	0.0	0.001

### 7.3.4 核医学工作场所周围剂量当量率控制水平

执行《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及《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）、《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）相关标准要求，具体如下：

表 7-6 工作场所周围剂量率控制水平

序号	标准名称	标准内容
1	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。 6.1.6放射性药物合成和分装的箱体、分装柜、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 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。
2	《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）	“二、关于控制区剂量率”的具体含义： 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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。
3	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	5.3.1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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h，宜不大于2.5 $\mu$ 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 $\mu$ 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。 12.3.3距离贮源箱表面5cm和100cm处因泄漏辐射所致的周围剂量当量率分别不应超过10 $\mu$ Sv/h和1 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.5 非密封放射性物质工作场所表面污染控制水平

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）的要求，具体如下：

表 7-7 表面污染控制水平

表面类型		β放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )
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

### 7.3.6 核医学工作场所放射防护措施要求

执行《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)的要求,具体如下:

表 7-8 核医学科工作场所放射防护措施要求

标准名称	标准内容
《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020)	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>5.2.6控制区的入口应设置电离辐射警告标志。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	<p>6.2.1核医学工作场所的放射性核素操作设备的表面、工作台台面等平整光滑, 室内地面与墙壁衔接处应无接缝, 易于清洗、去污。</p> <p>6.2.2操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行, 丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽, 给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体, 以减少对其他患者和医护人员的照射。</p> <p>6.2.3操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器, 从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测, 如表面污染水平超出控制标准, 应采取相应的去污措施。</p> <p>6.2.4放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内, 定期进行辐射水平监测, 无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账, 及时登记, 确保账物相符。</p> <p>6.2.5应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器, 容器表面应张贴电离辐射标志, 容器在运送时应有适当的固定措施。</p>

7.3. 1.3核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备（包括洗消液）。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。

7.3. 1.4放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区，下水道宜短，大水流管道应有标记，避免放射性废液集聚，便于监测和维修。

### 7.3.7 放射性核素敷贴治疗放射防护要求

核医学场所执行《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）的要求，具体如下：

**表 7-9 放射性核素敷贴治疗放射防护要求**

标准名	标准内容
《核医学放射防护要求》 （GBZ120-2020）	<p>12.1放射性核素敷贴治疗器的放射防护要求</p> <p>12.1.8废弃商品敷贴器应按放射性废源管理，自制敷贴器可根据核素的性质按放射性废物管理。</p> <p>12.3敷贴器贮源箱的放射防护要求</p> <p>12.3.1贮源箱的外表面应标有放射性核素名称、最大容许装载放射性活度和牢固、醒目的电离辐射标志。</p> <p>12.3.2贮源箱的屏蔽层结构应分内外两层。内层为铝或有机玻璃等低原子序数材料，其厚度应大于β辐射在相应材料中的最大射程。外层为适当厚度的铅、铸铁等重金属材料，并具有防火、防盗的性能。</p> <p>12.3.3距离贮源箱表面5cm和100cm处因泄露辐射所致的周围剂量当量率分别不应超过10μSv/h和1μSv/h。</p> <p>12.4敷贴治疗设施的放射防护要求</p> <p>12.4.1敷贴治疗应设置专用治疗室，该治疗室应与诊断室、登记值班室和候诊室分开设置。治疗室内使用面积应满足治疗要求。</p> <p>12.4.2治疗室内高1.5m以下的墙面应有易去污的保护涂层。地面，尤其在治疗患者位置，应铺有可更换的质地较软又容易去污染的铺料。</p> <p>12.4.3治疗室内患者座位之间应保持1.2m的距离或设置适当材料与厚度的防护屏蔽。</p> <p>12.4.4治疗室内应制定敷贴治疗操作规程及卫生管理制度，并配有β污染检查仪等检测仪器。</p> <p>12.5敷贴治疗中的放射防护要求</p> <p>12.5.1实施敷贴治疗前，应详细登记治疗日期、使用敷贴源的编号、辐射类型、活度、照射部位与面积，并发给具有患者姓名、性别、年龄、住址、诊断和照射次数等项目的治疗卡。</p> <p>12.5.2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，先如数收回敷贴器再发给治疗卡。由工作人员收回敷贴器放回贮源箱内保存。</p> <p>12.5.3实施敷贴治疗时不应将敷贴源带出治疗室外。</p> <p>12.5.4实施治疗时，应用不小于3mm厚的橡皮泥或橡胶板等屏蔽周围的正常组织。对颜面部部位的病变，屏蔽其周围正常皮肤；对其他部位的病变，则在病变周围露出正常皮肤不大于0.5cm。并在周围已屏蔽的皮</p>

	<p>肤上覆盖一张玻璃纸或塑料薄膜后，将敷贴器紧密贴在病变部位。</p> <p>12.5.5敷贴治疗时，照射时间长的可用胶布等固定，请患者或陪同人员协助按压敷贴器，照射时间短的可由治疗人员亲自按压固定敷贴器，有条件者可利用特制装置进行远距离操作。</p> <p>12.5.6敷贴器应定期进行衰变校正，以调整照射时间。每次治疗时应有专人使用能报警的计时器控制照射时间。治疗过程中应密切观察治疗反应和病变治疗情况，及时调整照射剂量，防止产生并发症。</p> <p>12.5.7敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具。</p> <p>12.5.8敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面。不应将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥处。</p>
<p>《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)</p>	<p>6.2.7敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，使用后应存放于干燥的贮源箱内。</p>

### 7.3.8 核医学场所放射性固废

核医学场所执行《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）的要求，具体如下：

**表 7-10 放射性固体废物管理要求**

标准名	标准内容
<p align="center">《核医学科辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)</p>	<p>7.2.1 固体放射性废物收集</p> <p>7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。</p> <p>7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。</p> <p>7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。</p> <p>7.2.2 固体放射性废物贮存</p> <p>7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。</p> <p>7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。</p> <p>7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。</p> <p>7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。</p> <p>7.2.3 固体放射性废物处理</p> <p>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，<math>\alpha</math>表面污染小于 <math>0.08\text{Bq}/\text{cm}^2</math>、<math>\beta</math>表面污染小于 <math>0.8\text{Bq}/\text{cm}^2</math> 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。</p> <p>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。</p>
<p align="center">《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020)</p>	<p>8.5 供收集废物的污物桶应具有外防护层和电离辐射警示标志。在注射室、注射后病人候诊室、给药室等位置放置污物桶。</p> <p>8.6 污物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物，装满后的废物袋应密封，不破漏，及时转送存储室，放入专用容器中存储。</p> <p>8.7 对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。</p> <p>8.8 每袋废物的表面剂量率应不超过 <math>0.1\text{mSv}/\text{h}</math>，质量不超过20kg。</p> <p>8.9 储存场所应具有通风设施， 出入处设电离辐射警告标志。</p> <p>8.10 废物袋、废物桶及其他存放废物的容器应安全可靠，并在显著位置标有废物类型、核素种类、存放日期等说明。</p> <p>8.11 废物包装体外表面的污染控制水平：总<math>\beta &lt; 0.4\text{Bq}/\text{cm}^2</math>。</p>

**7.3.9 核医学场所放射性废水**

执行《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）、《医疗机构水污染物排放标准》

(GB18466-2005) 的标准要求, 具体如下:

**表 7-11 放射性废水管理要求**

标准名	标准内容
<p>《核医学科辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)</p>	<p>7.3.1 放射性废液收集 7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器, 收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。 7.3.1.3 核医学工作场所的上水需配备洗消处理设备(包括洗消液)。控制区和卫生通过间内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等应选用脚踏式或自动感应式的开关, 以减少场所内的设备放射性污染。头、眼和面部宜采用向上冲淋的流动水。 7.3.1.4 放射性废液收集的管道走向、阀门和管道的连接应设计成尽可能少的死区, 下水道宜短, 大水流管道应有标记, 避免放射性废液积聚, 便于检测和维修 7.3.3 放射性废液排放 7.3.3.1 对于槽式衰变池贮存方式: b) 所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期(含碘-131核素的暂存超过180天), 监测结果经审管部门认可后, 按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总<math>\alpha</math>不大于1Bq/L、总<math>\beta</math>不大于10Bq/L、碘-131的放射性活度浓度不大于10Bq/L。 7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责, 并建立废物暂存和处理台账, 详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。</p>
<p>根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》(辐射函[2023]20号)</p>	<p>“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1ALImin(9E+05贝可), 每月排放的废水中碘-131总活度不超过10ALImin(9E+06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。”</p>
<p>《医疗机构水污染物排放标准》 (GB18466-2005)</p>	<p>总<math>\alpha</math>放射性&lt;1Bq/L。 总<math>\beta</math>放射性&lt;10Bq/L。</p>

### 7.3.10 核医学场所放射性废气(通风)

核医学场所执行《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)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)相关标准要求, 具体如下:

表 7-12 放射性废气（通风）管理要求

标准名	标准内容
《核医学科辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	<p>6.3密闭和通风要求</p> <p>6.3.1核医学工作场所应保持有良好的通风，工作场所的气流流向应遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。</p> <p>6.3.4放射性物质的合成、分装以及挥发性放射性核素的操作应在手套箱、通风橱等密闭设备中进行，防止放射性液体泄漏或放射性气体及气溶胶逸出。手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。</p> <p>6.3.5通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。</p> <p>7.4气态放射性废物的管理</p> <p>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。</p> <p>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，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。</p>
根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20号）	<p>三、关于独立通风要求</p> <p>核医学标准第6.3.4节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。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。</p>
《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020)	<p>5.2.3核医学工作场所的通风系统独立设置，应保持核医学工作场所良好的通风条件，合理设置工作场所的气流组织，遵循自非放射区向监督区再向控制区的流向设计，保持含放射性核素场所负压以防止放射性气体交叉污染，保证工作场所的空气质量。合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于0.5m/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。</p>

7.3.11 核医学场所个人防护用品和应急去污用品

执行《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 K（标准的附录），本项目核医学科工作场所个人防护用品和应急去污用品的配置要求如下：

表 7-13 个人防护用品

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选配	
正电子放射性药物和 <sup>131</sup> 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 mm 厚的橡皮泥或橡胶板

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。

### 7.3.12 核医学场所衰变池要求

执行《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）相关标准要求。

表 7-14 衰变池要求

标准名	标准内容
《核医学科辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要：衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。
	7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为2组或以上槽式池体，交替贮存、衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。
	7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为3-5级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。
《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	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。 8.3 放射性废液衰变池应合理布局，池底和池壁应坚固、耐酸碱腐蚀和无渗透性，并有防泄漏措施。

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

表 7-15 本项目核医学场所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			标准来源
执行对象	年平均有效剂量限值（mSv/a）	年剂量管理目标值（mSv/a）	
辐射工作人员	20	5	GB18871-2002
公众人员	1	0.1	HJ1188-2021
二、控制区辐射防护控制限值			

控制区周围剂量当量率	<p>①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<math>\mu</math>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<math>\mu</math>Sv/h。</p> <p>②放射性药物通风柜、注射窗、服药窗口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<math>\mu</math>Sv/h，放射性药物合成和分装箱体非正对人员操作位表面5cm 处的周围剂量当量率小于25<math>\mu</math>Sv/h；</p> <p>③固体放射性废物收集桶、暴露于地面致使人员可以接近的放射性废液收集罐体外表面30cm处的周围剂量当量率小于2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>	HJ1188-2021 GBZ120-2020														
表面污染	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">表面类型</td> <td><math>\beta</math>放射性物质 (Bq/cm<sup>2</sup>)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">工作台、设备、墙壁、地面</td> <td>控制区</td> <td>4<math>\times</math>10</td> </tr> <tr> <td>监督区</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>工作服、手套、工作鞋</td> <td>控制区、监督区</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>其他（手、皮肤、 内衣、工作袜）</td> <td></td> <td>0.4</td> </tr> </table>	表面类型		$\beta$ 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )	工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4 $\times$ 10	监督区	4	工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4	其他（手、皮肤、 内衣、工作袜）		0.4	GB18871-2002 GBZ120-2020
	表面类型		$\beta$ 放射性物质 (Bq/cm <sup>2</sup> )													
	工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4 $\times$ 10													
		监督区	4													
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4														
其他（手、皮肤、 内衣、工作袜）		0.4														
放射性固体废物	<p>①每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg；废物包装体外表面：总<math>\beta</math>&lt;0.4Bq/cm<sup>2</sup>；</p> <p>②放置经过标准时间暂存后经检测辐射剂量满足环境本底水平，<math>\beta</math>表面污染小于0.8Bq/cm<sup>2</sup>的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理</p>	HJ1188-2021 GBZ120-2020														
放射性废水	<p>①所含核素半衰期大于24小时的放射性废液暂存时间超过10倍最长半衰期（含碘-131核素的暂存超过180天），监测结果经审管部门认可后，按照GB18871中8.6.2规定方式进行排放。放射性废液总排放口总<math>\alpha</math>不大于1Bq/L、总<math>\beta</math>不大于10Bq/L。</p> <p>②含碘-131放射性废水暂存180天后，衰变池废水可以直接排放。</p>	HJ1188-2021 辐射函（2023） 20号														
三、通风																
核医学科场所	分装柜等密闭设备设计单独的排风系统，当通风柜打开一半时，开口截面的平均风速应不小于0.5m/s，场所设置单独排风系统，最终排气口高于本建筑屋顶并安装专用过滤装置。	GBZ120-2020 HJ1188-2021														



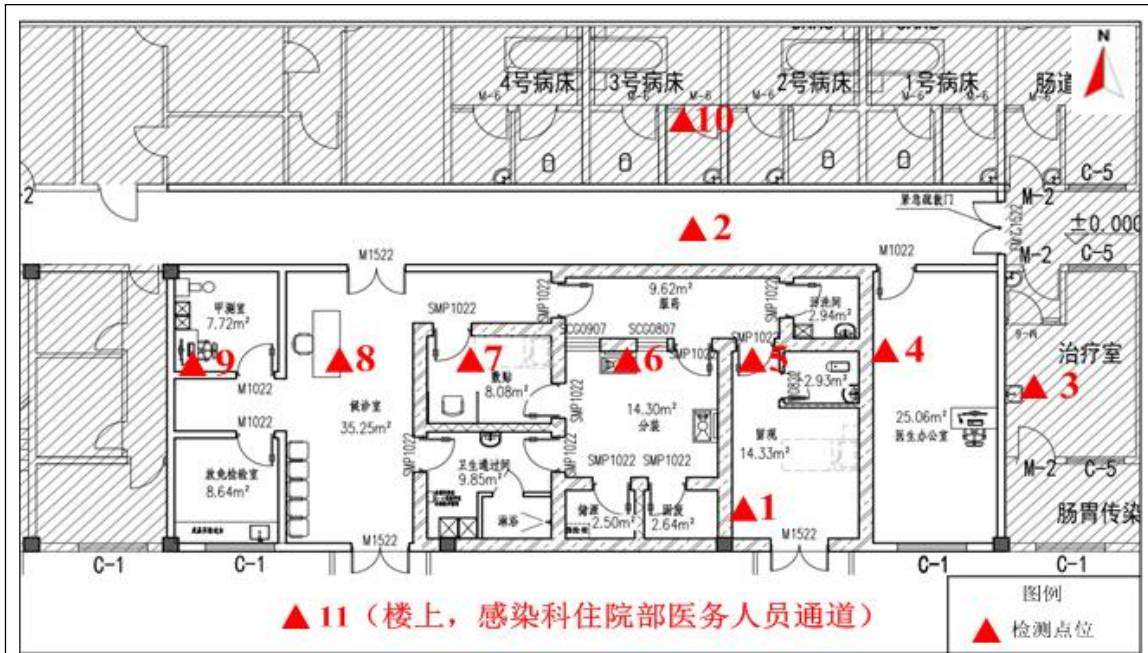


图 8-2  $\gamma$ 辐射剂量率监测布点示意图（室内改造后对照）

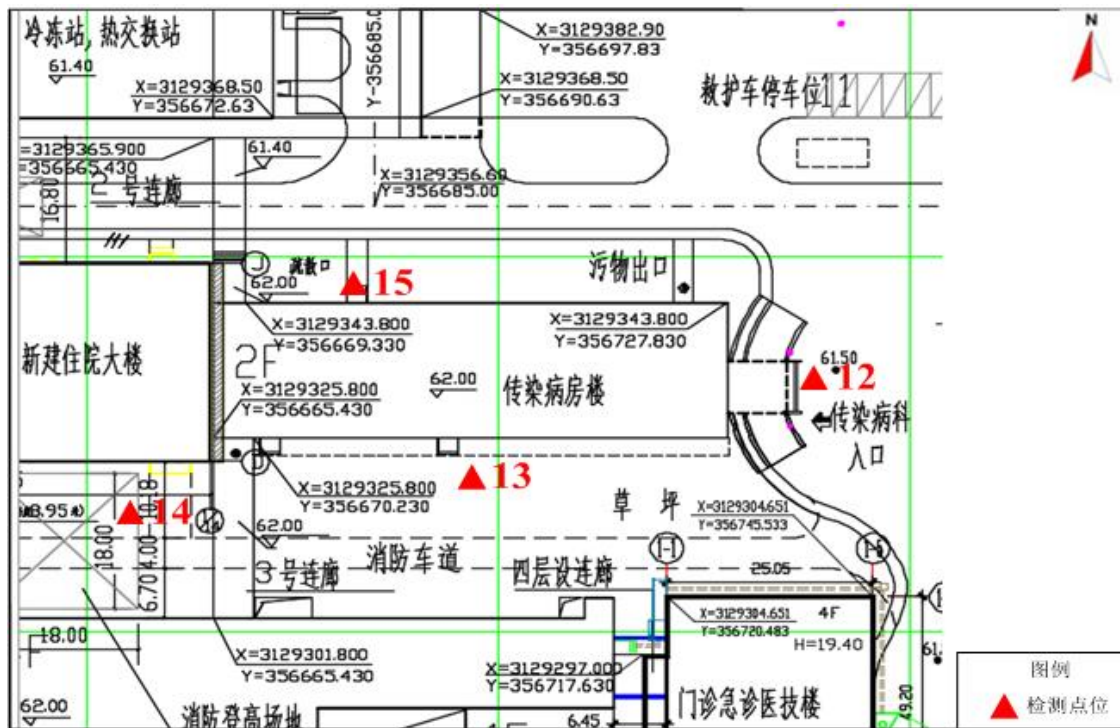


图 8-3  $\gamma$ 辐射剂量率监测布点示意图（室外）

## 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

《环境 $\gamma$ 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，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

检测点位	检测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
△1	传染病房楼一楼病人通道	146	11	室内
△2	传染病房楼一楼医护人员走廊 (改造后留观室)	149	8	室内
△3	传染病房楼一楼处置室	152	8	室内
△4	传染病房楼一楼发热门诊 (改造后医生办公室)	150	8	室内
△5	传染病房楼一楼 5 号病床/抢救室 (改造后留观室)	150	11	室内
△6	传染病房楼一楼 6 号病床 (改造后分装室)	149	7	室内
△7	传染病房楼一楼 7 号病床 (改造后敷贴室)	152	9	室内
△8	传染病房楼一楼 8 号病床 (改造后候诊室)	151	11	室内
△9	传染病房楼一楼医务人员出口/缓冲区 (改造后甲测室)	152	8	室内
△10	传染病房楼一楼 3 号病床	151	11	室内
△11	传染病房楼二楼感染科住院部医务人员 通道	151	7	室内
△12	传染病房楼东侧大门口外空地	97	5	道路
△13	传染病房楼南侧空地	100	5	原野
△14	传染病房楼西南侧空地	99	6	原野

△15	传染病房楼北侧出口外草地	100	5	原野
备注	<p>(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。</p> <p>(2) 根据 HJ1157-2021: 测量值=读数值均值×校准因子 <math>k_1</math>×仪器检验源效率因子 <math>k_2</math>÷转换系数-仪器宇宙射线响应值。本次环境检测取值: 校准因子 <math>k_1</math> 为 1.13, 效率因子 <math>k_2</math> 取 1, 仪器使用 <math>^{137}\text{Cs}</math> 进行校准, 转换系数为 1.2Sv/Gy。</p> <p>(3) 以上检测数据均未扣除宇宙射线响应值。</p>			

由表 8-2 可知, 本项目周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值(未扣除宇宙射线响应值): 室内为 146~152nGy/h 之间, 拟建区域道路为 97nGy/h, 原野为 99~100nGy/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, 长沙市 $\gamma$ 辐射剂量率数据见表 8-3。

**表 8-3 湖南省长沙市 $\gamma$ 辐射剂量率 (单位: nGy/h)**

监测项目	原野	道路	室内
$\gamma$ 辐射剂量率范围	32.9~117.3	34.6~103.6	60.4~154.1

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

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传染病房楼一层，拟使用放射性核素 I-131 开展甲亢治疗和甲测，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放射性核素参数

本项目放射性核素 I-131、P-32 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。

I-131 的半衰期为 8.02 天，衰变模式为 $\beta^-$ 衰变，毒性分组为中毒，发射 $\beta$ 射线（99%）和 $\gamma$ 射线（1%），其中 $\beta$ 射线分支比最大的为 89.2%，最大能量为 602keV，还能释放出多条 $\gamma$ 射线，其中分支比最大的为 81.1%，主要 $\gamma$ 射线能量为 364.5keV， $\gamma$ 射线能量最大的为 722.89keV，占比 1.8%。本项目使用 I-131 核素为液态，易挥发。

P-32 半衰期为 14.26 天，衰变模式为纯 $\beta^-$ 衰变（ $\beta\%=100$ ），毒性分组为中毒，衰变时放出的 $\beta$ 射线最大能量为 1.711MeV，平均能量为 0.695MeV，释放的 $\beta$ 射线在生物组织内射程短，组织穿透射程为 3~4mm，在组织中最大射程 8.6mm。本项目使用 P-32 核素为液态，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 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 $\beta$ 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 $\beta$ 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.甲测

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。甲测单人次 I-131 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.P-32 敷贴治疗

P-32 敷贴治疗主要是利用核素放射 $\beta$ 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 $\beta$ 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、牛皮癣及局限型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。

### ③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 药物最大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 手动分装柜内，核医学科工作人员核对药物信息无误后并签收。

(3) 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分装后的 I-131 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 I-131 服药间，按照指示取药服用。

(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 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 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。

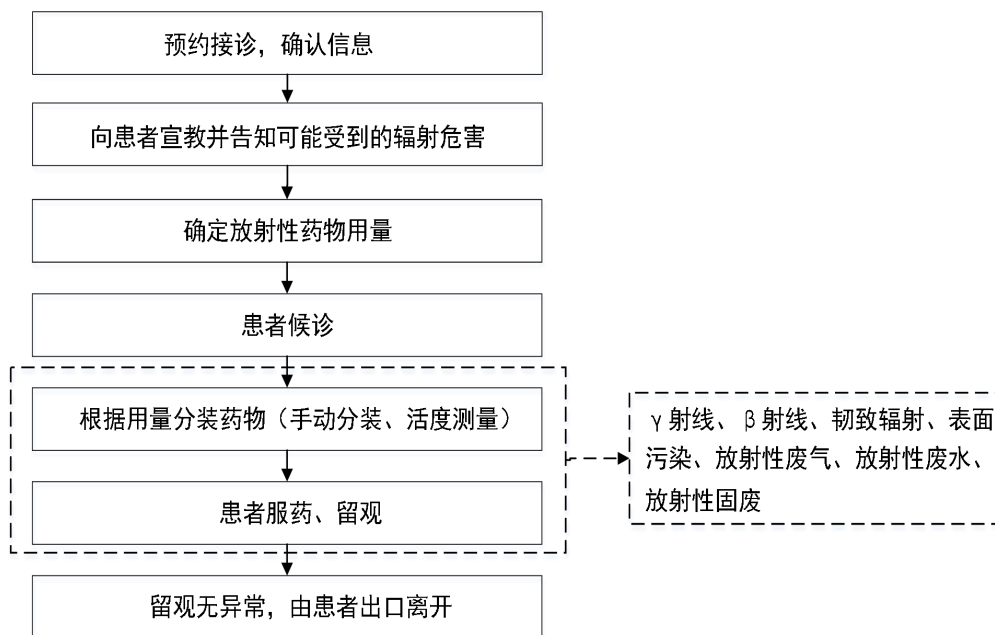


图 9-1 甲亢治疗工作流程及产污示意图

#### b. 甲测

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) 甲测受检者用的 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) 每天甲亢患者给完药后，再做甲测患者给药。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）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产生的 $\gamma$ 射线、 $\beta$ 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。

甲测流程及产污详见图 9-2。

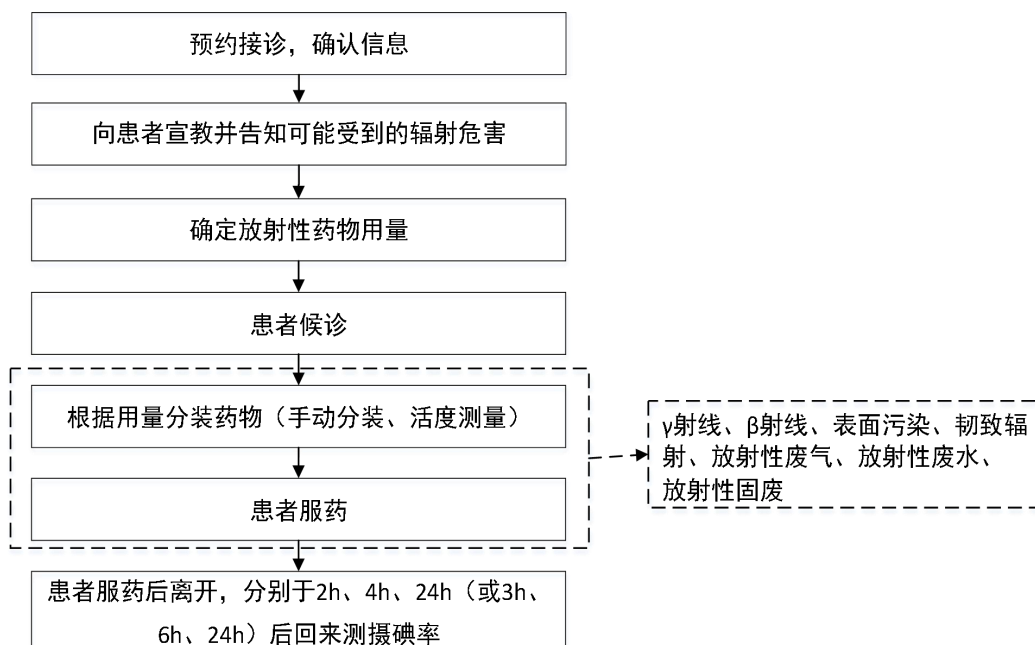


图 9-2 甲测流程及产污示意图

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 $\beta$ 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 $\beta$ 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。

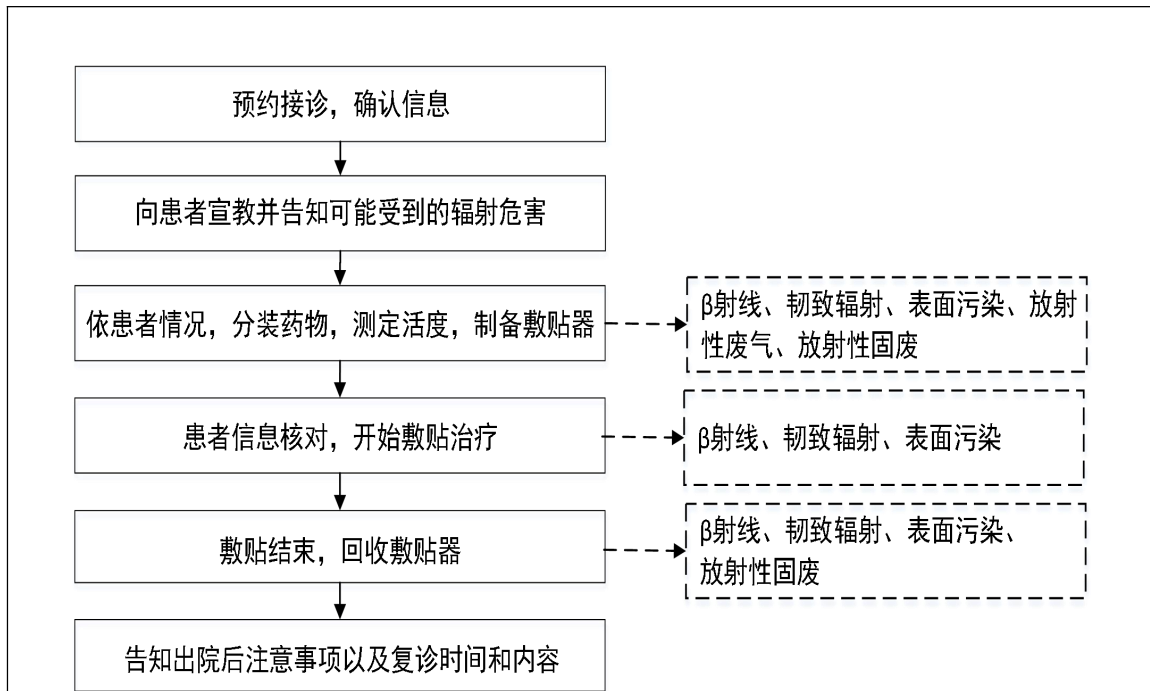


图 9-3 敷贴治疗流程及产污示意图

#### ④工作负荷

(1) 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，每周二和周四接诊，全年最多治疗人数 1000 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$  (10mCi)。

(2) 甲测：医院采取预约制，每天检测人数 10 人，每周工作 2 天，每周二和周四，全年最多检测人数 1000 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 3 天，每周一、周三、周五接诊，全年最多治疗人数 1500 人，每人最大用药量  $3.7 \times 10^7 \text{Bq}$  (1mCi)。

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 100.1mCi，P-32 不超过 120mCi。

#### 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射线及韧致辐射

本项目使用的 I-131、P-32 核素在衰变过程中会发出β射线。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

工作人员在对 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产生的手套、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等放射性废弃物以及废 P-32 敷贴器。

## (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的不准确；

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；

⑦衰变池泵失效，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

10.1.1 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目核医学科位于传染病房楼一层，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。

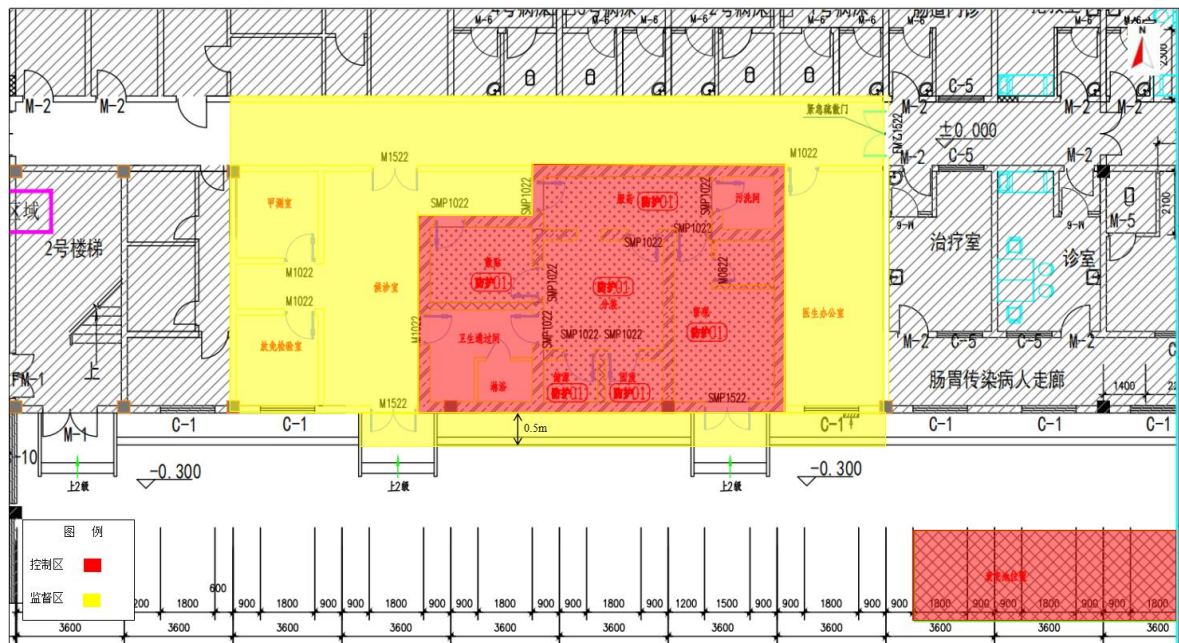


图 10-1 本项目拟建核医学科平面布置及分区图

(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，根据《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、固废间、敷贴室、服药间、留观室、衰变池、卫生通过间	场所北侧医护、患者走廊；场所南侧楼外 0.5m 范围；场所西侧患者候诊室、甲测室、放免检验室；楼上感染科住院部。

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。

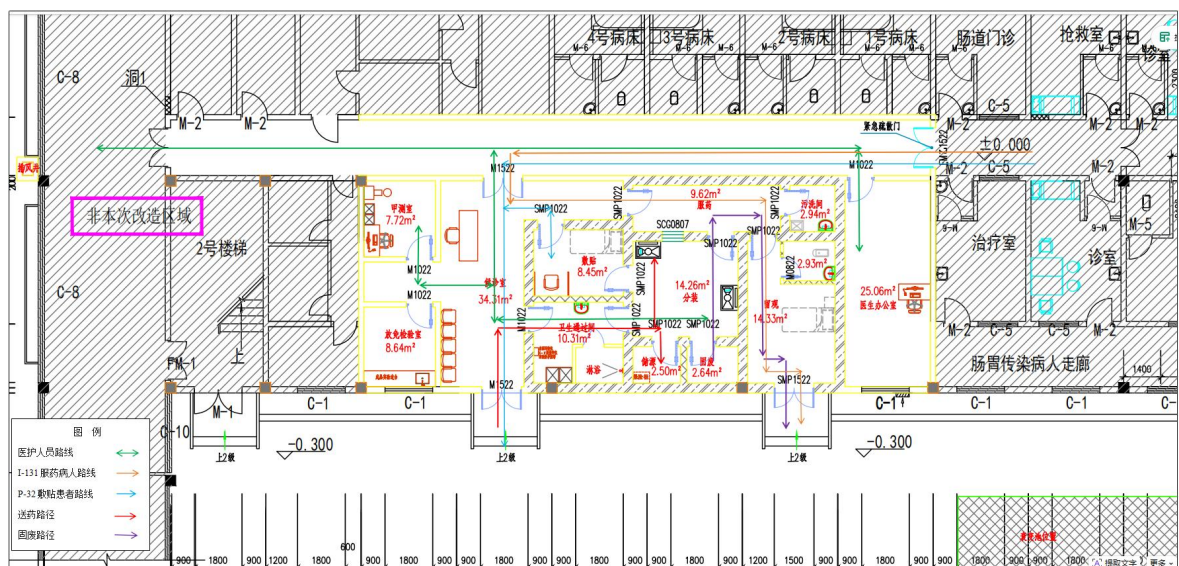


图 10-2 核医学科人流物流路径图

①人员路线:

(1) 甲亢、甲测患者服药病人路线：甲亢、甲测服药患者从传染病房楼一层东面核医学入口进入核医学科，经北侧走廊进入患者候诊室候诊，等待叫号，叫号后，进入服药间，到服药窗口口服 I-131 药物，从服药间进入留观室，甲测患者直接从南侧通道门离开，甲亢患者留观约 15 分钟后从南侧通道门离开。出口处为传染病房楼南侧空地，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。

(2) 敷贴患者路线：从传染病房楼一层东面核医学入口进入核医学科，经北侧走廊进入患者候诊室候诊，等待叫号，叫号后前往敷贴室接受治疗，治疗结束后沿候诊室南面出口离开传染病房楼，无人员聚集。

(3) 辐射工作人员路线：辐射工作人员从传染病房楼一层西侧核医学医护人员入口进入核医学科，经北侧走廊进入患者等候室，再进入卫生通过间，更衣后，进入分装室操作药物，可通过分装室西面防护门进入敷贴室给患者治疗，离开时原路返回，进行更衣淋浴并检测合格后离开。

#### 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早上七点前将药物送达，药物运输单位将运输车辆停在传染病房楼外东侧空地，然后由候诊室南面通道进入候诊室，经卫生通过间进入分装室，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、服药间，最后经留观室出口运出，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	甲亢留观室	370mm 实心砖墙
	南墙	储源室、固废间	370mm 实心砖墙
	西墙	卫生通过间、敷贴室	370mm 实心砖墙
	北墙	I-131 服药间	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	敷贴室	3mmPb 手动平开门
	防护门	卫生通过间	3mmPb 手动平开门
	防护门	固废间、储源室	3mmPb 手动平开门
	防护门	服药间	3mmPb 手动平开门
	I-131 手动分装柜	/	20mmPb
	P-32 分装柜	/	10mm 有机玻璃+5mmPb
储源室	东墙	固废间	370mm 实心砖墙
	北墙	分装室	370mm 实心砖墙
	南墙	室外绿化区域	370mm 实心砖墙
	西墙	卫生通过间淋浴室	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	分装室	3mmPb 手动平开门
固废间	东墙	甲亢留观室	370mm 实心砖墙
	北墙	分装室	370mm 实心砖墙
	南墙	室外绿化区域	370mm 实心砖墙
	西墙	储源室	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	分装室	3mmPb 手动平开门
I-131 服药间	北墙	医护、患者走廊	370mm 实心砖墙
	东墙	污洗间	370mm 实心砖墙
	南墙	分装室	370mm 实心砖墙
	西墙	患者走廊	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	患者走廊	6mmPb 手动平开门
	防护门	甲亢留观室	3mmPb 手动平开门
	防护门	分装室	3mmPb 手动平开门
	防护门	污洗间	3mmPb 手动平开门
I-131 服药窗口	工作人员操作位	20mmPb	
甲亢留观室	东墙	医生办公室	370mm 实心砖墙
	南墙	患者离开通道	370mm 实心砖墙
	西墙	固废间、分装室	370mm 实心砖墙

	北墙	I-131 服药间、污洗间	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	服药间	3mmPb 手动平开门
	防护门	患者离开通道	6mmPb 手动平开门
敷贴室	东墙	分装室	370mm 实心砖墙
	南墙	卫生通过间	370mm 实心砖墙
	西墙	候诊室	370mm 实心砖墙
	北墙	患者走廊	370mm 实心砖墙
	室顶	二楼感染科病房	100mm 混凝土
	地面	无建筑结构	250mm 混凝土
	防护门	分装室	3mmPb 手动平开门
	防护门	候诊室	3mmPb 手动平开门

注：混凝土密度：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>；

#### 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，将核医学科留观室出口设置单向门禁，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 3 套排风系统，详见附图六，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#排风系统为 P-32 分装柜单独使用，2#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

③3#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，卫生通过间、淋浴间和敷贴室废气先汇流再接入主管，固废间和储源室废气汇流后接入主管，服药间、污洗间、卫生间与留观室均先通过各自支管汇流后再接入主管，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#、3#排风系统采用“统一装置分路过滤+汇总排放”的设计方案：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，对柜内废气进行初步过滤；随后，1#、2#排风系统的预过滤废气，与 3#排风系统（核医学科控制区内其他用房共用系统）的放射性废气，于传染病房楼西面汇入一根主管后，穿墙沿住院大楼南侧外墙至楼顶排放，排风口高出屋面 3.0m。总排风口前设置高效活性炭吸附装置，废气经吸附后排放。

### （3）衰变池

本项目计划在传染病房楼南侧外绿化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 11m，宽 3m，深度 3.95m，包括 2 个沉渣池（ $2.5\text{m}^3/\text{个}$ ）、3 个衰变池（有效容积  $13.5\text{m}^3/\text{池}$ ，单个衰变池内径 2.2m（长） $\times$ 2.2m（宽） $\times$ 2.8m（有效水深高度）），衰变池总有效容积约为  $40.5\text{m}^3$ ，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 200mm 的混凝土，池盖结构由 250mm 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 10mmPb 铅板），衰变池埋于地下，覆土层 0.6m，上方区域为绿化区域，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，供药单位需在早上 7 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。

#### （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、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	5mm 有机玻璃	P-32 分装及敷贴时使用
6	橡皮泥或橡胶板 (≥3mm)	若干	/	
7	远距离操作工具	若干	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	1 台	/	/
13	X/γ 个人剂量计	1 个/人	/	/
14	I-131 分装柜	1 套	六面均为 20mmPb	/
15	P-32 分装柜	1 套	六面均为 10mm 有机玻璃+5mmPb 铅	/
16	活度计	1 台	/	/

17	放射性废物衰变桶/箱	2 套	10mmPb	/
----	------------	-----	--------	---

(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	126
2	辐射安全门禁系统、监控系统等	8
3	辐射防护用品	5
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	1
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	5
合计		150

### 三废的治理

#### 一、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#排风系统为 P-32 分装柜单独使用，2#排风系统的风速不小于 0.5m/s；

③3#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，卫生通过间、淋浴间和敷贴室废气先汇流再接入主管，固废间和储源室废气汇流后接入主管，服药

间、污洗间、卫生间与留观室均先通过各自支管汇流后再接入主管，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#、3#排风系统采用“统一装置分路过滤+汇总排放”的设计方案：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，对柜内废气进行初步过滤；随后，1#、2#排风系统的预过滤废气，与 3#排风系统（核医学科控制区内其他用房共用系统）的放射性废气，于传染病房楼西面汇入一根主管后，穿墙沿住院大楼南侧外墙至楼顶排放，排风口高出屋面 3.0m。总排风口前设置高效活性炭吸附装置，废气经吸附后排放。

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。

## 二、放射性废水

正常工况下核医学科 1F 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渣池内。产生放射性废水的房间主要为淋浴室、留观室卫生间、污洗间。核医学科放射性污水室内收集管道采用地面平铺方式，并设置一定高差，延伸至室外接入衰变池完成衰变处置。针对室内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 3.0mmPb 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。核医学科排水管道设计见附图七。

传染病房楼南侧绿化区域拟设置 1 套槽式放射性废水衰变处理系统，衰变处理系统由 2 个有效容积为 2.5m<sup>3</sup> 的沉渣池+3 个有效容积为 13.5m<sup>3</sup> 的衰变池组成。3 个衰变池的尺寸（有效容积 13.5m<sup>3</sup>/池，单个衰变池内径 2.2m（长）×2.2m（宽）×2.8m（有效水深高度））。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），放射性废水经存放衰变时间达标后，再进入医院污水处理站进一步处理。沉渣池和衰变池应保证池体坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。池体四周、池底由 200mm 的混凝土，池盖结构由 250mm 的混凝土浇筑，检修口盖板采用不锈钢包 10mmPb 铅板。衰变池间平面、剖面图见

附图九。

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，沉渣池设铰刀切割式水泵 1 台，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 10cm 时，启动衰变池 1#排水泵，水位距池底 20cm 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。

### 三、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、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、废敷贴器等。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。

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，每半年更换一次活性炭。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， $\beta$ 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。

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)β射线辐射影响分析**

I-131、P-32 衰变过程均产生β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β粒子在该材料中的最大射程时，即可将β粒子完全挡住，β粒子的最大射程 R（g/cm<sup>2</sup>）可用以下经验公式估计：

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

式中：R：β粒子的最大射程，g/cm<sup>2</sup>；

E<sub>βmax</sub>：β粒子的最大能量，MeV。

知道材料的密度ρ（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：

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

式中：

$d$ —— $\beta$ 粒子最大射程对应的防护厚度，cm；

$\rho$ ——材料的密度， $\text{g}/\text{cm}^3$ ，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。根据建设单位提供的防护材料设计参数，实心砖密度约  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ，混凝土密度约  $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅板密度约  $11.3\text{g}/\text{cm}^3$ ，铅玻璃密度约  $4.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

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

**表 11-1  $\beta$ 射线最大射程对应的防护厚度**

屏蔽材料 $d$	$\rho$ 材料密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	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	233
皮肤	0.85~1.0	1~0.85	0.354~0.3
有机玻璃	1.18	0.724	0.255
实心砖	1.65	0.518	0.18
混凝土	2.35	0.364	0.128
铅板	11.3	0.076	0.027
铅玻璃	4.2	0.2	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 P-32 分装柜体为 10mm 有机玻璃+5mm 铅板，I-131 手动分装柜的铅当量为 20mm，本项目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 I-131、P-32 衰变过程产生的 $\beta$ 射线对辐射工作人员和周围公众辐射影响很小。

## （二） $\beta$ 射线所致韧致辐射影响分析

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、外韧致辐射，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 $\beta$ 粒子的外韧致辐射。

根据《辐射防护导论》P132、P133，在实际屏蔽计算时，可以假定韧致辐射的平均能量  $E_b$  是入射 $\beta$ 粒子的最大能量的 1/3，将韧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 $\beta$ 射线产生的韧致辐射在关注点

处空气中的吸收剂量率公式如下：

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

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计算公式如下：

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

式中：

$\dot{H}$ ——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，铅的有效原子序数 82，砖的有效原子序数 14，混凝土的有效原子序数 14，水的有效原子序数 6.66；

$E_b$ ——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，I-131 核素的β粒子的平均能量为 0.201MeV；

r——参考点与屏蔽层的距离，m；

$u_{en}/\rho$ ——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/0.201MeV 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数为  $2.919 \times 10^{-3} m^2/kg / 2.672 \times 10^{-3} m^2/kg$ ；

$\eta$ ——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分别为 0.695MeV/0.201MeV 宽束 X 射线的 TVL 在铅和混凝土中分别取值：1.61cm/1.4cm、13.11cm/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 混凝土×ρ混凝土=d 材料×ρ材料）换算，即平均能量分别为 0.695MeV/0.201MeV 宽束 X 射线的 TVL 在砖中取值分别为 18.67cm/12.25cm。

关注点与辐射源的距离取值原则：

本项目一层层高为 4.8m，含楼板厚度，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

针对固废间与储源室，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，调整为离墙体内侧 0.5m；

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 20cm	0.25
2	分装柜外 30cm 处	分装柜内距柜壁 20cm	0.50
3	分装室墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	1.67
4	分装室顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	4.1
5	敷贴室墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	1.67
6	敷贴室顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	4.1
7	服药间墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	1.67
8	服药间顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	4.1
9	留观室墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	1.67
10	固废间墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m, 离地 0.5m	1.17
11	固废间顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m, 离地 0.5m	4.6
12	储源室墙外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m, 离地 0.5m	1.17
13	储源室顶棚外 30cm 处	屏蔽体内侧 0.5m, 离地 0.5m	4.6
14	各场所防护门外 30cm 处	屏蔽体内侧 1m, 离地 1m	1.3

注：一楼层高 4.8m。

### 3、固废间活度取值

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 3 次，每次 10mCi，进入固废间衰变箱；I-131 每次给药，患者用药总活度的 1% 进入固废，每周 2 次，每次约 1mCi；进入固废间衰变箱 P-32 固废储存衰变时间为 10 个半衰期，143

天，总投入量为 613mCi；I-131 固废储存衰变时间为 180 天，总投入量约为 51mCi。

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 143 天内 61 批 P-32 固废的剩余活度并求和，第 143 天时，固废间 P-32 固废最终总活度约为  $3.98 \times 10^9 \text{Bq}$ （107.66mCi）；逐批计算 51 批 I-131 固废的剩余活度并求和，固废间 I-131 固废最终总活度约为  $1.62 \times 10^8 \text{Bq}$ （4.38mCi）。故本项目核算固废间外关注点周围剂量当量率时，固废间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 药物为接诊当日送药，送至 I-131 分装柜，P-32 每月送药 1 次，送至储源室，正常情况下储源室仅储存 P-32 药物，储源室 P-32 药物最大活度为 120mC。

#### 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  $4.44 \times 10^9 \text{Bq}$ （120mCi）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 人甲亢用药量考虑，源活度按照  $3.7 \times 10^8 \text{Bq}$ （10mCi）进行计算；
- 4) 储源室按照  $4.44 \times 10^9 \text{Bq}$ （120mCi）最大 P-32 药物储存量考虑；
- 5) 固废间按照 P-32 固废最终总活度约为  $3.98 \times 10^9 \text{Bq}$ （107.66mCi）计算。

β射线所致韧致辐射计算参数及结果见表 11-3。

表 11-3  $\beta$ 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 $Z_e$	$\beta$ 粒子的平均能量 $E_b$ (MeV)	距离 $r$ (m)	质量能量吸收系数 $\mu_{en}/\rho$	屏蔽材料及厚度	透射比 $\eta$	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1	P-32 分装柜外 5cm 处 (操作位)	4.44E+09	5.85	0.695	0.25	2.92E-03	10mm 有机玻璃+5mmPb 铅板+30mmPb 源罐	0.0067	0.18
2	P-32 分装柜外 30cm 处	4.44E+09	5.85	0.695	0.5	2.92E-03	10mm 有机玻璃+5mmPb 铅板+30mmPb 源罐	0.0067	0.045
3	工作人员转移敷贴器	3.70E+07	6.66	0.695	0.5	2.95E-03	0.5mmPb 铅衣	0.931	0.06
4	分装室四周墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.67	2.92E-03	370mm 实心砖墙	0.010	0.000057
5	分装室顶棚外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	4.1	2.92E-03	100mm 砼	0.17	0.00016
6	分装室防护门外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.3	2.92E-03	3mmPb	0.65	0.0061
7	敷贴室四周墙外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.67	2.92E-03	370mm 实心砖墙	0.010	0.000057
8	敷贴室顶棚外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	4.1	2.92E-03	100mm 砼	0.17	0.00016
9	敷贴室防护门外 30cm 处	3.70E+07	6.66	0.695	1.3	2.92E-03	3mmPb	0.65	0.0061
10	固废间四周墙外 30cm 处	3.98E+09	82	0.695	1.17	2.92E-03	370mm 实心砖墙+10mmPb 衰变箱	0.0001	0.00154
11	固废间顶棚外 30cm 处	3.98E+09	82	0.695	4.1	2.92E-03	100mm 砼+10mmPb 衰变箱	0.0122	0.0153
12	固废间防护门外 30cm 处	3.98E+09	82	0.695	1.3	2.92E-03	3mmPb+10mmPb 衰变箱	0.156	1.946
13	储源室四周墙外 30cm 处	4.44E+09	82	0.695	1.17	2.92E-03	370mm 实心砖墙+30mmPb 源罐	0.0001	0.001718
14	储源室顶棚外 30cm 处	4.44E+09	82	0.695	4.1	2.92E-03	100mm 砼+30mmPb 源罐	0.0007	0.001
15	储源室防护门外 30cm 处	4.44E+09	82	0.695	1.3	2.92E-03	3mmPb+30mmPb 源罐	0.0089	0.124

注：①根据《辐射防护导论》，将 $\gamma$ 射线减弱一定程度所需物质厚度  $d$  与物质的密度 $\rho$ 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  $1.65\text{g/cm}^3$ ，混凝土 (砼) 密度为  $2.35\text{g/cm}^3$ ，铅密度为  $11.3\text{g/cm}^3$ ，预测时将实心砖厚度折合为铅厚度，370mm 实心

砖经密度折算后等效 54mm 铅。

③分装柜内的吸收 $\beta$ 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 $\beta$ 粒子的屏蔽材料为人体组织，参考水的有效原子序数 6.66，储源室和固废间吸收 $\beta$ 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、固废间衰变箱铅当量为 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 0.18 $\mu$ Sv/h、0.045 $\mu$ Sv/h，分别小于 25 $\mu$ Sv/h、2.5 $\mu$ Sv/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 0.0153 $\mu$ Sv/h，小于 2.5 $\mu$ Sv/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

### ① 计算公式

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， $\mu$ Sv/h；

$A$ ——放射源的预期最大放射性活度，MBq；

$f$ ——剂量率常数， $\mu$ Sv $\cdot$ m<sup>2</sup> $\cdot$ h<sup>-1</sup> $\cdot$ MBq<sup>-1</sup>，

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；

$TVL$ —— $\gamma$ 射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度，mm。详见表 11-4。

表 11-4 TVL 取值表

核素	TVL (mm)		
	铅 (11.3g/cm <sup>3</sup> )	混凝土 (2.35g/cm <sup>3</sup> )	砖 (1.65g/cm <sup>3</sup> )
I-131	11	170	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 $\gamma$ 射线辐射影响分析主要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) 服药间按照 1 人甲亢患者考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算；

4) 留观室按照 1 人甲亢患者考虑，源活度按照 370MBq (10mCi) 进行计算；

5) 固废间 I-131 固废最终总活度约为  $1.62 \times 10^8$  Bq (4.38mCi)；

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 11-5。

表 11-5 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 $A$ (Bq)	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)	$H_p$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )
I-131 分装柜	分装柜表面外 5cm (操作位)	3703.7	0.0595	0.25	30mmPb 铅	11	6.61
	分装柜表面外 30cm	3703.7	0.0595	0.5	30mmPb 铅	11	1.65
分装室	顶部外 30cm	370	0.0595	4.1	100mm 砼	170	0.338
	四周墙外 30cm	370	0.0595	1.67	370mm 实心砖墙	240	0.23
	卫生通过间防护门外 30cm	370	0.0595	1.3	8mmPb 铅	11	2.44
	其他防护门外 30cm	370	0.0595	1.3	3mmPb 铅	11	6.952
服药间	服药窗口	370	0.0595	0.5	30mmPb	11	0.17
	顶部外 30cm	370	0.0583	4.1	100mm 砼	170	0.331
	四周墙外 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	1.3	8mmPb 铅	11	2.39
	其他防护门外 30cm	370	0.0583	1.3	3mmPb 铅	11	6.952
留观室	顶部外 30cm	370	0.0583	4.1	100mm 砼	170	0.331
	四周墙外 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	1.3	3mmPb 铅	11	6.952
	患者出口防护门外 30cm	370	0.0583	1.3	10mmPb 铅	11	1.57

固废间	顶部外 30cm	162	0.0595	4.1	100mm 砼+10mmPb	170/11	0.018
	四周墙体外 30cm	162	0.0595	1.17	370mm 实心砖墙+10mmPb	240/11	0.025
	防护门外 30cm	162	0.0595	1.3	3mmPb 铅+10mmPb	11	0.375
药物转移	I-131 药物转移	370	0.0595	0.5	0.5mmPb 铅衣	11	79.31

由表 11-5 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 6.61 $\mu$ Sv/h、1.65 $\mu$ Sv/h，分别小于 25 $\mu$ Sv/h、2.5 $\mu$ Sv/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 6.952 $\mu$ Sv/h，小于 10 $\mu$ Sv/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 2.39 $\mu$ Sv/h，小于 2.5 $\mu$ Sv/h 的控制水平，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，mSv/a；

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

$t$ ——X、 $\gamma$ 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，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 11-3 和表 11-5 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 11-6。

表 11-6 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 1500 人/a	375h
	P-32 敷贴器转移（发放、回收）	5min/人次	10 人/d，最多 1500 人/a	125h
	I-131 分装测活（甲亢、甲测）	3min/人次	20 人/d，2000 人次/a	100h
	I-131 转移（甲亢）	1min/人次	10 人/d，1000 人次/a	16.67h
公众	P-32 敷贴器制备（分装）	15min/人次	10 人/d，最多 1500 人/a	375h
	P-32 敷贴室（治疗）	1h/人次	10 人/d，最多 1500 人/a	1500h
	I-131 测活（甲亢、甲测）	3min/人次	20 人/d，2000 人次/a	100h
	服药间（I-131 服药）	3min/人次	10 人/d，1000 人/a	50h
	留观室（甲亢患者留观）	15min/人次	10 人/d，1000 人/a	250h
	固废间/储源室	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 11-7。

**表 11-7 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	居留 因子	估算结果 mSv/a			
			h/a					
辐射 工作 人员	P-32 敷贴器制备 (分装、测活)		0.18	375	1	0.0675		
	P-32 敷贴器转移 (发放、回收)		0.06	125	1	0.0075		
	I-131 分装测活 (甲亢、甲测)		6.61	100	1	0.661		
	I-131 转移 (甲亢)		79.31	16.67	1	1.322		
	总年有效剂量					2.058		
公众 (考 虑 人 员 可 达 处)	分 装 室	上方 30cm 处感染科病 房	P-32	0.00016	375	1	0.0338	
			I-131	0.338	100	1		
	敷 贴 室	北侧墙外 30cm 处患者走廊		0.0061	1500	1/5	0.00183	
		西侧墙外 30cm 处候诊室		0.000057	1500	1	0.0000855	
		上方 30cm 处感染科病房		0.00016	1500	1	0.00024	
	服 药 间	北墙外 30cm 处走廊		I-131	0.22	50	1/2	0.0055
		上方 30cm 处感染科病 房		I-131	0.331	50	1	0.01655
		患者入口处防护门		I-131	2.39	50	1/5	0.0239
	留 观 室	东侧墙外 30cm 处医生 办公室		I-131	0.22	250	1	0.055
		南侧墙体 30cm 处室外 走廊		I-131	0.22	250	1/5	0.011
		上方 30cm 处感染科病 房		I-131	0.331	250	1	0.08275
		患者出口处防护门		I-131	1.57	250	1/5	0.0785
	固 废 间	南侧墙外 30cm 处室外 走廊		P-32	0.00154	8760	1/5	0.0465
				I-131	0.025	8760	1/5	
		上方 30cm 处感染科病 房		P-32	0.0153	8760	1	0.29
				I-131	0.018	8760	1	
	储 源 室	南侧墙外 30cm 处室外 走廊		P-32	0.001718	8760	1/5	0.003
上方 30cm 处感染科病 房		P-32	0.001	8760	1	0.00876		

注：1、楼上感染科病房居留因子保守取全居留 1，候诊室取全居留 1；医护通道走廊取 1/2  
2、部分居留：室外走廊处取 1/5；  
3、偶然居留：防护门外取 1/5 外。  
4、分装室、服药间、固废间和储源室考虑多个核素的叠加影响。

综上所述，核医学科工作人员总的年有效剂量为 2.058mSv，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 0.08275mSv，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

为有效控制核医学科放射性废气排放，建设单位从源头削减、多重过滤、规范排放等多维度制定处置方案，具体措施如下：

针对核医学科控制区设置的3套排风系统（1#系统供I-131分装柜单独使用、2#系统供P-32分装柜单独使用、3#系统为控制区内多用房共用，且3#系统严格遵循“低活度区废气→高活度区主管”单向风向原则，通过负压差控制、加装及日常检查止回阀保障气流单向性，杜绝高活度废气回流），采用“统一装置分路过滤+汇总排放”设计，先在1#、2#排风系统对应分装柜壁顶各设第一道高效活性炭吸附装置进行初步过滤，再将1#、2#系统预过滤废气及3#系统原始废气接入传染病房楼一层西面排风井前的活性炭过滤装置，过滤后三根管汇合成一根管从排风井至住院大楼南侧外墙至楼顶高空排放（排风口周围无遮挡，主楼外墙排风管粉刷明显颜色油漆便于区分）。

上述处置措施中，1#、2#排风系统风速均不小于0.5m/s，且全流程通过双重高效活性炭吸附实现废气净化，同时结合源头减量与规范高空排放设计，不仅符合相关标准要求，更能确保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

本项目核医学科产生的放射性废水主要为工作场所清洁废水、核素操作人员日常清洗废水、甲亢病人入厕废水等。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。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）续表3.2.2，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/人次（含场所清洁废水）。

本项目核素操作医务人员按2人次/d计算，每天废水量为0.144m<sup>3</sup>，每周废水量0.72m<sup>3</sup>。

核医学科甲亢患者每天共 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放射性废水周产生量统计表**

场所	废水类别	废水产生系数	人数	周产生废水	总产生废水
核医学科	服药病人排泄	10.8L/d 人	10 人/d, 20 人/周	216L/周	936L/周
	医护人员及场所清洁	72L/人次	2 人次/d, 10 人次/周	720L/周	

注：1、甲亢患者按照每天接诊 10 人，每周接诊 2 天计；  
2、医护人员每周接诊 5 天，每天 2 班人次计；  
3、核医学科医护人员冲淋时沾染的 I-131、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 0.936m<sup>3</sup>，每年废水量为 46.8m<sup>3</sup>。

### (2) 放射性废水处理能力分析

传染病房楼一楼核医学科废水自流进入南侧地下的沉渣池，经破碎收集后流至衰变池，为槽式衰变池。衰变处理系统由 2 个容积为 2.5m<sup>3</sup>的沉渣池+3 个容积为 13.5m<sup>3</sup>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 0.936m<sup>3</sup>/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  $V=0.936 \times 13=12.168\text{m}^3$ 。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、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以及废敷贴器。

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 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，经过检测达到清洁解控水平后按医疗废物处置。

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。宁乡市人民医院目前设立有辐射安全与防护工作领导小组（附件3），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，宁乡市人民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。现有具体成员如下：

主任委员：王浩

副主任委员：彭勇

委员：周涛、彭翼、肖寄余、汤玉泉、李俊、文雪平、曾伟、李军凤、张喜梅、李庆军、吴学良、蔡银忠、邹灿、罗衡山、喻红、文帅、谢凯、刘军、李威

秘书：喻红（兼）

领导小组下设办公室，办公地点设医务科，由赵客松兼任办公室主任；肖鹏、滕广才任办公室副主任；段纯、卢飞、方伟、王韬四人任资料员。

领导小组职责如下：

（1）贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》，依法监督放射防护安全工作。

（2）实行预防为主、严格管理、安全第一的方针，制定技术操作规程，建立和完善放射污染防治管理制度和奖惩办法。

（3）审定利用放射性物质或者射线开展的检查、治疗项目，对射线装置场地与环境维护进行论证。

（4）定期对全院放射防护工作进行安全检查，督促有关业务科室和工作人员注意辐射安全，关心放射工作人员的身体健康，维护工作人员的合法权益。

（5）负责医院有关放射防护与辐射安全的政策和制度建设，对院内放射诊疗活动进行统一规范，并负责在放射应急事件中进行统一指挥和应急决策。

(6) 定期对工作人员进行放射防护知识和实际操作技能培训。

(7) 每年度召开一次会议，认真履行以上职责。

## 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，宁乡市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，宁乡市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) 根据宁乡市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，宁乡市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，宁乡市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。

(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分装柜的表面 $\gamma$ 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、楼下距地面 170m 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，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 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、I-131）	放射性废水	衰变池采样口	每年1次 当放射性废水暂存时间不满足标准要求时	委托监测
放射性固废（X- $\gamma$ 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）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）放射工作人员上岗前，放射工作单位负责向所在地县级以上地方人民政府卫生行政部门为其申请办理《放射工作人员证》。

(5) 辐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。

(6) 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。

(7) 辐射工作人员进入放射工作场所，应正确佩戴个人剂量计。

(8) 医院不得安排怀孕的妇女参与应急处理。

(9) 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：

医院应急联系电话：15874918585（喻红）；

应急处理电话：0731-87871511（总值班）；

省生态环境厅：0731-85698110；

环保热线：12345；

当地卫生行政部门：0731-87881439；

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	
4	辐射屏蔽设计及安全防护措施	<p>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；</p> <p>②防护用品及检测仪器：按环评报告表的要求落实到位。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	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三套独立的通风系统，气流流向合理，各区域排风管最终引至新建住院大楼楼楼顶排放。分装柜等密闭设备有单独的排风系统，且风速不小于 0.5m/s。	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 $\alpha$ ≤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。	GB18871-2002 GBZ120-2020 HJ1188-2021 辐射函（2023）20 号

		固废	<p>①服药间和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，经暂存超过十个半衰期（含 I-131 废物暂存超 180 天），对废物清洁解控并作为医疗废物处理。</p>	GBZ120-2020 HJ1188-2021
6	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。</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
		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
7	电离辐射	剂量限值	<p>①辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv；</p> <p>②公众成员年有效剂量不超过 0.1msv。</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**

**13.1 项目概况**

宁乡市人民医院拟对传染病房楼一层原传染科部分用房进行改造，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 开展甲亢治疗和甲测，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**

本项目核医学场所不邻接妇产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，医院食堂位于本项目拟建核医学科场所控制区外西北面 66m，楼上为感染科住院病房，楼下无建筑结构，辐射环境本底监测属于调查范围内，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，宁乡市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

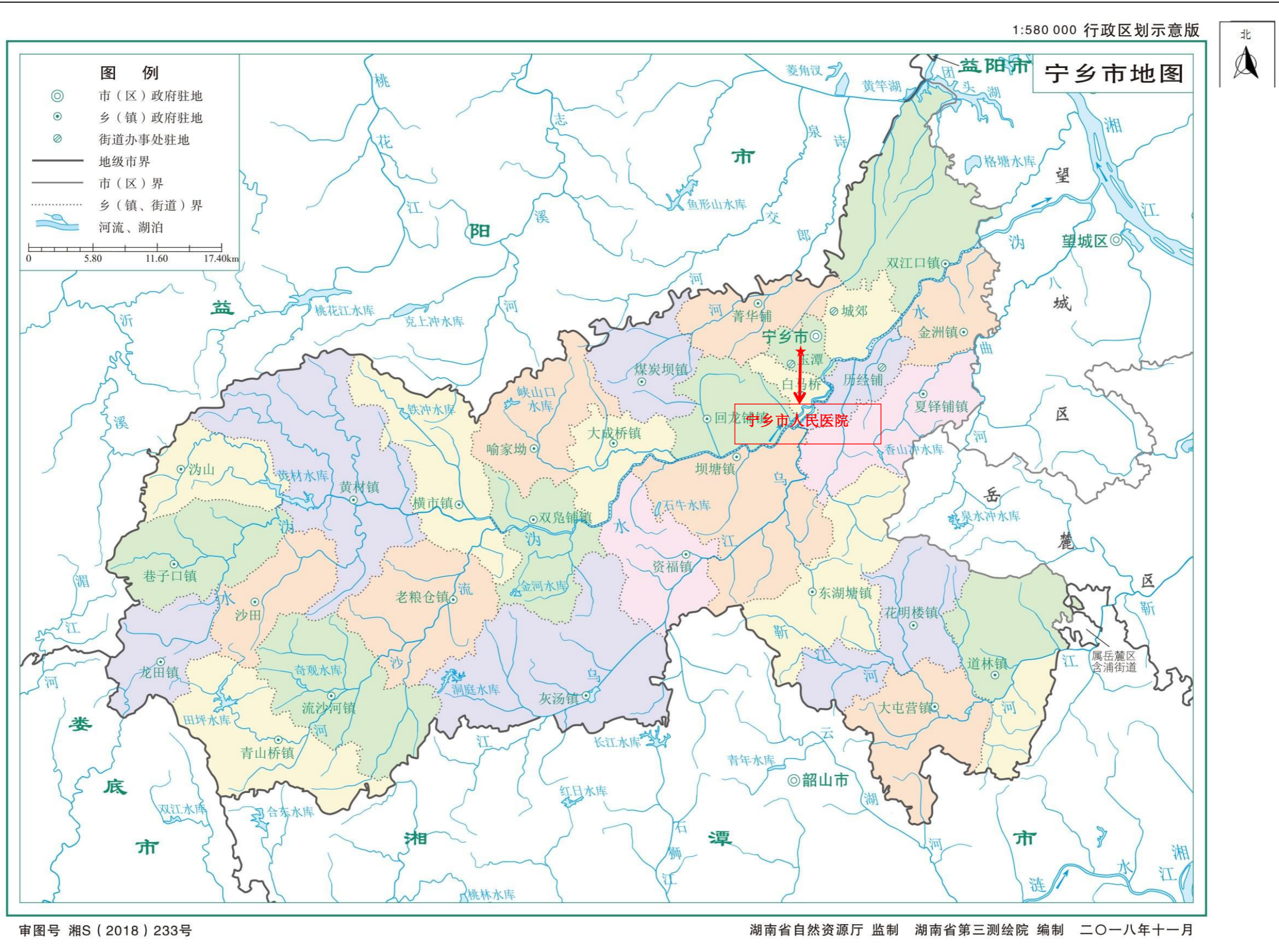
审批意见：

经办人：

公章：

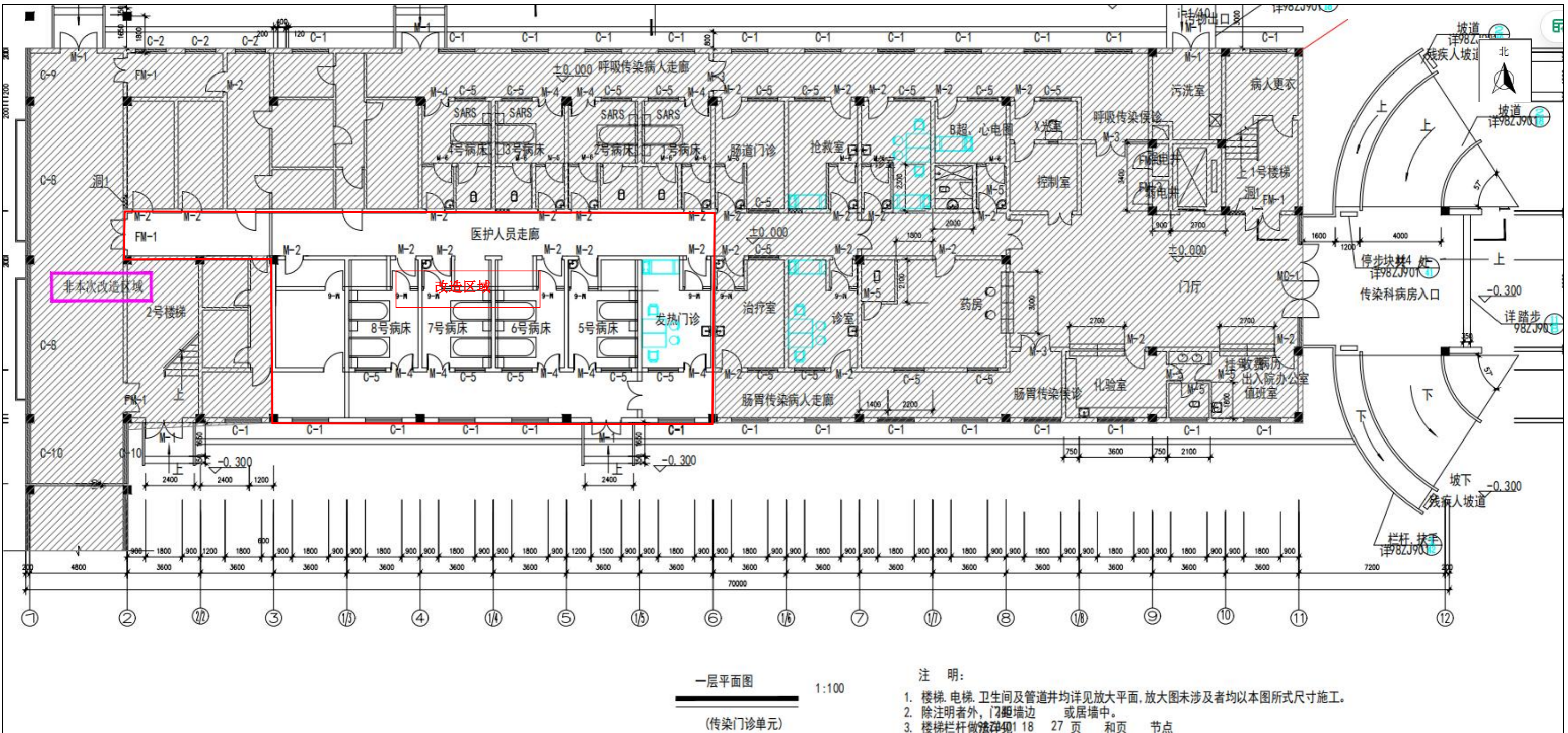
年 月 日

附图一：医院地理位置图



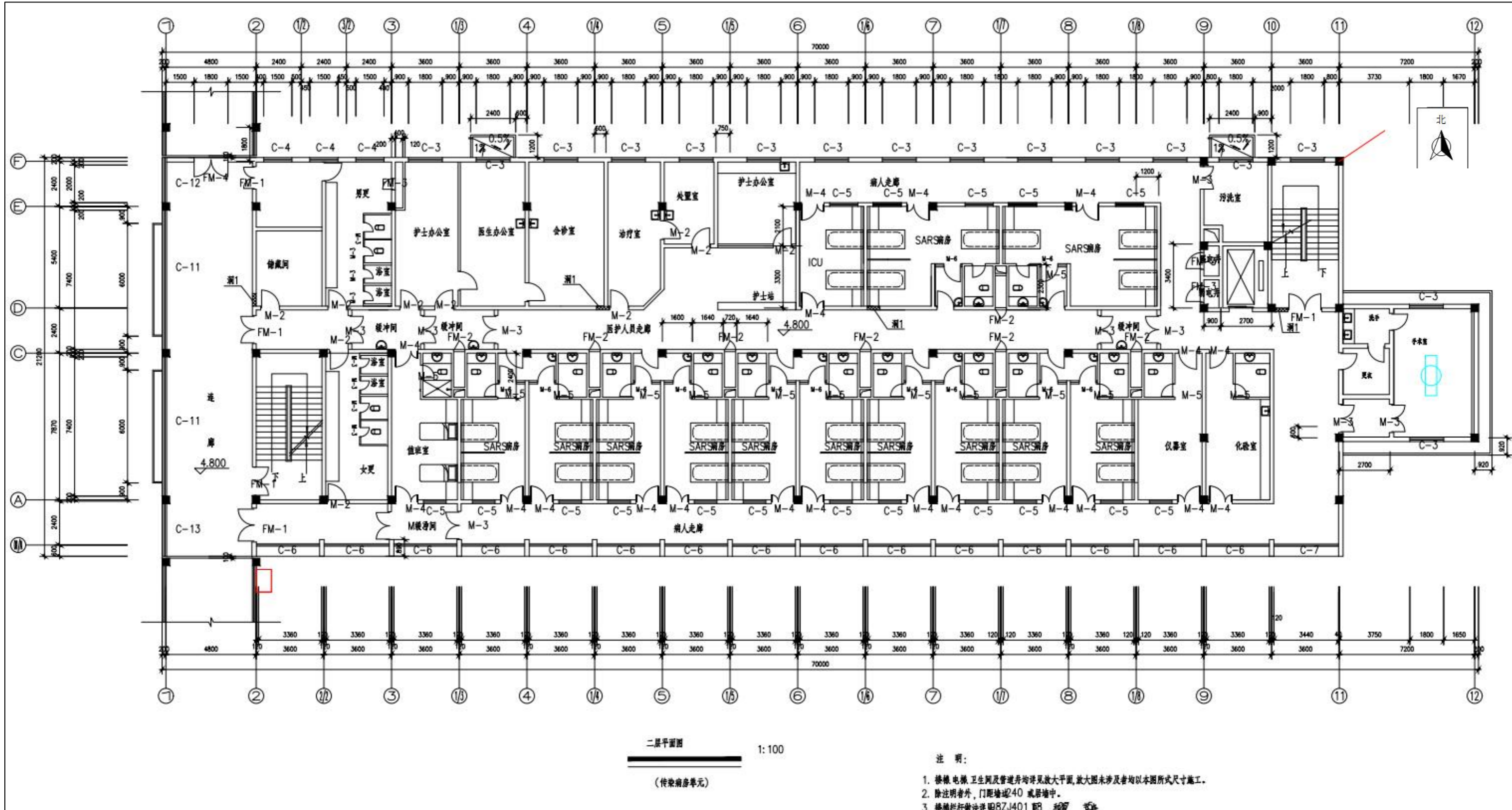


附图三：传染病房楼一层原始平面示意图



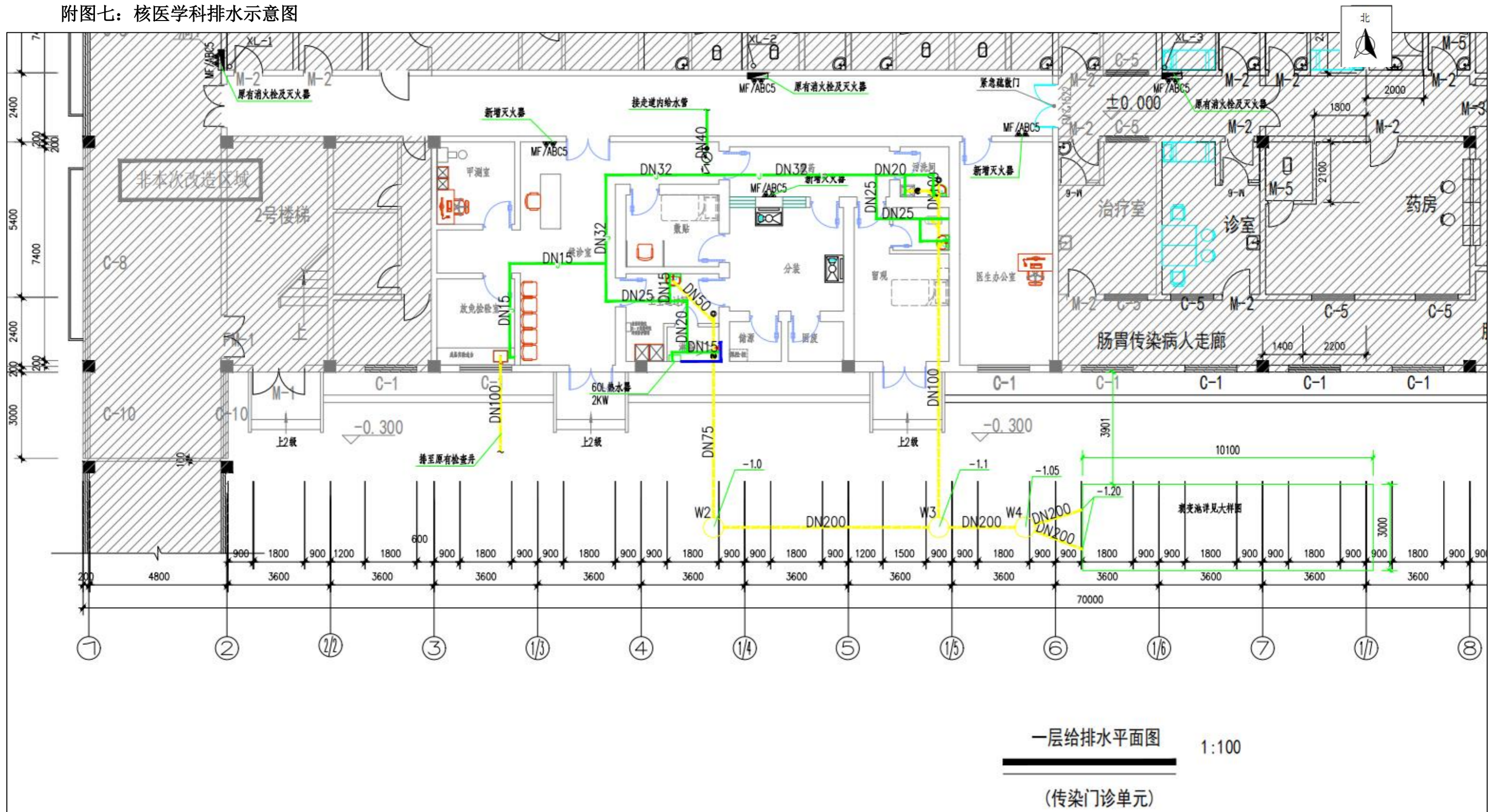


附图五：传染病房楼二层平面布置图

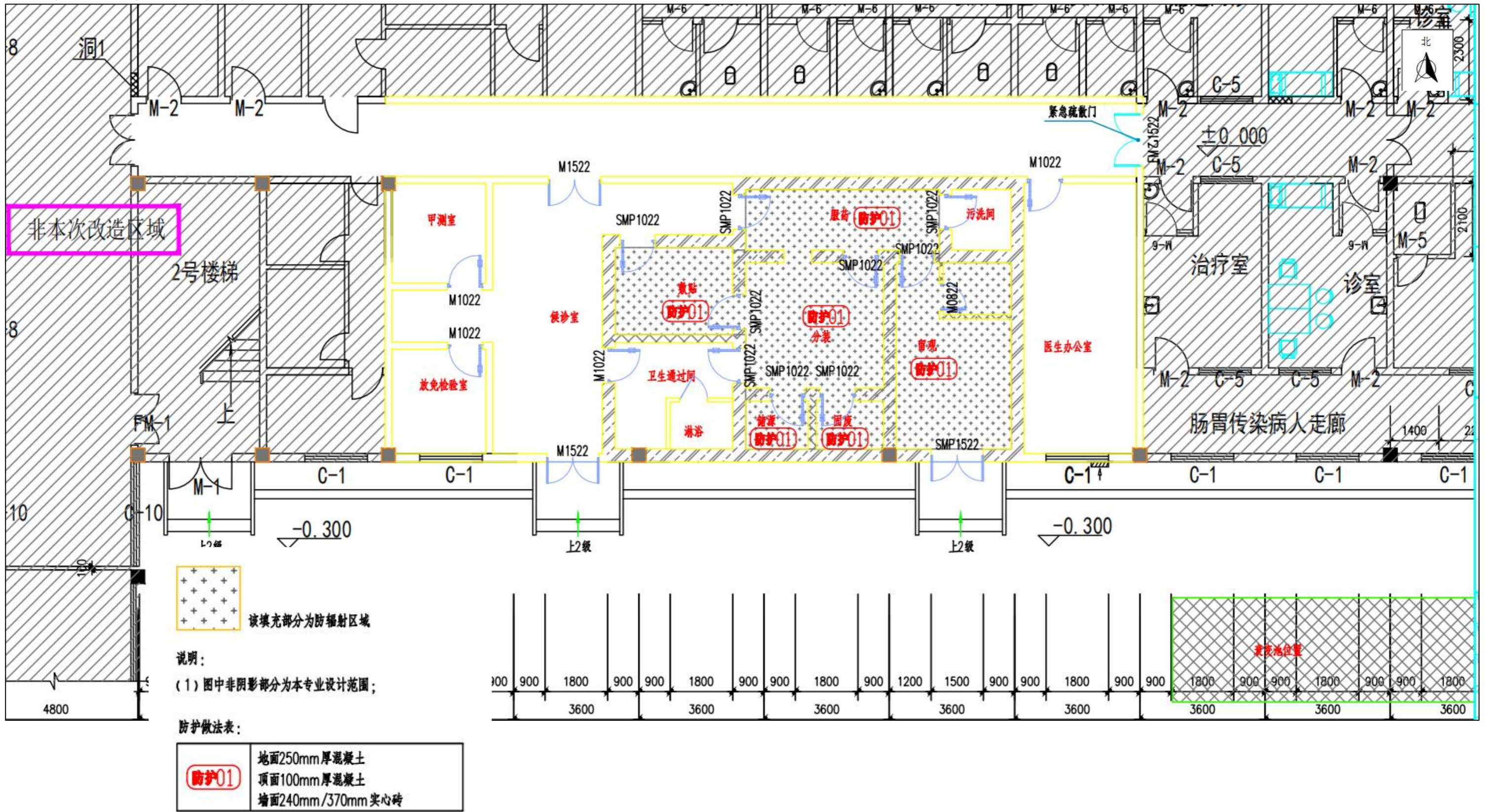




附图七：核医学科排水示意图



附图八：本项目防辐射做法示意图



该填充部分为防辐射区域

说明：  
(1) 图中非阴影部分为本专业设计范围；

防护做法表：

<b>防护01</b>	地面250mm厚混凝土 顶面100mm厚混凝土 墙面240mm/370mm实心砖
-------------	--

附图九：本项目衰变池设计

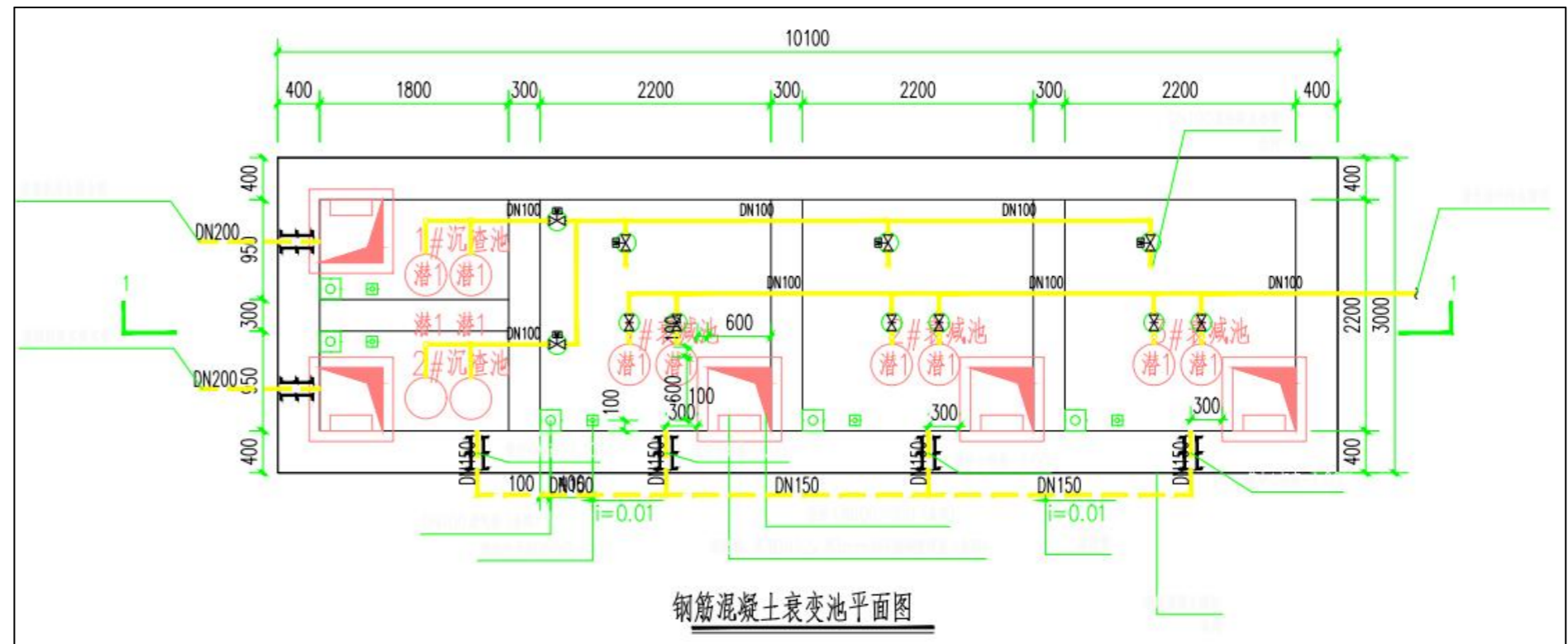
## 衰变池设计说明

### 一、设计依据

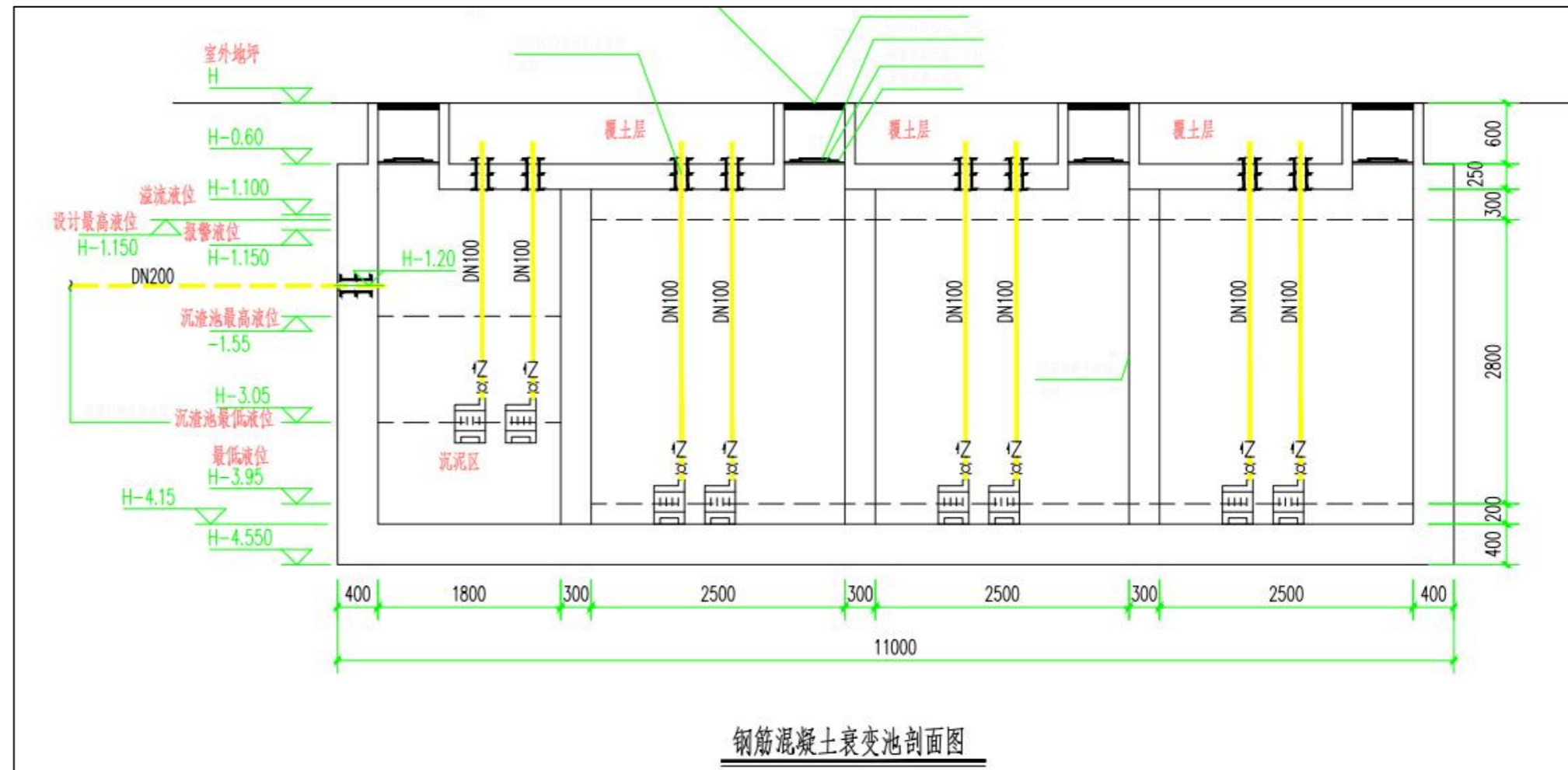
- (1) 设计合同；
- (2) 本公司相关专业提供的设计条件；
- (3) 建设方提供的用地现状地形图；
- (4) 建设方提供的其他有关资料。

### 二、采用的规范及标准

- (1) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)；
- (2) 《室外排水设计标准》(GB50014-2021)；
- (3) 《医院污水处理设计规范》(CECS 07:2004)；
- (4) 《医院污水处理工程技术规范》(HJ 20209-2013)；
- (5) 《室外给水设计标准》(GB50013-2018)；
- (6) 《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019)；
- (7) 《综合医院建筑设计标准》(GB51039-2014)(2024年版)；
- (8) 《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)；
- (9) 《建筑与市政工程抗震通用规范》(GB55002-2021)；
- (10) 《建筑机电工程抗震设计规范》(GB50981-2014)；
- (11) 《医疗机构污水处理工程技术标准》(GB51459-2024)；
- (12) 《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)



钢筋混凝土衰变池平面图



钢筋混凝土衰变池剖面图

### 三：设计说明：

1. 沉渣池进水管采用柔性接口机制排水铸铁管，RC1型法兰连接；其余进水管、出水管及构筑物配管，均采用无缝钢管，焊接连接，管道均外包3mm铅板。外部做“三油两布”防腐处理。
2. 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息，衰变池地面应设置标识，杜绝人员长时间逗留。
3. 衰变池内部做好防渗、防腐处理，池体内部采用素水泥砂浆一层+防水卷材+素水泥砂浆一层+混凝土结构，衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性，内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。
4. 预埋管道及立管支架做法均详见国家建筑标准图集03S702相关大样。衰变池井盖应有防盗、防坠落网措施，井盖上有属性标识。
5. 其他未尽事宜均根据现场情况按相关规定规程处理。
6. 每天服务甲亢门诊人数10人，每人污水量为12L，每周接诊2天；医生2人，每人污水量72L，每周接诊5天，每天两班。计算污水量为0.96立方米/周。
7. 放射性元素为I131和P32，以I131为最不利元素，衰变180d后直接排放；衰变池设计成3格，每两格水量满足26周及180天污水量，结合实际每格设计有效容积取13.5立方米。

溢流液  
设计最高液位  
H-1.150

### 四、工艺流程说明：

1) 衰变池1的运行流程如下，由自动搅匀排污泵及电磁控制阀自动实现，其中一池充水时其余各池均应处于关闭状态：

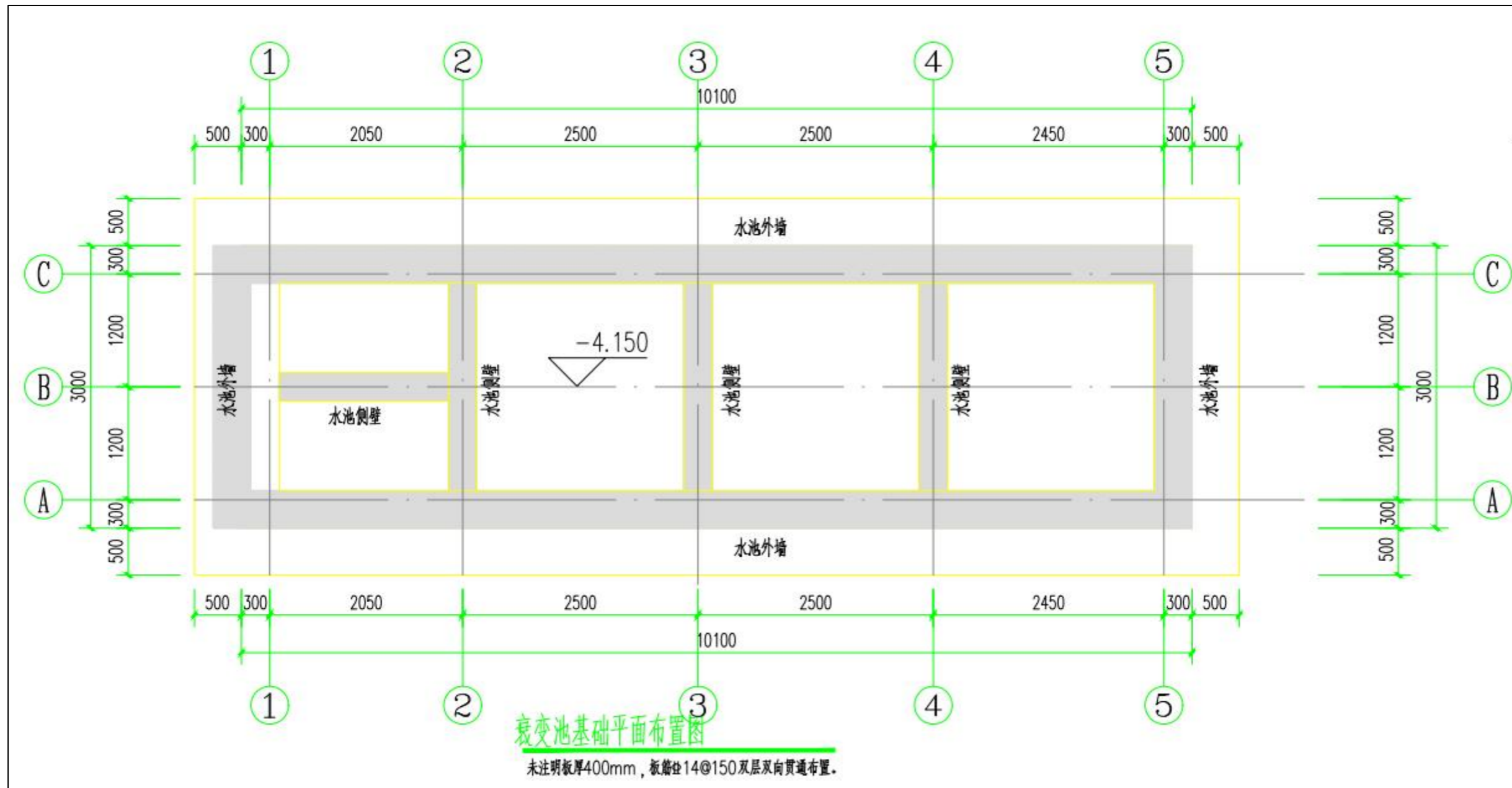


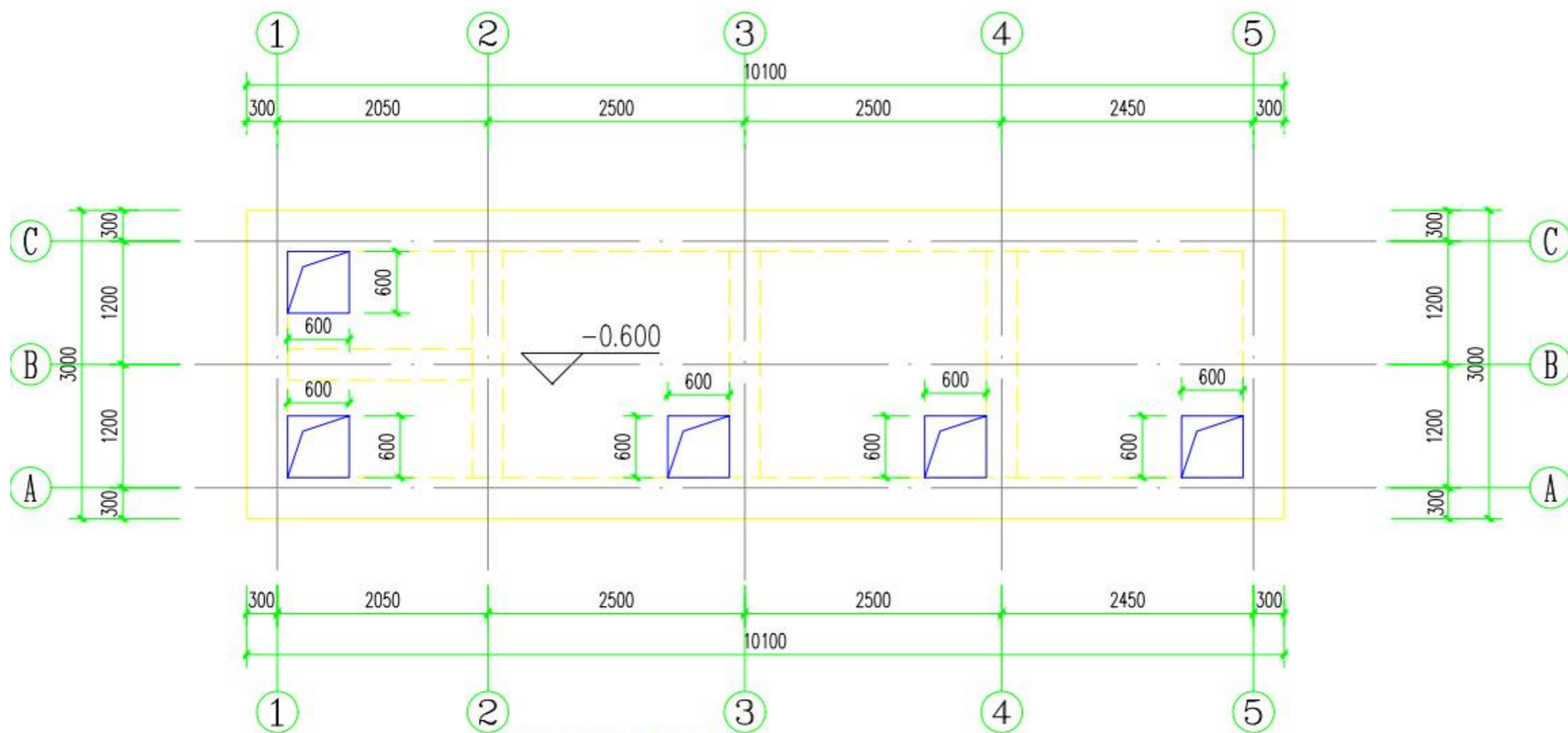
2) 衰变池控制说明：沉渣池进水，再注入衰减池，水位至-1.15，到达高液位，池底自动搅匀排污泵开启，到达低液位-3.95时停泵，自动控制；

- 1#衰减池进水，1号电磁阀打开，其余关闭，到达高液位，关闭1号电磁阀，1#衰减池封存；2#衰减池进水，2号电磁阀打开，其余关闭，到达高液位，关闭2号电磁阀，2#衰减池封存；3#衰减池进水，3号电磁阀打开，其余关闭，到达高液位，关闭3号电磁阀，3#衰减池封存；
- 3#衰减池进水将满时，1#衰减池自动搅匀排污泵开启，1#衰减池排空；之后循环此过程，1#进水将满时，2#排空；2#进水将满时，3#排空；自动搅匀排污泵将衰减后达标的废水排进市政污水管网再次进行处理。

3) 每个衰减池及沉渣池均设置一浮球液位计，可编程控制器采集到每个衰减池的液位情况来控制相应的电磁阀开闭状态。达到报警水位、最高设计液位及溢流液位时，触发声光报警装置，并将其信号发送至BA控制中心，可编程控制器应具备接入BA系统的通讯接口，BA控制室可以显示每个衰减池的液位情况及每个电磁阀的开闭状态。水泵及阀门同时具备手动启动功能，运行可采用手动控制。

- 4) 自动搅匀排污泵实行自动运转,BA系统可采集其运行状态、故障报警信号。
- 5) 每个衰减池及沉渣池均设置自动搅匀排污泵两台,潜污泵带自动耦合装置、带切割装置,周期交替使用,水泵规格:(两台,一用一备) $Q=20\text{m}^3/\text{h}$   $H=20\text{m}$   $N=2.2\text{kW}$ 。
- 6) 沉渣池采用两组,交替使用,每半年清理一次。
- 7) 本设计应结合工艺要求对衰变池结构及电气部分审核,经相关部门批准后,方可施工。
- 8) 衰变池后期由专业厂家配合深化设计后方可施工。





衰变池顶层结构平面布置图

未注明板厚均为250mm，板筋 $\Phi 12@180$ 双层双向贯通布置。  
顶板洞口四周加强筋应按结构总说明要求设置

### 防腐蚀设计说明:

1、本工程为二b类环境，应按弱腐蚀性进行处理，故底板、外墙及一层梁板应进行如下防护处理：

- (1)、混凝土和水泥砂浆采用抗硫酸盐硅酸盐水泥，并掺入钢筋阻锈剂。
- (2)、混凝土最小胶凝材料用量为 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ；最大水胶比为0.50；最大氯离子含量（水泥用量的百分比）为0.10。
- (3)、采用防水混凝土，抗渗等级P8。混凝土的砂、石应致密，不得采用有碱骨料反应的活性骨料。
- (4)、混凝土保护层厚度：板30mm，梁柱35mm。
- (5)、底板及基础梁表面涂沥青冷底子油两遍和沥青胶泥涂层，厚度 $\geq 300\mu\text{m}$ 。
- (8)、混凝土中若掺入外加剂，应确保外加剂对混凝土的性能无不利影响，对钢筋不得有腐蚀作用。混凝土中掺入矿物掺合料、钢筋阻锈剂或抗硫酸盐的外加剂时，其掺量、使用方法和耐腐蚀性能可按相应产品的使用说明并经验证后确定。

## 附件 1 本项目环评委托书

# 宁乡市人民医院 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》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》等相关法律法规的规定，我单位研究决定委托贵单位承担“宁乡市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 and 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：宁乡市人民医院  
(盖章)

2026年3月29日