

核技术利用建设项目

娄底市第一人民医院放疗中心建设项目

环境影响报告表

（送审稿）

娄底市第一人民医院

二〇二六年七月

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	12
表 3 非密封放射性物质	12
表 4 射线装置	13
表 5 废弃物（重点是放射性废物）	14
表 6 评价依据	15
表 7 保护目标与评价标准	18
表 8 环境质量和辐射现状	32
表 9 项目工程分析与源项	35
表 10 辐射安全与防护	52
表 11 环境影响分析	82
表 12 辐射安全管理	112
表 13 结论与要求	119
表 14 审批	121

附件

- 附件 1 委托书
- 附件 2 辐射安全许可证
- 附件 3 关于调整辐射安全与防护管理领导小组的通知
- 附件 4 辐射防护相关制度
- 附件 5 辐射安全事故应急预案
- 附件 6 剂量管理目标值的确定文件
- 附件 7 医院现有辐射工作人员情况一览表
- 附件 8 现有辐射工作人员个人剂量报告
- 附件 9 外科楼 DR 二室工作场所防护检测报告
- 附件 10 现状监测报告
- 附件 11 整改报告

附件 12 放疗科拟配置设备、人员及工作量计划、屏蔽设计

附件 13 关于核医学科核素操作量及年工作的确认函

附件 14 放疗中心楼环境影响登记备案表

附件 15 模拟 CT 定位机环境影响登记备案表

附件 16 关于门诊楼儿科、妇产科门诊搬迁承诺

附图

附图 1 项目地理位置示意图

附图 2 医院平面布局及本项目评价范围示意图

附图 3 门诊楼一层现状图

附图 4 门诊楼二层现状图

附图 5 门诊楼、放疗中心楼一层平面布局图

附图 6 门诊楼、放疗中心楼二层平面布局图

附图 7 门诊楼、放疗中心楼三层平面布局图

附图 8 放疗中心楼剖面图

附图 9 现场照片

表 1 项目基本情况

建设项目名称		娄底市第一人民医院放疗中心建设项目			
建设单位		娄底市第一人民医院			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路			
项目建设地点		湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路放疗中心楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）			项目环保投资（万元）		投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	项目概述 1.1 医院简介 娄底市第一人民医院始建于 1958 年，医学人文积淀深厚，是一所集医疗、保健、教学、科研于一体的国家三级甲等综合医院，是中国工程院宁光院士团队定点研究单位、国家药物临床试验机构、中国创面修复专科建设培育单位、中国烧伤创疡娄底科技医疗中心、北京海鹰脊柱健康公益基金会脊柱贫病救助国家级湖南救助中心、中国医药教育协会肩肘运动医学娄底规范化培训基地、中山大学附属肿瘤医院医联体医院、湖南省人民医院定点指导医院、湖南中医药大学第一附属医院湘中医·医疗联盟单位、湖南省助理全科医生培训基地、湖南省娄底市全科医生转岗培训基地、3D 打印湖南省工程研究中心娄底分中心、长沙医学院非直属附属医院、娄底市创面伤口修复中心、娄底市青少年骨病防治诊疗中心、中南大学湘雅医院骨科联盟、湖南省儿童医院儿童骨科联盟娄底唯一合作病区，建有全市首家国家级胸痛中心。 医院编制床位 1200 张，现有职工 900 余人，其中高级职称专家 180 余人、中				

级职称 380 余人、本科及研究生以上学历 680 余人。医院技术力量雄厚，现有骨科 1 个国家临床重点专科培育项目，康复理疗科 1 个省级中医重点专科，内分泌代谢科等 12 个省临床重点专科，神经内科等 14 个市级重点专科。是娄底市医学会烧伤整形外科、创面伤口修复、手足显微外科、糖尿病学、物理医学与康复专业委员会主委单位。

1.2 任务由来

为进一步提升区域医疗服务能力、满足群众就医需求，娄底市第一人民医院对门诊楼东北侧原影像科局部区域进行了拆除改造，拟在原址新建一栋三层放疗中心楼，放疗中心楼不新增床位，已按要求办理了环境影响登记备案手续（见附件 14）。

放疗中心楼一层拟建放疗科，用于开展肿瘤放射治疗相关业务，规划设置 1 间加速器机房及配套辅助用房，拟新增购置并安装 1 台医用电子直线加速器，该加速器属于Ⅱ类射线装置。放疗中心楼二层西部拟建核医学科，拟使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定（以下简称“甲测”），场所为一处乙级非密封放射性物质工作场所。

加速器机房东侧隔室外通廊为医技楼一楼，拟建设 1 间 CT 定位机房及其控制室，该 CT 定位机属于Ⅲ类射线装置。放疗中心楼二层核医学科拟使用放射源 ^{90}Sr - ^{90}Y 开展敷贴治疗，敷贴治疗拟使用 1 枚活度为 $7.4\text{E}+08\text{Bq}$ 的 ^{90}Sr - ^{90}Y 放射源，属于 V 类源。CT 定位机和 ^{90}Sr - ^{90}Y 放射源另行备案（CT 定位机环境影响登记备案表见附件 15），本次环评不再对其进行评价。

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）以及《中华人民共和国环境影响评价法》，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Ⅱ类射线装置和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，娄底市第一人民医院委托湖南涌仁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，按照国家对辐射项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目环境影响报告表。

1.3 项目概况

1.3.1 项目名称、性质、建设地点

- （1）项目名称：娄底市第一人民医院放疗中心建设项目
- （2）建设单位：娄底市第一人民医院
- （3）建设地点：湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路放疗中心楼
- （4）建设性质：扩建

1.3.2 项目组成

根据本项目特点，本项目主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程四部分组成，项目组成见表 1-1。

表 1-1 本项目组成基本情况一览表

名称		建设内容及规模		备注
主体工程	放疗科		放疗中心楼一层拟建1间加速器机房，开展放射治疗相关业务。拟新增一台医用电子直线加速器，X射线最大能量不超过10MV，设备型号待定。	新建
	核医学科		放疗中心楼二层拟建储源室、分装室、固废室、服药室、留观室、甲测室、卫生通过间等功能用房。	新建
辅助工程	放疗科		控制室、水冷机房、物理计划室、制模室、模具室等。	新建
	核医学科		接待室/资料室、医生办公室、核医学科门诊室、候诊走廊等。	新建
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。加速器水冷机房采用自制或外购纯水。	依托
环保工程	放疗科	有害气体	加速器机房拟采用“上进风，下排风”的机械动力通风系统，处理臭氧、氮氧化物等有害气体；机房拟设2个送风口，分别位于机房西北角和东北角吊顶处；设2个排风口，分别设在机房内西南角和东南角，距离地面20cm处。机房内的通风换气次数保证不低于4次/h，废气在放疗中心楼楼顶排放。	新建
		放射性固废	加速器废靶件、准直器等组成部件在更换或退役时，可能因活化而存在放射性，对其外表面进行辐射剂量率监测，满足清洁解控要求由设备厂家回收，否则委托有资质单位收贮。	依托
		辐射防护	加速器机房四周墙体、顶板、地板均采用混凝土屏蔽，防护门铅当量为 14mmPb。	新建
	核医学科	放射性废气	核医学科控制区共设2套独立的排风系统，2套通风系统均设有活性炭吸附装置，在门诊楼楼顶排放。	新建
		放射性废水	新建1套三级地理式槽式衰变池系统，位于拟建放疗中心楼北侧地下区域。由1个有效容积为2.988m³的调节池和3个有效容积均为11.628m³的衰变池构成，总有效容积为37.872m³。	新建
		放射性固废	在分装室、服药室、留观室设置铅污物桶，放射性废物收集后集中存放于核医学科固废间铅废物衰变箱，存放达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。	新建
		辐射防护	分装柜屏蔽厚度为30mmPb，工作场所控制区边界及内部的四周墙体、顶板、地板、防护门等均采用足够防护效能的屏蔽材料（如实心砖、混凝土、硫酸钡、铅、铅玻璃）进行辐射屏蔽防护，保证屏蔽体外周围剂量率满足标准限值要求。	新建
	污水处理		工作人员、病患及病患家属等产生的生活污水依托医院污水处理设施处理。	依托
	固体废物		工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾收集后交由环卫部门回收处理，医疗垃圾采用专门的收集容器回收暂存后，交由有资质单位定期回收处置。	依托

1.3.3 建设内容与规模

(1) 放疗科

放疗科设在放疗中心楼一层，包括 1 间加速器机房及其辅助用房，拟配置 1 台医用电子直线加速器开展放射治疗。

(2) 核医学科

核医学科设在放疗中心楼二层西部，场所内使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗及甲状腺功能检测，场所为一处乙级非密封放射性物质工作场所。核素治疗区包括储源室、分装室、固废室、服药室、留观室、甲测室、卫生通过间等，放疗中心楼北侧地下设置 1 套衰变池。

1.3.4 射线装置及非密封放射性物质

(1) 射线装置

本项目拟使用射线装置情况详见表 1-2。

表 1-2 本项目射线装置参数一览表

设备名称	台数	位置	型号	设备参数	类别	备注
医用电子直线加速器	1	放疗中心楼一层	待定	X 射线 $\leq 10\text{MV}$ ，常规剂量率 $\leq 600\text{Mu/min}$ ， 10MV FFF 模式剂量率 $\leq 1400\text{Mu/min}$ ；电子线 $\leq 22\text{MeV}$ ， 1000Mu/min	II类	新购

(2) 非密封放射性物质

本项目拟使用非密封放射性物质为 ^{131}I ，具体情况详见表 1-3，操作量详见表 1-4。

表 1-3 本项目核医学科新增非密封放射性物质使用情况

核素	单人次最大药量 (Bq)	每天最多人次 (人/d)	年最大使用天数 (d/a)	年最大诊断人数 (人/a)	年最大用量 (Bq)
^{131}I 甲亢	$3.70\text{E}+08$ (10mCi)	5	150	750	$2.78\text{E}+11$ (7500mCi)
^{131}I 甲测	$3.70\text{E}+05$ (0.01mCi)	10	150	1500	$5.55\text{E}+08$ (15mCi)

注：医院采取预约制，甲亢治疗计划每天治疗 5 人次，每周接诊 3 天，年工作 50 周，每年接诊 150 天，年治疗人数 750 人；甲测计划每天治疗 10 人次，每周接诊 3 天，年工作 50 周，每年接诊 150 天，年治疗人数 1500 人。

表 1-4 本项目核医学科操作量一览表

核素	单人次最大药量 (Bq)	日最大操作量 (Bq)	毒性因子	操作因子	日等效最大操作量 (Bq)
^{131}I 甲亢	$3.70\text{E}+08$	$1.85\text{E}+09$	0.1	1	$1.85\text{E}+08$
^{131}I 甲测	$3.70\text{E}+05$	$3.70\text{E}+06$	0.1	1	$3.70\text{E}+05$

本项目加速器治疗人数按 50 人次/天计，每周工作 5 天，每周治疗人数 250 人次，年工作 50 周，平均每名患者治疗（常规治疗）照射时间约 1.5min，本项目保守均按照调强治疗考虑，调强因子取 N 为 5，则每人次受照时间均以 7.5min 计，直线加速器周出束时间约 31.25h，年出束时间 1562.5h。

（2）核医学

本项目甲亢、甲测每周均进行 3 批次 ^{131}I 患者给药（周一、周三、周五上午），将甲亢服药安排在工作日上午 9:00-11:00，甲测服药安排在服药日上午 11:00-12:00，患者从时间上不交叉。 ^{131}I 药品在当天工作开展前由厂家送至核医学科分装室并放置于分装柜内，每周送药 3 次，年送药 150 次。

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）》，本项目使用的医用电子直线加速器和非密封放射性物质不属于限制类或者淘汰类产业，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

娄底市第一人民医院位于湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路，医院东南侧为碧溪路，西南侧为碧溪街，西侧为桑树塘路，北侧、东北侧均为院外碧溪村居民房。医院地理位置图见图 1-1，医院平面布局见图 1-2。



图 1-1 项目地理位置图

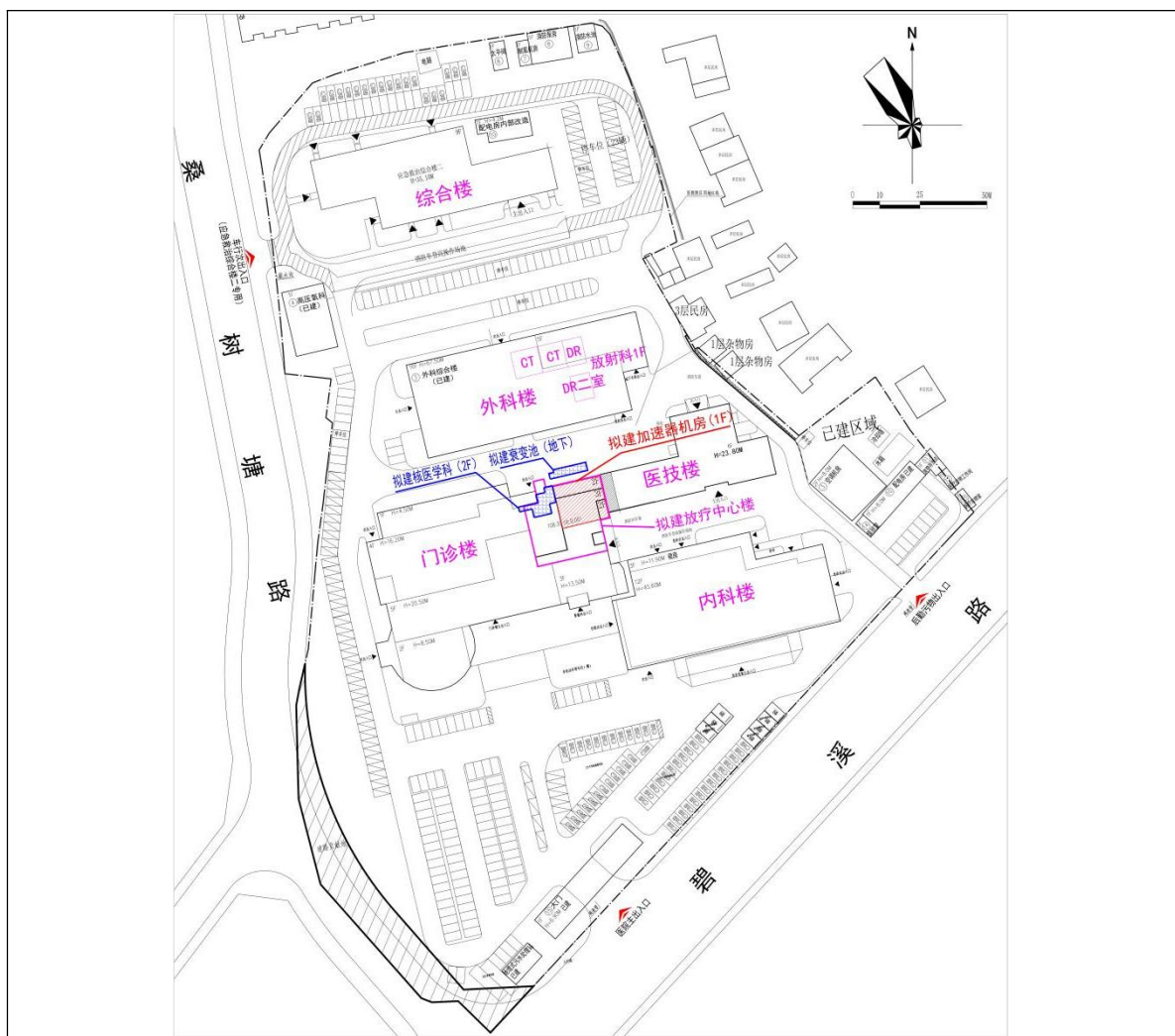


图 1-2 医院平面布局图

本项目均设于放疗中心楼，放疗中心楼由门诊楼东北侧原影像科局部区域拆除后改建而成。门诊楼一、二层现状详见附件 3、附图 4。放疗中心楼一层东侧隔室外通廊（宽约 2.7m）为医技楼拟建 CT 定位机房及其控制室，二层与医技楼相邻；放疗中心楼东南侧 6.5m 为内科楼，南侧、西侧与门诊楼相邻，北侧 16m 为外科楼。放疗中心楼为一栋地上三层的建筑，其一层主要为放疗科相关用房，二层主要为加速器机房顶部夹层、核医学科和大实验室，三层主要为空调机房、排烟机房、走廊等，放疗中心楼一、二、三层平面布置详见附件 5、附图 6、附图 7。放疗中心楼一层层高 4.5m，二层层高 4m，三层层高 4.5m，总高 13m，加速器机房顶板位于二层地面的次屏蔽标高为 5.2m、主屏蔽标高为 6.4m，三层地面的标高为 9.4m—9.7m，放疗中心楼剖面图详见附件 8。放疗中心楼与北侧外科楼一楼放射科最近的射线装置机房为 DR 二室，根据 2026 年 1 月的工作场所防护检测报告（见附件 9），该 DR 运行情况下，机房屏蔽体外周围剂量当量率为 0.13~0.18 μ Sv/h，处于本底值范围，因此不考虑放射科对本项目的剂量叠加影响。放疗中心楼建成后效果图见图 1-3。

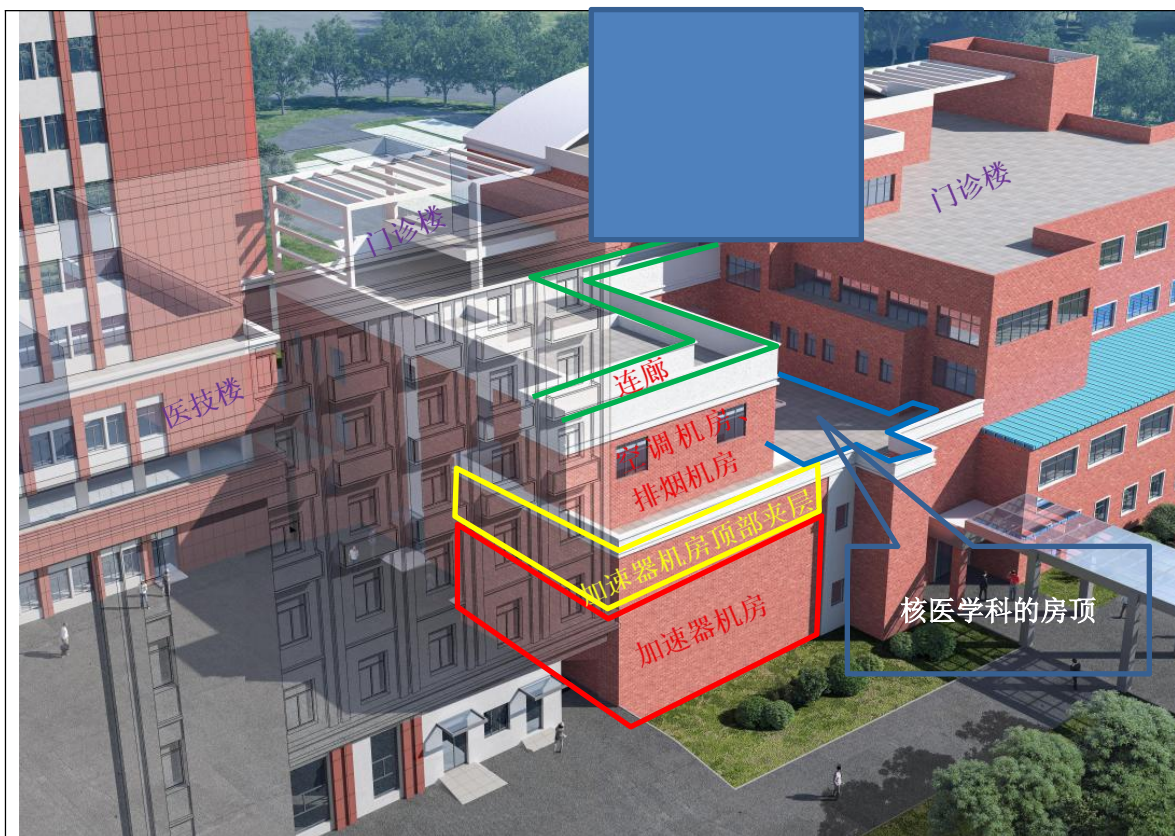


图 1-3 放疗中心楼效果图

根据医院计划该项目投入使用前对南侧门诊楼一楼儿科门诊、二楼妇产科门诊进行搬迁，搬迁后原区域将分别作为外科诊室、内镜室门诊室使用，搬迁承诺详见附件 16。

放疗科加速器机房位于放疗中心楼一层，其东侧隔室外通廊为医技楼的拟建 CT 定位机房及其控制室，南侧紧邻楼梯间和走廊，西侧紧邻控制室和水冷机房，北侧依次为室外空地、内部道路和外科楼。加速器机房顶板正上方的二楼为无使用功能的夹层，人员无法进入，夹层东侧紧邻医技楼健康管理中心的储备室、走廊和卫生间，南侧紧邻楼梯间和走廊，西侧紧邻核医学科外走廊和留观室，北侧临空。加速器机房位于大楼底部的一端，不邻接儿科病房、产科等特殊人群及人员密集区，控制室与治疗机房分开设置，治疗机房设置迷路，符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）标准的选址和布局要求。

核医学科位于放疗中心楼二层西部，控制区主要集中在西北部。核医学科控制区东侧紧邻加速器机房上方的夹层和核医学科走廊；南侧隔过道为甲测室、敷贴治疗室；西侧为门诊楼配电间、过道；北侧为核医学专用电梯厅和临空区域；正上方

为可上人的屋顶；正下方为放疗科辅助用房，包括控制室、水冷机房、模具室、医生办公室和走廊。衰变池位于放疗中心楼北侧的地下区域，周围采用不锈钢围栏阻止无关人员靠近。核医学科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，出口通过核医学科患者专用电梯通往放疗中心楼一楼北侧室外道路，远离了门诊大厅、收费处等人群稠密区域。符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）标准的选址和布局要求。

综上所述，本次评价认为本项目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[02810]，有效期至 2029 年 2 月 6 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 10 台。

表 1-6 现有射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	工作场所	环评手续	许可情况	验收情况
1	CT 机	Somatom Emotion 6	Ⅲ类	外科楼一楼放射科 CT 一室	202343130200000150	已许可	无需验收
2	CT 机	SOMATOM go.Top	Ⅲ类	外科楼一楼放射科 CT 二室	202043130200000156	已许可	无需验收
3	胃肠机	Neo-Vision	Ⅲ类	外科楼一楼放射科 DR 一室	202343130200000140	已许可	无需验收
4	床旁 CR	HM-200	Ⅲ类	外科楼一楼放射科	202043130200000156	已许可	无需验收
5	DR 机	Ysio	Ⅲ类	外科楼一楼放射科 DR 二室	202643130200000198	已许可	无需验收
6	乳腺 X 射线机（非在用）	RH-HAWK	Ⅲ类	健康管理中心	202543130200000065	已许可	无需验收
7	DSA	UNIQ FD20	Ⅱ类	门诊楼一楼介入导管室一	湘环许决字（2024）297 号	已许可	2025 年 2 月已完成自主验收
8	DSA	Pilot3000	Ⅱ类	门诊楼一楼介入导管室二		已许可	
9	牙科全景机	CRA-2	Ⅲ类	门诊楼四楼口腔科 X 片放射室	202043130200000156	已许可	无需验收
10	移动式 G 臂机	DigiArc 100AC	Ⅲ类	外科楼四楼手术室 2	202343130200000097	已许可	无需验收
11	DR 机	新东方 1000C	Ⅲ类	医技楼一楼 DR 室	202643130200000198	已许可	无需验收
12	移动式平板 C 形臂 X 射线机	Z12	Ⅲ类	外科楼四层第二手术室	202643130200000184	已许可	无需验收

(2) 现有辐射工作人员

根据核技术利用申报系统统计，医院现有辐射工作人员共 61 人，人员档案由专人管理，辐射工作人员职业健康体检、辐射安全与防护培训、个人剂量检测总体情况见表 1-7，人员详细情况见附件 7。

表 1-7 医院现有辐射工作人员信息一览表

辐射工作人员数量	61 人
职业健康检查	有 4 名辐射工作人员需重新体检，其余 57 名辐射工作人员体检报告均合格且在有效期内。
辐射安全与防护培训	现有辐射工作人员中有 26 人参加了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，其余 35 人仅从事Ⅲ类射线装置操作，已按要求进行了自主培训考核，所有人员的培训考核成绩均在有效期内。
个人剂量检测情况	通过查阅连续一年度个人剂量监测报告和医院辐射安全申报系统，在岗辐射工作人员个人剂量检测结果不超过管理目标值和标准限值，最近 4 个季度个人剂量监测报告见附件 8。

医院现有辐射工作人员全部配备了个人剂量卡，辐射安全与防护培训成绩均在有效期内，职业健康体检方面存在的问题正在整改，已安排体检暂未出具体检报告。本项目新增辐射工作人员应按要求进行职业健康检查、辐射安全与防护培训，佩戴个人剂量计上岗。

(3) 现有辐射安全管理情况

1) 医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，制定了一系列的辐射安全管理制度和辐射安全事故应急预案。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) 年度评估报告

医院 2026 年对本单位 2025 年度辐射工作场所的安全和防护状况进行了年度评估工作，并于 2026 年 1 月 19 日在全国核技术利用辐射安全申报系统提交了上一年的评估报告，满足相关管理要求。

4) 辐射监测

医院 2025 年已委托有资质单位对本单位的各辐射工作场所进行了年度监测工

作，根据监测报告，医院现有辐射工作场所均满足相关标准要求。

5) 运行情况

医院开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

(4) 最近一次监督检查存在的问题及整改落实情况

根据医院“全国核技术利用辐射安全申报系统”中的监督检查通知记录，2026 年 5 月 13 日，娄底市生态环境局对医院进行了辐射安全监督检查，并发现了医院在辐射管理工作存在的一些问题，医院根据监督检查意见对相关问题进行了整改并提交了整改报告（见附件 11），具体整改情况如下：

1) 五台射线装置的序列号与副本上不一致。

整改情况：立即对全院所有射线装置逐台核对设备型号、序列号、出厂编号，重新规范登记台账，做到账物一致、信息准确。并在本次辐射安全许可证重办期间完成信息修改，并递交变更资料，确保许可证信息与实际设备完全一致。已于 2026 年 7 月重新办理了辐射安全许可证，见附件 2。

2) 5 名放射工作人员离岗体检未做。

整改情况：已于 2026 年 5 月 15 日安排 5 名离岗放射工作人员前往娄底市职业病防治医院进行体检。体检结果均为：目前没有发现辐射损伤，可以离岗。

3) 辐射检测仪未及时校准。

整改情况：立即将辐射监测仪器送至有资质单位进行校准，确保设备合规有效。

4) 个别辐射工作人员未佩戴个人剂量仪。

整改情况：通过查看最近连续四个季度个人剂量监测报告，发现个别工作人员存在剂量检测数据异常、缺失情况，经调查系个人剂量计保管不当、佩戴不规范所致。我院已加强管理，明确日常监督责任，严格督促辐射工作人员规范佩戴、妥善保管个人剂量计，确保今后剂量剂不丢失、不遗忘、监测数据完整准确。

5) 全国核技术利用监管平台培训资料未及时上传、个人剂量未及时上传、新增人员未入平台，请及时更新。

整改情况：补全平台信息，规范日常维护，确保数据动态更新。已立即补全上传全国核技术利用监管平台所有培训资料；及时完成个人剂量监测数据上传；新增和离职辐射工作人员平台信息更新；本次系统维护的相关资料，已在本次辐射安全许可证重办期间一并上传完毕。

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							

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	¹³¹ I	液体，中毒，半衰期 8.02d	使用	1.85E+09	1.85E+08	2.78E+11	甲亢治疗	简单	放疗中心楼二层核医学科	核医学科分装柜或储源室	/
2	¹³¹ I	液体，中毒，半衰期 8.02d	使用	3.70E+06	3.70E+05	5.55E+08	甲测	简单	放疗中心楼二层核医学科	核医学科分装柜或储源室	/
		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
1	医用电子直线加速器	II类	1	待定	电子	X 射线≤10MV 电子线≤22MeV	X 射线≤10MV，常规剂量率 ≤600Mu/min，10MV FFF 模式剂量率 ≤1400Mu/min； 电子线≤22MeV，1000Mu/min	放射 治疗	放疗中心 楼一层加 速器机房	拟购

(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
加速器废靶件、准直器等组成部件	固态	/	/	/	/	/	不暂存，医院建立台账，由专人负责记录处理情况。	对加速器废靶件、准直器等组成部件外表面进行辐射剂量率监测，满足清洁解控要求由设备厂家回收，否则委托有资质单位收贮。
放射性固体废物（包括沾染核素的废西林瓶、一次性防护用品、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等）	固态	^{131}I	较低	/	112.5kg	/	收集后，存放于核医学科固废间内	存放达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。
通风系统定期更换的废活性炭滤芯	固态	^{131}I	较低	/	60kg	/	收集后，存放于核医学科固废间内	存放达到清洁解控水平后，作为普通医疗废物处理。
放射性废水	液态	^{131}I	较低	/	28.03m ³	总 β 放射性<10Bq/L， ^{131}I 活度浓度 $\leq 10\text{Bq/L}$	暂存于衰变池	在衰变池内衰变达到满足排放要求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。
气载放射性废物	气态	^{131}I	较低	/	微量	/	/	独立排风系统、活性炭吸附处理后楼顶排放。
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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	1. 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订，2015 年 1 月 1 日施行）； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正，2018 年 12 月 29 日施行）； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）； 4. 《中华人民共和国原子能法》（2026 年 1 月 15 日起施行）； 5. 《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）； 6. 《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）； 7. 《放射性废物安全管理条例》（国务院令第 612 号，2012 年 3 月 1 日起实施）； 8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月 1 日施行）； 9. 《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）； 10. 《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）； 11. 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日，国家发展改革委令第 7 号令发布，2024 年 2 月 1 日起施行）； 12. 《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）； 13. 关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）； 14. 《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）； 15. 《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）； 16. 《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）； 17. 《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函〔2023〕20号）； 18. 《核应急管理导则—放射源和辐射技术应用应急准备与响应》，（2003年2月21日，国防科工委、卫生部发布，科工二司[2003]147号）。
技术标准	1. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 2. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）； 3. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 4. 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； 5. 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； 6. 《表面污染测定第1部分：β发射体（$E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）； 7. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； 8. 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； 9. 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）； 10. 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； 11. 《职业健康监护技术规范》（GBZ188-2014）； 12. 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； 13. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）； 14. 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）； 15. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 16. 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 17. 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； 18. 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； 19. 《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）。
其他	1. 环境影响评价委托书（见附件1）； 2. 建设单位提供的其他资料；

- | | |
|--|---|
| | <ol style="list-style-type: none">3. 《辐射防护手册》（第一分册、第三分册）（李德平、潘自强主编，原子能出版社，1987 年）；4. 《辐射防护导论》，原子能出版社，1991 年；5. 《放射卫生学》（姜德智）；6. 《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷主编）；7. 《中国环境天然放射性水平》，《中国环境天然放射性水平》编辑委员会，中国原子能出版社，2015 年 7 月； |
|--|---|

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目属于医院核技术利用项目，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）中“第 1.5 评价范围和保护目标：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”。

本项目涉及 II 类射线装置和乙级非密封放射性物质工作场所，因此以加速器机房和核医学科辐射工作场所实体边界外 50m 为评价范围。本项目评价范围见图 7-1。

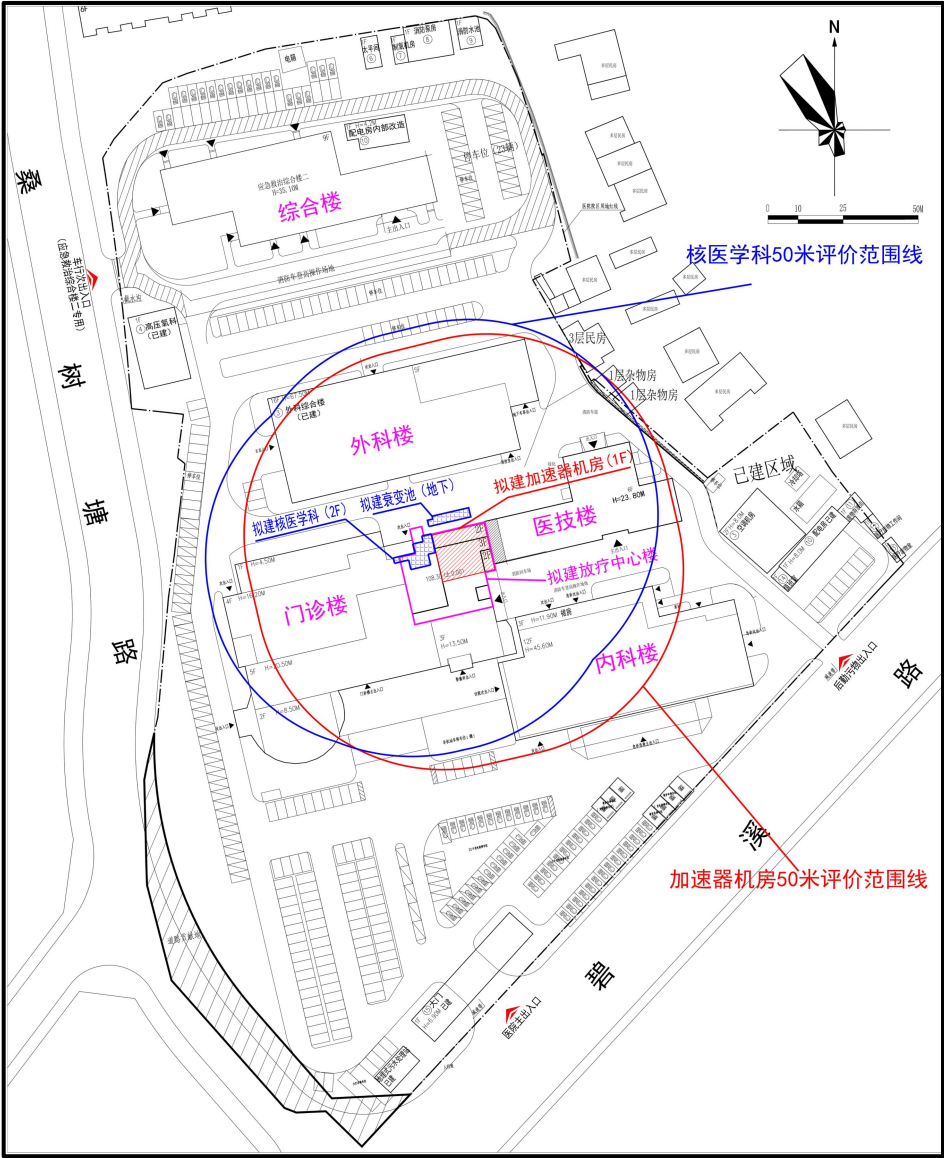


图 7-1 项目评价范围示意图

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，公众包含其他医护工作人员、患者家属、其他项目患者等。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

工作场所	相对方位	相对距离	环境情况	对象类别	敏感人数
放疗中心楼一层加速器机房	东	紧邻-8m	室外通廊、医技楼拟建 CT 定位机房及其控制室	公众	约 3 人
		8-50m	医技楼健康管理中心相关检查室、诊室等、院内道路	公众	约 100 人
	南	紧邻-14m	楼梯间、走廊、护士站、候梯厅、MR 机房	公众	约 5 人
		14-50m	内科楼相关检查室和诊室	公众	约 100 人
	西	紧邻-14m	加速器机房控制室、水冷机房、走廊、模具室、配电室、医生办公室、制模室、会议室、物理计划室、通道	辐射工作人员	7 人
				公众	约 2 人
		14-31m	外科相关诊室、药库、化验室、值班室	公众	约 30 人
		31-50m	输液室、值班室、急诊科相关用房、中庭	公众	约 70 人
	北	紧邻-17m	室外空地、院内道路	公众	流动人员
		17-45m	外科楼住院大厅、放射科相关用房	公众	约 50 人
		45-50m	院外碧溪村居民房（包含 1 栋 3 层居民房和 2 间 1 层杂物房）	公众	约 10 人
	楼下	紧邻	实土层	/	/
	楼上	紧邻-4m	二楼正上方为人员无法到达的夹层	/	/
		4-8m	三楼正上方为空调机房、排烟机房、走廊	公众	约 2 人
放疗中心楼二层核医学科	场所内部		本项目辐射工作场所内	辐射工作人员	2 人
	东	0-14m	加速器机房上方的夹层	/	/
		14-50m	医技楼健康管理中心	公众	约 100 人
	南	0-14m	医生办公室、候诊走廊等	辐射工作人员	1 人
			放疗中心楼 2 楼大实验室相关用房	公众	约 8 人
		14-26m	门诊楼 2 楼内镜室门诊室	公众	约 20 人
		26-50m	内科楼、院内道路、停车坪	公众	约 100 人
	西	0-47m	门诊楼 2 楼过道、楼梯间、厕所、配	公众	约 70 人

			电间、电梯间、中医理疗科、专家门诊、外科、内科		
		47-50m	院内道路	公众	流动人员
	北	0-12m	院内道路、绿化带	公众	流动人员
		12-45m	外科楼、院内停车坪、道路	公众	约 50 人
		45-50m	院外碧溪村居民房（包含 1 栋 3 层居民房和 2 间 1 层杂物房）	公众	约 10 人
	楼下	0-4.5m	放疗科辅助用房	公众	约 9 人
	楼上	紧邻	可到达屋顶	公众	约 2 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。

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。

（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	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

2、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）（节选）

6 工作场所放射防护要求

6.1 布局要求

6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。

6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。

6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。

6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。

6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。

6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房

均应设置迷路。

6.2 空间、通风要求

6.2.1 放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。

6.2.2 放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。

3、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）（节选）

4.一般要求

4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

- a) 一般情况下，从事放射治疗的工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a。
- b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

5 选址、布局与分区要求

5.1 选址与布局

5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

5.2 分区原则

5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，直线加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。

5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

6 放射治疗场所辐射安全与防护要求

6.1 屏蔽要求

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

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

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

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

a) 治疗室墙和入口门外表面 30cm 处、邻近治疗室的关注点、治疗室房顶外的地面附近和楼层及在治疗室上方已建、拟建二层建筑物或治疗室旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点治疗室房顶内表面边缘所张立体角区域时，距治疗室顶外表面 30cm 处和在该立体角区域内的高层建筑人员驻留处的周围剂量当量率应同时满足下列 1) 和 2) 所确定的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

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

机房外辐射工作人员 $\dot{H}_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；

机房外非辐射工作人员： $\dot{H}_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,\max} < 10\mu\text{Sv/h}$ 。

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 $250\mu\text{Sv}$ 加以控制。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm

处的剂量率参考控制水平可按 $100\mu\text{Sv/h}$ 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

6.2 安全防护设施和措施要求

6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：

a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志，贮源容器外表面应设置电离辐射标志和中文警示说明；

b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；

c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。

6.2.2 质子/重离子加速器大厅和治疗室内、含放射源的放射治疗室、医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口处）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，其显示单元设置在控制室内或机房门附近。

6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：

a) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置门—机/源联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束/出源照射，出束/出源状态下开门停止出束或放射源回到治疗设备的安全位置。含放射源的治疗设备应设有断电自动回源措施；

b) 放射治疗室和质子/重离子加速器大厅应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能：

c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、质子/重离子加速器大厅和束流输运通道内设置急停按钮：急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发：

d) 质子/重离子治疗装置安全联锁系统还应包括清场巡检系统、门钥匙开关（身份识别系统）。质子/重离子治疗室、加速器大厅和束流输运通道应建立分区清场巡检和束流控制的逻辑关系，清场巡检系统应考虑清场巡检的最长响应时间和分区调试情况的联锁设置。日常清场巡检时，如超出设定的清场巡检响应时间，需重新

进行清场巡检；

e) 质子/重离子治疗装置应考虑建立调试、检修、运行维护人员的人身安全联锁系统，将调试、检修、运行维护人员的受照剂量与进入控制区的权限实施联锁管控；

f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

8.4 气态废物管理要求

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

4、《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；
- b) 保持影像设备工作场所内较低辐射水平以避免对影像质量的干扰；
- 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：

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

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 GB 18871 的有关规定，结合核医学科的具体情况，对控制区和监督区采取相应管理措施。

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

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

5.3 工作场所的防护水平要求

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

5.3.2 应根据使用核素的特点、操作方式以及潜在照射的可能性和严重程度，

做好工作场所监测，包括场所周围剂量当量率水平、表面污染水平或空气中放射性核素浓度等内容，工作场所放射防护检测方法见附录 J。开展核医学工作的医疗机构应定期对放射性药物操作后剂量率水平和表面污染水平进行自主监测，每年应委托有相应资质的技术服务机构进行检测。核医学工作场所的放射性表面污染控制水平见表 7-3。

表 7-3 核医学科工作场所放射性表面污染控制水平（节选）

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

7.2 患者出院的管理要求

7.2.1 接受 ¹³¹I 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 或距离患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25μSv/h 方可出院，以控制该患者家庭与公众成员可能受到的照射。对接受其他放射性药物治疗的患者仅当患者体内放射性活度低于附录 L 中 L.2 要求时才能出院。患者体内活度检测控制应按附录 L 中 L.3 推荐的方法进行。

7.2.2 对甲亢和甲状腺癌患者，出院时应按附录 L 中 L.4 给出接触同事和亲属及到公众场所的合理限制和有关防护措施（限制接触时间及距离等）的书面建议。

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 7-4）。

表 7-4 个人防护用品（节选）

场所类型	工作人员		患者或受检者
	必备	选备	
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 I 的场所	放射性污染防护服	—	—

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。

5、《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 μ 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 μ Sv/h。

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

7 放射性废物的管理

7.2 固体放射性废物的管理

7.2.3 固体放射性废物处理

7.2.3.1 固体放射性废物暂存时间满足下列要求的，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， α 表面污染小于 0.08Bq/cm²、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm²的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理：

a) 所含核素半衰期小于 24 小时的放射性固体废物暂存时间超过 30 天；

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

c) 含碘-131 核素的放射性固体废物暂存超过 180 天。

7.2.3.2 不能解控的放射性固体废物应该按照放射性废物处理的相关规定予以收集、整备，并送交有资质的单位处理。放射性废物包装体外的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，表面污染水平对 β 和 γ 发射体以及低毒性 α 发射体应小于 4Bq/cm²、其他 α 发射体应小于 0.4Bq/cm²。

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：

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

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

7.4 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。

结合 GB18871-2002 标准对于剂量限值的要求，和 HJ1198-2021、HJ1188-2021 标准对于剂量约束值的要求：医院根据本项目实际情况，将辐射工作人员的剂量管理目标值设为 5.0mSv/a，公众的剂量管理目标值设为 0.1mSv/a。

综合上述标准，结合本项目拟使用的放射性同位素与射线装置情况，确定本项

目的年有效剂量管理目标值要求以及其他控制指标如下：

表 7-5 本项目的年剂量管理目标值要求以及其他控制指标

一、年剂量管理目标值		
项目	GB18871-2002 中年平均有效剂量 限值（mSv/a）	本项目年有效剂量管理目标值 （mSv/a）
职业人员	20	5
公众人员	1	0.1
二、机房面积、尺寸要求		
加速器机房	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。	
三、通风设计		
加速器机房	设置强制排风系统，进风口设在放射治疗机房上部，排风口设在治疗机房下部，进风口与排风口位置对角设置，通风换气次数不小于 4 次/h。	
核医学科	保持场所良好通风，气流流向合理，保持场所负压和各区压差；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；设有分装柜等场所的通风系统排气口高于本建筑物屋顶，排放口有专用废气过滤净化装置。分装柜风速不小于 0.5m/s。	
四、周围剂量当量率控制水平		
加速器机房	机房屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率≤剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。	
核医学科	控制区各屏蔽体外表面 30cm 处周围剂量当量率≤2.5μSv/h； 分装柜外表面 5cm 处周围剂量当量率≤25μSv/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≤2.5μSv/h。	
五、表面污染控制水平		
核医学科 （β放射性物质）	控制区表面污染控制水平取 40Bq/cm ² ，监督区表面污染控制水平取 4Bq/cm ² ，手、皮肤、内衣、工作袜表面污染控制水平取 0.4Bq/cm ² 。	
六、放射性废水衰变池设计及废水处置要求		
含 ¹³¹ I 放射性废水	废水暂存时间大于 180d，或委托有资质的机构检测废水中总α≤1Bq/L、总β≤10Bq/L、碘-131≤10Bq/L，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

8.1 监测点位布置情况

根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），湖南涌仁科技有限公司于 2026 年 7 月 16 日对本项目所在地及周围进行了γ辐射剂量率和β表面污染现状监测工作。监测布点示意图见图 8-1，检测仪器情况见表 8-1。

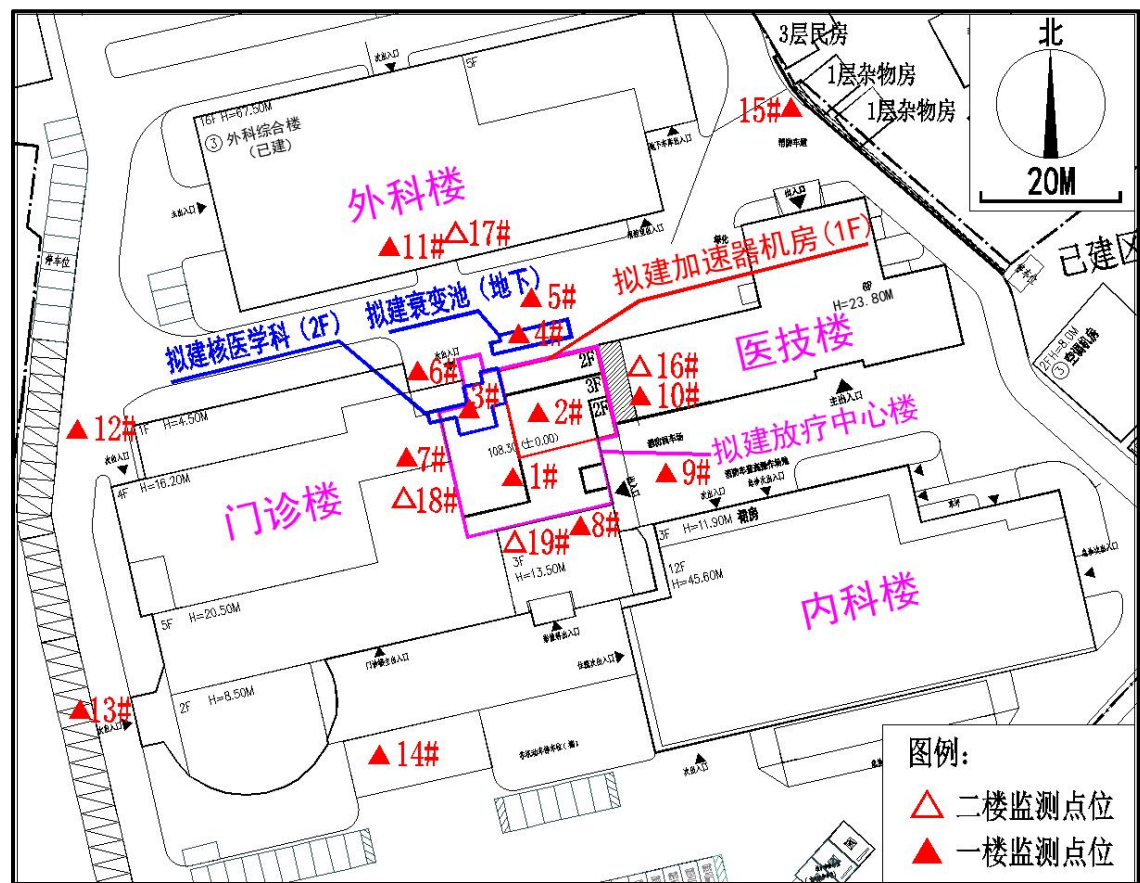


图 8-1 监测布点示意图

表 8-1 检测所使用的仪器情况

仪器名称	环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪	α、β表面污染测量仪
仪器型号	6150AD6/H+6150AD-b/H	CoMo-170
仪器编号	F-2-15	F-2-07
量程	10nSv/h-99.9μSv/h	β: 0~20000cps
能量响应	20keV-7MeV	≥100 keV β粒子
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家 计量测试中心	中国计量科学研究院
检定证书编号	2025H21-10-6042796001	DLhd2026-01086
检定有效期	2025 年 8 月 4 日-2026 年 8 月 3 日	2026 年 3 月 30 日-2027 年 3 月 29 日
校准因子	1.07	表面发射率响应 $R_{\beta}=0.62$

8.2 监测方案及质量保证

8.2.1 监测目的

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

8.2.2 监测依据

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；

《表面污染测定第1部分： β 发射体（ $E_{\beta\max}>0.15\text{MeV}$ ）和 α 发射体》(GB/T14056.1-2008)。

8.2.3 质量保证

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

8.2.4 监测因子

本项目监测因子： γ 辐射剂量率、 β 表面污染

8.2.5 监测结果

γ 辐射剂量率监测结果见表 8-2， β 表面污染监测结果见表 8-3。

表 8-2 γ 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)	标准差 (nGy/h)	备注
1	放疗中心楼拟建地	86	4	道路
2	加速器机房拟建地	105	5	道路
3	核医学科拟建地	106	4	道路
4	衰变池拟建地	54	3	道路
5	拟建放疗中心楼北侧道路	40	7	道路
6	门诊楼北侧次入口	54	3	平房
7	门诊楼一楼走廊	132	3	楼房
8	门诊楼一楼影像科大厅	124	4	楼房
9	拟建放疗中心楼东侧道路	32	3	道路
10	医技楼一楼	43	4	楼房
11	外科楼一楼	42	3	楼房
12	门诊楼西北侧次入口	40	4	道路
13	门诊楼西侧次入口	30	3	道路
14	门诊楼南侧主入口	29	4	道路
15	外科楼东侧道路	26	3	道路

16	医技楼二楼	86	2	楼房
17	外科楼二楼	42	3	楼房
18	门诊楼二楼走廊	144	3	楼房
19	门诊楼二楼妇产科（项目投入使用前搬迁）	124	2	楼房

注：（1）本底测量时，仪器探头垂直向下，距地面的高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

（2）监测区域中心经纬度：坐标：E 111°58'23"；N 27°45'39"；海拔约 114 米。仪器设备宇宙射线监测点经纬度：E 113°4'39.378"；N 29°23'32.91"；海拔约 25 米，无需对宇宙射线响应值进行修正；

（3）根据 HJ 1157-2021：监测结果按照 $D_T = k_1 \times k_2 \times R_T - k_3 \times D_c$ 得出；

（4）仪器校准因子 k_1 为 1.07，效率因子 k_2 取 1，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，转换系数为 1.2Sv/Gy，宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 ：道路取 1，平房取 0.9，楼房取 0.8；

（5）表内监测结果已扣除宇宙射线响应值 D_c ，仪器宇宙射线响应值为 27nGy/h。

表 8-3 β 表面污染监测结果一览表

序号	监测点位描述	监测结果 (Bq/cm ²)
1	放疗中心楼拟建地	<MDL
2	加速器机房拟建地	<MDL
3	核医学科拟建地	<MDL
4	衰变池拟建地	<MDL
5	拟建放疗中心楼北侧道路	<MDL
6	门诊楼北侧次入口	<MDL
7	门诊楼一楼走廊	<MDL
8	门诊楼一楼影像科大厅	<MDL
9	拟建放疗中心楼东侧道路	<MDL
10	医技楼一楼	<MDL
11	外科楼一楼	<MDL
12	门诊楼西北侧次入口	<MDL
13	门诊楼西侧次入口	<MDL
14	门诊楼南侧主入口	<MDL
15	外科楼东侧道路	<MDL
16	医技楼二楼	<MDL
17	外科楼二楼	<MDL
18	门诊楼二楼走廊	<MDL
19	门诊楼二楼妇产科（项目投入使用前搬迁）	<MDL

注：(1)测量时，仪器探头距地面的高度为 10mm；

(2)表面沾污仪 Como170 的探测下限 (MDL) 为 0.17Bq/cm²。

由表 8-2 的监测结果可知，本项目所在地及周围环境 γ 辐射剂量率监测结果为：道路 26~106nGy/h，室内 42~144nGy/h，接近娄底市天然辐射调查范围（道路

14.8~77.7nGy/h，室内 42.3~167.9nGy/h，数据来源于《中国环境天然放射性水平》（P493）。根据表 8-3 的监测结果可知，本项目所在地及周围监测点位β表面污染结果均小于仪器探测下限 0.17Bq/cm²，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的β表面污染控制限值 0.4Bq/cm²，场址无β表面污染，符合标准要求。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

娄底市第一人民医院本次核技术利用项目，拟在新建放疗中心楼一层放疗科设置 1 间加速器机房，配置 1 台医用电子直线加速器，开展放射治疗业务。拟在放疗中心楼二层西部设置核医学科，拟使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定。项目组成及工程分析如下：

9.1 放疗科

本项目放疗科涉及 1 台医用电子直线加速器。设备工作原理及工作流程如下：

(1) 设备工作原理

医用电子直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。典型直线加速器内部结构框图见图 9-1，典型直线加速器外形示意图见图 9-2，典型直线加速器实物见图 9-3。

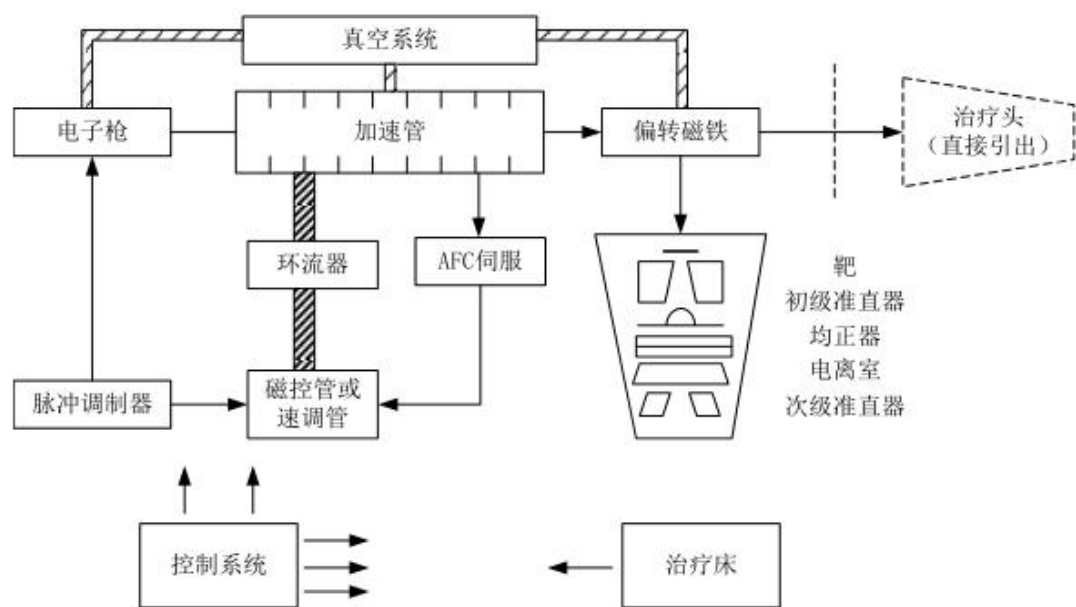


图 9-1 典型直线加速器内部结构框图

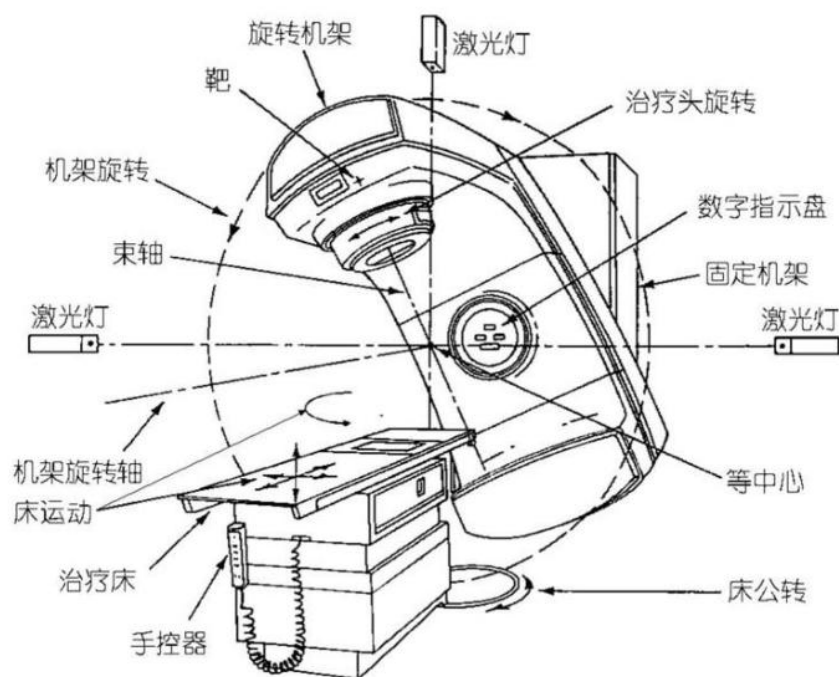


图 9-2 典型直线加速器外形示意图

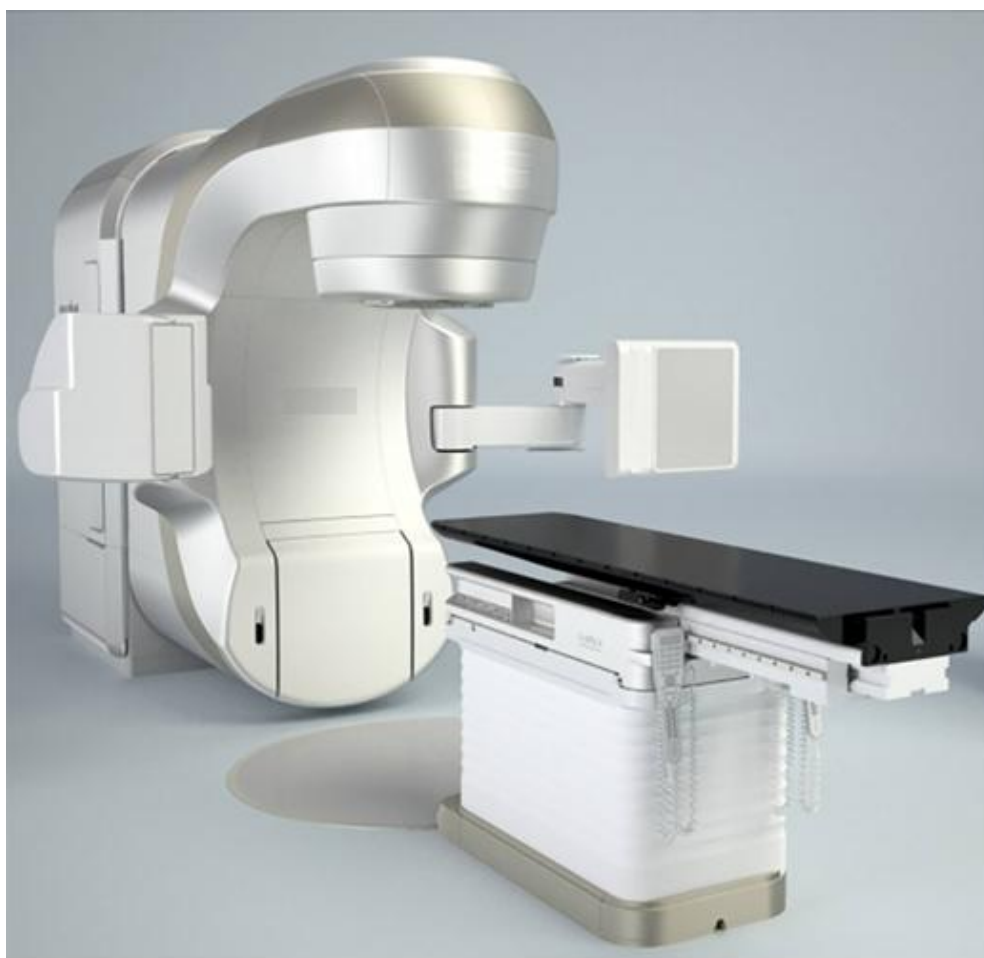


图 9-3 典型直线加速器实物图

加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即 X 射线，其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在人体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。

本项目拟采购设备参数详见表 9-1。

表 9-1 本项目直线加速器主要参数一览表

指 标	技术参数
设备名称	医用电子直线加速器
设备厂家	待定
设备型号	待定
最大电子线能量	≤22MeV
最大电子线剂量率	≤1000MU/min
最大 X 射线能量	≤10MV（6MV、10MV）
X 射线常规剂量率	10MV :≤600MU/min 6MV :≤600MU/min
FFF 剂量率	10MV FFF:≤1400MU/min 6MV FFF:≤1400MU/min
源轴距（SAD）	1000mm
等中心点相对水平地面高度	128cm
泄漏率	<0.1%
等中心处最大照射尺寸	40cm×40cm
线束张角	28°（半角 14°）

（2）工作流程及产污环节

工作流程：

a.利用医院的模拟定位 CT（已进行环境影响登记表备案，备案号：202643130200000189）对病灶进行检查，然后进行照射方向、角度和照射视野进行拍片定位。

b.制订治疗计划。根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

c.固定患者体位。对患者定位、标记、调整照射角度及照射野。

d.无关人员撤离。非患者人员撤离机房，关闭防护门。

e.开机治疗。

f.治疗结束，医务人员关闭加速器，并进入机房指导并协助患者离开。

g.当天工作结束后，将控制钥匙转到 OFF 位置，取出控制钥匙，同时记录机器使用情况。

产污环节：加速器治疗时产生的 X 射线、电子线、电离空气产生的臭氧、氮氧化物。

直线加速器工作流程及产污环节见图 9-4。

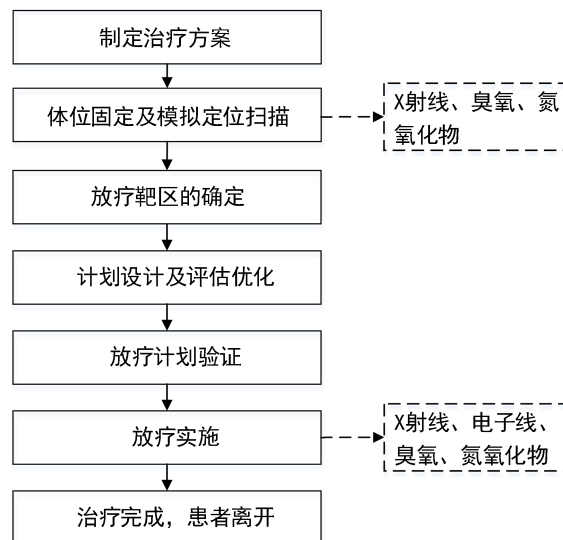


图 9-4 直线加速器工作流程及产污环节示意图

(3) 工作负荷

本项目加速器治疗人数按 50 人次/天计，每周工作 5 天，每周治疗人数 250 人次，年工作 50 周，平均每名患者治疗（常规治疗）照射时间约 1.5min，本项目保守均按照调强治疗考虑，调强因子取 N 为 5，则每人受照时间均以 7.5min 计，直线加速器周出束时间约 31.25h，年出束时间 1562.5h。

(4) 人流组织路径

本项目放疗科人流组织如下：

①辐射工作人员路径

辐射工作人员从场所西侧门进入，经过走廊到达控制室，进行设备操作，工作结束后原路返回。

②患者路径

患者从场所南侧门进入放疗科，在护士站预约登记，然后再经过走廊进入加速器机房，治疗结束后原路返回。

放疗科人流路径见图 9-5。

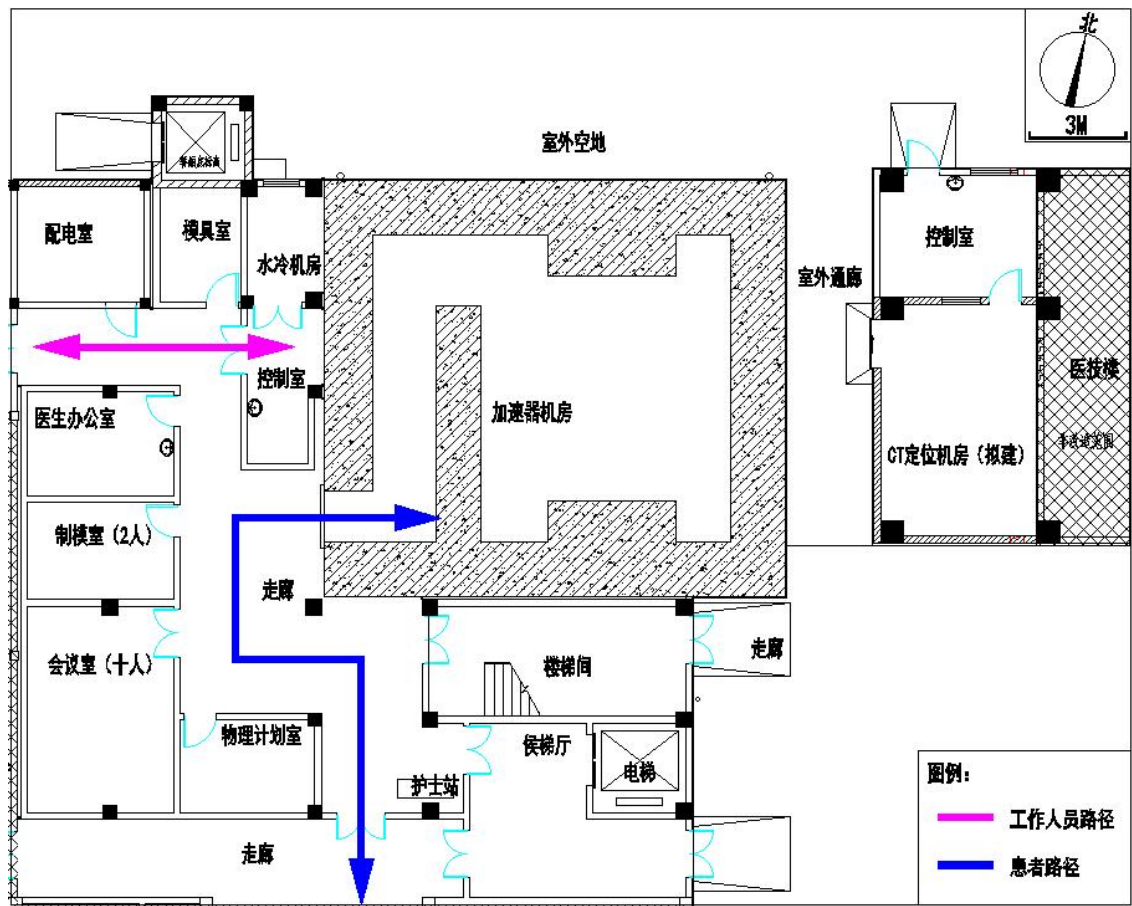


图 9-5 放疗科人流路径图

9.2 核医学科

本项目核医学科为 1 处乙级非密封放射性物质工作场所，拟使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗和甲状腺功能检测， ^{131}I 核素性能参数如表 9-2。

表 9-2 本项目放射性核素的性能参数

核素名称	理化状态	半衰期	毒性分组	衰变模式	β 最大能量 MeV	光子能量 MeV	用途
^{131}I	液态，易挥发	8.02d	中毒	β^-	0.602	0.284， 0.365， 0.637	甲亢治疗、甲测

注：数据取自《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录 H 表 H.1

(1) 工作原理

甲亢治疗：甲状腺具有高度选择性摄取 ^{131}I 的功能，功能亢进的甲状腺组织摄取量将更多。 ^{131}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 ^{131}I 后，90%以上的 ^{131}I 都会聚集到患者的甲状腺，其余的 ^{131}I 随代谢排出体外。 ^{131}I 衰变时主要发射 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， ^{131}I 治疗可使部分甲状腺组织受到 β 射线的集中照射，使部分甲状腺细胞发炎症、萎缩直至功能丧失，从而减少甲状腺激素的分泌，使亢进的功能恢复正常，达到治疗的目的。由于本项目甲亢患者最大服药量活度为 10mCi (370MBq) 低于 400MBq 。因此，甲亢患者服药后无需住院，短暂留观后直接离开。

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 ^{131}I 也能被摄取并参与甲状腺激素的合成，其被摄取量和速度与甲状腺功能密切相关。将 ^{131}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 ^{131}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 ^{131}I 给药量很小，本项目最大用量仅 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$)，低于 GB18871 规定的豁免水平 ($1.0\text{E}+06\text{Bq}$)。

(2) 工作流程

本项目甲亢、甲测每周均进行 3 批次给药（周一、周三、周五上午），将甲亢服药安排在工作日上午 9:00-11:00，甲测服药安排在服药日上午 11:00-12:00，患者从时间上不交叉。

甲亢治疗、甲状腺功能测定工作流程

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 ^{131}I 甲状腺功能测定或治疗单，告知患者可能受到的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订购药品，当天给药前，供药方将甲亢、甲测所需 ^{131}I 药物日最大所需量装在一支试剂瓶内，用屏蔽铅罐送至核医学科分装室中备用，核医学科工作人员核对药物信息无误后并签收，由送药人员装入分装柜中。

③开展甲亢治疗/甲状腺功能测定时，工作人员于分装柜中根据患者用药量分装药物。分装完成后，工作人员通过语音指示患者取药服用。

④甲亢/甲测患者根据现场叫号进入服药室，按照指示取药服用。

⑤甲亢患者服药后无异常，即可短暂留观（每名患者留观时长不超过 10min，留观室同一时间段内只留观 1 人）后由留观室北侧专用电梯离开。甲测受检者服药后无异常，即可由留观室北侧专用电梯离开，无需留观。

⑥甲测受检者需分别于服药后 2h、4h、24h 后回甲测室测摄碘率，每次检查 60s。

(3) 产污分析

^{131}I 衰变过程主要释放 γ 射线和 β 射线， β 射线受阻会产生韧致辐射。药物分装及患者/受检者服药过程，还可能发生放射性表面污染。患者在服药期间会产生服药杯等固体废物。此外， ^{131}I 药物易挥发产生放射性气溶胶，人员吸入后会产生内照射影响。甲亢治疗和甲测工作流程及产污环节图见图 9-6。

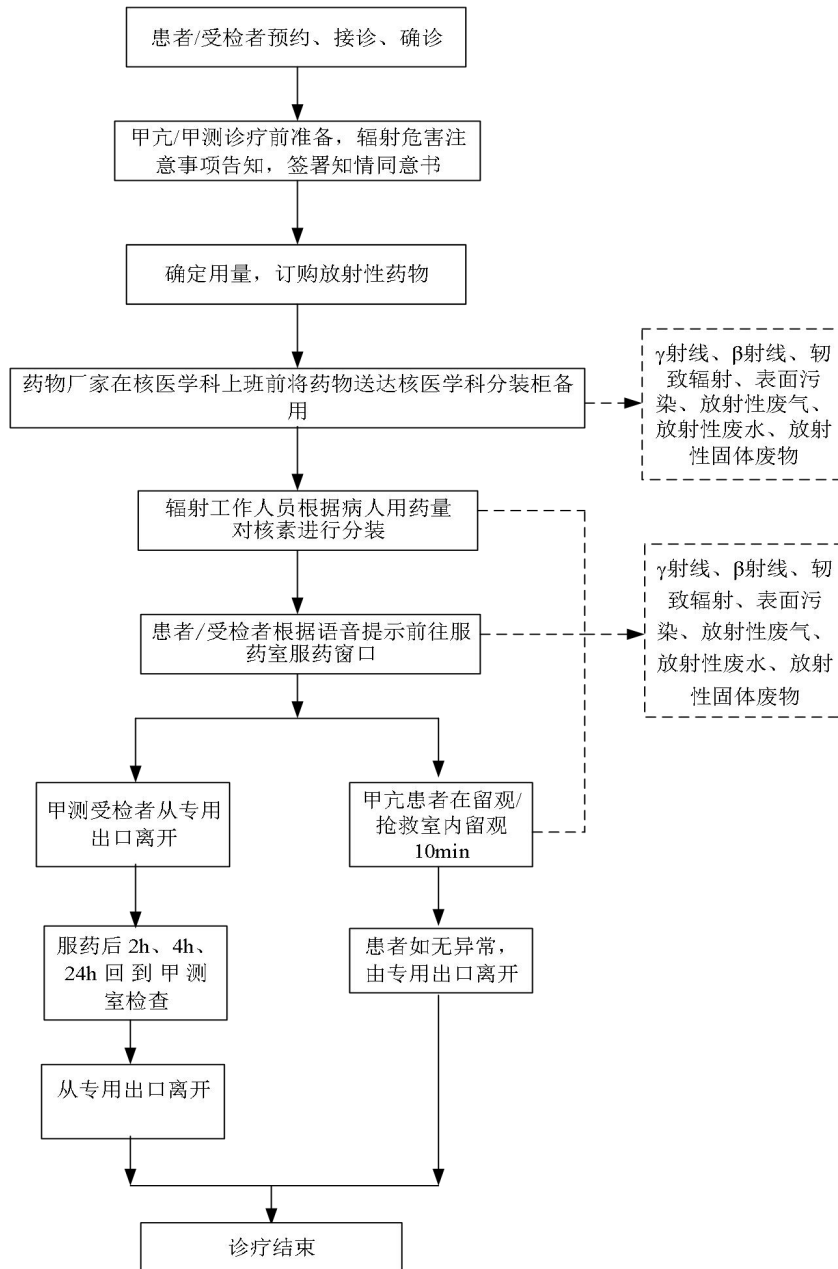


图 9-6 ^{131}I 甲亢治疗、甲测工作流程及产污节点图

(4) 工作负荷及人员配置

根据医院提供的资料，本项目建成后甲亢治疗每天最多治疗 5 个患者，年工作时间 150 天（3 批次/周，50 周/年），年最大治疗人数为 750 人/年，每名患者

^{131}I 服药量最大为 10mCi ($3.70\times 10^8\text{Bq}$)。 ^{131}I 药品在当天工作开展前由厂家送至核医学科分装室并放置于分装柜内，每周送药 3 次，年送药 150 次。

本项目甲测每天最多检查 10 名受检者，年工作 150 天（3 批次/周，50 周/年），年最大检查人数为 1500 人/年，每名受检者 ^{131}I 服药量最大为 $10\mu\text{Ci}$ ($3.70\times 10^5\text{Bq}$)。

本项目核医学科初步拟配置 1 名医师、1 名护士和 1 名技师，医师负责看诊工作，护士和技师负责核素的接收、分装和给药，后续医院将在满足《放射诊疗管理规定》及医院实际情况的前提下，视业务开展情况增减辐射工作人员。

表 9-3 本项目核医学科诊疗项目与辐射工作人员岗位设置情况一览表

工作场所	岗位	工作内容	操作时间	岗位设置	人员数量
分装室	药物接收	接收 ^{131}I 药物	1min/次，3 次/周，150 次/a，共 2.5h/a	护士/技师	2 人轮岗
	分装	分装操作，并指导病人服药	每人每次药品分装 30s，15 人次/d，2250 人次/a，共 18.75h/a； 分装并指导服药 3min/人次，15 人次/d，2250 人次/a，共 112.5h/a		

(5) 人流、物流组织

本项目核医学科人流、物流组织如下：

①辐射工作人员路径

3 名辐射工作人员从场所西南侧门进入核医学科，医师向北经过道进入核医学科门诊室，护士和技师进入场所后经过道进入医生办公室，放置个人物品后经过道向北再向东走至场所东侧候诊走廊，沿候诊走廊向北经卫生通过间东门进入核医学科控制区，再向北进入分装室进行分药并指导病人服药，经分装室可根据工作需要进入储源室、固废室、服药室、留观室。每日工作结束后，经表污监测合格后，从卫生通过间离开，若表污监测不合格，则应进行去污直至合格为止。

②患者/受检者路径

根据约定时间至核医学科西南侧门进入核医学科，在医生办公室预约登记，然后在候诊走廊等待叫号。本项目 ^{131}I 甲亢治疗患者和甲测受检者听到叫号后从服药室东门进入服药室，通过服药窗取药并根据医生指导服药，服药后甲亢治疗患者在留观室内短暂留观后从北侧专用电梯离开，甲测受检者直接从北侧专用电梯离开，然后按照约定时间至甲测室进行甲状腺吸碘率测定。

本项目 ^{131}I 给药后患者/受检者路径相对独立，并拟在核医学科地面设置清晰的导向箭头，引导患者按指定路径通行，场所控制区内设置视频监控能够清晰地观察患者情况，卫生通过间、分装室、固废室、储源室、服药室、留观室均设置

门禁严格控制人员出入，北侧病人电梯一楼出口设置单向门，只出不进。因此本项目核医学科给药后患者交叉接触及集聚的风险较小，且本项目核医学科对甲亢和甲测患者拟开展错时诊疗，进一步分散患者流量。

③放射性药物路径

核医学科使用的核素均进行外购，放射性药物由生产厂家在接诊患者前进行送货，药物运输单位将运输车辆停在放疗中心楼东南侧，经楼梯间在核医学科东南侧门进入走廊，经走廊、卫生通过间进入分装室，医护人员与送药厂家核对放射性药物清单无误后，由送药人员将药物放入分装柜中备用。

④放射性废物路径

核医学科场所内分装室、服药室、留观室均配备有铅屏蔽废物桶，达到一定量后，转移至固废室内，本项目含 ^{131}I 的废物贮存180天后，经监测包装外辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为一般医疗废物处理。解控后的废物从固废室经分装室、服药室、留观室、电梯及其单向门出口运出至医院医疗废物储存区。转运时选择人流较少时段进行，外运的固废必须整备包装完整，避免转运过程中沿途洒落。

放射性药物院内运输路径见图9-7，核医学科人流、物流图见图9-8。

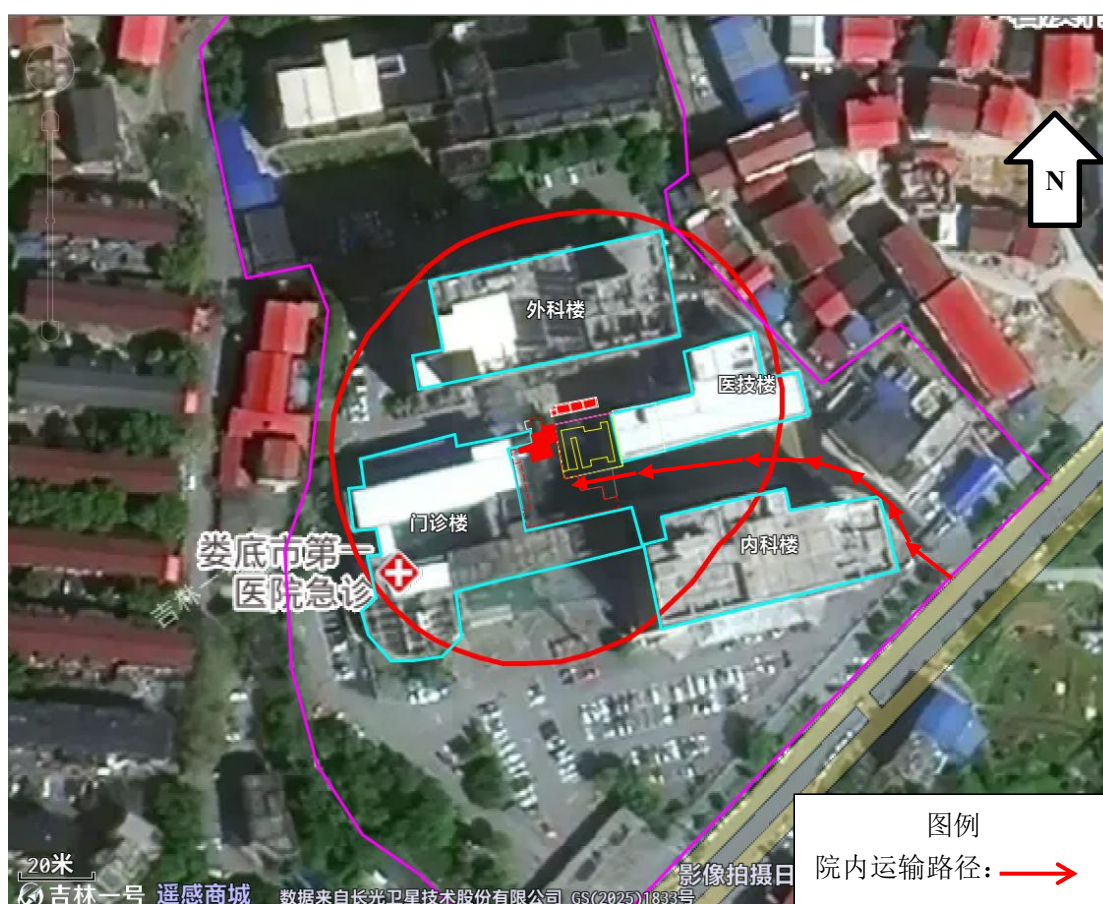


图 9-7 核素运输院内路径示意图

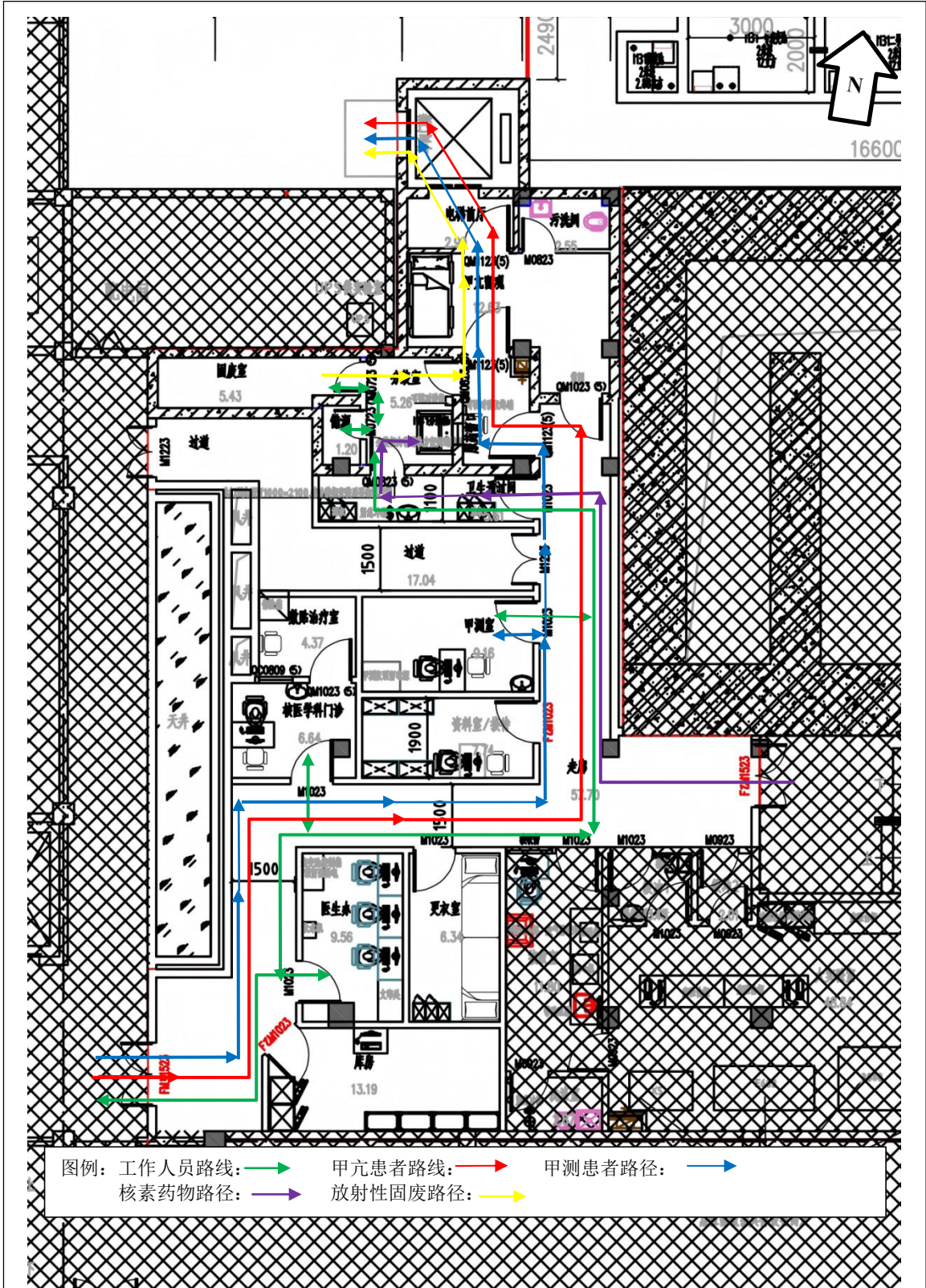


图 9-8 核医学科人流、物流示意图

污染源项描述

本项目涉及放疗科与核医学科，污染源项分析如下：

9.3 放疗科

9.3.1 正常工况下污染源项分析

①X 射线、电子线

直线加速器运行期间高能电子束与靶物质相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线随机器加高压开、关而产生和消失。直线加速器在使用电子线治疗时产生的电子线。

②臭氧和氮氧化物

直线加速器在运行过程中，X 射线作用于空气以及次级辐射等因素，可产生少量臭氧及微量氮氧化物，通过排风系统排入大气。

③加速器废靶件、准直器等组成部件

加速器废靶件、准直器等组成部件在更换或退役时，可能因活化而存在放射性，应根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），对其外表面进行辐射剂量率监测，满足清洁解控要求由设备厂家回收，否则委托有资质单位收贮，不会在医院存储。

9.3.2 事故工况下污染源项分析

①安全联锁发生故障或检修期间，人员在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行放疗设备，则可能造成误照事故，对防护门候诊区域形成外照射影响。

②除受治疗患者以外，机房中仍有其他人员未撤离，造成机房中人员误照射。

③维修人员进入机房进行维修维护时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行放疗设备，联锁装置违规旁路或维修结束后联锁旁路未及时恢复并测试，导致机房中人员误照射。

④放疗设备发生控制系统故障使得受检者受到超剂量照射或工作人员受到误照射。

⑤工作人员参数输入错误或误操作，导致患者受到超剂量照射。

⑥安全联锁装置故障或屏蔽设施损坏，导致周围人员受到额外的照射。

9.4 核医学科

9.4.1 放射性同位素基本参数

本项目使用非密封放射性核素 ^{131}I ，根据《简明放射性同位素应用手册》（卢玉楷主编）同位素表及本项目工作量，核素 ^{131}I 的主要参数见表 9-4。

表 9-4 本项目所用非密封放射性核素物理性质参数

核素名称	半衰期	物理化学性状	毒性分组	衰变类型	能量 (MeV) [1]	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	使用目的
^{131}I	8.02d	液态	中毒	β^-	E_β : 0.6063 $E_{\beta\text{max}}$: 0.8069 E_γ : 0.3645 $E_{\gamma\text{max}}$: 0.7229	1.85E+09	1.85E+08	2.78E+11	甲亢治疗/甲状腺测定
注: $E_{\beta\text{max}}$ 、 $E_{\gamma\text{max}}$ 为最大 β 、 γ 射线能量, E_β 、 E_γ 为绝对强度最大的主要 β 、 γ 射线能量。									

9.4.2 正常工况下污染源项分析

由核医学工作流程分析可知,射线外照射将伴随核素在核医学诊疗项目整个开展过程中,包括药物的接收、分装、服药等过程。患者服用放射性药物后,本身短时间内也成为“辐射源”随着患者的移动,将对周围环境造成辐射影响,排泄物也成为放射性污染物,由于本项目甲状腺功能测定单人次 ^{131}I 最大给药量低于豁免值,甲亢治疗单个次的最大给药量不超过 400MBq,无需住院短暂留观后可直接离开,污染源项分析中仅考虑患者留观过程的影响。在诊疗过程中产生的一般固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物。本核医学项目主要污染因素和辐射影响如下:

1) 污染因子

① γ 射线

本项目使用的核素 ^{131}I 在发生衰变时会伴随产生 γ 射线,在进行药物交接、分装、服药等操作时及患者留观过程中,对周围环境造成照射影响。

② β 射线及韧致辐射

项目 ^{131}I 药物在衰变时会产生 β 射线, β 射线穿透力很弱,在组织内穿透距离很短。但 β 射线被放射源本身以及周围的其他物质阻止时产生韧致辐射,核素 ^{131}I 在 β 衰变时会伴随产生 γ 辐射,根据《辐射防护手册》(第一分册)第九章 P419 的内容,在 β 衰变时,通常伴随放出 γ 辐射,并且其穿透性较 β 粒子的韧致辐射强得多,此时通常只需考虑 γ 射线辐射的屏蔽。本项目使用的 ^{131}I 核素产生的 β 射线平均能量保守取 0.269MeV,其产生的韧致辐射穿透性远小于其产生的 γ 辐射,因此,本项目在使用核素 ^{131}I 的过程中,主要考虑 γ 辐射的屏蔽防护,不再考虑韧致辐射的屏蔽防护。

③放射性表面污染

项目放射性药物的操作使用过程中，可能会引起工作台、设备、墙壁、地面、工作服、手套等产生放射性沾污，造成放射性表面污染。

2) 放射性“三废”

①放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要为：

项目放射性固废主要为工作人员操作过程中产生的废西林瓶、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等，留观时产生的放射性废弃物，废气处理系统定期更换的废活性炭。

参照同类型核医学工作场所运行经验，对于采取注射或口服给药且无需住院的患者，每人次产生的放射性固体废物量不超过 50g/人次。本项目核医学科每年最多开展 750 人次甲亢治疗，1500 人次甲测，则核医学科年最大放射性固体废物产生量为 $50\text{g} \times (750+1500) = 112.5\text{kg}$ 。建设单位拟定期检查本项目核医学科通风系统中，及时更换通风系统活性炭，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物及时进行处理，本项目核医学科非密封性核素年最大使用量为 $2.78\text{E}+11\text{Bq}$ ，根据医院设计方案，单套活性炭过滤装置装填量约 30kg，计划每年更换一次，预计年产生废活性炭约 60kg/a，项目运行后医院应定期检查本项目核医学科通风系统，更换通风系统活性炭，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物进行处理。

②放射性废水

本项目核医学科放射性废水主要包括给药后患者在留观期间的如厕废水、控制区工作场所清洁废水、工作人员工作期间冲淋废水等。核医学科 ^{131}I 甲测患者服药后即可出院，不考虑废水产生。本项目甲亢留观室设置有患者卫生间（兼污洗间），因此主要考虑 ^{131}I 治疗甲亢患者产生的废水，甲亢患者在服药前医生会提醒其先如厕，服药后留观时间不超过 10min，保守按每人使用 1 次厕所核算。

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 80%计，门诊病人平均产生废水量为 4.8~9.6L/d、医务人员平均产生废水量为 48~64L/人/班，本项目废水产生量按照平均水量的最大值估算，患者废水产生量取 9.6L/d/人、医务人员废水产生量取 64L/班/人。场所清洁用水量按经验值 0.25L/m² 核算，

本项目核素使用场所包括分装室、服药室、留观室、卫生通过间、固废室、储源室，总体面积为 34.44m²，单次清洁用水量为 8.61L，当天工作结束后清洗一次，年清洗 150 次，年清洁用水量为 1.29m³，废水产生量按用水量 80%计，即 1.03m³/a。

¹³¹I 分装、给药等操作简单，如操作过程中发生药品撒漏，一般污染区域较小，拟按操作规程，先使用药棉、吸水纸等吸取撒漏药液，擦拭污染表面直至满足放射性表面污染控制水平，去污产生的废物拟作为放射性固体废物处置，不产生放射性废液；如发生工作人员体表放射性污染，拟先去除受污染衣物，并对受污染体表部位进行冲淋（工作人员拟按要求穿戴工作服和防护用品，一般情况下不会发生大面积体表污染），紧急冲淋废水作为放射性废水排入衰变池，因核素治疗工作量较小，紧急冲淋废水产生量按每次不超过 50L 考虑，按每月 1 次保守考虑，废水总产生量为 0.6m³/a。

废水产生情况如下所示：

表 9-5 放射性废水产生情况表

废水来源	所含核素	用水定额	接诊人数	接诊天数	年产生量
甲亢患者留观产生的废水	¹³¹ I	9.6L/d/人	5 人/d	150d	7.2m ³
核素操作人员清洗废水	¹³¹ I	64L/班/人	2 人/d	150d	19.2m ³
紧急冲淋废水	¹³¹ I	/	/	/	0.6m ³
场所清洁废水	¹³¹ I	8.61L/d	/	150d	1.03m ³
合计					28.03m ³

衰变池由 1 个容积为 2.988m³的调节池，以及 3 个有效容积为 11.628m³（含泵槽）的衰变池构成，总容积有效容积 37.872m³（含泵槽）。

衰变池单个池子中核素剩余活度：

本项目 ¹³¹I 日等效最大操作量为 1.85E+08Bq，本项目甲亢患者服药后留观 10min，如厕废水 ¹³¹I 排入衰变池量按 1%计（参考《辐射研究与辐射工艺学报》第 33 卷第 5 期（2015 年 10 月）《甲亢患者碘治疗后 ¹³¹I 滞留量与周围剂量当量率的关系》（王萧、焦玲、张桂芝、何雅静、谭建、张文艺）中相关实测数据，患者服碘后，4h 时体内残留 ¹³¹I 活度占服碘活度的 99%，排出 1%，本项目患者服药后只留观 10min，保守按 4h 取值。）

正常运行单日入池活度（A₀）：A₀=1.85E+08Bq/d×1%=1.85E+06Bq/d

¹³¹I 的半衰期 T_{1/2}=8.02d，衰变常数λ=ln28.02≈0.08642d⁻¹，日衰变因子（每天

残留率) $k=e^{-\lambda}\approx 0.9172$ 。

三级槽式衰变池，单池进水周期：根据产生量与衰变池有效容积，单池需连续间歇注入 150 天（约 5 个月）才会蓄满并切换关闭。单个池子排满后，存放 180d 后排放。

第 i 天废水的剩余活度为： $A_i=A_0\times k^{(150-di)}$

剩余总活度：
$$A_{\text{满}}=\sum_{i=1}^{65} A_0 \times k^{(150-d_i)}$$

经计算 $A_{\text{满}}=1.02\text{E}+06\text{Bq}$ 。

单个池子排满后，存放 180 天后排放，排放时剩余活度为： $A_{\text{排}}=A_{\text{满}}\times k^{180}$

经计算： $A_{\text{排}}=17.9\text{Bq}$ ，本项目单个废水池从开始注入废水至排放共经历 150d+180d=330d，年排放约 1.09 次，核素排放活度约为 19.5Bq。

表 9-6 放射性废水中核素排放情况统计表

核素名称	日等效最大操作量(Bq)	核素进入废水量 (Bq/d)	年排放量 (Bq)
¹³¹ I	1.85E+08	1.85E+06	19.5

③放射性废气

该场所内放射性废气主要来源于 ¹³¹I 药物分装及患者服药、甲亢治疗患者呼出的含 ¹³¹I 废气。对于核素 ¹³¹I 溶液的挥发量，按日最大操作量的 0.04%（数据引自发表在《印度核医学杂志》上的研究，标题为《Assessment of volatilization of radioiodine (I-131) during handling in the nuclear medicine hot lab》（核医学热实验室中操作放射性碘（I-131）的挥发评估））。本项目 ¹³¹I 的日等效最大操作量为 1.85E+08Bq，经估算 ¹³¹I 日最大挥发量为 7.4E+04Bq。

本项目核医学放射性废气采用 10%TEDA 浸渍活性炭吸附处理，活性炭对 ¹³¹I 的吸附效率按保守 90%估算（参考《核医学治疗分化型甲状腺癌场所空气中 ¹³¹I 浓度的研究进展》刘明、耿建华、梁颖），本项目 ¹³¹I 最大日排放量为 7.4E+03Bq，年最大排放量 1.11E+06Bq。

表 9-7 放射性废气中 ¹³¹I 排放统计表

核素名称	日等效最大操作量 (Bq)	挥发率	日挥发量 (Bq)	活性炭吸附效率	排放天数	年排放量 (Bq)
¹³¹ I	1.85E+08	0.04%	7.4E+04	90%	150	1.11E+06

9.4.3 非正常运行状态下污染途径分析

- (1) 由于管理不善，导致放射性药品被盗、丢失；
- (2) 核素操作过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起核素意外泄漏，造成台面、地面放射污染和额外附加照射，同时产生应急清洗废水以及核素挥发产生的少量放射性气溶胶；
- (3) 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；
- (4) 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；
- (5) 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附加照射；
- (6) 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；
- (7) 发生医疗事故，如弄错患者、用错药物剂量或分次剂量与处方严重不符的。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

10.1 放疗科项目安全设施

10.1.1 工作场所布局分析及分区情况

(1) 工作场所布局分析

本项目放疗科拟建 1 间加速器机房，位于放疗中心楼一层，机房下方为土层，符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中“治疗机房一般设于单独的建筑或建筑物底层的一端”的要求。加速器机房相邻环境状况见表 10-1。

表 10-1 加速器机房相邻环境状况

机房名称	东面	南面	西面	北面	上层	下层
加速器机房	室外通廊	楼梯间、走廊	控制室、水冷机房、走廊	室外空地	夹层	土层

加速器机房由治疗室、迷道和防护门组成。本项目机房（治疗室）与控制室分离；机房（治疗室）设置 L 型迷道，迷道口设有防护门，机房布局符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定。

加速器机房治疗室净面积约为 54.6m²，能够满足临床使用需求，放射治疗场所布局满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中 6.2.1 要求的“放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要”的规定。

综上所述，本项目加速器机房工作场所布局基本合理。

(2) 工作场所分区情况

医院拟对加速器的工作场所进行分区管理，将工作场所分为控制区和监督区：以机房屏蔽墙、顶棚和防护门等屏蔽体为界，机房内（包含迷道）划定为控制区，机房相邻的区域划定为监督区。

加速器机房分区情况见表 10-2，加速器机房平面图见图 10-1，剖面图见图 10-2。

表 10-2 本项目加速器机房工作场所分区表

场所	控制区	监督区
放疗科	加速器机房	控制室、水冷机房、室外空地、室外通廊、走廊、楼梯间，上层的夹层等

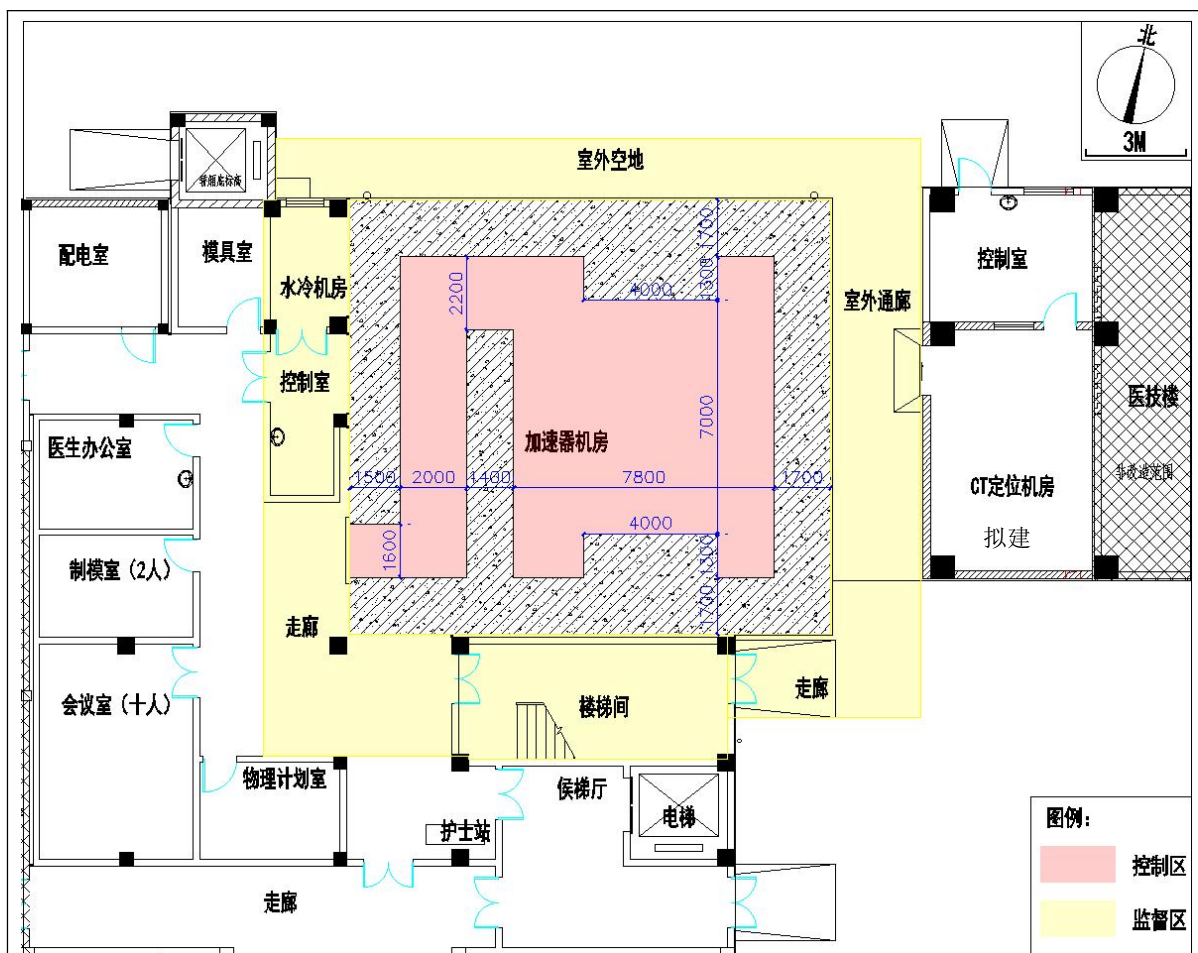


图 10-1 加速器机房平面布置及分区图

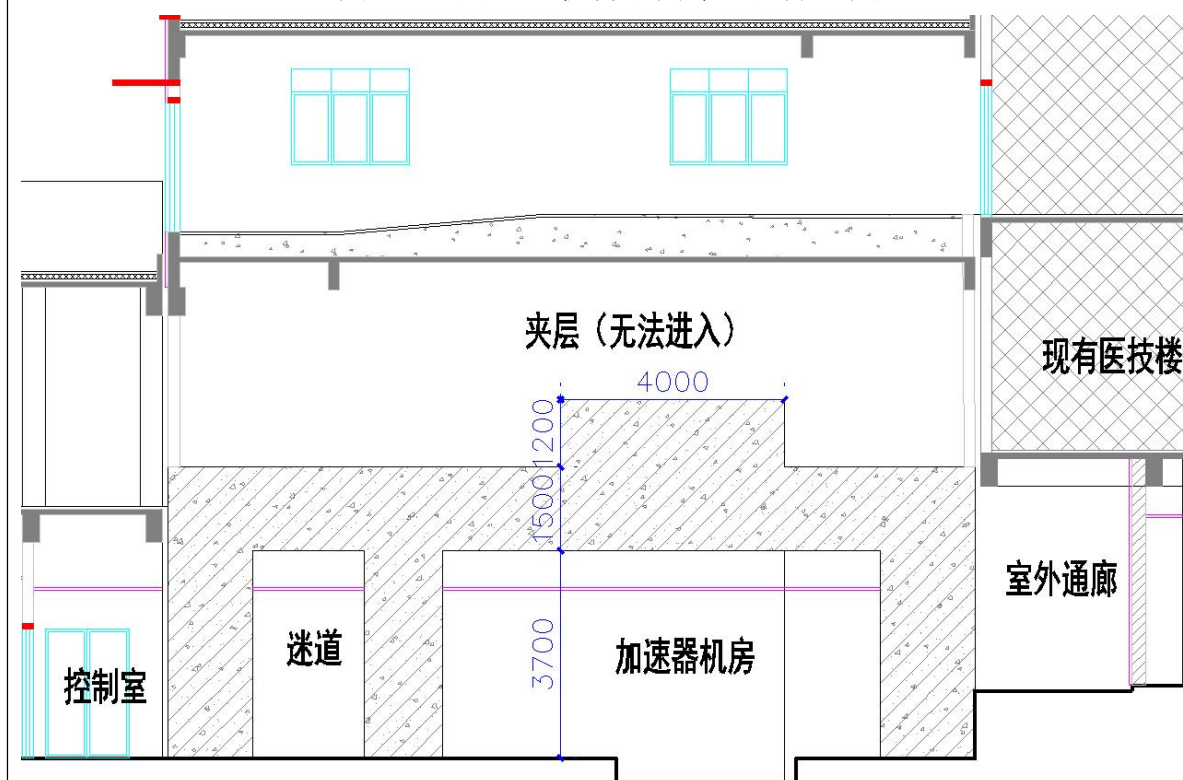


图 10-2 加速器机房剖面图

10.1.2 加速器机房辐射防护屏蔽设计

本项目加速器机房辐射防护屏蔽设计参数见表 10-3。

表 10-3 加速器机房辐射屏蔽设计技术参数

机房名称	方位	区域	材料及厚度
加速器机房	东墙	侧屏蔽区	1700mm 砼
	南墙	主屏蔽区	3000mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1700mm 砼
	西墙	迷道内墙	1400mm 砼
		迷道外墙	1500mm 砼
	北墙	主屏蔽区	3000mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1700mm 砼
	顶棚	主屏蔽区	2700mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1500mm 砼
	地板	/	1500mm 砼
	防护门		14mmPb

注：砼密度：2.35g/cm³，铅密度：11.3g/cm³。

10.1.3 加速器机房通风设计

①风量、换气次数

电离辐射都会使空气发生辐射分解而产生臭氧和氮氧化物，且臭氧的危害比氮氧化物大，因此在考虑该项目的有害物质排放时，主要考虑臭氧的排放可以同时满足臭氧和氮氧化物排放要求。

为满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）的要求，治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h。加速器机房的设计排风量为 4700m³/h，根据排风能力计算，机房所需的风机风量情况见表 10-4。

表 10-4 加速器机房排风量设计要求符合性一览表

机房名称	机房容积 (m ³)	要求风量 (m ³ /h)	设计排风量 (m ³ /h)	设计排风次数	是否满足要求
加速器机房	397.8	1591.3	4700	11.8 次	满足

注：加速器机房容积（397.8m³）≈长（11.2m）*宽（9.6m）*高（3.7m）。

②通风口

本项目加速器机房拟设 2 个送风口，分别位于机房西北角和东北角吊顶处；设 2 个排风口，分别设在机房西南角和东南角，距离地面 20cm 处。送、排风管由机房吊顶上方沿着迷道穿过防护门上方墙体的预留 U 形孔洞。送风口和排风口的设计位置合理，符合“上进下排，对角设置”的原则，通风系统可以有效地对机房内空气进行换气。加速器机房的排风管向西延伸至制模室，通过立管到达屋面层，经过排风机后

由烟囱排放，排放高度为17m，周围无门、窗或人流较大的位置。送风管和回风管分别向西延伸至医生办公室和制模室，通过立管到达三层空调机房的风机，新风管连接至屋面层北侧。加速器机房暖通设计见图 10-3、图 10-4、图 10-6。

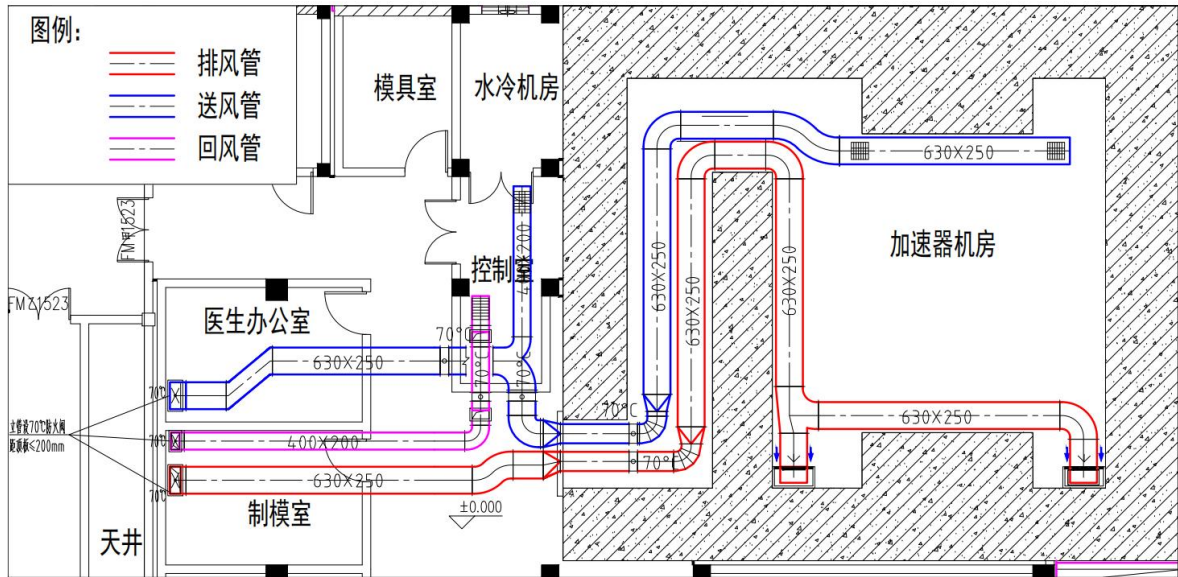


图 10-3 放疗中心楼一层加速器机房暖通设计图

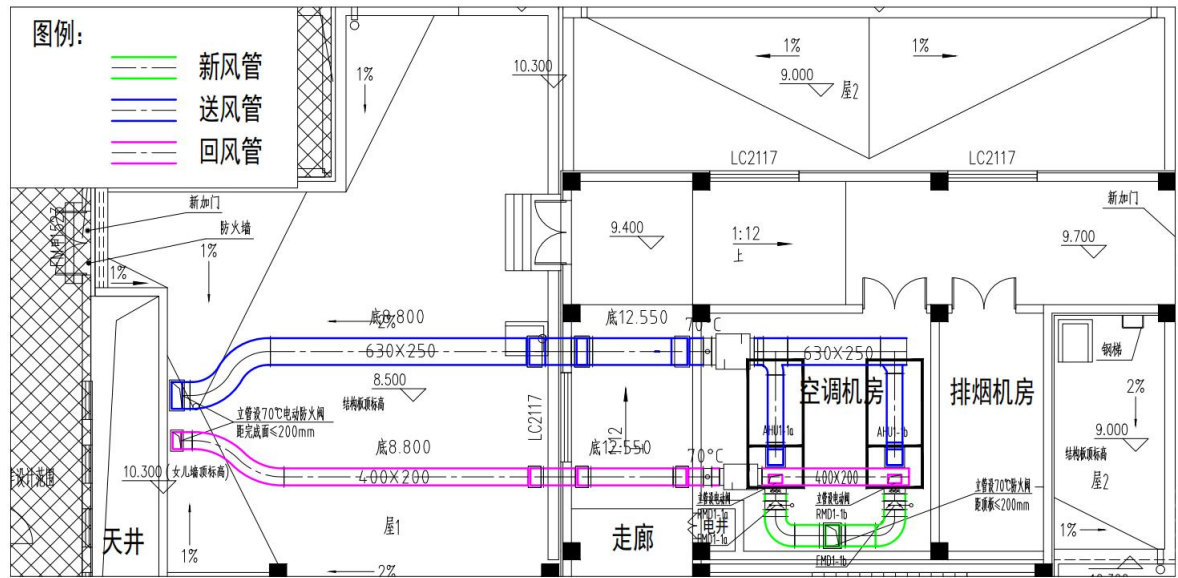


图 10-4 放疗中心楼三层加速器机房暖通设计图

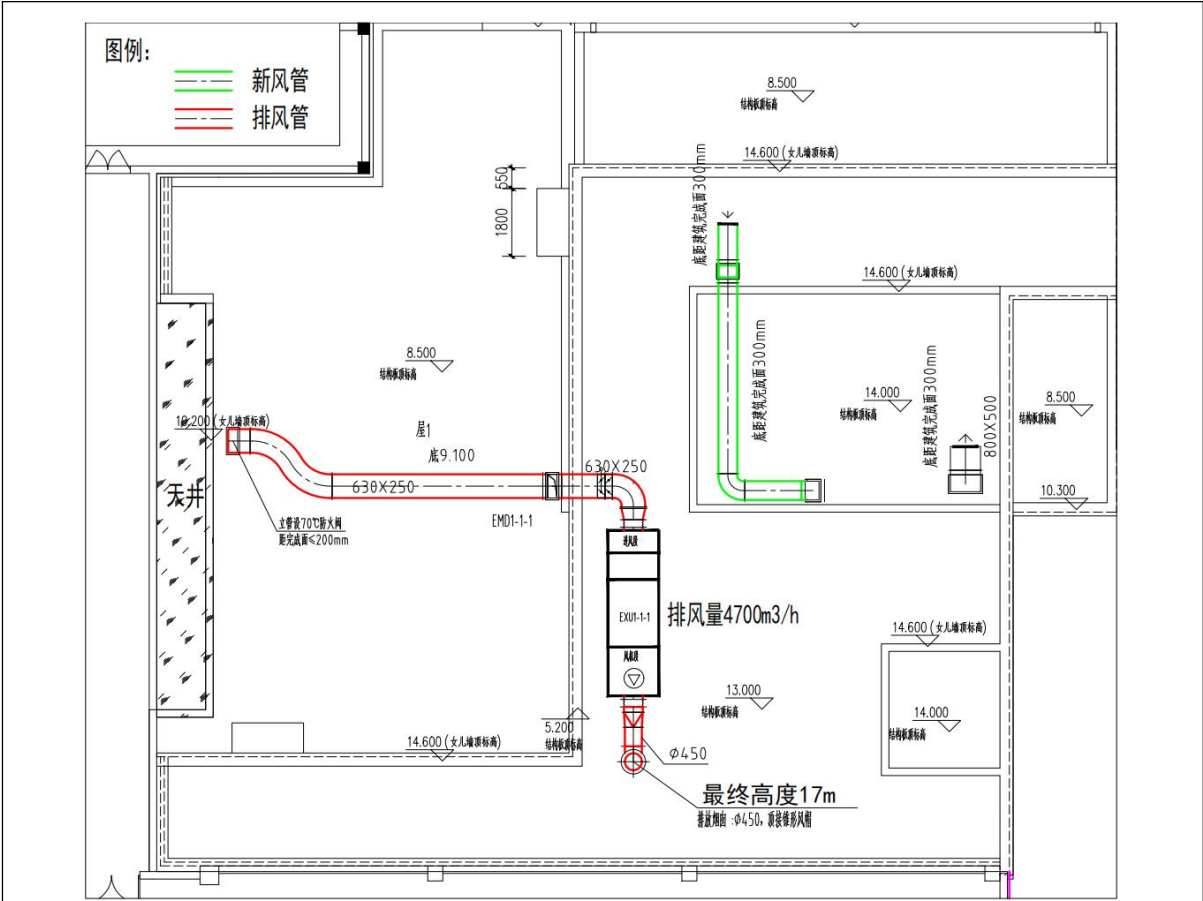


图 10-5 放疗中心楼屋顶加速器机房暖通设计图

10.1.4 辐射安全和防护设施

(1) 电缆穿墙设计

本项目加速器机房的全部电缆均通过地下电缆沟走线，在加速器机房与水冷机房之间采用 U 型电缆沟设计，下沉后穿越屏蔽墙到达机房外，U 型电缆沟和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，电缆沟出口上方覆盖厚钢盖板，保障不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。

电缆沟穿过屏蔽墙的设计方案见图 10-6。

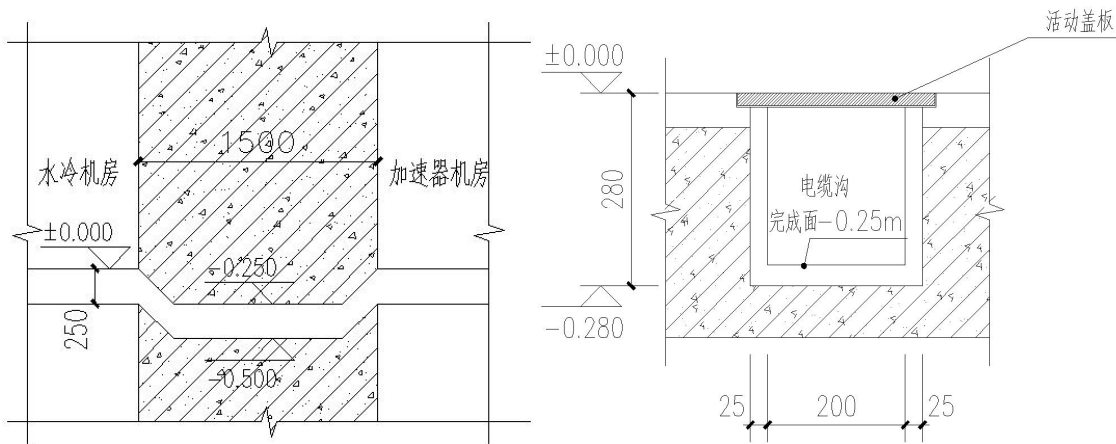
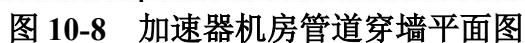
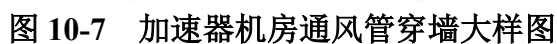


图 10-6 加速器机房电缆沟穿墙大样图

加速器机房防护门上方穿墙处预埋 U 型不锈钢风管，风管直径 450mm，壁厚 5mm，端头带法兰，不锈钢风管伸出墙外 150mm，机房内不锈钢管外包裹 5mm 铅板，加速器机房通风管穿墙的设计方案见图 10-7。冷却水管、物理测试管等管线在非主射方向倾斜穿墙，机房外洞口采用 3mm 铅板作为补偿屏蔽，管道穿墙的设计方案见图 10-8、图 10-9。



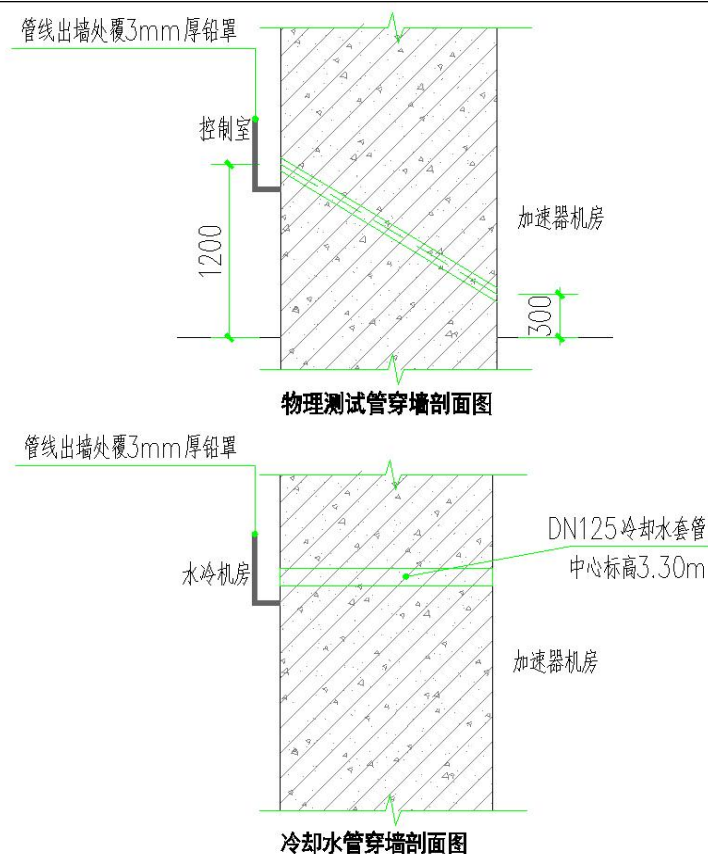


图 10-9 加速器机房管道穿墙剖面图

(3) 辐射安全和防护设施

①放疗装置钥匙开关

放疗装置本身具有电源的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动治疗装置。钥匙由指定的辐射工作人员保管，并做好安全记录。设备停止运行时，指定的辐射工作人员应取走钥匙并妥善保管，未经许可不得使用钥匙。

②电动防护门门机联锁和紧急开门装置

加速器机房的电动防护门与放疗装置联锁，门未关紧的情况下，放疗装置不能出束，一旦防护门被打开，联锁装置即切断该机房内放疗装置的出束电源，使放疗装置立即停止出束。加速器机房防护门内的墙上设有一个紧急开门装置，在紧急情况下供机房内人员使用，在机房内按下紧急开门装置，防护门将会打开。防护门有红外线防夹伤功能，在防护门关闭过程中，一旦有人员或者其他异物阻拦，防护门能够自动打开，避免人员夹伤。并在控制室设置开关门控制装置，确保一旦有患者家属或维修人员误关在机房内时，控制室工作人员能及时开门，停电时能够手动开启防护门。

③急停按钮

加速器机房设置有 8 个急停按钮，其中 4 个分别设置在机房内四周墙面、2 个分

别设置在治疗床两侧、1 个设置在迷道出入口防护门内旁侧，1 个设置在控制室控制台上，并有醒目标识和文字显示，供紧急停止放疗装置束使用。事故处理完毕后，再于本地复位，放疗装置才能重新启动。

④实时辐射水平监测系统

在加速器机房的迷道的内入口处设置固定式辐射剂量监测仪，并且具有报警功能。正常治疗期间，实时监测到辐射剂量率水平显示在控制室中，工作人员可以及时了解放疗装置的工作情况以及机房中的辐射水平，此时仪器只显示剂量率不报警；非治疗期间，仪器为进入加速器机房的医护和设备检查维护维修人员提供异常剂量水平的提醒，此时仪器既显示剂量率也报警。

⑤实时摄像监视和对讲系统

在加速器机房内设有摄像监视系统，在实施治疗过程中控制室的工作人员能清楚地观察患者状态、治疗时迷道区域情况，如发生意外情况可及时处理；机房和控制室之间设置双向对讲系统，方便操作人员与患者的交流。

⑥辐射安全警示设施

在放射治疗工作场所的入口处、机房防护门外表面设置醒目的电离辐射警告标志，控制区边界设置工作场所分区标识，在防护门上方设置工作状态指示灯和“工作中”的文字提醒，当放疗装置放疗系统运行工作时，门头的指示灯和文字亮，显示红色。

⑦个人防护

医院原有 1 台便携式 X- γ 辐射监测仪可供放疗科使用，放疗科拟配备个人剂量报警仪 2 台。医院辐射工作人员进入加速器机房前，在控制室内通过控制台、安装在机房内的监控设备等方式确定放疗装置已停止束束后方能进入加速器机房，进入加速器机房时佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计。在日常没有使用时，监测仪和报警仪由专人负责日常的管理和定期检查有无损坏。

本项目放疗科拟配备的防护用品及监测仪器见表 10-5。

表 10-5 本项目放疗科拟配备防护用品及监测仪器清单

序号	防护用品及监测仪器名称	数量	备注
1	固定式辐射剂量监测仪	1 套	/
2	个人剂量报警仪	2 台	/
3	便携式 X/ γ 剂量率监测仪	1 台	利旧
4	X/ γ 个人剂量计	1 个/人	/

本项目加速器机房安全联锁逻辑关系见图 10-10，机房内安全措施布置情况见图

10-11。

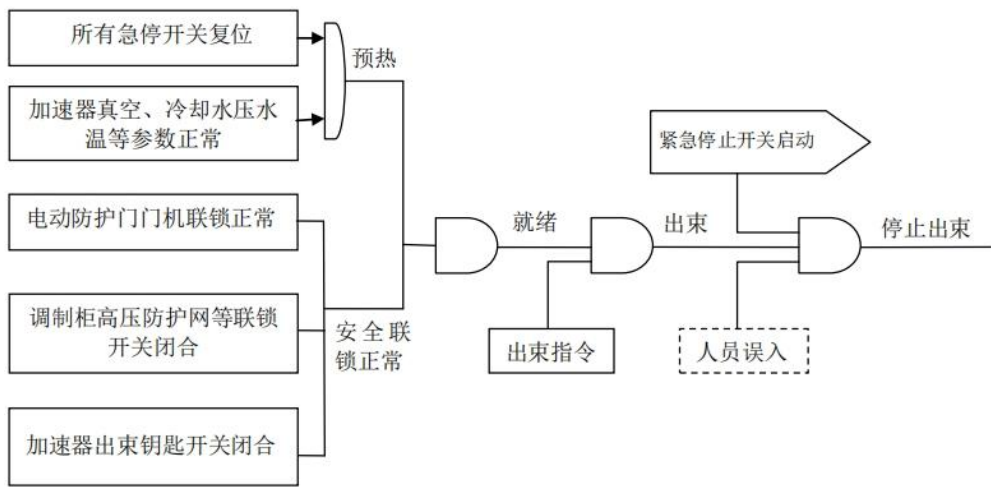


图 10-10 加速器机房安全联锁逻辑图

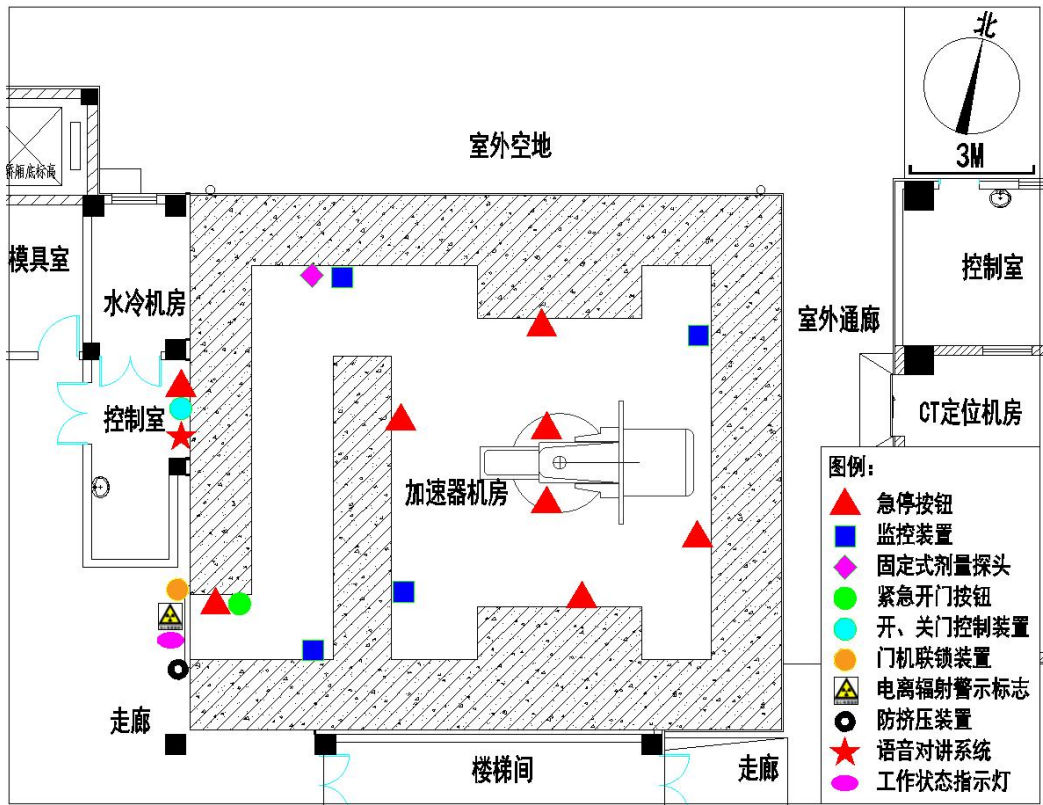


图 10-11 加速器机房内安全措施布置示意图

10.1.5 安全装置与标准对照情况

本项目加速器机房拟采取的安全装置与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）标准要求对照情况详见表 10-6、表 10-7。

表 10-6 加速器机房拟采取的安全装置与 HJ 1198 标准对照情况一览表

序号	《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198—2021) 标准要求的安全 措施	本项目拟配备的安全措施	是否 符合 要求
1	6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等：a) 放射治疗工作场所的入口处应设置电离辐射警告标志；b) 放射治疗工作场所控制区进出口及其他适当位置应设电离辐射警告标志和工作状态指示灯；c) 控制室应设有在实施治疗过程中能观察患者状态、治疗室和迷道区域情况的视频装置，并设置双向交流对讲系统。	放射治疗工作场所，设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯：a) 在放射治疗工作场所的入口处设置电离辐射警告标志；b) 在加速器机房的门上张贴电离辐射警告标志；在机房门上方设置工作状态指示灯；c) 拟在加速器机房设置多个摄像头，显示屏设在控制室，方便工作人员在治疗过程中观察患者状态、治疗室和迷道区域情况；机房设置对讲装置。	是
2	6.2.2 医用电子直线加速器治疗室（一般在迷道的内入口）应设置固定式辐射剂量监测仪并应有异常情况下报警功能，监测显示单元设置在控制室内或机房门附近。	拟在加速器机房迷道内入口位置安装固定式剂量监测报警装置，监测数据实时传输至控制室显示屏，定期开展仪器检定校准，保障辐射超阈值时可正常声光报警。	是
3	6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：a) 放射治疗室应设置门机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束；b) 放射治疗室应设置室内紧急开门装置，防护门应设置防夹伤功能；c) 应在放射治疗设备的控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁设置急停按钮；急停按钮应有醒目标识及文字显示能让在上述区域内的人员从各个方向均能观察到且便于触发；f) 安全联锁系统一旦被触发后，须人工就地复位并通过控制台才能重新启动放射治疗活动；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。	放射治疗工作场所，设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施：a) 拟在加速器机房安装门机联锁装置，防护门未完全关闭时不能出束照射，出束状态下开门停止出束；b) 在机房内设有从室内开启治疗机房门的装置，防护门设防挤压功能；c) 加速器机房内墙面、入口门内旁侧和控制室内均拟设置急停按钮并有明显标志，设备自带急停按钮位于设备机架和治疗床两侧，供紧急停止使用。紧急停止开关复位，放疗装置才能重新启动；f) 本项目安全联锁系统触发后，须工作人员现场人工就地复位，再经控制室控制台确认后，方可重新开展放射治疗；设备安装、调试、维修需临时旁路联锁时，须经本单位辐射安全管理机构审批并现场见证，作业结束后立即恢复联锁设置，并对联锁系统开展功能测试，测试合格后方可恢复常规放疗工作，全过程留存书面记录。	是

表 10-7 加速器机房拟采取的安全装置与 GBZ 121 标准对照情况一览表

序号	《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121—2020）标准要求的安全措施	本项目拟配备的安全措施	是否符合要求
1	6.4.1 监测报警装置 含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常	拟在加速器机房内安装固定式剂量监测报警装置，定期检查，确保其报警功能正常	是
2	6.4.2 联锁装置 放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能	拟在加速器机房安装门机联锁装置，在机房内设有从室内开启治疗机房门的装置，防护门设防挤压功能	是
3	6.4.3 标志 放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯	在加速器机房的门上张贴电离辐射警告标志；在机房门上方设置工作状态指示灯	是
4	6.4.4 急停开关 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置	加速器机房内墙面、入口门内旁侧和控制室内均拟设置急停按钮并有明显标志，设备自带急停按钮位于设备机架和治疗床两侧，供紧急停止使用。紧急停止开关复位，放疗装置才能重新启动	是
5	6.4.6 视频监控、对讲交流系统 控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流	拟在加速器机房设置多个摄像头，显示屏设在控制室，方便工作人员在治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域的情况；机房设置对讲装置	是

10.2 核医学科项目安全设施

10.2.1 工作场所布局

本项目场所位于娄底市第一人民医院拟建放疗中心楼二层，项目建成后，核医学科东侧为直线加速器机房，南侧为门诊楼内镜室、门诊室，西侧为门诊楼过道厕所电梯间、楼梯间、中医理疗科，北侧为配电间和临空，楼下为直线加速器辅助用房，楼上为屋顶。核医学科工作场所内设有储源室、固废室、分装室、服药室、留观室含病人专用卫生间兼污洗间等诊疗相关功能室，南侧设有医生办公室、核医学科门诊室、资料室/接待室、医生休息室、卫生通过间走廊等辅助功能室，诊疗相关功能室相对集中分布，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，工作场所设有单独出、入口，服药患者从北侧单向电梯出口离开，远离门诊大厅、收费处等人群稠密区域，工作场所布局规划合理，符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）要求。

10.2.2 辐射工作场所分区

根据国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，医院拟将辐射工作场所分为控制区和监督区，便于辐射防护管理和职业照射控制。

（1）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。本项目拟采取实体屏蔽分隔控制区与监督区，并在控制区出入口设置标明控制区的标牌，在合适位置张贴辐射危险警示标识。

（2）监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的指定区域。本项目拟在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识，并定期检查工作的状况，每年委托有资质单位开展辐射环境监测，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本项目工作场所的分区见表 10-8、图 10-12、图 10-13 和图 10-14。

表 10-8 本项目控制区和监督区划分情况一览表

工作场所	控制区	监督区
核医学科	分装室、储源室、固废室、卫生通过间、服药室、留观室（含污洗间）、衰变池	西侧配电室、过道，南侧过道、东侧候诊走廊、北侧电梯前厅、衰变池上方等

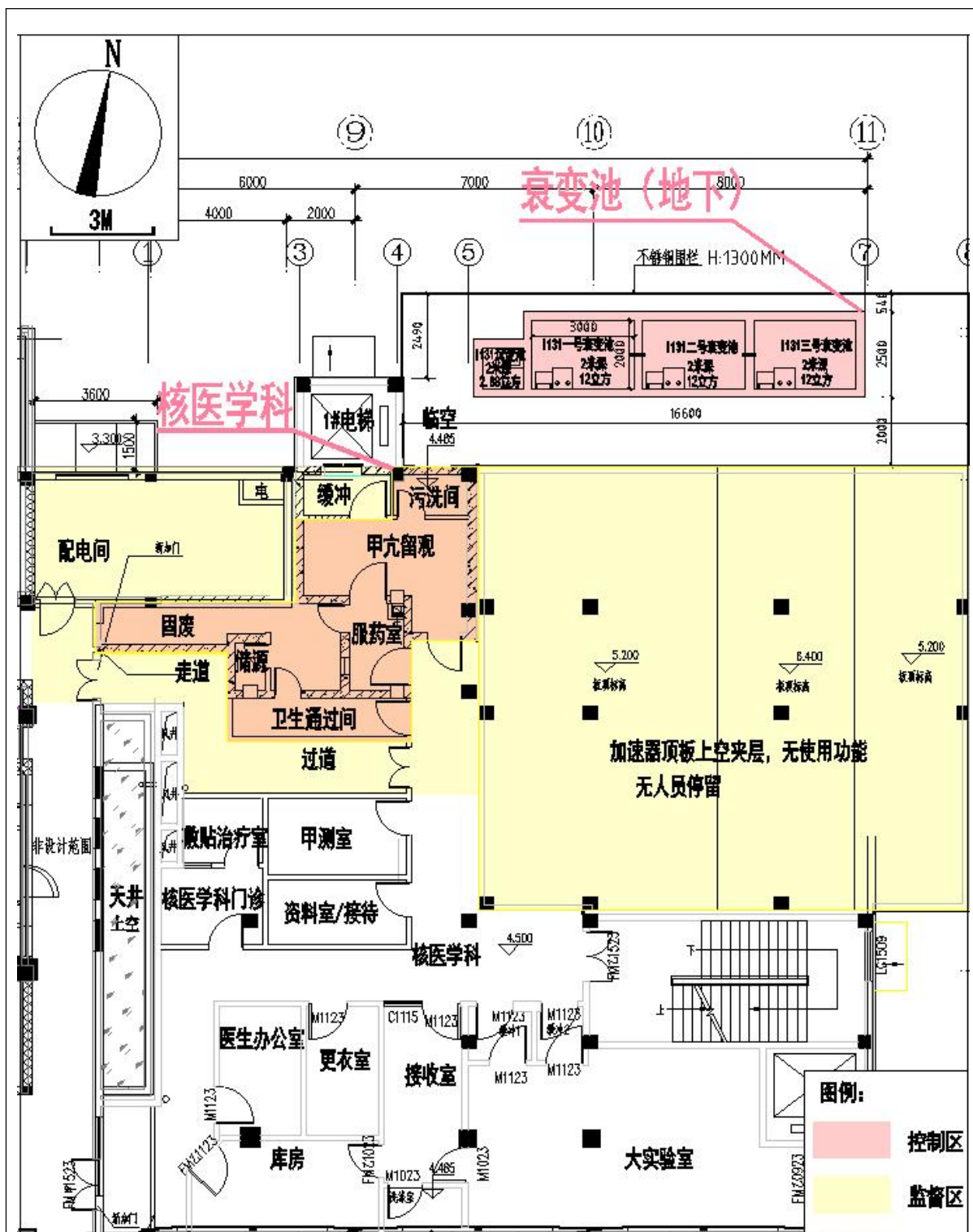
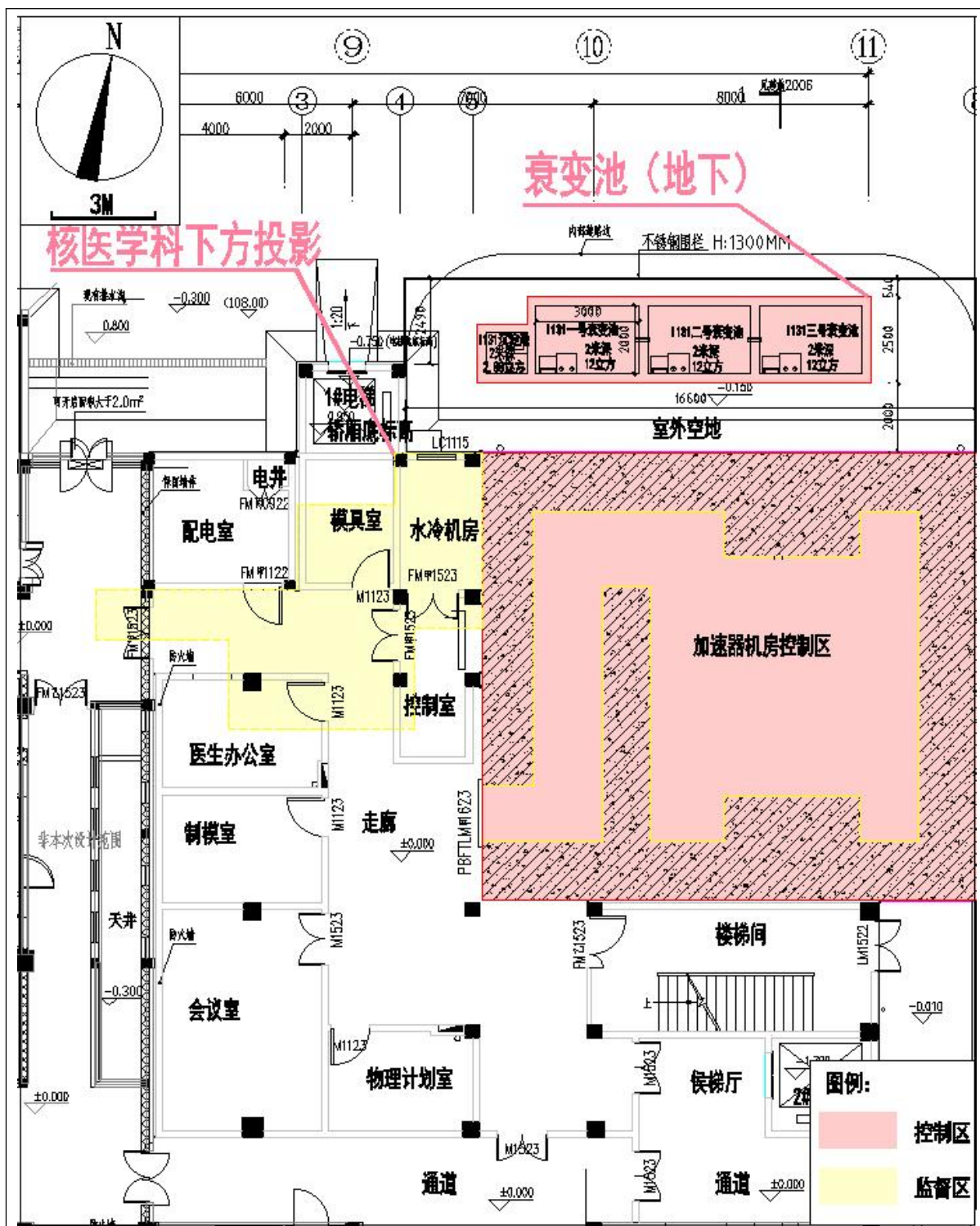


图 10-12 本项目核医学工作场所分区示意图



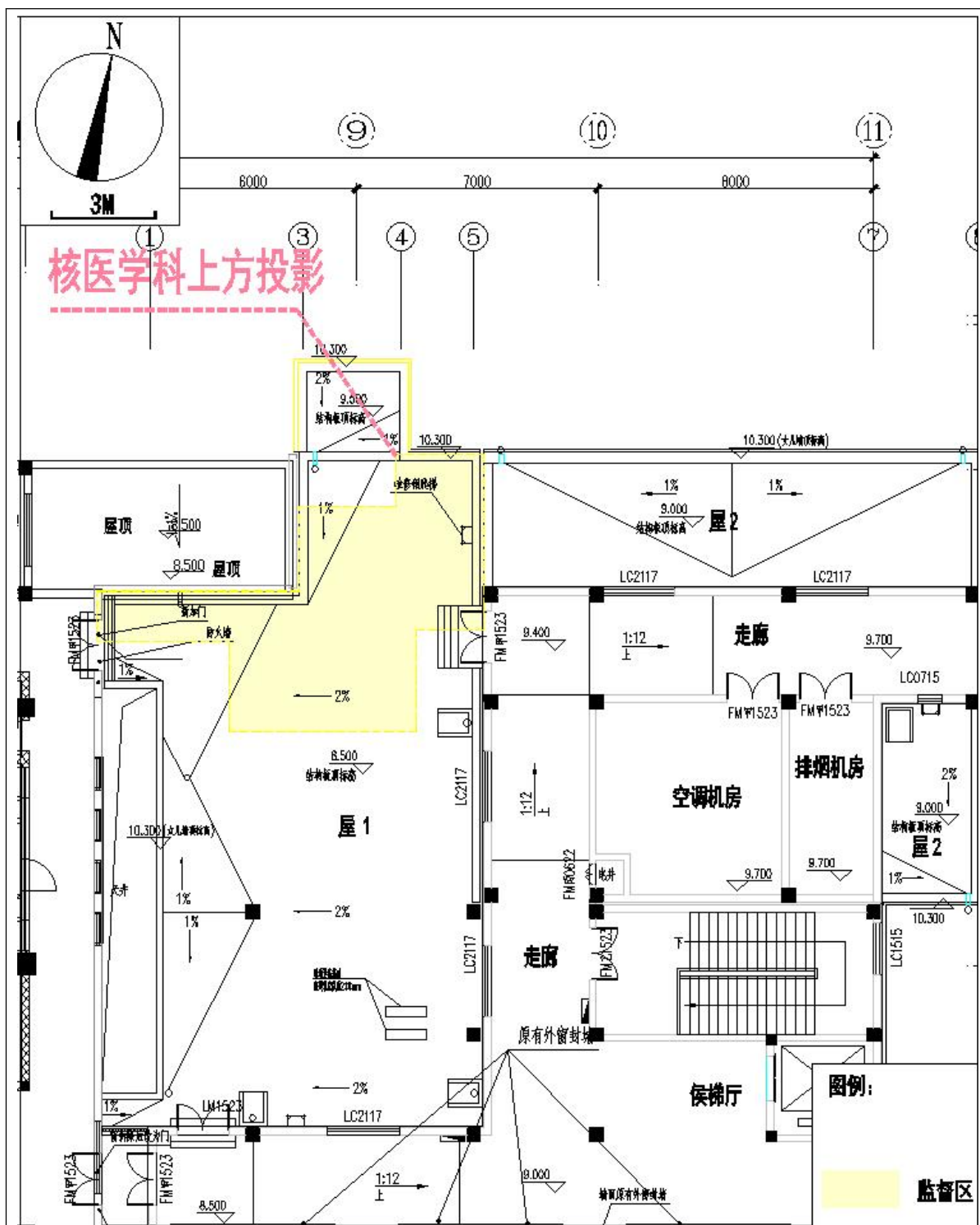


图 10-14 本项目核医学科楼上对应分区示意图

10.2.3. 非密封放射性物质辐射工作场所分级、分类

(1) 辐射工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 C, 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。本项目核医学科场所使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）， ^{131}I 为中毒组核素，毒性组别修正因子为 0.1；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），医疗机构使用 ^{131}I 为简单操作；本项目核医学科工作场所分级见下表：

表 10-9 本项目核医学科工作场所核实使用量情况

核素	每人每次最 药量 (Bq)	日最大操作 量 (Bq)	毒性 因子	操作 因子	日等效最大操 作量 (Bq)	年操作天 数 (天)	年最大用量 (Bq)
^{131}I 甲亢	3.70E+08	1.85E+09	0.1	1	1.85E+08	150	2.78E+11
^{131}I 甲测	3.70E+05	3.70E+06	0.1	1	3.70E+05	150	5.55E+08
合计		1.85E+09	/	/	1.85E+08	/	2.78E+11

根据上表可知，本项目核医学科工作场所的日等效最大操作量为 1.85E+08Bq，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），为乙级非密封放射性工作场所。

（2）辐射工作场所分类

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）对临床核医学工作场所具体分类办法，核素操作最大量放射性核素的加权活度计算公式如下：

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

根据 GBZ120-2020 附录 G， ^{131}I 核素的毒性权重因子为 100，项目核素接收、分装、施药操作性质修正因子取 1，储源室操作修正因子取 100，固废室操作修正因子取 10。

表 10-10 项目核医学科工作场所分类情况表

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 (MBq)	分类
1	核 医 学 科	储源室	^{131}I	1.85E+09	100	100	1850	II
2		固废室		3.70E+08	100	10	3700	II
3		分装室		1.85E+09	100	1	185000	I
4		服药室		3.70E+08	100	1	37000	II
5		留观室		3.70E+08	100	1	37000	II

由上表可知，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，详

见下表。

表 10-11 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	需要
地面	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙	与墙壁接缝无缝隙
表面	易清洗	易清洗	易清洗
分装柜	需要	需要	需要
通风	特殊的强制通风	良好通风	一般自然通风
管道	特殊的管道 ^a	普通管道	普通管道
盥洗与去污	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b 和去污设备	洗手盆 ^b

^a 下水道宜短，大水流管道应有标记以便维修检测。

^b 洗手盆应为感应式或脚踏式等手部非接触开关控制。

10.2.4 辐射防护设计

本项目核医学科工作场所辐射防护屏蔽设计参数表见表 10-12。

表 10-12 本项目核医学科工作场所辐射屏蔽设计相关参数

房间	方位	屏蔽体外相邻场所	屏蔽材料及厚度
储源室	东	分装室	150mm 轻质砖
	东（门）		普通门
	南	卫生通过间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西	过道	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	北	固废室	240mm 实心砖
	上	楼顶	100mm 混凝土
	下	过道	100mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
固废室	东（门）	分装室	5mmPb 铅门
	东南	储源室	240mm 实心砖
	南	过道	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西	储物间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	北	配电间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	上	楼顶	100mm 混凝土
	下	过道	100mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
分装室	东（门）	服药室	5mmPb 铅门
	东	服药室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	南	卫生通过间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	南（门）		5mmPb 铅门
	西	储源室	150mm 轻质砖
	西（门）		普通门
	西北（门）	固废室	5mmPb 铅门

	北	配电间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西北	留观室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	上	楼顶	100mm 混凝土+1mm 铅板
	下	走廊	100mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
服药室	东	留观室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	东（门）	走廊	5mmPb 铅门
	南	卫生通过间	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西	分装室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	北（门）	留观室	5mmPb 铅门
	上	楼顶	100mm 混凝土+1mm 铅板
	下	走廊/控制室	100mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
留观室	东	加速器机房上方夹层	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西南（门）	走廊	5mmPb 铅门
	南（门）	服药室	5mmPb 铅门
	南	分装室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	西	配电室	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	东北	二楼临空	240mm 实心砖+20mm 硫酸钡水泥
	北	专用电梯前厅	120mm 实心砖+30mm 硫酸钡水泥
	北（门）		5mmPb 铅门
	上	楼顶	100mm 混凝土+1mm 铅板
	下	模具室/水冷机房	100mm 混凝土+20mm 硫酸钡水泥
衰变池	东	地下土层	250mm 混凝土
	南	地下土层	250mm 混凝土
	西	地下土层	250mm 混凝土
	北	地下土层	250mm 混凝土
	上	地面	整体为 200mm 混凝土， 检修孔配置 100mm 硫酸钡水泥盖板 进出水管包裹 4mmPb 铅皮
	下	地下土层	300mm 混凝土
注：根据设计方案，项目使用实心砖密度为 1.65g/cm ³ ，铅密度为 11.3g/cm ³ ，混凝土密度为 2.35g/cm ³ ，硫酸钡水泥密度为 3.2g/cm ³ ，由于轻质砖密度较低，防护能力有限，报告不核计其屏蔽效果。			

10.2.5 辐射安全与防护措施

（1）分区管理、警示标识和指示标识：

①拟在控制区各功能用房出、入口及留观室北侧电梯一楼出口醒目位置设置符合国家标准要求的电离辐射警示标识以及“禁止入内”“禁止停留”等警示标识，以警示无关人员不要在此区域停留。

②拟在控制区各功能用房出、入口设置房间功能标识牌，在工作场所内张贴患者、医护人员和放射性药品运输等指示路线标识。

③在衰变池顶部四周设置实体围挡，并张贴警示标志，防止无关人员靠近。

(2) **门禁控制系统：**拟在核医学工作场所控制区各出、入口设置门禁，限制无关人员出入；在监督区入口处设立标明监督区的标牌。

①项目控制区患者入口、出口门均为单向门控制（服药室入口门禁由工作人员控制，出口设出门按钮，电梯 1 楼出口设出门按钮）。

②在项目工作人员卫生通过间入口、分装室等工作人员出入通道设置门禁（采用刷卡进门、出门按钮出门方式），拟根据工作人员岗位给与对应区域进出权限，以限制无关人员入内。

门禁系统拟设置自动闭门功能，以确保防护门打开时间不超过预定时间。

(3) **监控系统：**拟在核医学工作场所控制区内设置无死角 24 小时监控系统（分装室、留观室、服药室），监控视频录像存储时间不小于 90 天，并拟在分装室内设置监控显示屏，方便工作人员观察患者状态及动向，保障非密封放射性物质的安全。

(4) **对讲系统：**拟在核医学工作场所控制区内设置对讲系统，如患者分装室与服药窗口之间拟设置双向对讲装置，留观室内拟设置对讲装置或呼叫装置，以便医护人员与患者间保持良好沟通。

(5) **放射性药物的管理：**

①¹³¹I：本项目核医学科工作场所设置有独立的储源室用于暂存剩余放射性药物，储源室安装防盗门锁、监控系统等；储源室内放射性核素储存于铅罐内，具有相应的辐射屏蔽能力，并定期开展辐射监测。

放射性核素放置合理有序、易于取放，并将建立完善的保管、领用和登记制度，相应的存、取、使用记录要求详细、清晰。

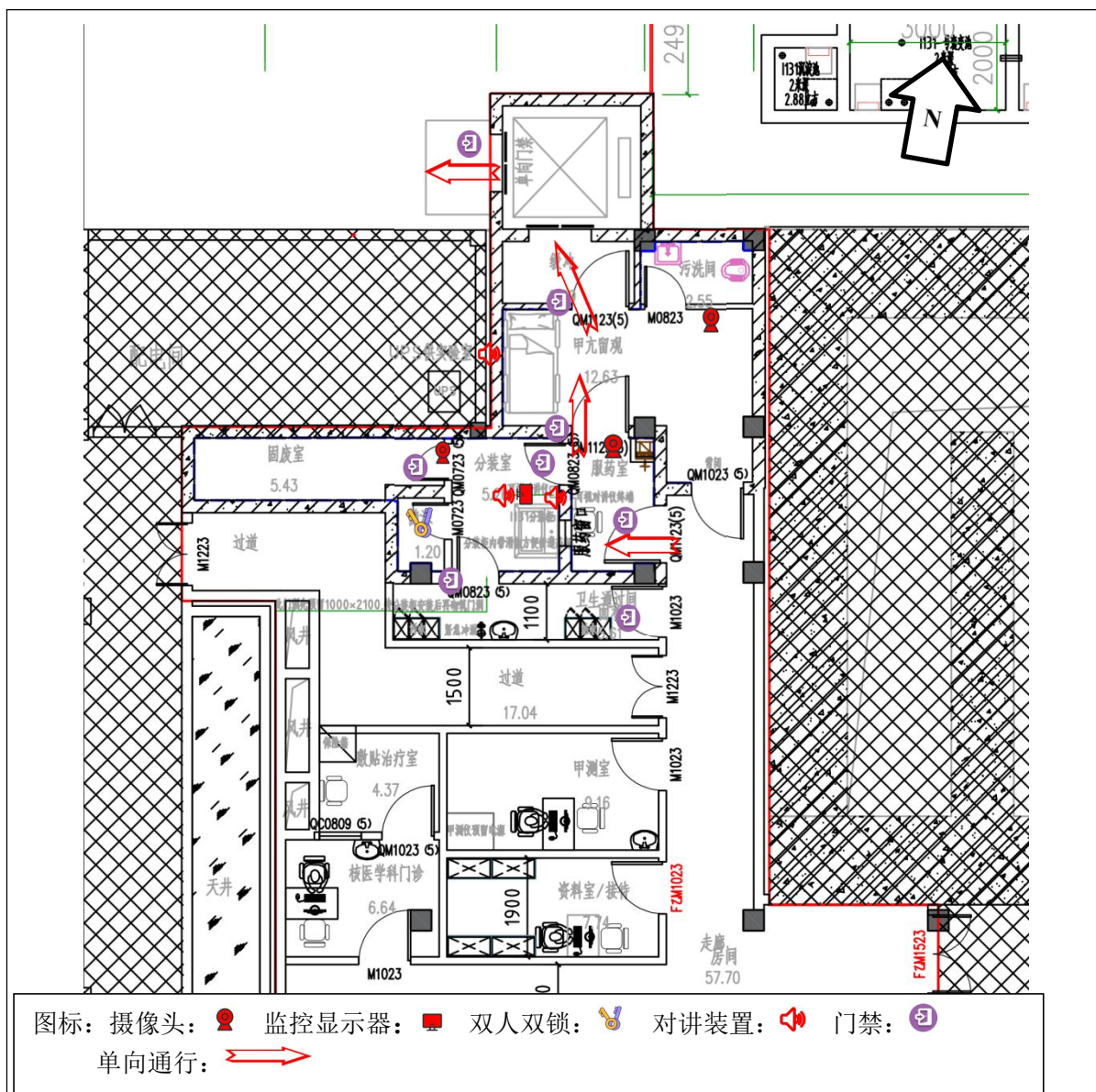


图 10-15 本项目核医学科工作场所监控、门禁、对讲装置示意图

(6) **辐射工作人员防护措施：**本项目拟为辐射工作人员配置铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜等个人防护用品，个人剂量计、指环剂量计及辐射监测设备（详见表 10-13），可满足本项目辐射工作需求。拟在核医学工作场所出入控制区区域设置卫生通过间，卫生通过间内拟设置防护用品放置与穿戴、放射性污染监测以及紧急冲淋等空间。

(7) **放射性废物管理：**项目控制区设置放射性废物储存间（固废室），并在分装室、服药室、留观室等房间内配备放射性废物暂存铅桶；放射性废物定期收集后暂存于放废间专用衰变箱内，分批存放，按先进先出的原则，经检测合格按医疗废物处置。本项目核医学工作场所设置了相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。其中放射性药物在开展治疗前、患者/受检者到达前送至分装室，避免与患者交叉。

(8) **制度上墙：**医院制定相应的辐射事故应急预案、辐射安全防护规程及相应的操作程序等制度，并张贴于工作人员分装室等放射性核素操作区域。按要求在患者候诊区域设置相应放射防护注意事项告知栏。

(9) **清洁卫生要求：**本项目核医学控制区内卫生通过间、淋浴间、清洁间、患者卫生间等有水房间拟采用防滑地砖地面，地砖接缝拟做美缝并刷涂防水层；工作场所控制区其余各功能用房地面拟采用 PVC 卷材，地面 PVC 卷材与墙壁的连接采用 PVC 踢脚线，踢脚线高 10cm，并采用圆弧设计，以保证连接处无缝隙。本项目工作台面、分装柜、洗手池/盆、清洁池等表面拟采用瓷砖/不锈钢材质等易清洗、防水、不易渗漏材料，以便于清洁去污。洗手水龙头选脚踏或光电感应龙头。

综上，本项目核医学工作场所拟采取的辐射安全与防护措施可满足《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）中相关要求。

10.2.6 核医学科安全操作及辐射防护管理要求

(1) 做好核素的接收、分装和使用：医院拟根据患者治疗计划采购放射性药物，供应单位应在约定的时间内负责将放射性药物运送至核医学科分装室，由核医学工作人员接收放射性药物，验收时应检查产品外包装是否损坏，并进行开包检查，应检查货运单据与产品是否一致，并使用仪器测量铅罐表面剂量率及表面污染水平，监测结果在双方约定的范围内，则验收合格，经确认无误完成相关交接手续后由送药人员放入分装柜。工作人员应根据医院放射性核素的管理制度，做好核素的使用登记工作；给药前，工作人员应仔细核对患者及药物信息，确认无误后，方可进行给药。医院拟制定放射性核素的管理制度，做好核素的分装、使用登记工作，如有剩余药物实行双人双锁，并且在各出入口设置监控系统和门禁系统，严禁无关人员进入储源、分装等场所，确保放射性药物的安全，严禁辐射操作人员违规操作放射性核素。

(2) 使用、操作放射性同位素的人员应经过专业学习并持证上岗，具备相应的技能与防护知识；

(3) 核素的分装操作须在分装柜内进行，工作人员需按要求穿戴好个人防护用品并正确佩戴个人剂量计；

(4) 不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件操作；

(5) 工作场所应配备表面污染监测仪，放射性操作之后应对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查，如表面污染水平超过 GB18871-2002 中规定

的控制水平，医院应封闭工作场所，控制人员走动，经去污、监测符合标准后方可重新开展业务，如辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况，应立即暂停放射性物质操作，并及时进行去污，评估其受照射剂量，并根据评估结果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等），工作人员在表污检测有污染后应进行洗消；

（6）医院合理安排就诊时间，保证患者从时间上不交叉，严格按诊疗计划和流程开展工作。

10.2.7 辐射防护用品及检测仪器

医院应严格规定相关辐射工作人员在工作中做好个人的辐射防护，并配备铅衣、铅帽、铅围脖、铅眼镜和防护服等防护用品、用具以达到辐射防护的目的，本项目医院拟配备的防护用品见下表。

表 10-13 本项目拟配备辐射防护用品及检测仪器一览表

类别	合计数量		备注	来源
检测设备	个人剂量报警仪	3 个	操作人员使用	新增
	X-γ剂量检测仪	1 台	核医学科工作场所内使用	新增
	表面污染仪	1 台	卫生通过间	新增
	活度计	1 台	分装室使用	新增
	个人剂量计	3 个	辐射工作人员 1 个/人	新增
	指环剂量计	2 个	核素操作人员 1 个/人	新增
核医学防护用品	分装柜	1 台	30mmPb	新增
	铅罐	1 个	40mmPb，存放 ^{131}I	新增
	固废衰变箱	1 个	25mmPb，衰变室使用	新增
	铅污物桶	3 个	10mmPb，分装室、留观室、服药室使用	新增
	铅橡胶衣	2 件	前 0.50mmPb	新增
	铅帽	2 件	0.50mmPb	新增
	铅眼镜	2 副	-	新增
	铅橡胶围脖	2 个	0.50mmpb	新增
	放射性污染防护服	若干	一次性用品	新增
	辐射警示标识	若干	-	新增
	远距离操作工具（如长柄镊子等）	1 套	-	新增
应急去污物品		1 套	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、一次性镊子等	新增

本项目环保投资一览表详见表 10-14。

表 10-14 环保投资一览表

[illegible]

三废的治理	
-------	--

10.3 放疗科三废的治理

（一）放射性废水

本项目放疗科无放射性废水产生。

(二) 放射性固体废物

医用加速器废靶件、准直器等设备组成部件常规更换周期为 5~8 年，具体更换时限由设备厂家结合设备使用强度、运行性能综合确定，医院严禁私自对上述部件开展拆卸作业。

上述部件可能因活化而存在放射性，在更换或退役时需严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）要求开展部件外表面辐射剂量率检测。经监测符合清洁解控标准的部件，由设备原厂回收处置，否则委托具备相应放射性废物处置资质的单位统一收贮，相关放射性部件不在医院内留存存放。

建议医院在医用加速器采购阶段，提前与设备厂家签订专项处置协议，明确废靶件、准直器等活化部件的回收处置方式；同时建立专项管理台账，安排专人负责全过程记录部件更换、监测、转运、处置等相关信息，实现闭环管理。

（三）废气

加速器机房通风设计方案中设有动力排风装置，机房通风换气次数大于 4 次/h，将臭氧、氮氧化物等有害气体经由排风管向屋顶排放。加速器机房的通风设计方案满足《放射治疗放射防护要求》GBZ121-2020、《放射治疗辐射安全与防护要求》HJ1198-2021 放射治疗室的要求：设置有强制排风系统，采取全排全送的通风方式，换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。

10.4 核医学科三废的治理

（一）放射性废水

本项目核医学科有放射性废水产生，为此设置了一套独立的放射性废水收集及处理设施。放射性废水主要来自卫生通过间冲淋、洗手池、留观室病人厕所和清洗水池，排水管由卫生通过间经候诊走廊向北在卫生通过间（污洗间）汇入病人如厕废水和污洗废水后通过排水管井排至 1 楼再接入衰变池，根据设计方案排水管道外拟包 4mmPb 铅材料进行防护，2 楼至 1 楼排水管井设有 150mm 混凝土防护，医院拟在放疗中心楼北侧建设一套三级槽式衰变池，衰变池采用地埋设计，衰变池四周及地下均为土层，衰变池四周无人员到达。衰变池池体采用 C30 防水混凝土一体化浇筑，池体底部厚度为 300mm、四周厚度为 250mm、顶部厚度为 200mm，顶部维修孔盖板为 100mm 硫酸钡水泥板。医院拟在衰变池顶部四周地面上设置实体围栏并粘贴警示标识，限制无关人员进入。

衰变池系统由 1 个容积为 2.988m³的调节池，以及 3 个容积为 12m³的衰变池构成，总容积有效容积 37.872m³（含泵槽）。

放射性废水经管道收集后进入调节池（调节池水泵具有破碎和搅拌功能），调节池的液位达到上限时启动调节池水泵，从调节池泵入槽式衰变池中存放。三个槽式衰变池交替使用，采用 PLC 自控系统，放射性废水从调节池首先进入一号衰变池，另两个池的进水口和三个池的出水口全部处于关闭状态，当一号衰变池液位达到设计最高限值时，二号衰变池进水阀门开启，同时一号衰变池进水阀门关闭；当二号衰变池液位达到设计最高限值时，三号衰变池进水阀门开启，同时二号衰变池进水阀门关闭；

在三号衰变池液位达到设计最高限值时，一号衰变池内的废水已达到衰变期要求，外排到医院污水管网、经医院废水处理站消毒后外排到市政污水管网，当三号衰变池液位达到设计最高限值时，一号衰变池进水阀门开启，同时三号衰变池进水阀门关闭；如此循环。医院需安排专人对衰变池废水进行定期巡视检查，调节池及衰变池废渣，医院根据实际情况每年请专业公司进行清理处置。

衰变池设计图详见图 10-16、10-17，本项目场所放射性废水排水管道走向示意图见图 10-18。

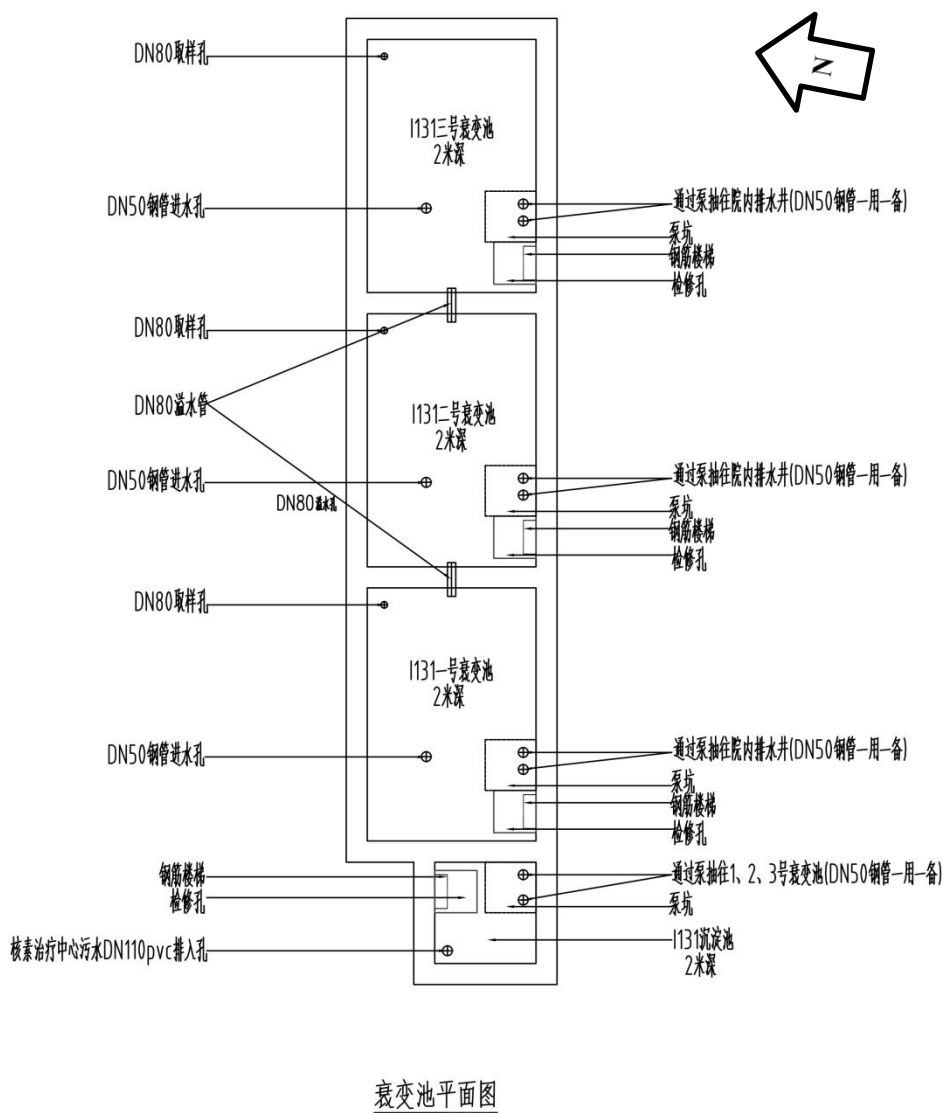


图 10-16 衰变池平面布置图

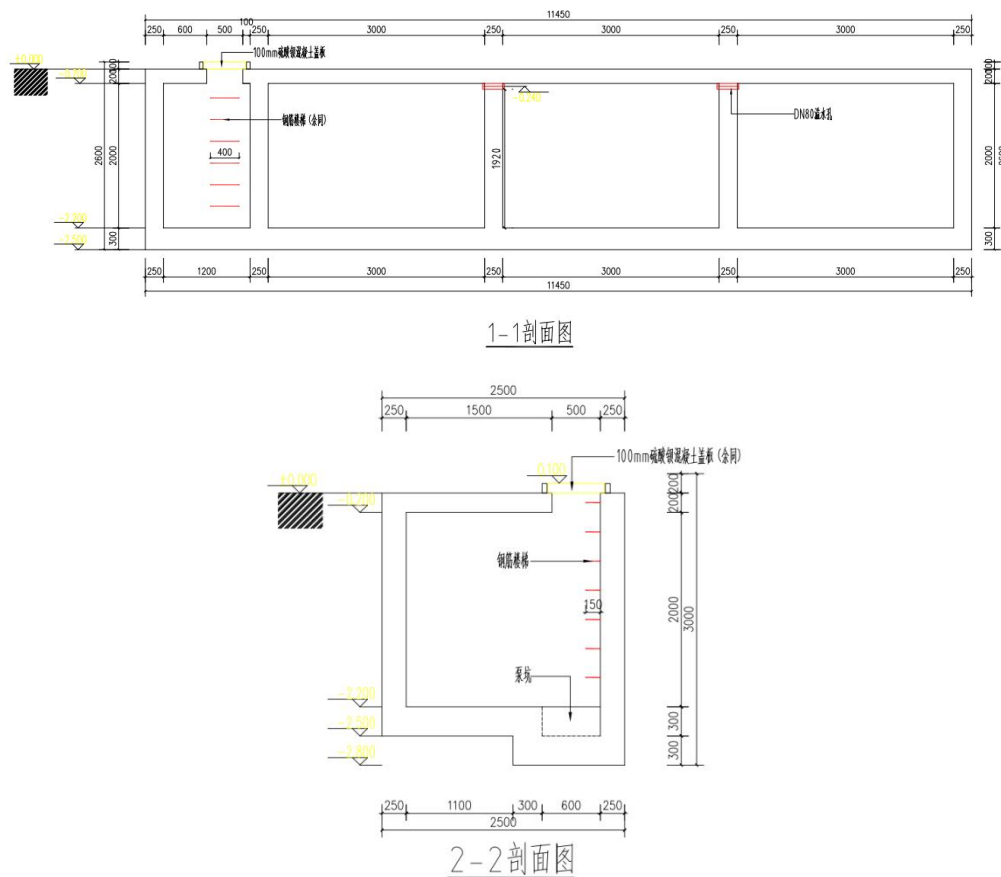


图 10-17 衰变池剖面图

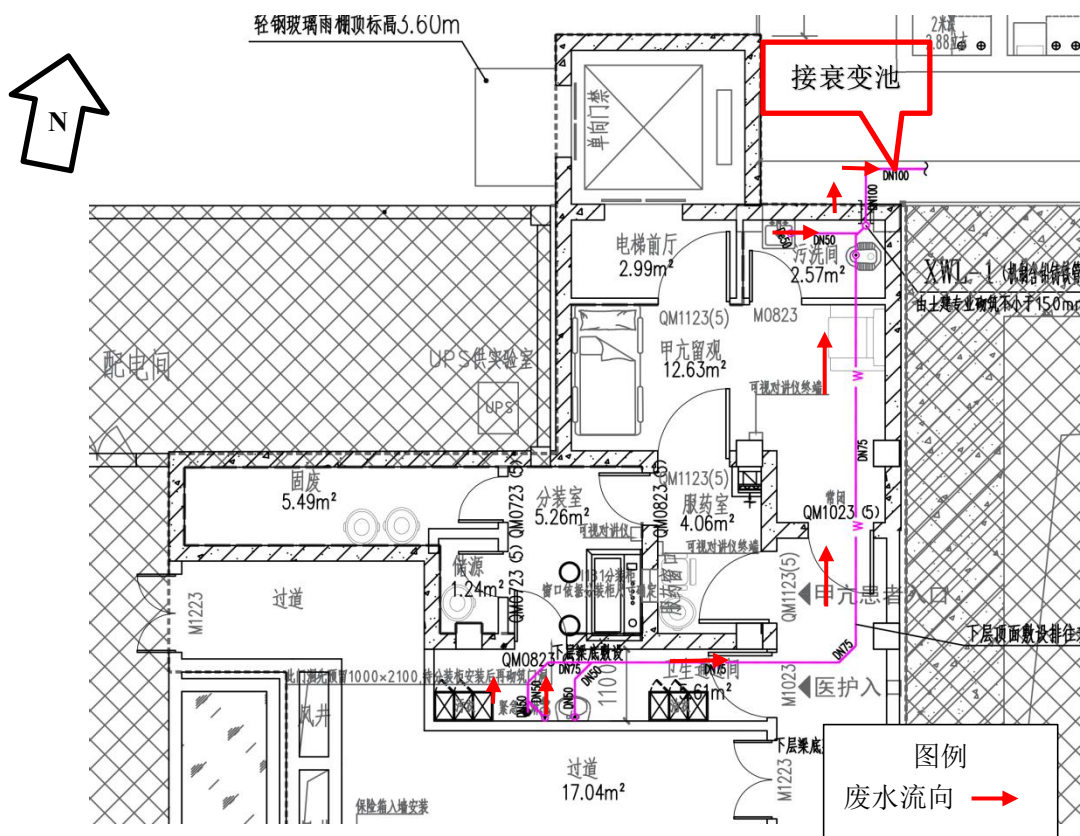


图 10-18 放射性废水管道走向平面设计图

核医学科放射性废水排水管采用专用材质，并采取防腐蚀措施；放射性废水排入场所三级槽式衰变池内衰变，由衰变池停留达到排放标准后，进入医院污水管网，最终进入医院污水处理站处理达标排放。衰变池总排污口总 α 不大于 1Bq/L、总 β 不大于 10Bq/L、 ^{131}I 的放射性活度浓度不大于 10Bq/L。衰变池设置便利取样口，以便在废水排放前取样监测。

（二）放射性废气

本项目核医学科放射工作场所会有少量放射性气体产生，为此，核医学工作场所拟设置独立的通风系统，根据通风设计图纸，核医学科场所内共设置 2 套独立排风系统和 2 套新风系统，排风系统均设有活性炭吸附装置。具体如下：

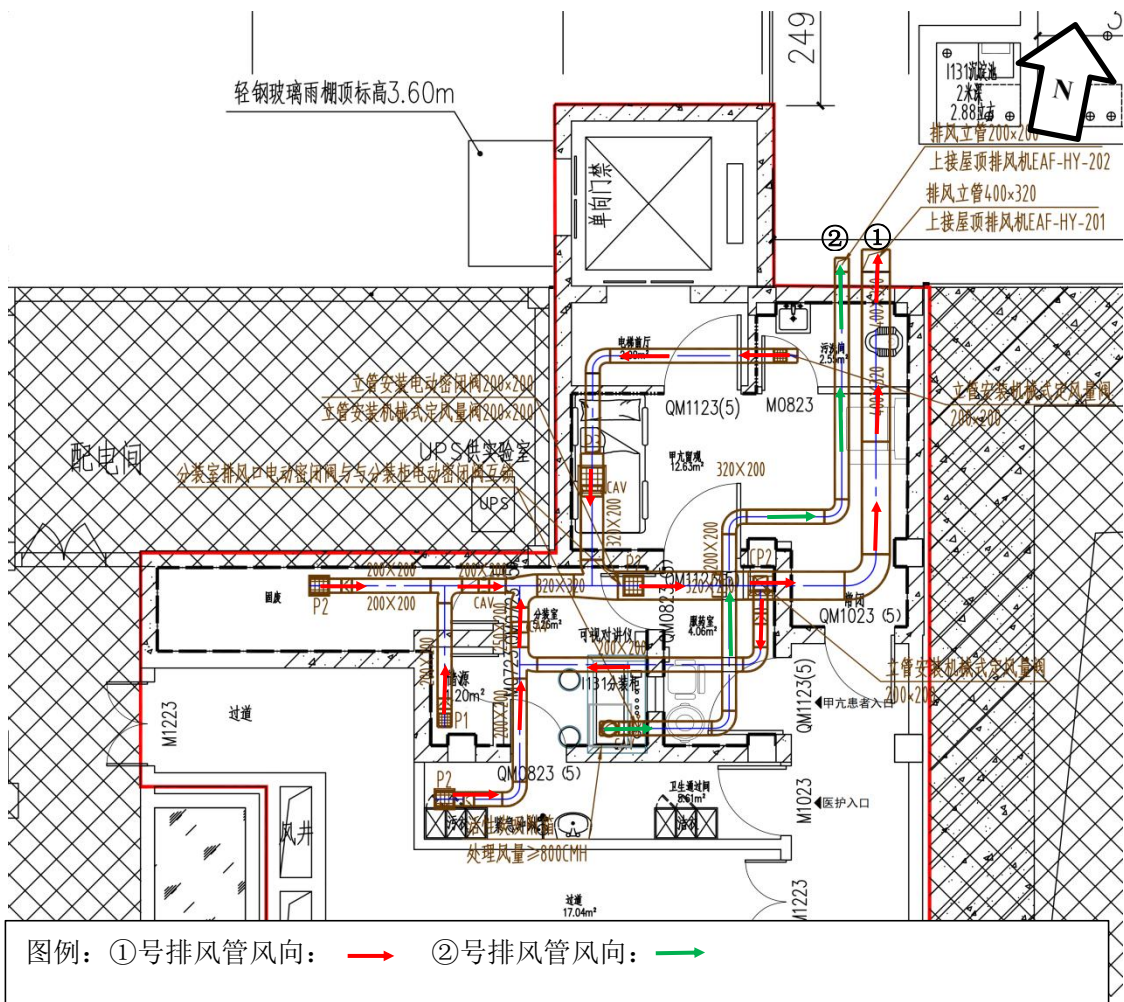
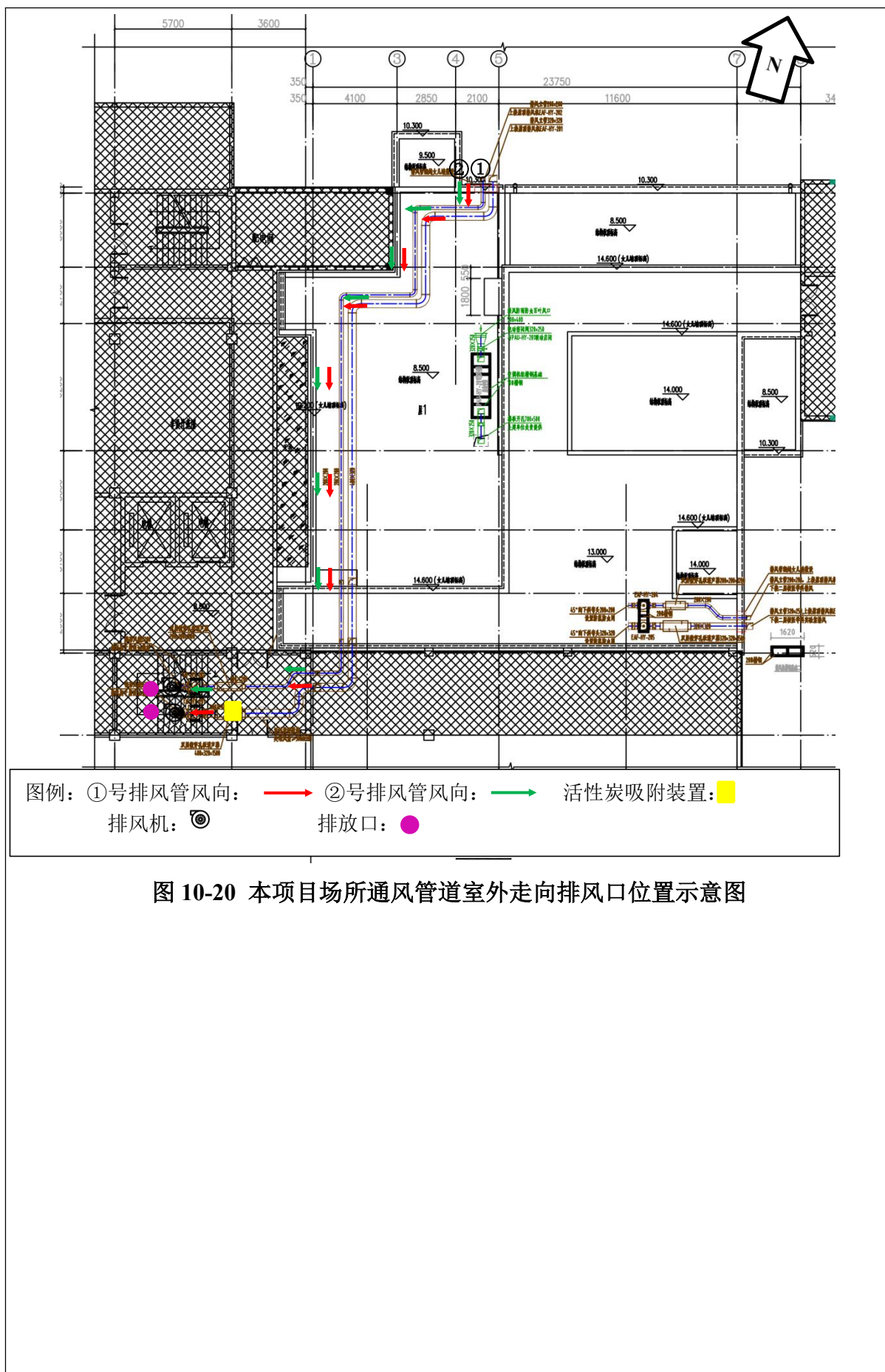


图 10-19 本项目场所内通风管道走向示意图



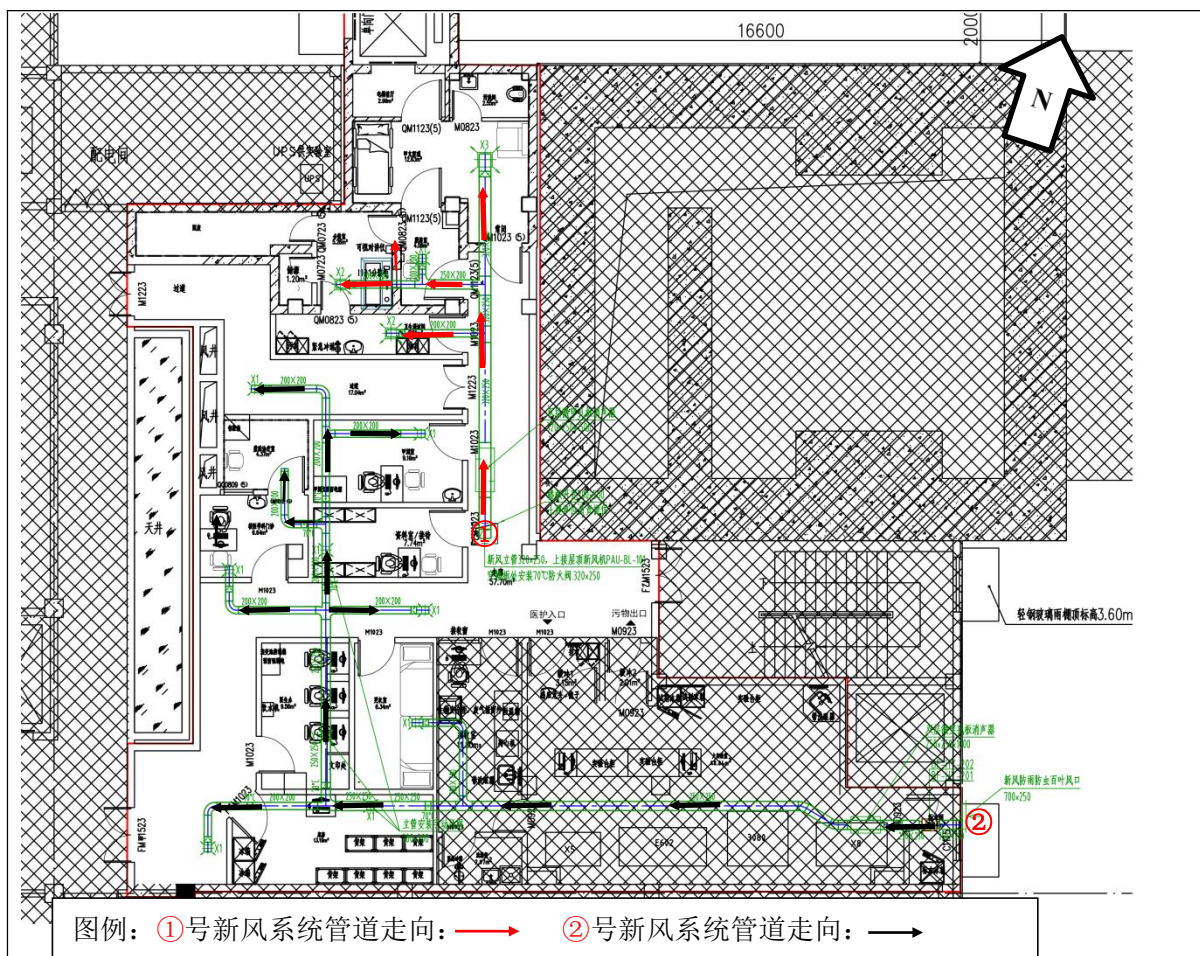


图 10-21 本项目场所新风系统管道走向示意图

排风：

①号排风管：储源室、固废室、卫生通过间、服药室、留观室、分装室等区域设置 1 套独立排风系统，气流走向为从低浓度区向高浓度，每个房间风管汇入处均设有止逆阀，防止废气逆流，风量为 $2500\text{m}^3/\text{h}$ ，根据设计方案，分装室、固废室、储源室、服药室、污洗间的压差均为 -15Pa ，留观室、卫生通过间压差为 -10Pa ，能保持场所内为负压状态。排风管道经核医学科留观室北侧穿墙后向上至核医学科屋顶，在屋顶沿放疗中心楼与门诊楼交接处向南，在放疗中心楼西南角沿门诊楼向上，再转向西侧，在门诊楼 6 楼楼顶排放，排气楼口高于楼顶 3m ，排放口前段设置活性炭过滤装置。排风管穿墙处用 4mmPb 铅材料包裹作为屏蔽补偿。

②号排风管：分装柜设置 1 套独立排风系统，分装柜安装有轴流风机，设计风速不小于 0.5m/s ，最大风量为 $400\text{m}^3/\text{h}$ ，分装柜工作区尺寸为 0.22m^3 ，每小时最大能换气 1818 次，能保持柜内负压，顶部设有活性炭吸附装置。排风管道在分装柜顶部向东经服药室，再向北经留观室，在留观室北侧穿墙后向上至核医学科屋顶，在屋顶沿

放疗中心楼与门诊楼交接处向南，在放疗中心楼西南角沿门诊楼向上，再转向西侧，在门诊楼6楼楼顶排放，排气楼口高于楼顶3m。排风管裸露横穿核医学科的区域用4mmPb铅材料做包裹处理。

新风：

①号新风管：分装室、服药室、留观室、卫生通过间等区域设一套新风系统，新风入口位于放疗中心楼核医学科楼顶临近直线加速器机房处，风管向下穿楼板在候诊走廊处进入二楼。

②号新风管：敷贴治疗室、甲测室、医生休息室、门诊室、资料室、医生办公室等区域设一套新风系统，进风口位于放疗中心楼二层东南角。

综上所述，本项目核医学科分装柜设有独立通风系统，设计风量为400m³/h，风速不小于0.5m/s；场所排放风管气流走向为从低浓度区向高浓度，各房间支管汇入主管处均设有止逆阀，防止废气逆流，风量为2500m³/h，能保持场所内为负压状态。2套排风系统排风管相互独立，以防止放射性气体交叉污染，均设有活性炭吸附装置，工作场所的气流组织流向设计合理。

（三）放射性固体废物

本项目会产生放射性固体废物，为此，拟采取的污染防治措施如下：

1、设置废物储存登记表，记录废物主要特性和处理过程，并存档备案。

2、收集废物的污物桶具有外防护层和电离辐射警示标志。在分装室、服药室、留观室等位置放置污物桶。污物桶内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，及时转送固废室，放入专用容器中存储。对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。

3、每袋废物的表面剂量率应不超过0.1mSv/h，质量不超过20kg。废物包装体外表面的污染控制水平： $\beta < 0.4\text{Bq/cm}^2$ 。

4、固废室设有通风设施，出入处设电离辐射警告标志。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。

5、本项目产生的放射性固体废物收集后，暂存于固废间专用衰变箱内，衰变达到清洁解控水平后按医疗废物处置。

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废物、放射性废水和放射性气体，产生的环境影响主要是拟建场所施工时产生的噪声、扬尘、固体废物、废水、设备安装及调试过程中可能产生的放射性污染等环境影响。

(1) 噪声及防治措施

施工期噪声主要来自场所建设时的机械噪声、装修时的设备噪声。通过设置隔声围挡、选取噪声低振动小的施工装修器械，并合理安排施工时间等措施能减轻对外界的影响。

(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至指定的渣土堆放场堆放。

(4) 废水及防治措施

施工期间产生的废水主要为施工废水和施工人员的生活污水。施工废水收集后用于降尘，生活污水依托医院的污水处理系统，处理达标后经排水系统进入市政污水管网。

(5) 放射性污染及防治措施

设备安装及调试过程会产生放射性污染，因此本项目所涉及射线装置的安装应由专业人员进行，院方不得自行安装设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，禁止无关人员靠近。

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对外界的影响是暂时的，本项目工程施工期的影响随着工程的结束而消失。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。

11.1 放疗科运行阶段对环境的影响

辐射环境影响

本项目直线加速器设备参数如表 9-1 所示。

本项目直线加速器集成 1 套千伏级 CBCT 影像引导系统，其功能为治疗前摆位验证与在线定位。该系统与直线加速器为分时工作模式，不会同时开机出束。机房辐射屏蔽设计按 10MV X 射线直线加速器的屏蔽要求执行，该条件下的机房屏蔽体，可完

全满足 CBCT 影像引导系统运行时产生的 X 射线的辐射防护要求, 正常情况 CT 运行时对机房不会造成辐射影响, 因此以下主要对加速器使用时 X 射线对环境的影响进行分析。

11.1.1 有用线束主屏蔽区宽度核算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 4.3.3 有关公式估算有用线束主屏蔽区的宽度, 机房主屏蔽墙体宽度核算结果见表 11-1。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \times \tan\theta + 0.3]$$

式中:

Y_p ——机房有用射线束主屏蔽区的宽度, m;

SAD ——源轴距, m; (对于本项目医用电子直线加速器 $SAD=1m$);

θ ——治疗束的最大张角 (相对束中的轴线), 根据表 9-1, θ 取 $14^\circ=28^\circ/2$;

a ——等中心至墙的距离, m。

当主屏蔽区向机房内凸时, “墙”指与主屏蔽相连的次屏蔽墙 (或顶) 的内表面; 当主屏蔽区向机房外凸时, “墙”指主屏蔽区墙 (或顶) 的外表面。

表 11-1 加速器机房主屏蔽墙体的宽度核算

主屏蔽墙位置	a (m)	SAD (m)	(θ°)	计算值 Y_p (m)	设计值 (m)	评价结果
北主屏蔽墙宽度 (内凸)	4.8	1	14	3.492	4	满足
南主屏蔽墙宽度 (内凸)	4.8	1	14	3.492	4	满足
顶主屏蔽墙宽度 (外凸)	5.12	1	14	3.652	4	满足

由核算结果可知, 加速器机房主屏蔽墙宽度都能够满足有用射线束的主屏蔽区宽度要求。根据最优化原则, 建议将加速器机房主屏蔽墙宽度由 4m 改为 3.7m。

11.1.2 加速器治疗室外关注点的导出剂量率参考控制水平

根据本项目加速器机房设计结构和布局情况, 关注点选取示意图详见图 11-1。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 和《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020) 相关要求, 治疗机房 (不包括移动式电子加速器治疗机房) 墙和入口门外 30cm 处 (关注点) 的周围剂量当量率应不大于下述 a)、b) 和 c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$:

a) 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子, 由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$, 见公式 11-1:

$$\dot{H}_c = H_c / (t \times U \times T) \quad (\text{式 11-1})$$

式中：

$\dot{H}_c$ ——周围剂量当量率参考水平，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

H_c ——周剂量率参考控制水平，单位为微希沃特每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

t ——设备周最大累积照射小时数，单位为小时每周（h/周），本项目加速器治疗人数按 50 人次/天计，每周工作 5 天，每周治疗人数 250 人次，年工作 50 周，平均每名患者治疗（常规治疗）照射时间约 1.5min，本项目保守均按照调强治疗考虑，调强因子取 N 为 5，则每人受照时间均以 7.5min 计，直线加速器周出束时间约 31.25h，年出束时间 1562.5h。

U ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子，有用线束方向取 1/4，漏射散射方向取 1；

T ——人员在关注点位置的居留因子，依据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）表 A.1 不同场所的居留因子，详见本报告表 11-2。

表 11-2 居留因子的选取

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

机房南侧走廊、东侧室外通廊、加速器机房正上方的夹层西侧的核医学科走廊、东侧的健康管理中心走廊为部分居留场所，居留因子取 1/5；防护门外为偶然居留场所，居留因子取 1/8；机房西侧水冷机房参考偶然居留场所示例中的储藏室，居留因子取 1/20；机房北侧室外空地、南侧楼梯间为偶然居留场所示例中仅有行人车辆来往的户外区域、楼梯，居留因子取 1/40；加速器机房正上方的夹层人员不可到达，为验证机房顶板屏蔽，居留因子取 1/40 计算。

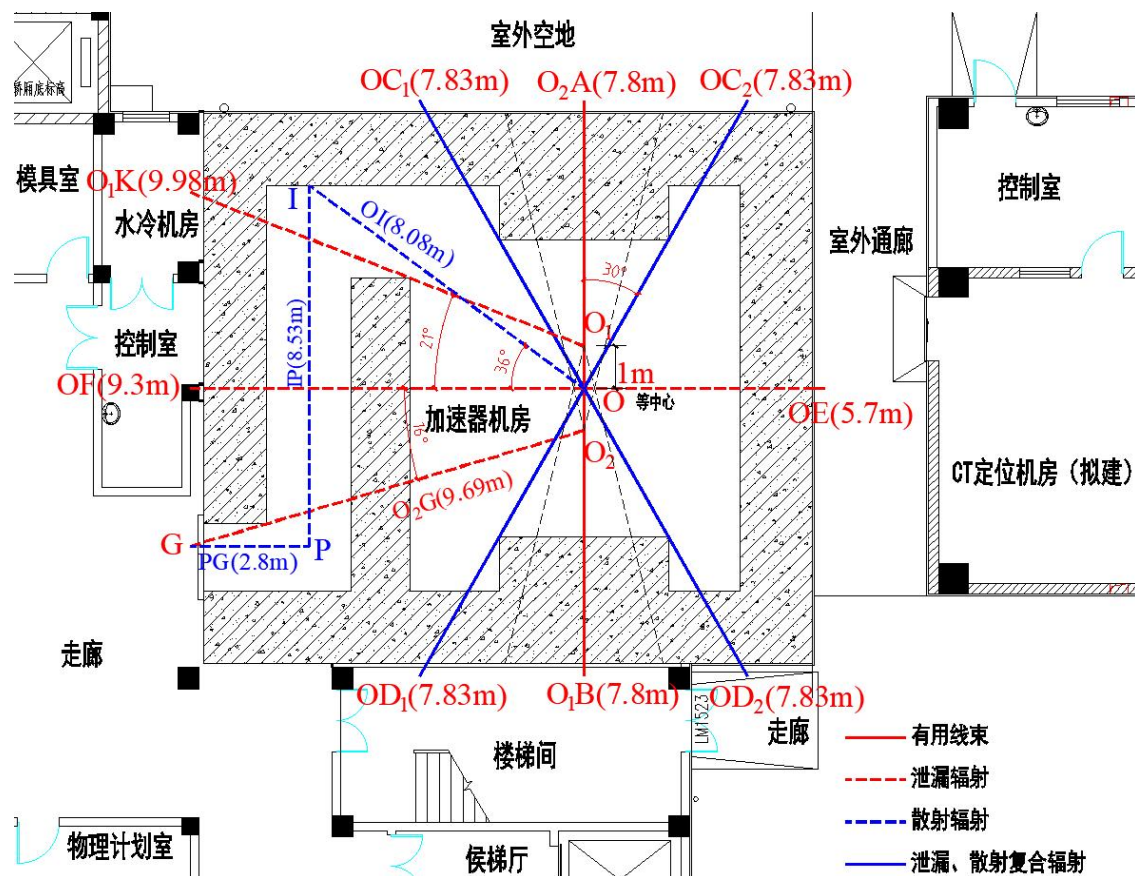
b) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c, \max}$ ：

1) 人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $H_{c, \max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

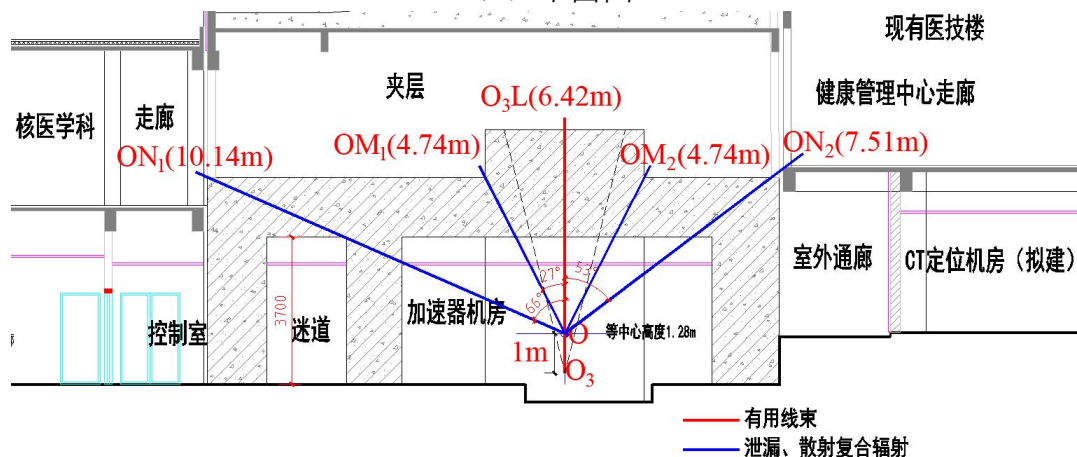
2) 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $H_{c, \max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$:

c) 由上述 a) 中的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 和 b) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c, \max}$, 选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 。

本项目周剂量参考控制水平 H_c 工作人员为 $100 \mu\text{Sv/周}$, 公众为 $5 \mu\text{Sv/周}$ 。机房各关注点辐射剂量率参考控制水平见表 11-3。



(1) 平面图



(2) 剖面图

图 11-1 加速器机房外关注点分布图

表 11-3 加速器机房各关注点辐射剂量率参考控制水平

关注点	点位	位置描述	辐射类型	周剂量参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/周})$	周工作负荷 $t(\text{h/周})$, 均按调强模式考虑)	使用因子 U	居留因子 T	导出剂量率 $H_{c,d}(\mu\text{Sv/h})$	$H_{c,max}(\mu\text{Sv/h})$	关注点的剂量率参考控制水平 $H_c(\mu\text{Sv/h})$
A	北墙主屏蔽区外 30cm	室外空地	有用线束	5	31.25	1/4	1/40	25.60	10	10.00
B	南墙主屏蔽区外 30cm	楼梯间	有用线束	5	31.25	1/4	1/40	25.60	10	10.00
L	顶棚主屏蔽区外 30cm	夹层	有用线束	5	31.25	1/4	1/40	25.60	10	10.00
C ₁	北墙次屏蔽区外 30cm	室外空地	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/40	6.40	10	6.40
C ₂	北墙次屏蔽区外 30cm	室外空地	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/40	6.40	10	6.40
D ₁	南墙次屏蔽区外 30cm	楼梯间	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/40	6.40	10	6.40
D ₂	南墙次屏蔽区外 30cm	走廊	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/5	0.80	10	0.80
M ₁	顶棚次屏蔽区外 30cm	夹层	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/40	6.40	10	6.40
M ₂	顶棚次屏蔽区外 30cm	夹层	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/40	6.40	10	6.40
N ₁	顶棚次屏蔽区外 30cm	核医学科走廊	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/5	0.80	10	0.80
N ₂	顶棚次屏蔽区外 30cm	健康管理中心走廊	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/5	0.80	10	0.80
E	东墙侧屏蔽墙外 30cm	室外通廊	泄漏辐射	5	31.25	1	1/5	0.80	10	0.80
F	西墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	泄漏辐射	100	31.25	1	1	3.20	2.5	2.50
K	西墙迷路外墙外 30cm	水冷机房	泄漏辐射	5	31.25	1	1/20	3.20	10	3.20
G	防护门外 30cm	缓冲区域	散射、泄漏辐射	5	31.25	1	1/8	1.28	10	1.28

11.1.3 有用线束、泄漏辐射、散射辐射剂量率估算

a.有用线束、泄漏辐射剂量率估算

根据加速器的技术参数及治疗室设计方案，参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)中的计算方法，预测加速器以最高电子能量运行时，有用线束、泄漏辐射对治疗室外各关注点的辐射剂量率水平。

首先按式 11-2 计算有效厚度 $X(\text{cm})$ ：

$$X_e = X \times \sec\theta \quad (\text{式 11-2})$$

式中：

X_e ——射线束在斜射路径上的有效屏蔽厚度，cm；

X ——屏蔽墙体厚度，cm；

θ ——入射角夹角。

接着，按式 11-3 估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $H(\mu\text{Sv/h})$ 。

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11-3})$$

式中， $TVL_1(\text{cm})$ 和 $TVL(\text{cm})$ 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。当未指明 TVL_1 时， $TVL_1 = TVL$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （以 $\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{min}$ 为单位的值乘以 6×10^7 ）；依据《辐射防护导论》P70，在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能与以 Sv 为单位的剂量当量，数值上几乎相等。因此，报告在屏蔽计算章节，将 Gy 等同于 Sv。根据建设单位提供的资料，本项目 X 射线最高剂量率为 $1400\text{Mu}/\text{min} = 1400\text{cGy}/\text{min} = 14\text{Gy}/\text{min} = 14\text{Sv}/\text{min}$ ，因此距靶 1m 处的常用最高剂量率为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f ——对有用线束为 1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率，本项目为 0.001。

根据本项目治疗室的设计方案，得出加速器辐射源点至各关注点距离 R ，用式 11-2~式 11-4 算出各关注点的有用线束和泄漏辐射剂量率水平，计算参数及结果见表 11-4。

表 11-4 拟建加速器机房各关注点有用线束和泄漏辐射剂量率的预测结果

关注点	位置描述	辐射类型	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	设计厚度 (cm)	入射角度 θ ($^\circ$)	距离 R (m)	f	TVL_1 (cm)	TVL (cm)	B	预测值 H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
A	室外空地	有用线束	8.40E+08	300	0	7.80	1	41	37	1.00E-08	1.38E-01
B	楼梯间	有用线束	8.40E+08	300	0	7.80	1	41	37	1.00E-08	1.38E-01
L	夹层	有用线束	8.40E+08	270	0	6.42	1	41	37	6.47E-08	1.32E+00
C ₁	室外空地	泄漏辐射	8.40E+08	170	30	7.83	0.001	35	31	6.26E-07	8.58E-03
C ₂	室外空地	泄漏辐射	8.40E+08	170	30	7.83	0.001	35	31	6.26E-07	8.58E-03
D ₁	楼梯间	泄漏辐射	8.40E+08	170	30	7.83	0.001	35	31	6.26E-07	8.58E-03
D ₂	走廊	泄漏辐射	8.40E+08	170	30	7.83	0.001	35	31	6.26E-07	8.58E-03
M ₁	夹层	泄漏辐射	8.40E+08	150	27	4.74	0.001	35	31	4.99E-06	1.87E-01
M ₂	夹层	泄漏辐射	8.40E+08	150	27	4.74	0.001	35	31	4.99E-06	1.87E-01
N ₁	核医学科走廊	泄漏辐射	8.40E+08	150	66	10.14	0.001	35	31	1.71E-12	1.40E-08
N ₂	健康管理中心走廊	泄漏辐射	8.40E+08	150	53	7.51	0.001	35	31	1.23E-08	1.83E-04
E	室外通廊	泄漏辐射	8.40E+08	170	0	5.70	0.001	35	31	4.42E-06	1.14E-01
F	控制室	泄漏辐射	8.40E+08	290	0	9.30	0.001	35	31	5.95E-10	5.77E-06
K	水冷机房	泄漏辐射	8.40E+08	150	21	9.98	0.001	35	31	8.83E-06	7.45E-02
G	缓冲区域	泄漏辐射	8.40E+08	140	16	9.69	0.001	35	31	2.70E-05	2.41E-01

注：N₁、N₂关注点保守仅考虑顶棚屏蔽效果。

b. 散射辐射剂量率估算

对于与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区，除了考虑有用线束的泄漏辐射外，还需考虑有用线束水平或向顶部照射时，人体散射辐射穿过次屏蔽区后的剂量影响。散射辐射主要考虑患者一次散射辐射的剂量率影响。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），患者一次散射辐射的剂量率可按公式 11-5 进行估算。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot a_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ，本项目 X 射线最高输出率为 $8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

a_{ph} ——患者 400cm^2 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm^2 面积上的散射因子；根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录表 B.2 可查，10MV 加速器， 20° 散射角 $a_{ph}=5.79 \times 10^{-3}$ ， 30° 散射角 $a_{ph}=3.18 \times 10^{-3}$ ， 45° 散射角 $a_{ph}=1.35 \times 10^{-3}$ ， 60° 散射角 $a_{ph}=7.46 \times 10^{-4}$ ， 90° 散射角 $a_{ph}=3.81 \times 10^{-4}$ ，根据内插法计算出， 27° 散射角 $a_{ph}=3.96 \times 10^{-3}$ ， 53° 散射角 $a_{ph}=1.03 \times 10^{-3}$ ， 66° 散射角 $a_{ph}=6.73 \times 10^{-4}$ 。

F ——治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ，本项目加速器参数为 1600cm^2 ；

R_s ——患者（位于等中心点）至关注点的距离，m；

B ——屏蔽物质的屏蔽透射因子。

根据上述公式和参数，可计算次屏蔽区关注点的患者一次散射剂量率如表 11-5 所示。

表 11-5 拟建加速器机房关注点散射辐射剂量率预测结果

关注点	位置描述	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	设计厚度 (cm)	入射角度 θ (°)	距离 R (m)	F (cm^2)	a_{ph}	TVL_1 (cm)	TVL (cm)	B	预测值 H ($\mu\text{Sv/h}$)
-----	------	---	--------------	----------------------	-------------	--------------------------	----------	-----------------	-------------	-----	---------------------------------

C ₁	室外空地	8.40E+08	170	30	7.83	1600	3.18E-03	28	28	9.76E-08	1.70E-02
C ₂	室外空地	8.40E+08	170	30	7.83	1600	3.18E-03	28	28	9.76E-08	1.70E-02
D ₁	楼梯间	8.40E+08	170	30	7.83	1600	3.18E-03	28	28	9.76E-08	1.70E-02
D ₂	走廊	8.40E+08	170	30	7.83	1600	3.18E-03	28	28	9.76E-08	1.70E-02
M ₁	夹层	8.40E+08	150	27	4.74	1600	3.96E-03	28	28	9.72E-07	5.75E-01
M ₂	夹层	8.40E+08	150	27	4.74	1600	3.96E-03	28	28	9.72E-07	5.75E-01
N ₁	核医学科走廊	8.40E+08	150	66	10.14	1600	6.73E-04	28	28	6.74E-14	1.48E-09
N ₂	健康管理中心走廊	8.40E+08	150	53	7.51	1600	1.03E-03	28	28	1.25E-09	7.70E-05

c.迷路入口散射辐射剂量估算

由于本项目直线加速器有用线束不向迷路照射，根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），有用线束不向迷路照射的情况：

a) 入口处的散射辐射剂量率

$$H_g = \frac{a_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{a_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

H_g ——入口处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

a_{ph} ——患者 400cm^2 面积上的散射因子；

F ——治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

a_2 ——砼墙入射的患者散射辐射的散射因子；

A ——i 处的散射面积； m^2 ；

R_1 ——“o-i”之间的距离，m；

R_2 ——“i-G”之间的距离，m；

H_0 ——加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

b) 入口处防护门需要的屏蔽投射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{0g}}{\dot{H}_g} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

H_{0g} —— o_1 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 G 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c ——参考点剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_g ——G 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

c) 在给定防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 时, 防护门外的辐射剂量率 $\dot{H}$ 按下式计算:

$$\dot{H} = \dot{H}_g \bullet 10^{-(x/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad (\text{式 11-8})$$

式中 $TVL=0.5\text{cm}$ (铅):

表 11-6 未经屏蔽迷路入口散射辐射剂量率 H_g

关注点		G
计算参数	α_{ph}	1.35E-03
	F (cm ²)	1600
	α_2	2.20E-02
	A (m ²)	7.4
	H_o (μSv·m ² /h)	8.40E+08
	R_1 (m)	8.08
	R_2 (m)	11.33
计算结果	关注点散射辐射 H_g (μSv/h)	8.81E+01

迷路入口的 X 射线散射辐射能量约为 0.2MeV, 铅中的 TVL 值为 0.5cm, 根据加速器机房防护门的屏蔽方案, 迷路入口经防护门铅板屏蔽后的散射辐射计算结果见表 11-7。

表 11-7 经屏蔽后迷路入口散射辐射剂量率 H_g

机房名称	屏蔽前剂量率 (μSv/h)	铅屏蔽厚度 (mm)	TVL (mm)	B	屏蔽后剂量率 (μSv/h)
加速器机房	8.81E+01	14	5	1.58E-03	1.40E-01

11.1.4 各关注点辐射剂量率预测结果及评价

加速器机房外各关注点的辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较见表 11-8。

表 11-8 辐射剂量率预测结果与剂量率参考控制水平比较

关注点	位置描述	辐射剂量率预测值 (μSv/h)			剂量率参考控制水平 H_c (μSv/h)	是否符合
		有用线束/泄漏辐射	散射辐射	合计		
A	室外空地	1.38E-01	/	1.38E-01	10	是
B	楼梯间	1.38E-01	/	1.38E-01	10	是
L	夹层	1.32E+00	/	1.32E+00	10	是
C ₁	室外空地	8.58E-03	1.70E-02	2.56E-02	6.4	是
C ₂	室外空地	8.58E-03	1.70E-02	2.56E-02	6.4	是
D ₁	楼梯间	8.58E-03	1.70E-02	2.56E-02	6.4	是
D ₂	走廊	8.58E-03	1.70E-02	2.56E-02	0.8	是
M ₁	夹层	1.87E-01	5.75E-01	7.62E-01	3.2	是

M ₂	夹层	1.87E-01	5.75E-01	7.62E-01	3.2	是
N ₁	核医学科走廊	1.40E-08	1.48E-09	1.54E-08	0.8	是
N ₂	健康管理中心走廊	1.83E-04	7.70E-05	2.60E-04	0.8	是
E	室外通廊	1.14E-01	/	1.14E-01	0.8	是
F	控制室	5.77E-06	/	5.77E-06	2.5	是
K	水冷机房	7.45E-02	/	7.45E-02	3.2	是
G	缓冲区域	2.41E-01	1.40E-01	3.81E-01	1.28	是

通过上表可以看出，本项目加速器机房的辐射屏蔽措施能够使机房外的辐射剂量率满足相应的剂量率参考控制水平的要求。

11.1.5 机房所需屏蔽厚度计算

A.剂量率和屏蔽墙厚的确定原则

对于主屏蔽墙，屏蔽防护计算只考虑主射线照射情况下的防护；对于次屏蔽墙，则需考虑漏射线和患者一次散射情况下的防护。对于考虑漏射和散射的复合屏蔽区，以瞬时剂量率控制水平的一半，作为导出剂量率参考控制水平进行估算。

次级辐射屏蔽可能包含泄漏辐射和散射辐射的复合作用。通常分别估计泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层（*TVL*）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个 *TVL* 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层（*HVL*）厚度。

B.根据以上公式及参数，放疗科加速器机房所需屏蔽厚度与设计厚度对比情况详见表 11-9。

表 11-9 机房辐射屏蔽厚度计算

机房名称	关注点	点位	位置描述	TVL (cm)	TVL ₁ (cm)	散射 TVL (cm)	R (m)	θ (°)	导出剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	主射/漏射所需厚度 (mm)	散射所需厚度 (mm)	理论计算所需厚度 (mm)	实际厚度 (mm)	符合性
加速器机房	A	北墙主屏蔽区外 30cm	室外空地	37	41	/	7.80	0	10.00	2312	/	2312	3000	符合
	B	南墙主屏蔽区外 30cm	楼梯间	37	41	/	7.80	0	10.00	2312	/	2312	3000	符合
	L	顶棚主屏蔽区外 30cm	夹层	37	41	/	6.42	0	10.00	2374	/	2374	2700	符合
	C ₁	北墙次屏蔽区外 30cm	室外空地	31	35	28	7.83	30	6.40	1010	1148	1233	1700	符合
	C ₂	北墙次屏蔽区外 30cm	室外空地	31	35	28	7.83	30	6.40	1010	1148	1233	1700	符合
	D ₁	南墙次屏蔽区外 30cm	楼梯间	31	35	28	7.83	30	6.40	1010	1148	1233	1700	符合
	D ₂	南墙次屏蔽区外 30cm	走廊	31	35	28	7.83	30	0.80	1252	1367	1452	1700	符合
	M ₁	顶棚次屏蔽区外 30cm	夹层	31	35	28	4.74	27	6.40	1159	1314	1398	1500	符合
	M ₂	顶棚次屏蔽区外 30cm	夹层	31	35	28	4.74	27	6.40	1159	1314	1398	1500	符合
	N ₁	顶棚次屏蔽区外 30cm	核医学科走廊	31	35	28	10.14	66	0.80	560	540	644	1500	符合
	N ₂	顶棚次屏蔽区外 30cm	健康管理中心走廊	31	35	28	7.51	53	0.80	877	874	961	1500	符合
	E	东墙侧屏蔽墙外 30cm	室外通廊	31	35	/	5.7	0	0.8	1438	/	1438	1700	符合
	F	西墙侧屏蔽墙外 30cm	控制室	31	35	/	9.3	0	2.5	1153	/	1153	2900	符合
	K	西墙迷路外墙外 30cm	水冷机房	31	35	/	9.98	21	3.2	1027	/	1027	1500	符合
注：①加速器机房次屏蔽区按导出剂量率的 1/2 分别计算散射和漏射辐射屏蔽所需厚度； ②防护门外按公众导出剂量率的 1/4 计算迷路内墙漏射辐射屏蔽所需厚度。														

由表 11-9 可知，放疗科加速器机房的屏蔽设计厚度可以满足标准要求。

11.1.6 工作人员及公众个人剂量估算

个人剂量估算采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式：

$$D_r = D_1 \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-9})$$

式中：

D_r ——关注点辐射剂量率，mSv/a；

D_1 ——关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——年出束时间，h；

T ——居留因子。

本项目工作人员及公众个人剂量估算详见表 11-10。

表 11-10 人员所受年有效剂量估算结果

关注点	位置描述	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作时间 (h/a)	居留因子 T	年有效剂量 (mSv/a)	管理目标值 (mSv/a)
A	室外空地	1.38E-01	1562.5	1/40	5.39E-03	0.1
B	楼梯间	1.38E-01	1562.5	1/40	5.39E-03	0.1
L	夹层	1.32E+00	1562.5	1/40	5.15E-02	0.1
C ₁	室外空地	2.56E-02	1562.5	1/40	9.99E-04	0.1
C ₂	室外空地	2.56E-02	1562.5	1/40	9.99E-04	0.1
D ₁	楼梯间	2.56E-02	1562.5	1/40	9.99E-04	0.1
D ₂	走廊	2.56E-02	1562.5	1/5	8.00E-03	0.1
M ₁	夹层	7.62E-01	1562.5	1/40	2.98E-02	0.1
M ₂	夹层	7.62E-01	1562.5	1/40	2.98E-02	0.1
N ₁	核医学科 走廊	1.54E-08	1562.5	1/5	4.83E-09	0.1
N ₂	健康管理 中心走廊	2.60E-04	1562.5	1/5	8.12E-05	0.1
E	室外通廊	1.14E-01	1562.5	1/5	3.57E-02	0.1
F	控制室	5.77E-06	1562.5	1	9.02E-06	5
K	水冷机房	7.45E-02	1562.5	1/20	5.82E-03	0.1
G	缓冲区域	3.81E-01	1562.5	1/8	7.44E-02	0.1

职业人员年有效剂量分析：根据上表结果可知，辐射工作人员在控制室的年有效剂量值为 9.02E-06mSv，满足工作人员的管理目标值不大于 5mSv/a 的要求。

公众人员年有效剂量分析：根据上表结果可知，加速器机房公众可达处年有效剂量最大值为 7.44E-02mSv（G 点），可满足不大于 0.1mSv/a 的管理目标值。

11.1.7 臭氧及氮氧化物的影响分析

本项目放疗装置运行过程中空气电离产生的少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）通过通风系统排出机房外，少量的臭氧和氮氧化物的排放对环境影响较小。本项目加速器机房墙体对外无采光通风窗，安装了通风装置，根据医院提供资料，加速器机房

拟安装排风量为 4700m³/h 的排风机，直线加速器内通风换气次数为 11.8 次/h，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）标准中“通风换气次数不小于 4 次/h”的要求，能有效地排出机房内的有害气体，保证室内空气质量满足标准要求。

11.1.8 电子线治疗的影响分析

使用电子束模式时，X 射线靶和均整器从电子射线束范围内移去，产生电子线的电子束流强度比打靶产生临床 X 射线所需的电子束流强度小 2—3 个数量级（《放射肿瘤物理学：教学手册》IAEA，2005）；电子束出束过程中，电子线与机头、机床、人体组织等作用产生韧致辐射的能量和强度均低于电子束撞击钨靶产生的治疗 X 射线的能量和强度，所以，如果机房及其防护门能够满足 X 治疗束的屏蔽防护要求，能够满足电子束治疗中产生的韧致辐射的防护要求。根据前文计算可知，本项目机房屏蔽可以满足 X 治疗束的屏蔽防护，因此，也可以满足电子束的屏蔽防护。

11.2 核医学科运行期环境影响分析

11.2.1 考虑的情形

本项目辐射影响主要来自核素使用过程中产生的射线外照射影响。项目甲状腺功能测定患者服药后在甲测室内进行甲状腺功能测定，由于单人次最大服药量不超过 3.7E+05Bq（10μCi），低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）表 A1 中 ¹³¹I 豁免活度 1.0E+06Bq，测定过程中，β、γ射线所致房间外部剂量率很低，造成的工作人员年附加剂量也极少，可忽略不计。因此，主要考虑非密封放射性物质 ¹³¹I 在甲亢治疗过程中产生的β、γ射线的影响。

11.2.2 关注点的选取及距离

1、取核医学科内放射性药品 ¹³¹I 暂存、分装、服药、患者留观等各工作场所屏蔽体（墙体、顶板、门、窗等）外 30cm 处，楼上 30cm 处，楼下取距离楼下地面上方 170cm 处；放射性药品分装柜外外表面 5cm、30cm 处；放射性药品辐射屏蔽容器（铅罐）、衰变箱外表面 30cm 处以及其他人员可能受照剂量大的位置为本次环评的关注点。

项目 ¹³¹I 药品由厂家送药人员在当天工作开展前将药品送至分装室放置于分装柜内，正常情况下药品不在储源室存放，只有个别预约患者由于特殊情况没按预约时间来院服药，少量剩余药品暂时存于储源室内，药品放置在 40mmPb 铅罐内。服药室内由于患者服药位置与西侧防护门的位置角度较小，核素在服药位置时射线经四周墙体散射后穿防护门，经散射后射线能量降低，故西侧防护门外 30cm 不再进行核算。

11.2.3 辐射防护评价

¹³¹I 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%）。

1.β射线的辐射防护评价

（1）β射线辐射环境影响分析

①β粒子在不同介质中的射程采用《辐射防护手册》（第三分册）P22 中式 2.6 计算：

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

式中：

- d——最大射程，cm；
- ρ——屏蔽材料密度，g/cm³；
- E_{βmax}——β粒子的最大能量，MeV。

表 11-11 β射线在各种介质中理论最大射程

核素	¹³¹ I
β射线最大能量(MeV)	0.8069
空气（ρ: 1.29×10 ⁻³ g/cm³）中的射程（cm）	312.752
组织或水(ρ: 1g/cm³)中的射程（cm）	0.403
砖墙（ρ: 1.65g/cm³）中的射程（cm）	0.245
混凝土（ρ: 2.35g/cm³）中射程（cm）	0.172
有机玻璃（ρ: 1.19g/cm³）中射程（cm）	0.339
铅（ρ: 11.35g/cm³）中射程（cm）	0.036
硫酸钡防护涂料（ρ: 3.2g/cm³）中射程（cm）	0.126

根据上表可知，本项目使用的 ¹³¹I 核素衰变过程释放的β射线射程较短，易被放射性药液本身、盛放放射性核素的玻璃器皿/外部屏蔽层吸收，且放射性核素仅在控制区特定区域使用，不可随意带出控制区，因此β射线穿过工作场所屏蔽体对外界环境及周围工作场所造成外照射危害的影响是很小的。本项目放射性核素的操作在屏蔽防护设备内进行，整个过程中拟穿戴铅防护服等个人防护用品，并严格控制接触时间，因此β射线对职业人员辐射影响是很小的。

根据前文工程分析，¹³¹I 使用过程中主要考虑γ射线的影响。

2.¹³¹I 使用过程中γ射线的辐射防护评价

（1）计算公式

① γ 射线剂量率计算公式:

^{131}I 核素 γ 射线剂量率评价公式采用《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)附录 I 中公式变形得来, 具体如下:

$$H_p = A \times \Gamma \times R^{-2} \times 10^{-x/TVL} \dots\dots\dots (\text{式 } 11-2)$$

式中:

H_p ——经屏蔽后, 关注点处的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

A ——放射源的预期最大放射性活度, MBq ;

Γ ——剂量率常数, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$;

R ——关注点距辐射源的距离, m ;

x ——屏蔽层厚度, mm ;

TVL —— γ 射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度, mm 。

(2) 计算参数

①放射源的预期最大放射性活度 (A), MBq

根据本项目核医学工作场所核素使用情况, 预期最大放射性活度 (A , MBq) 取值如下:

表 11-12 放射源的预期最大放射性活度取值一览表

场所	核素	说明	A (MBq)
铅罐	^{131}I	日最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$	1850
分装柜	^{131}I	日最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$	1850
服药室	^{131}I	最多 1 人, 单个患者最大给药量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}(10\text{mCi})$	370
留观室	^{131}I	最多 1 人, 单个患者最大给药量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$	370
固废室	^{131}I	保守按单个患者最大给药量 $3.70\text{E}+08\text{Bq}$	370
储源室	^{131}I	保守按日最大操作量 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$	1850

注: 固废室放射性固体废物主要包括废西林瓶、一次性防护用品、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等, 药量保守按事故状态下 1 名甲亢患者药量泼洒去污估算。

②剂量率常数 (Γ), $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$

根据 GBZ120-2020 附录 H 和附录 L, 剂量率常数取值见下表:

表 11-13 放射性核素剂量率常数一览表

核素名称	日最大操作量 (Bq)	剂量率常数 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	
		注射前 (裸源)	注射后 (患者体内)
^{131}I	$1.85\text{E}+09$	0.0595	0.0583

注: 本项目甲亢患者采用口服含 ^{131}I 药品溶液, 服药前后剂量率常数分别参考注射前后裸源和患者体内剂量率常数取值。

③TVL—— γ 射线在相应屏蔽材料中的什值层厚度，mm

根据 GBZ120-2020 附录 I，本项目屏蔽材料 TVL 见下表：

表 11-14 TVL 取值表

核素	TVL (mm)			
	铅 (11.3g/cm ³)	混凝土 (2.35g/cm ³)	砖 (1.65g/cm ³)	硫酸钡 (3.2g/cm ³)
¹³¹ I	11	170	240	125

注：¹³¹I 常用屏蔽材料(铅、砖、混凝土)的什值层厚度依据《核医学放射防护要求》GBZ120-2020 附录 I 取值，硫酸钡涂料为低原子序数材料 (<56)，什值层厚度根据《放射卫生学》P141 相关内容，采用密度比 ($d_{\text{混凝土}} \times \rho_{\text{混凝土}} = d_{\text{材料}} \times \rho_{\text{材料}}$) 换算而来。

(3) 计算结果

本项目甲状腺功能测定患者在甲测室内进行甲状腺功能测定，由于单人次最大服药量不超过10 μ Ci (3.7E+5Bq)，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)表A1中¹³¹I豁免活度1E+6Bq，甲测过程中，所致房间外部剂量率很低，可忽略不计，环评不再计算甲测过程中核素的影响。核医学科周边 γ 辐射剂量率计算参数及结果如表11-15所示。

表 11-15 核医学科周边 γ 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	标准限值
		A (MBq)	f, μ Sv·m ² / (MBq·h)	r(m)	x	TVL (mm)	D(μ Sv/h)	H(μ Sv/h)
铅罐	外表面 30cm	1850	0.0595	0.3	40	11	2.83E-01	/
衰变箱	外表面 30cm	370	0.0595	0.4	25	11	7.34E-01	2.5
分装柜	外表面 5cm	1850	0.0595	0.3	30	11	2.29E+00	25
	外表面 30cm	1850	0.0595	0.55	30	11	6.82E-01	2.5
	分装手部	1850	0.0595	0.05	0	/	4.40E+04	/
固废间	东侧防护门外 30cm 处 (分装室)	370	0.0595	3.166	25+5	11	4.12E-03	2.5
	东南侧墙体 外 30cm 处 (储源室)	370	0.0595	2.413	25	11	2.02E-03	2.5
					240	240		
	南墙外 30cm 处(过 道)	370	0.0595	1.125	25	11	6.42E-03	2.5
					240	240		
					20	125		

分装室	西墙外 30cm 处（储 物室）	370	0.0595	2.634	25 240 20	11 240 125	1.17E-03	10
	北墙外 30cm 处（配 电间）	370	0.0595	1.163	25 240 20	11 240 125	6.01E-03	2.5
	楼上 30cm 处	370	0.0595	3.8	25 100	11 170	2.10E-03	2.5
	楼下地面上 1.7m 处	370	0.0595	3.3	25 100 20	11 170 125	1.93E-03	2.5
	东墙外 30cm 处（服 药室）	1850	0.0595	0.79	30	11	3.30E-01	2.5
	南墙外 30cm 处（卫 生通过间）	1850	0.0595	1.05	30 240 20	11 240 125	1.29E-02	2.5
	卫生通过间 南墙外 30cm 处（过 道）	1850	0.0595	2.3	30 240 20	11 240 125	2.7E-03	2.5
	南侧防护门 外 30cm 处 （卫生通过 间）	1850	0.0595	1.363	30+5	11	3.90E-02	2.5
	西 墙 外 30cm（储源 室）	1850	0.0595	1.904	30	11	5.69E-02	2.5
	西北侧防护 门外 30cm 处（固废室）	1850	0.0595	2.076	30+5	11	1.68E-02	2.5
	北墙外 30cm 处（配 电间）	1850	0.0595	2.311	30 240 20	11 240 125	2.67E-03	2.5
	北墙外 30cm 处（留 观室）	1850	0.0595	2.056	30 240 20	11 240 125	3.38E-03	2.5
服 药	东北侧防护 门外 30cm 处（服药室）	1850	0.0595	1.40	30+5	11	3.69E-02	2.5
	楼上 30cm 处	1850	0.0595	3.3	30 100 1	11 170 11	3.97E-03	2.5
	楼下地面上 1.7m 处	1850	0.0595	3.8	30 100 20	11 170 125	2.55E-03	2.5
	东墙外 30cm（留观	370	0.0583	2.127	240 20	240 125	3.30E-01	2.5

室	室)							
	东侧防护门外 30cm (走廊)	370	0.0583	1.856	5	11	2.20E+00	2.5
	南墙外 30cm (卫生通过间)	370	0.0583	1.359	240 20	240 125	8.08E-01	2.5
	卫生通过间南墙外 30cm 处(过道)	370	0.0583	2.608	240 20	240 125	2.19E-01	2.5
	西墙外 30cm (分装室)	370	0.0583	1.176	240 20	240 125	1.08E+00	2.5
	北侧防护门外 30m 处 (留观室)	370	0.0583	2.277	5	11	1.46E+00	2.5
	楼上 30cm 处	370	0.0583	3.3	100 1	170 11	4.15E-01	2.5
	楼下地面上 1.7m 处	370	0.0583	3.8	100 20	170 125	2.67E-01	2.5
留 观 室	东墙外 30cm 处 (直加机房上方夹层)	370	0.0583	4.787	240 20	240 125	2.67E-1	2.5
	东南侧防护门外 30cm 处 (走廊)	370	0.0583	4.677	5	11	3.46E-01	2.5
	南墙外 30cm 处 (分装室)	370	0.0583	1.703	240 20	240 125	5.15E-01	2.5
	南侧防护门外 30cm 处 (服药室)	370	0.0583	2.182	5	11	1.59E+00	2.5
	西墙外 30cm 处 (配电间)	370	0.0583	1.363	240 20	240 125	8.03E-01	2.5
	北侧墙体外 30cm 处 (电梯前厅)	370	5.83E-02	1.325	120 30	240 125	2.24E+00	2.5
	北侧防护门外 30cm 处 (电梯前厅)	370	0.0583	1.919	5	11	2.06E+00	2.5
	楼上 30cm 处	370	0.0583	3.3	100 1	170 11	4.15E-01	2.5
	楼下地面上 1.7m 处	370	0.0583	3.8	100 20	170 125	2.67E-01	2.5
储 源 室	东墙外 30cm 处 (分装室)	1850	0.0595	0.951	40	11	2.81E-02	2.5

	东门外 30cm 处（分 装室）	1850	0.0595	1.079	40	11	2.18E-02	2.5
	南墙外 30cm 处（卫 生通过间）	1850	0.0595	0.964	40 240 20	11 240 125	1.89E-03	2.5
	西墙外 30cm（过道）	1850	0.0595	0.933	40 240 20	11 240 125	2.02E-03	2.5
	北墙外 30cm 处（固 废室）	1850	0.0595	1.526	40 240	11 240	1.09E-03	2.5
	楼上 30cm 处	1850	0.0595	4.0	40 100	11 170	4.10E-04	2.5
	楼下地面上 1.7m 处	1850	0.0595	3.1	40 100 20	11 170 125	4.72E-04	2.5
衰 变 池	顶部水泥板 上方 30cm 处	1.02	0.0595	0.54	200	170	1.39E-02	2.5
	顶部维修孔 硫酸钡水泥 盖板上方 30cm 处	1.02	0.0595	0.64	100	125	2.35E-02	2.5

注：1.分装柜按尺寸按设计单位给出的 1.03m（长）×0.85m（宽）×2.2m（高）保守估算，工
作区尺寸为 0.8m（长）×0.536m（宽）×0.5m（高）

根据估算结果可知，本项目核医学工作场所 ^{131}I 分装柜外 5cm 处剂量率为 $2.29\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ ，低于 $25\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平；分装柜 30cm 处人员操作位剂量率为 $6.82\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平；衰变箱外 30cm 处剂量率为 $7.34\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平。距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最大值为 $2.24\text{E}+00\mu\text{Sv/h}$ （留观室北侧防护门外 30m 处（电梯前厅））低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 剂量率控制水平。均满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）和《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）标准中辐射工作场所周围剂量率控制水平要求。

11.2.4 个人剂量估算

1.剂量估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射剂量计算公式如下：

$$H_d = H \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-6）}$$

式中： H_d ——X、 γ 射线所致外照射剂量，mSv/a；

H——关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ——X、 γ 射线照射时间，h/a；

T——居留因子，不同场所的居留因子参考 HJ1198-2021 附录 A 选取：

表 11-16 不同场所的居留因子

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

2. 辐射工作人员剂量分析评价

(1) ^{131}I 药物接收

本项目核医学科 ^{131}I 药物由供药单位提前送至分装室并放置于分装柜中，药物由铅罐存储，每周送药 3 次，铅罐放置过程中由工作人员陪同，每次 1min，每周送药 3 次，每年 50 周，共 150 次/a，共 2.5h/a。

陪同工作人员按距离铅罐外表面 30cm 核算，根据表 11-15 计算结果，装有 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ 的 ^{131}I 药物的铅罐(40mmPb)表面 30cm 处周围剂量当量率为 $2.83\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，工作人员在 ^{131}I 药物接收过程中所受年有效剂量为 $7.08\text{E}-04\text{mSv}$ 。

(3) ^{131}I 药物分装及指导患者服药

工作人员在分装柜中进行药物分装，项目采用手动分装药品，根据设计方案，分装柜为定制产品，药品分装后从分装柜背后传递窗传递给患者服用，分装后的药品不在分装柜内停留，分装过程中分装柜内 ^{131}I 药量保守按单次最大购药量计，为 $1.85\text{E}+09\text{Bq}$ ，每人分装时间不超过 30s，分装后通过对监控和对讲装置指导病人服药，分装+指导服药每人分装时间不超过 3min，甲亢、甲测一天共分装 15 人次，每周 3 天，年工作 50 周，分装时间共 18.75h/a，指导服药时间共 112.5h/a。根据前文计算工作人员手周围剂量当量率为 $4.40\text{E}+04\mu\text{Sv/h}$ ，操作位处即分装柜外表面 30cm 处周围剂量当量率为 $6.82\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，此过程工作人员受照剂量为：身体年有效剂量 $7.67\text{E}-02\text{mSv}$ ；手部年当量剂量 $8.26\text{E}+02\text{mSv}$ 。

(4) 门诊医师

核医学科拟配备 3 名辐射工作人员, 1 名护士, 1 名技师, 1 名医师, 主要由护士和技师负责核素分装、转移、给药等工作, 医师负责看诊。

工作状态下辐射工作人员居留因子均取 1, 辐射工作人员受照剂量计算结果见表 11-17。

表 11-17 项目辐射工作人员年受照剂量计算结果一览表

场所		H ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h)	居留因子	H_d (mSv/a)	
核医 学科	^{131}I 接收	2.83E-01	2.5	1	7.06E-04	7.74E-02
	^{131}I 分装、指导服药	6.82E-01	112.5	1	7.67E-02	
	^{131}I 分装手部	4.40E+04	18.75	1	8.26E+02	8.26E+02

综上, 本项目核医学工作场所运行后, 核素接收、分装+指导服药过程中, 所致工作人员身体附加有效剂量为 $7.74\text{E-}02\text{mSv/a}$, 2 名工作人员分担之后每人身体附加有效剂量约为 $3.87\text{E-}02\text{mSv/a}$, 满足《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) 及本项目职业人员管理目标值 5mSv/a 的要求; 所致工作人员手部附加剂量当量为 $8.26\text{E+}02\text{mSv/a}$, 2 名工作人员分担之后每人手部附加有效剂量约为 $4.13\text{E+}02\text{mSv/a}$, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对职业人员手部剂量限值 (500mSv/a) 的要求。由于手部附加有效剂量相对较为接近标准限值, 建议医院进一步优化分装操作流程、增加人员轮换频率、使用自动化分装设备等方式, 尽可能降低手部受照剂量。

3. 公众剂量分析评价

项目运行过程中, 甲亢患者服药后短暂留观无异常即可离开, 单人服药后留观时间最长不超过 10min/人次, 年治疗甲亢病人 750 人次, 共留观 125h/a, 甲测受检者服药后无需留观即可离开。本项目保守按核医学科控制区四周及楼上楼下关注点理论计算预测出的工作场所相应方位屏蔽体外的辐射剂量率最大值 (四周临空位置人员不可到达, 不设关注点), 并考虑相应关注点人员居留情况来估算核医学工作场所外的公众受照剂量。关注点居留因子详见表 11-18, 公众年受照剂量估算结果详见表 11-19。

表 11-18 项目控制区四周各关注点居留因子取值一览表

关注点		居留因子	取值依据
东侧	加速器机房上方夹层	1/40	人员无法到达，保守按偶然居留取值
	服药室东侧过道	1/5	参照走廊，按部分居留取值
南侧	卫生通过间南侧过道	1/5	参照走廊，按部分居留取值
西侧	固废室西侧储物间	1/20	参照储藏室，按偶尔居留取值
北侧	储源室北侧配电间	1/20	配电间无人值守，参照储藏室，按偶然居留取值
楼上	场所楼顶	1/5	可到达屋顶，保守参照走廊，按部分居留取值
楼下	固废室楼下过道	1/5	参照走廊，按部分居留取值
	留观室楼下模具室	1/20	直线加速器模具室，参照储藏室，按偶然居留取值
	留观室楼下水冷机房	1/20	水冷机房无人值守，参照储藏室，按偶然居留取值
	分装室楼下走廊	1/5	走廊，按部分居留取值
	服药室楼下直加控制室	1	参照职员办公室，按全居留取值
衰变池上方		1/40	衰变池上方设置围挡限制人员进入，保守参照仅有行人车辆来往的户外区域、无人看管的停车场，按偶然居留取值

表 11-19 项目公众人员受照剂量计算结果一览表

关注点		H (μSv/h)	t (h)	居留因子	H _d (mSv/a)
东侧	服药室东侧过道	2.20E+00	112.5	1/5	4.95E-02
	留观室东侧夹层	6.51E-02	125	1/40	2.04E-04
南侧	卫生通过间南侧	2.19E-01	112.5	1/5	4.94E-03
西侧	固废室西侧过道	1.17E-03	6000	1/20	3.51E-04
	留观室西侧配电间	8.03E-01	125	1/20	5.02E-03
北侧	固废室北侧配电间	6.01E-03	6000	1/20	1.80E-03
楼上	留观室楼上	4.15E-01	125	1/5	1.04E-02
	固废室楼上	2.10E-03	6000	1/5	2.52E-03
楼下	固废室楼下过道	1.93E-03	6000	1/5	2.31E-03
	留观室楼下模具室	2.67E-01	125	1/20	1.67E-03
	留观室楼下水冷机房	2.67E-01	125	1/20	1.67E-03
	分装室楼下走廊	2.55E-03	125	1/5	6.38E-05

	服药室楼下直加控制室	2.67E-01	112.5	1	3.00E-02
	衰变池上方	2.35E-02	8760	1/40	5.14E-03
注：项目衰变池是三格槽式衰变池，每个独立，不再考虑叠加影响。					

由上表可知，核医学科周边公众可能受到的照射附加剂量最大值为4.95E-02mSv/a（服药室东侧过道），低于《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）及本项目对公众人员的管理目标值（0.1mSv/a）的要求。

11.3 放疗科与核医学科项目叠加影响

本项目加速器机房与核医学科同时期建设，加速器机房位于核医学科楼下东侧，需要叠加估算相邻区域关注点的年有效剂量值。主要考虑核医学科东侧走廊、加速器控制室、水冷机房处的叠加影响。

加速器与核医学科项目所致人员年有效剂量值分别取自表 11-10、表 11-19，加速器与核医学科项目所致人员年有效剂量叠加结果见表 11-20。

表 11-20 加速器与核医学科项目所致人员叠加年有效剂量估算结果

位置描述	加速器项目所致年有效剂量（mSv/a）	核医学科项目所致年有效剂量（mSv/a）	叠加年有效剂量（mSv/a）	管理目标值（mSv/a）
核医学科走廊	4.83E-09	4.95E-02	4.95E-02	0.1
加速器控制室	9.02E-06	3.00E-02	3.00E-02	0.1
水冷机房	5.82E-03	1.67E-03	7.49E-03	0.1
注：加速器机房控制室人员相对于核医学科项目而言，保守按公众考虑。				

由上表可知，加速器与核医学科项目所致人员叠加年有效剂量值最大为4.95E-02mSv/a，可满足公众不大于 0.1mSv/a 的管理目标值。

11.4 放疗科三废环境影响分析

1、有害气体

本项目放疗科无放射性废气产生。本项目放疗科加速器机房拟设送风口和排风口，新、排风管由机房吊顶上方沿着迷道穿过防护门上方的预留 U 形孔洞。送风口和排风口的设计位置合理，符合“上进下排，对角设置”的原则，加速器机房的排风量为 4700m³/h，换气次数大于 4 次/h。通风系统可以有效地对机房内空气进行换气。

加速器机房工作时产生的有害气体经有效通风后对环境影响不大。

2、放射性废水

本项目放疗科无放射性废水产生。

3、放射性固废

医用加速器废靶件、准直器等设备组成部件常规更换周期为5~8年，具体更换时限由设备厂家结合设备使用强度、运行性能综合确定，医院严禁私自对上述部件开展拆卸作业。

上述部件可能因活化而存在放射性，在更换或退役时需严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）要求开展部件外表面辐射剂量率检测。经监测符合清洁解控标准的部件，由设备原厂回收处置，否则委托具备相应放射性废物处置资质的单位统一收贮，相关放射性部件不在医院内留存存放。

建议医院在医用加速器采购阶段，提前与设备厂家签订专项处置协议，明确废靶件、准直器等活化部件的回收处置方式；同时建立专项管理台账，安排专人负责全过程记录部件更换、监测、转运、处置等相关信息，实现闭环管理。

综上所述，本项目产生的废气、废水和放射性固废均可得到妥善处置，对环境的影响是可控的。

11.5 核医学科三废环境影响分析

1、核医学科放射性废气

根据源项分析可知，该场所内放射性废气主要来源于 ^{131}I 药物分装、患者服药以及甲亢治疗患者呼出的含 ^{131}I 废气。另外，事故状态下，放射性物质泼洒在注射室工作台面或地面，可能有极小部分挥发在空气中所产生的放射性气溶胶。

由前文分析可知，本项目核医学科分装柜设有独立通风系统，设计风量为 $400\text{m}^3/\text{h}$ ，风速不小于 0.5m/s ；场所排放风管气流走向为从低浓度区向高浓度，各房间支管汇入主管处均设有止逆阀，防止废气逆流，风量为 $2500\text{m}^3/\text{h}$ ，能保持场所内为负压状态。2套排风系统排风管相互独立，以防止放射性气体交叉污染，均设有活性炭吸附装置，工作场所的气流组织流向设计合理。

根据气象资料调查，娄底市娄星区常年主导风向为东北风，门诊楼西南侧为停车坪，较为开阔，排放口已尽量远离外科楼、内科楼等高层建筑物，因此，本项目核医学科废气经排风系统收集过滤后排放，对周围环境影响很小。医院应定期检查通风系统活性炭过滤装置的性能，根据实际情况及时更换活性炭，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物进行处理。

2、核医学科放射性废水

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及紧急冲淋废水、甲亢病人如厕废水等。

场所废水中核素为 ^{131}I ，采用三级槽式衰变处理，衰变池前设置调节池。根据设计方案，衰变池为三格槽式池体，单池最大有效容积为 11.628m^3 （含泵槽）。根据前文工程分析可知，本项目年产生放射性废水 28.03m^3 ，拟建衰变池总有效容积为 37.872m^3 ，核医学科放射性废水产生量为 $2.34\text{m}^3/\text{月}$ ，单个衰变池可以容纳 $11.628\text{m}^3 \div 2.34\text{m}^3/\text{月} = 5.0$ 个月（约 150 天）的放射性废水。根据衰变池工艺设计，放射性废水在衰变池内最长可存放 $150 \times 2 = 300$ 天（考虑单个衰变池停止进水起至下一次排水时最大可存放时间），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。

根据前文工程分析，废水单次排放核素量为 17.9Bq ，满足《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 $1\text{ALI}_{\min}$ （ $9\text{E}+05$ 贝可），每月排放的废水中碘-131 总活度不超过 $10\text{ALI}_{\min}$ （ $9\text{E}+06$ 贝可）。

3、放射性固体废物

本项目放射性固体废物主要为①放射性药物分装、给药过程中产生的废西林瓶、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等；②废气处理系统定期更换的废活性炭。

本项目核医学科工作场所设计有放射性废物暂存间（固废室），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，拟每周收集一次转入固废室固废衰变箱内存放衰变，衰变箱外张贴警示标志， ^{131}I 的放射性固体废物拟暂存不少于 180d，经检测满足清洁控制水平后作为一般医疗废物交由有资质单位处置。

建设单位应定期检查本项目核医学科通风系统，更换通风系统活性炭，更换下来的废活性炭作为放射性固体废物及时进行处理，更换的活性炭的重量拟依据实际情况确定。

根据前文工程分析，本项目甲亢、甲测患者每人每次放射性固废产生量为 50g ，

年产生为 112.5kg，则每周产生量为 2.25kg/周，180 天约 25.714 周，累计放射性固体废物量为 57.857kg。废活性炭滤芯约 60kg/a。

表 11-21 放射性固废暂存所需空间容积估算表

暂存场所	核素	来源	暂存时间 (d)	周产生量 (kg/周)	暂存周期内产生量 (kg)	物质存放密度 (kg/m ³)	所需容积 (m ³)	暂存场所容积 (m ³)
危废间	¹³¹ I	废西林瓶、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等	180	2.25	57.857	150	0.39	5.43
		废活性炭滤芯	180	/	60	500	0.12	

注：项目废西林瓶、一次性防护用品（口罩、鞋套、手套等）、服药口杯、吸水垫材、污染棉签等在固废间暂存时为松散堆放，其密度在 100~200kg/m³ 之间，按 150kg/m³ 取值，医疗废物密度国家统计结果平均值为 150kg/m³；废活性炭滤芯密度一般在 450~550kg/m³，按 500kg/m³ 进行统计。

本项目固废室内应设置有效容积不小于 0.51m³ 的衰变箱，固废室有效使用面积为 5.43m²，废物暂存高度保守按 1m 计算，有效容积为 5.43m³，能满足使用要求。

本项目放射性废物均可得到妥善处置，不会对外环境造成影响。

11.6 放疗科事故影响分析

放疗科的直线加速器主要用于肿瘤放射治疗，加速器只有在治疗期间才会产生 X 射线，主要事故类型有：

①工作人员进入加速器机房摆位或其他照射前准备工作时，控制台前操作人员将加速器开机出束。

②放疗过程加速器运行时，辐射安全措施故障，无关人员误入治疗室，发生超剂量照射。

③维修直线加速器系统时发生异常出束，维修人员受到超剂量照射。

预防措施：

①做好设备保养维护工作，定期对设备开展维护维修，按操作规程定期对各个连锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门-机连锁装置失效的情况下违规操作；通过装置故障报警系统及时发现故障，及时修复；通过纵深防御以减少由于某个连锁失效或在某个连锁失效期间产生的辐射事故。

②加强工作人员自身防护安全意识，定期组织培训；管理人员应强化管理，落实安全责任制。

③制定完善的操作规范，使之熟悉设备性能，熟练并严格按照操作规范操作实施照射前控制台工作人员应先观察监控确保机房内摆位工作人员已撤出。

④制定自检制度，加强对防护设施、检测设备安全性能的日常检查，确保其处于正常状态下运行。

⑤射线装置的维修工作应由资质的人员进行，医院不得私自拆卸维修设备。

11.7 核医学科事故影响分析

11.7.1可能发生的辐射事故

本项目可能发生的事故主要是放射性药品丢失/被盗事故、放射性表面污染事故、人员误入控制区事故、排风系统故障事故等，事故情形详见前文表9工程分析。

11.7.2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，做好核素的接收、使用登记工作，确保放射性药物的安全。剩余核素药品存储采用双人双锁管理，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）加强对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的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，进出口设置门禁，防止无关人员进入。

（5）放射性固体废物衰变箱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，处理前进行监测，达到解控水平后方可进行进一步处理。

（6）在操作放射性核素之前和期间，必须确认排风系统运行正常，并定期对通风系统进行维护维修。

（7）拟建的衰变池为钢筋混凝土结构，池体外墙采用 250mm 厚钢筋混凝土材

质，混凝土要求 C30 防水混凝土，具有防水、防渗、防腐功能，设置液位传感器能实时反馈存储槽的放射性废水量，防止溢出。

11.8 应急措施

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

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

（3）各类应急救助物资应准备充分、调配及时。

（4）发生事故后应在 2 小时内报告生态环境部门、卫生行政部门。

11.9 环境风险影响分析

针对项目可能的环境风险，医院将制定针对性的预防措施，可以将项目的辐射事故发生概率降到较低的水平。同时在事故情况下启动应急预案，可以将事故影响降到最低。

总体而言，在落实环评提出的措施前提下，本项目的辐射事故及辐射事故影响是可防可控的。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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。

娄底市第一人民医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，由法人代表任组长，辐射安全与防护管理领导小组详见附件 3。

辐射安全与防护管理领导小组主要职责如下：

- （1）制订医院辐射安全与防护工作的计划和总结，对辐射安全控制效果进行评议，定期修订突发辐射事故应急预案、辐射安全与防护制度。
- （2）监督医院辐射安全与防护工作，检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况。
- （3）负责医院放射人员健康档案管理。
- （4）组织实施放射人员关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作。
- （5）会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

为保障医院核技术利用项目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，医院在不断总结完善近年来核技术利用方面的经验，制定了《辐射防护和安全保卫制度》《辐射防护和安全管理制

度》《设备检修维护制度》《辐射工作人员岗位职责》《台帐管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射监测制度》等制度。针对本项目情况和预期工作情况，医院还制定了《医用直线加速器操作规程》《医用直线加速器操作规程》《核医学科工作制度》《放射性同位素安全管理制度》《核医学科放射性污染去污操作规程》《核医学科放射性

三废管理制度》《甲状腺功能测定仪操作规程》《核医学科岗位职责》《核医学科放射性药品管理制度》等，并将放疗科、核医学科管理纳入《辐射安全事故应急预案》，以上规章制度基本齐全，可以满足本项目运行的需要。

本环评要求：①医院应对核技术利用装置、场所的安全防护和维修要落实到个人；在执行各项制度时，要明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位职责，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。②在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工作场所均必须有电离辐射警告标志，屏蔽门上方还必须有工作状态指示灯及警示语句，同时各项规章制度、操作规程、标志的张贴必须规范。③医院在今后工作中，应不断总结经验，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。在运行过程中，还应根据生态环境部门对辐射环境管理的要求及时修订。

辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2019）等要求，应建立必要的监测计划。辐射监测内容包括个人剂量、工作场所及周围环境的监测、放射工作人员职业健康检查等。

（1）个人剂量监测

医院需对辐射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担。个人剂量常规监测周期最长不超过三个月，医院需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括辐射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。辐射工作人员个人剂量档案要求终生保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量档案应随其转给调入单位。

（2）工作场所和周围环境辐射监测

根据国家相关要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的监测机构进行监测。

①验收监测

场所设备安装到位，调试完成后，应委托有资质的单位进行验收监测。若发现

问题，及时整改，直到合格为止。

②常规监测

医院委托有资质单位每年对工作场所辐射环境进行一次监测，对院内放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在“全国核技术利用辐射安全申报系统”中提交上一年度的辐射评估报告。此外，医院应根据本项目产生的污染因子特点，制定日常防护监测计划并进行自主监测。医院应对配备的监测仪器按1次/年的频率进行校准。

监测计划表详见表 12-1。

表 12-1 监测计划一览表

监测项目	监测对象	监测点位	监测频次	监测类别
X-γ周围剂量当量率	放疗科加速器	机房屏蔽体外 30cm 处，管线洞口、操作位以及其他人员经常驻留处	每季度 1 次	自行监测
			每年 1 次	委托监测
	核医学科	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、分装柜外表面 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，给药后患者候诊室，核素治疗场所的设施、墙壁和地面等，放射性废物桶和包装袋表面，工作人员的手、皮肤暴露部分及工作服、手套、鞋、帽等	每次工作结束（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	自行监测
			每年 1 次	委托监测
个人剂量监测	全院辐射工作人员	——	每季度 1 次， 每年 4 次	委托监测
放射性废水活度浓度（总α、总β、 ¹³¹ I）	放射性废水	衰变池采样口	放射性废水暂存未达到 180d 需排放前	委托监测
放射性固废（X-γ周围剂量当量率、表面放射性污染）	放射性固体废物	放射性废物包装外表面	废物处置前	自行监测

辐射工作人员健康管理

医院建立了辐射工作人员上岗前、在岗期间、离岗时和应急的健康检查制度，委托具有相应资质的机构承担医院辐射工作人员职业健康检查工作，监测周期最长不得超过 2 年。医院应按照《放射工作人员健康要求及监护规范》的规定执行，为辐射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结果及其评价处理意见，档案由专人统一管理，并妥善长期保存。

辐射事故应急

1、辐射事故应急响应机构的设置

辐射安全事故应急处理领导小组由院长任组长，相关科室负责人为成员，小组下设办公室。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等。

2、辐射安全事故应急预案

医院制定的辐射安全事故应急预案见附件 5，应急预案包含了辐射事故分级、组织机构及职能、预防事故措施、应急处理措施、辐射事故的报告、善后处理等方面的内容。本项目建成后，医院应根据使用科室的实际情况修订辐射安全事故应急预案。

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。医院的辐射安全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，包括：个人剂量计、个人防护设备、辐射应急监测仪器等，并及时更新和维护。

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，辐射安全事故应急预案、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。应急领导小组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：

医院安保科：0738-8664126

湖南省生态环境厅：0731-85698110

娄底市生态环境局：0738-12345

娄底市公安局电话：110

医疗救护电话：120

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	本项目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,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	机房面积及尺寸	加速器机房应有足够的有效使用空间。	GBZ121-2020 HJ1198-2021
5	辐射屏蔽设计及安全防护措施	通用 ①辐射屏蔽设计:按环评报告中设计参数落实到位,并满足相应标准要求; ②防护用品及检测仪器:按环评报告表的要求落实到位。	GBZ121-2020 HJ1198-2021 GBZ120-2020 HJ1188-2021
		核医学 ①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。 ②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,控制区配备监视设施和对讲装置。 ③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。 ④放射性核素存取实行“双人双锁”管理。	GBZ120-2020 HJ1188-2021
		放射治疗 ①辐射警示标识:机房门外设置电离辐射警示标志,安装工作状态指示灯及警示语句; ②安全设备及系统:设置钥匙控制、视频监控及对讲交流系统、急停按钮、门机联锁、紧急开门、防护门防夹装置等; ③监测报警装置:加速器机房安装固定式剂量监测报警装置,报警功能正常	GBZ121-2020 HJ1198-2021
6	放射性三废处理设施	废气 ①加速器机房内设置强制排风系统,进风口应设在放射治疗机房上部,排风口应设在治疗机房下部,进风口与排风口位置对角设置,保证室内通风换气次数应不小于 4 次/h,排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。 ②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门诊楼楼顶排放,排放口前端设置高效活性炭过滤装置。分装柜密闭设备设计单独的排风系统,风速不小于 0.5m/s,并在密闭设备的顶壁安装活性炭或其他过滤装置。建立活性炭更换台账。	GBZ121-2020 HJ1198-2021 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;各核医学工作场所内产生的所有放射性废水均经放射性废水处理系统处置,暂存时间超过 180 天或经有资质的机构检测满足相关标准要求(总 $\alpha\leq 1\text{Bq/L}$ 、总 $\beta\leq 10\text{Bq/L}$ 、碘-131 $\leq 10\text{Bq/L}$)后,排入医院污水处理站做进一步处理,再排入城市污水管网。	GB18871-2002 GBZ120-2020 HJ1188-2021 辐射函(2023) 20 号

		固废	①与加速器设备厂家签订专项处置协议，明确废靶件、准直器等活化部件的回收处置方式；同时建立专项管理台账，安排专人负责全过程记录部件更换、监测、转运、处置等相关信息。 ②分装室、服药室、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。 ③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，β表面污染小于 0.8Bq/cm²，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理。 ④建立危废处理台账。	GBZ121-2020 HJ1198-2021 GBZ120-2020 HJ1188-2021
7	辐射监测	环境监测	①射线装置或核技术利用场所正式投入使用前，应委托有资质单位进行验收监测； ②制定环境辐射监测计划，包括按时开展自行监测，委托监测至少每年开展 1 次，由有资质单位出具的年度监测报告； 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。 ④辐射检测应建立完整档案。	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
8	电离辐射	剂量限值	①辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv； ②公众成员年有效剂量不超过 0.1mSv。	GB18871-2002 HJ1198-2021 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。	GBZ121-2020 HJ1198-2021 GBZ120-2020 HJ1188-2021

表 13 结论与要求

结论

13.1 项目概况

娄底市第一人民医院对门诊楼东北侧原影像科局部区域进行了拆除改造，拟在原址新建一栋三层放疗中心楼。放疗中心楼一层拟建放疗科，用于开展肿瘤放射治疗相关业务，规划设置 1 间加速器机房及配套辅助用房，拟新增购置并安装 1 台医用电子直线加速器，该加速器属于Ⅱ类射线装置。放疗中心楼二层西部拟建核医学科，拟使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗和甲状腺功能测定，场所为一处乙级非密封放射性物质工作场所。

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）》，本项目使用的医用电子直线加速器和非密封放射性物质不属于限制类或者淘汰类产业，符合国家产业政策。

13.4 选址可行性分析

本项目核技术利用场所不邻接妇产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，环境本底接近调查范围，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、顶板、地板、防护门等屏蔽体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，可以满足医院放射诊疗工作的开展。

（4）医院成立了辐射安全与防护管理领导小组，制定了相关的辐射防护管理制度及辐射安全事故应急预案。在项目运行前医院将根据实际情况修改完善各项制度，

及时修订应急预案，并认真落实。

（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，娄底市第一人民医院放疗中心建设项目实施符合相关法律法规和标准要求，医院在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）对甲亢患者提供出院的辐射防护书面指导，以便他们在出院后能有效地减少对家庭成员、护理人员和公众所造成的照射，特别是未成年人和孕妇。

（2）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。

（3）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。

（4）严格落实放射工作人员职业健康管理规定，建立全周期体检台账，常态化落实上岗、在岗、离岗体检制度，完整留存体检档案。加强放射工作人员管控与培训，要求放射工作人员上岗全程佩戴个人剂量计，强化日常巡查，落实个人辐射剂量监控工作。

（5）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，按时在全国建设项目竣工环境保护验收信息平台填报验收相关信息。

（6）项目运行后，应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

附件 1 委托书

委 托 书

湖南涌仁科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等有关法律规定和要求，我司特委托贵公司承担娄底市第一人民医院放疗中心建设项目的环境影响评价工作。



附件 2 辐射安全许可证



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称： 娄底市第一人民医院

统一社会信用代码： 12431300582769484E

地 址： 湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路

法定代表人： 蒋桂平

证书编号： 湘环辐证[02810]

种类和范围： 使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置（具体范围详见副本）。

有效期至： 2029年02月06日



发证机

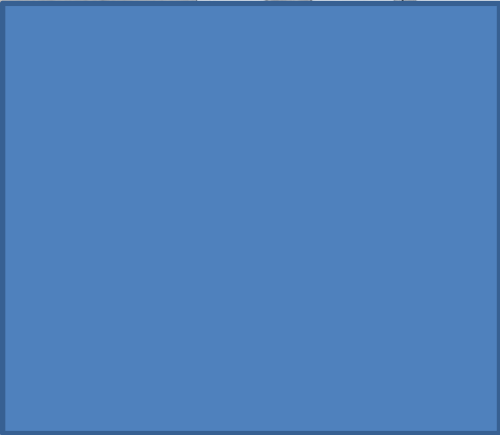
发证日

中华人民共和国生态环境部监制



根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	娄底市第一人民医院		
统一社会信用代码	12431300582769484E		
地 址	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路		
法定代表人	姓 名	蒋桂平	联系方式 0738-8664109
辐射活动场所	名 称	场所地址	负责人
	手术室	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	介入室	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	放射科	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	健康管理中心	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	发热门诊楼	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	体检中心	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
	口腔科	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路	刘礼义
证书编号	湘环辐证[02810]		
有效期至	2029 年 02 月 06 日		
发证机关	湖南省生态环境厅		
发证日期	2025 年 12 月 30 日		





(一) 放射源

证书编号：湘环辐证[02810]

序号	活动种类和范围					使用台账					备注		
	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可)/ 活度(贝可) × 枚数	编码	出厂活度 (贝可)	出厂日期	标号	用途	来源	申请 单位	监管 部门
此页无内容													

2 / 10



(二) 非密封放射性物质

证书编号：湘环辐证[02810]

序号	活动种类和范围								备注			
	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量 (贝可)	日等效最大操作量 (贝可)	年最大用量 (贝可)	申请 单位	监管 部门	
此页无内容												

3 / 10



(三) 射线装置

证书编号: 湘环辐证[02810]

活动种类和范围					使用台账					备注		
序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
1	放射科	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	胃肠机	Neo-Vision	61Y2012	管电压 150 kV 管电流 630 mA	北京岛津医疗器械有限公司		
2		医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	CT机	Somatom Emotion 6	43829	管电压 130 kV 管电流 345 mA	上海西门子医疗器械有限公司	CT 一室	
3		医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	CT机	SOMATOM go.Top	11061648	管电压 140 kV 管电流 825 mA	上海西门子医疗器械有限公司	CT 二室	
4		医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	床旁CR	HM-200	6480115	管电压 125 kV 管电流 200 mA	北京万东鼎立医疗设备有限公司		
5		医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	DR机	Ysio	50012	管电压 150 kV 管电流 630 mA	西门子		

4 / 10



(三) 射线装置

证书编号: 湘环辐证[02810]

活动种类和范围					使用台账					备注		
序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	产品序列号	技术参数(最大)	生产厂家	申请单位	监管部门
6	健康管理中心	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	乳腺X射线机	RH-HAWK	RH2572003	管电压 40 kV 管电流 160 mA	北京中研海康科技有限公司		
7	介入室	血管造影用X射线装置	Ⅱ类	使用	1	DSA	UNIQ FD20	001444	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	飞利浦	门诊楼一楼介入导管室一	
8		血管造影用X射线装置	Ⅱ类	使用	1	DSA	Pilot3000	IV0324001	管电压 125 kV 管电流 1000 mA	北京唯迈医疗科技股份有限公司	门诊楼一楼介入导管室二	
9	口腔科	口腔(牙科)X射线装置	Ⅲ类	使用	1	牙科全景机	CRA-2	So 1803189	管电压 77 kV 管电流 10 mA	Soredex, PaloDEx Group Oy		
10	手术室	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	移动式G臂机	DigiArc 160AC	XG1268BK16J	管电压 110 kV 管电流 15 mA	北京东方惠尔图像技术有限公司		
11	体检中心	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	DR机	新东方 1000C	05203Y13-57-3	管电压 150 kV 管电流 630 mA	华润万东医疗装备股份有限公司		

5 / 10

附件 3 关于调整辐射安全与防护管理领导小组的通知

关于调整辐射安全与防护管理领导小组的通知

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第709号, 2019年3月2日第二次修订)和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(部令第20号, 2021年1月4日施行)的决定, 为了做好本单位的辐射安全防护管理工作, 结合医院实际情况, 经研究, 决定调整辐射安全与防护管理领导小组成员名单。

一、辐射安全与防护领导小组成员

组 长: 胡飞跃

副组长: 龙军华 康大尉

成 员: 扶明华 李永贵 刘叶红 朱金良 颜向阳

郭金超 刘晓林 聂红梅 罗 颢 李 卫

谢军飞 刘浪滔 陈瀑翔

二、辐射安全与防护领导小组职责

医院辐射安全与防护管理委员会在院长领导下, 负责医院辐射安全与防护管理工作, 具体职责如下:

1. 制订医院辐射安全与防护工作的计划和总结, 对辐射安全控制效果进行评议, 定期修订突发辐射事故应急预案、辐射安全与防护制度。

2. 监督医院辐射安全与防护工作，检查各种制度以及防护措施贯彻落实情况。
3. 负责医院放射人员健康档案管理。
4. 组织实施放射人员关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识的培训工作。
5. 会同上级有关部门按有关规定调查和处理放射事故，并对有关责任人员提出处理意见。



附件 4 辐射防护相关制度

辐射防护和安全管理制度

1、辐射安全与环境保护管理小组对本单位辐射安全和防护工作负责，并依法对造成的辐射危害承担责任。

2、严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等辐射相关法规的要求，接受生态环境主管部门及法规规定的其他相关部门的监督检查工作，并落实各项整改意见。

3、依法办理环境影响评价、辐射安全许可等生态环境相关手续。

4、辐射工作场所必须符合主管部门的法规及标准的要求，在许可规定的范围内从事辐射工作，保证辐射工作场所安全。辐射防护设施设备符合国家有关要求，保证设施正常运行。

5、辐射工作场所按照有关规定设置明显的辐射警示标识、安全连锁、报警装置或者工作信号灯，防止人员受到意外照射。

6、严格按照国家关于个人剂量监测和职业健康管理的规定，对辐射工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

7、辐射工作人员上岗前必须进行职业健康体检，合格者方可上岗；工作期间由单位安排定期到指定医院进行职业健康体检。

8、严禁未经培训考核合格的人员上岗从事辐射工作活动，工作人员要严格按照操作规程和规章制度进行操作。

9、依法对本单位放射性同位素与射线装置辐射工作场所的安全和防护状况进行年度评估，编写年度评估报告，于每年1月31日前上报。报告除总结本单位全年辐射工作外，还包含辐射工作人员个人剂量监测和辐射工作场所辐射水平监测结果。

10、配备辐射工作人员防护用品并指导其正确使用。

11、加强安全责任意识，排除各项安全隐患，做好防火、防盗等各项安全

附件 5 辐射安全事故应急预案

辐射安全事故应急预案

为提高本院对突发辐射事故的处理能力，最大程度地预防和减少突发辐射事故的损害，保护环境，保障工作人员和公众的生命安全，维护社会稳定，特制定本预案。

一、编制依据

《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《突发环境事件应急预案管理暂行办法》等。

二、辐射事故分级

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

1、特别重大辐射事故，是指放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

2、重大辐射事故，是指放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以上（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

3、较大辐射事故，是指放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

4、一般辐射事故，是指放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

三、本预案适应范围

凡本院核医学科、放射科、介入科、放疗科等发生辐射事故适用本应急预案。

四、工作原则

以人为本、快速反应、预防为主、常备不懈。

五、组织机构及职能

1、辐射安全事故应急处理领导小组：

组长：胡飞跃

副组长：张扬

成员：刘礼义、李永贵、龙军华、刘晓林、朱金良、谢军飞、聂红梅、谢凌、康大尉、陈瀑翔

辐射安全事故应急处理领导小组下设办公室，办公地点设在安保科

主任：康大尉

成员：刘礼义、李永贵、龙军华、刘晓林、朱金良、谢军飞、聂红梅、谢凌、
康大尉、陈瀑翔

秘书：陈瀑翔

2、辐射安全事故应急处理领导小组职责

- (1) 组织制定医院辐射事故应急处理预案；
- (2) 负责组织协调辐射事故应急处理工作；
- (3) 组织辐射事故应急人员的培训；
- (4) 负责与上级主管部门和当地生态环境部门的联络、报告应急处理工作，
配合做好事故调查和审定；
- (5) 负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；
- (6) 采取各种快速有效措施，做好善后处理，最大限度地消除对医院的负面影响。

六、预防事故措施

1、健全辐射管理的各项规章制度，机器旁悬挂或放置操作规程卡片、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。核素药品存储采用双人双锁管理，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，减少设备的误操作以及放射性药品操作过程中洒漏事故发生；

3、加强核医学科对用药患者的管理，在不影响诊断的情况下，限制其服药量，限制患者出院时的放射性药物携带量，并对出院的用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，进出口设置门禁，防止无关人员进入。放疗科、介入科等定期检查维修机器、使用处于正常工作状态；

4、射线装置加装应急开关或电源总开关；

5、在操作放射性核素之前和期间，必须确认排风系统运行正常，并定期对通风系统进行维护维修。

七、应急处理措施

1、射线装置：严格遵守射线装置操作规程，一旦发现控制台上的监视器不能停止、按钮不能复位或其他辐射事故时，立即按下应急开关或切断主控电源，保护好事故现场，及时上报医院辐射事故应急处理领导小组；

2、放疗科：

(1) 立即停机：按下机房内外急停按钮；无效则切断整机主电源。

(2) 撤离人员：机房内人员立即撤出，关闭铅防护门，防止射线外泄。患者优先转移至安全区，记录已照射剂量。封锁机房入口，设置电离辐射危险警示。

(3) 现场管控：安保封锁机房外 3m 区域，禁止无关人员进入。

3、核医学科：

(1) 发生放射性药品泼洒事故时：应第一时间大声提醒周围人员，疏散非必要人员，封锁污染区域，放置“放射性污染”警示牌。戴双层手套、穿防护衣+鞋套进行去污。去污过程中，首先用吸水纸覆盖泼溅区→由外向内轻轻吸附水分→吸水纸直接放入放射性废物袋。用浸有去污剂（中性洗涤剂）的抹布由外向内螺旋擦拭→每擦一次更换抹布。若污染仍存在，用少量水（必要时 EDTA 肥皂水）润湿后再次擦拭。用表面污染仪监测污染区及周围 0.5 米区域→目标值 $<0.5\text{Bq/cm}^2$ （或本底值 2 倍以内）。若不达标，重复步骤 2-4。所有用过的吸水纸、抹布、手套、鞋套→全部入放射性废物袋（标记 I-131 污染、活度、日期）。如去污后仍有固定污染无法去除→加盖屏蔽物（如铅皮）并贴标签报告。

(2) ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴器污染或脱落：敷贴器表面污染（外壳沾有放射性粉尘或液体）：用湿润棉签轻轻擦拭表面→棉签入废物袋→监测合格后放回铅罐。禁止用手直接接触，用长柄钳夹取→放入临时铅罐。原地用胶带粘取周围可能存在的碎片→全部收集入废物袋。敷贴器送厂家处理或按废旧源回收流程。

4、医院启动应急预案，立即上报生态环境部门，并填写《辐射事故初始报告表》，如发生人员急性放射病或超剂量照射，要同时上报卫生部门；如发生设备丢失、被盗，要同时报告公安部门；

5、控制现场积极主动协助生态环境部门、卫生部门调查事故原因；

6、协助卫生专业人员对受照射人员进行受照剂量估算，并进行身体检查和医学观察；

7、及时向公众发布消息，消除公众疑虑。

八、辐射事故的报告

发生辐射事故，应立即向辐射事故应急处理领导小组汇报，并及时收集整理相关处理情况向当地生态环境部门、卫生部门、公安局报告，并在两小时内填写初始报告。

湖南省生态环境厅 0731-85698110

娄底市生态环境局 0738-12345

娄底市公安局电话：110

医疗救护电话：120

九、善后处理

- 1、保存好受照人员的体检资料，做好医学跟踪观察；
- 2、请专业维修人员检查维修，确认正常后方可继续使用；
- 3、总结经验教训，防止类似事故再发生。

附件 6 剂量管理目标值的确定文件

关于我院核技术利用项目所致工作人员和公众 剂量管理目标值的确定

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 B1 剂量限值的 B1.1.1.1 款和 B1.1.1.2 款结合我单位拟使用的放射性同位素与射线装置的实际情况,现明确我单位辐射工作人员和公众的年有效剂量管理目标值如下:

辐射工作人员年有效剂量管理目标值 $\leq 5.0\text{mSv/a}$;

公众成员的年有效剂量管理目标值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ 。

附件 7 医院现有辐射工作人员情况一览表

附件 8 现有辐射工作人员个人剂量报告

湖南省职业病防治院
Hunan prevention and treatment institute for occupational disease

检测报告

TEST REPORT

项目受理编号: FJG-2025-238
(NO. received item)

项 目 名 称: 职业性外照射个人监测
(Name of item)

委 托 单 位: 娄底市第一人民医院
(Deliver unit)

2025 年 7 月 8 日

附件 9 外科楼 DR 二室工作场所防护检测报告

湖南贝可辐射环境科技有限公司

检

报 告 编 号：_____FH2026-7006_____

项 目 名 称：医用 X 射线装置工作场所防护检测

委 托 单 位：_____娄底市第一人民医院_____

报 告 日 期：_____二〇二六年一月十六日_____

湖南贝可辐射环境科技有限公司 检测报告

编号: FH2026-7006

第 1 页 共 16 页

委托单位	娄底市第一人民医院		
联系人	刘浪滔	联系电话	13508447058
受检单位地址	湖南省娄底市涟钢碧溪路		
检测地点	院内		
受检设备台数	10	检测日期	2025 年 12 月 16 日 2025 年 12 月 18 日
检测方式	现场检测	检测类型	防护检测
检测依据 (标准代号)	《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)		
主要检测仪器 名称 (型号、编号)	仪器名称	X、γ辐射剂量率仪	
	仪器型号	AT1121	
	仪器编号	46293	
	证书编号	2025H21-20-6 (测试中心)	
	有效期限	2025 年 11 月	
检测结论	检测结果表明: 该单位 2 台 CT 型臂、1 台移动 CR、1 台全景机和 2 台 G 检测点位周围剂量当量率均符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 标准规定的要求。		

报告编制人 余传抄 审核人 王璐 签发人 阳浩 签发日期 2026.1.16

湖南贝可辐射环境科技有限公司
检测报告

编号: FH2026-7006第 2 页 共 16 页

检 测 结 果

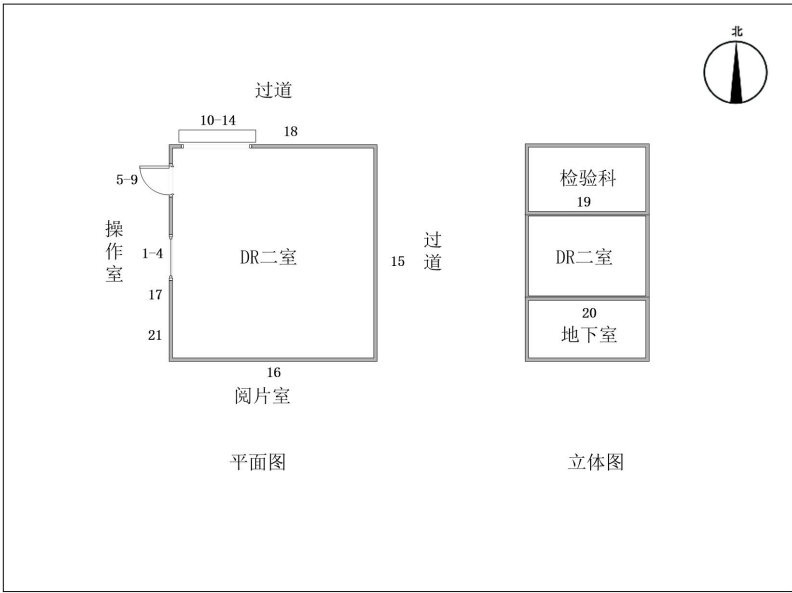
一、外科楼一楼放射科 DR 二室

(一) 设备信息

受检装置名称	数字化医用 X 射线摄影系统 (DR)		
使用位置	外科楼一楼放射科 DR 二室		
制造厂商	上海西门子医疗器械有限公司	最大管电压	150kV
		最大管电流	630mA
型 号	Ysio	设备编号	50012

(二) 辐射工作场所防护检测

1、辐射工作场所防护检测布点示意图



湖南贝可辐射环境科技有限公司 检测报告

编号:FH2026-7006

第 3 页 共 16 页

2、辐射工作场所防护检测结果

①检测条件：121kV，100mA，200ms，标准水模，有用线束朝下

序号	检测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	序号	检测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	操作位	0.16	12	机房门右缝	0.13
2	观察窗左侧	0.16	13	机房门上缝	0.17
3	观察窗中	0.14	14	机房门下缝	0.17
4	观察窗右侧	0.16	15	东 墙	0.15
5	操作室门左缝	0.18	16	南 墙	0.16
6	操作室门中	0.17	17	西 墙	0.15
7	操作室门右缝	0.14	18	北 墙	0.14
8	操作室门上缝	0.15	19	楼 上	0.15
9	操作室门下缝	0.14	20	楼 下	0.18
10	机房门左缝	0.16	21	管线洞口	0.14
11	机房门中	0.17	/	/	/

②检测条件：121kV，100mA，200ms，标准水模，有用线束朝南

序号	检测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	序号	检测点位描述	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
16	南 墙	0.16	/	/	/
备注	1、检测点位：距墙体、门、窗表面 30 cm，顶棚上方（楼上）距顶棚地面 100 cm，机房地面下方（楼下）距楼下地面 170 cm。 2、检测结果未扣除本底值，本底范围为 0.12 $\mu\text{Sv/h}$ ~0.18 $\mu\text{Sv/h}$ 。				

二、医技楼一楼 DR 室

（一）设备信息

受检装置名称	医用 X 射线摄影系统（DR）		
使用位置	医技楼一楼 DR 室		
制造厂商	华润万东医疗装备股份有限公司	最大管电压	150kV
		最大管电流	630mA
型 号	新东方 1000C	设备编号	05203Y13-57-6

附件 10 现状监测报告



监 测 报 告

TEST REPORT

报 告 编 号: HNYR-2026-HJ00091
(Report no.)

检 测 项 目: 环境 γ 辐射剂量率、 β 表面污染
(Project name)

受 检 单 位: 娄底市第一人民医院
(Deliver unit)

湖南永和公司
Hunan Yongr Co., Ltd.
二 〇 二 七 日

湖南涌仁科技有限公司
监测报告

报告编号: HNYR-2026-HJ00091 第 1 页 共 5 页

一、辐射环境监测项目执行依据、使用仪器

监测项目	环境γ辐射剂量率、β表面污染		
委托单位	娄底市第一人民医院		
委托单位地址	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路		
项目监测地址	湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路		
监测类别	委 托	监测方式	现场监测
委托日期	2026 年 3 月 25 日	监测日期	2026 年 7 月 17 日
联 系 人	王敏	电 话	13508447279
监测所依据的技术文件名称及代号	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 《表面污染测定 第 1 部分: β发射体（E _{βmax} >0.15MeV）和α发射体》（GB/T 14056.1-2008）。		
监测仪器名称 (型号、编号)	仪器名称: 环境监测 X-γ辐射空气吸收剂量率仪; 仪器型号: 6150AD6/H+6150AD-b/H; 仪器编号: F-2-15; 检测量程: 10nSv/h-99.9μSv/h; 能量响应范围: 20keV-7MeV; 检定证书编号: 2025H21-10-6042796001; 检定单位: 上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心; 校准因子: 1.07; 检定有效期: 2025 年 8 月 4 日—2026 年 8 月 3 日。		
	仪器名称: α、β表面污染测量仪; 仪器型号: CoMo-170; 仪器编号: F-2-07; 检测量程: β: 0~20000cps; 能量响应范围: ≥100 keV β粒子; 检定证书编号: DLhd2026-01086; 检定单位: 中国计量科学研究院; 校准因子: 表面发射率响应 R _p =0.62; 检定有效期: 2026 年 3 月 30 日-2027 年 3 月 30 日。		

报告编制人 肖磊 审核人 李俊 签发人 肖磊 17

湖南涌仁科技有限公司
监测报告

报告编号: HNYR-2026-HJ00091第 2 页 共 5 页

二、监测结果

1、环境γ辐射剂量率监测数据表

环境条件: 晴, 33℃, 69%Rh。

序号	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1	放疗中心楼拟建地	86	4	道路
2	加速器机房拟建地	105	5	道路
3	核医学科拟建地	106	4	道路
4	衰变池拟建地	54	3	道路
5	拟建放疗中心楼北侧道路	40	7	道路
6	门诊楼北侧次入口	54	3	平房
7	门诊楼一楼走廊	132	3	楼房
8	门诊楼一楼影像科大厅	124	4	楼房
9	拟建放疗中心楼东侧道路	32	3	道路
10	医技楼一楼	43	4	楼房
11	外科楼一楼	42	3	楼房
12	门诊楼西北侧次入口	40	4	道路
13	门诊楼西侧次入口	30	3	道路
14	门诊楼南侧主入口	29	4	道路
15	外科楼东侧道路	26	3	道路
16	医技楼二楼	86	2	楼房
17	外科楼二楼	42	3	楼房
18	门诊楼二楼走廊	144	3	楼房
19	门诊楼二楼妇产科(项目投入使用前搬迁)	124	2	楼房

注: (1) 本底测量时, 仪器探头垂直向下, 距地面的高度为 1m, 仪器读数稳定后, 以 10s 为间隔读取 10 个数据;

(2) 监测区域中心经纬度: 坐标: E 111°58'23"; N 27°45'39"; 海拔约 114 米。仪器设备宇宙射线监测点经纬度: E 113°4'39.378"; N 29°23'32.91"; 海拔约 25 米, 无需对宇宙射线响应值进行修正;

(3) 根据 HJ 1157-2021: 监测结果按照 $D_T=k_1\times k_2\times R_T-k_3\times D_c$ 得出;

(4) 仪器校准因子 k_1 为 1.07, 效率因子 k_2 取 1, 仪器使用 ^{137}Cs 进行校准, 转换系数为 1.2Sv/Gy, 宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 : 道路取 1, 平房取 0.9, 楼房取 0.8;

(5) 表内监测结果已扣除宇宙射线响应值 D_c , 仪器宇宙射线响应值为 27nGy/h。

湖南涌仁科技有限公司
监测报告

报告编号：HNYR-2026-HJ00091第 3 页 共 5 页

2、β表面污染监测数据表

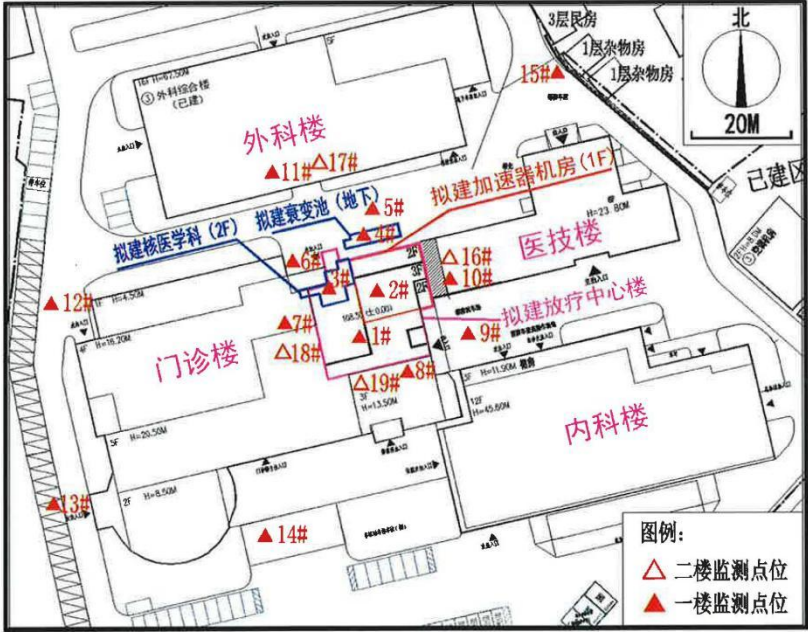
环境条件：晴，33℃，69%Rh。

序号	监测点位描述	监测结果 (Bq/cm ²)
1	放疗中心楼拟建地	<MDL
2	加速器机房拟建地	<MDL
3	核医学科拟建地	<MDL
4	衰变池拟建地	<MDL
5	拟建放疗中心楼北侧道路	<MDL
6	门诊楼北侧次入口	<MDL
7	门诊楼一楼走廊	<MDL
8	门诊楼一楼影像科大厅	<MDL
9	拟建放疗中心楼东侧道路	<MDL
10	医技楼一楼	<MDL
11	外科楼一楼	<MDL
12	门诊楼西北侧次入口	<MDL
13	门诊楼西侧次入口	<MDL
14	门诊楼南侧主入口	<MDL
15	外科楼东侧道路	<MDL
16	医技楼二楼	<MDL
17	外科楼二楼	<MDL
18	门诊楼二楼走廊	<MDL
19	门诊楼二楼妇产科（项目投入使用前搬迁）	<MDL
注：（1）测量时，仪器探头距地面的高度为 10mm； （2）表面沾污仪 Como170 的探测下限（MDL）为 0.17Bq/cm ² 。		

湖南涌仁科技有限公司 监测报告

报告编号: HNYR-2026-HJ00091
第 4 页 共 5 页

3、监测点位图

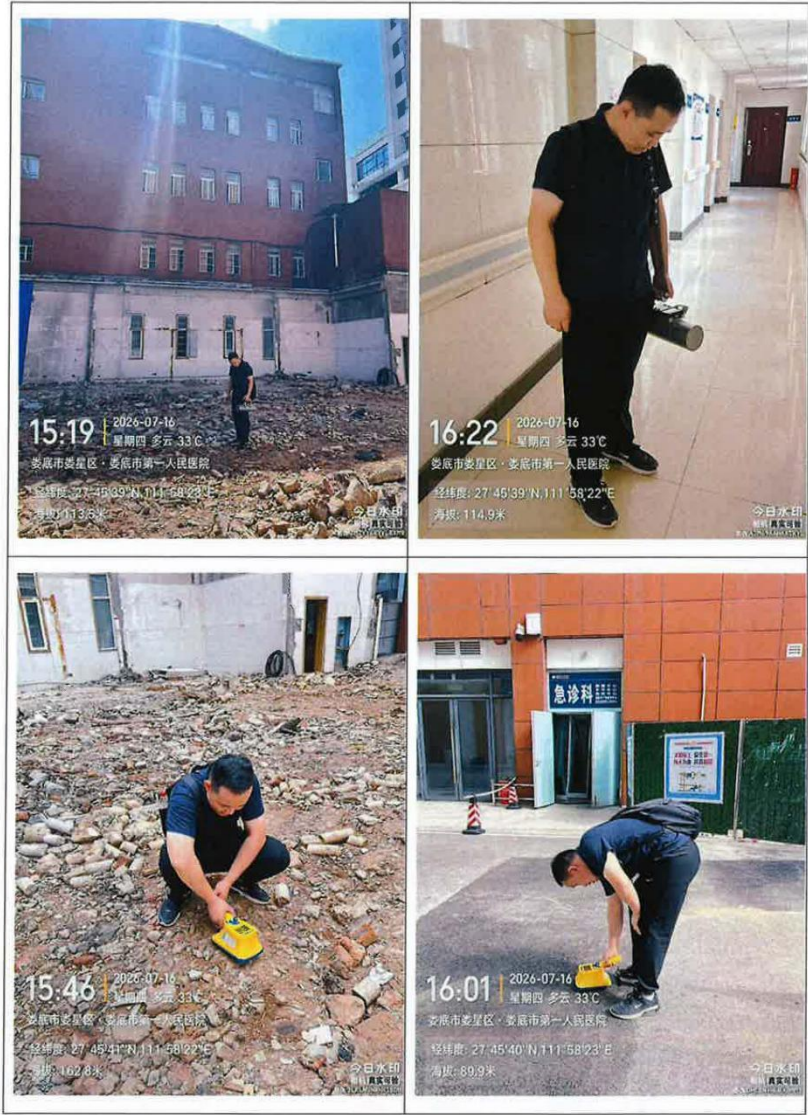


监测布点示意图

湖南涌仁科技有限公司 监测报告

报告编号: HNYR-2026-HJ00091第 5 页 共 5 页

4、监测照片



——报告结束——

湖南山水大健康咨询有限公司（湖南山水）是湖南省唯一一家集职业健康检查、放射从业人员体检、预防性体检、健康体检、第三方医学检验、公共卫生检测和食品农产品检测、消毒产品、化妆品、涉水产品、保健品检测、放射卫生检测与评价、放射个人剂量于一体的大型公共卫生服务平台。

湖南山水下设湖南省山水体检有限公司、长沙山水医学检验所有限公司、湖南山水检测有限公司、湖南涌仁科技有限公司四家机构。

湖南涌仁科技有限公司是经湖南省卫生行政部门资质认证的检测机构，业务范围包含：

- 1、医用 X 射线诊断设备质量控制和工作场所防护检测；
- 2、X 射线计算机断层摄影装置（CT）质量控制和工作场所防护检测；
- 3、放射治疗设备（加速器、TOMO、 γ 刀、后装机等）质量控制和工作场所防护检测；
- 4、核医学设备（PET/CT、SPECT/CT、 ^{131}I 、粒籽源、核素敷贴等）质量控制和工作场所防护检测；
- 5、工业 X/ γ 射线探伤装置和密封源、非密封源等工作场所防护检测；
- 6、X 射线行李包检查系统、货物车辆辐射检查系统工作场所防护检测；
- 7、X/ γ 射线外照射个人剂量监测；
- 8、放射诊疗建设项目职业病危害放射防护评价（放射诊断、介入放射学、放射治疗、核医学）；
- 9、核技术利用项目年度辐射监测和年度评估；
- 10、核技术利用项目环境影响评价和竣工环境保护验收。



附件 11 整改报告

娄底市第一人民医院
辐射安全检查问题整改报告

娄底市生态环境局：

2026 年 5 月 13 日，贵局对我院辐射安全与防护工作进行现场执法检查，指出我院在辐射安全管理中存在 5 项问题。我院高度重视，立即组织辐射安全与防护管理小组及相关科室召开专题会议，对照问题逐一梳理、制定整改措施、明确责任人和完成时限，确保全面整改到位。现将整改情况报告如下：

1、关于“五台射线装置的序列号与副本上不一致”的问题。

整改措施：立即对全院所有射线装置逐台核对设备型号、序列号、出厂编号，重新规范登记台账，做到账物一致、信息准确。并在本次辐射安全许可证重办期间完成信息修改，并递交变更资料，确保许可证信息与实际设备完全一致。

辐射安全许可证重办申请报告

湖南省生态环境厅：

我单位位于湖南省娄底市娄星区涟钢碧溪路，于 2025 年 12 月领取了辐射安全许可证，证件编号：湘环辐证【02810】，许可证有效期至 2029 年 2 月。现因单位使用的射线装置发生如下变动，需重新办理辐射安全许可证。

1. 医院新购 1 台移动式平板 C 形臂 X 射线机放置于外科楼四
层第二手术室内用于日常骨科手术；

2. 我单位原法定代表人蒋桂平现变更为胡飞跃；

3. 变更 5 台设备序列号（华润万东 DR 实际为 05203Y13-57-6，
原系统内为 05203Y13-57-3；飞利浦 DSA 实际为 2041，原系统内
为 001444；西门子 CT 实际为 120096，原系统内为 11061648；口
腔全景机实际为 S01803189，原系统内为 S01803189；移动式平
板 C 形臂 X 射线机实际为 1250202507025，原系统内为
1250202500725）。

上述设备属于 II 类射线装置，我单位已按《建设项目环境影
响登记表备案管理办法》要求进行了《核技术利用项目环境影响
登记表》备案手续（登记备案号为：202643130200000184）。

目前设备安装已完成且各项辐射防护安全管理制度已建立，
辐射工作管理机构及人员已配备，需尽快投入使用。现按国家相
关要求，申请重新办理
特此报告

射线装置明细						
单位：娄底市第一人民医院			诊疗设备数量：12 台			
序号	设备名称	生产厂家	设备型号	产品序列号	主要参数	所在场所
1	CT 机	上海西门子医疗器械有限公司	SOMATOM go.Top	120096	管电压 140KV 管电流 825mA	放射科
2	胃肠机	北京岛津医疗器械有限公司	Neo-Vision	61Y2012	管电压 150kV 管电流 630mA	放射科
3	CT 机	上海西门子医疗器械有限公司	SOMATOM Emotion 6	43829	管电压 130kV 管电流 345 mA	放射科
4	DR	上海西门子医疗器械有限公司	Ysio	50012	管电压 150kV 管电流 630mA	放射科
5	DR	华润万东医疗装备股份有限公司	新东方 1000C	05203Y13-57-6	管电压 150kV 管电流 630mA	体检中心
6	CR	北京万东鼎立医疗设备有限公司	HM-200	6480115	管电压 125kV 管电流 200mA	放射科
7	牙科全景机	Soredex, PaloDEx Group Oy	CRA-2	S01803189	管电压 77kV 管电流 10mA	口腔科
8	DSA	飞利浦	UNIQ FD20	2041	管电压 125kV 管电流 1000mA	介入中心
9	DSA	北京唯迈医疗科技股份有限公司	Pilot3000	1V0324001	管电压 125kV 管电流 1000mA	介入中心
10	移动式C臂机	北京东方惠尔图像技术有限公司	DigiArc 100AC	XG1268BK16J	管电压 110kV 管电流 15mA	手术室
11	乳腺钼靶机	北京中研海康科技有限公司	RH-HAWK	RH2572003	管电压 40kV 管电流 160mA	健康管理中心
12	移动式平板 C 型臂 X 射线机	西安集智医疗器械科技有限公司	JZ12	1250202507025	管电压 12kV 管电流 120mA	手术室

2、关于“五名放射工作人员离岗体检未做”的问题。

整改措施：已于 2026 年 5 月 15 日安排 5 名离岗放射工作人员前往娄底市职业病防治医院进行体检。

佐证材料：

娄底市第一人民医院辐射工作人员职业健康体检证明

我单位于 2026 年 5 月 15 日接收了娄底市第一人民医院辐射工作人员职业健康体检业务，双方约定 2026 年 5 月 15 日至 2025 年 5 月 31 日之间，为陈玲等辐射工作人员进行体检和复查，并出具职业健康体检报告。

上述证明真实无误，特此证明！

3、关于“辐射检测仪未及时校准”的问题。

整改措施：立即将辐射监测仪器送至有资质单位进行校准，确保设备合规有效。

佐证材料：

The image shows three calibration certificates from Zhongji Instrument Co., Ltd. (中检计量有限公司). The first certificate is a general calibration certificate (校准证书) for a radiation detector. The second and third certificates are specific calibration results (校准结果) for different models of radiation detectors, showing measurement data and uncertainty analysis.

4、关于“个别辐射工作人员未佩戴个人剂量仪”的问题。

整改措施：通过查看最近连续四个季度个人剂量监测报告，发现个别工作人员存在剂量检测数据异常、缺失情况，经调查系个人剂量计保管不当、佩戴不规范所致。我院已加强管理，明确日常监督责任，严格督促辐射工作人员规范佩戴、妥善保管个人剂量计，确保今后剂量剂不丢失、不遗忘、监测数据完整准确。

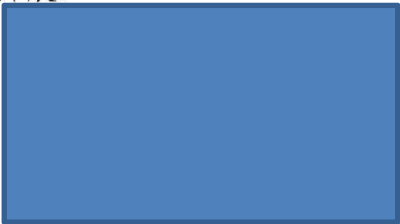
佐证材料：

工作人员平台信息更新；本次系统维护的相关资料，已在本次辐射安全许可证重办期间一并上传完毕。

佐证材料：

许可证重新申领查看											
单位基本信息 辐射源 放射防护设施 辐射剂量 辐射安全和防护用品 辐射安全管理机构 工作人员信息 企业附件											
姓名: 证件类型: 证书号码: 查询 导出											
序号	姓名	证件号码	性别	出生年月	工作单位	毕业学校	学历	专业	有效期	培训/考试编号	操作
1	陈超	430521200207171006	女	2002-07-17	介入中心	湖南学院	本科	医学影像技术	2025-06-21 至 2030-06-21	FS25HN0100431	操作
2	王霞	431227200301224819	男	2003-01-22	介入中心	首都医科大学护理学院	本科	护理	2025-09-18 至 2030-09-18	FS25HN0100831	操作
3	王宇科	432501200201110014	男	2002-01-11	放射科	首都大学	本科	医学影像技术	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
4	黄莉娜	43138219991018018X	女	1999-10-18	放射科	湖南医科大学	硕士研究生	放射物理学	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
5	肖霞	431321199808286583	女	1998-08-28	口腔科	首都大学	硕士研究生	口腔医学	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
6	葛国强	432503199805034670	男	1998-05-03	放射科	长沙医学院	本科	医学影像技术	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
7	彭鑫	431321199805024908	女	1998-05-03	放射科	中南大学	硕士研究生	放射物理学	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
8	杨露娜	432501199709101025	女	1997-09-10	放射科	首都大学	硕士研究生	临床医学	2026-04-15 至 2031-04-14	自主考核	操作
9	丁鹏	43250219960829002X	男	1996-08-29	放射科	长沙医学院	本科	放射技术	2024-01-23 至 2029-01-22	自主考核	操作
10	蔡波	43250319960429402X	女	1996-04-29	口腔科	长沙医学院	本科	口腔医学	2024-01-23 至 2029-01-22	自主考核	操作

下一步我院将建立长效机制进一步完善辐射安全管理制度与操作规程，强化制度执行与日常监督。定期开展辐射安全法规、防护知识及剂量计规范使用培训，提升全员安全意识与操作规范性。规范台账管理、设备管理、人员管理、监测管理与平台信息管理，确保各项工作符合法律法规要求。我院将以此次检查整改为契机，严格落实辐射安全主体责任，持续规范辐射安全管理，杜绝同类问题再次发生，确保医院辐射工作安全有序开展。



附件 12 放疗科拟配置设备、人员及工作量计划、屏蔽设计

放疗科辐射工作人员配备计划

本项目放疗科拟配备放疗医师 3 名，医学物理师 1 名，放疗技师 2 名，设备维修工程师 1 名，放疗科共配备辐射工作人员 7 人。

放疗医师和医学物理师计划从肿瘤科调配，1 名放疗技师从放射科调配，另 1 名放疗技师拟从外部招聘，设备维修工程师从维修科调配指定人员兼职。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作。所有辐射工作人员须满足职业健康体检合格、辐射安全和防护培训合格、佩戴个人剂量计方可上岗。

放疗科工作负荷情况

设备名称	平均治疗照射时间	预期工作量
医用电子直线加速器	常规治疗 1.5min/人	50 人/d，5d/周，50 周/a，12500 人/年



娄底市第一人民医院拟购直线加速器主要参数一览表

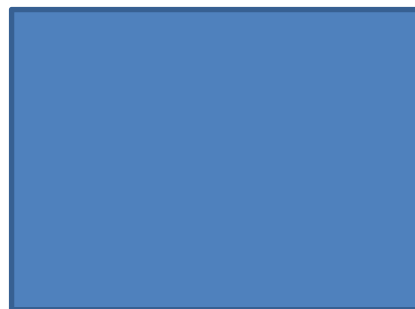
指 标	技术参数
设备名称	医用电子直线加速器
设备厂家	待定
设备型号	待定
最大电子线能量	≤22MeV
最大电子线剂量率	≤1000MU/min
最大 X 射线能量	≤10MV (6MV、10MV)
X 射线常规剂量率	10MV :≤600MU/min 6MV :≤600MU/min
FFF 剂量率	10MV FFF:≤1400MU/min 6MV FFF:≤1400MU/min
源轴距 (SAD)	1000mm
等中心点相对水平地面高度	128cm
泄漏率	<0.1%
等中心处最大照射尺寸	40cm×40cm
线束张角	28° (半角 14°)



加速器机房辐射防护设计一览表

机房名称	方位	区域	材料及厚度
加速器机房	东墙	侧屏蔽区	1700mm 砼
	南墙	主屏蔽区	3000mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1700mm 砼
	西墙	迷道内墙	1400mm 砼
		迷道外墙	1500mm 砼
	北墙	主屏蔽区	3000mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1700mm 砼
	顶棚	主屏蔽区	2700mm 砼, 主屏蔽区宽度 4000mm
		次屏蔽区	1500mm 砼
	地板	/	1500mm 砼
	防护门		14mmPb

注：砼密度 2.35g/cm³、铅密度 11.3g/cm³。



附件 13：关于核医学科核素操作量及年工作的确认函

娄底市第一人民医院核医学科核素操作量及年工作
确认函

医院拟在放射治疗中心楼二层新建核医学科，使用核素 ^{131}I 开展甲亢治疗及甲测，使用 ^{90}Sr - ^{90}Y 放射源开展敷贴治疗，场所为一处乙级非密封放射性物质工作场所。

1.工作量及核素使用情况

甲亢治疗计划每天治疗 5 人次，每周接诊 3 天，每年接诊 150 天，年治疗人数 750 人；甲测计划每天治疗 10 人次，每周接诊 3 天，年工作 50 周，每年接诊 150 天，年治疗人数 1500 人。 ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗周治疗 5 天，每天 5 人次，年工作 50 周，每年接诊 250 天。

表 1 本项目核医学科新增非密封放射性物质使用情况

核素	单人次最大药量(Bq)	每天最多人次(人/d)	年最大使用天数(d/a)	年最大诊断人数(人/a)	年最大用量(Bq)
^{131}I 甲亢	$3.70\text{E}+08$ (10mCi)	5	150	750	$2.78\text{E}+11$ (7500mCi)
^{131}I 甲测	$3.70\text{E}+05$ (0.01mCi)	10	150	1500	$5.55\text{E}+08$ (15mCi)

注：①医院采取预约制，甲亢治疗计划每天治疗 5 人次，每周接诊 3 天，年工作 50 周，每年接诊 150 天，年治疗人数 750 人；甲测计划每天治疗 10 人次，每周接诊 3 天，年工作 50 周，每年接诊 150 天，年治疗人数 1500 人。

表 2 本项目核医学科新增密封放射源使用情况

核素	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	类别	使用场所	备注
^{90}Sr - ^{90}Y	$7.4\text{E}+08\times 1$	V	敷贴治疗室	敷贴治疗

注：医院采取预约制， ^{90}Sr - ^{90}Y 敷贴治疗周治疗 5 天，每天 5 人次，年工作 50 周，年接诊 250 天。

2.劳动定员

本项目拟设置 3 名辐射工作人员（1 名护士和 1 名技师负责核素

分装、转移、给药，1 名医师负责诊疗和敷贴治疗），其中 1 名从现有其他辐射工作岗位调配，2 名为新增辐射工作人员。



附件 14 放疗中心楼环境影响登记备案表

建设项目环境影响登记表

填报日期：2026-01-16

项目名称	娄底市第一人民医院放疗中心楼改扩建项目		
建设地点	湖南省娄底市娄星区涟钢	占地面积(m²)	520
建设单位			
联系人			
项目投资(万元)			
拟投入生产运营日期	2026-10-31		
建设性质	扩建		
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第108 医院；专科疾病防治院(所、站)；妇幼保健院(所、站)；急救中心(站)服务；采供血机构服务；基层医疗卫生服务项中住院床位20张以下的(不含20张住院床位的)。		
建设内容及规模	拆除原CT室等区域，改扩建放疗中心楼1栋，该楼共2层；一楼建设放射中心，主要建设加速加速器机房及控制室、CT机房及控制室，模具室、办公室等；二楼建设核医学科，主要建设实验室、分装室、服药室、抢救室、办公室等。		
主要环境影响	废气	采取的环保措施及排放去向	有环保措施：放射性废气采取活性炭吸附措施后通过管道排放至楼顶排风
	废水 生活污水 生产废水		生活污水有环保措施：生活污水采取医院污水处理站处理措施后通过城市排污管排放至城市污水处理站处理 生产废水有环保措施：放射性废水采取衰变池处理合格后排入医院污水处理站处理措施后通过城市排污管排放至城市污水处理站处理
	固废		环保措施：放射性固体废物暂存在固废间，衰败合格后与收集医疗废物暂存在医疗废物暂储间后委托有资质的单位处理。

承诺：娄底市第一人民医院胡飞跃承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由娄底市第一人民医院胡飞跃承担全部责任。

法定代表人或主要负责人签字：

备案回执

该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号：202643130200000

附件 15 模拟 CT 定位机环境影响登记备案表

建设项目环境影响登记表

填报日期：2026-05-28

项目名称	
建设地点	
建设单位	
联系人	
项目投资(万元)	
拟投入生产运营日期	
建设性质	扩建
备案依据	该项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录》中应当填报环境影响登记表的建设项目，属于第172 核技术利用建设项目项中销售Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；使用Ⅳ类、Ⅴ类放射源的；医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的；销售非密封放射性物质的；销售Ⅱ类射线装置的；生产、销售、使用Ⅲ类射线装置的。
建设内容及规模	为满足临床需要，放疗科拟新增1台模拟CT定位机，位于放疗中心楼一楼模拟CT定位机房，设备型号待定，最大管电压不超过140kV。

主要环境影响	辐射环境影响	采取的环保措施及排放去向	环保措施： 一、污染防治措施1、防护措施：以上射线机房最小边有效使用面积、最小单边长度及各屏蔽体防护厚度均达到《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中的要求。2、警示标识：各机房防护门设置电离辐射警告标志，并安装工作状态指示灯，告诫无关人员请勿靠近。3、通风装置：X射线机房采用动力通风，能保持机房内通风良好。4、防护用品：医院拟按要求配备医务人员和受检者防护用品（包括铅衣、铅围脖、铅围裙等）。二、安全管理措施1、成立了辐射防护管理小组，有专职人员负责医院的辐射安全管理。2、规章制度：制定了操作规程、岗位职责、放射防护安全管理制度、放射工作人员职业健康管理制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。3、编制了辐射事故应急预案。4、医院拟按每3个月一个周期进行个人剂量监测、按每两年一个周期进行职业健康体检、并建立相应的人健康档案。5、放射工作人员上岗前拟参加辐射安全和防护知识培训。
承诺： 娄底市第一人民医院胡飞跃承诺所填写各项内容真实、准确、完整，建设项目符合《建设项目环境影响登记表备案管理办法》的规定。如存在弄虚作假、隐瞒实情等弄虚作假行为，污染事故和环境风险状况及由此导致的一切后果由娄底市第一人民医院胡飞跃承担全部责任。			
法定代表人或主要负责人签字：			
备案回执			
该项目环境影响登记表已经完成备案，备案号：202643130200000			

附件 16 关于门诊楼儿科、妇产科门诊搬迁承诺

娄底市第一人民医院 关于门诊楼儿科、妇产科门诊搬迁承诺

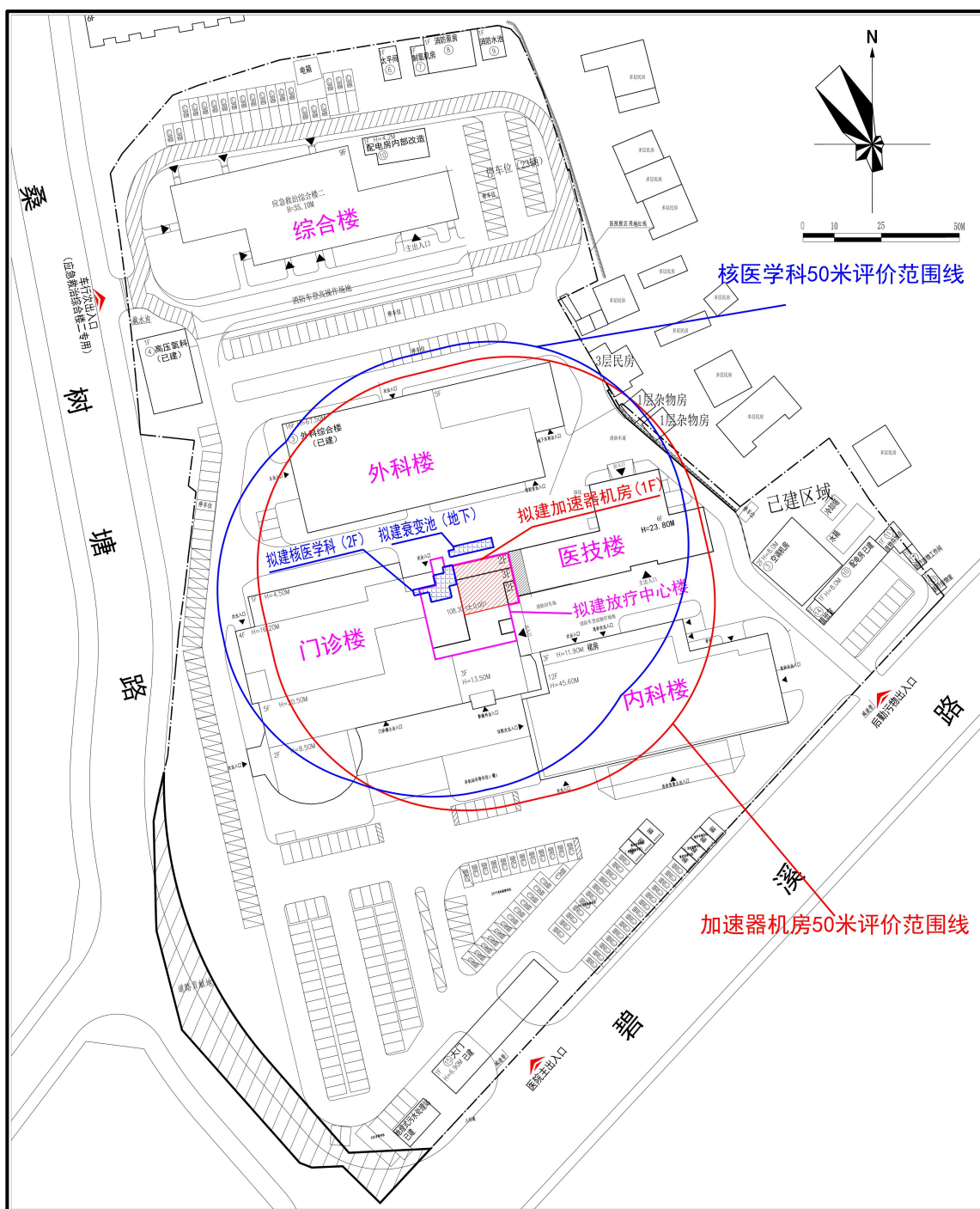
湖南省生态环境厅：

我院拟在门诊楼与医技楼中间建一栋三层放疗中心楼，西侧和南侧均邻门诊楼，东侧邻医技楼，北邻院内道路。放疗中心楼一层拟建设放疗科、二层拟建设核医学科。根据医院计划该项目投入使用前对南侧门诊楼一楼儿科门诊、二楼妇产科门诊进行搬迁，搬迁后原区域将分别作为外科诊室、内镜室门诊室使用。医院特此承诺在该项目投入使用前完成一楼儿科门诊、二楼妇产科门诊搬迁。

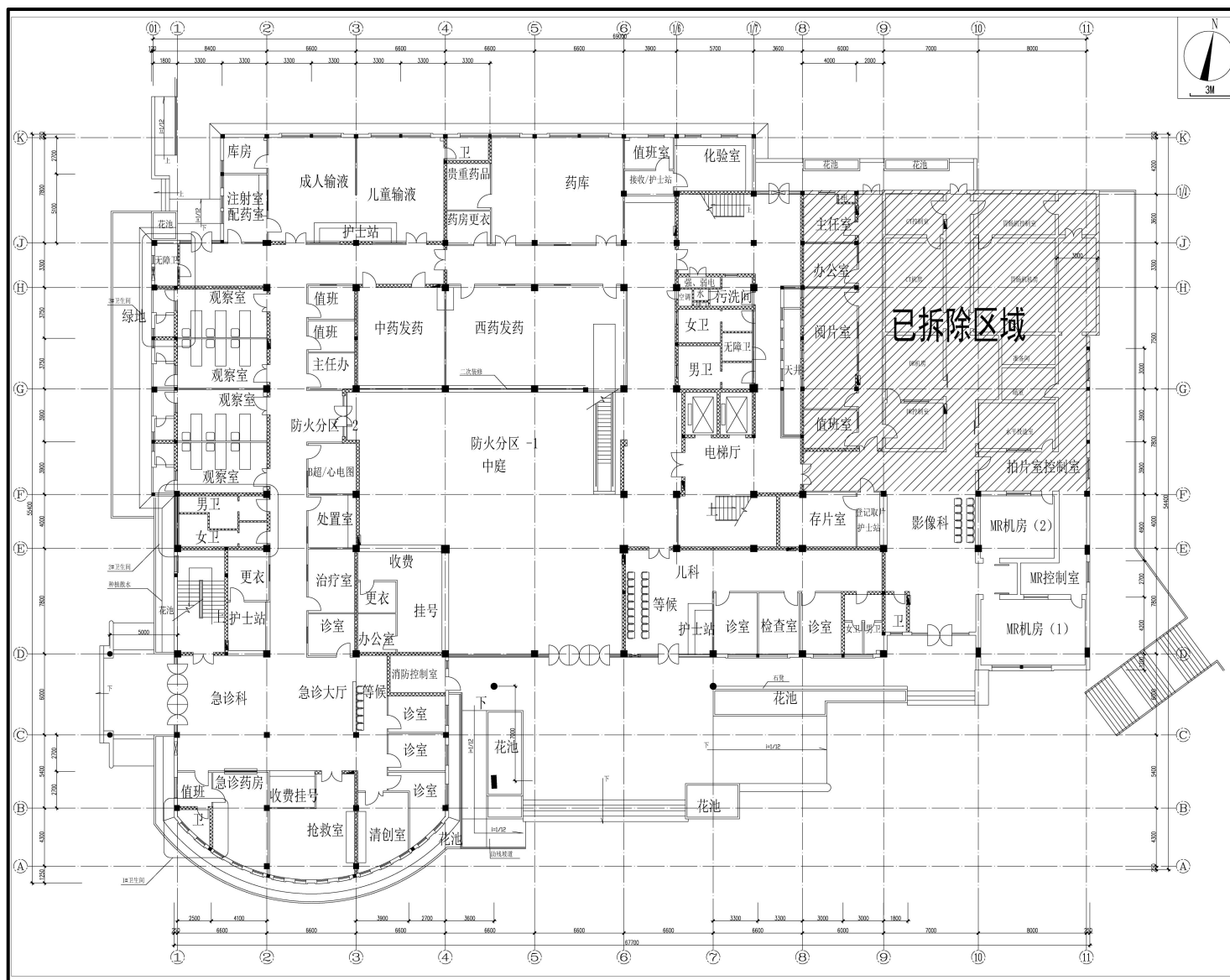




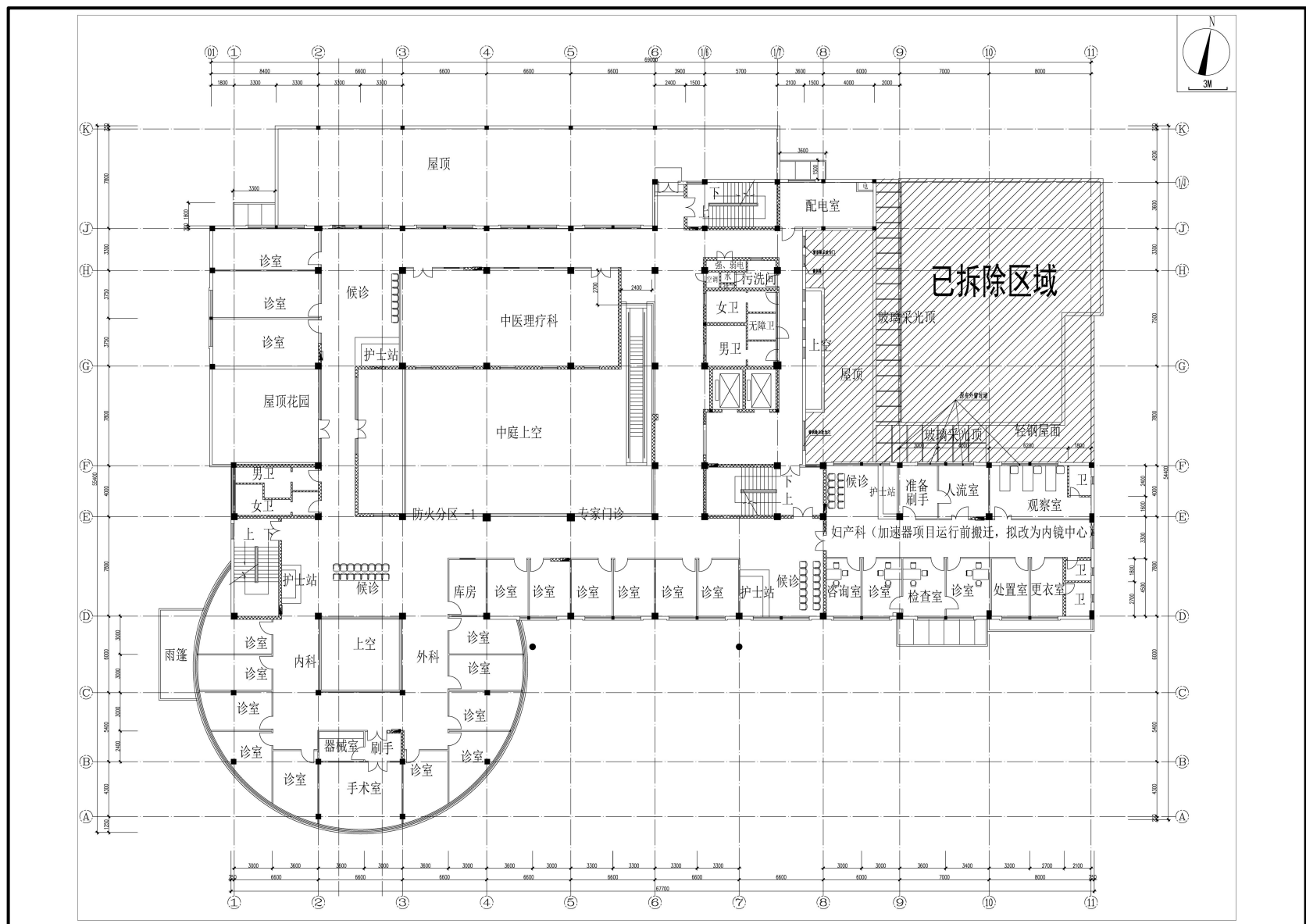
附图1 项目地理位置示意图



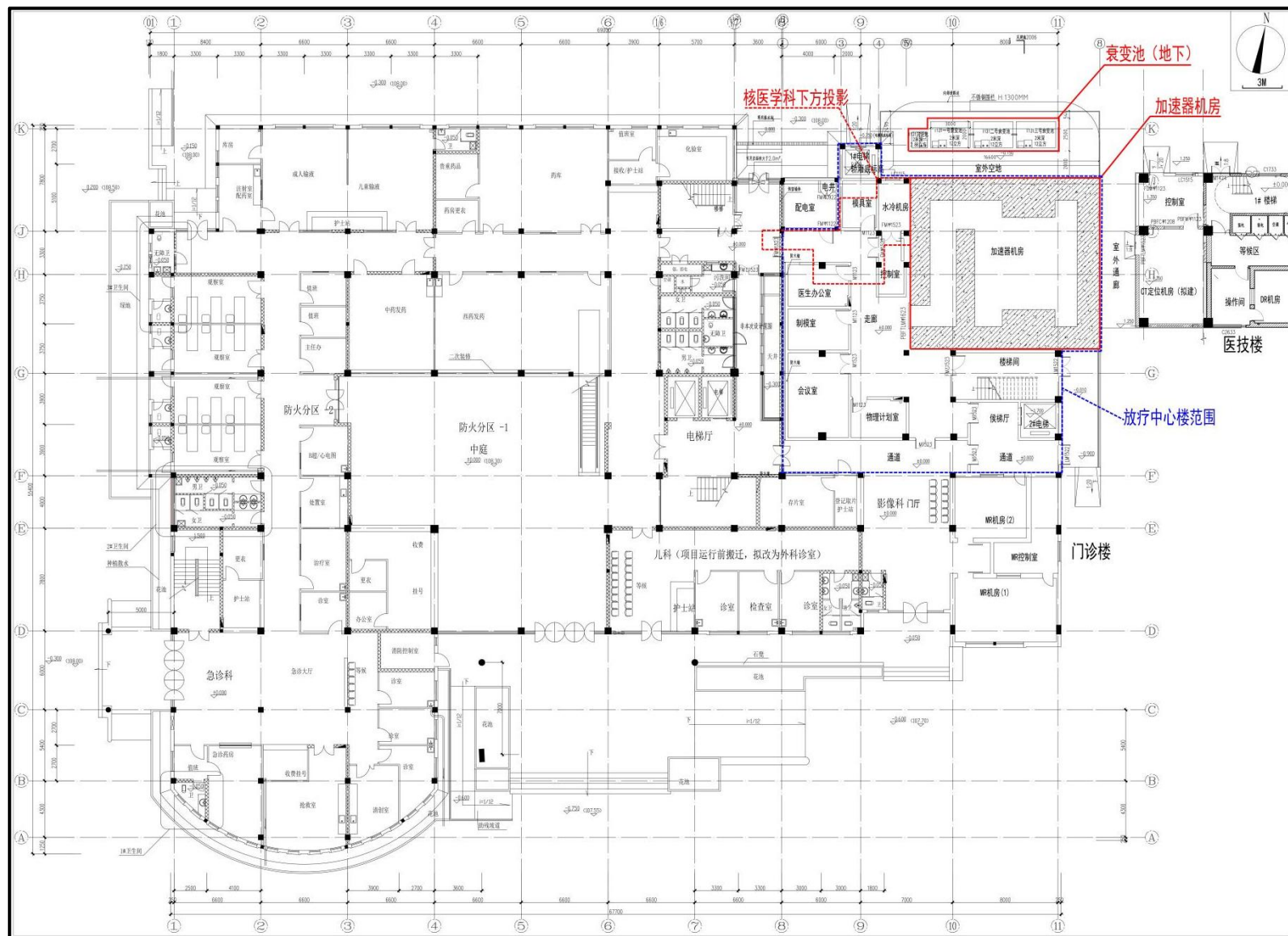
附图 2 医院平面布局及本项目评价范围示意图



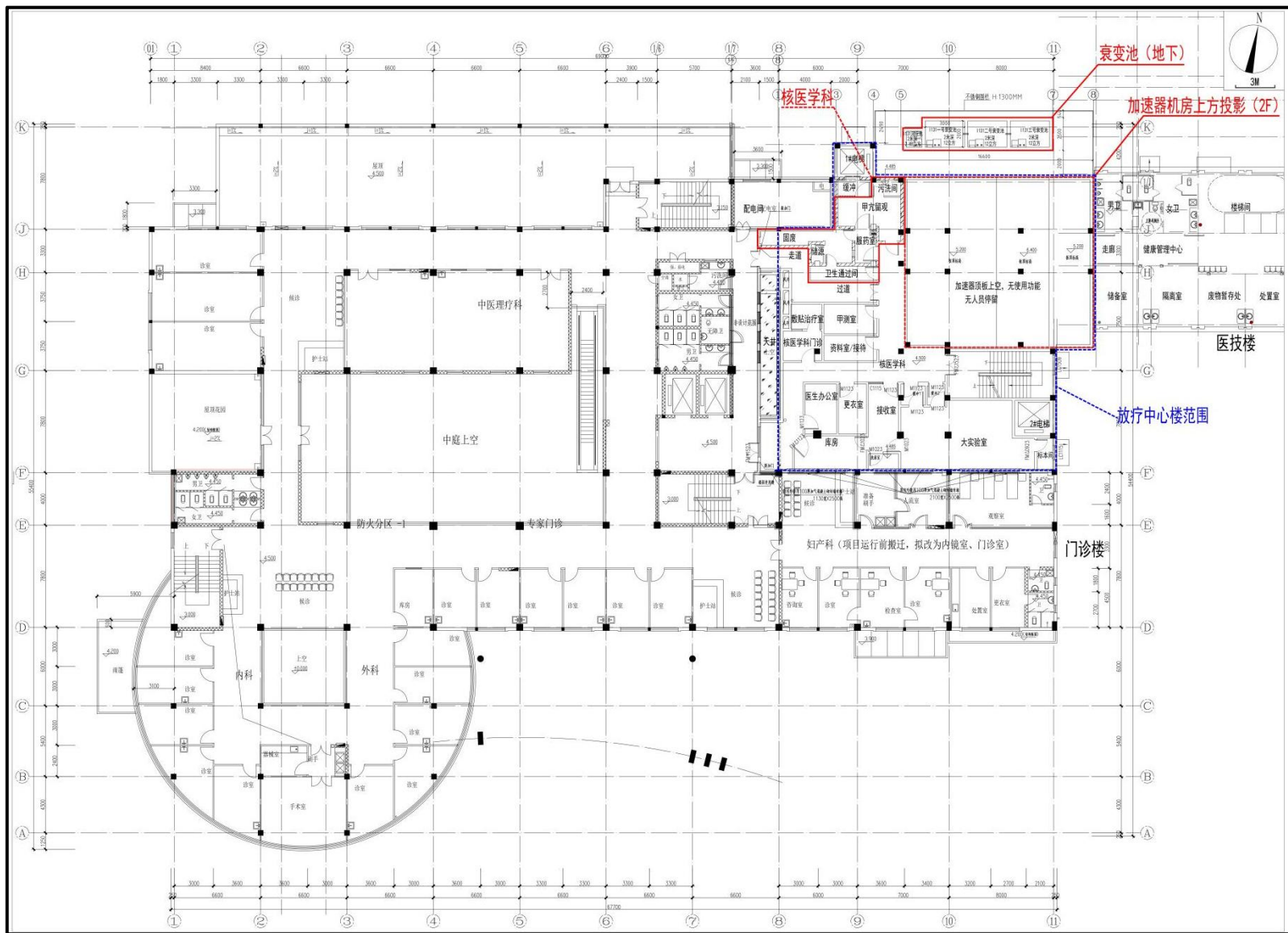
附图3 门诊楼一层现状图



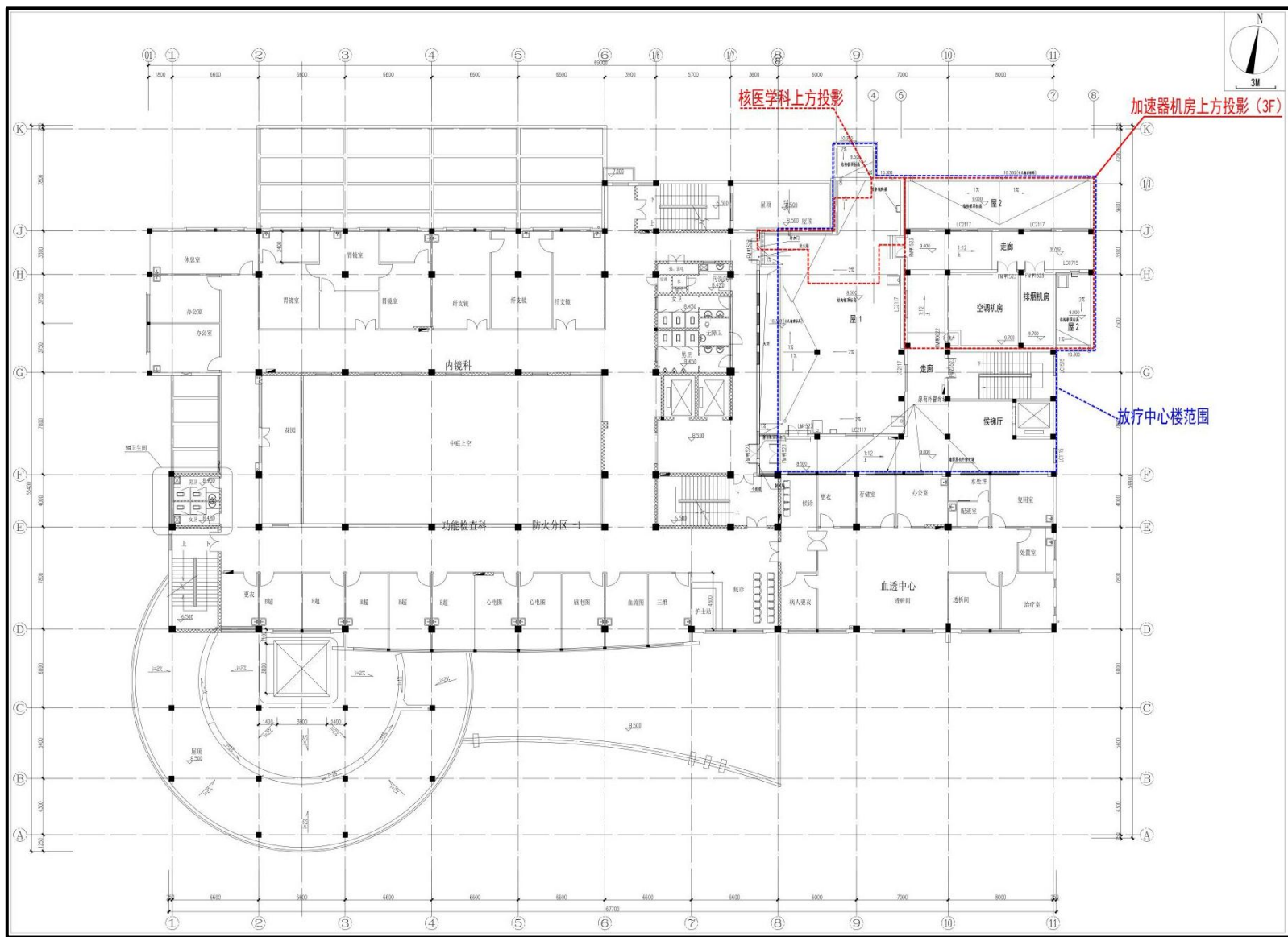
附图 4 门诊楼2层现状图



附图5 门诊楼、放疗中心楼一层平面布局图



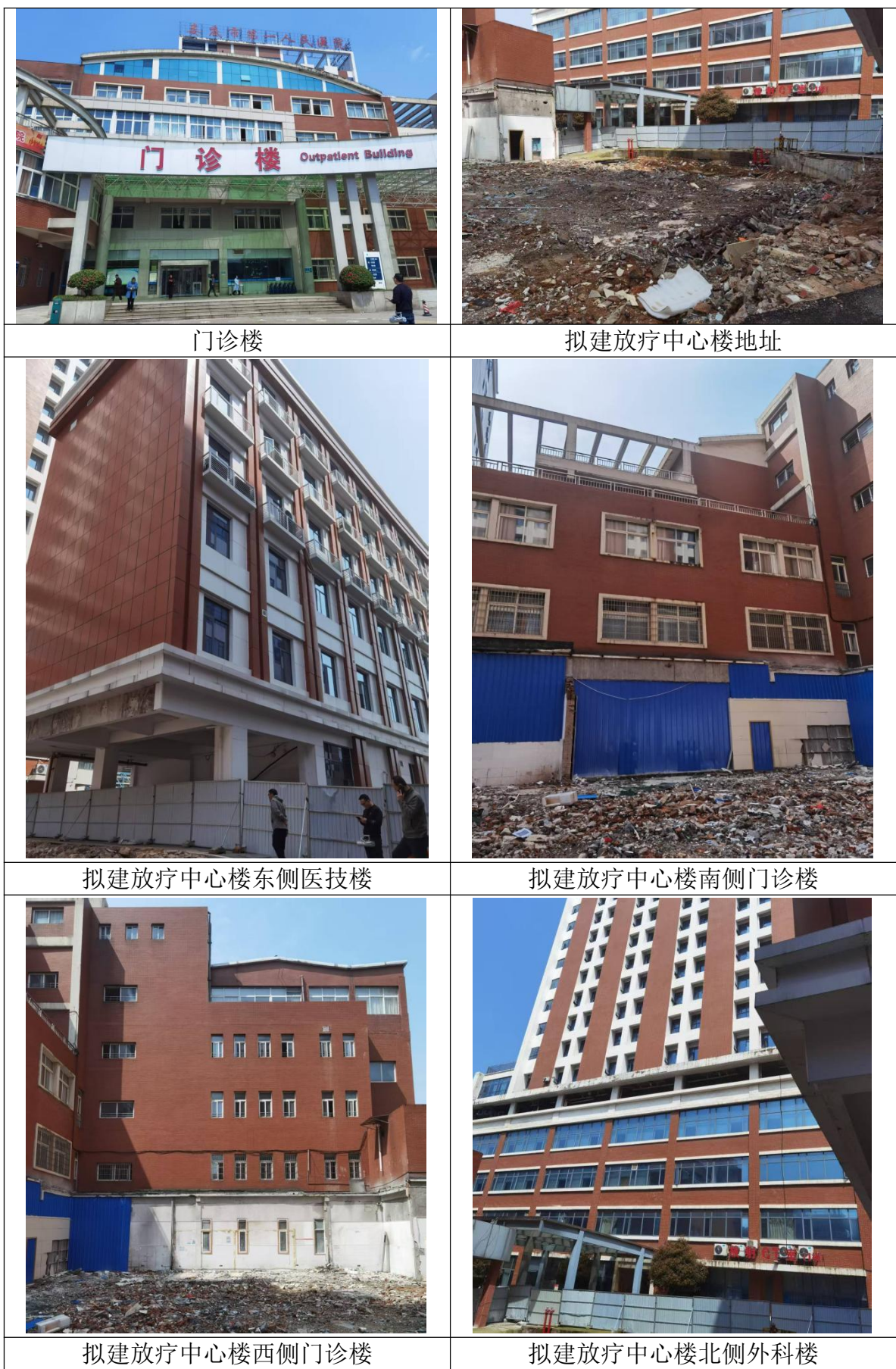
附图6 门诊楼、放疗中心楼二层平面布局图



附图 7 门诊楼、放疗中心楼二层平面布局图



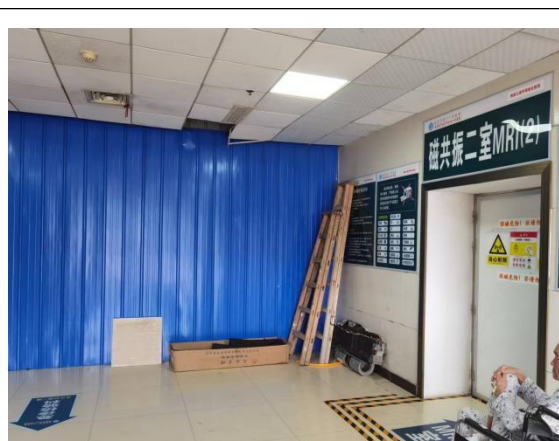
附图 9-1 现场照片（航拍）



附图 9-2 现场照片（1）



院外 3 层民房



放疗中心楼南侧 MR 机房



外科楼一楼平面图照片

附图 9-2 现场照片（2）