

核技术利用建设项目

信阳市中心医院淮滨院区核技术应用项目

环境影响报告表



生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	28
表 3 非密封放射性物质	28
表 4 射线装置	29
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	30
表 6 评价依据	32
表 7 保护目标与评价标准	34
表 8 环境质量和辐射现状	59
表 9 项目工程分析与源项	71
表 10 辐射安全与防护	95
表 11 环境影响分析	153
表 12 辐射安全管理	222
表 13 结论与建议	237
表 14 审批	240
附件 1：现场照片	附 1
附件 2 委托书	附 2
附件 3 辐射安全许可证	附 5
附件 4 信阳市中心医院淮滨院区一期工程环评批复	附 20
附件 5 现有核技术应用项目环保手续	附 22
附件 6 设计方案及图纸	附 68
附件 7 辐射安管理机构成立	附 77
附件 8 辐射安管理制度汇	附 81
附件 9 辐射事故应急预案	附 124
附件 10 管理及控制目标值	附 150
附件 11 环境检测报告	附 151

表 1 项目基本情况

建设项目名称		信阳市中心医院淮滨院区核技术应用项目			
建设单位		信阳市中心医院			
法人代表	张克俊	联系人	尹莉	联系电话	13603769636
注册地址		河南省信阳市四一路 1 号			
项目建设地点		信阳市淮滨县淮河大道北侧，康隆路西侧信阳市中心医院淮滨院区			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		8000	项目环保投资 (万元)	460	投资比例（环保 投资/总投资） 5.75
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²) 2635
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☒ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☒ V类		
	非密封 放射性 物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☒ 使用	☒ 乙 ☐ 丙		
	射线 装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☒ III类		
	其他	/			
	1.1 建设单位简介 1.1 建设单位简介 信阳市中心医院创建于 1920 年，前身为“豫南大同医院”，1998 年正式更名为信阳市中心医院。2017 年 10 月被评为为三级甲等综合医院，现为豫南地区一所集医疗、急救、科研、教学、保健、康复于一体的现代化综合性医院。 医院现有浉河、羊山、淮滨三个院区，总占地面积 311 亩，总建筑面积 41.8 万平方米，编制床位 2700 张，实际开放床位 3346 张，年门诊量超 160 万人次，年出院患者 13 万余人次，年手术量 3.7 万台次。本次环评新增放射治疗、核医学及介入放射学应用位于建设单位淮滨院区，该院区建设于 2021 年 9 月，位于信阳市淮滨县淮河大道北侧，康隆路西侧，距信阳市东、西院区直线距离分别为 126km、130km，分两期工程建设，其中一期工程占地 42312.53m²，建设床位 200 张。目前，该院区二期工程尚在筹备中，				

一期工程部分已部分投入运营。

1.2 项目由来

为提高医院放射诊疗技术能力和服务水平，改善病人诊疗条件，建设单位拟在信阳市中心医院淮滨院区医技后勤综合楼一层北部放疗科新增使用 1 台医用电子直线加速器（属 II 类射线装置）、1 台模拟定位 CT（属 III 类射线装置）；拟在医技后勤综合楼一层西北部核医学科新增使用非密封放射性物质 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等，配套新增 1 台 PET/CT（属 III 类射线装置）、1 台 SPECT/CT（属 III 类射线装置），核医学科工作场所的日等效最大操作量为 $8.51\text{E}+08\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所；拟在医技后勤综合楼三层南部介入科新增使用 2 台数字减影血管造影机（以下简称“DSA”，属 II 类射线装置）。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境保护法》、《建设项目环境保护管理条例》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，该项目应进行环境影响评价，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），项目属于“五十五、核与辐射”——“172 核技术利用建设项目”——“使用 III 类放射源、使用 II 类射线装置、乙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外）的”，应编制环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，信阳市中心医院委托河南嘉德恒立科技有限公司对信阳市中心医院淮滨院区核技术应用项目进行辐射环境影响评价。接到委托后，评价单位进行了现场调查、资料收集工作，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）等规定要求编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.3 评价目的

对项目拟建地及周围进行辐射环境质量现状监测，了解辐射环境现状水平，并对拟开展的核技术应用项目运行后的环境影响进行预测评价，掌握其运行后项目周围的辐射水平，对不利影响和存在的问题提出防治措施，把环境影响减少到“可合理达到的尽可能低水平”，为该项目的辐射环境管理提供科学依据，最终满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求。

1.4 建设内容及规模

本项目拟在信阳市中心医院淮滨院区医技后勤综合楼一层北部建设放疗科，新建 1 间加速器机房、1 间模拟定位 CT 机房，新增使用 1 台医用电子直线加速器、1 台模拟定位 CT；拟在医技后勤综合楼一层西北部建设核医学科，新建 1 间 PET/CT 机房、1

间 SPECT/CT 机房及其配套区域，新增使用 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等放射性药物，配套新增使用 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT，各放射性药物均为外购；其中，采用 ^{18}F 进行 PET/CT 显像诊断、采用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 进行 SPECT/CT 显像诊断、采用 ^{131}I 进行甲亢治疗、采用 ^{89}Sr 进行骨转移瘤骨痛治疗；拟在医技后勤综合楼三层南部建设介入科，新建 2 间 DSA 手术室，新增使用 2 台 DSA。

本项目核医学涉及的患者注射完药物经留观（ ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者需候诊并进行扫描检查）无异常后即可离开核医学科，不涉及住院治疗场所。

本项目放射源使用情况见表 1.4-1，放射性核素使用种类及使用量见表 1.4-2，射线装置使用情况见表 1.4-3。

表 1.4-1 本项目放射源使用情况及特性一览表

核素名称	活度 (Bq) ×枚数	类别	半衰期	辐射类型	使用场所	备注
^{68}Ge	$1.11\text{E}+08 \times 1$ 枚	V 类	270.8d	γ 射线	淮滨院区医技后勤综合楼一层	PET/CT 校准源
^{68}Ge	$4.63\text{E}+07 \times 2$ 枚	V 类	270.8d	γ 射线	核医学科 PET/CT 机房	
^{57}Co	$1.36\text{E}+08 \times 2$ 枚	V 类	271.8	β 射线	淮滨院区医技后勤综合楼一层 核医学科 SPECT/CT 机房	SPECT/CT 校准源

表 1.4-2 本项目放射性核素使用种类及使用量一览表

工作场所	核素	给药方式	单人最大用药量 (Bq/人·次)	日最大门诊量	日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年工作天数 (天)	年最大使用量 (Bq)
核医学科	^{18}F	注射	$3.70\text{E}+08$ (10mCi)	20 人次/天	$3.70\text{E}+10$	$3.70\text{E}+07$	250	$9.25\text{E}+12$
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	注射	$1.11\text{E}+09$ (30mCi)	40 人次/天	$4.44\text{E}+10$	$4.44\text{E}+07$	250	$1.11\text{E}+13$
	^{131}I	口服	$3.70\text{E}+08$ (10mCi)	20 人次/天	$7.40\text{E}+09$	$7.40\text{E}+08$	50	$3.70\text{E}+11$
	^{89}Sr	注射	$1.48\text{E}+08$ (4mCi)	10 人次/天	$1.48\text{E}+09$	$1.48\text{E}+08$	50	$7.40\text{E}+10$
合计						$9.69\text{E}+08$	--	$2.08\text{E}+13$

注：¹⁾ 由于 ^{18}F 核素的半衰期较短，综合考虑衰变及人员数量，本次评价计划日最大操作量，取受检者使用量的 5 倍进行保守计算； ^{131}I （甲亢治疗）、 ^{89}Sr 患者每周开展 1 天；

²⁾放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量 (Bq) 与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商，乙级工作场所日等效最大操作量范围为 $2\text{E}+07 \sim 4\text{E}+09\text{Bq}$ 。

表 1.4-3 本项目射线装置情况

装置名称	射线装置类别	型号	数量	参数	使用场所
医用电子直线加速器	II类	待定	1 台	X 射线能量：6MV、6MV（FFF）； 普通模式最高剂量率：600cGy/min； FFF 模式最高剂量率：1400cGy/min； 具有电子线，能量档位：6MeV、9MeV、12MeV； 主射束夹角：28°； 等中心最大照射野：40×40cm； 等中心距地面高度：1295mm； 机头泄漏率：0.1%	淮滨院区医技后勤综合楼一层北部放疗科加速器机房
模拟定位 CT	III类	待定	1 台	最大管电压：150kV	淮滨院区医技后勤综合楼一层北部放疗科模拟定位 CT 机房
PET/CT	III类	待定	1 台	最大管电压：150kV	淮滨院区医技后勤综合楼一层西北部核医学科 PET/CT 机房
SPECT/CT	III类	待定	1 台	最大管电压：150kV	淮滨院区医技后勤综合楼一层西北部核医学科 SPECT/CT 机房
数字减影血管造影机（DSA）	II类	待定	2 台	最大管电压：125kV；最大管电流：1000mA。	淮滨院区医技后勤综合楼三层南部介入科 DSA1、2 手术室

1.5 项目劳动定员

建设单位已开展核技术利用项目多年，拟为本项目配备辐射工作人员 20 名，其中，放射治疗工作人员 6 名、核医学工作人员 9 名、介入放射学工作人员 5 名，采取以老带新、梯队培养的人员配置方案，人员名单未定，建设单位拟在人员确定后组织其在生态环境部辐射与防护培训平台进行培训，确保辐射工作人员取得合格成绩单后方可上岗。

1.6 项目选址及周边环境概述

1.6.1 地理位置及周边环境

信阳市中心医院淮滨院区位于信阳市淮滨县淮河大道北侧、康隆路西侧，医院南侧为淮河大道，隔淮河大道为淮滨县消防大队及在建小区；东侧为康隆路，隔康隆路为在建淮滨县新时代学校，北侧为朝阳街；西侧为规划文德路（现状为农田）。该院区共分两期进行建设，南半侧为一期工程，北半侧为一期工程，本项目位于一期工程占地范围

内，二期占地范围内及西侧涉及部分藏庄村民暂未拆迁，规划二期工程建设前拟进行拆迁。

本项目所在医技后勤综合楼医技部分地上共三层，地下共一层，其中，放疗科加速器机房下层无建筑。医技后勤综合楼北侧为院内道路，隔路为二期门诊综合楼、垃圾站及污水处理站，东侧为院内道路、地上非机动车停车场、门诊医技楼、疗养中心及绿化空地，南侧为院内道路，隔路为变配电室及空调机以及门诊综合楼，西侧为院内绿化、车库出入口及院内道路。建设单位淮滨院区地理位置见图 1.6-1。建设单位总平面布局图见图 1.6-2。

本项目放疗科位于医技后勤综合楼医技部分一层北部，核医学科位于医技后勤综合楼一层西北部，介入手术室位于医技后勤综合楼三层南部，医技后勤综合楼北侧及南侧均为院内道路，东侧北部为院内道路，东侧南部为绿化，西侧为绿化及地下车库出入口，隔绿化为院内道路。

本项目拟建辐射场所周边 50m 范围内为医院内部区域及西侧规划文德路（现状为农田）农田部分，本次评价将各辐射工作场所视为整体，根据图 1.6-3 可知，本项目辐射工作场所北距垃圾站及污水处理站 15m、距二期门诊综合楼 20m，东南距变配电室 30m，南距门诊综合楼 30m，西距规划文德路 26m。建设单位周边关系图见图 1.6-3。

1.6.2 平面布局

本项目放疗科位于医技后勤综合楼一层北部，设有 1 间加速器机房、1 间模拟定位 CT 机房。放疗科北侧为院内道路，西侧为内庭院，南侧及东侧为医技后勤综合楼内医疗街；放疗科医用电子直线加速器机房上层为三层会议室，其他区域上层为二层输血科，加速器机房下层为土层，其他区域下层为地下停车场区域。

核医学科位于医技后勤综合楼一层西北部，核医学工作场所拟设储源室、分装质控注射室、 ^{131}I 分装室、 ^{131}I 服药室、PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室、运动负荷兼应急抢救室、放射性废物间、清洁间等功能用房，核医学科北侧为院内道路，西侧为室外绿化，南侧为医技后勤综合楼内医疗街，东侧为内庭院，上层为超声科，下层为地下车库及衰变池；。

介入手术室位于医技后勤综合楼三层南部，设有 2 间 DSA 机房。DSA1、DSA2 手术室均位于医技后勤综合楼三层南部，DSA 手术室区域北侧为腔镜中心，西侧及南侧临空，东侧为医疗街，上层为“人”字型屋顶（人员不可达），下层为检验科。各机房四邻关系见表 1.6-1 及图 1.6-4~1.6-10。



图 1.6-1 建设单位地理位置图



表 1.6-1 本项目各机房规划四周情况

机房名称	上层	下层	北侧	西侧	南侧	东侧	迷路情况	主屏蔽墙
医技后勤综合楼一层北部放疗科								
加速器 机房	会议室	土层	院内道路	一层/二层 楼梯间、走 廊	一层走廊、控制 室、辅助机房、水 冷机房、二层走 廊、医生办公室	一层/二 层医疗街	南侧设置 “L 型”迷 路	东墙、西 墙、顶棚
模拟定位 CT 机房	治疗区、资料 室、清洁区、 洁具间	地下车库	控制室、弱电 间	卫生间、缓 冲间	质控室、模具制作 室	医疗街	--	--
医技后勤综合楼一层西北部核医学科								
储源室	登记室	地下车库	分装质控注射 室	¹³¹ I 分装室	预约登记室	放射性废 物间	--	--
分装质控注 射室	超声室、心电 室、肌电室登 记室	地下车库	运动负荷兼应 急抢救室、工 作人员缓冲间	受注射区	¹³¹ I 分装室、储源 室、放射性废物间	监督区走 廊	--	--
受注射区	超声室	地下车库	运动负荷兼应 急抢救室	患者走廊	¹³¹ I 服药室	分装质控 注射室	--	--
¹³¹ I 分装室	登记室、超声 室	地下车库	分装质控注射 室	服药间	预约登记室	储源室	--	--
放射性废物 间	登记室	地下车库	分装质控注射 室	储源室	预约登记室	监督区走 廊	--	--
¹³¹ I 服药室	超声室	地下车库	受注射区	监督区走 廊	准备间	¹³¹ I 分装 室	--	--
SPECT/CT 注射后候诊 室	超声室	地下车库	SPECT/CT 留 观室	室外绿化	敷贴储源室、敷贴 治疗室	患者走廊	--	--
SPECT/CT 机房	超声室、平板 运动室、直立 检查室、准备 室、医护走廊、 主任办公室、 观察室	地下车库	控制室	患者走廊	运动负荷兼应急 抢救室、缓冲间	监督区走 廊	--	--
SPECT/CT 留观室	污物暂存洁具 间、超声室	地下车库	PET/CT 注射 后候诊室、清 洁间	室外绿化	SPECT/CT 注射 后候诊室	患者走廊	--	--
PET/CT 注 射后候诊室	超声室	地下车库	PET/CT 留观 室	室外绿化	SPECT/CT 留观 室、清洁间	患者走廊	--	--

表 1.6-1 本项目各机房规划四周情况

机房名称	上层	下层	北侧	西侧	南侧	东侧	迷路情况	主屏蔽墙
PET/CT 机房	无菌物品间、 医护走廊、更衣室、医生办公室	衰变池、地下车库	甲亢留观室、 PET 设备间	患者走廊	控制室	监督区走廊	--	--
PET/CT 留观室	超声室	地下车库	楼梯间、患者走廊	室外绿化	PET/CT 注射后候诊室	患者走廊	--	--
甲亢留观室	医生办公室	衰变池	院内道路	患者走廊	PET/CT 机房	监督区走廊	--	--
运动负荷兼 应急抢救室	超声室、动态 心电图室	地下车库	SPECT/CT 机房	患者走廊	分装质控注射室、 受注射区	工作人员 缓冲间	--	--
医技后勤综合楼三层南部介入手术室								
DSA1 手术室	“人字形”屋顶（人员不可达）	结核室、真菌室、缓冲区、 准备间、库房	洁净走廊	控制室、设备间	污物走廊	走廊	--	--
DSA2 手术室	“人字形”屋顶（人员不可达）	样本制备间、 扩增区、高温 消毒间、PCR 实验区、缓冲区、 试剂储存 准备间	洁净走廊	铅衣存放 间、铅衣清 洗间	污物走廊	控制室、 设备间	--	--

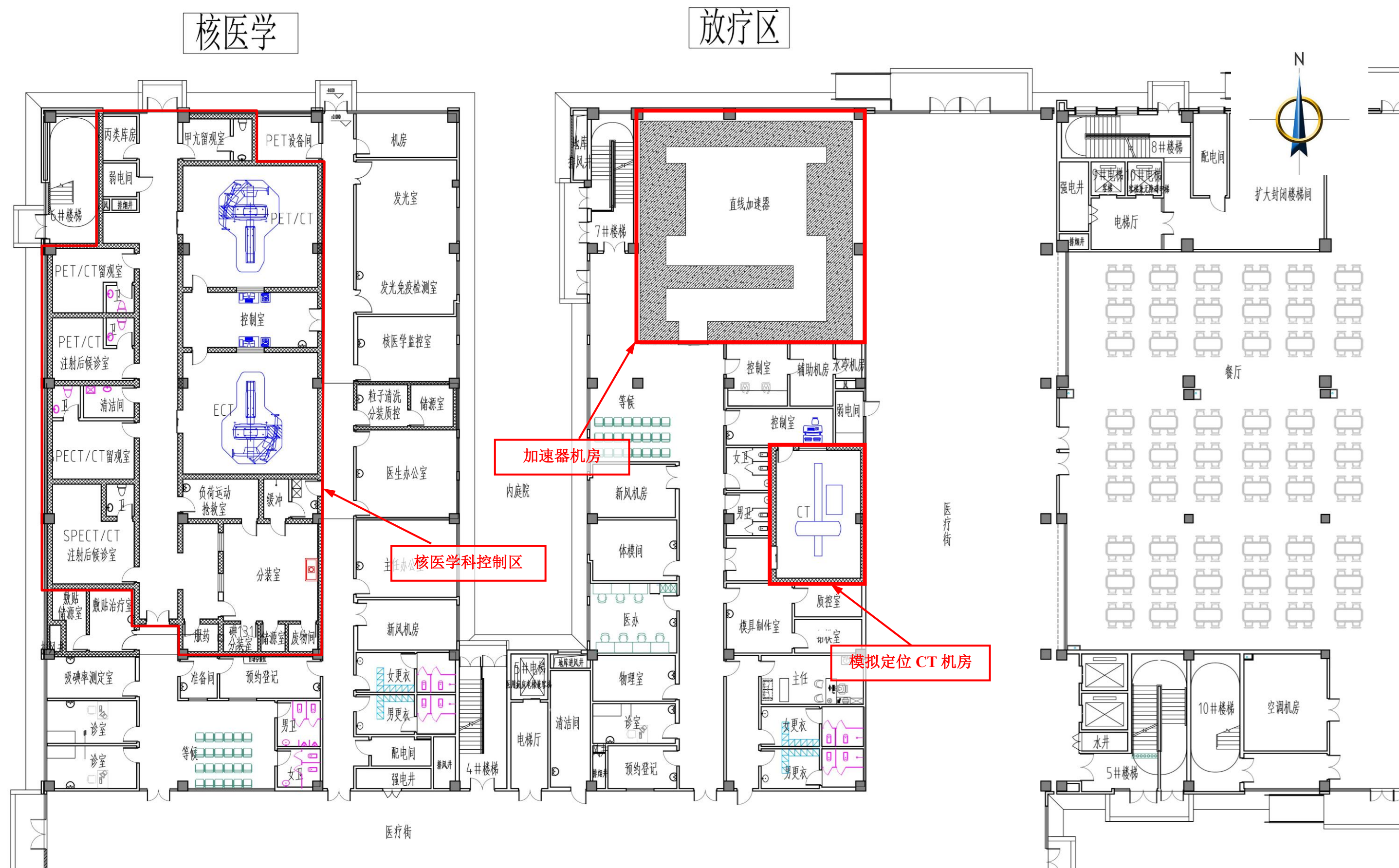


图 1.6-5 医技后勤综合楼一层北部示意图

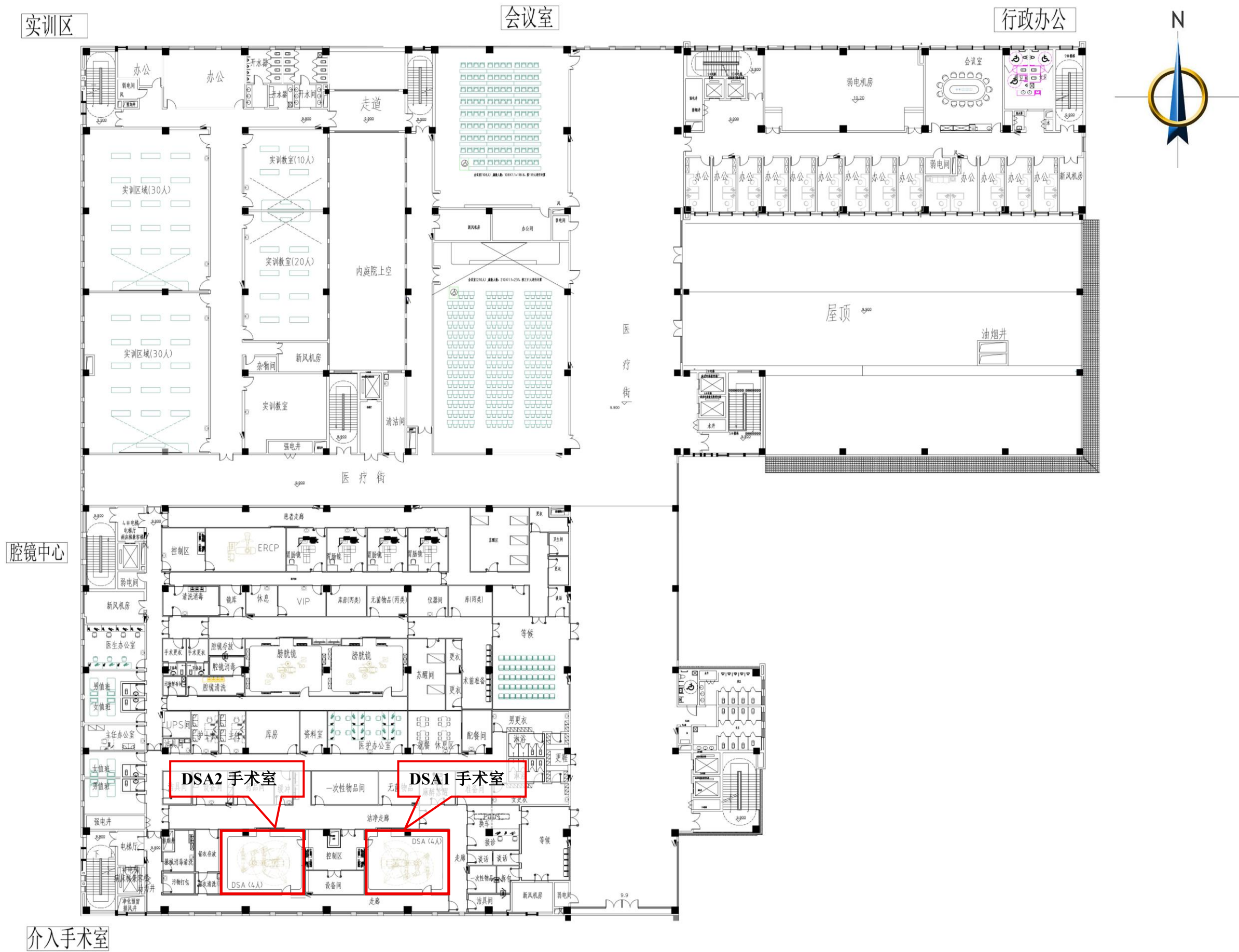


图 1.6-6 医技后勤综合楼三层示意图



图 1.6-7 医技后勤综合楼三层南部示意图



图 1.6-8 医技后勤综合楼二层示意图

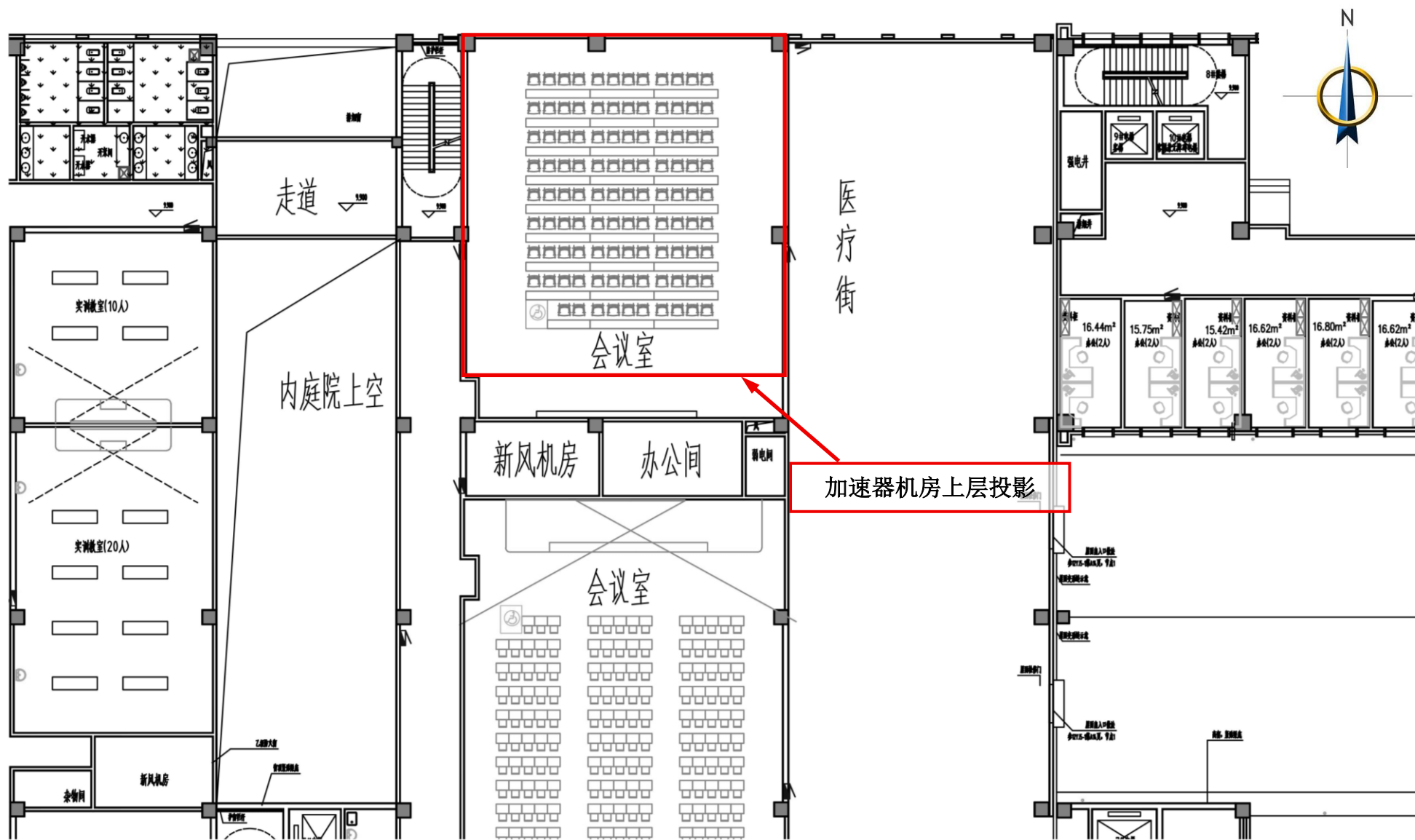


图 1.6-9 医技后勤综合楼三层北部示意图



图 1.6-10 医技后勤综合楼地下一层北部示意图

1.6.3 选址合理性分析

(1) 放射治疗工作场所选址合理性分析

本项目拟在医技后勤综合楼一层北部放疗科设有 1 间加速器机房、1 间模拟定位 CT 机房，辐射工作场所周围 50m 范围内无居民区、学校、儿科病房、产房及人员流动性大的商业活动区等环境敏感目标，对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），本项目放射诊疗工作场所选址合理性分析见表 1.6-2。

表 1.6-2 本项目放射治疗场所选址及布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	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。	本项目放疗科加速器机房拟设置在医技后勤综合楼一层北部，加速器机房下层为土层，上层为会议室，	合理
	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。	未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。加速器机房周边无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区及人员流动性大的商业活动区域。	合理

综上所述，本项目放射治疗工作场所选址合理。

(2) 核医学工作场所选址合理性分析

本项目核医学科位于医技后勤综合楼一层西北部，辐射工作场所周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），本项目选址合理性分析见表 1.6-3。

表 1.6-3 本项目核医学工作场所选址合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。	本项目核医学科位于医技后勤综合楼一层西北部，拟设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。本项目核医学工作场所未毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并与非放射性工作场所有明确的分界隔离。且本项目核医学高活区域相对集中主要位于核医学科南部，设置单独的出入口，出口位于核医学科北部，与北侧室外道路相接，未设置在人群稠密区域。	合理
	5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。		合理

续表 1.6-3 本项目核医学工作场所选址合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《核医学放射防护要求》 (GBZ120-2020)	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。	本项目核医学工作场所未毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区,并与非放射性工作场所有明确的分界隔离。且本项目核医学高活区域相对集中主要位于核医学科南部,设置单独的出入口,出口位于核医学科北部,与北侧室外道路相接,未设置在人群稠密区域。	合理

综上分析,本项目选址符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)、《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中相关要求。

(3) 介入放射学工作场所选址合理性分析

本项目在医技后勤综合楼三层南部介入手术室设有 2 间 DSA 手术室,各 DSA 手术室未设置在商业楼、写字楼内,各 DSA 手术室的邻室(含楼上和楼下)不涉及儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区,且各 DSA 手术室的均采取了有效的屏蔽措施,充分考虑了周围场所的人员辐射安全与防护,通过环境影响分析对周围环境的影响是可接受的。综上分析,本项目 DSA 诊疗工作场所选址合理。

1.6.4 平面布局合理性分析

(1) 放射治疗工作场所

本项目放射治疗工作场所平面布局合理性分析见表 1.6-4。

表 1.6-4 本项目放射治疗场所平面布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)	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,凡是可与治疗设备分离的,尽可能设置于治疗机房外。	本项目各放射治疗机房控制室与治疗机房分开设置,辅助机房也设置于治疗机房外。	合理
	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。	本项目直接与加速器治疗机房相连的控制室、医生办公室等居留因子较大的用室未在有用线束照射方范围内。	合理

续表 1.6-4 本项目放射治疗场所平面布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)	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，根据场所空间和条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目直线加速器机房设置有迷路。	合理

综上分析，本项目放射治疗工作场所平面布局合理。

(2) 核医学工作场所

本项目核医学工作场所平面布局合理性分析见表 1.6-5。

表 1.6-5 本项目核医学场所平面布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	本项目采用的核素治疗周期较短，患者注射留观无异常后即可出院，不涉及住院治疗场所。本项目已根据诊疗流程针对各功能区域进行合理布局，控制区相对集中，高活室集中在东南侧，防止交叉感染。设计中已尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。	合理
	5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。	本项目核医学工作场所拟在时间和空间上设置相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道在设计中已尽可能短捷。	合理

续表 1.6-5 本项目核医学场所平面布局合理性分析一览表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否合理
《核医学辐射防护与安全要求》 (HJ1188-2021)	5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。	本项目核医学工作区设置有物理边界，用以控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的入口处设计有工作人员卫生通过间，卫生通过间内设计有更衣柜、淋浴间、洗手池等，为工作人员提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。本项目采用的核素治疗周期较短，患者注射留观无异常后即可出院，不涉及住院治疗场所。本项目控制区内拟为注射后候诊室及留观室设计有给药后患者的专用卫生间。	合理

综上分析，本项目平面布局符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关要求。

（3）介入放射学工作场所

本项目各 DSA 手术室内 DSA 均设置单独的检查室，DSA1、DSA2 共用一个控制室，控制室与检查室之间设有观察窗，工作人员可在控制室通过观察窗观察受检者状态。各手术室内均尽可能避免 X 射线有用设想方向朝向门、窗、管线口和工作人员操作位，经分析，各手术室出入口均处于辐射较低水平。综上分析，本项目介入放射学工作场所平面布局合理。

1.6.5 项目环境保护目标

根据项目周边环境关系情况可见，拟建核辐射场所周边 50m 范围内主要为医院内部区域及医院外西侧农田（见图 1.6-3），因此，本项目环境保护目标主要为评价范围内的辐射工作人员、医院内活动的医患人员、西侧农田劳作人员等，具体见表 7.2-1。

1.7 产业政策符合性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目的建设属于其中第一类“鼓励类”第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，

高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”。本项目建设符合国家产业政策。

1.8 实践的正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3辐射防护要求”，“4.3.1实践的正当性4.3.1.1对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。”

信阳市中心医院淮滨院区地理位置优越，病人能够就近治疗；核技术的应用，有其他技术无法替代的特点，在延缓病情、保证病人健康、挽救病人生命方面能起到十分重要的作用。本项目的应用将为病人提供一个优越的诊疗环境，提高人民生活质量，具有明显的社会效益；同时将提高医院的档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，在保证病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的应用对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要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）中关于辐射防护“医疗实践正当性”的要求。

1.9 原有核技术应用项目许可情况

信阳市中心医院现已取得河南省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，证书编号：豫环辐证[10211]，种类和范围：使用V类放射源；使用II类、III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。发证日期为2025年08月27日，有效期至2027年12月02日。建设单位辐射安全许可证详见附件3，已许可的内容见表1.9-1、1.9-2、1.9-3。

表 1.9-1 已获许可的放射源一览表（豫环辐证[10211]）

序号	核素	类别	总活度（贝可）/ 活度（贝可）×枚数	活动种 类	辐射活动场所名称	环评批复情况	验收批复 情况
1	Ge-68	V 类	1.11E+8×1	使用	东院区 PET-CT	20224115000100000013	
2	Ge-68	V 类	4.6E+7×2	使用			
3	Sr-90	V 类	1.48E+9×1	使用	西院区核医学科	豫环辐表 [2011]15 号	豫环辐验 [2013]2 号

表 1.9-2 已获许可的非密封放射性物质一览表（豫环辐证[10211]）

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	日等效最大操作量(贝可)	年最大用量(贝可)	活动种类	环评批复情况	验收批复情况
1	浉河院区 8 号楼四楼核医学科	丙级	Sr-89	1.48E+8	7.4E+8	使用	豫环辐表[2011]15 号	豫环辐验[2013]2 号
2			I-125 (粒子源)	1.48E+9	1.07E+12	使用	豫环辐表[2014]82 号	2019 年 8 月自主验收
3			I-125	3.7E+7	3.33E+7	使用	豫环辐表[2006]99 号	豫环辐验[2013]2 号
4	浉河院区 8 号楼四楼核医学科	乙级	F-18	3.7E+7	4.44E+11	使用	豫环辐表[2011]54 号	豫环辐验[2013]2 号
5			Tc-99m	1.11E+8	1.07E+12	使用	豫环辐表[2014]82 号	2019 年 8 月自主验收
6			I-131	7.4E+8	3.552E+11	使用		
7	羊山院区核医学科	乙级	F-18	1.11E+7	2.22E+12	使用	豫环审[2022]35 号	正在进行竣工环保验收
8			I-125 (粒子源)	1.19E+8	2.37E+12	使用		
9			I-131	1.67E+9	3.34E+12	使用		
10			Mo-99	1.85E+7	3.7E+12	使用		
11			P-32	1.85E+8	3.7E+11	使用		
12			Sr-89	7.4E+7	1.48E+11	使用		
13			Tc-99m	1.67E+7	3.33E+12	使用		

表 1.9-3 已获许可的射线装置一览表（豫环辐证[10211]）

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环评批复情况	验收批复情况
1	口腔 X 线机	Kavo3DeXam	III类	浉河院区 5 号楼 6 楼 CT 室	信环备 008 号	已通过竣工环保验收
2	64 排 CT	DefintionAS128	III类	浉河院区 8 号楼 1 楼 CT 室	信环审登表[2013]1303	2014 年 5 月通过验收
3	16 排 CT	MX16-Slice	III类	浉河院区 2 号楼 1 楼 CT 室	信环辐审[2016]3 号	
4	CT	BrillianceiCT	III类	羊山院区病房楼六楼 B 区重症监护室	20234115000100000009	
5	移动 DR	MobiEye 750	III 类	羊山院区住院楼二楼急诊 EICU		
6	移动 DR	MobiEye 700	III类			

续表 1.9-3 已获许可的射线装置一览表（豫环辐证[10211]）

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环评批复情况	验收批复情况
7	DR	DRX-ComPassA	Ⅲ类	羊山院区门诊七楼健康管理科	20234115000100000009	
8	64 排 CT	SOMATOMgo.TOP	Ⅲ类	羊山院区门诊楼一楼急诊科	20234115000100000009	
9	DR	YSio Max	Ⅲ类			
10	DSA	Artis Q ceiling	Ⅱ类	羊山院区门诊楼四楼 D 区	豫环审[2022] 35 号	2024 年 1 月自主验收
11	DSA	Discovery IGS 7	Ⅱ类			
12	DSA	Azurion7M20	Ⅱ类			
13	乳腺 DR	GIOTTO IMAGE 3D	Ⅲ类	羊山院区门诊七楼健康管理科	20234115000100000009	
14	乳腺 DR	GIOTTO CLASS	Ⅲ类	羊山院区门诊楼一楼 D 区	20234115000100000009	
15	数字胃肠机	Luminoe DRF Max	Ⅲ类			
16	数字胃肠机	Luminoe DRF Max	Ⅲ类			
17	256 排 CT	Revolution CT	Ⅲ类	羊山院区门诊一楼 D 区医学影像科	20234115000100000009	
18	80 排 CT	UCT 780	Ⅲ类			
19	64 排 CT	SOMATOMgo.TOP	Ⅲ类			
20	64 排 CT	SOMATOMgo.TOP	Ⅲ类			
21	移动 C 形臂	uMc 560i	Ⅲ类	羊山院区门诊五楼手术室	20234115000100000009	
22	移动 C 形臂	uMc 560i	Ⅲ类			
23	移动 C 形臂	uMc 560i	Ⅲ类			
24	移动 DR	MobiEye 700	Ⅲ类	羊山院区住院楼三楼 ICU	20234115000100000009	
25	8 排 CT	NL3000	Ⅲ类			
26	直线加速器	Synergy	Ⅱ类	浉河院区 16 号楼 1 楼放疗科	豫环审 [2017]258 号	2019 年 8 月自主验收
27	直线加速器	BJ-6B/400	Ⅱ类		豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
28	移动 X 线机	MobiletMiraMax	Ⅲ类	浉河院区 2 号楼 12 楼 NICU		
29	数字胃肠机	Luminos DRF Max	Ⅲ类	浉河院区 8 号楼 2 楼放射科	202141150200000044	
30	乳腺 X 射线机	GIOTTO IMAGE 3D	Ⅲ类	浉河院区 16 号楼 2 楼放疗科	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
31	模拟定位机	BMD-2	Ⅲ类			
32	SPECT-CT	Symbia Intcevo Bold	Ⅲ类	浉河院区 8 号楼 4 楼核医学科	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
33	DSA	Aluraxper fD20	Ⅱ类	浉河院区 8 号楼 3 楼介入手术室	豫环辐表 [2014]82 号	2018 年 11 月自主验收

续表 1.9-3 已获许可的射线装置一览表（豫环辐证[10211]）

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环评批复情况	验收批复情况
34	DSA	Azurion 7M20	II 类	沭河院区 8 号楼 3 楼介入手术室	信环审[2021] 47 号	2022 年 1 月自主验收
35	DSA	ArtisQCeiling	II 类		豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
36	碎石机	HB.ESWL-VG	III类	沭河院区 16 号楼 1 楼泌尿外科		
37	骨密度仪	LunariDXA	III类	沭河院区 5 号楼 2 楼内分泌科	201741150200000010	
38	双板 DR	AXIOMaristosMX	III类	沭河院区 8 号楼 2 楼放射科	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
39	移动 C 形臂	ARCADISOrbic	III类	沭河院区 1 号楼 3 楼手术室	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
40	移动 DR	uDR 370i	III类	沭河院区 1 号楼 9 楼 ICU		
41	移动 X 线机	IME-100L	III类	沭河院区 2 号楼 3 楼 RICU		
42	16 排 CT	RevolutionACT	III类	沭河院区 2 号楼与 9 号楼之间 CT 室	豫环辐表 [2011]54 号	豫环辐验 [2013]2 号
43	DR	PLX8500C	III类	沭河院区 5 号楼 6 楼健康管理科	信环审登报 [2013]1306	2014 年 5 月通过验收
44	牙片机	CS2100	III类	沭河院区 5 号楼 6 楼口腔科	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
45	移动 DR	MobiEye	III类	沭河院区 7 号楼 1 楼发热门诊	豫环辐表 [2011]15 号	豫环辐验 [2013]2 号
46	64 排 CT	uCT 760	III类	沭河院区 8 号楼 1 楼 CT 室	豫环辐表（2006）99 号	豫环辐验 [2013]2 号
47	口腔全景机	CS8100SC	III类	沭河院区 8 号楼 2 楼 6 号机房	豫环辐表 [2011]15 号	豫环辐验 [2013]2 号
48	数字胃肠机	D-VISIONPLUS 50	III类	沭河院区 8 号楼 2 楼放射科		
49	单板 DR	DRX-Evolution	III类	楼放射科		
50	DSA	Azurion 3M15	II类	淮滨院区门诊综合楼二层东北部 DSA 手术室	信环审[2024] 17 号	2024 年 11 月自主验收
51	移动 C 形臂	OEC One	III类	淮滨院区门诊综合楼五层东北侧手术间（4）	202441152700000110	

续表 1.9-3 已获许可的射线装置一览表（豫环辐证[10211]）

序号	装置名称	规格型号	类别	场所	环评批复情况		验收批复情况
52	CT	Revolution ApexExpert	Ⅲ类	淮滨院区门诊综合楼一层西侧CT机房	202441152700000110		
53	DR	NeuVision 810	Ⅲ类	淮滨院区门诊综合楼一层西侧DR 机房	202441152700000110		
54	乳腺 X 射线机	MammomatFusion	Ⅲ类	淮滨院区门诊综合楼一层西侧钼靶机房	202441152700000110		
55	PET-CT	Biograph Vision 450	Ⅲ类	羊山院区核医学科	豫环审[2022]35 号	正在进行竣工环保验收	
56	SPECT-CT	Symbia Intevo Bold	Ⅲ类				
57	骨密度仪	AKDX-16H	Ⅲ类	羊山院区门诊二楼骨密度室	20244115000100000026		
58	骨密度仪	AKDX-16H	Ⅲ类	羊山院区门诊七楼健康管理科			
59	骨密度仪	SGY-II	Ⅲ类				
60	DR	YSio Max	Ⅲ类	羊山院区门诊楼一楼 D 区	20234115000100000009		
61	DR	YSio Max	Ⅲ类	羊山院区门诊楼一楼 D 区医学影像科 DR10	20234115000100000009		
62	32 排 CT	SOMATOM Confidence	Ⅲ类	羊山院区门诊医	20254115000100000030		
63	DSA	Aatis Pheno	Ⅱ 类	技楼 5 层 D 区复合手术室	豫环审[2023]29 号	正在进行竣工环保验收	
64	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	CS9300	Ⅲ类	羊山院区门诊医技楼 5 楼 E 区口腔科	20254115000100000030		
65	牙科 X 射线机	CS2100	Ⅲ类				
66	大孔径多排螺旋 CT 模拟定位机	Philips CT Big Bore	Ⅲ类	羊山院区门诊医技楼地下 2 层放疗中心	20254115000100000030		
67	直线加速器（tomo 刀）	TOMOH	Ⅱ 类				
					豫环审[2022]35 号	正在进行竣工环保验收	

建设单位现有核技术利用项目均已按照相关法律法规履行了相应的环保手续，各射线装置项目环保手续齐全。

1.10 现有核技术利用项目管理情况

建设单位现有核技术应用项目管理情况如下：

(1) 建设单位各辐射工作场所均采取了相应的辐射屏蔽墙体、铅防护门、铅玻璃窗等，根据建设单位现有监测结果，各辐射工作场所屏蔽措施的屏蔽效果均可满足相关要求。

(2) 建设单位已成立了辐射安全与防护管理小组，并制定了一系列的辐射工作管理制度如下：《辐射安全管理制度》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射安全和防护设施维护与维修制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员培训/再培训管理制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射环境与防护监测方案》《监测仪表使用与校验管理制度》《放射性同位素、放射源与射线装置台账管理制度》《核医学科患者及其家属防护制度》《核医学“三废”管理制度》《核医学“三废”处理方案》《核医学表面污染监测制度》《放射性药物操作防护要求》《核医学工作场所分区管理制度》《DSA 操作规程》《防止误操作、防止工作人员和公众收到意外照射的安全措施》等。建设单位现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度能满足建设单位现有核技术利用项目管理需要。建设单位应严格落实各项规章制度，目前各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好。淮滨院区拟沿用现有制度，现有制度涵盖淮滨院区拟开展的核技术利用范围，可满足要求。

(3) 建设单位现有辐射工作人员均已进行辐射安全与防护培训，工作人员佩戴有个人剂量计，定期进行了检测，建立有个人剂量档案；定期进行了体检，并建立了职业健康档案。淮滨院区辐射工作人员尚未确定，待人员确定后应及时组织新增辐射工作人员进行辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗，并做好岗前、岗中体检，建立职业健康档案。

(4) 现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、警示线和工作状态指示灯及其他相应的防护设施等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(5) 建设单位每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，建设单位现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

(6) 建设单位已制定《信阳市中心医院辐射事故应急处理预案》，针对淮滨院区，建设单位建立了淮滨院区应急管理机构，并结合淮滨院区应急管理机构人员及淮滨县主管行政单位情况制定了《信阳市中心医院淮滨院区辐射事故应急预案》，内容包含了辐射事故应急处理机构、辐射事故等级划分、辐射事故应急响应、应急处理程序、事故防范措施、应急保障措施、应急培训与应急演练等方面内容，内容较全面，符合有关规定。

(7) 建设单位开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故（件），也无环保投诉情况。

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
1	⁶⁸ Ge	1.11E+08×1、 4.63E+07×2	V 类	使用	校准源	淮滨院区医技后勤综合楼一 层核医学科 PET/CT 机房	置于铅罐中贮存于淮滨院区医技后勤 综合楼一层西北部核医学科储源室	新购
2	⁵⁷ Co	1.36E+08×2	V 类	使用	校准源	淮滨院区医技后勤综合楼一 层核医学科 SPECT/CT 机房	置于铅罐中贮存于淮滨院区医技后勤 综合楼一层西北部核医学科储源室	新购

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
1	¹⁸ F	液态,低毒,半衰期 109.8min	使用	3.70E+10	3.70E+07	9.25E+12	PET 诊断	很简单操作	淮滨院区医 技后勤综合 楼一层西北 部核医学科	储源室贮存
2	^{99m} Tc	液态,低毒,半衰期 6.02h	使用	4.44E+10	4.44E+07	1.11E+13	SPECT 诊断	很简单操作		储源室贮存
3	¹³¹ I	液态,中毒,半衰期 8.02d	使用	7.40E+09	7.40E+08	3.70E+11	甲亢治疗	简单操作		储源室贮存
4	⁸⁹ Sr	液态,中毒,半衰期 50.53d	使用	1.48E+09	1.48E+08	7.40E+10	转移性骨肿瘤 治疗	简单操作		储源室贮存
合计					9.69E+08	2.08E+13	--	--	--	--

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》（GB 18871-2002）。

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	装置名称	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	直线加速器	II	1 台	待定	电子	X 射线能量：6MV、6MV (FFF) 电子线：6MeV、9MeV、 12MeV	普通模式等中心最高剂量率： 600cGy/min FFF 模式等中心最高剂量率： 1400cGy/min	放射 治疗	淮滨院区医技后勤综 合楼一层北部放疗科 加速器机房	新增

(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	装置名称	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
1	模拟定位 CT	III类	1 台	待定	150	待定	模拟定位	淮滨院区医技后勤综合楼一层北部 放疗科模拟定位 CT 机房	新增
2	PET/CT	III类	1 台	待定	150	待定	PET/CT 显像 检查	淮滨院区医技后勤综合楼一层西北 部核医学科 PET/CT 机房	新增
3	SPECT/CT	III类	1 台	待定	150	待定	SPECT/CT 显像检查	淮滨院区医技后勤综合楼一层西北 部核医学科 SPECT/CT 机房	新增
4	数字减影血管造 影机 (DSA1)	II 类	1 台	待定	125	1000	介入诊断治疗	淮滨院区医技后勤综合楼三层南部 DSA2 手术室	新增
5	数字减影血管造 影机 (DSA2)	II 类	1 台	待定	125	1000	介入诊断治疗	淮滨院区医技后勤综合楼三层南部 DSA2 手术室	新增

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名称	类 别	数 量	型 号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	--	--	少量	少量	--	不暂存	通过新风系统排入外环境，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。
放射性废气	气态	^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr	--	少量	少量	--	不暂存	拟在核医学科共拟设置 3 套排风管道，各排风管道排至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放，排风口拟设置活性炭过滤装置（每年更换一次，运行后更换频次根据实际监测结果进行调整）。
放射性废水	液态	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I	--	23.92m ³	287.04m ³	--	核医学科下层衰变池内	采用推流式衰变池进行衰变处理后排放至医院污水处理站进一步处理，然后排入城市污水管网，每年定期对衰变池中的放射性废液进行监测。
退役放射源	固态	^{68}Ge 、 ^{57}Co	--	放射源服务期满退役更换放射源时才会产生		--	不暂存	由放射源厂家回收处置；如因放射源厂家不能回收的，交由有资质单位回收处置。
放射性固体废物		^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr	--	89.6kg		1.075t	--	含 ^{18}F 的放射性固体废物暂存超过 30 天，含 ^{131}I 的放射性固体废物暂存超过 180 天，含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
								0.8Bq/cm ² 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，由有资质单位统一回收处理，不外排。
医疗废物	固态	--	--	0.1t	1.2t	--	医疗废物暂存间	作为医疗废物集中进行处理。
废旧 X 射线管	固态	--	--	达到使用寿命或故障时产生		--	不暂存	厂家更换后直接回收

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》（2015 年 1 月 1 日起施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日起施行）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日起施行）； (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修订）； (5) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年 6 月 27 日修订）； (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日起施行）； (7) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； (8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日根据国务院令第 709 号第二次修改）； (10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行）； (11) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日修改）； (12) 《突发环境事件应急管理办法》（原环境保护部令第 34 号，2015 年 6 月 5 日起施行）； (13) 《突发事件应急预案管理办法》（国办法[2024]5 号，2024 年 1 月 31 日起施行）； (14) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）； (15) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 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》（环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日）； (17) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（中华人民共和国环境保护部，环办辐射函[2016]430 号）； (18) 《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，2019 年 12 月 24 日）；
------	--

	(19) 《河南省辐射污染防治条例》（2016 年 3 月 1 日起施行）； (20) 《放射性废物安全管理条例》（2012 年 3 月 1 日起施行）； (21) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (22) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 2023 年第 7 号，2024 年 2 月 1 日起施行。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (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) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）； (5) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (6) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）； (7) 《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）； (8) 《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）； (9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：γ 射线源放射治疗机房》（GBZ/T 201.3-2014）； (10) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； (11) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）； (12) 《操作非密封源的辐射防护规定》（GB11930-2010）； (13) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）； (14) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ 158-2003）。
其他	(1) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（2020 年版）》； (2) 《辐射防护手册 第三分册（辐射安全）》； (3) 环境影响评价委托书； (4) 信阳市中心医院提供的与本项目有关的各种资料和项目设计图纸； (5) 建设单位制定的各项辐射管理制度。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

参考《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）中对于报告书项目的评价范围规定“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”，结合本项目特点，确定评价范围为本项目各辐射工作场所实体屏蔽外 50m 的区域，具体评价范围示意图见图 1.6-3。

7.2 保护目标

辐射环境：根据项目周边环境关系情况可见，拟建核辐射场所周边 50m 范围内主要为医院内部区域及医院外西侧农田，因此，本项目环境保护目标主要为评价范围内的辐射工作人员、医院内活动的医护人员、患者、受检者、陪护人员及西侧农田劳作人员等。本项目辐射环境保护目标信息详见表 7.2-1。

表7.2-1 辐射环境保护目标一览表

位置描述	保护目标	方位及距离	规模
加速器机房、模拟定位 CT 机房控制室	职业人员	紧邻	6 人
DSA1、DSA2 手术室	职业人员	--	3 人
DSA1、DSA2 手术室控制室	职业人员	紧邻	2 人
分装质控注射室、 ¹³¹ I 分装室	职业人员	--	5 人
核医学科 PET/CT、SPECT/CT 控制室	职业人员	紧邻	4 人
医技后勤综合楼一层放疗科各功能室、办公室、设备机房医护人员、患者、受检者、陪护人员及医院其他工作人员	公众人员	周边 50m 范围内	流动人员
医技后勤综合楼楼内其他各功能区（住院大厅、办公室、病房、医护人员休息室、治疗室、仪器设备室、库房、设备机房等）医护人员、患者、受检者、陪护人员及医院其他工作人员	公众人员	上方 50m 范围内	流动人员
空调机组维护职工	公众人员	S 10m	2 人
变配电室维护职工	公众人员	SE 30m	2 人
门诊综合楼内北部各功能区医护人员、患者、受检者、陪护人员及医院其他工作人员	公众人员	S 30m	流动人员
二期门诊综合楼南部各功能区医护人员、患者、受检者、陪护人员及医院其他工作人员	公众人员	N 20m	流动人员
垃圾站、污水处理站职工	公众人员	N 15m	10 人
院内道路、停车场行人	公众人员	周边 50m 范围内	流动人员
西侧规划文德路行人	公众人员	W 26m	流动人员

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值 and 剂量约束值

(1) 剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目实践所引起的职业及公众照射量限值见表 7.3-1。

表 7.3-1 剂量限值相关要求一览表

序号	相关条款	具体内容
1	B1.1 职业照射	B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； b) 任何一年中的有效剂量，50mSv； c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv； d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv； e) 其中，对于年龄为 16 到 18 岁徒工或学生年有效剂量，6mSv。
2	B1.2 公众照射	B1.2.1 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： 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) 剂量约束值

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关规定，职业照射及公众照射的剂量约束值要求如下：

4.9 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；

4.9 b) 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关规定，职业照射及公众照射的剂量约束值要求如下：

4.4.2.1 一般情况下，职业照射的剂量约束值不超过 5mSv/a；

4.2.2.2 公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

(3) 管理及控制目标值

根据相关标准要求，结合医院实际，建设单位制定了相应的辐射工作场所周围剂量当量率控制目标值及介入诊断治疗相关人员的管理目标值，见附件 10。

1) 控制目标值

根据建设单位提供资料，机房外周围剂量当量率控制目标值设定为 2.5μSv/h。

2) 管理目标值

针对介入诊疗项目，对于职业人员，本项目取不超过 5mSv 作为年有效剂量管理目标值；对于公众，本项目取不超过 0.1mSv 作为年有效剂量管理目标值。

7.3.2 放射性表面污染控制水平

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 B11，对工作场所的放射性表面污染，应满足表 B11（表 7.3-2）的控制水平。

表 7.3-2 工作场所放射性表面污染控制水平（Bq/cm²）

表面类型		α 放射性物质		β 放射性物质
		极毒性	其他	
工作台、设备、 墙壁、地面	控制区 ¹⁾	4	4×10	4×10
	监督区	4×10 ⁻¹	4	4
工作服、手套、 工作鞋	控制区	4×10 ⁻¹	4×10 ⁻¹	4
	监督区			
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10 ⁻²	4×10 ⁻²	4×10 ⁻¹
1) 该区内的污染子区除外。				

7.3.2 放射治疗评价标准

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗一般要求如下：

7.3.2.1 一般要求

4.1 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗活动的辐射安全与防护全面负责，实现保护从事放射治疗相关辐射工作人员、公众健康与环境安全的目标。

4.2 从事放射治疗的医疗机构应建立健全辐射安全与防护管理体系，制定辐射安全与防护大纲，落实岗位职责及操作规程等管理制度。

4.3 从事放射治疗的医疗机构在规划、设计、建设放射治疗工作场所和开展放射治疗活动的过程中，应遵循实践的正当性、安全与防护的最优化、剂量限制和潜在照射危险限制，确保放射治疗涉及的辐射工作人员和公众受照剂量处于安全合理的水平。

4.4 从事放射治疗的医疗机构应根据放射治疗活动的潜在照射危害水平，根据纵深防御原则，设置相适应的多层防护与安全措施，确保当某一层级的防护措施失效时，可由下一层级的防护措施予以弥补或纠正，达到：

- a) 防止可能引起误照射的事故；
- b) 减轻事故的放射性后果；
- c) 将放射治疗设备恢复到安全状态。

4.5 构成放射治疗相关辐射工作场所安全联锁系统的物项应满足以下要求：

a) 应满足冗余性要求, 采用的物项应为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项, 保证运行过程中某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能;

b) 应满足多元性要求, 包括系统多元性和多重剂量监测, 采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等;

c) 应满足独立性要求, 当某一安全部件发生故障时, 不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用;

d) 应满足失效安全的要求, 当某一安全物项或部件出现故障时, 应确保放射治疗装置重新回到安全状态。

4.6 从事放射治疗的医疗机构应规范收集、妥善暂存和处理放射治疗活动中产生的放射性废物。

4.7 从事放射治疗的医疗机构应对放射治疗场所和周围环境进行定期的辐射监测和评估, 证明采取的辐射安全与防护措施的有效性。

4.10 开展放射治疗活动的医疗机构应制定相应的辐射事故应急预案, 做好辐射事故应急准备、应急演练和应急响应, 确保有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

7.3.2.2 选址、布局

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021), 放射治疗机房选址与布局要求如下:

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。

根据《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020), 放射治疗机房布局要求如下:

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。

7.3.2.3 辐射工作场所分区

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021), 控制区和监督区分区原则如下:

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）。

7.3.2.4 屏蔽要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关规定，本项目放射治疗工作场所机房屏蔽要求如下：

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。

7.3.2.5 工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）相关规定，本项目放射治疗工作场所机房屏蔽体外剂量率控制水平要求如下：

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 30 cm 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 30 cm 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（可依照表 7-2 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： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

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

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）。

表 7.3-3 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)		示例
	典型值	范围 ^a	
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。

7.3.2.6 辐射工作场所安全防护要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房安全设施和措施要求如下：

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；

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；

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。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第一部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007），放射治疗机房防护门安全设施和措施要求如下：

4.8.8 防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。

7.3.2.7 气态废物管理要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机房通风要求如下：

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。

8.4.2 质子/重离子加速器停机后，加速器大厅应加强通风排气，采取措施使人员延时进入，以降低活化空气的感生放射性水平，减少人员受照剂量。

7.3.2.8 放射性废物管理要求

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗机构放射性废物管理要求如下：

8.2.1 废旧放射源应按法律法规要求返回放射源生产厂家或原出口方。确定无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的单位收贮，并承担相关费用。

8.2.2.1 质子/重离子加速器、直线加速器等治疗装置在调试及运行过程中，如活化后的回旋加速器、准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件，在更换或退役时，应作为放射性固体废物处理，拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存，最终送交有资质的单位收贮。

8.2.2.3 建立放射性固体废物台账，存放及处置前进行监测，记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果（剂量当量率）、监测日期、去向等相关信息，低于清

洁解控水平的可作为一般固体废物处置，并做好存档记录。

7.3.2.9 辐射监测

(1) 放射治疗工作场所监测

9.2.1 应根据使用放射治疗设备种类、能量和使用方式配备相应的辐射监测设备，对辐射工作场所的辐射水平（X- γ 辐射周围剂量当量率、中子辐射周围剂量当量率等）进行监测。

9.2.2 应对放射治疗工作场所机房四周屏蔽墙外 30cm 处、顶棚、操作位、观察窗、防护门，以及其他关注处点开展 X- γ 辐射周围剂量当量率监测；中子源治疗装置、质子/重离子加速器治疗装置、大于 10MV 的 X 射线放射治疗设备还应对前述位置开展中子剂量当量率监测。

9.2.3 放射治疗设备安装调试阶段，应在最大工况下，由辐射工作人员进行全面的辐射监测，评估辐射安全状况，确保辐射水平达标。

(2) 环境监测

9.3.1 开展放射治疗相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所运行工况下周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

(3) 个人剂量监测

9.4.1 放射治疗工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。同时应根据射线类型选择合适的个人剂量计。临时工作人员、实习人员应纳入个人剂量监测范围。

9.4.2 个人剂量档案应妥善保存，监测数据异常时，应及时查明原因并报告生态环境主管部门。

7.3.3 核医学标准

7.3.3.1 放射性废物管理要求

7.3.3.1 一般要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.1：

4.1.2 医疗机构应对拟开展的核医学活动进行正当性判断，确保实施的活动都是正当的。

4.1.3 规划、设计、建设核医学工作场所和开展核医学活动的过程中，遵循辐射防护最优化原则，使得核医学活动涉及的相关个人受照剂量的大小、受到照射的人数和受到照射的可能性保持在可合理达到的尽量低的水平。

4.1.4 开展核医学活动的工作场所应实行分级管理。

4.1.5 开展核医学活动的辐射工作场所应划分出控制区和监督区，合理布局工作场所，规划好人流、物流、气流路径，妥善收集、暂存和处理核医学活动中产生的放射性废物。

4.1.6 医疗机构应对开展核医学活动的工作场所和周围环境进行定期的辐射监测和

评估，证明采取的辐射防护与安全措施的合理性。

4.1.7 开展核医学活动的医疗机构应制定恰当的辐射事故应急预案，做好辐射事故应急准备和响应工作安排，有效防范辐射事故或缓解辐射事故的后果。

7.3.3.2 工作场所分级

(1) 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，应按表 7.3-4 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。

表 7.3-4 非密封源工作场所的分级

级别	具体内容
甲	$>4 \times 10^9$
乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商。放射性核素的毒性组别修正因子及操作方式有关的修正因子分别见表 7.3-5 和表 7.3-6。

表 7.3-5 放射性核素毒性组别修正因子

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

表 7.3-6 操作方式与放射源状态修正因子

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

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.1：

核医学常用放射性核素的毒性与操作方式修正因子可参考附录 A，表 A.1 给出了核医学常用放射性核素毒性组别修正因子，表 A.2 给出了核医学常见放射性核素状态与操作方式修正因子。

表 7.3-7 放射性核素毒性组别修正因子

毒性组别	常用核素名称	毒性组别修正因子
高毒	^{90}Sr	1
中毒	^{22}Na 、 ^{32}P 、 ^{63}Ni 、 ^{67}Ga 、 ^{89}Sr 、 ^{90}Y 、 ^{99}Mo 、 ^{111}In 、 ^{125}I 、 ^{131}I 、 ^{153}Sm	0.1
低毒	^3H 、 ^{11}C 、 ^{11}CO 、 $^{11}\text{CO}_2$ 、 ^{14}CO 、 $^{14}\text{CO}_2$ 、 ^{18}F 、 ^{51}Cr 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 $^{111\text{m}}\text{In}$ 、 ^{123}I 、 ^{127}Xe 、 ^{133}Xe 、 ^{201}Tl	0.01

表 7.3-8 操作方式与放射性核素状态修正因子

活动类型	核素及状态	操作方式界定	操作方式修正因子
发生器淋洗	母体（液态）	贮存	100
	子体（液态）	简单操作	1
医疗机构使用	^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ （液态）	很简单操作	10
	^{125}I 籽源（固态）	很简单操作	100
放射性药品生产	分装、标记（液体）	简单操作	1
	分装、标记（固体）	简单操作	10
核素治疗	^{131}I （液态）	简单操作	1

7.3.3.3 工作场所分区

（1）根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 6.4：

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。

(2) 根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.3：

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

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

4.3.3 核医学工作场所的监督区主要包括回旋加速器和显像设备控制室、卫生通过间以及与控制区相连的其他场所或区域。

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

7.3.3.4 选址和布局

(1) 选址

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 5.1：

5.1.1 核医学工作场所宜建在医疗机构内单独的建筑物内，或集中于无人长期居留的建筑物的一端或底层，设置相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。

5.1.2 核医学工作场所不宜毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并应与非放射性工作场所有明确的分界隔离。

5.1.3 核医学工作场所排风口的位置尽可能远离周边高层建筑。

(2) 布局

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 5.2：

5.2.1 核医学工作场所应合理布局，住院治疗场所和门诊诊断场所应相对分开布置；同一工作场所内应根据诊疗流程合理设计各功能区域的布局，控制区应相对集中，高活室集中在一端，防止交叉污染。尽量减小放射性药物、放射性废物的存放范围，限制给药后患者的活动空间。

5.2.2 核医学工作场所应设立相对独立的工作人员、患者、放射性药物和放射性废物路径。工作人员通道和患者通道分开，减少给药后患者对其他人员的照射。注射放射性药物后患者与注射放射性药物前患者不交叉，人员与放射性药物通道不交叉，放射性药物和放射性废物运送通道应尽可能短捷。

5.2.3 核医学工作场所宜采取合适的措施，控制无关人员随意进入控制区和给药后患者的随意流动，避免工作人员和公众受到不必要的照射。控制区的出入口应设立卫生缓冲区，为工作人员和患者提供必要的可更换衣物、防护用品、冲洗设施和表面污染监测设备。控制区内应设有给药后患者的专用卫生间。

7.3.3.5 工作场所的辐射安全与防护

(1) 屏蔽要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.1：

6.1.1 核医学场所屏蔽层设计应适当保守，按照可能使用的最大放射性活度、最长时间和最短距离进行计算。

6.1.2 设计核医学工作场所墙壁、地板及顶面的屏蔽层时，除应考虑室内的辐射源外，还要考虑相邻区域存在的辐射源影响以及散射辐射带来的照射。

6.1.3 回旋加速器机房的建造应避免采用富含铁矿物质的混凝土，避免混凝土中采用重晶石或铁作为骨料；不带自屏蔽的回旋加速器应有单独的设备间，机房选择不易中子活化的混凝土材料。

6.1.4 回旋加速器机房的电缆管沟、通风管道等穿过屏蔽体时，应采用地沟或 S 型、V 型、Z 型穿过墙壁，并进行屏蔽补偿，确保满足屏蔽体墙外的防护要求。防护门与墙体连接处应进行有效搭接，避免出现防护薄弱环节。

6.1.5 距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

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

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

6.1.8 放射性物质贮存在专门场所内，并应有适当屏蔽。

根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20号）：

《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021，以下称核医学标准）第 6.1.5 节规定，距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30cm 处的周围剂量当量率应小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，如屏蔽墙外的房间为人员偶尔居留的设备间等区域，其周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。本条规定的具体含义为：

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

2.控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外以及核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中 5.3：

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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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。

（2）场所安全措施要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.2：

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

6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙级应在手套箱中进行，丙级可在通风橱内进行。应为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器应有适当的屏蔽，给药后患者候诊室内、核素治疗病房的床位旁应设有铅屏风等屏蔽体，以减少对其他患者和医护人员的照射。

6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。

6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的贮存容器或保险箱内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质应建立台账，及时登记，确保账物相符。

6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时应有适当的固定措施。

6.2.7 敷贴器治疗场所应设置专门的治疗室，治疗时严禁将敷贴源带出治疗室外。敷贴治疗中，医务人员应采取有效的个人防护措施，对病人的正常组织应采用合适的屏蔽措施。敷贴器使用中应避免锐器损坏源窗面，不得将敷贴器浸入水、酒精等溶剂中，

使用后应存放于干燥的贮源箱内。

6.2.8 回旋加速器机房应设置门机联锁装置和延时开门措施，机房内应设置紧急停机开关、紧急开门按钮及清场措施，并安装固定式剂量率报警仪。机房门口应有声光报警装置和工作状态指示灯，并与加速器联锁。

6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作状态指示灯。

(3) 密闭和通风要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 6.3：

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

6.3.2 使用回旋加速器制备放射性药物的工作场所应设有单独的通风系统，加速器自屏蔽区内应有单独排气管道，并相对加速器室呈负压状态。

6.3.3 碘-131 治疗病房应设有单独的通风系统，病房的门窗应有封闭措施，保持治疗区域内的负压，治疗区域内的空气应经单独的排气管道有组织排放。

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

6.3.5 通风橱应有足够的通风能力。制备放射性药物的回旋加速器工作区域、碘-131 治疗病房以及设有通风橱、手套箱等场所的通风系统排气口应高于本建筑物屋顶，尽可能远离邻近的高层建筑。

根据《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20 号）：

核医学标准第 6.3.4 节规定，手套箱、通风橱等密闭设备应设计单独的排风系统。单独的排风系统意为手套箱、通风橱等设备的排风管道在汇入“主排风管道前”的部分，应独立设置，防止发生气体回流和交叉污染。经过滤后的气体汇入到一个主管道中排放不违反标准要求。

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中 5.2.3：

合成和操作放射性药物所用的通风橱应有专用的排风装置，风速应不小于 0.5 m/s。排气口应高于本建筑物屋顶并安装专用过滤装置，排出空气浓度应达到环境主管部门的要求。

7.3.3.6 放射性废物的管理

(1) 一般要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.1：

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

理。

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

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

7.1.4 应建立放射性废物收集、贮存、排放管理台账，做好记录并存档备案。

（2）固体放射性废物的管理

①固体放射性废物收集

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.2.1：

7.2.1.1 固体放射性废物应收集于具有屏蔽结构和电离辐射标志的专用废物桶。废物桶内应放置专用塑料袋直接收纳废物。

7.2.1.2 含尖刺及棱角的放射性废物，应预先进行包装处理，再装入废物桶，防止刺破废物袋。

7.2.1.3 放射性废物每袋重量不超过 20kg。装满废物的塑料袋应密封后及时转送至放射性废物暂存间贮存。

②固体放射性废物贮存

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.2.2：

7.2.2.1 产生少量放射性废物和利用贮存衰变方式处理放射性废物的单位，经审管部门批准可以将废物暂存在许可的场所和专用容器中。暂存时间和总活度不能超过审管部门批准的限制要求。

7.2.2.2 放射性废物贮存场所应安装通风换气装置，放射性废物中含有易挥发放射性核素的，通风换气装置应有单独的排风管道。入口处应设置电离辐射警告标志，采取有效的防火、防丢失、防射线泄漏等措施。

7.2.2.3 废物暂存间内应设置专用容器盛放固体放射性废物袋（桶），不同类别废物应分开存放。容器表面应注明废物所含核素的名称、废物的类别、入库日期等信息，并做好登记记录。

7.2.2.4 含放射性的实验动物尸体或器官应装入废物袋做好防腐措施（如存放至专用冰柜内），并做好屏蔽防护。

7.2.2.5 废物暂存间内不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品。

③固体放射性废物处理

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.2.3：

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

解控并作为医疗废物处理：

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。

（3）液态放射性废物的管理

①放射性废液收集

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.3.1：

7.3.1.1 核医学工作场所应设置有槽式或推流式放射性废液衰变池或专用容器，收集放射性药物操作间、核素治疗病房、给药后患者卫生间、卫生通过间等场所产生的放射性废液和事故应急时清洗产生的放射性废液。

7.3.1.2 核医学工作场所放射性药物标记、分装、注射后的残留液和含放射性核素的其他废液应收集在专用容器中。含有长半衰期核素的放射性废液应单独收集存放。盛放放射性废液的容器表面应张贴电离辐射标志。

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

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

②放射性废液贮存

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.3.2：

7.3.2.1 经衰变池和专用容器收集的放射性废液，应贮存至满足排放要求。衰变池或专用容器的容积应充分考虑场所内操作的放射性药物的半衰期、日常核医学诊疗及研究中预期产生贮存的废液量以及事故应急时的清洗需要；衰变池池体应坚固、耐酸碱腐蚀、无渗透性、内壁光滑和具有可靠的防泄漏措施。

7.3.2.2 含碘-131 治疗病房的核医学工作场所应设置槽式废液衰变池。槽式废液衰变池应由污泥池和槽式衰变池组成，衰变池本体设计为 2 组或以上槽式池体，交替贮存、

衰变和排放废液。在废液池上预设取样口。有防止废液溢出、污泥硬化淤积、堵塞进出水口、废液衰变池超压的措施。

7.3.2.3 核医学诊断和门诊碘-131 治疗场所，可设置推流式放射性废液衰变池。推流式衰变池应包括污泥池、衰变池和检测池。应采用有效措施确保放射性废液经污泥池过滤沉淀固形物，推流至衰变池，衰变池本体分为 3-5 级分隔连续式衰变池，池内设导流墙。污泥池池底有防止和去除污泥硬化淤积的措施。

③放射性废液排放

a) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 8.6.2：

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

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

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

b) 根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.3.3：

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。

7.3.3.2 对于推流式衰变池贮存方式，所含核素半衰期大于 24 小时的，每年应对衰变池中的放射性废液进行监测，碘-131 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。

7.3.3.3 放射性废液的暂存和处理应安排专人负责，并建立废物暂存和处理台账，详细记录放射性废液所含的核素名称、体积、废液产生起始日期、责任人员、排放时间、监测结果等信息。

（4）气态放射性废物的管理

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 7.4：

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。

7.3.3.7 辐射监测

(1) 一般要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 8.1:

8.1.1 开展核医学诊疗实践的医疗机构应制定辐射监测计划，并按照计划落实监测工作，不具备辐射监测能力的单位，可以委托有能力的单位进行监测。

8.1.2 所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。

8.1.3 应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

(2) 工作场所监测

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 8.2:

8.2.1 应根据使用放射性核素种类、数量和操作方式，对核医学工作场所的外照射剂量率水平和表面放射性污染水平进行监测。

8.2.2 核医学工作场所辐射监测点位、内容和频次应包括但不限于表 1（报告中表 7.3-9）的内容。

表 7.3-9 核医学工作场所辐射监测关注点位

监测内容	监测点位	监测频次
辐射水平	控制区和监督区所有工作人员和公众可能居留的有代表性的点位和存有放射性物质的装置/设备的表面。	不少于 1 次/月
表面放射性污染	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）

(3) 环境监测

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 8.3:

开展核医学相关活动的机构应自行或委托有能力的监测机构对工作场所周围环境的辐射水平进行监测，监测频次应不少于 1 次/年。

(4) 个人剂量监测

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 8.4:

8.4.1 核医学工作场所的工作人员应佩戴个人剂量计，对个人外照射剂量进行监测。

8.4.2 对于操作大量气态和挥发性放射性物质的工作人员，应根据场所的放射性气溶胶浓度开展内照射评价，当怀疑其体内受到放射性污染时，应进行体内放射性监测。

8.4.3 个人剂量档案应按要求妥善保存，监测数据异常时，及时进行调查。

7.3.3.8 患者出院的管理要求

根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中 4.5:

4.5.1 为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值，出院患者体内放射性核素活度应符合附录 B 的相关规定。

4.5.2 接受碘-131 治疗的患者，应在其体内的放射性活度降至 400MBq 以下或距离患者体表 1 米处的周围剂量当量率不大于 25 μ Sv/h 方可出院。

表 7.3-10 放射治疗患者出院时体内放射性核素活度的要求（表 B.1）

放射性核素	主要发射（keV）			半衰期（d）	患者出院时体内放射性活度要求（MBq）
	$\beta_{\max}$	β_{ave}	γ 及 X		
⁸⁹ Sr	1492	583	--	50.53	≤200
¹³¹ I	606	--	364	8.0207	≤400

7.3.3 介入诊断治疗及模拟定位 CT 标准

介入诊断治疗执行《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），该标准适用于 X 射线影像诊断和介入放射学，本次摘录以下条款：

6 X 射线设备机房防护设施的技术要求

6.1 X 射线设备机房布局

6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。

6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。

6.1.3 每台固定使用的 X 射线设备应设有单独的机房，机房应满足使用设备的布局要求。

6.1.4 移动式 X 射线机（不含床旁摄影机和急救车配备设备）在使用时，机房应满足相应布局要求。

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 2（本报告按顺序标为表 7.3-11）的规定。

表 7.3-11 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求（节选介入有关）

设备类型	机房内最小有效使用面积 m ²	机房内最小单边长度 m
CT 机（不含头颅移动 CT）	30	4.5
单管头 X 射线设备 （含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5
1) 机房内有效使用面积指机房内可划出的最大矩形的面积； 2) 机房内单边长度指机房内有效使用面积的最小边长。		

6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽

防护应不低于表 3（本报告按顺序标为表 7.3-12）的规定。

表 7.3-12 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求（节选介入有关）

机房类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0
CT 机房（不含头颅移动 CT） CT 模拟定位机房	2.5	

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 3（本报告按顺序标为表 7.3-12）的要求。

6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

c) 具有短时、高剂量率曝光的摄影程序（如 DR、CR、屏片摄影）机房外的周围剂量当量率应不大于 25 μ Sv/h，当超过时应进行机房外人员的年有效剂量评估，应不大于 0.25mSv。

6.4 X 射线设备工作场所防护

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

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

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

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

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

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

6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。

6.4.9 CT 装置的安放应利于操作者观察受检者。

6.4.10 机房出入门宜处于散射辐射相对低的位置。

6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求。

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 4（本报告按顺序标为表 7.3-13）基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于

0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7.3-13 个人防护用品和辅助防护设施配置要求（节选介入相关）

放射检查 类型	工作人员		受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
CT 体层 扫描	--	--	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	--
介入放射 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	--

注：① “--” 标识不做要求；

② 各类个人防护用品和辅助防护设施，指防电离辐射的用品和设施。鼓励使用非铅材料防护用品，特别是非铅介入防护手套。

8 X 射线设备机房防护检测要求

8.1 X 射线设备机房防护设施和机房周围辐射剂量检测应满足下列要求：

a) X 射线设备机房防护检测指标和要求应符合 6.3 的规定；

b) X 射线设备机房的防护检测应在巡测的基础上，对关注点的局部屏蔽和缝隙进行重点检测。关注点应包括：四面墙体、地板、顶棚、机房门、操作室门、观察窗、采光窗/窗体、传片箱、管线洞口、工作人员操作位等，点位选取应具有代表性。

8.2 X 射线设备机房放射防护安全设施应进行竣工验收，在使用过程中，应进行定期检查和检测，定期检测的周期为一年。

8.3 在正常使用中，医疗机构应每日对门外工作状态指示灯、机房门的闭门装置进行检查，对其余防护设施应进行定期检查。

7.3.3 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）

本次环评引用以下条款：

4.3 监测周期或频次

4.3.1 常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。

5.3 剂量计的佩戴

5.3.1 对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前，当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

8.1 记录

8.1.1 一般要求如下：

a)记录包括：预处理、测量、校准、个人监测结果、质量保证和剂量评价等内容，必要时包括工作场所监测的结果；

b)清楚、扼要、准确地记录完整监测过程；

c)采用多种方式备份监测记录，妥善保存原始记录数据。便于在剂量估算方法变化时，对剂量数据的复核；

d)准许放射工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人员查询相关职业照射记录及有关资料。

8.1.2 外照射个人监测结果记录在统一的表格上：

8.1.3 异常结果调查：当工作人员职业外照射个人监测结果超过调查水平时，按附录 C 的 C.4 所示的内容进行调查。

8.2 档案

8.2.1 个人剂量档案除了包括放射工作人员平时正常工作期间的个人剂量记录外，还包括其在异常情况（事故或应急）下受到的过量照射记录，调查登记参见附录 C 的 C.4。

8.2.2 职业照射个人剂量档案终生保存。

7.3.4 本次核技术利用项目引用标准主要条款及限值要求汇总

本次核技术利用项目引用标准主要条款情况见表 7.3-14，限值要求汇总见表 7.3-15、表 7.3-16。

表 7.3-14 本项目引用标准主要条款汇总情况一览表

序号	引用标准名称	引用条款	引用条款名称
1.1	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)	4.3.2.1	剂量限值
1.2		表 B11	工作场所的放射性表面污染控制水平
1.3		附录 C	非密封源工作场所的分级
1.4		8.6.2	放射性物质向环境排放的控制
2.1	《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)	4.8、4.9	剂量限值与剂量约束值
2.2		5.1	选址与布局
2.3		5.2	分区原则
2.4		6.1	工作场所屏蔽要求
2.5		6.2	安全防护设施和措施要求
2.6		8.2	固体废物管理要求
2.7		8.4	气态废物管理要求
2.8		9.2	放射治疗工作场所监测
2.9		9.3	环境监测
2.10		9.4	个人剂量监测
3.1	《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)	6.1.4、6.1.5、6.1.6	工作场所布局要求

续表 7.3-14 本项目引用标准主要条款汇总情况一览表

序号	引用标准名称	引用条款	引用条款名称
4	《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第一部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）	4.8.8	防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。
5.1	《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）	4.1	一般要求
5.2		4.2	辐射工作场所分级
5.3		4.3	辐射工作场所分区
5.4		4.4	剂量限值与剂量约束值
5.5		4.5	服药患者出院要求
5.6		5.1	选址
5.7		5.2	布局
5.8		6.1	屏蔽要求
5.9		6.2	场所安全措施要求
5.10		6.3	密闭和通风要求
5.11		7.1	放射性废物管理一般要求
5.12		7.2	固体放射性废物的管理
5.13		7.3	液态放射性废物的管理
5.14		7.4	气态放射性废物的管理
5.15		8.1	辐射监测一般要求
5.16		8.2	工作场所监测
5.17		8.3	环境监测
5.18		8.4	个人剂量监测
6.1	《关于核医学标准相关条款咨询的复函》（辐射函[2023]20号）	二	关于控制区剂量率
6.2		三	关于独立通风要求
7	《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）	5.3.1	工作场所的防护水平要求
8.1	《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）	6.1	X射线设备机房布局
8.2		6.2	X射线设备机房屏蔽
8.3		6.3	X射线设备机房屏蔽体外剂量水平
8.4		6.4	X射线设备工作场所防护
8.5		6.5	X射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求
8.6		8	X射线设备机房防护检测要求
9.1	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	4.2	监测类型
9.2		4.3	监测周期或频次
9.3		5.3	剂量计的佩戴
9.4		8.1	记录
9.5		8.2	档案

表 7.3-15 本项目辐射工作场所受照剂量限值要求汇总

序号	限值分类		限值要求	标准依据
放射治疗、核医学、介入诊断治疗区域				
1	剂量 限值	职业人员	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）
2		公众人员	实践使公众中有关关键人群的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。	
放射治疗区域				
3	剂量约	职业人员	不大于 5mSv/a	《放射治疗辐射安全与防护要求》 （HJ 1198-2021）
4	束值	公众人员	不大于 0.1mSv/a	
5	剂量率参考控制水平		详见表 7.3-16	
核医学区域				
7	剂量约	职业人员	不大于 5mSv/a	《核医学辐射防护与安全要求》 （HJ1188-2021）
8	束值	公众人员	不大于 0.1mSv/a	
9	工作场所屏蔽要求		1、距核医学工作场所各控制区内房间防护门、观察窗和墙壁外表面 30 cm 处的周围剂量当量率： 1）控制区内工作人员经常性停留的场所（人员居留因子 $\geq 1/2$ ，周围剂量当量率应小于 2.5 μ Sv/h）。 2）控制区内工作人员较少停留或无需到达的场所（人员居留因子 $< 1/2$ ），如给药/注射室防护门外、给药后患者候诊室防护门外、核素治疗住院病房防护门外一级核医学科患者走廊等位置，周围剂量当量率应小于 10 μ Sv/h。 2、放射性药物合成和分装的箱体、通风柜、注射窗等外表面 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。	
10			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 μ Sv/h。	《核医学放射防护要求》 （GBZ120-2020）

续表 7.3-15 本项目辐射工作场所受照剂量限值要求汇总

序号	限值分类		限值要求	标准依据
介入诊断治疗区域				
11	管理目	职业人员	不大于 5mSv/a	建设单位制定的管理目标值
12	标值	公众人员	不大于 0.1mSv/a	
13	机房屏蔽体外剂量水平		透视模式下，机房外周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)
14	控制目标值		介入诊断治疗工作场所机房外周围剂量当量率不大于 2.5μSv/h。	建设单位制定的控制目标值

表 7.3-16 放射治疗限值要求汇总

工作场所	机房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平 (μ Sv/h)				标准依据
	点位描述	导出剂量率及最高参考控制水平	建设单位制定的控制目标值	参考控制水平	
加速器 机房	东墙主屏蔽外一层/二层医疗街	3.43	2.5	2.5	《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ 1198-2021)、 建设单位制定的控制目标值
	东墙次屏蔽外一层/二层医疗街	0.86	0.86	0.86	
	南迷路外墙外一层水冷机房	2.74	2.5	2.5	
	南迷路外墙外一层辅助机房	2.74	2.5	2.5	
	南迷路外墙外一层控制室	3.43	2.5	2.5	
	南防护门外	1.37	1.37	1.37	
	西墙主屏蔽外一层/二层楼梯间	27.43	2.5	2.5	
	西次屏蔽外一层/二层楼梯间	6.86	2.5	2.5	
	西次屏蔽外一层/二层走廊	0.86	0.86	0.86	
	南迷路外墙外二层办公室	0.17	0.17	0.17	
	南迷路外墙外二层走廊	0.86	0.86	0.86	
模拟定位 CT 机房	机房外的周围剂量当量率应不大于2.5 μ Sv/h				《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和辐射工作场所概况

信阳市中心医院淮滨院区位于信阳市淮滨县淮河大道北侧、康隆路西侧，医院南侧为淮河大道，隔淮河大道为淮滨县消防大队及在建小区；东侧为康隆路，隔康隆路为在建淮滨县新时代学校，北侧为朝阳街；西侧为规划文德路（现状为农田）。本项目所在医技后勤综合楼医技部分地上共三层，地下共一层，其中，放疗科加速器机房下层无建筑。医技后勤综合楼北侧为院内道路，隔路为二期门诊综合楼、垃圾站及污水处理站，东侧为院内道路、地上非机动车停车场、门诊医技楼、疗养中心及绿化空地，南侧为院内道路，隔路为变配电室及空调机以及门诊综合楼，西侧为院内绿化、车库出入口及院内道路。

本项目放疗科位于医技后勤综合楼医技部分一层北部，核医学科位于医技后勤综合楼一层西北部，介入手术室位于医技后勤综合楼三层南部，医技后勤综合楼北侧及南侧均为院内道路，东侧北部为院内道路，东侧南部为绿化，西侧为绿化及地下车库出入口，隔绿化为院内道路。拟建辐射场所周边 50m 范围内为医院内部区域及西侧规划文德路（现状为农田）。

8.2 辐射环境现状评价

为了解项目拟建位置周围的环境 X- γ 辐射剂量率现状水平，河南嘉德恒立科技有限公司于 2025 年 6 月 13 日对拟建地的辐射环境本底进行了监测。

（1）监测概况

监测概况见表 8.2-1 所示。

表 8.2-1 监测概况一览表

监测日期		2025 年 6 月 13 日		
环境条件		天气	气温（℃）	相对湿度（%）
		晴	32	56
监测项目	监测位置	检测方法及标准号		
X- γ 辐射剂量率	见监测点位图	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021		
β 表面污染	见监测点位图	《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		

（2）监测仪器

监测仪器概况见表 8.2-2 所示。

（3）监测单位

河南嘉德恒立科技有限公司（检验检测机构资质认定证书编号：241603100399，有

效期至 2030 年 10 月 24 日，发证单位：河南省市场监督管理局）。

表 8.2-2 监测仪器概况一览表

序号	仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪	α 、 β 表面污染仪
1	仪器型号	FD-3013H	CoMo-170
2	仪器编号	6595	7657
3	有效测量范围	0.01 μ Gy/h $\sim$ 200 μ Gy/h	α : 0.1cps $\sim$ 2500cps (Am-241) β/γ : 15cps $\sim$ 20000cps (Cs-137)
4	能量响应范围	0.04MeV $\sim$ 3.0MeV	--
5	相对固有误差	<15%	--
6	检定单位	河南省计量测试科学研究院	河南省计量测试科学研究院
7	检定有效期	2025 年 4 月 9 日 $\sim$ 2026 年 4 月 8 日	2025 年 4 月 8 日 $\sim$ 2026 年 4 月 7 日
8	检定证书编号	1025BY0500499	1025BY0800091

(5) 监测布点

X- γ 辐射剂量率：监测点位主要为拟建各辐射工作场所内部、四周及上层、下层人员能达到的区域，各监测点距地面 100cm，监测点采用定点及巡测的方式进行监测，仪器读数稳定后 10s 读数一次，每个点位读取 10 个数据。

β 表面污染：采用直接测量法对拟建核医学辐射场所地面进行表面放射性活度测量，监测仪器和待监测表面之间的距离保持 1cm，监测点采用定点的方式进行监测。

根据项目的平面布置、项目情况和周围环境情况共布设 X- γ 辐射剂量率监测点位 66 个、 β 表面污染监测点位 11 个。监测点位详见图 8.2-1~图 8.2-8。

(5) 监测质量保证及控制

①检测所用仪器每年定期经计量部门检定，检定合格且均在检定有效期内，保证仪器性能稳定。

②每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，确保仪器处于良好的工作状态。

③合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

④监测方法采用国家有关部门颁布的相关监测标准与规范。

⑤参加现场检测的人员须经过培训、考核合格后持证上岗，现场检测过程中按照规程操作仪器。

⑥现场检测过程按照国家标准规定的步骤多次读数并做好笔录。

⑦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。

⑧所有检测记录及检测报告按公司相关程序严格实行三级审核制度。

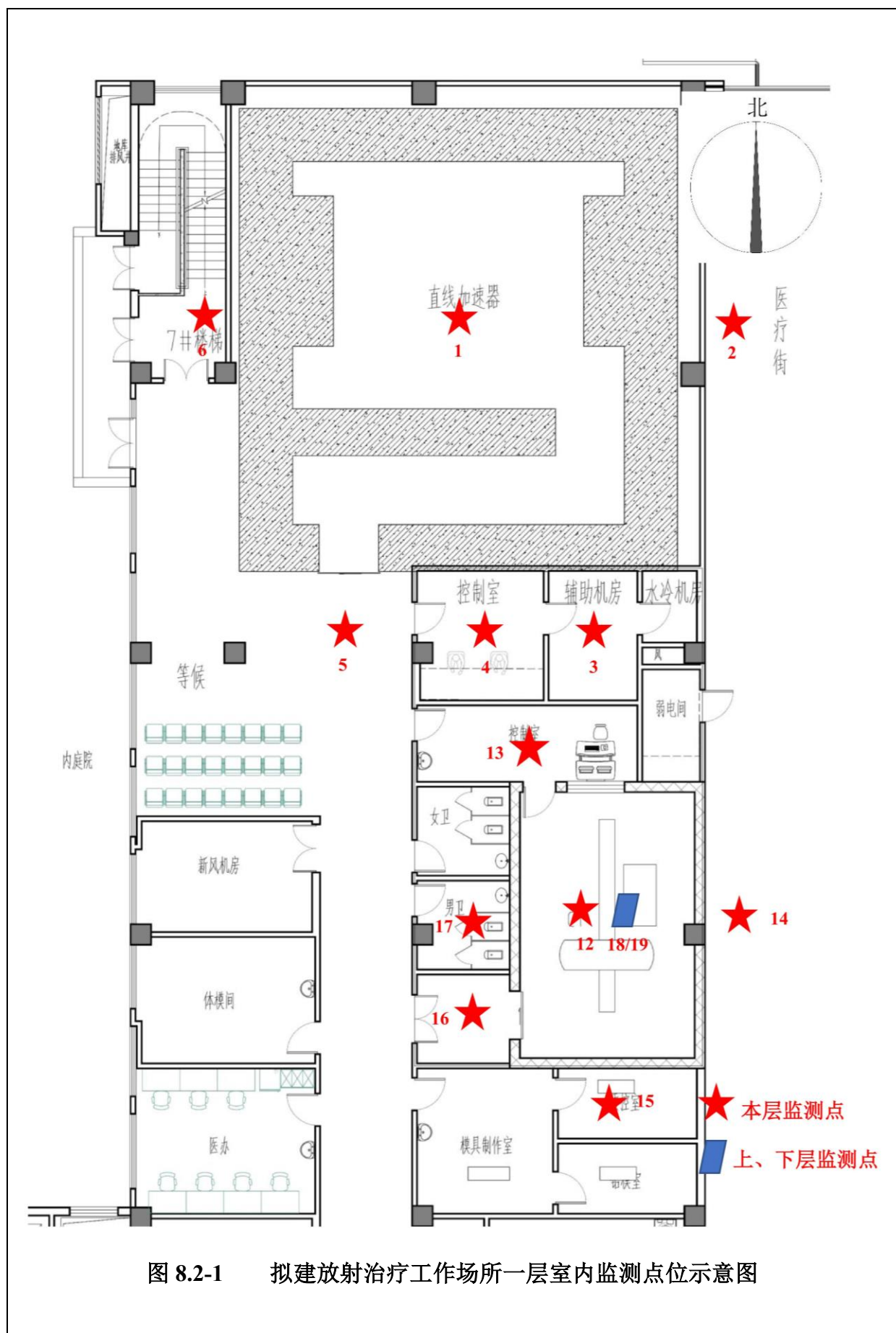


图 8.2-1 拟建放射治疗工作场所一层室内监测点位示意图

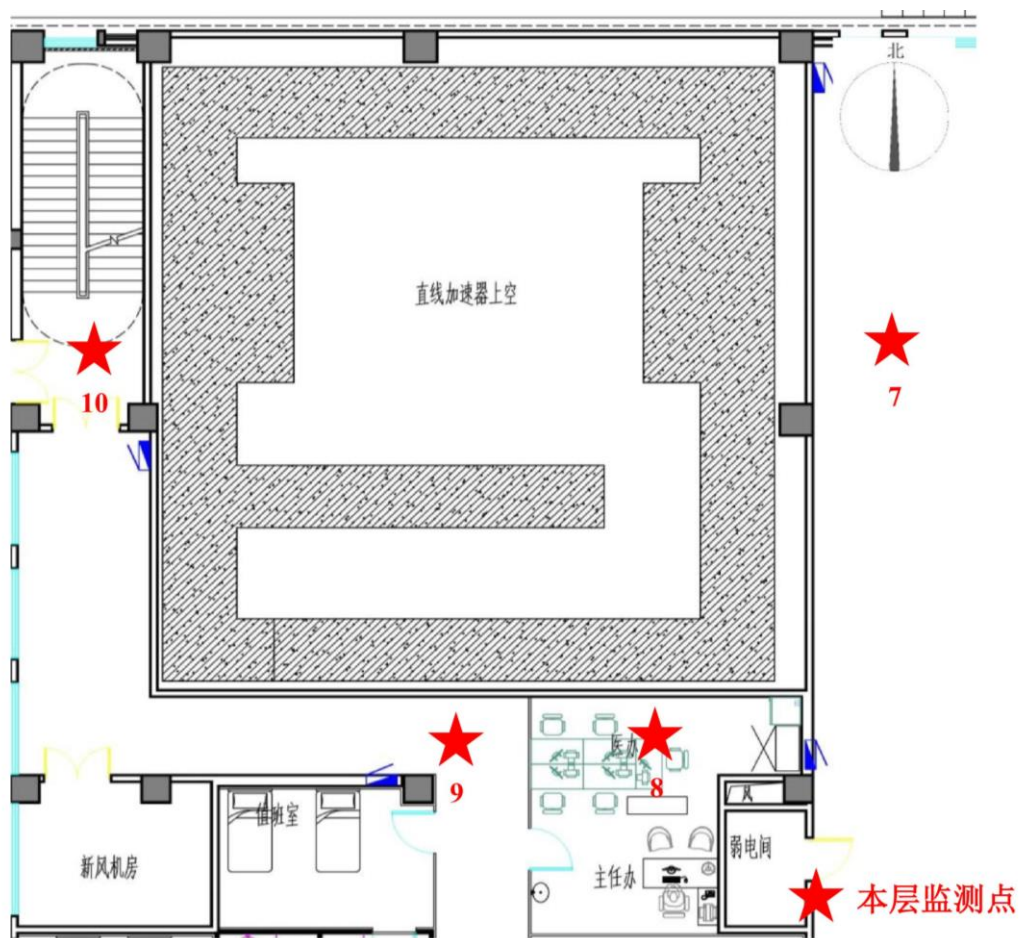


图 8.2-2 拟建加速器机房二层周边室内监测点位示意图

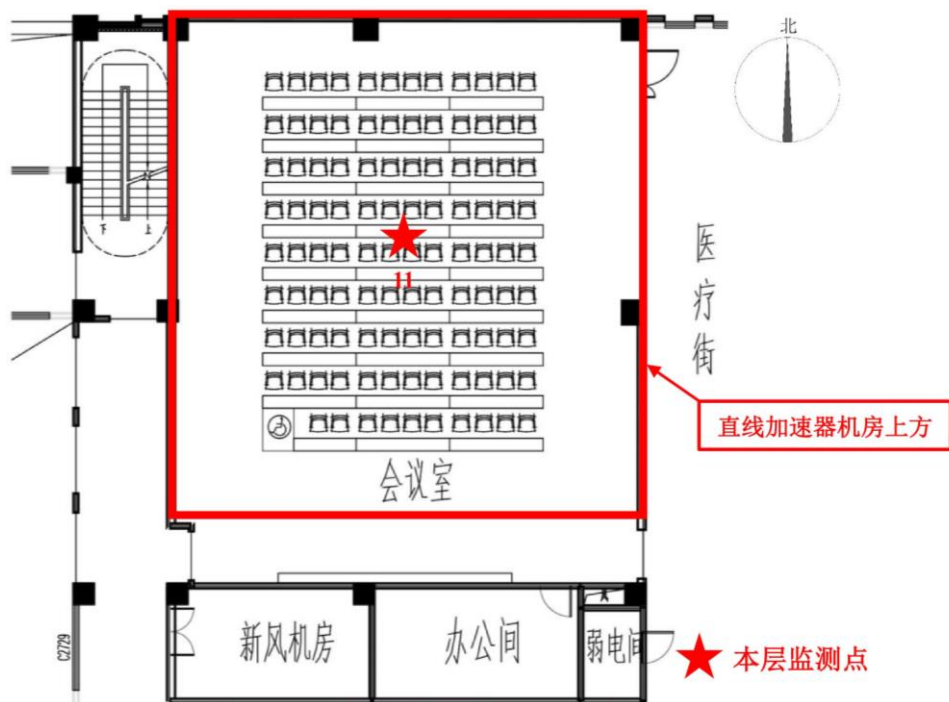


图 8.2-3 拟建加速器机房上层室内监测点位示意图

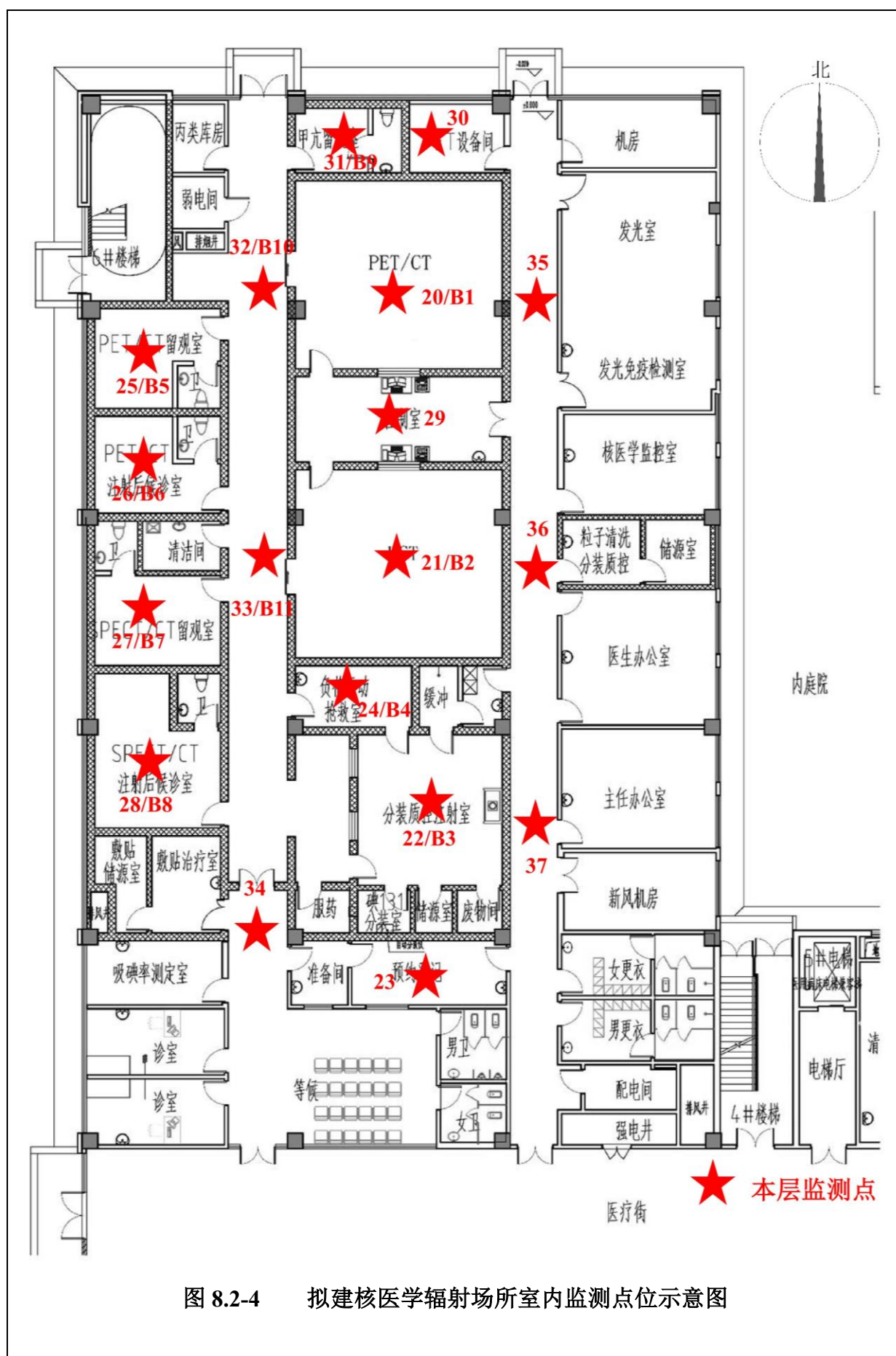


图 8.2-4 拟建核医学辐射场所室内监测点位示意图

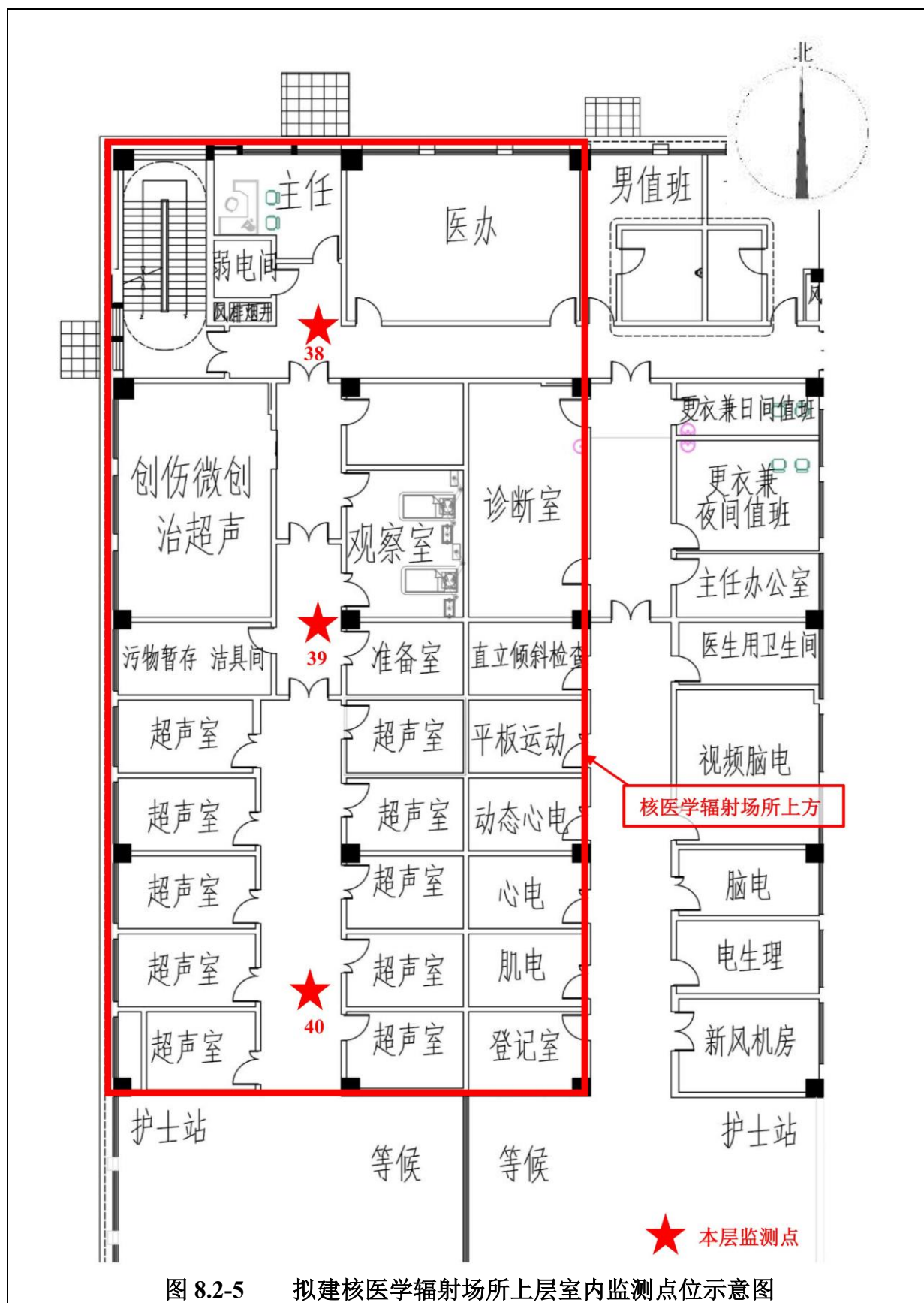


图 8.2-5 拟建核医学辐射场所上层室内监测点位示意图

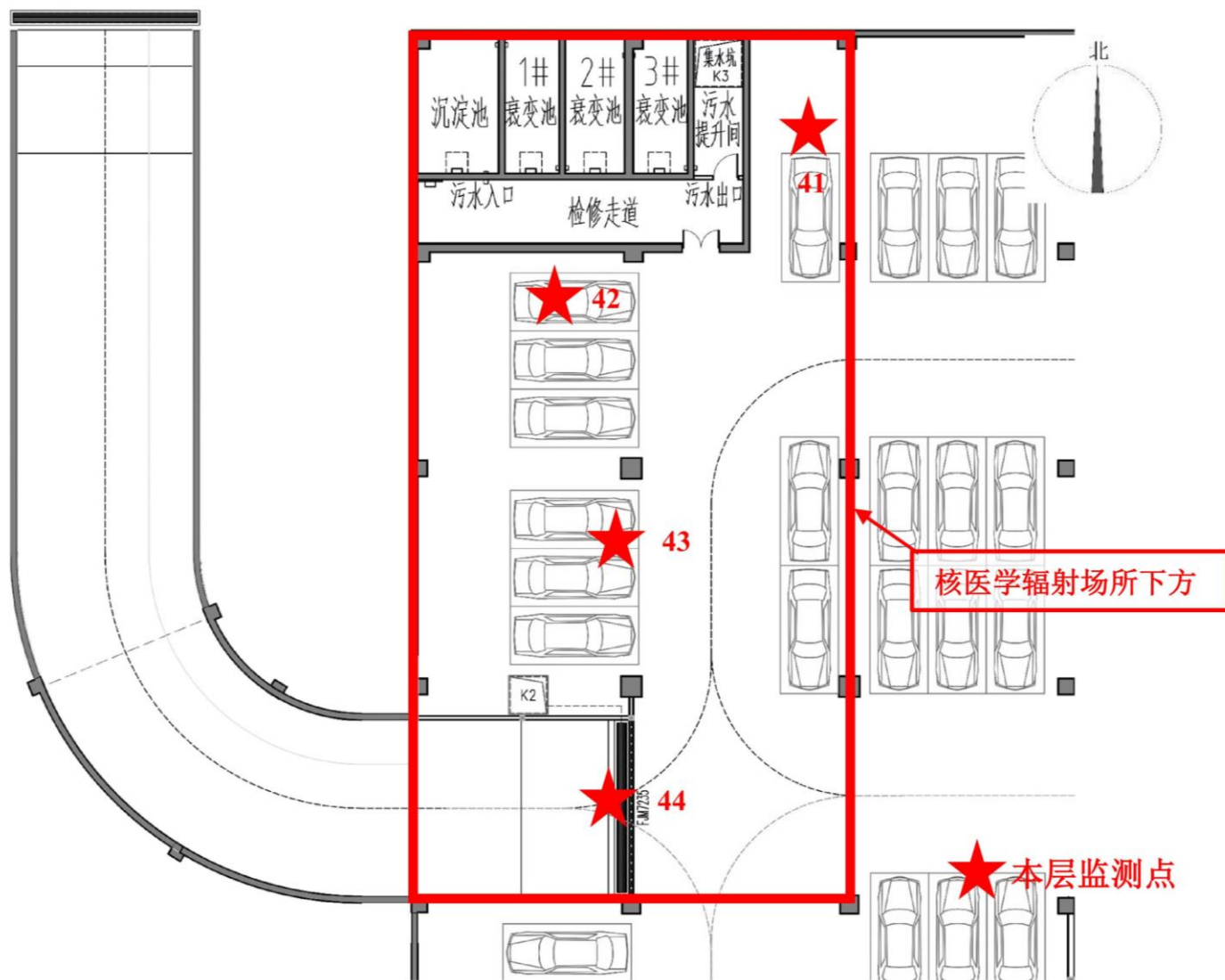


图 8.2-6 拟建核医学辐射场所下层室内监测点位示意图

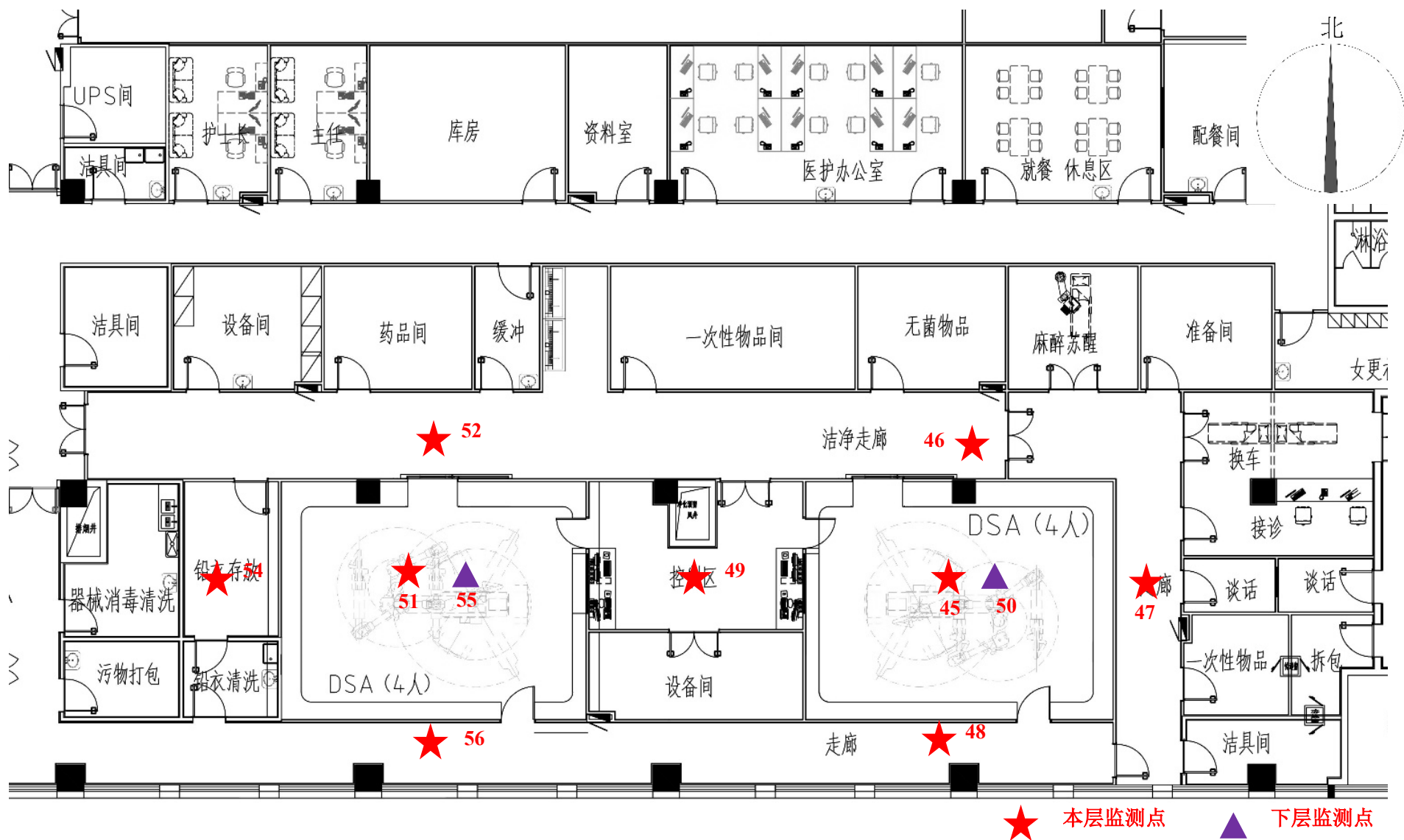


图 8.2-7 拟建 DSA 手术室周边室内监测点位示意图



图 8.2-8 本项目室外监测点位示意图

(9) 监测结果

本项目 X- γ 辐射剂量率监测结果详见表 8.2-3 所示, β 表面污染监测结果详见表 8.2-4 所示。

表 8.2-3 本项目环境 X- γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测位置	监测结果 ($\mu\text{Gy/h}$)	地面材质
1	拟建加速器机房中心	0.077 ± 0.008	混凝土地面
2	拟建加速器机房东侧	0.076 ± 0.008	混凝土地面
3	拟建加速器机房南侧辅助机房	0.083 ± 0.010	混凝土地面
4	拟建加速器机房南侧控制室	0.082 ± 0.009	混凝土地面
5	拟建加速器机房南侧等候区	0.086 ± 0.008	混凝土地面
6	拟建加速器机房西侧楼梯间	0.085 ± 0.011	混凝土地面
7	拟建加速器机房二层东侧医疗街	0.083 ± 0.010	混凝土地面
8	拟建加速器机房二层南侧医生办公室	0.086 ± 0.008	混凝土地面
9	拟建加速器机房二层南侧走廊	0.091 ± 0.009	混凝土地面
10	拟建加速器机房二层西侧楼梯间	0.092 ± 0.009	混凝土地面
11	拟建加速器机房上层会议室	0.090 ± 0.012	混凝土地面
12	拟建模拟定位 CT 机房	0.082 ± 0.009	混凝土地面
13	拟建模拟定位 CT 机房北侧控制室	0.075 ± 0.007	混凝土地面
14	拟建模拟定位 CT 机房东侧医疗街	0.076 ± 0.010	混凝土地面
15	拟建模拟定位 CT 机房南侧质控室	0.084 ± 0.008	混凝土地面
16	拟建模拟定位 CT 机房西侧缓冲间	0.074 ± 0.011	混凝土地面
17	拟建模拟定位 CT 机房西侧卫生间	0.071 ± 0.007	混凝土地面
18	拟建模拟定位 CT 机房上层	0.092 ± 0.007	混凝土地面
19	拟建模拟定位 CT 机房下层	0.089 ± 0.007	混凝土地面
20	拟建 PET/CT 机房	0.073 ± 0.008	混凝土地面
21	拟建 SPECT/CT 机房	0.076 ± 0.010	混凝土地面
22	拟建分装质控注射室	0.078 ± 0.009	混凝土地面
23	拟建核医学辐射场所南侧预约登记室	0.079 ± 0.008	混凝土地面
24	拟建运动负荷兼应急抢救室	0.071 ± 0.009	混凝土地面
25	拟建 PET/CT 留观室	0.083 ± 0.007	混凝土地面
26	拟建 PET/CT 注射后候诊室	0.077 ± 0.007	混凝土地面
27	拟建 SPEC/CT 留观室	0.073 ± 0.008	混凝土地面
28	拟建 SPECT/CT 注射后候诊室	0.083 ± 0.010	混凝土地面
29	拟建控制室	0.075 ± 0.008	混凝土地面
30	拟建核医学辐射场所北侧 PET 设备间	0.078 ± 0.008	混凝土地面
31	拟建甲亢留观室	0.071 ± 0.009	混凝土地面
32	拟建 PET/CT 机房西侧走廊	0.081 ± 0.007	混凝土地面

续表 8.2-3 本项目环境 X-γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测位置	监测结果 (μGy/h)	地面材质
33	拟建 SPEC/CT 机房西侧走廊	0.082±0.009	混凝土地面
34	拟建核医学辐射场所患者入口	0.079±0.009	混凝土地面
35	拟建核医学辐射场所东侧北部	0.084±0.008	混凝土地面
36	拟建核医学辐射场所东侧中部	0.083±0.010	混凝土地面
37	拟建核医学辐射场所东侧南部	0.088±0.011	混凝土地面
38	拟建核医学辐射场所上方北部	0.085±0.007	混凝土地面
39	拟建核医学辐射场所上方中部	0.083±0.007	混凝土地面
40	拟建核医学辐射场所上方南部	0.078±0.007	混凝土地面
41	拟建核医学辐射场所下方衰变池东侧	0.077±0.010	混凝土地面
42	拟建核医学辐射场所下方衰变池南侧	0.075±0.007	混凝土地面
43	拟建核医学辐射场所下方中部	0.079±0.006	混凝土地面
44	拟建核医学辐射场所下方南部	0.081±0.007	混凝土地面
45	拟建 DSA1 手术室	0.078±0.007	混凝土地面
46	拟建 DSA1 手术室北侧走廊	0.076±0.007	混凝土地面
47	拟建 DSA1 手术室东侧走廊	0.082±0.007	混凝土地面
48	拟建 DSA1 手术室南侧走廊	0.076±0.005	混凝土地面
49	拟建 DSA1 手术室西侧控制室	0.076±0.005	混凝土地面
50	拟建 DSA1 手术室下方	0.081±0.007	混凝土地面
51	拟建 DSA2 手术室	0.077±0.007	混凝土地面
52	拟建 DSA2 手术室北侧走廊	0.077±0.007	混凝土地面
53	拟建 DSA2 手术室南侧走廊	0.077±0.005	混凝土地面
54	拟建 DSA2 手术室西侧铅衣存放间	0.079±0.007	混凝土地面
55	拟建 DSA2 手术室下方	0.076±0.008	混凝土地面
56	拟建加速器机房北墙外	0.085±0.005	混凝土地面
57	拟建核医学辐射场所北墙外	0.091±0.007	混凝土地面
58	拟建核医学辐射场所西墙外北部	0.083±0.007	混凝土地面
59	拟建核医学辐射场所西墙外中部	0.085±0.007	混凝土地面
60	拟建核医学辐射场所西墙外南部	0.084±0.005	混凝土地面
61	医技后勤综合楼南大门口	0.085±0.007	混凝土地面
62	淮滨院区南大门口	0.073±0.009	沥青混凝土
63	医院西墙外农田	0.077±0.008	土地
64	项目北侧藏庄住户 1	0.083±0.009	混凝土地面
65	项目北侧藏庄住户 2	0.077±0.007	土地
66	项目北侧藏庄住户 3	0.084±0.008	混凝土地面

注：本项目各检测点结果已扣除宇宙射线响应值，并按 HJ1157-2021 中相关要求对数据进行处理。

表 3 拟建核医学科 β 表面污染监测结果

检测位置		检测结果 (Bq/cm ²)	地面材质
B1	拟建 PET/CT 机房中心地面	<0.17	混凝土地面
B2	拟建 SPEC/CT 机房中心地面	<0.17	混凝土地面
B3	拟建分装质控注射室中心地面	<0.17	混凝土地面
B4	拟建负荷运动抢救室中心地面	<0.17	混凝土地面
B5	拟建 PET/CT 留观室中心地面	<0.17	混凝土地面
B6	拟建 PET/CT 注射后候诊室中心地面	<0.17	混凝土地面
B7	拟建 SPECT/CT 留观室中心地面	<0.17	混凝土地面
B8	拟建 SPECT/CT 注射后候诊室中心地面	<0.17	混凝土地面
B9	拟建甲亢留观室中心地面	<0.17	混凝土地面
B10	拟建 PET/CT 机房西侧走廊地面	<0.17	混凝土地面
B11	拟建 SPECT/CT 机房西侧走廊地面	<0.17	混凝土地面

注：1) 测量结果已扣除本底，表面污染水平监测结果= (平均计数率-本底值计数率) / (表面发射率相应×平面源效率×探测器灵敏面积)。

2) 本次监测采用仪器探测下限为 0.17Bq/cm²，测量结果低于探测下限时结果为“<0.17”。

根据监测结果，拟建场所周围室内监测点位 X- γ 辐射剂量率为 0.071 μ Gy/h~0.088 μ Gy/h；拟建场所周围室外监测点位 X- γ 辐射剂量率范围为 0.077 μ Gy/h~0.091 μ Gy/h。本项目拟建辐射工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率各监测点位辐射水平未见异常。

根据监测结果，拟建核医学辐射工作场所在现有环境条件下，未检测到 β 表面污染。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 放射治疗

9.1.1.1 医用电子直线加速器

(1) 设备组成

医用直线加速器主要由三大部分组成：电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元。它的结构单元为：加速管、电子枪、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。

电子治疗子系统基本组成部件主要包括初级准直器、散射箔、托盘、均整器、电离室、光阑、附件接口、限光筒。

典型直线加速器外部结构示意如 9.1-1 所示，内部结构示意图如 9.1-2 所示。本项目直线加速器有电子束和 X 射线两种治疗模式，示意图如 9.1-3 所示。

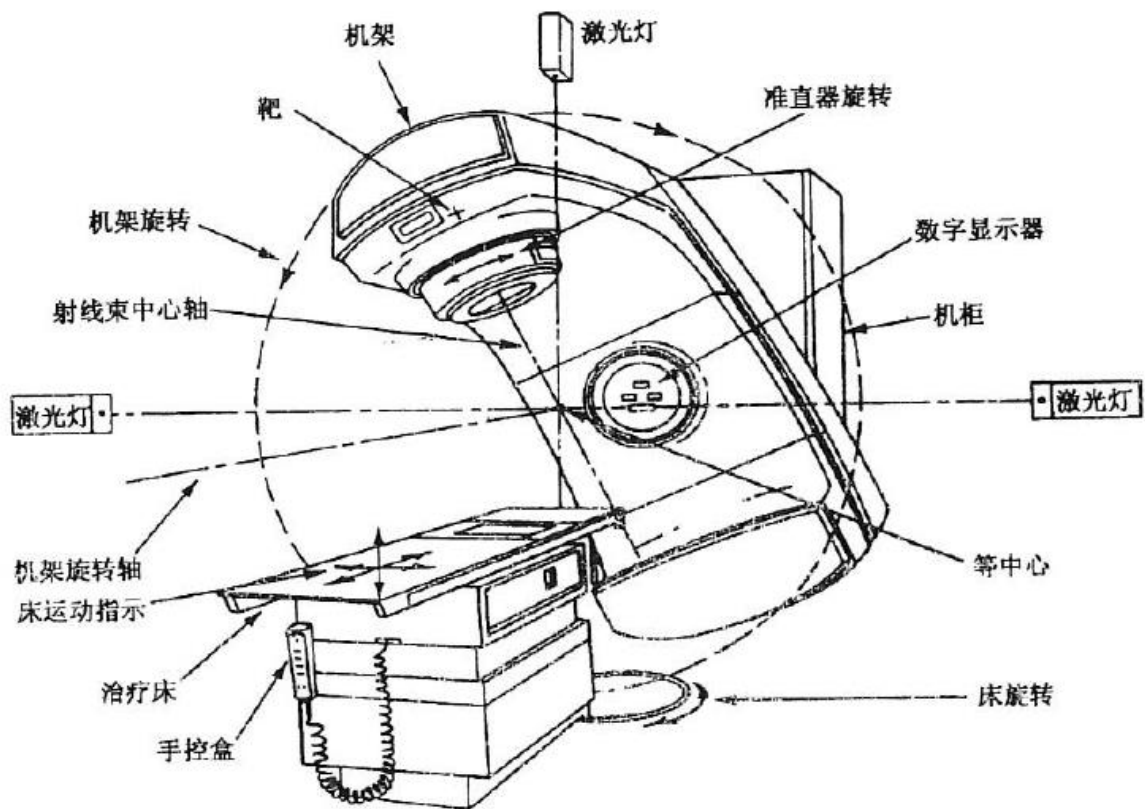


图 9.1-1 典型医用直线加速器机外部结构示意图

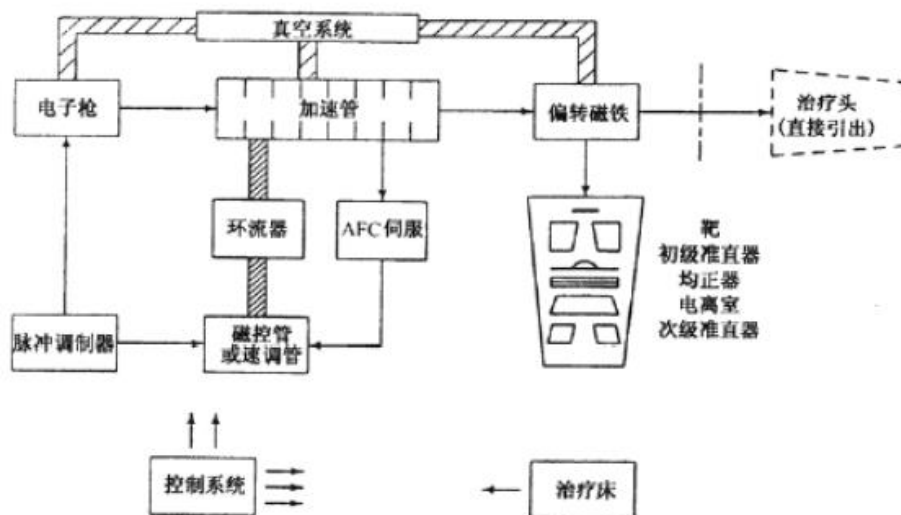


图 9.1-2 典型医用直线加速器机内部结构示意图

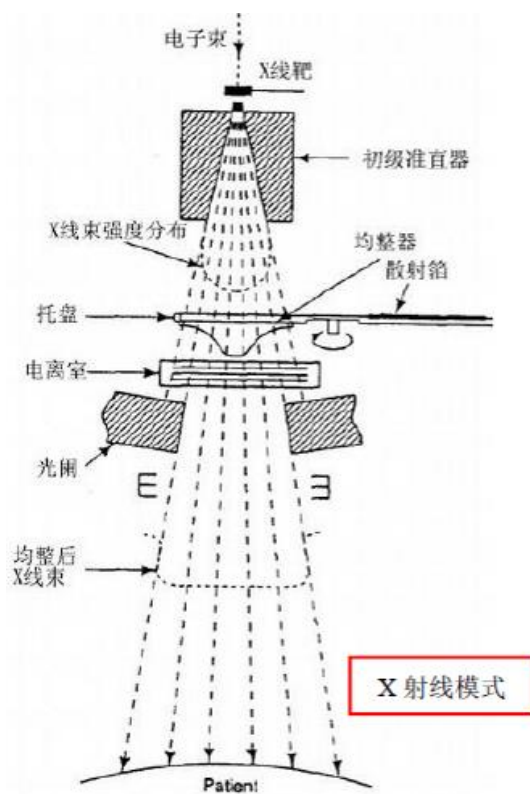


图 9.1-3 X 射线治疗模式结构示意图

(2) 工作原理

直线加速器根据被加速的高能电子轰击重金属靶而产生高能 X 射线的原理，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗；同时也能直接利用初始电子束进行治疗。

模拟定位 CT 可以看作是诊断性 CT 与传统 X 光模拟机的有机结合。模拟定位 CT 不仅可以像诊断性 CT 一样为治疗计划系统提供高质量的 CT 影像资料，帮助临床医生精确勾画出肿瘤靶区及危险器官的轮廓，进而帮助计算机计划系统进行组织不均匀性校

正，提高剂量计算的准确性；还能够借助复杂的计算机软件，将计划设计的照射野三维空间分布结果重叠在 CT 重建的患者解剖资料之上，在相应的激光定位系统的辅助下，实现对治疗条件的虚拟模拟。模拟定位 CT 综合了部分影像系统、计划设计系统和传统 X 光模拟机的功能。

电子线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向（一般为 90°或 270°），电子扩散箔使电子均匀射出，形成电子线束。经散射箔扩大射束直径，再通过光阑提高电子野的均整性，最后由输出窗射出达到患者病灶实现治疗的目的，即初始电子束直接引出并经散射、均整后用于患者的治疗。

X 线束治疗工作原理：电子从发射源射出，进入真空加速管加速，经磁偏转装置转向射向高原子序数的金属靶，电子同金属靶的原子核相撞，速度骤减并损失部分能量转换为 X 射线，经平板滤片过滤不必要的射线，剩余有用线束经二次准直射出。

本项目采用的加速器主要技术参数见表 9.1-1。

表 9.1-1 本项目加速器主要技术参数

序号	参数名称	参数值
1	型号	待定
2	X 射线最大能量	6MV、6MV（FFF）
3	电子线最大能量	6MeV、9MeV、12MeV
4	源轴距	1000mm
5	等中心点相对水平地面高度	1295mm
6	X 射线最高输出剂量率	600cGy/min（普通模式） 1400cGy/min（FFF 模式）
7	最大照射野尺寸	40cm×40cm
8	主射束夹角	28°
9	机架旋转角度	360°

（3）工作流程及产污环节

治疗前先通过模拟定位 CT 对病变部位进行检查，确认治疗方案，包括确定照射时间和剂量，定位患者照射部位。根据治疗方案调整好照射角度和视野，再开机进行治疗。在加速器治疗过程中，除患者外其他人员均不在治疗室内，医护人员通过闭路电视系统观察患者情况。

治疗流程为：

- ①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- ②预约患者先通过模拟定位 CT 对病变部位进行详细检查，确定肿瘤的具体位置和形状；

③医师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，物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；

④肿瘤患者在技师协助下躺上治疗床，进行摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积；

⑤技师离开治疗室，进入控制室，确定所有安全措施到位后，根据 TPS 计划进行出束治疗；

⑥治疗结束后，关机，打开治疗室防护门，技师进入治疗室卸载患者，协助病人离开机房，为下次照射做准备。

（4）产污环节

正常工况的瞬时辐射：开机状态下，加速器会产生 X 射线；一旦切断电源，X 射线就会消失。故正常工况时，加速器治疗出束时污染源主要为开机状态下产生的 X 射线；另外，当采用电子模式治疗时，会有电子线产生。在直线加速器开机出束过程中会产生臭氧等有害气体。本项目加速器最大 X 射线能量为 6MV，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.2 条要求，可不考虑感生放射性。加速器工作流程及产污环节如图 9.1-4 所示。

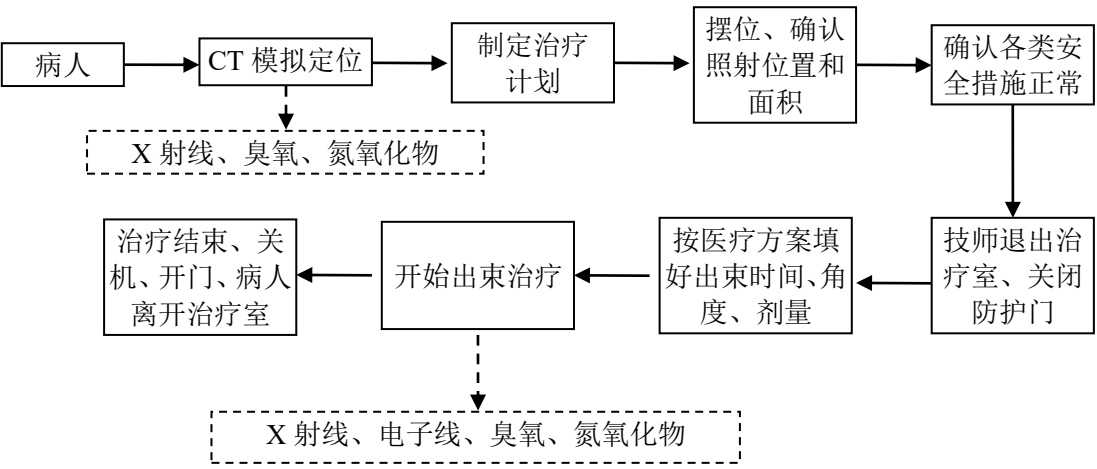


图 9.1-4 直线加速器工作流程及产污环节示意图

9.1.1.2 CT 模拟定位

（1）设备组成

CT 模拟定位一般由一台大视野 CT 扫描机，一套具有 CT 图像的三维重建、显示射野模拟功能的软件，一套激光射野模拟器组成。CT 扫描机主要由扫描机架、扫描床、计算机系统、控制台、电源分配柜等构成。结构详见图 9.1-5 所示。CT 扫描机架内部包括叉线管、滤过器、准直器、探测器、数据采集系统以及为 X 射线管和探测器 360° 旋转提供动力的机械部件组成，详见图 9.1-6 所示。

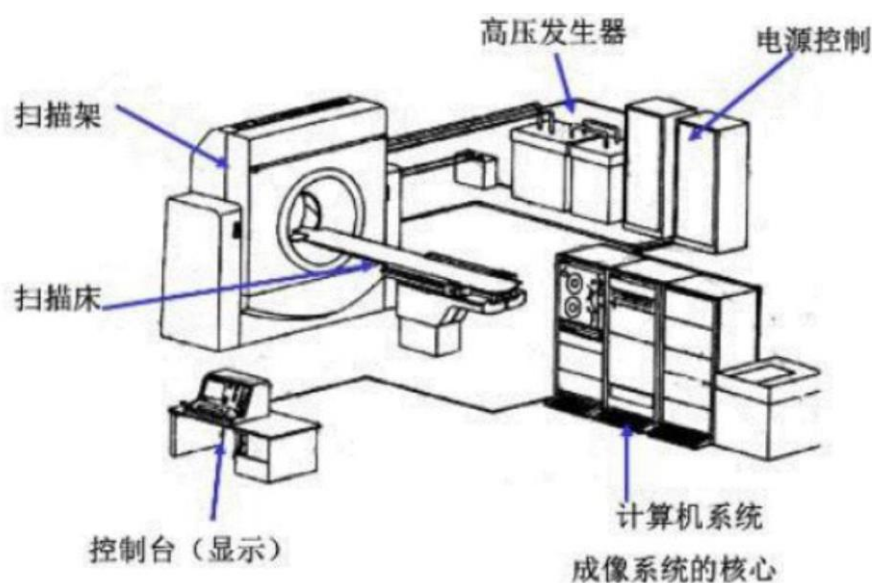


图 9.1-5 CT 模拟定位机的主要组成结构示意图

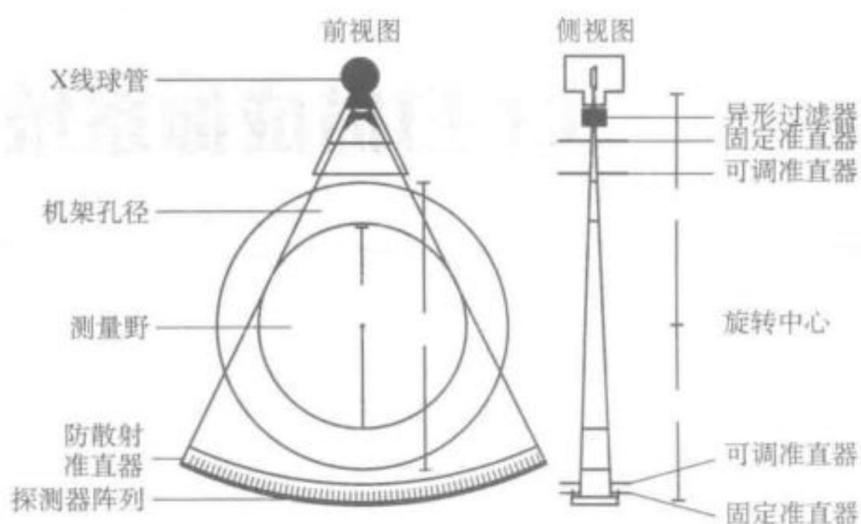


图 9.1-6 CT 机架内部结构示意图

（2）工作原理

CT 模拟定位是诊断型 CT 与传统 X 射线模拟机的有机结合。CT 模拟定位采用 X 射线进行摄影的技术设备，产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。CT 模拟定位不仅可以像诊断性 CT 一样为治疗计划系统提供高质量的 CT 影像资料，帮助临床医生精确勾画出肿瘤靶区及危险器官的轮廓，进而帮助计算机计划系统进行组织不均匀性校正，提高剂量计算的准确性；还能够借助复杂的计算机软件，将计划设计的照射野三维空间分布结果重叠在 CT 重建的患者解剖资料之上，在相应的激光定位系统的辅助下，实现对治疗条件的虚拟模拟。模拟定位 CT 综合了部分影像系统、计划设计系统和

传统 X 光模拟机的功能。

(3) 工作流程

①患者经医生诊断、治疗正当性判断，确定接受加速器放射治疗需采用模拟定位的患者接诊后首先由工作人员引导进入机房。

②患者在定位床上就位，工作人员调整好位置并固定体位后到控制室开机。

③工作人员通过模拟定位系统寻找病灶，确定了照射野边界范围。

④工作人员确认照射野边界范围后停止照射，进入机房在患者体表划定位线。

⑤确认定位线后，降床引导患者离开，定位工作结束。

(4) 产污环节

CT 模拟定位机为采用 X 射线进行模拟定位的设备，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。其主要放射性污染因子为 X 射线对公众及放射性工作人员的外照射，运行期间没有废气、废水和固体废弃物产生。

CT 模拟定位机工作流程及产污环节如图 9.1-7 所示。

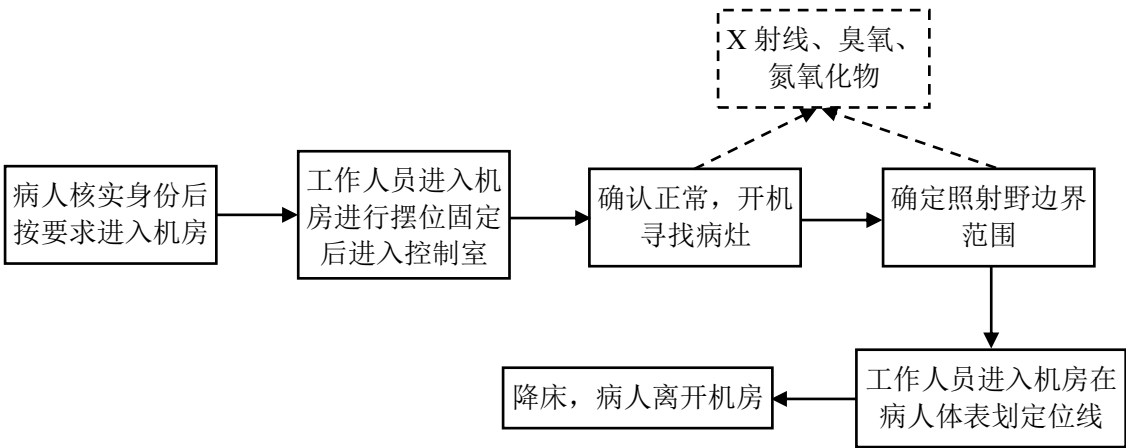


图 9.1-7 CT 模拟定位机工作流程及产污环节示意图

9.1.2 核医学诊断治疗

9.1.2.1 核素特性

本次项目核医学诊疗共涉及 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等 4 种放射性核素，各放射性核素性能参数见表 9.1-2 所示。

表 9.1-2 本项目所用放射性核素特性一览表

序号	核素	半衰期	衰变类型	主要 α/β 能量 (MeV)	主要 γ/X 射线能量 (MeV)
1	^{18}F	109.8min	β^+ 、EC	0.635 (+)	0.511
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6.02h	IT	--	0.1405、0.1426、0.3224
3	^{131}I	8.02d	β^-	0.6065、0.336	0.2843、0.3645、0.6369
4	^{89}Sr	50.53d	β^-	1.488	--

9.1.2.2 工作原理

(1) PET/CT 显像工作原理

1) PET/CT 设备组成

PET 是正电子发射计算机断层扫描成像 (Positron Emission Tomography) 的缩写, 是反映病变基因、分子、代谢及功能状态的显像设备, 利用正电子核素标记葡萄糖等人体代谢物作为显像剂, 通过病灶对显像剂的摄取来反映其代谢变化, 从而为进行临床提供疾病的生物代谢信息诊断。

PET 扫描系统主要由扫描仪、显像、电子橱、操作工作站、分析工作站和影像硬拷贝等组成。PET 扫描仪的外形为一个柱状的支架, 扫描视野位于支架的中央, 由探测器、射线屏蔽装置等组成。

CT 是计算机断层 X 射线摄影术 (Computed Tomography, CT) 的缩写, 它使用了精确准直的 X 射线从各种不同的离散角度扫描所关注的断层平面, 利用探测器记录透射光束的衰减量, 并经过数学运算, 电子计算机处理相应数据, 从而产生一个以检查层的相对衰减系数为依据的躯体横断面的影像。

PET/CT 是将 PET 和 CT 组合而成的多模式成像系统, 是目前全球最高端的医学影像设备, 同时也是一种可以在分子水平成像的影像技术。PET/CT 设备外观见图 9.1-8。



图 9.1-8 PET/CT 设备外观示意图

2) 工作原理

PET 的工作原理是将发射正电子的放射性药物作为示踪剂注射到人体后, 对受检者进行 PET 扫描成像。其临床显像过程为: 将发射正电子的放射性核素标记到能够参与人体组织血流或代谢过程的化合物 (如脂肪酸、脱氧葡萄糖、氨基酸、核苷等) 上, 将标

有带正电子放射性核素的化合物注射到受检者体内，让受检者在 PET 的有效视野范围内进行 PET 显像。本项目采用的放射性核素 ^{18}F 发射出的正电子在体内与组织中的负电子结合发生湮灭辐射，产生两个能量相等（511keV）、方向相反的 γ 光子。由于两个光子在体内的路径不同，到达两个探测器的时间也有一定差别，如果在规定的时间内（一般为 5~15 μs ），探头系统探测到两个互成 180 度（ ± 0.25 度）的光子时，即为一个符合事件，探测器便分别送出一个时间脉冲，脉冲处理器将脉冲变为方波，符合电路对其进行数据分类后，送入工作站进行图像重建。便得到人体各部位横断面、冠状断面和矢状断面的影像。

CT 依据 X 射线穿过人体不同组织吸收程度的不同，反映人体各部密度分布的信息，因而在荧光屏上显示出不同密度的阴影，再根据阴影浓淡的对比，结合临床表现、化验结果等进行临床诊断。

PET/CT 将 PET 与 CT 融为一体，使两种成像技术优势互补，PET 图像提供功能和代谢等分子信息，CT 提供精细的解剖和病理信息，通过融合技术，一次诊断即可获得疾病的病理生理变化和形态学改变。

（1）SPECT/CT 显像工作原理

1) 设备组成

SPECT/CT 主要由三部分组成，即探头、旋转运动机架、计算机及其辅助设备。探头部分主要由准直器、晶体、光导、光电倍增管、模拟定位计算电路组成。SPECT/CT 自身带有一个 CT 球管，在 SPECT 核素扫描的基础上，可以同时获得 CT 解剖图像，从而更有利于对疾病作出全面、准确的判断。常见的 SPECT/CT 设备外观见图 9.1-9。

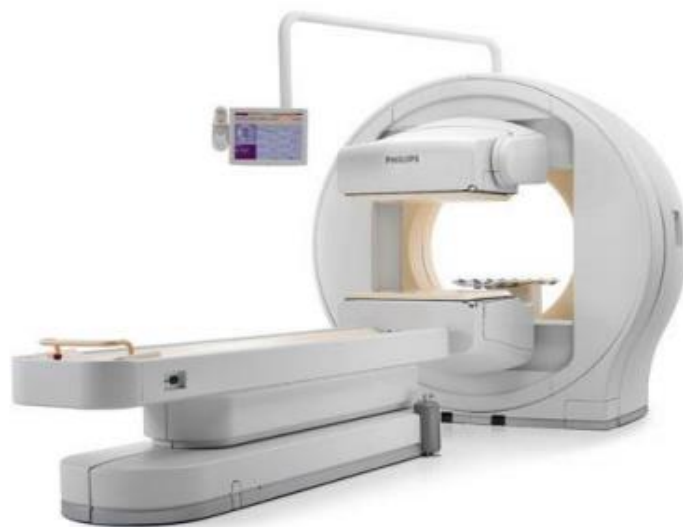


图 9.1-9 常见的 SPECT/CT 设备外观图

2) 工作原理

SPECT 即单光子发射型计算机断层显像 (Single Photonemission computed tomography, 简称 SPECT), 是 ECT 显像的一种。单光子的含义是指探测的放射性核素是发射单光子射线的。当某种放射性核素或其标记物通过注射、口服等方式进入体内后, 依其化学及生物学特性不同, 随血流等进入某些特定的组织器官, 参与或模仿某些生命物质在人体内的病理生理、引流代谢的过程。由于正常组织和病变组织在这个过程中的差异, 使其聚集这种放射性核素或其标记物的能力发生了变化。利用 SPECT 来探测这种放射性核素发射的 γ 射线在体内的分布状态并还原成图像, 其影像不仅可以显示脏器和病变的位置、形态、大小等解剖结构, 更重要的是可以显示脏器的功能、代谢情况, 提供有关脏器的血流、功能、代谢和引流等方面定性的和定量的信息。而血流、功能和代谢的异常, 常是疾病的早期变化, 出现在形态结构发生改变之前。因此, SPECT 放射性核素显像有助于疾病的早期诊断, 临床主要用于骨骼显像、心脏灌注断层显像、甲状腺显像、肾动态显像等。

SPECT/CT 是将 SPECT 和 CT 有机结合在一起, 使用同一个检查床和同一个图像处理工作站, 将 SPECT 图像和 CT 图像融合, 可以同时反映病灶的病理生理变化和形态结构, 明显提高诊断的准确性。

本项目 SPECT/CT 使用含放射性同位素 ^{99m}Tc 药物进行显像, ^{99m}Tc 为纯 γ 光子发射体, 广泛用于心、脑、肾、骨、肺等多种脏器疾患的显像检查。

(3) 甲亢治疗

甲亢指甲状腺功能亢进症, ^{131}I 治疗的原理主要是利用甲状腺组织高度摄取碘的能力, 通过放射性碘元素在甲状腺聚集, 破坏甲状腺组织, 适合用于药物不耐受的甲状腺功能亢进症患者。甲状腺的正常组织和分化型的甲状腺癌细胞都具有 ^{131}I 的摄取功能, ^{131}I 在治疗过程中释放 β 射线。 β 射线在组织内的射程仅为 2mm, 除照射治疗甲状腺功能组织外, 极少可能会影响邻近重要器官和组织。通过射线产生的电离辐射生物效应可使甲状腺滤泡上皮及癌细胞遭受破坏, 使甲状腺激素减少, 从而达到治疗的目的。

(4) 转移性骨肿瘤治疗

^{89}Sr 放射性药物主要用于缓解前列腺癌、乳腺癌、肺癌、鼻咽癌、神经内分泌肿瘤等晚期恶性肿瘤骨转移所致骨痛, 用于治疗肿瘤转移的放射性药物都是趋骨性的, 骨组织代谢活跃的部分浓聚更多的放射性药物。骨肿瘤病灶部位由于骨组织受到破坏, 成骨细胞的修复作用极其活跃, 所以浓聚大量的放射性药物。由于不是肿瘤细胞直接浓聚放射性药物, 是肿瘤部位骨组织代谢活跃形成的放射性药物浓聚, 因此是一种间接的浓聚

机制。骨肿瘤病灶浓聚的放射性药物靶/非靶比值很高，非密封放射性物质衰变过程中发射 β 射线，辐射作用引起肿瘤组织内毛细血管扩张、水肿，细胞结构不清，染色体淡或固缩，炎细胞浸润，进一步肿瘤细胞核消失或空泡形成，坏死或纤维化形成，从而治疗骨肿瘤。

9.1.2.3 工作流程

(1) PET 显像检查

本项目 PET/CT 拟采用核素 ^{18}F 进行显像检查，核 ^{18}F 拟外购，PET 诊断显像具体工作流程如下：

①预约登记：根据医生指导意见，需要接受 PET/CT 显像检查的人员提前预约登记，确定核素种类和用药量。

②预定放射性药物：根据预约的检查人数及检查项目，提前一天向放射性药物生产部门订购放射性药物 ^{18}F 。

③接收放射性药物：核医学科一层北侧放射性药物生产区人员负责把 ^{18}F 药品送至南侧 PET/CT 诊断区域储源室门口，在摄像头监控下，PET/CT 诊断区工作人员与其办理“点对点”交接手续，然后将药物暂存于储源室内。

④质检：给药护士检查药品包装和外观质量，核对放射性药物名称，抽检（10%）药物进行活度验证。

⑤预埋留置针：受检者按约定时间在给药前候诊区准备和等候，显像检查患者需护士预先准备静脉留置针。

⑥分装：给药护士穿戴好个人防护用品，在分装室手套箱内从贮药铅罐内用一次性注射器汲取计划的药量，并在活度计内测量活度。

⑦注射：病人通过自动分装注射机注射，在药品注射过程中存在 β/γ 射线污染，同时会产生放射性废水（清洗）、固废（注射器、棉球、药品盒），患者每人注射时间间隔 20min，每次注射一人。

⑧注射后候诊：受检人员完成注射后在 PET/CT 候诊室内等候。

⑨检查：待药物在身体内有一定程度的代谢后，进行 PET/CT 扫描检查，检查时间一般在 15min 左右，医务人员配合受检患者摆位后进入操作间进行隔室操作，摆位时间约为 1min，病人显像诊断过程约 10~15min。

⑩留观：显像检查患者在扫描后，留观片刻（15min 左右），如显像结果符合诊断要求，沿患者通道离开核医学科。

PET/CT 显像检查工作流程及产污环节如图 9.1-10 所示。

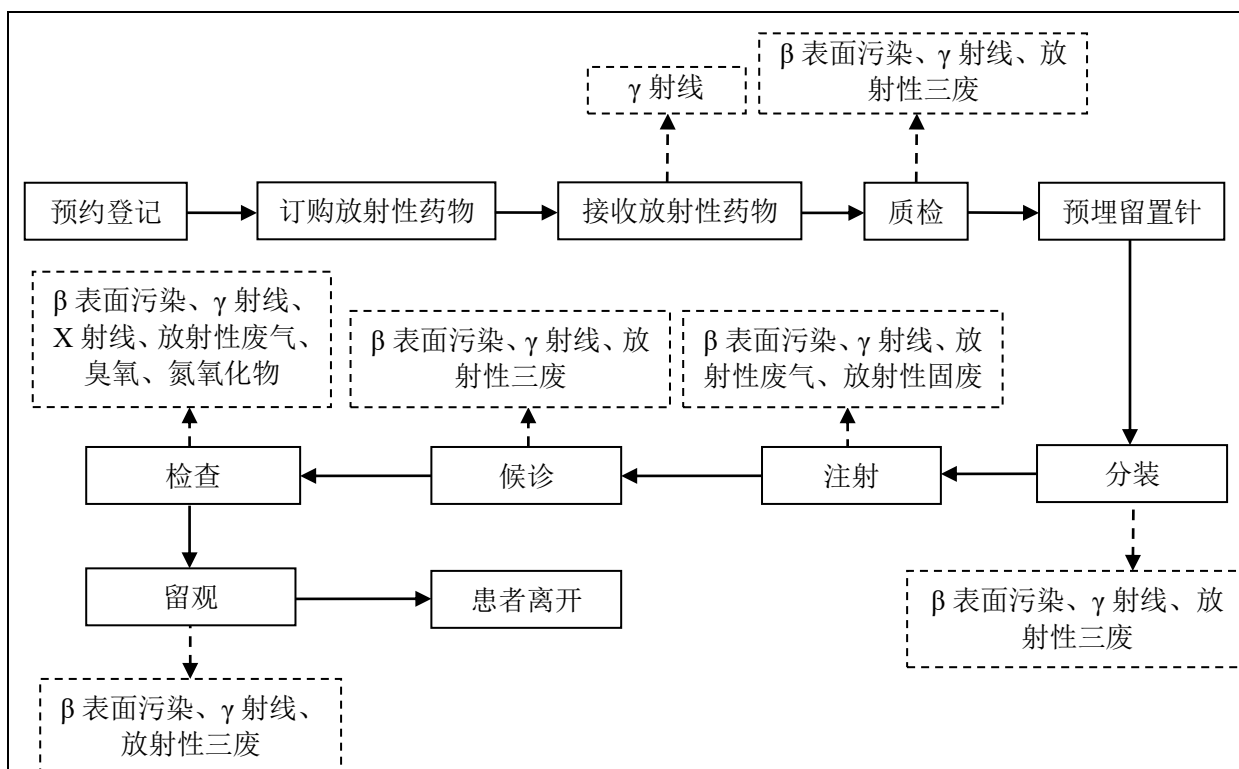


图 9.1-10 PET 显像诊断工作流程及产污环节示意图

(2) SPECT 显像检查

本项目 SPECT/CT 拟采用核素 ^{99m}Tc 进行显像检查,核素 ^{99m}Tc 均拟外购,SPECT/CT 显像检查工作流程为:

①预约登记: 根据医生指导意见, 需要接受 SPECT/CT 显像检查的人员提前预约登记, 确定 ^{99m}Tc 。

②订购放射性药物: 根据预约的检查人数及检查项目, 提前一天向药品公司订购 ^{99m}Tc 。

③接收放射性药物: 外购药物由药品公司负责把药品送至地下二层核医学科储源室门口, 在摄像头监控下, SPECT/CT 诊断区域工作人员与其办理“点对点”交接手续, 然后将药物暂存于储源室内。

④质检: 给药护士检查药品包装和外观质量, 核对放射性药物名称, 药物进行活度验证。由于 ^{99m}Tc 半衰期相对较长, 由供药公司根据每人份定药量直接分装在注射器内, 无需再次分装。

⑤注射: 在东侧注射窗口防护下, 给受检人员注射放射性药物, 然后将废注射器等装入铅屏蔽盒内暂存, 放射性废物分类收集。

⑥注射后候诊: 受检人员完成注射后在 SPECT/CT 候诊室内等候。

⑦检查: 待药物在身体内有一定程度的代谢后, 进行 SPECT/CT 扫描检查, 检查时间一般在 15min 左右, 医务人员配合受检患者摆位后进入操作间进行隔室操作。需要进

行心肌负荷试验的受检者进入运动负荷室，进行次极量运动，待达运动终点时由医护人员在运动负荷室进行药物注射；随后继续运动 1~3min 后，进入 SPECT/CT 机房（运动负荷室与 SPECT/CT 机房紧邻）进行检查。

⑧留观：显像检查患者在扫描后，留观片刻(15min 左右)。如显像结果符合诊断要求，沿患者通道乘坐专用电梯离开核医学科。

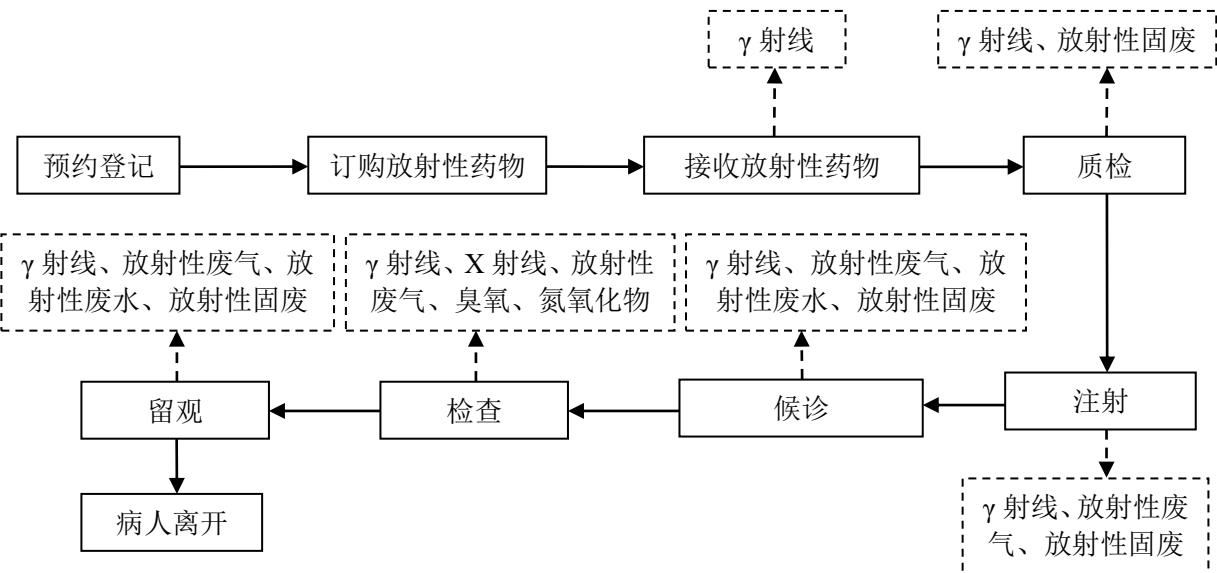


图 9-11 SPECT/CT 显像诊断工作流程及产污环节示意图

（3）甲亢治疗

本项目拟采用 ¹³¹I 治疗甲亢，核素治疗工作流程为：

- ①预约患者：接收患者，告知患者诊疗过程的辐射危害。医生根据患者病情确定使用核素的剂量；
 - ②购药、运输：根据预约的患者数量及检查项目，提前一天向供药公司订购¹³¹I药物。
 - ③接收放射性药物：供药公司负责将药物送至核医学科，医院安排专人接收，经确认无误完成相关交接手续后将药物提至核医学科储源室；
 - ④质检：给药护士检查药品包装和外观质量，核对放射性药物名称，药物进行活度验证；
 - ⑤分装、指导患者服药：工作人员从储源室将¹³¹I药物提至分装质控注射室放置于手套箱内进行人工分装，分装完成后取出经传递窗传递至患者，之后工作人员远程指导患者服药，患者在服药间自行取药口服。
 - ⑥留观：患者在口服完成后，留观片刻（30min左右），如感觉无异常，则沿走廊向南由病人专用通道从东南部专用出口离开核医学科，专用出口外为内科病房楼南侧室外道路。
- 自动分装仪中，远程操控¹³¹I自动分装仪进行药物分装，远程指导患者服药，患者在

服药间自行取药口服。患者服药后患者从核医学科出口离开。

甲亢治疗工作流程及产污环节如图 9.1-12 所示。

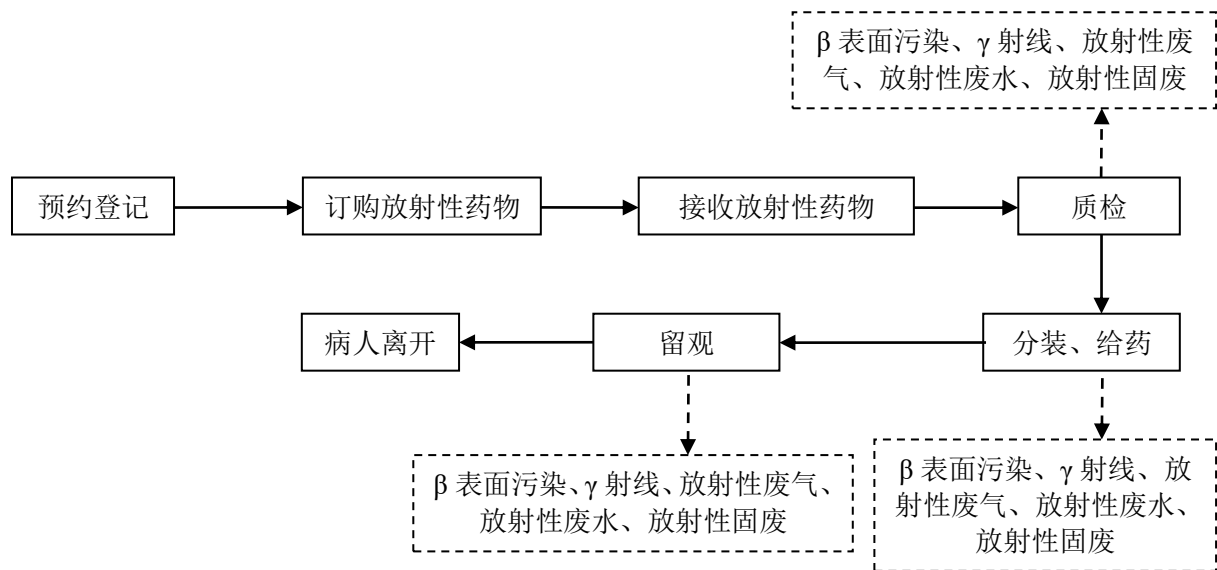


图 9.1-12 甲亢治疗工艺流程及产污环节示意图

(4) ^{89}Sr 核素治疗

本项目拟采用 ^{89}Sr 治疗骨转移瘤骨痛，核素治疗工作流程为：

①预约登记：根据医生指导意见，需要接受核素治疗的人员提前预约登记，确定核素用量；

②订购放射性药物：根据预约的检查人数及检查项目，提前一天向药品公司订购放射性药物；

③接收放射性药物：外购药物由药品公司负责把放射性药物送至核医学科储源室门口，在摄像头监控下，核医学科人员与其办理“点对点”交接手续，然后将药物暂存于储源室内；

④质检：给药护士检查药品包装和外观质量，核对放射性药物名称，药物进行活度验证， ^{89}Sr 放射性药物由供药公司根据每人份定药量直接分装在注射器内，无需再次分装。

⑤注射：在注射窗口防护下，给受检人员注射放射性药物，然后将废注射器等装入铅屏蔽盒内暂存，放射性废物分类收集。

⑥留观：患者在注射完成后，留观片刻（30min 左右），如感觉无异常，则沿走廊向东由病人专用通道从东南部专用出口离开核医学科，专用出口外为内科病房楼南侧室外道路。

^{89}Sr 核素治疗工作流程及产污环节如图 9.1-13 所示。

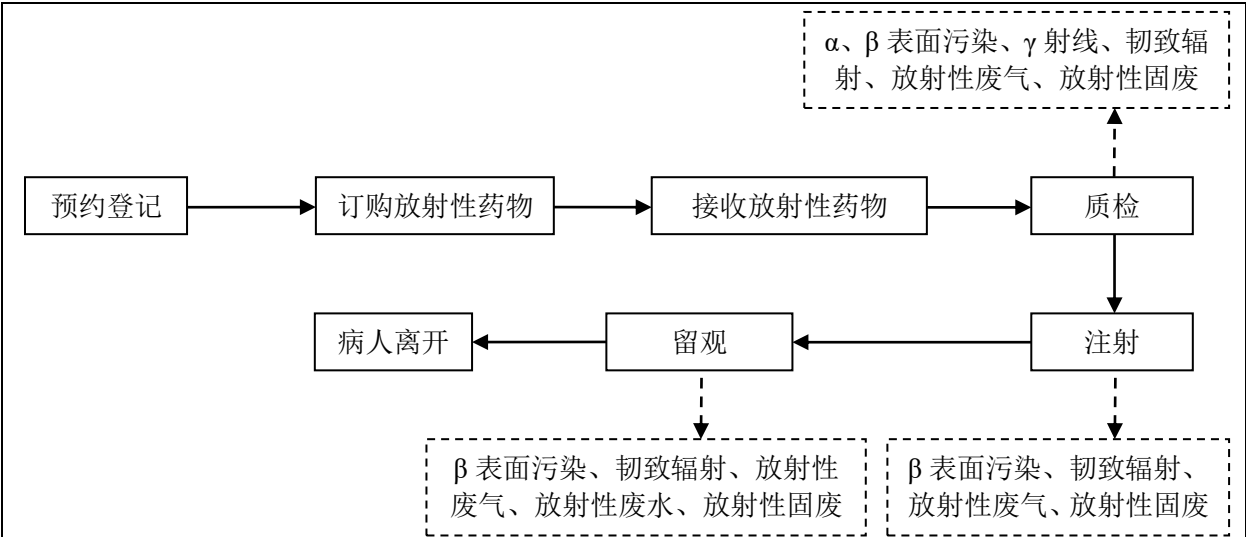


图 9.1-13 ⁸⁹Sr 核素治疗工艺流程及产污环节示意图

表 9.1-3 本项目放射性核素工作时间一览表

序号	核素	计划工作量	开展计划
1	¹⁸ F	每天 20 人次，每年 5000 人次	周一至周五早上 8 点到晚上 6 点
2	^{99m} Tc	每天 40 人次，每年 1500 人次	周一至周五早上 8 点到晚上 6 点
3	¹³¹ I	每周 20 人次，每年 1000 人次	周六上午 11 点到晚上 6 点
4	⁸⁹ Sr	每周 10 人次，每年 500 人次	每周六上午 8 点到 11 点

9.1.2 介入诊断治疗

9.1.2.1 设备组成

DSA 基本设备包括 X 射线发生和显像系统、机械系统、图像数据采集和存储系统、计算机系统等，DSA 设备基本结构见图 9.1-14，整体外观图见图 9.1-15。

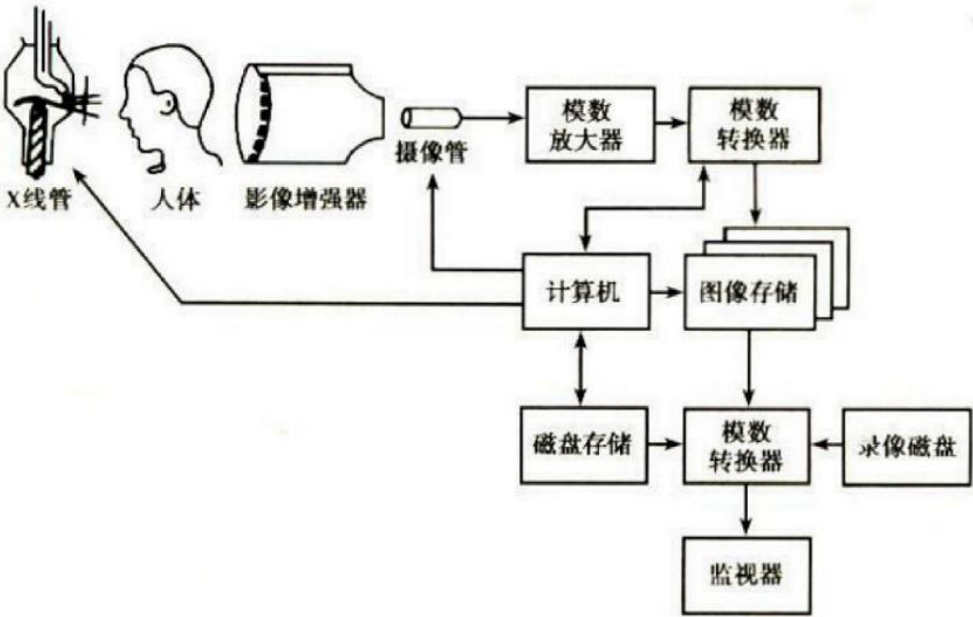


图 9.1-14 DSA 设备基本结构图

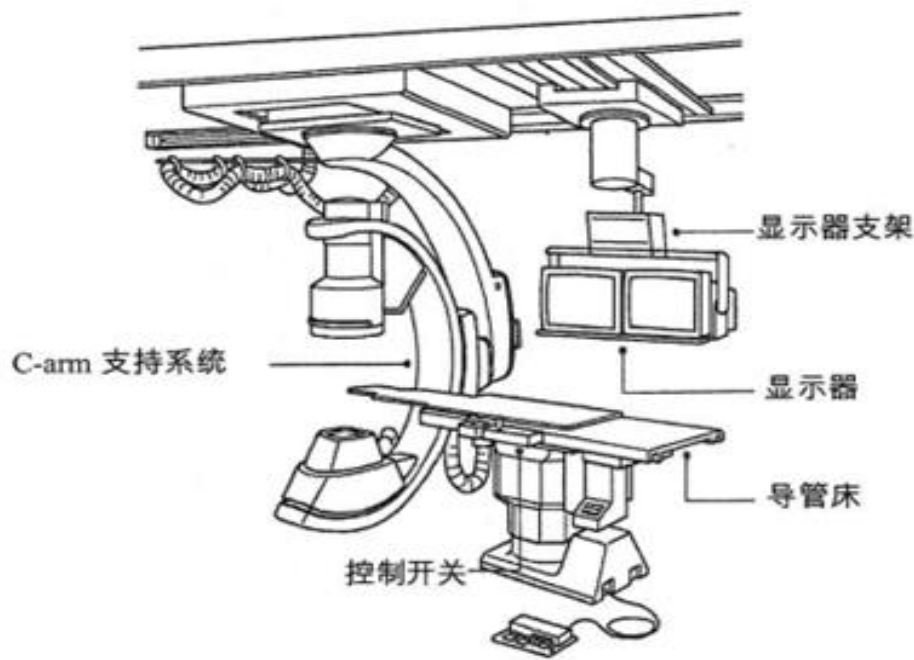


图 9.1-15 DSA 设备整体外观示意图

（1）X 射线发生和显像系统

X 射线发生和显像系统包括 X 线管，高压发生器，影像增强器，电视摄像机，光学系统和监视器等。其中 X 射线发生装置包括 X 线管、高压发生装置和控制装置。X 射线管是整台射线装置的辐射源。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，高速电子轰击靶体产生韧致辐射即 X 射线。典型 X 射线管结构图详见图 9.1-16。

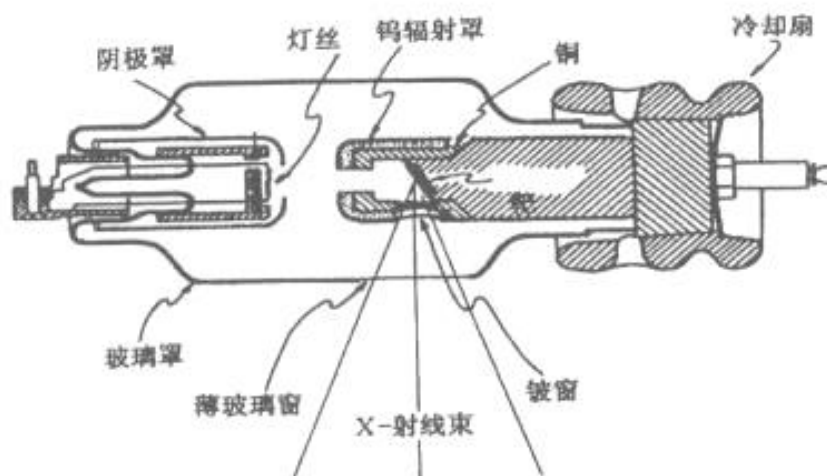


图 9.1-16 典型 X 射线管示意图

（2）机械系统

机械系统主要包括机架和导管床。

（3）图像数据采集和存储系统

采集图像介质有胶片、硬盘、光磁盘等。

（4）计算机系统

在 DSA 系统中，计算机主要用于控制和图像后处理。

（5）辐射屏蔽系统

X 射线显像系统中的影像增强器本身就是一个有用线束的屏蔽设施，通常在影像增强器透射和摄影情况下，由于影像增强器对初始有用线束的屏蔽作用，介入手术机房的辐射屏蔽设计一般只需考虑次级屏蔽就足够了。此外，数字减影血管造影装置出厂将配备铅玻璃悬挂屏风和床侧防护铅帘等辅助防护设施，为从事介入手术近台操作的医务人员提供辐射屏蔽。

9.1.3.2 工作原理

介入治疗是利用现代高科技手段进行的一种微创性治疗，其应用数字技术，扩大医生视野，借助导管、导丝延长了医生的双手，它的切口（穿刺点）仅有米粒大小，不用切开人体组织，就可治疗许多过去无法治疗、必须手术治疗或内科治疗疗效欠佳的疾病，如肿瘤、血管瘤、各种出血等。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点。DSA 常应用于介入治疗，能指导介入手术时医生快速、精确地操作；医生在 DSA 医学影像学设备的引导下，利用特殊的穿刺针、导管、导丝、支架和栓塞剂等器械代替传统的手术刀，对疾病进行诊断和局部治疗。

数字减影血管造影（DSA）技术是计算机与常规 X 射线血管造影相结合的一种新的检查方法。DSA 的成像基本原理是将受检部位没有注入造影剂和注入造影剂后的血管造影线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其它软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过 DSA 处理后的图像，血管影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

9.1.3.3 操作流程及产污节点

(1) 操作流程

1) DSA 手术

①病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

②向病人及家属告知可能受到的辐射危害。

③检查相关防护设施是否正常，根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入机房并进行摆位。

④技师协助摆位后与无关人员离开机房，在确认手术室内没有无关人员滞留后，关闭防护门。

⑤对患者进行无菌消毒、麻醉后，经穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，经鞘插入导管。医生利用脚踏板开关启动 X 射线系统进行透视。进行过程中医生穿戴铅衣、铅围脖、佩戴铅眼镜等个人防护用品进行防护。

⑥导管到位后，医生离开机房，关闭防护门，技师在操作间内加压对患者注射造影剂，开启设备，摄影采集图像。进行过程中，根据诊疗需要，医生或在操作室进行隔室摄影，或在床旁进行介入治疗，直到治疗结束，关机。

DSA 在进行曝光时分两种情况：

第一种情况隔室操作（摄影）：操作人员采取隔室操作的方式，在 DSA 机房外的操作间对病人进行曝光，介入手术医生及护士撤出机房，医生位于操作室通过铅玻璃观察窗观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

第二种情况同室操作（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时介入手术医师在 DSA 机房内同室操作，位于铅屏风或铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在曝光室内对病人进行直接的手术操作。

2) 杂交手术

CT 模式：在杂交手术室使用 CT 时，DSA 的 C 形臂须先处于远离 DSA 检查床的停止位并触发位置信号开关，此时才可将 CT 滑动机架从 CT 存放处停止位沿导轨移至杂交手术室内工作位，到达工作区域时触发位置信号开关 CT 才可进行曝光操作；在杂交手术室内使用 CT 模式下，因软硬件互锁 DSA 系统的所有移动和曝光功能均被禁用。因此两台设备同时在杂交手术室时只有 CT 能曝光操作。

CT 模式改为 DSA 模式：CT 使用结束后，将 CT 滑动机架移出杂交手术室内工作位后到达 CT 存放处的停止位并触发信号位置开关时，DSA 系统才可恢复正常使用。在 CT 和 DSA 手术联合使用期间，CT 和 DSA 不同时使用。

杂交手术室在一些复杂的手术作业中具有重大意义，由于在一些重大复杂的手术中，有时候需要通过 CT 诊断、DSA、手术分多次才能完成，而在杂交手术室中，医生可以将三者结合起来，发挥各自优势。将原本需要多次才能完成的手术集中在一次手术中就能完成，避免患者在手术室和影像科之间多次转运，减少了多次麻醉和转运可能带来的风险，提高了手术效率和手术的安全性。

（2）产污节点

DSA 和 CT 设备为射线装置，其 X 射线诊断曝光时产生 X 射线。X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。

X 射线会使周围空气发生电离，空气电离将产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），在 NO_x 中以 NO₂ 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，若在机房内聚集，对机房的人员具有一定的危害。

介入诊疗过程中注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片；手术过程中将产生少量的医疗废物。

（3）工作人员防护情况

主治医师穿戴防护用品在操作位进行手术，护士穿戴防护用品位于护士位进行手术辅助工作。操作室工作人员位于操作室内，控制电子系统，由手术室墙体，防护门，防护窗进行隔离防护。

本项目 DSA 工作流程及产污环节见图 9.1-17。

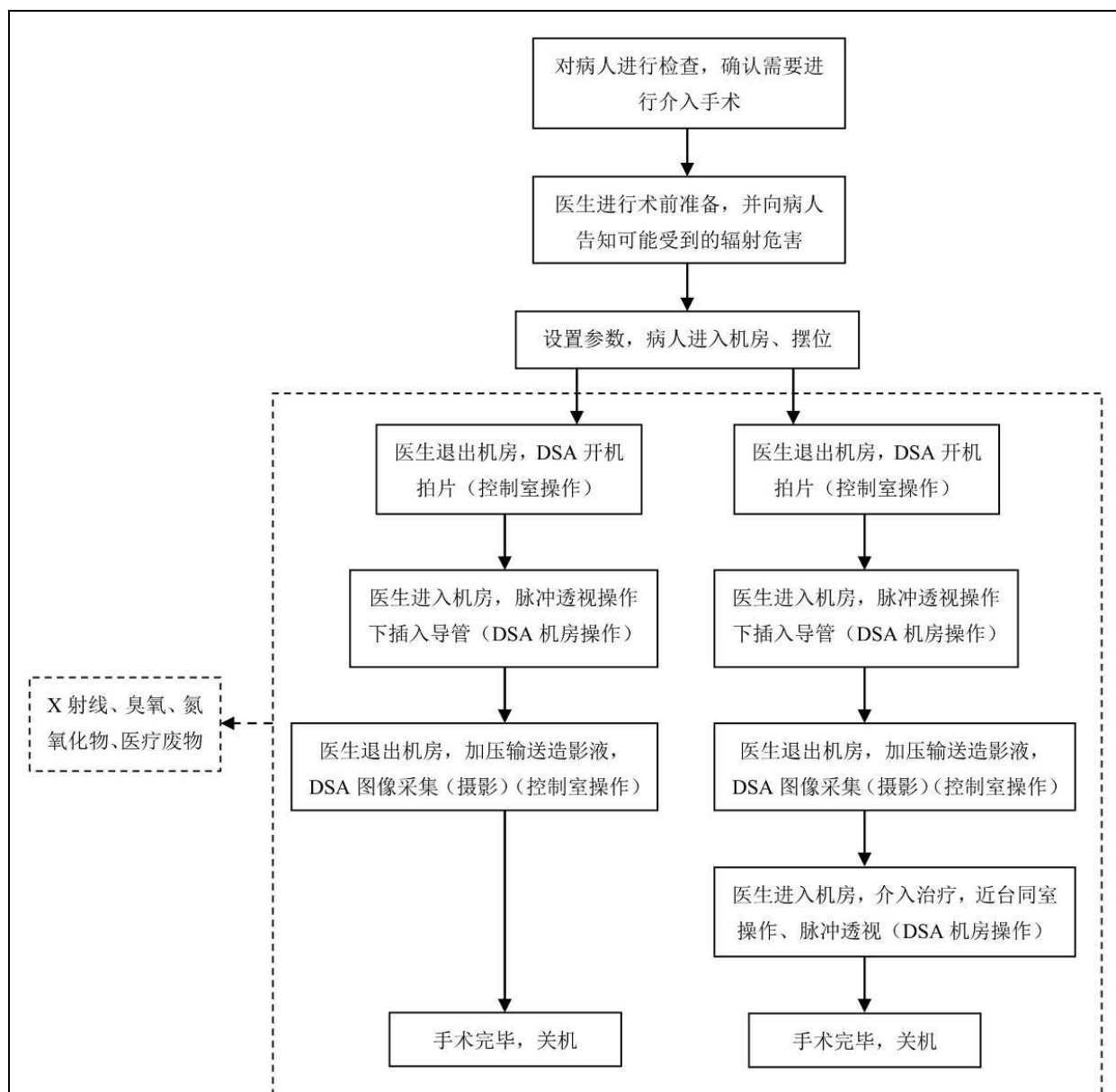


图 9.1-17 DSA 治疗流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

9.2.1.1 放射治疗

本项目正常工况下的污染因子分为放射性污染源和非放射性污染源，放射性污染源主要为放疗射线装置产生的 X 射线、电子线等，非放射性污染源主要包括 O₃ 及 NO_x，详见表 9.2-1。

表 9.2-1 正常工况下污染因子及污染途径

设备名称	污染因子		污染途径
医用电子直线加速器	放射性	X 射线、电子线	对职业人员及周围公众造成外照射
	非放射性	O ₃ 及 NO _x	空气流通扩散对职业人员、周边公众造成影响
模拟定位 CT	放射性	X 射线	对职业人员及周围公众造成外照射
	非放射性	O ₃ 及 NO _x	空气流通扩散对职业人员、周边公众造成影响

(1) X 射线

本项目加速器用于 X 线治疗时，电子枪产生的电子经过加速后，高能电子束与靶物质及其他加速器结构材料相互作用时将产生高能 X 射线，X 射线可能对工作人员和公众造成危害，并且随机器的开、关而产生和消失。

(2) 电子线

加速器用电子束治疗时产生电子线，电子束的屏蔽要求远低于高能 X 线，只要机房屏蔽设计能满足 X 射线屏蔽防护要求的即可满足电子线屏蔽防护。但由于电子束的强度高，若发生人员意外照射，会造成伤害。

本项目加速器最大 X 射线能量为 6MV，根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.2 条要求，可不考虑感生放射性。

(3) 放射性固体废物

加速器正常运行时，无废靶产生。如果加速器冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶，可暂存于铅桶，处置前经监测其表面辐射剂量率水平符合清洁解控水平，之后交由厂家回收处置。

模拟定位 CT 维修会产生废旧 X 射线管，由厂家更换后直接回收。

(4) 非放射性废气

医用直线加速器机房及模拟定位 CT 机房内的空气受到 X 线照射会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在机房内聚集，对机房的人员和设施均具有一定的危害。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），放射治疗室内换气次数应不少于 4 次/h；根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），机房内应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

9.2.1.2 核医学诊断治疗

由核医学科工作流程分析可知， γ 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，包括供药、分装、注射等过程，并随后进入患者身体中。受诊患者注射放射性药物后，本身短时间内也成为“辐射体”，不但对周围环境有外照射影响，排泄

物也成为放射性污染物。供药、分装、注射操作过程产生的固体废物也可能受放射性污染而成为放射性固体废物，核医学科项目污染因子包括：

（1）辐射污染因子

^{18}F 核素主要衰变类型为 β^+ 衰变，衰变过程中主要释放出 β 射线及 γ 射线； $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 核素主要衰变类型为 IT 衰变，衰变过程中主要释放出 γ 射线； ^{131}I 核素在衰变过程中主要释放 β 射线和 γ 射线； ^{89}Sr 核素在主要衰变类型为 β^- 衰变，衰变过程中主要释放 β 射线；本项目使用的 PET/CT 及 SPECT/CT 在曝光显像的过程中会发出 X 射线；PET/CT 及 SPECT/CT 校准源校准过程中释放 γ 射线。

综上所述，X 射线、 γ 射线和 β 射线是核医学科的主要污染因子。此外操作时，放射性核素逸出或飞散到工作场所表面，产生 β 表面污染。

（2）放射性废气

本项目核医学工作场所使用的放射性核素均为外购，其中 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 等均不属于挥发性核素，操作比较简单，无加热、振荡等步骤，注射时药物在分装时均直接吸入针筒内，注射时药物由针筒内直接注射至受检者及患者体内，常规操作过程中无开放液面；该场所使用的 ^{131}I 核素属于挥发性核素，但以碘 [^{131}I] 化钠形式存在，正常使用过程中有微量放射性气体产生，为安全起见，核医学工作场所拟设有自动分装仪，自动分装仪外拟设有手套箱，故其空气中挥发逸散出的放射性核素很少。

（3）放射性废水

本项目核医学诊疗治疗患者均不需进行住院观察，仅在注射后候诊或留观过程中产生少量的清洗废水及含放射性核素排泄物的卫生间废水。根据相关研究， ^{89}Sr 放射性药物经注射后，90% 富集在骨骼系统中，滞留时间长，注射后 90 天后仍有 20-80% 滞留于转移灶内，且本项目 ^{89}Sr 放射性药物操作后工作台的清理采用擦拭进行，擦拭后的吸收纸棉纱布等作为放射性固废进行处置，因此，本项目放射性废水中主要考虑 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 。

（4）放射性固体废物

本项目核医学产生的放射性固体废物包括放射性同位素（ ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr ）操作过程中产生的如一次性注射器（含针头）、一次性手套、口罩、棉签、滤纸、药瓶、口杯等带微量放射性同位素的医疗固体废弃物及定期更换的废活性炭。

本项目拟采用的 ^{68}Ge 校准源半衰期为 270.8d、 ^{57}Co 校准源半衰期为 271.8d，放射源使用一定时间后，其活度不能满足校准需要时，需进行更换，退役源更换后直接交由放射源生产厂家回收处理，如因放射源厂家不能回收的，交由有资质单位回收处置，院内

不进行贮存。

衰变池有极少量无法随废水排放沉积到池底的底泥，该部分量非常少，不会影响项目正常运行，可在项目结束后进行退役时处理，终态验收时达到清洁解控标准后进行清洁解控。

（5）非放射性污染源

本项目核医学科控制区内空气受到 X、 γ 射线照射时会产生一定量的臭氧和氮氧化物，若在房间内聚集，对房间内的人员和设施均具有一定的危害。

9.2.1.3 介入诊断治疗

（1）X 射线

DSA 和 CT 设备为射线装置，其 X 射线诊断曝光时产生 X 射线。X 射线是随机器的开关而产生和消失。因此，在非诊疗状态下不产生 X 射线，只有在开机处于出线状态时才会发出 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。在诊断过程中，X 射线在辐射场中可分为三种射线，分别为由 X 射线管窗口出射的用于诊断检查的有用射线、由 X 射线管防护套泄漏出来的漏射线、以及由上述两种射线在诊断床、受检者身体上产生的散射线。对于 X 射线造影装置来说，有用射束基本被探测器（影像增强器）屏蔽，影响周围环境的污染因子主要考虑泄漏和散射产生的 X 射线。

（2）非放射性污染源

①废气

X 射线会使周围空气发生电离，空气电离将产生臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），在 NO_x 中以 NO_2 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，若在机房内聚集，对机房的人员具有一定的危害。

②废水

DSA 采用数字成像，工作过程中无废显、定影液产生。项目运行后产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水和介入手术洗消时产生的少量医疗废水。

③固体废物

介入诊疗过程中注入的造影剂不含放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片；设备配套 X 射线管达到使用寿命或故障报废时会产生废旧 X 射线管。项目运行过程中会产生废医用器具和药棉、纱布、废造影剂、废造影剂瓶等医疗废物，属于危险废物。

9.2.2 事故工况

9.2.2.1 放射治疗

(1) 放射治疗射线装置辐射事故工况

本项目放射治疗射线装置的安装、检修均由设备销售厂家负责，医院只负责日常安全使用及管理。由于设备自身的屏蔽措施以及设备的固有安全联锁装置，设备在正常使用的情况下发生事故的的概率极小，可能发生的辐射事故主要包括：

①安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的放疗机房，造成额外的照射；

②工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害；

③工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，设备运行可能产生误照射；

④设备控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射；

⑤设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害。

从理论上讲，发生上述事故的几率极小，为防止事故的发生，在购置设备时要注意安全联锁设施的可靠性与稳定性的设计水平，使用过程中要经常定期检查和维护联锁系统及安全保障系统，仪器操作人员应严格按照操作规程进行运行操作，每次开机前必须要确认机房内无人员时，才能进行开机运行。

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，主要为 X 射线、 β 射线、 γ 射线、中子和中子俘获 γ 射线、感生放射性等对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

9.2.2.2 核医学诊断治疗

本项目使用 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT，均属于Ⅲ类射线装置、新增一处乙级非密封放射性物质工作场所。参考国内外类似项目运营中的资料及国内相关场所的实际考查，现将项目运营中可能出现概率较大或后果较严重的事故分列如下：

(1) 射线装置机房门一机联锁失效或操作人员失误，人员误入机房，造成误照射。

(2) 由于管理不善，发生放射性药品以及放射源失窃，造成放射性污染事故。

(3) 在放射性药物转移过程中由于操作人员违反操作规程或误操作引起的意外泄漏，造成台面、地面辐射污染。

(4) 工作人员未按要求穿戴个人防护用品等，造成额外附加照射剂量。

(5) 排风道未安装过滤装置或过滤装置失效，对环境造成影响。

(6) 放射性废水或放射性固废衰变时间不够，未达到解控水平或排放标准即外排。

事故工况下的污染因子与正常工况下基本相同，主要为： β 表面污染、 γ 射线、X 射

线、放射性废水、放射性废气、放射性固体废弃物、臭氧、氮氧化物等。

9.2.2.3 介入诊断治疗

本项目介入诊断治疗可能发生的辐射事故为：

①X 射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射；

②安全联锁装置发生故障状况下，导致人员误入正在运行的手术室而造成 X 射线误照射；

③操作介入手术的工作人员未穿戴铅围裙、铅衣、防护帽等个人防护用具，而受到超剂量的外照射；

④工作人员在手术室内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

⑤操作时其他无关人员滞留介入机房内，受到照射；

⑥维修调试过程中，因维修人员误操作导致设备出束，可能发生误照射；

⑦受检者邻近照射点的器官或组织未进行屏蔽，而受到超剂量的外照射伤害。

⑧手术时间过长，导致患者患处受到超剂量的外照射伤害。

事故工况下的污染因子和污染途径与正常工况下基本相同，主要为 X 射线对辐射工作人员及周围公众造成外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 放射治疗工作场所安全设施

10.1.1.1 工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

本项目放疗科位于医技后勤综合楼医技部分一层北部，放疗科北侧为绿化及院内道路，西侧为内庭院，南侧及东侧为医技后勤综合楼内医疗街；放疗科医用电子直线加速器机房上方为三层会议室，其他区域上方为二层输血科，加速器机房下方为土层，其他区域下方为地下停车场区域。加速器机房北侧为绿化及院内道路，东侧为一层、二层医疗街，南侧一层为控制室、辅助机房、水冷机房、走廊，二层为医生办公室、走廊，西侧为一层、二层楼梯间。本项目放疗科布置在医技后勤综合楼一层北侧一端，周围来往人员除了医护人员大部分为到此处治疗的病患及陪护家属，人员活动较为单一，既方便诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于建设单位对医用射线装置的集中统一管理。

(2) 工作场所分区

1) 控制区与监督区的划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项目放射治疗辐射工作场所控制区和监督区划分情况见表 10.1-1 及图 10.1-1、图 10.1-2。

表 10.1-1 放疗科各机房分区情况一览表

序号	项目	控制区	监督区
1	加速器	加速器机房	一层水冷机房、辅助机房、控制室、走廊外 1m、西侧楼梯间、北墙外 1m（绿化及院内道路）、东侧医疗街外 1m；二层医生办公室、西侧楼梯间、走廊外 1m、东侧医疗街外 1m
6	模拟定位 CT	模拟定位 CT 机房	控制室、弱电间、卫生间、缓冲间、磨具制作室、质控室东侧医疗街外 1m、

2) 控制区与监督区的安全措施

①控制区

对于控制区，建设单位拟采取一系列的辐射防护安全措施：如在机房防护门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；控制区内设置门-机联锁、紧急停机按钮、固定式辐射剂量监测报警仪、摄像监控和对讲装置等。严格限制无关人员随意进出控制区，并保证在设备正常运行的情况下，无关人员不在该区滞留。

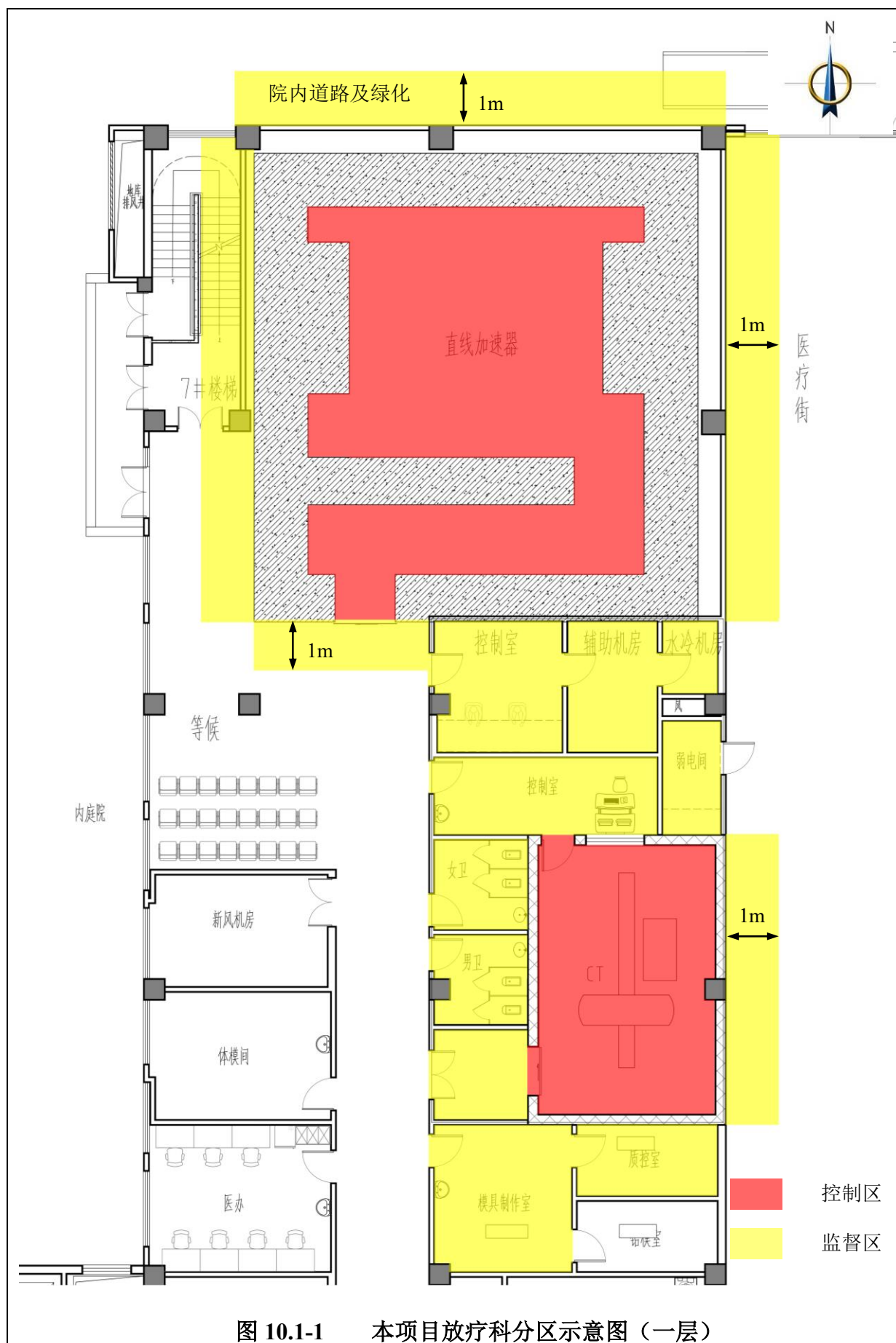


图 10.1-1 本项目放疗科分区示意图（一层）

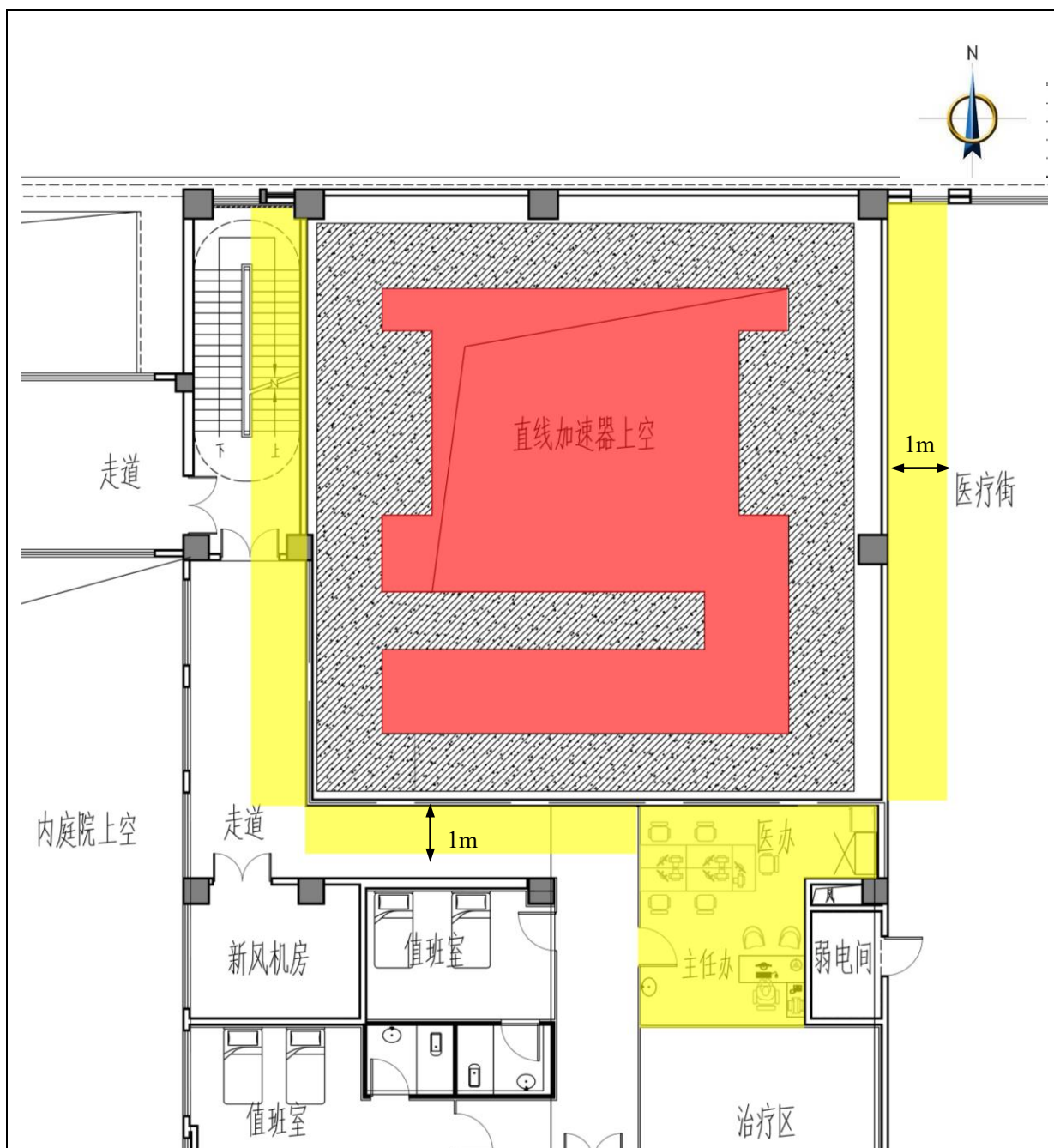


图 10.1-2 本项目放疗科分区示意图

②监督区

对于监督区，建设单位不采取专门的防护安全措施，但将定期对该区辐射剂量进行监测和评价。

10.1.1.2 工作场所辐射安全和防护

(1) 机房屏蔽设计

①加速器机房

本项目放疗机房各墙体均拟采用密度不小于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 混凝土作为屏蔽材料，根据建设单位提供的图纸和机房屏蔽设计情况，该项目加速器机房基本参数详见表 10.1-2 所

示；加速器机房东墙、西墙、室顶按主屏蔽墙设置，其余部分墙体按次屏蔽墙设置，加速器机房防护门拟采用夹铅板外包不锈钢防护门，屏蔽防护设计如表 10.1-3。加速器机房平面设计图如图 10.1-3，剖面设计图如图 10.1-4、图 10.1-5。

表 10.1-2 加速器机房基本信息

加速器机房			
机房尺寸	尺寸（mm）	等中心到各屏蔽体的距离	尺寸（mm）
机房净高	4000	等中心到东侧主防护墙（内侧）的距离	4000
机房宽度（东西方向）	8000	等中心到西侧主防护墙（内侧）的距离	4000
机房长度（南北方向）	7900	等中心到北侧墙（内侧）的距离	3500
迷路外入口（门洞）宽度	1900	等中心到南侧迷路内墙（内侧）的距离	4400
迷路内口宽度	2200	等中心到室内地面的距离	1295
迷路内口高度	5300	等中心点到室顶的距离	2705
迷路长度	10600	--	--
迷路宽度	2200	--	--

表 10.1-3 加速器机房屏蔽设计有关数据

屏蔽体厚度（混凝土）		屏蔽体长（宽）度	
屏蔽体	尺寸	屏蔽体	尺寸
顶棚主屏蔽墙（内凸）厚度	3000mm 混凝土	顶棚主屏蔽墙宽度	3600mm
顶棚次屏蔽墙厚度	1700mm 混凝土	--	--
东侧主屏蔽墙（内凸）厚度	3000mm 混凝土	东侧主屏蔽墙宽度	4800mm
东侧次屏蔽墙厚度	1700mm 混凝土	--	--
西侧主屏蔽墙（内凸）厚度	3000mm 混凝土	西侧主屏蔽墙宽度	4800mm
西侧次屏蔽墙厚度	1700mm 混凝土	--	--
南侧迷路内墙厚度	1500mm 混凝土	南侧迷路内墙长度	8400mm
南侧迷路外墙厚度	1500mm 混凝土	南侧迷路外墙长度	10600mm
北侧墙体厚度	1700mm 混凝土	迷道宽度	2200mm
机房防护门厚度	12mm 铅板	--	--

②模拟定位 CT 机房

本项目模拟定位 CT 机房四周墙体拟采用混凝土实心砖+硫酸钡水泥作为屏蔽材料，顶棚均拟采用密度不小于 2.35g/cm³ 的混凝土+硫酸钡水泥作为屏蔽材料，防护门拟采用不锈钢内衬铅板，观察窗拟采用铅玻璃，机房设计参数详见表 10.1-4 所示。模拟定位 CT 机房平面设计图如图 10.1-6 所示。

表 10.1-4 模拟定位 CT 机房屏蔽方案一览表

序号	项目	屏蔽要求	设计屏蔽水平	是否符合
1.1	内部净尺寸	机房内最小有效使用面积 30m ² ; 机房内最小单边长度 4.5m	净面积: 46.86m ² (8.46m×5.54m), 最小单边长度 5.54m	符合
1.2	四面墙体	≥2.5mmPb	37cm 实心砖墙 ¹⁾ + 2cm 硫酸钡水泥 ²⁾ (4.1mmPb)	符合
1.3	顶棚		20cm 混凝土 ³⁾ + 2cm 硫酸钡水泥 ²⁾ (4.3mmPb)	符合
1.4	地板		25cm 混凝土 (3.5mmPb)	符合
1.5	防护门		内衬 4.0mm 铅板 (4.0mmPb)	符合
1.6	观察窗		4.0mmPb 铅玻璃观察窗 (4.0mmPb)	符合

注: (1) 根据《辐射防护手册》第三分册辐射安全第三章 X 射线的防护, 37cm 实心砖在 140kV 射线下等效铅当量约为 2.5mmPb;

(2) 硫酸钡水泥度为 3.2t/m³, 1cm 硫酸钡水泥相当于铅当量 0.8mmPb;

(3) 依据标准《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020) 附录 C 中公式 (C.1)、公式 (C.2) 及表 C.2、表 C.3 中拟合参数计算得, 20cm、25cm 混凝土在 150kV (CT) 管电压下等效铅当量分别为 2.7mmPb、3.5mmPb。

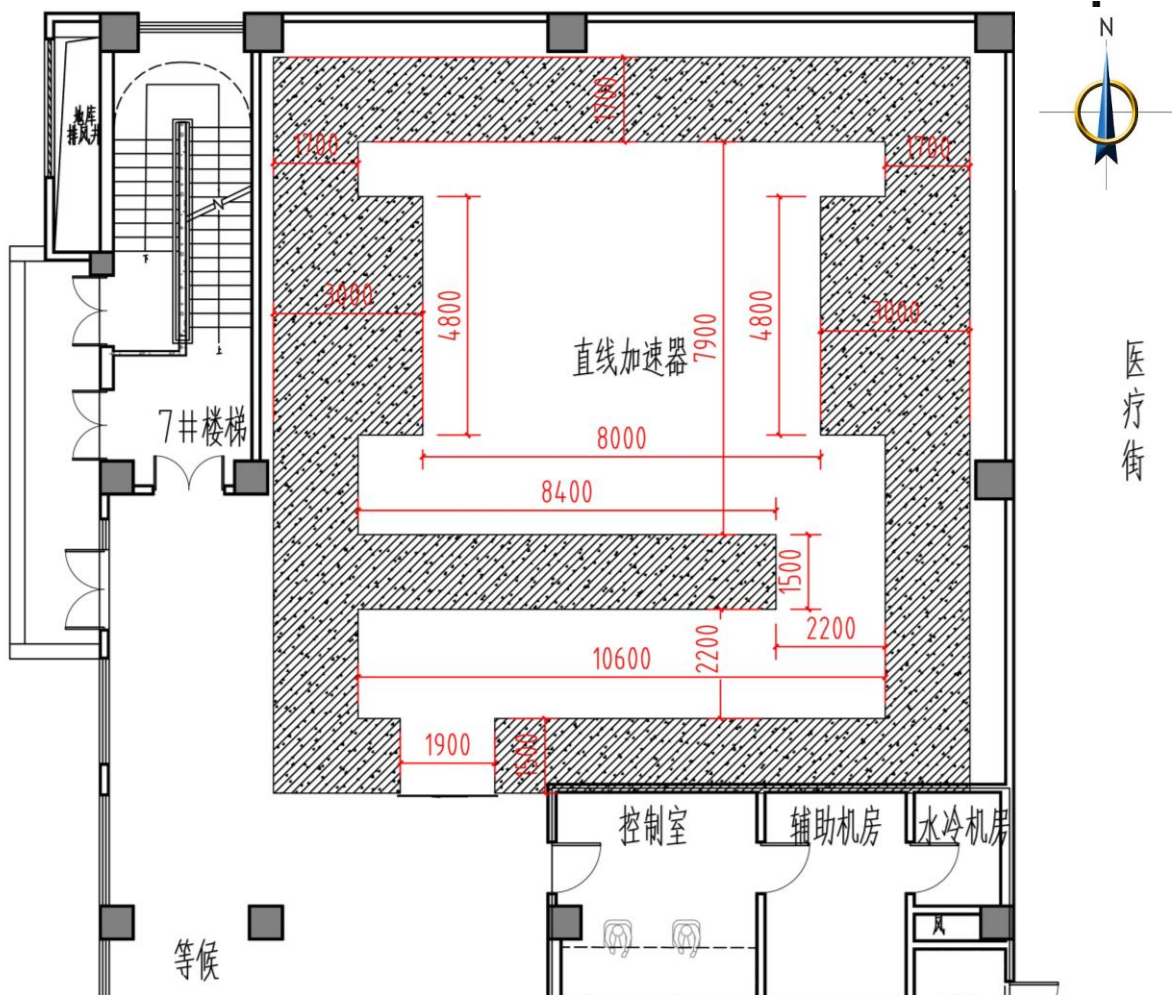


图 10.1-3 本项目加速器机房屏蔽防护平面设计图

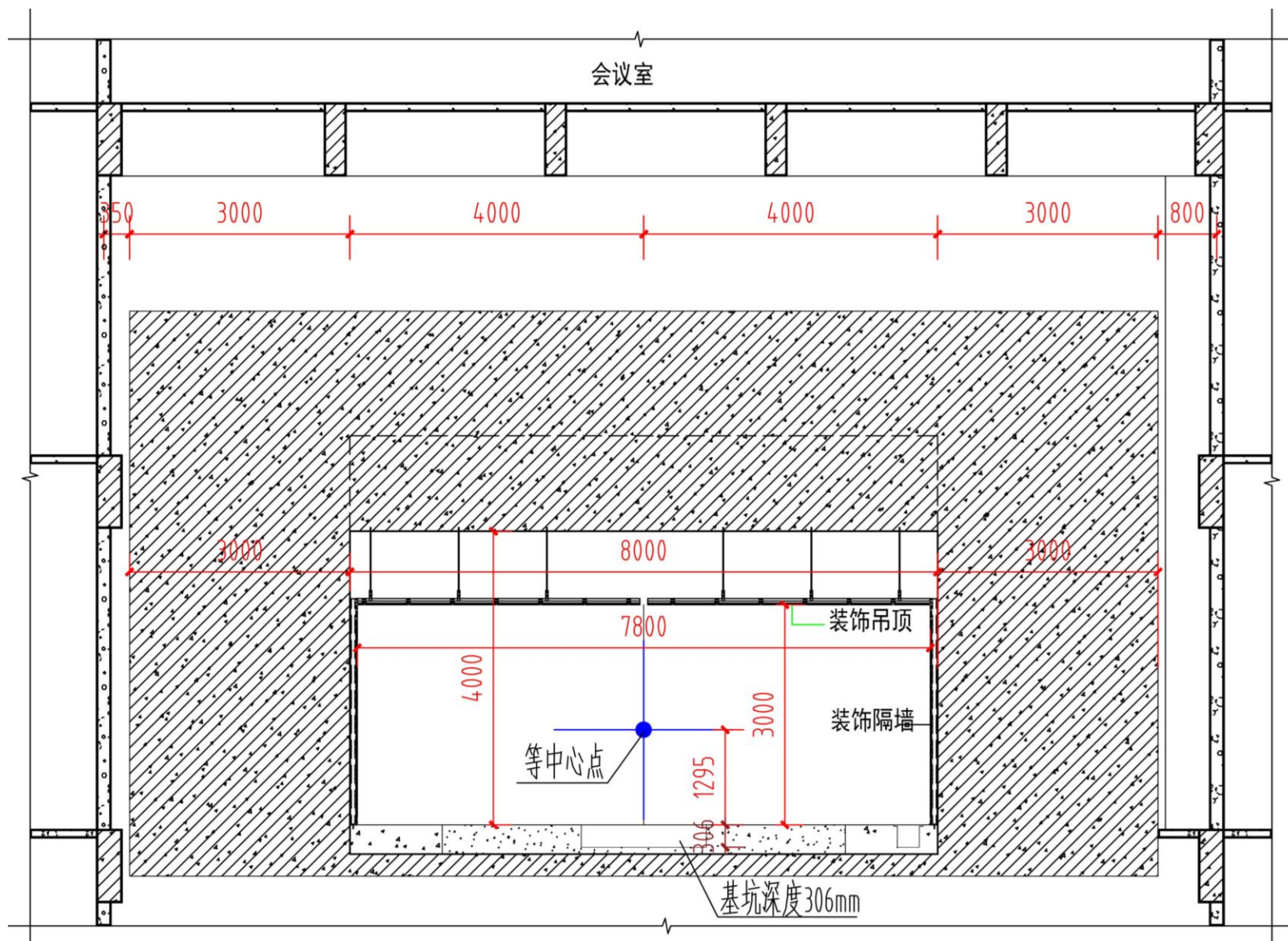


图 10.1-5 本项目加速器机房屏蔽防护剖面设计图

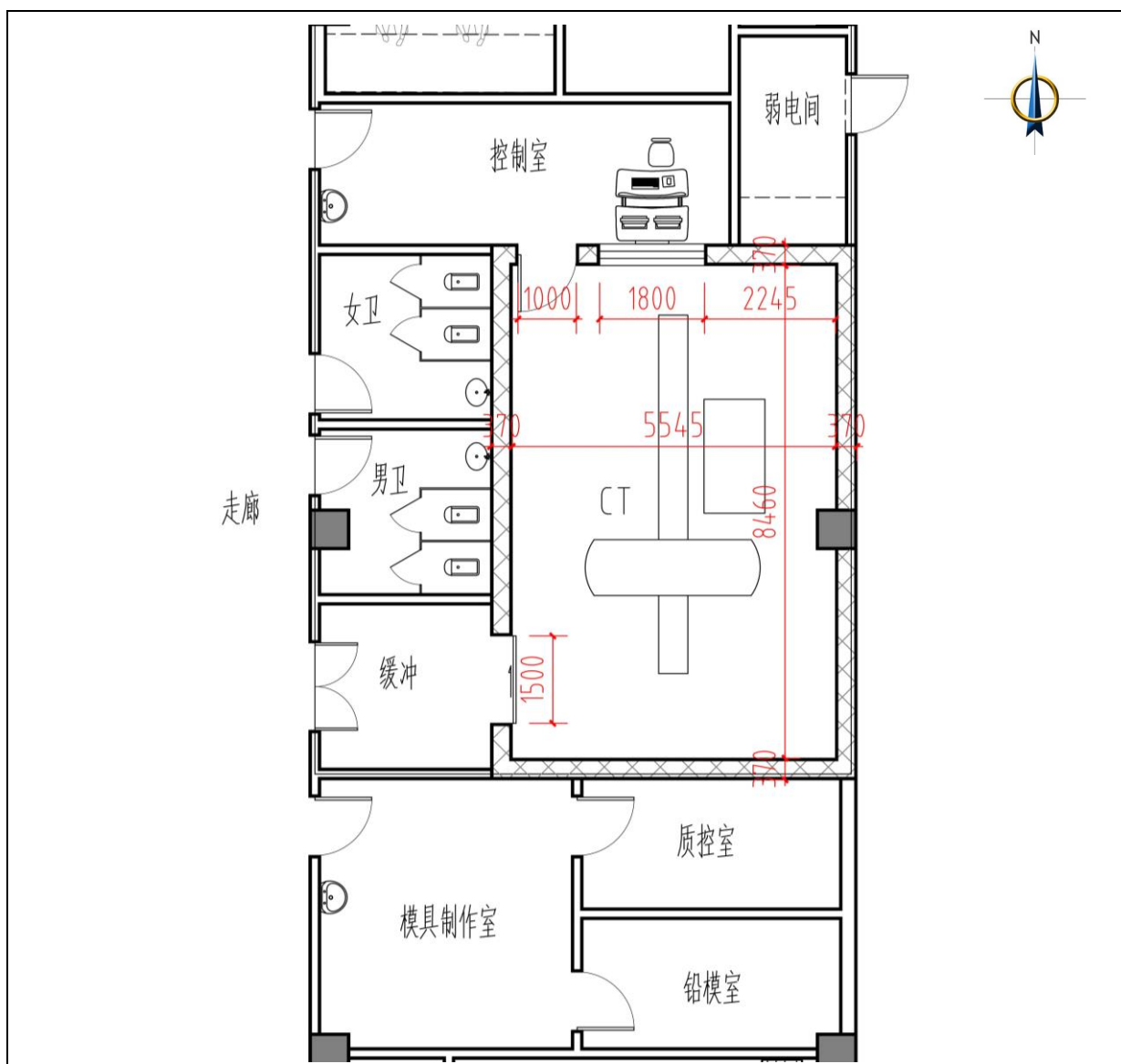
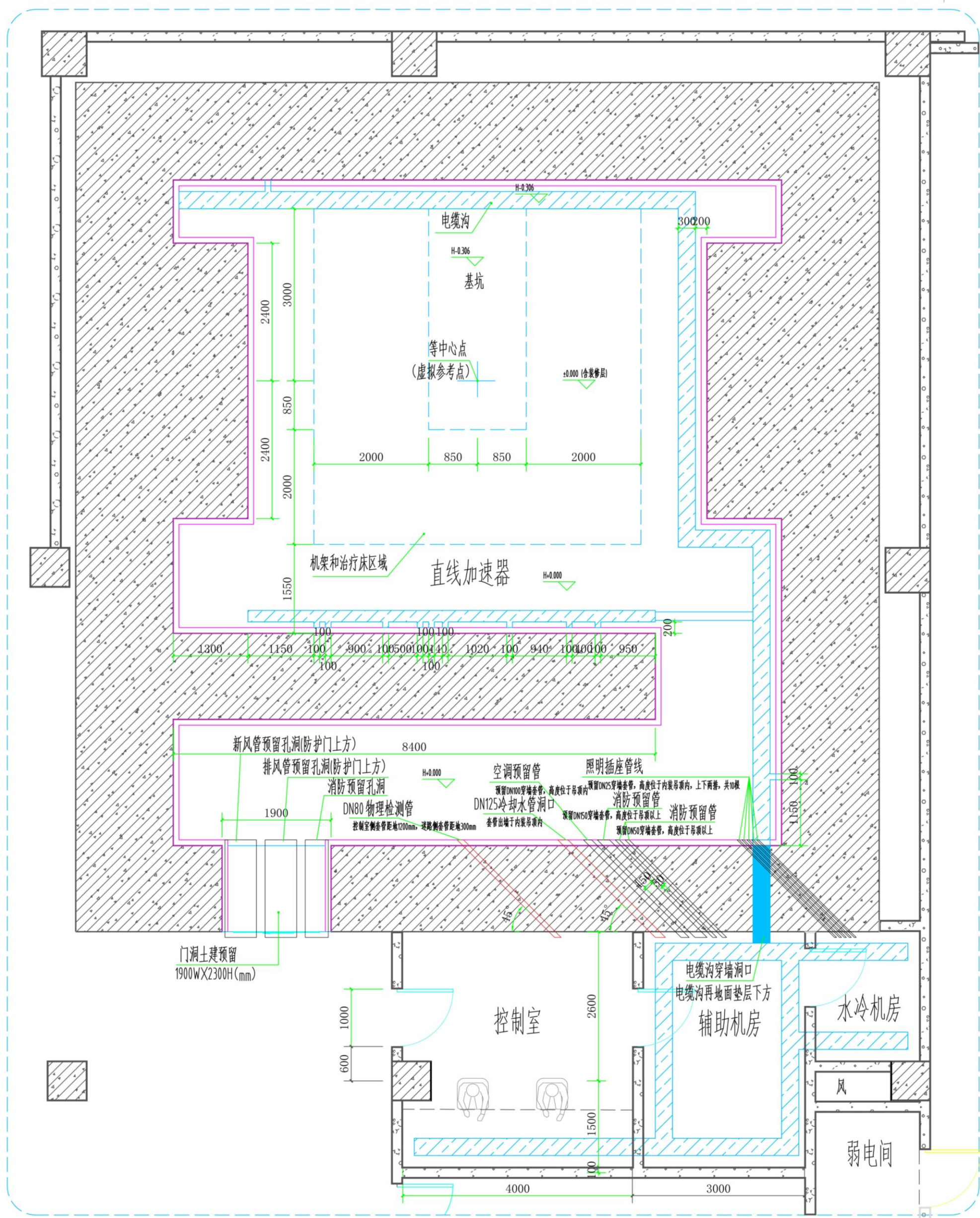


图 10.1-6 本项目模拟定位 CT 机房屏蔽设计平面图

(2) 穿墙管线屏蔽补偿

①加速器机房

本项目加速器机房内部电缆线以地沟形式在地坪以下部位布设,在辅助机房位置以“U”字型穿过防护墙体,电缆沟的坑道两侧均用混凝土填充;物理测试检管线拟在水平方向 45 度斜穿过南侧外墙到达控制室;空调预留管、冷却水管、照明管线、消防管线等拟在水平方向 45 度斜穿过南侧外墙到达辅助机房、水冷机房;进、排风管道在防护门上方以倒“V”字型穿过防护墙体,穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿。机房管线平面布置见图 10.1-7 所示,各管线穿墙剖面大样图见图 10.1-8 所示。



103



②模拟定位 CT 机房

本项目拟对模拟定位 CT 机房地板进行挖沟埋设电缆，电缆沟上方拟铺设 3mm 钢盖板，电缆沟内底部拟敷设 3mm 铅板进行屏蔽补偿，电缆沟拟在地下进行穿墙，穿墙位置铅板进行封堵。

本项目模拟定位 CT 机房拟设置机械排风系统，进风机拟设置于模拟定位 CT 机房西侧新风机房内，送风管道穿东墙进入模拟定位 CT 机房内，并拟在机房内西南部吊顶上方设置进风口，拟在机房内西北部吊顶层上方设置排风口，拟在机房内东北部吊顶层上方设置事故排风口，废气经排风口收集后沿排风管道向西侧穿墙后先向北再向东至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，事故排风管道拟向东穿墙至室外后向北至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区。进、排风

管道穿墙均为水平穿墙，穿墙位置内部包裹岩棉进行封堵，外部包裹专用 4mmPb 铅防护异形板进行屏蔽补偿，铅防护异形板包裹线槽长度不小于两倍桥架长边边长。排风管道穿墙屏蔽补偿见图 10.1-9 所示。

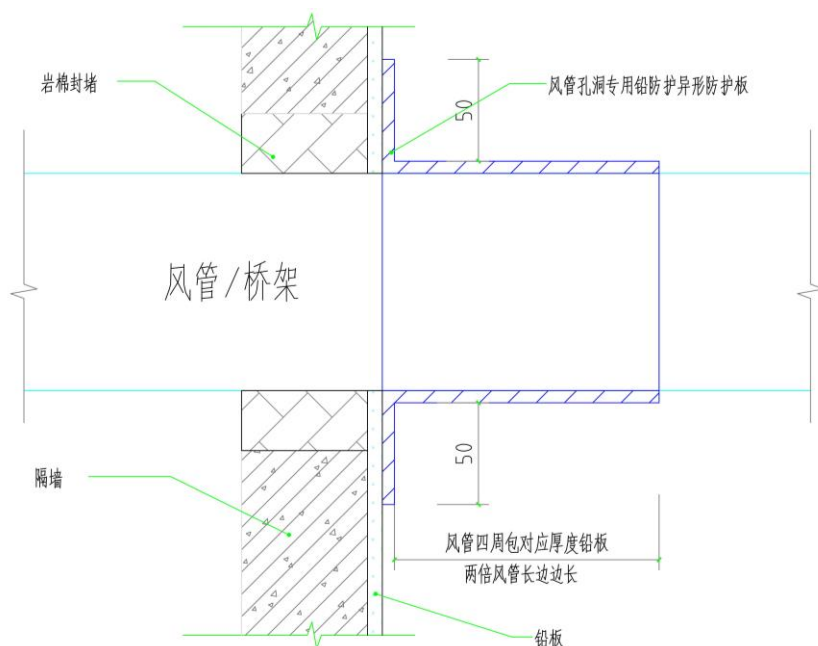


图 10.1-9 排风管道穿墙屏蔽补偿示意图

10.1.2.4 辐射安全与防护措施

该项目机房拟采取以下辐射安全与防护措施：

(1) 加速器机房拟设置门-机联锁装置以及红外防夹人设计。

(2) 拟在防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志。

(3) 拟在治疗室南迷路内墙内侧东部、东墙迷道内入口、东主屏蔽墙北部、北墙西部各设置 1 个摄像头（共 4 个），对治疗室、迷道及迷道入口处的全景状况进行实时监控，治疗室和控制室拟安装双向对讲系统，指导患者配合治疗。

(4) 拟设置设备开关联锁：操作台拟设操纵钥匙开关或电子锁，只有当钥匙开关插入钥匙孔或输入密码打开锁定，设备各项功能才能启动。

(5) 拟设置紧急停机开关：拟在设备治疗床两侧、控制室墙面、治疗室北墙、西墙主屏蔽墙、东墙主屏蔽墙、迷路内墙内侧、南迷路外墙内侧各设置 1 枚紧急停机按钮（共 8 枚），并拟设置明显的标志和提示语句，当遇到意外情况，可第一时间按动急停开关，切断设备电源，停止出束。

(6) 为保障治疗室内人员在紧急状况下顺利撤离，拟在防护门内侧安装防护门应急开启按钮，但不应安装关闭按钮，防止紧急时按错按钮。

(7) 控制台拟设置吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、标称能量、照射时间显示。

(8) 拟在主控制台设置计时器与辐射联锁、辐照启动与辐照参数预选数联锁、钥匙开关联锁。

(9) 加速器机房内拟设置固定式剂量报警仪，监测探头拟安装于机房内迷道内入口处，显示主机安装于控制室内，仪器带声光报警功能；每间机房拟配置 2 台个人剂量报警仪，人员在进入机房时必须携带，并拟为每位放射工作人员配备个人剂量计。

(10) 拟设置手动开门装置，必要时可紧急打开防护门。

(11) 机房内拟设置应急照明灯，拟在东墙迷道内入口、南迷路内墙内侧西部、北墙内侧西部各设 1 个应急照明灯。

(12) 防护门的设计及施工均委托专业单位进行，严格按照要求执行，确保建成后防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。

(13) 加速器机房及周边按要求划分为控制区和监督区，并进行分区管理。

(14) 拟配置 1 台便携式 X-γ 辐射检测仪。

(15) 控制室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

(16) 机房出入口门外均应设置红色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。

(17) 人员辐射安全措施

①时间防护

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择可行尽量低的射线装置参数，以尽量缩短曝光时间，减少辐射工作人员和患者的受照射时间。

②距离防护

在满足诊疗要求的前提下，人员保持与射线源尽可能大的距离，使距离最大化。

③屏蔽防护

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），医院拟为本项目模拟定位工作人员及受检者配备一定数量的个人防护用品，详见表 10.1-5。

表 10.1-5 本项目拟配备的个人防护用品情况一览表

序号	对象	防护用品名称	屏蔽参数	数量（件）
1	受检者	成人铅围裙	0.5mmPb	1
2		成人铅围领	0.5mmPb	1
3		成人铅帽	0.5mmPb	1
4		儿童铅围裙	0.5mmPb	1
5		儿童铅围领	0.5mmPb	1
6		儿童铅帽	0.5mmPb	1
7		包裹式铅毯	0.5mmPb	1
8	陪检者	铅衣	0.5mmPb	1

10.1.1.4 辐射安全与防护措施符合性分析

(1) 与相关标准要求相符性分析

对照相关标准要求，本项目加速器辐射防护措施符合性分析见表 10.1-6，模拟定位 CT 辐射防护措施符合性分析见表 10.1-7。

表 10.1-6 本项目加速器治疗机房辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	分区	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。	本项目加速器机房的治疗室及迷道、模拟定位 CT 机房内部均设置为控制区，与控制区相邻的区域划分为监督区，详见表 10.1-1。	符合
	原则	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）。		符合
	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。	根据 11.2.1 预测影响分析，本项目加速器机房屏蔽可满足额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件时的防护要求，对机房邻近场所中驻留人员的辐射影响较小。	符合
		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。	本项目加速器机房四周墙体及顶棚采用混凝土屏蔽材料，防护门采用含硼聚乙烯加铅板屏蔽材料；经分析，各屏蔽材料均符合最优化要求。	符合

续表 10.1-6 本项目加速器治疗机房辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否符合
《放射治疗 辐射安全与 防护要求》 (HJ1198-20 21)	屏蔽 要求	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。	建设单位机房内部电缆线以地沟形式在地坪以下部位布设, 在辅助机房位置以“U”字型穿过防护墙体, 电缆沟的坑道两侧均用混凝土填充; 物理测试检管线拟在水平方向45度斜穿过南侧外墙到达控制室; 空调预留管、冷却水管、照明管线、消防管线等拟在水平方向45度斜穿过南侧外墙到达辅助机房、水冷机房; 进、排风管道在防护门上方以倒“V”字型穿过防护墙体, 穿墙位置预埋4mm铅板进行屏蔽补偿。本次评价要求建设单位施工委托专业单位进行, 严格按照要求执行, 确保建成后防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。	符合
	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。	本项目建成后拟在加速器治疗设备和场所设醒目警告标志: (1) 拟在加速器治疗机房防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志和中文警示说明。 (2) 拟在治疗室南迷路内墙内侧东部、东墙迷道内入口、东主屏蔽墙北部、北墙西部共设置 4 个摄像头。 (3) 加速器治疗机房拟设置对讲装置, 通过监视系统能够对治疗室及迷道内的状况进行实时监控, 通过对讲系统可指导患者配合治疗。	符合
		6.2.2 医用直线加速器治疗室(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。	加速器机房内拟设置固定式剂量报警仪, 探头设置于治疗室迷路内入口处, 显示屏拟设置于控制室内。	符合

续表 10.1-6 本项目加速器治疗机房辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否 符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	安全 防护 设施 和措 施要 求	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/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；	本项目拟在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) 加速器治疗机房拟设置门-机联锁装置，防护门未完全关闭时加速器不出束或放射源回到治疗设备的安全位置； b) 加速器机房拟设置室内紧急开门装置，防护门拟设置防夹伤功能； c) 拟在设备治疗床两侧、控制室墙面、治疗室北墙、西墙主屏蔽墙、东墙主屏蔽墙、迷路内墙内侧、南迷路外墙内侧各设置 1 枚紧急停机按钮（共 8 枚），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。	符合
		6.2.3 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。	本项目拟设置的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。	符合
	操作 的辐 射安 全与 防护 要求	7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。	本次评价要求院方对本项目各机房的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。	符合
		7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。	本项目建成后，治疗期间，拟设两名及以上人员协调操作，并认真做好当班记录，严格执行交接班制度。	符合
		7.3 任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室。	医院制定有相关制度确保任何人员未经授权或允许不得进入控制区。工作人员须在确认放射治疗或者治疗室束流已经终止的情况下方可进入放射治疗室。	符合

续表 10.1-6 本项目加速器治疗机房辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否 符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》 (HJ1198-2021)	固体废物管理要求	8.2.2.1 活化后的准直器、束流阻止器及加速器靶等组成部件,在更换或退役时,应作为放射性固体废物处理,拆卸后先放进屏蔽容器或固体废物暂存间衰变暂存,最终送交有资质的单位收贮。	本项目加速器报废时,会有废靶产生,对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶,可暂存于铅桶,经监测其表面辐射剂量率水平符合清洁解控水平后交由厂家回收处置。	符合
		8.2.2.3 建立放射性固体废物台账,存放及处置前进行监测,记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果(剂量当量率)、监测日期、去向等相关信息,低于清洁解控水平的可作为一般固体废物处置,并做好存档记录。	本次评价要求院方建立放射性固体废物台账,在存放及处置前进行监测,记录部件名称、质量、辐射类别、监测设备、监测结果(剂量当量率)、监测日期、去向等相关信息,低于清洁解控水平的作为一般固体废物处置,并做好存档记录。	符合
	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。	本项目加速器治疗机房拟设置机械进、排风系统,采取全排全送的通风方式,换气次数9.4次/h,室外排气口位置未设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	符合
《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第一部分:一般规则》 (GBZ/T201.1-2007)		防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射,通常防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。	本项目设计及施工均委托专业单位进行,严格按照要求执行,确保建成后防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。	符合

根据上表可知,本项目加速器拟设置的辐射防护措施符合《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)及《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第一部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007)中相关防护要求。

表 10.1-7 本项目模拟定位 CT 辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否 符合
《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	布局	1.2 X射线设备机房(照射室)的设置应考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。	本项目模拟定位CT机房的设置充分考虑了邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全,经计算,四周墙体、顶棚、地板、防护门、观察窗屏蔽铅当量均满足相关标准要求。	符合
		6.4.8 模拟定位设备机房防护设施应满足相应设备类型的防护要求。		
		6.4.10 机房出入口宜处于散射辐射相对较低的位置。		

表 10.1-7 本项目模拟定位 CT 辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称	防护要求		本项目	是否 符合
《放射诊断 放射防护要 求》 (GBZ130-2 020)	布局	6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房,机房应满足使用设备的布局要求。	本项目模拟定位CT设有单独的机房,经分析,各机房满足设备的布局要求。	符合
	机房 屏蔽	6.2.1 不同类型X射线设备(不含床旁摄影设备和便携式X射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表3的规定(有用线束方向及非有用线束方向铅当量2.0mmPb)。	本项目模拟定位CT机房四周墙体、顶棚、地板屏蔽防护均符合标准中要求,详见表10.1-4。	符合
		6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3(有用线束方向及非有用线束方向铅当量2.0mmPb)的要求。	本项目模拟定位CT机房观察窗为不可打开式观察窗,机房门关闭时与观察窗的屏蔽防护符合标准中要求,详见表10.1-4。	符合
		6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置,其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	本项目模拟定位CT机房设有观察窗,便于辐射工作人员观察到受检者状态及防护门开闭情况。	符合
		6.4.9 CT装置的安放应利于操作者观察受检者。		符合
		6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	本次评价要求项目建成后,模拟定位CT机房内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
		6.4.3 机房应设置动力通风装置,并保持良好的通风。	本项目模拟定位CT机房拟设置机械排风系统,运行时可保持良好的通风。	符合
		6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志;机房门上方应有醒目的工作状态指示灯,灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句;候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	本项目模拟定位CT机房各防护门外均拟设置电离辐射警告标志;患者防护门上方拟设置醒目的工作状态指示灯,灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句;候诊区拟设置放射防护注意事项告知栏。	符合
《放射诊断 放射防护要 求》 (GBZ130-2 020)	机房 屏蔽	6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置;推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施;工作状态指示灯能与机房门有效关联。	本项目模拟定位CT机房拟设置的电动推拉门设置红外防夹装置;拟设置的平开门设自动闭门装置;主要为防止无关人员在X射线出束时误入。患者防护门上工作状态指示灯拟与机房门进行有效联动。	符合
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。		符合

根据上表可知，本项目模拟定位 CT 拟设置的辐射防护措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关防护要求。

（2）与《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）的相符性分析

①放射治疗

对照《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中“医用电子直线加速器使用场所监督检查技术程序”，本项目直线加速器防护措施符合性分析见表 10.1-8。

表 10.1-8 本项目加速器机房辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		拟建设情况	是否符合
1	A控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	加速器机房操作台拟设操纵钥匙开关或电子锁，只有当钥匙开关插入钥匙孔或输入密码打开锁定，设备各项功能才能启动。	符合
2		控制台有紧急停机按钮	本项目加速器治疗设备控制台拟设有急停按钮。	符合
3		视频监控与对讲系统	拟在治疗室南迷路内墙内侧东部、东墙迷道内入口、东主屏蔽墙北部、北墙西部共设置4个摄像头，加速器治疗机房拟设置对讲装置，通过监视系统能够治疗室及迷道内的状况进行实时监控，通过对讲系统可指导患者配合治疗。	符合
4		治疗室门与高压联锁	本项目加速器治疗机房拟设置门—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。	符合
5	B警示装置	入口电离辐射警告标志	本项目加速器治疗机房入口拟设置电离辐射警告标志。	符合
6		入口处有加速器工作状态显示	本项目加速器治疗机房防护门上方均拟设置工作状态指示灯。	符合
7		工作场所分区及标识	本项目加速器机房的治疗室及迷道设置为控制区，与控制区相邻的区域划分为监督区，详见表10.1-1。	符合
8	C治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	本项目加速器机房拟设置室内紧急开门装置，防护门拟设置红外防夹功能。	符合
9		治疗室门防夹人装置		符合
10		紧急照明或独立通道照明系统	本项目加速器治疗机房内拟设置紧急照明装置。	符合
11		治疗室内有紧急停机按钮	拟在设备治疗床两侧、控制室墙面、治疗室北墙、西墙主屏蔽墙、东墙主屏蔽墙、迷路内墙内侧、南迷路外墙内侧各设置1枚紧急停机按钮（共8枚）。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。	符合
12		治疗床有紧急停机按钮		符合

续表 10.1-8 本项目加速器机房辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		拟建设情况	是否符合
13	D监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	加速器机房内均拟设置固定式剂量报警仪，探头拟设置于治疗室迷路内入口处，显示屏拟设置于控制室内。	符合
14		便携式辐射监测仪器仪表	拟为放疗科配备1台便携式辐射环境检测仪。	符合
15		个人剂量报警仪	拟为加速器治疗机房配备2台个人剂量报警仪。	符合
16		个人剂量计	每名辐射工作人员拟配备1枚个人剂量计。	符合
17	E其他	通风系统	加速器机房西南侧吊顶层上方吊装1台进风风机，进风管道通过防护门上方接倒“V”型预埋管道进入机房内，穿墙位置预埋4mm铅板进行屏蔽补偿；进入机房后拟沿迷路内墙进入治疗室内在西南部吊顶上方设置进风口；拟在治疗室内西北部、东北部各设1个排风口，排风口拟设置在治疗室墙壁下部距地面20cm处，治疗室废气经排风口收集后经排风管道沿东墙向南，之后沿迷路内墙至机房防护门上方接倒“V”型预埋管道出机房，穿墙位置预埋4mm铅板进行屏蔽补偿，之后沿南迷路外墙外侧及东墙向东北排出室外，通风次数均不小于4次/h。	符合

经分析，本项目加速器治疗场所设置的辐射防护措施符合《核技术利用监督检查技术程序》（2020年版）中相关要求。

②模拟定位 CT

对照《核技术利用监督检查技术程序》（2020年版）中“III类医用射线装置监督检查技术程序”，本项目模拟定位CT工作场所辐射防护措施符合性分析见表10.1-9。

表 10.1-9 本项目模拟定位 CT 辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		检查结果	是否符合
1	A场所设施	单独机房	本项目模拟定位CT机房拟设有单独机房。	符合
2		机房门窗防护	本项目模拟定位CT机房四周墙体拟采用37cm实心砖墙+2cm硫酸钡水泥（4.1mmPb），顶棚拟采用12cm混凝土+2cm硫酸钡水泥（3.0mmPb），地板拟采用12cm混凝土+3cm硫酸钡水泥（3.0mmPb）；拟采用铅玻璃观察窗（4.0mmPb）、铅防护门（4.0mmPb）屏蔽。	符合
3		候诊位设置	本项目放疗科拟设置有等候区。	符合
4		闭门装置	本项目模拟定位CT机房西侧患者电动推拉防护门拟设有红外防夹装置，北侧工作人员手动平开门拟设置有自动闭门装置。	符合

续表 10.1-9 本项目模拟定位 CT 辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		检查结果	是否 符合
5	A场所 设施	防护用品和辅助防护设施	本项目拟为模拟定位CT机房受检者配备有铅帽、铅围裙、铅颈套各2件（成人、儿童各1件）、包裹式铅毯1件，铅当量均为0.5mmPb；拟为陪检者配备铅衣各1件，铅当量为0.5mmPb。	
6		入口处电离辐射警告标志	本项目模拟定位CT机房各防护门外均拟设置电离辐射标志。	
7		入口处机器工作状态指示	本项目模拟定位CT机房工作人员防护门上方拟设置工作状态指示灯。	
8	B监测 设备	监测仪表	本项目拟为放疗科配备便携式辐射检测仪1台。	符合
9		个人剂量计	本项目拟为每名工作人员各配备1枚个人剂量计。	符合

经分析，本项目模拟定位 CT 场所设置的辐射防护措施符合《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中相关要求。

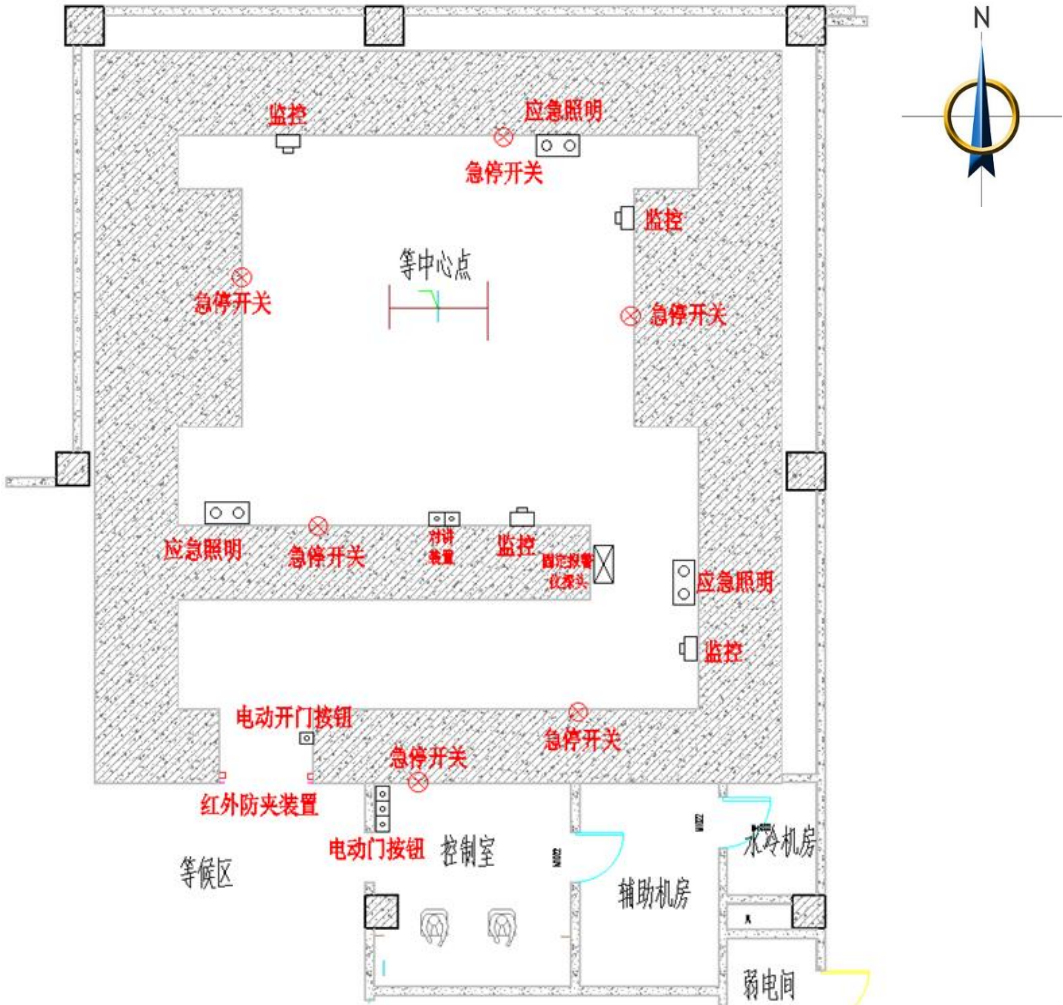


图 10.1-10 辐射安全防护设施分布平面图

10.1.2 核医学科工作场所安全设施

10.1.2.1 工作场所布局和分区

(1) 工作场所布局

本项目拟在建设单位淮滨院区医技后勤综合楼一层西北部建设核医学科，拟在核医学科设置预约登记室、准备间、诊断室、更衣室、办公室、工作人员卫生间、给药前候诊区、给药前卫生间、缓冲间（包含更衣区和淋浴间）、分装质控注射室、 ^{131}I 分装室、受注射区、 ^{131}I 服药间、放射性废物间、储源室、PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室、运动负荷兼应急抢救室、清洁间等配套功能用房。

(2) 工作场所通道划分设计

核医学科拟设专门的人流通道（工作人员和受检者或患者通道）和药物通道，并规定了通行的路线和方向，放射性区域进出口均拟设置单向门禁系统，并拟设置自动闭门装置。

1) 工作人员通道

设备操作人员从核医学科南侧医护人员通道入口向北沿医护走廊进入控制室。非密封放射性药物操作人员从核医学科医护人员通道入口向北沿医护走廊进入更衣室，再经缓冲间进入分装质控注射室、储源室进行药物接收、质检等操作， ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 等确认药物活度后至注射窗口进行药物注射， ^{131}I 药物确认活度后至 ^{131}I 分装室放入自动分装仪内，辐射工作人员工作结束后原路返回，至缓冲间淋浴并经表污监测合格后离开核医学工作区。

2) 患者通道

核医学患者通道从核医学科南侧入口进入核医学科，根据预约于登记室窗口进行登记，经工作人员叫号进入控制区（入口处拟设置单向门禁和自动闭门装置，患者只进不出），其中 PET/CT 受检者需先进入准备间预埋留置针。本项目核医学科北侧设置有专用患者出口，患者完成检查或治疗后沿出口走廊缓坡专用出口离开，出口位置为院内室外道路，非人员聚集区。

^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 患者至对应注射窗口接受药物注射，注射后受检者进入相应的注射后候诊室，检查前按检查要求至受检者卫生间排尽小便，根据工作人员叫号至相应机房进行扫描检查，扫描时间约 15min，检查完毕在对应留观室留观，无特殊情况沿走廊向北离开核医学科；需要进行心肌负荷试验的受检者，根据预约从南侧进入核医学科候诊区，根据工作人员叫号进入运动负荷室，进行次极量运动，待达运动终点时由医护人员在运

动负荷室进行药物注射；随后继续运动 1~3min 后，进入 SPECT/CT 机房（运动负荷室与 SPECT/CT 机房紧邻）进行检查；检查结束后在留观室留观，无特殊情况沿走廊向北离开核医学科。

^{89}Sr 患者根据预约于登记室窗口进行登记，由工作人员叫号进入（入口处拟设置单向门禁和自动闭门装置，患者只进不出，每次只进 1 人），至分装室注射窗口接受药物注射，注射完成后，沿患者走廊向北至 SPECT/CT 留观室进行留观，无特殊情况沿走廊向北离开核医学科。

^{131}I 患者根据预约于登记室窗口进行登记，由工作人员叫号进入（入口处拟设置单向门禁和自动闭门装置，患者只进不出，每次只进 1 人），至 ^{131}I 服药间口服药物，服药完成后，沿患者走廊向北至甲亢留观室进行留观，无特殊情况沿走廊向北离开核医学科。

3) 放射性药物通道

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{18}F 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 放射性药物由送药单位根据建设单位的预订日期，在医院上班前经核医学科出口送至储源室或分装质控注射室通风橱内。

本项目工作场所通道划分设计详见图 10.1-11 所示。

（3）工作场所分区

1) 控制区与监督区的划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项目辐射工作场所控制区和监督区划分情况见表 10.1-10 及图 10.1-12、图 10.1-13。

表 10.1-10 本项目各分区情况一览表

场所	控制区	监督区
核医学科	分装质控注射室、 ^{131}I 分装室、服药间、储源室、废物间、负荷运动抢救间、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、PET/CT 注射后候诊室、ECT 机房、SPECT/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、清洁间、甲亢留观室、丙类库房、走廊、衰变池等。	北墙外 1m、PET/CT 设备间、东侧走廊外 1m、控制间、缓冲间、预约登记室、准备间、南侧走廊外 1m、吸碘率测定室、西墙外 1m、6#楼梯间、衰变池周围 1m 范围等。

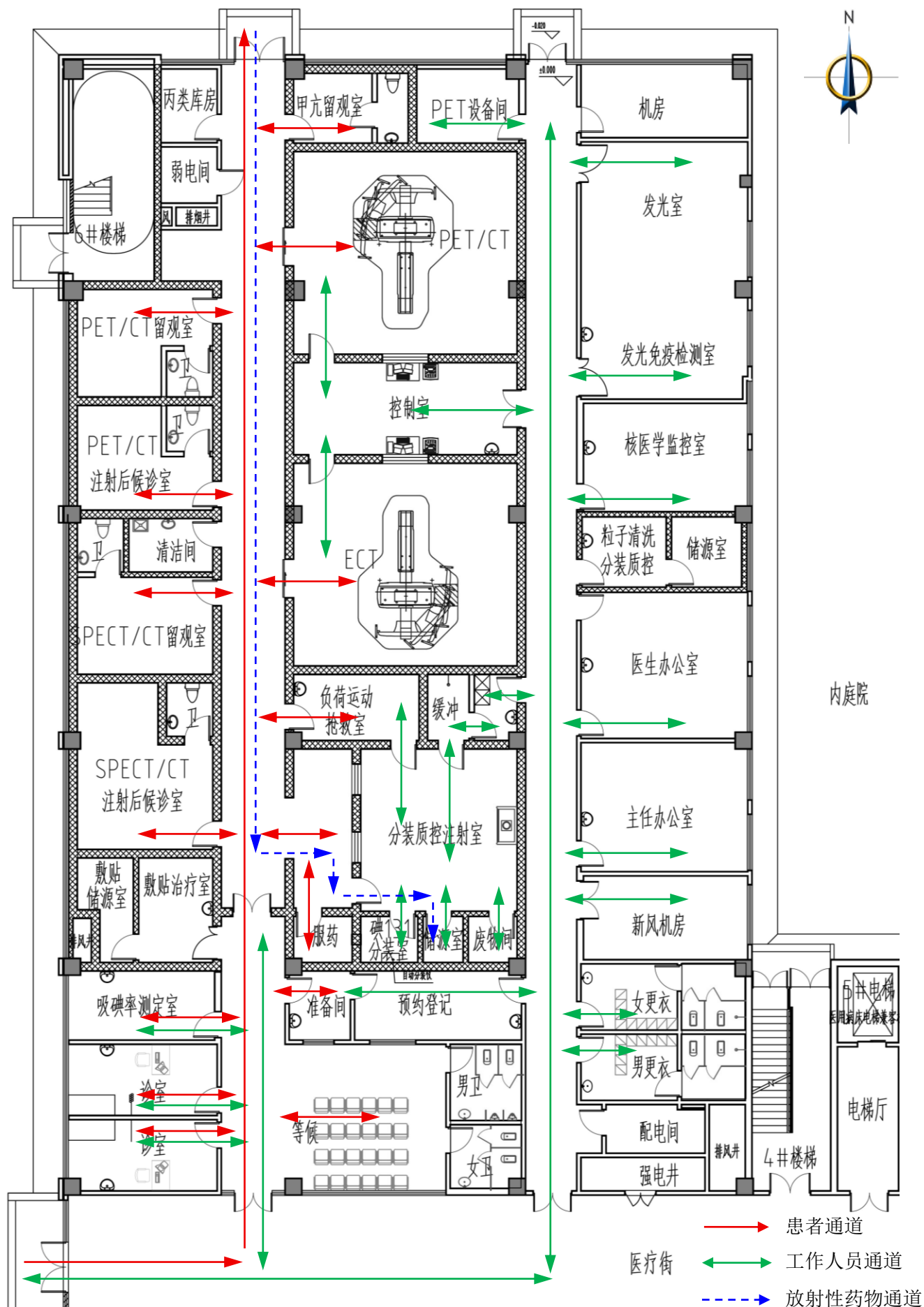


图 10.1-11 本项目核医学工作场所通道划分设计示意图



图 10.1-12 本项目核医学科工作场所分区示意图

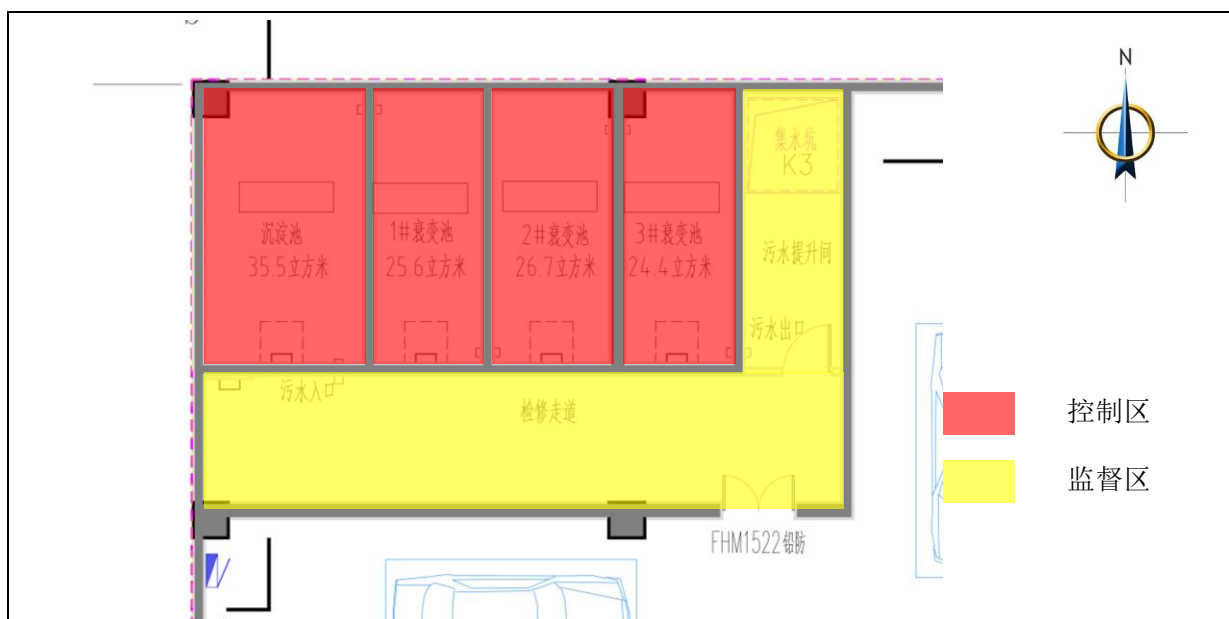


图 10.1-13 本项目核医学科衰变池系统分区示意图

2) 控制区与监督区的安全措施

①控制区

对于控制区，建设单位拟采取专门的防护手段和措施以便控制正常照射，并防止潜在照射或限制其程度。如在核医学科出入口设置门禁系统、工作人员入口处设置门锁，防止无关人员进入；在核医学科出入口、控制区各场所设置电离辐射标志和电离辐射警告标志；对给药后的候诊人员和放射性核素治疗患者进行严格管理，不允许其随便出入；不允许无关人员滞留给药后候诊区；患者使用的棉球等物品，及时清理作为低放废物暂存，排泄物、呕吐物等由专用卫生间排入衰变池内。

②监督区

对于监督区，建设单位不采取专门的防护安全措施，但将定期对该区辐射剂量进行监测和评价。

10.1.2 工作场所辐射安全和防护

10.1.2.1 工作场所分级

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）非密封源工作场所的分级要求，该项目核医学放射工作场所均属于乙级非密封源工作场所。

表 10.1-11 核医学工作场所分级计算表

核素名称	计划最大日操作量(Bq)	毒性组别修正因子	核素状态	操作方式与修正因子	日等效最大操作量(Bq)	场所日等效最大操作量(Bq)	分级
¹⁸ F	3.70E+10	低毒 0.01	液态	很简单操作 10	3.70E+07	9.69E+08	乙级
^{99m} Tc	4.44E+10	低毒 0.01	液态	很简单操作 10	4.44E+07		
¹³¹ I	7.40E+09	中毒 0.1	液态	简单操作 1	7.40E+08		
⁸⁹ Sr	1.48E+09	中毒 0.1	液态	简单操作 1	1.48E+08		

注：1）放射性核素的日等效操作量等于放射性核素的实际日操作量（Bq）与该核素毒性组别修正因子的积除以与操作方式有关的修正因子所得的商，乙级工作场所日等效最大操作量范围为 2.0E+07~4.0E+09Bq。

2）根据《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）表A.2，医疗机构使用的¹⁸F相关活动视为“很简单的操作”。

10.1.2.2 工作场所屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，该项目各放射工作场所屏蔽设计方案如表 10.1-12 所示。

表 10.1-12 本项目各放射工作场所屏蔽设计一览表

工作场所	屏蔽体及场所名称	设计屏蔽材料及厚度
储源室	南墙	370mm 混凝土实心砖墙
	东墙、西墙、北墙	240mm 混凝土实心砖墙
	北防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
分装质控注射室	南墙	240mm 混凝土实心砖墙
	东墙、西墙、北墙	370mm 混凝土实心砖墙
	西防护门	内衬 6mm 铅板
	西北防护门	内衬 10mm 铅板
	东北防护门	内衬 6mm 铅板
	PET 药物注射窗	40mmPb 铅玻璃窗
	SPECT 药物注射窗	6mmPb 铅玻璃窗
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
受注射区	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
¹³¹ I 分装室	南墙、西墙	370mm 混凝土实心砖墙
	北墙、东墙	240mm 混凝土实心砖墙
	北防护门	内衬 6mm 铅板
	西服药窗	40mmPb 铅玻璃窗
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土

续表 10.1-12 本项目各放射工作场所屏蔽设计一览表

工作场所	屏蔽体及场所名称	设计屏蔽材料及厚度
放射性废物间	南墙、东墙	370mm 混凝土实心砖墙
	北墙、西墙	240mm 混凝土实心砖墙
	北防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
¹³¹ I 服药室	四面墙体	370mm 混凝土实心砖墙
	北防护门	内衬 10mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
SPECT/CT 注射后候诊室	四面墙体	370mm 混凝土实心砖
	东防护门	内衬 4mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
SPECT/CT 机房	四面墙体	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥
	北观察窗	4mmPb 铅玻璃观察窗
	北防护门	内衬 4mm 铅板
	西防护门	内衬 4mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
SPECT/CT 留观室	北墙西部、东墙、南墙、西墙	370mm 混凝土实心砖
	北墙东部	240mm 混凝土实心砖
	东防护门	内衬 4mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
PET/CT 注射后候诊室	四面墙体	370mm 混凝土实心砖
	东防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
PET/CT 机房	四面墙体	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥
	西防护门	内衬 6mm 铅板
	南防护门	内衬 10mm 铅板
	南观察窗	10mmPb 铅玻璃观察窗
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土

续表 10.1-12 本项目各放射工作场所屏蔽设计一览表

工作场所	屏蔽体及场所名称	设计屏蔽材料及厚度
PET/CT 留观室	北墙	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	其他三面墙体	370mm 混凝土实心砖
	东防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	250mm 混凝土
甲亢留观室	南墙	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥
	北墙、西墙、东墙	370mm 混凝土实心砖
	西防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	300mm 混凝土
运动负荷兼应急抢救室	北墙	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥
	西墙、东墙、南墙	370mm 混凝土实心砖
	西防护门	内衬 6mm 铅板
	顶棚	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥
	地面	300mm 混凝土
患者入口	南墙	370mm 混凝土实心砖
	南防护门	内衬 10mm 铅板
患者出口	北墙	370mm 混凝土实心砖
	北防护门	内衬 10mm 铅板

注：1）该区域顶棚为 200mm 厚标准混凝土楼板，上铺不小于 300mm 厚的轻质混凝土，根据设计单位提供资料，轻质混凝土的密度为 1.68t/m³，折合为 153mm 厚混凝土，则该区域顶棚折合总厚度为 353mm 混凝土。

2）混凝土实心砖的密度为 1.68t/m³；铅的密度为 11.34t/m³；硫酸钡防护涂料密度不低于 2.79t/m³。

10.1.2.3 表面污染控制与防护

该项目涉及放射性药品的使用，为了防止放射性物质进入体内造成内照射，必须重视对放射性物质表面污染的防护，拟采取以下防护措施。

① 工作场所分区管理

该项目按照开展临床核医学项目使用核素的种类及用量，对工作场所进行了划分，工作人员从非放射性工作区进出放射性工作区需经监测区，并在监测区内配备表面污染监测仪、洗手台和淋浴装置等。

② 工作场所表面污染防治

涉及放射性药物操作的工作场所拟采用易清洗且不易渗透材料（如 PVC 板等）。地面要求平整光滑，易于清洗，拟铺设 PVC 塑料地坪，墙面转角上卷使用弧形收边，墙面要求平整光滑，1 米以下部位全部拟采用光滑、易于清洗的涂料等。

工作台面要求平整、光滑、易于清洗；墙面与地面、墙面与顶棚、墙面连接转角处

以及工作台边沿拟采取弧形设计，以尽可能减少表面污染。

除注射、口服药物外其余涉及放射性药物的所有操作均在手套箱内进行，手套箱操作台面要求光滑、平整、易于清洗去污。所有涉及放射性物质操作都将在铺衬有吸水纸的托盘内进行。

控制区内的淋浴间、盥洗水盆、清洗池等选用自动感应式的开关，以减少场所内的设备放射性污染。

③工作人员的防护措施

工作人员进入放射工作场所需更换服装，穿戴工作衣、裤、帽、鞋、防护口罩、胶质手套及其它防护用品。工作人员离开放射工作场所，需清洗、淋浴、更衣、并对手部等体表部位进行污染测定，确认未受放射污染，方可离开，进入非放射工作场所。在注射室等场所设置工作人员专用洗手台盆，并采用脚踏式或感应式水龙头开关。

④对受检者和患者的防护

受检者或患者根据预约按时来院，在注射室接受注射，在指定地点检查、留观或住院，不应随意走动，并在患者专用卫生间如厕。接受药物注射后由专门出口处离开。尽量减少对其他人员的影响。该项目受检者或患者接受药物或检查完毕后由专门出口处离开，尽量减少对其他人员的影响。

10.1.2.4 辐射安全与防护措施

(1) 拟采取的辅助防护措施

本项目拟采取的辅助防护措施详见表 10.1-13，设置位置见图 10.1-14。

表 10.1-13 本项目拟采取的辅助防护措施一览表

防护用品名称	相关参数	数量	拟使用位置及用途
手套箱	50mmPb	1 套	位于分装质控注射室
手套箱	50mmPb	1 套	位于 ^{131}I 分装室，内含自动分装仪
铅罐	50mmPb	4 个	位于储源室、分装质控注射室，用于药物运输
手提铅盒	5mmPb	2 个	位于分装质控注射室
注射器防护套	5mmPb、5mL	2 个	位于分装质控注射室
注射器防护套	15mmPb、5mL	2 件	位于分装质控注射室
注射器防护套	15mmPb、2mL	2 个	位于分装注射室，用于注射药物过程的屏蔽
移动式注射防护车	20mmPb	2 台	位于分装质控注射室
铅污物桶	20mmPb	3 个	分装质控注射室 2 个、 ^{131}I 分装室 1 个
铅污物桶	20mmPb	10 个	^{131}I 服药间 1 个、受注射区 2 个、PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 留观室、甲亢留观室各 1 个
铅箱	20mmPb	3 个	位于放射性废物间，用于放射性固废的储存、衰变

（2）辐射安全和防护措施

①核医学科控制区和监督区分区明确；设有医生和病人独立通道，控制区入口处设置电离辐射警示标志，禁止非有关工作人员入内，不允许注射药物的患者随便出入，病人出入口、医生通道设置相应的指示标志；监督区入口处拟张贴警示标牌，禁止无关公众人员进入。病人、医生和放射性物质运输线路指示路线，防止发生交叉污染。控制区进出口防护门均设置门禁系统，并设置自动闭门装置，严禁药物注射后患者随意进出，严禁无关人员滞留或误入。患者通道内的相应位置均设置视频监控系统，以对辐射工作场所的情况进行实时监控，及时发现突发情况并及时进行处理。

②核医学科各功能用房均采用铅防护门，并在门上悬挂（张贴）辐射警示标志，制定严格的辐射防护规程和操作规程制度并张贴上墙。

③核医学科设置医生专用卫生通过间并在出入口配置表面污染检测仪。核医学科医生进、出分装/质控/注射室等高污染子区需经过卫生通过间，出核医学科需经过表面污染检测仪确定是否需要进行淋洗，洗手水龙头应为光电感应或脚踏式龙头。

④加强对放射性药物的管理，储源室安装防盗门，设置监控系统，安排专人负责管理，实行双人双锁，核素储存罐应具有屏蔽所暂存核素的能力，放射性物质的放置应合理有序、易于取放、每次只取用需要使用的部分。放射核素储存柜应定期监测，无关人员不得入内。放射性药物的存取记录要详细、清晰。建立完善放射性药物保管、领用和登记制度。

⑤核医学科放射性废气经收集后通过专用管道引至楼顶，由活性炭吸附过滤装置处理后排放，工作场所的气流流向拟遵循自清洁区向监督区再向控制区的方向设计，保持工作场所的负压和各区之间的压差，以防止放射性气体及气溶胶对工作场所造成交叉污染。

⑥为了减少放射性污染的扩散和相互影响，控制不必要的交叉污染，在核医学科进出口设置出入管理控制系统（门禁）和监控装置。

⑦通过制度规范辐射工作人员的操作、人员职责等。在任何情况下均不允许用裸露的手直接接触放射性物质或进行污染物件的操作。

⑧核医学科工作场所设计专用厕所、专用下水道，控制区废水均通过专用倾斜管道自然重力流向核医学科下层衰变池。

⑨放射性固体废物和一般医疗废物分类收集，放射性固体废物收集后暂存于放射性废气储存间专用衰变箱内，经过一定时间衰变后经检测合格按医疗废物处置。放射性固体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

的产生量、污染核素名称、入库日期、解控或送贮日期、处置去向责任人员等内容。

⑩ 建设单位拟在核医学科配备 1 台 α 、 β 表面污染仪及 1 台 X、 γ 辐射巡测仪用于日常监测；医院将为每位辐射工作人员配置个人剂量计，并委托有资质单位进行定期监测。需定期对辐射工作人员定期进行职业健康体检，并建立完整的个人剂量监测和职业健康防护档案。

⑪ 清洁卫生要求：从非限制区到监督区到控制区，每个区拟设单独的清洁工具。

⑫ 在 PET/CT、SPECT/CT 控制台处拟设置铅玻璃观察窗，工作人员通过观察窗观察机房内患者状态，机房及操作间拟设语音对讲装置，防护门拟设防夹装置。

⑬ 在射线装置机房入口处设置符合规范的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯与机房相通的门设置联锁装置。机房的防护门上醒目位置拟贴“当心电离辐射”“禁止入内”“禁止停留”标志，用来提示人员不要进入处于工作状态的机房。

⑭ 工作状态指示灯：机房防护门上方拟设计工作指示灯以及电离辐射警告标志及其中文警示说明。用来警示人员不要进入处于工作状态的机房。

⑮ 安全联锁系统需定期进行检查，由医院一个月自行检查一次，使其能保持正常工作。保持长期运行的可靠性和稳定性，方可保护操作人员的辐射安全，消除辐射事故和病人过剂量照射的隐患。

⑯ 操作非密封型放射性药物时，液体洒落、挥发、泄漏造成地面、工作台面、操作人员衣服、手套和空气等污染，污染的表面一方面成为外照射的辐射源，一方面通过皮肤渗透、呼吸、进食使放射性物质进入体内形成内照射。为降低内照射对工作场所内辐射工作人员的影响，本项目要求放射性药物的分装在手套箱中进行，手套箱通风速率不低于 0.5m/s。严格规范辐射工作人员工作和生活习惯，禁止在核医学科场所饮食、饮水、化妆等；辐射工作人员定期进行培训，严格按照操作规程操作，尽量避免放射性药物撒漏，并经常用湿法清洁台面、地面及设备表面。严格遵守个人卫生制度和安全操作规程，穿戴个人防护用品，如工作服、手套、口罩、帽子、防护眼镜等，防止放射性核素沾染手和体表。辐射工作人员离开核医学科在卫生通过间进行必要的表污监测和污染洗消后才能离开。

10.1.2.5 防护用品配置

根据《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）：开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，其数量应满足开展工作需要。对于正电子放射性药物操作场所，应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。

为减少 β 、 γ 射线对人体的外照射危害，建设单位拟为该项目配置相应的铅橡胶围裙、铅橡胶帽子、铅橡胶颈套等防护用品。另外，为防止表面污染以及放射性气溶胶由呼吸道进入人体，建设单位拟配置工作服、工作鞋、手套、口罩等防护用品，以满足相关人员的放射防护需求。拟配置的防护用品详见表 10.1-14。

表 10.1-14 本项目拟配备的防护用品一览表

序号	防护用品名称	相关参数	数量	使用位置
1	乳胶手套	--	按使用需求提供	位于缓冲间
2	防污染一次性工作服	--	按使用需求提供	位于缓冲间
3	一次性鞋套、一次性帽子	--	按使用需求提供	位于缓冲间
4	口罩	--	按使用需求提供	位于缓冲间
5	吸水纸、塑料袋、酒精湿巾	--	按使用需求提供	位于缓冲间

10.1.2.6 患者出院管理要求

从某种程度上讲，服药患者相当于一个流动的放射源，在一定时间内，对近距离接触的公众可能产生外照射，并且患者排泄物也会对环境可能产生一定的影响。但是这种影响是暂时的，其影响随着时间的推移越来越小。为确保放射性核素治疗患者出院后，不至于使接触患者的家庭成员及公众超过相关的剂量约束或剂量限值， ^{89}Sr 出院患者体内放射性活度不应超过 200MBq， ^{131}I 出院患者体内放射性活度不应超过 400MBq 或距患者体表 1m 处的周围剂量当量率不大于 25 $\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目核医学仅涉及放射诊断及门诊治疗，不涉及患者住院治疗，患者在接受放射性药物诊断或治疗时，护士站护士拟告知患者及其家属辐射的危害，在患者同意的情况下进行放射诊断或治疗，并且在护士站处张贴告知单。病人在诊断、治疗完成后，经医生同意方可离开核医学科，医生并书面告知患者辐射可能对家属，尤其是小孩、怀孕的妇女或是哺乳期的妇女的危害。

10.1.2.7 辐射安全与防护措施符合性分析

（1）与《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）的相符性分析

对照《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关要求，本项目核医学工作场所拟采取的辐射安全与防护措施符合性分析见表 10.1-15。

表 10.1-15 本项目核医学场所辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否 符合
《核医学辐射 防护与安全要 求》 (HJ1188-202 1)	场所安全 措施要求	6.2.1 核医学工作场所的放射性核素操 作设备的表面、工作台台面等平整光 滑,室内地面与墙壁衔接处应无接缝, 易于清洗、去污。	本项目拟采用的操作设备的表 面、工作台台面等平整光滑, 室内地面与墙壁衔接处应无接 缝,易于清洗、去污。	符合
	场所安全 措施要求	6.2.2 操作放射性药物场所级别达到乙 级应在手套箱中进行,丙级可在手套 箱内进行。应为从事放射性药物操作 的工作人员配备必要的防护用品。放 射性药物给药器应有适当的屏蔽,给 药后患者候诊室内、核素治疗病房的 床位旁应设有铅屏风等屏蔽体,以减 少对其他患者和医护人员的照射。	本项目核医学科为乙级场所, 操作放射性药物拟在手套箱中 进行。建设单位拟为从事放射 性药物操作的工作人员配备必 要的防护用品。放射性药物给 药器拟配备有铅屏蔽套,给药 后患者候诊室内应设有铅屏风 等屏蔽体,以减少对其他患者 和医护人员的照射。	符合
		6.2.3 操作放射性药物的控制区出口应 配有表面污染监测仪器,从控制区离 开的人员和物品均应进行表面污染监 测,如表面污染水平超出控制标准, 应采取相应的去污措施。	建设单位拟在操作放射性药物 的控制区出口配有表面污染监 测仪器,从控制区离开的人员 和物品均应进行表面污染监 测,如表面污染水平超出控制 标准,应采取相应的去污措施。	符合
		6.2.4 放射性物质应贮存在专门场所的 贮存容器或保险箱内,定期进行辐射 水平监测,无关人员不应入内。贮存 的放射性物质应建立台账,及时登记, 确保账物相符。	本项目放射性核素药物均拟贮 存在储源室的贮存容器内,定 期进行辐射水平监测,无关人 员不应入内。贮存的放射性物 质拟建立台账,及时登记,确 保账物相符。	符合
		6.2.5 应为核医学工作场所内部放射性 物质运送配备有足够屏蔽的贮存、转 运等容器,容器表面应张贴电离辐射 标志,容器在运送时应有适当的固定 措施。	建设单位拟为本核医学工作场 所内部放射性物质运送配备相 应的屏蔽的贮存、转运等容器, 容器表面应张贴电离辐射标 志,容器在运送时拟设置有固 定措施。	符合
		6.2.9 扫描机房外门框上方应设置工作 状态指示灯。	建设单位拟在本项目PET/CT机 房、SPECT机房外患者防护门 门框上方应设置工作状态指示 灯。	符合

续表 10.1-15 本项目核医学场所辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称		防护要求	本项目	是否 符合
《核医学放射 防护要求》 (GBZ120-20 20)	个人防护 用品及去 污用品	6.1.1 开展核医学工作的医疗机构应根据工作内容，为工作人员配备合适的防护用品和去污用品，其数量应满足开展工作需要。对陪检者应至少配备铅橡胶防护服。对操作 ^{68}Ga 、 ^{18}F 等正电子放射性药物和 ^{131}I 的场所，此时应考虑其他的防护措施，如：穿戴放射性污染防护服、熟练操作技能、缩短工作时间、使用注射器防护套和先留置注射器留置针等措施。	建设单位拟为本项目核医学工作场所配备乳胶手套、口罩、防污染一次性工作服、一次性鞋套等应急去污用品。 建设单位拟为本项目核医学工作场所工作人员配备防污染一次性工作服、注射器防护套，在 ^{18}F 患者注射前留置注射器留置针，在 ^{131}I 分装室设置自动分装仪，同时加强工作人员培训，使其掌握熟练的操作技能，缩短工作时间。	符合

由上表分析可知，本项目核医学工作场所拟采取的辐射安全与防护措施符合《核医学辐射防护与安全要求》(HJ1188-2021)及《核医学放射防护要求》(GBZ120-2020)中场所安全措施相关要求。

(2) 与《核技术利用监督检查技术程序》(2020 年版)的相符性分析

对照《核技术利用监督检查技术程序》(2020 年版)中“非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序”，本项目核医学科防护措施符合性分析见表 10.1-16。

表 10.1-16 本项目核医学科场所辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		设计情况	是否 符合
1	A场所 设施	场所分区布局是否合理及有无相应措施/标识	本项目按照相关要求在辐射工作场所划分了控制区、监督区，拟在核医学科出入口、控制区各场所设置电	符合
2		电离辐射警告标志	离辐射标志和电离辐射警告标识。	符合
3		独立的通风设施	本项目核医学科设有独立的通风设施。	符合
4		治疗病房病人之间防护	本项目采用的核素治疗周期较短，患者注射留观无异常后即可出院，不涉及住院治疗场所。	符合
5		给药操作人员屏蔽	本项目设有手套箱、注射器屏蔽套等措施。	符合
6		易去污的工作台面	本项目拟采用易去污的工作台面。	符合
7		病人专用卫生间	本项目控制区内拟为各候诊室及留观室设计有给药后患者的专用卫生间。	符合
8		放射性核素暂存场所或设施	本项目设有储源室，用于放射性核素暂存。	符合

续表 10.1-16 本项目核医学科场所辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		设计情况	是否 符合
9	B监测 设备	表面污染监测仪	本项目卫生通过间拟设置表面污染监测仪。	符合
10		便携式辐射水平监测仪	本项目核医学工作场所拟配备便携式辐射水平监测仪。	符合
11		个人剂量计	本项目拟为辐射工作人员配备个人剂量计。	符合
12		个人剂量报警仪	本项目拟为PET/CT、SPECT/CT设备操作人员配备个人剂量报警仪	符合
13	D防护 器材	个人防护用品	本项目核医学工作场所拟配备有相应的个人防护用品、放射性表面去污用品和防污染材料。	符合
14		放射性表面去污用品和防污染材料		符合

根据上表可知，本项目核医学科拟设的场所设施措施及防护器材配置符合《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中相关要求。

10.1.2介入诊断治疗工作场所安全设施

10.1.2.1工作场所布局和分区

（1）工作场所布局

本项目 DSA 手术室位于医技后勤综合楼三层南部，设有 2 间 DSA 手术室。DSA1 手术室西侧为控制区及设备间，南侧、东侧均为走廊，北侧为洁净走廊，顶棚上方为屋顶，地板下方为 HIV 区、清洁区、缓冲区、微生物室、结核间；DSA2 手术室西侧为铅衣存放间、铅衣清洗间，南侧为走廊，东侧为设备间、控制区，北侧为洁净走廊，顶棚上方为屋顶，地板下方为样本制备间、扩增区、高温消毒间、PCR 实验区、缓冲区、试剂储存准备间。

（2）工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。按照分区管理的原则，医院本项目划分为控制区和监督区。控制区在射线使用期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射标志；监督区不需要专门的防护手段或安全措施，但应定期对环境辐射水平进行监测。

1）控制区与监督区的划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。本项

目 DSA 辐射工作场所控制区和监督区划分情况见表 10.1-17 及图 10.1-15 所示。

表 10.1-17 本项目各分区辐射防护措施一览表

序号	项目	控制区	监督区
1	DSA1	DSA1 手术室	控制区、设备间、北侧洁净走廊外 1m、东侧走廊外 1m、南侧走廊外 1m
2	DSA2	DSA2 手术室	铅衣清洗区、铅衣存放区、北侧洁净走廊外 1m、控制区、设备间、南侧走廊外 1m

2) 控制区与监督区的防护手段与安全措施

①控制区

对于控制区，建设单位拟采取一系列的辐射防护安全措施：如在机房防护门上设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯；设置门-灯联锁、紧急停机按钮、语音对讲装置等；为工作人员提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜。在管理上严格限制无关人员进出控制区，并保证在设备正常运行的情况下，无关人员不在该区滞留。

②监督区

对于监督区，建设单位不采取专门的防护安全措施，但将定期对该区辐射剂量进行监测和评价。

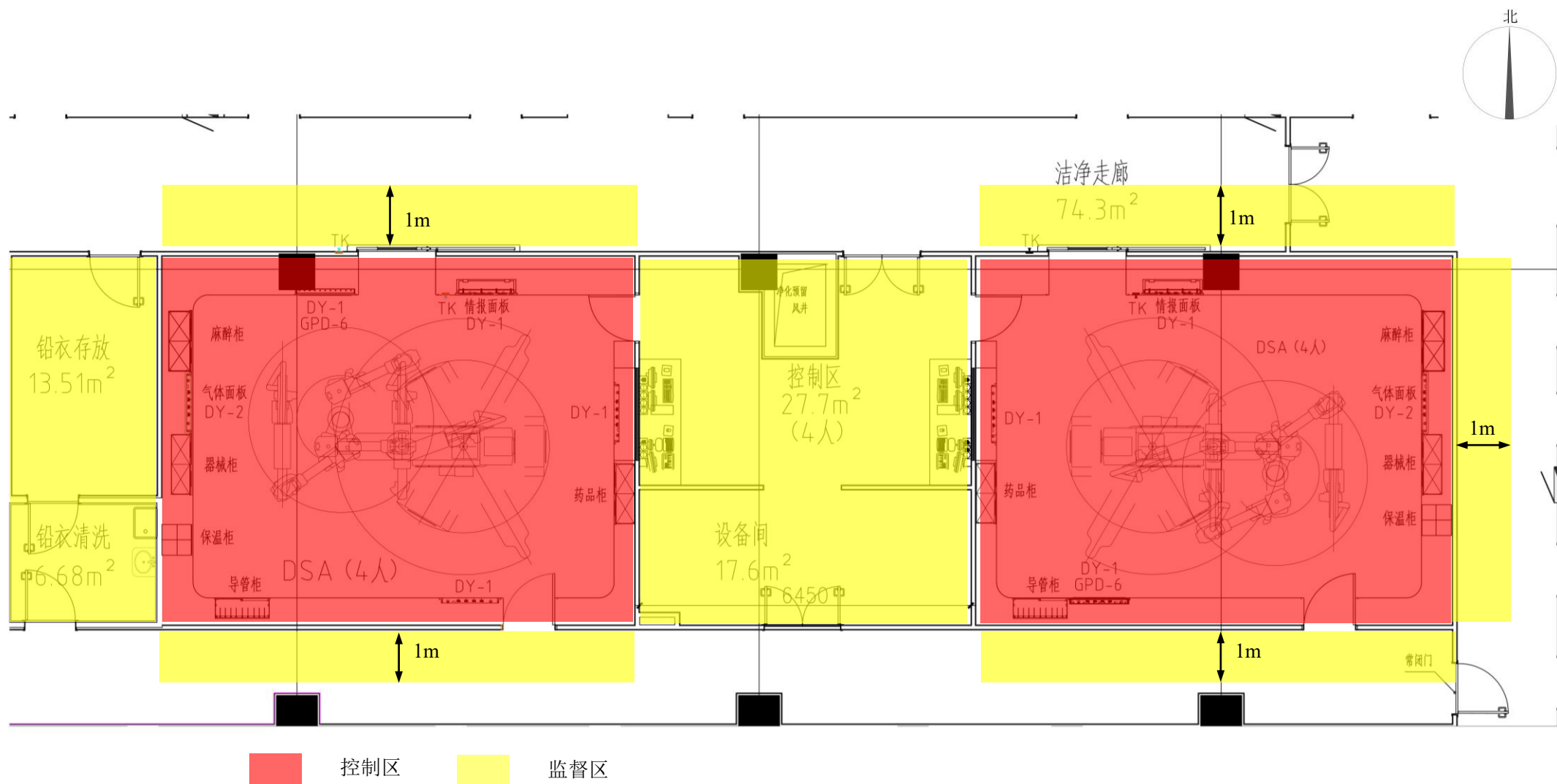


图 10.1-15 本项目 DSA 辐射工作场所分区示意图

10.1.2.2 工作场所辐射安全和防护

(1) DSA 机房屏蔽设计

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目各 DSA 手术室屏蔽措施符合性分析见表 10.1-18。

表 10.1-18 DSA 手术室屏蔽方案一览表

序号	项目	屏蔽要求	设计屏蔽水平	是否符合
DSA1 手术室				
1.1	内部净尺寸	机房内最小有效使用面积 20m ² ；机房内最小单边长度 3.5m	净面积：48.79m ² （8.27m×5.90m），最小单边长度 5.90m	符合
1.2	四周墙体	有用线束方向铅当量 ≥2.0mmPb； 非有用线束方向铅当量≥2.0mmPb	轻钢龙骨架 ¹⁾ +4mmPb 铅板（4.0mmPb）	符合
1.3	顶棚		12cm 混凝土 ²⁾ +3mmPb 铅板（4.1mmPb）	符合
1.4	地板		12cm 混凝土 ²⁾ +3cm 硫酸钡水泥（3.8mmPb）	符合
1.5	北侧防护门		夹 4mm 铅板电动推拉门（4.0mmPb）	符合
1.6	南侧防护门		夹 4mm 铅板手动平开门（4.0mmPb）	符合
1.7	西侧防护门		夹 4mm 铅板手动平开门（4.0mmPb）	符合
1.8	观察窗		4mmPb 当量铅玻璃（4.0mmPb）	符合
DSA2 手术室				
2.1	内部净尺寸	机房内最小有效使用面积 20m ² ；机房内最小单边长度 3.5m	净面积：48.38m ² （8.20m×5.90m），最小单边长度 5.90m	符合
2.2	四周墙体	有用线束方向铅当量 ≥2.0mmPb； 非有用线束方向铅当量≥2.0mmPb	轻钢龙骨架 ¹⁾ +4mm 铅板（4.0mmPb）	符合
2.3	顶棚		12cm 混凝土 ²⁾ +3mmPb 铅板（4.1mmPb）	符合
2.4	地板		12cm 混凝土 ²⁾ +3cm 硫酸钡水泥（3.8mmPb）	符合
2.5	北侧防护门		夹 4mm 铅板电动推拉门（4.0mmPb）	符合
2.6	东侧防护门		夹 4mm 铅板手动平开门（4.0mmPb）	符合
2.7	南侧防护门		夹 4mm 铅板手动平开门（4.0mmPb）	符合
2.8	观察窗		4mmPb 当量铅玻璃（4.0mmPb）	符合

注：1）轻钢龙骨架保守不考虑；

2）混凝土的密度约为 2.35t/m³，依据标准《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）附录 C 中公式（C.1）、公式（C.2）及表 C.2 中拟和参数计算得，12cm 混凝土在 125kV 管电压下（保守考虑主束）等效铅当量分别为 1.4mmPb；

3）建设单位提供资料显示，硫酸钡水泥密度为 3.2t/m³，1cm 硫酸钡水泥约等效为 0.8mmPb。

由上表分析结果可知，本项目各 DSA 手术室拟采取的屏蔽措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。

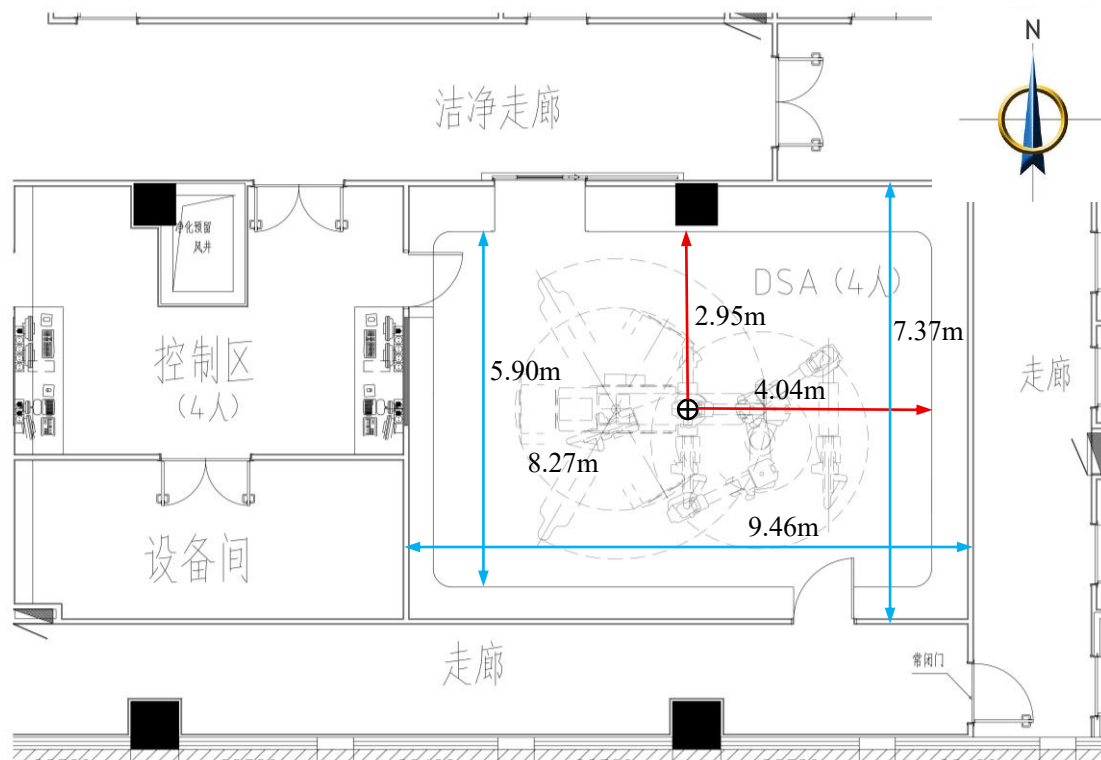


图 10.1-16 本项目 DSA1 手术室平面布局图

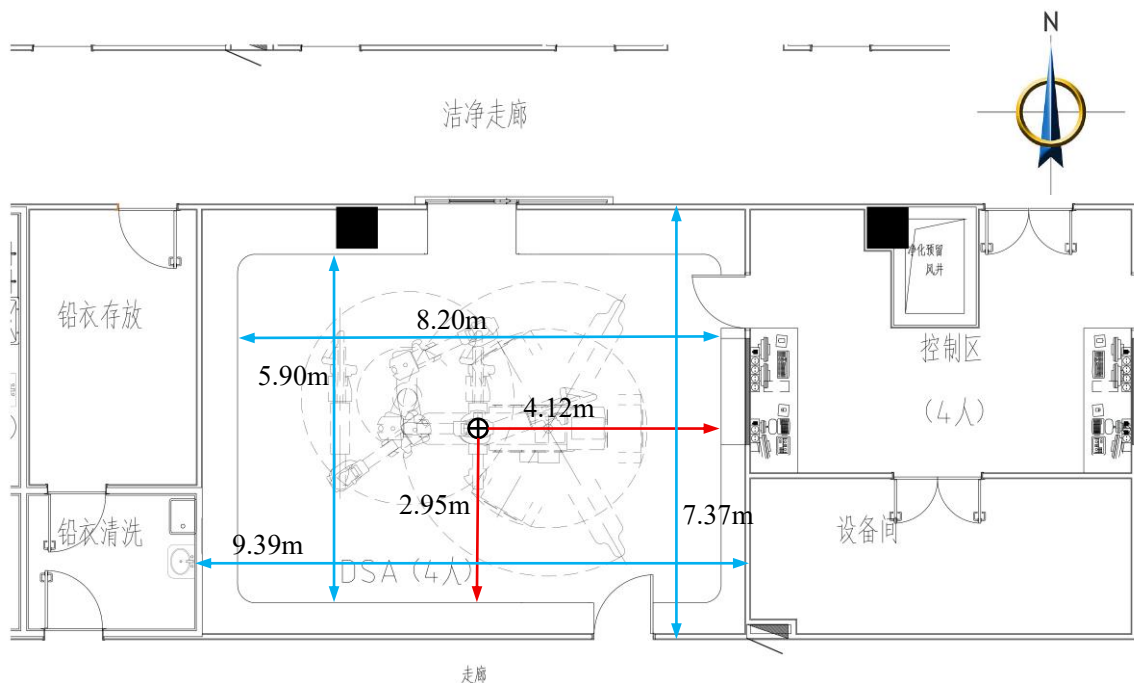


图 10.1-17 本项目 DSA2 手术室平面布局图

为减小铅玻璃、铅门、铅板防护墙、电缆及排风管道穿墙对周边的影响，本项目拟采取如下措施：

本项目各 DSA 手术室患者电动推拉防护门左右两侧及上方较门洞均有一定的外延，同时还尽可能的减小门与地面的间隙、门与门洞的间隙，使其宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍；各手动平开门门洞的四周采用门框包裹，门框内用铅板填实，同时尽可能的减小门与门框的间隙；各观察窗采用不锈钢窗框进行包围，内部铺设 4mm 铅板，铅板与铅玻璃四周有一定的搭接。

(2) 管线穿墙屏蔽补偿措施

本项目拟对各 DSA 手术室地板进行挖沟埋设电缆，电缆沟上方拟铺设 3mm 钢盖板，电缆沟内底部拟敷设 3mm 铅板进行屏蔽补偿，电缆沟拟在地下进行穿墙，穿墙位置铅板进行封堵，电缆沟布置剖面见图 10.1-18 所示。

本项目各 DSA 手术室均拟设置机械排风系统，DSA1 手术室东南部吊顶上方拟设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，最终通过东北侧穿出机房，向东进入风井并沿风井向上至楼顶排放至室外；DSA2 手术室东南部吊顶上方拟设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，之后向西，最终通过西北侧穿出机房，向西进入风井沿风井向上至楼顶排放至室外。

本项目各 DSA 手术室排风管道均为直接穿墙，拟在机房内穿墙位置管道外周处拟包裹 4mm 铅板进行屏蔽补偿，包裹长度拟大于管道直径 20cm，铅板与墙体的搭接长度拟大于 10cm，排风管道穿墙屏蔽补偿见图 10.1-19 所示。

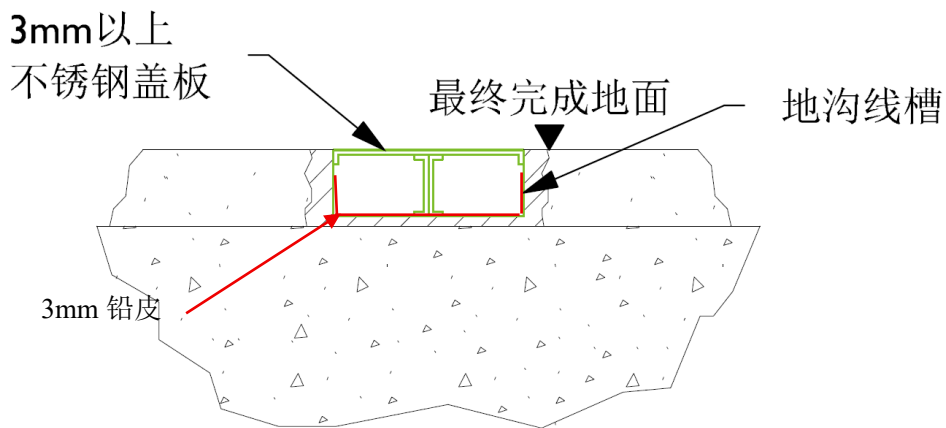


图 10.1-18 DSA 手术室地下电缆沟布置剖面示意图

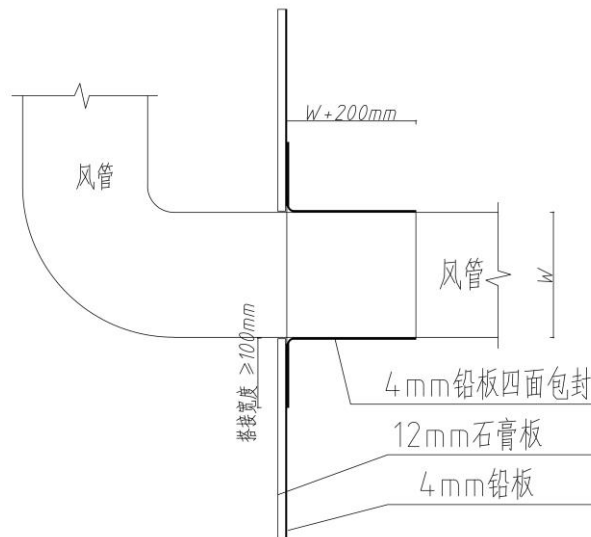


图 10.1-19 排风管道穿墙剖面示意图

10.1.2.3 本项目 DSA 拟采取的辐射安全防护措施

(1) 设备固有安全措施

①本项目各手术室使用的 DSA 均拟购置于正规厂家，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中 X 射线设备防护性能的技术要求。

②具有安全系统，当设备出现错误或故障时，能中断照射，并有相应故障显示。

③正常情况下，各台 DSA 设备必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能启动照射。

④各台 DSA 设备手术床体及操作台均拟设置紧急停机按钮。

⑤各台 DSA 设备均拟配备床侧防护帘、铅悬挂屏、铅防护帘等辅助防护用品与设施。

(2) 其他辐射安全措施

本项目拟采取的辐射污染防治及安全防护措施如下：

①对讲装置：各 DSA 手术室均拟设置对讲系统，便于观察患者状态及防护门开闭情况。

②紧急停机按钮：在各介入手术床体旁、操作间操作台上均拟设置“紧急停机”按钮，在 DSA 系统出束过程中，一旦发现异常情况，按任一紧急停机按钮，均可停止 DSA 系统出束。

③工作状态指示灯：各 DSA 手术室患者防护门上方拟安装工作状态指示灯，灯箱上拟设置“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句，各工作状态指示灯拟与对应的机房门进行有效关联。

④电离辐射警告标志：各 DSA 手术室防护门外均拟设置电离辐射警告标志，电离

辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 F 的相关要求。

⑤警示线：各 DSA 手术室患者防护门外均拟设置警示线，警示线为红色，警示线内拟标明“射线有害，请勿停留”内容。

⑥机房门安全设施：各 DSA 手术室患者防护门均拟采用电动推拉门，拟设置红外防夹装置；工作人员防护门及污物通道防护门均拟采用手动平开门，拟设自动闭门装置；主要为防止无关人员在 X 射线出束时误入。机房电动推拉门使用开关将门关闭时，除工作人员外，其他人员无法手动打开。

⑦通排风系统：本项目各 DSA 手术室均拟设置新风系统，保持良好的通风。

⑧各设备控制台上拟设有仅供授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。

⑨本项目拟为每名工作人员配备个人剂量计，其中，医生和护士每人配备 2 枚个人剂量计（铅衣内外各 1 枚），技师每人配备 1 枚个人剂量计。本项目拟配备 X-γ 辐射剂量率仪 1 台，个人剂量报警仪 4 台。

⑩各 DSA 手术室内均拟安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风连锁，机房设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。

（3）人员辐射安全措施

①时间防护

在满足诊疗要求的前提下，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择可行尽量低的射线装置参数，以尽量缩短曝光时间，减少辐射工作人员和患者的受照射时间。

②距离防护

在满足诊疗要求的前提下，人员保持与射线源尽可能大的距离，使距离最大化。

③屏蔽防护

介入操作人员是近距离接触 X 射线辐射源的人员，在介入手术中，医院拟为本项目工作人员及受检者配备一定数量的个人防护用品，详见表 10.1-19。

表 10.1-19 本项目 DSA 手术室拟配备的个人防护用品情况一览表

序号	对象	防护用品名称	屏蔽参数	数量（件）
1	工作人员	铅帽	0.5mmPb	6
2		铅围裙	0.5mmPb	6
3		铅颈套	0.5mmPb	6
4		铅防护眼镜	0.5mmPb	6
5		介入防护手套	0.025mmPb	6

续表 10.1-19 本项目 DSA 手术室拟配备的个人防护用品情况一览表

序号	对象	防护用品名称	屏蔽参数	数量（件）
6	受检者	成人铅帽	0.5mmPb	2
7		成人铅围裙	0.5mmPb	2
8		成人铅颈套	0.5mmPb	2
9		儿童铅帽	0.5mmPb	2
10		儿童铅围裙	0.5mmPb	2
11		儿童铅颈套	0.5mmPb	2
12	辅助防护设施	铅悬挂防护屏（设备自带）	0.5mmPb	2
13		铅悬挂防护帘（设备自带）	0.5mmPb	2
14		床侧防护帘（设备自带）	0.5mmPb	2

经分析，本项目各 DSA 手术室拟配备的个人防护用品符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。

④剂量防护

为了确保医护人员的安全，操作人员在操作期间，必须按照相关规范佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射职业人员个人剂量档案。个人剂量委托有资质单位定期进行监测，并对监测报告进行存档。

2) 公众

公众主要依托辐射场所的屏蔽墙体、防护门屏蔽射线；同时，通过对辐射工作场所的两区划分管管理，增加公众与辐射源的防护距离，减少其受到的 X 射线辐射。

10.1.2.4 辐射安全与防护措施符合性分析

（1）与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的相符性分析

对照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 DSA 设备辐射防护措施符合性分析见表 10.1-20。

表 10.1-20 本项目介入工作场所辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称	防护要求		本项目	是否 符合
《放射诊断放射 防 护 要 求 》 （GBZ130-2020）	布局	6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目各 DSA 有用线束照射到受检者体位上，周围仅考虑散射线和漏射线。	符合
		6.1.2 X 射线设备机房（照射室）的设置应充分考虑邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全。	本项目各 DSA 手术室的设置充分考虑了邻室（含楼上和楼下）及周围场所的人员防护与安全，经预测，邻室（含楼上）及周围关注点剂量率及相关人员年剂量满足标准要求。	符合

续表 10.1-20 本项目介入工作场所辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称	防护要求		本项目	是否符合
《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	布局	6.1.3 每台固定使用的X射线设备应设有单独的机房, 机房应满足使用设备的布局要求。	本项目新增的DSA设备均设有单独的机房, 经分析, 各机房满足设备的布局要求。	符合
		6.1.5 除床旁摄影设备、便携式射线设备和车载式诊断X射线设备外, 对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的X射线设备机房, 其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表2的规定(机房内最小有效使用面积: 20m ² ; 机房内最小单边长度3.5m)。	本项目DSA1手术室最小有效使用面积: 48.79m ² (8.27m×5.90m), 最小单边长度5.90m。	符合
			本项目DSA2手术室最小有效使用面积: 48.38m ² (8.20m×5.90m), 最小单边长度5.90m。	
	机房屏蔽	6.2.1 不同类型X射线设备(不含床旁摄影设备和便携式X射线设备)机房的屏蔽防护应不低于表3的规定(有用线束方向及非有用线束方向铅当量2.0mmPb)。	本项目各DSA手术室四周各墙体、顶棚及地板屏蔽防护均符合标准中要求, 详见表10.1-18。	符合
		6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表3(有用线束方向及非有用线束方向铅当量2.0mmPb)的要求。	本项目各DSA手术室观察窗均为不可打开式观察窗, 机房门关闭时与观察窗的屏蔽防护符合标准中要求。	符合
	机房防护	6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置, 其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	本项目各DSA手术室均拟设观察窗及摄像头, 便于辐射工作人员观察到受检者状态及防护门开闭情况, 各DSA手术室均拟设置对讲系统。	符合
		6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	本次评价要求项目建成后, 各DSA手术室内不堆放与该设备诊断工作无关的杂物。	符合
		6.4.3 机房应设置动力通风装置, 并保持良好的通风。	本项目各DSA手术室拟设置机械排风装置, 运行时可保持良好的通风。	符合
		6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志; 机房门上方应有醒目的工作状态指示灯, 灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	本项目各DSA手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志; 患者防护门上方拟设置醒目工作状态指示灯, 灯箱上拟设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句; 缓冲区拟设置放射防护注意事项告知栏。	符合

续表 10.1-20 本项目介入工作场所辐射防护措施符合性分析一览表

标准名称	防护要求		本项目	是否 符合
《放射诊断放射防护要求》 (GBZ130-2020)	机房防护	6.4.5平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。	本项目DSA手术室电动推拉门配有开关，使用开关将推拉门关闭时，除工作人员外，其他人员无法手动打开；平开防护门拟设置自动闭门装置；患者防护门上方工作状态指示灯与机房门进行关联。	符合
		6.4.6电动推拉门宜设置防夹装置。	本项目DSA手术室患者防护门采用电动推拉门，且设置红外防夹装置。	符合
		6.4.7受检者不应在机房内候诊；非特殊情况，检查过程中陪检者不应滞留在机房内。	本项目运行后，DSA受检者不在机房内候诊；本项目为DSA手术过程不涉及陪检者。	符合
		6.4.10机房出入口宜处于散射辐射相对低的位置。	根据预测结果，本项目DSA手术室各防护门外剂量率均满足国家相关标准医院制定的控制目标值要求。	符合

根据上表可知，本项目 DSA 装置拟采取的辐射防护措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关防护要求。

（2）与《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）的相符性分析

对照《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中“数字减影血管造影 X 射线装置(DSA)监督检查技术程序”，本项目 DSA 设备辐射防护措施符合性分析见表 10.1-21。

表 10.1-21 本项目 DSA 机房辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		检查结果	是否 符合
1	A场所 设施	单独机房	本项目每台DSA手术室均拟设置有单独的机房。	符合
2		操作部位局部屏蔽防护设施	本项目拟购的每台DSA装置均自带铅悬挂防护屏、铅悬挂防护帘及床侧防护帘各1件，铅当量均为0.5mmPb。	符合
3		医护人员的个人防护	本项目拟为辐射工作人员配备有分体式铅衣、铅帽、铅颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各6件，除介入防护手套铅当量为0.025mmPb外，其余铅当量均为0.5mmPb。	符合
4		患者防护	本项目拟为受检者配备有成人铅围裙、成人铅颈套、成人铅帽、儿童铅围裙、儿童铅颈套、儿童铅帽各2件，铅当量均为0.5mmPb。	符合
5		机房门窗防护	本项目各DSA手术室观察窗均为不可打开式观察窗，采用4mmPb铅玻璃观察窗，机房门均采用夹4mm铅板防护门。	符合

续表 10.1-21 本项目 DSA 机房辐射防护措施符合性分析一览表

序号	检查项目		检查结果	是否符合
6	A场所 设施	闭门装置	本项目各DSA手术室患者防护门均拟采用电动推拉门，拟设置红外防夹装置；工作人员防护门均拟采用手动平开门，拟设置自动闭门装置。	符合
7		入口处电离辐射警告标志	本项目各DSA手术室各防护门外均拟设置电离辐射警告标志。	符合
8		入口处机器工作状态显示	本项目各DSA手术室患者防护门外均拟安装工作状态指示灯，工作状态指示灯与机房门拟进行联锁。	符合
9	B其他	监测仪器	本项目拟配备辐射检测仪1台、个人剂量报警仪2台。	符合
10		个人剂量计	本项目拟为每名工作人员配备个人剂量计，其中，医生和护士每人配备2枚个人剂量计（铅衣内、外各1枚），技师每人配备1枚个人剂量计。	符合

根据上表可知，本项目 DSA 装置拟采取的辐射防护措施均符合《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中相关防护要求。

10.2 三废的治理

10.2.1 放射治疗

（1）非放射性气体

本项目直线加速器及模拟定位 CT 运行时产生的射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

①加速器机房

本项目拟在加速器机房西南侧吊顶层上方吊装 1 台进风风机，进风管道通过防护门上方接倒“V”型预埋管道进入机房内，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿；进入机房后拟沿迷路内墙进入治疗室内在西南部吊顶上方设置进风口；拟在治疗室内西北部、东北部各设 1 个排风口，排风口拟设置在治疗室墙壁下部距地面 20cm 处，治疗室废气经排风口收集后经排风管道沿东墙向南，之后沿迷路内墙至机房防护门上方接倒“V”型预埋管道出机房，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿，之后沿南迷路外墙外侧及东墙向东北排出室外，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区。加速器机房内有效容积约为 475m³，风机设计排风量为 4500m³/h，通风换气次数约为 9.4 次/h，符合标准要求。

②模拟定位 CT 机房

本项目模拟定位 CT 机房内拟设置机械排风系统，进、排风依托放疗科整体风机，

进风机拟设置于模拟定位 CT 机房西侧新风机房内，送风管道穿东墙进入模拟定位 CT 机房内，并拟在机房内西南部吊顶上方设置进风口，拟在机房内西北部吊顶层上方设置排风口，拟在机房内东北部吊顶层上方设置事故排风口，废气经排风口收集后沿排风管道向西侧穿墙后先向北再向东至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，事故排风管道拟向东穿墙至室外后向北至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区。进、排风管道穿墙均为水平穿墙，穿墙位置内部包裹岩棉进行封堵，外部包裹专用 4mmPb 铅防护异形板进行屏蔽补偿，铅防护异形板包裹线槽长度不小于两倍桥架长边边长。

综上所述，建设项目各机房排风口均拟设置在治疗室下部，进风口均拟设置在治疗室顶棚，排风口与进风口呈对角设置，通风次数均不小于 4 次/h，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关要求；模拟定位 CT 机房拟设置机械进排风系统，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。加速器及模拟定位 CT 进、排风管道走向示意图见图 10.2-1 所示。

（2）废水

本项目直线加速器运行过程中不产生医疗废水和放射性废水，只产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处置。直线加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生感生放射性废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。

（3）固体废物

①加速器废靶

加速器正常运行时，无废靶产生。如果加速器冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶，可暂存于铅桶，处置前经监测其表面辐射剂量率水平符合清洁解控水平，之后交由有资质的单位收贮。

②模拟定位 CT 废 X 射线管

设备配套 X 射线管达到使用寿命或故障报废时会产生废旧 X 射线管，由厂家直接回收，不在建设单位贮存。

③生活垃圾

工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

综上所述，本项目产生的固体废物均得到合理处置。

10.2.2 核医学治疗

(1) 放射性废气

该项目在核素分装等操作过程中会产生一定量的放射性气体，建设单位拟在核医学科共拟设置 4 套排风管道，配套 4 台活性炭吸附装置：

①拟在核医学科分装质控注射室内设置 1 个手套箱，放射性药物分装质控等操作拟在手套箱内进行，通风速率拟不小于 0.5m/s，手套箱废气经管道收集后，从分装质控注射室西侧墙体穿出，向西至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放。

②¹³¹I 分装室内设置 1 台自动分装仪，分装仪外设手套箱，手套箱上方拟自带专用活性炭吸附装置，拟在甲亢留观室及其卫生间、¹³¹I 服药间设 1 套排风管道，¹³¹I 药物分装过程拟在手套箱内进行，通风速率拟不小于 0.5m/s，手套箱废气经上方专用吸附过滤装置预处理后，向北穿出 ¹³¹I 分装室，之后向西与 ¹³¹I 服药间排风管道汇合，再向西与由北向南的甲亢留观室排风管道汇合后向南至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放。

③拟在该项目核医学科工作场所储源室、放射性废物间 PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 留观室、运动负荷兼应急抢救室、清洁间等场所设置 1 套排风管道，排风管道向西南至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放，活性炭吸附材料拟每年更换一次，运行后更换频次根据实际监测结果进行调整）。排风设计示意图见图 10.2-2 所示。

(2) 非放射性废气

本项目在核医学科运行过程中，空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生少量 O₃、NO_x 等有害气体，其中以 O₃ 为主。本项目辐射水平较低，与空气作用产生的 O₃、NO_x 量十分有限，在采取上述通风措施后，控制区内产生的少量 O₃、NO_x 等有害气体可通过新风系统及时排出室外，且 O₃、NO_x 排入空气中后很快得到分解，对工作人员及周围大气环境影响较小。

（3）放射性废水

本项目拟在医技后勤综合楼地下一层西北端建设1座四级衰变池系统，用于处理核医学科产生的放射性废水，该衰变池系统北侧及西侧均为回填土，东侧及南侧为地下车库，上层为核医学科。本项目拟在衰变池墙面上醒目位置设置辐射警示标志，并定期对衰变池周围辐射剂量率进行监测。

本项目衰变池系统为推流式，包含1座沉淀池（兼衰变池及污泥池，设有清渣口）、3座衰变池、及1座检测池，其中，沉淀池及1#~3#衰变池池体四周及上下均拟采用300mm厚的混凝土，沉淀池有效容积为 35.5m^3 ，1#~3#衰变池有效容积分别为 25.6m^3 、 26.7m^3 、 24.4m^3 。

本项目放射性废水进入衰变池后的具体工作流程为：核医学工作场所产生的放射性废水通过专用管道排入沉淀底部，放射性废水排放管道采用抗腐蚀抗压的塑料管，部分暴露的污水管道采用外包6mmPb铅板进行防护，沉淀池满后，废水经导流墙内预留管由沉淀池上端自流进入1#衰变池底部，1#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由2#衰变池上端自流进入2#衰变池底部，2#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由2#衰变池上端自流进入3#衰变池（即检测池）底部，3#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由3#衰变池上端自流进入检测池（集水坑），之后排入医院污水处理系统医院医疗废水处理站进一步处理，最终排入城市污水管网。检测池拟设置有取样口每年拟进行1~2次水质检测。

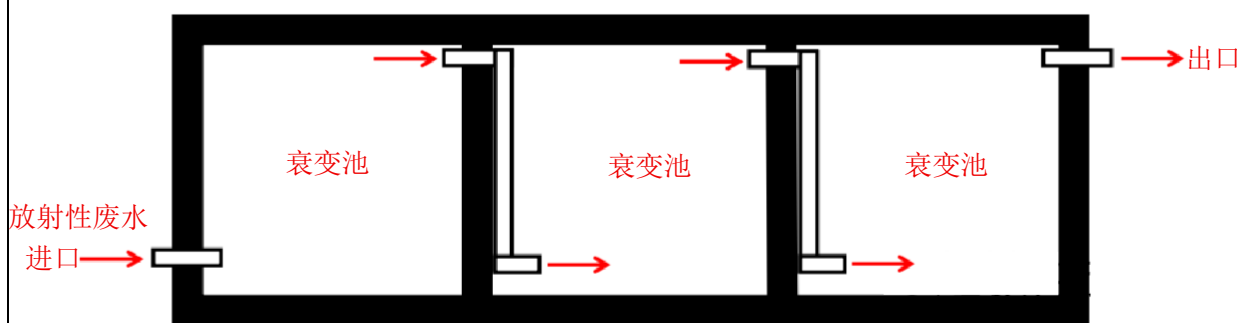


图10.2-3 本项目衰变池工作流程示意图

排水管道设计示意图见图 10.2-4 所示，衰变池设计示意图见图 10.2-5~图 10.2-7 所示。

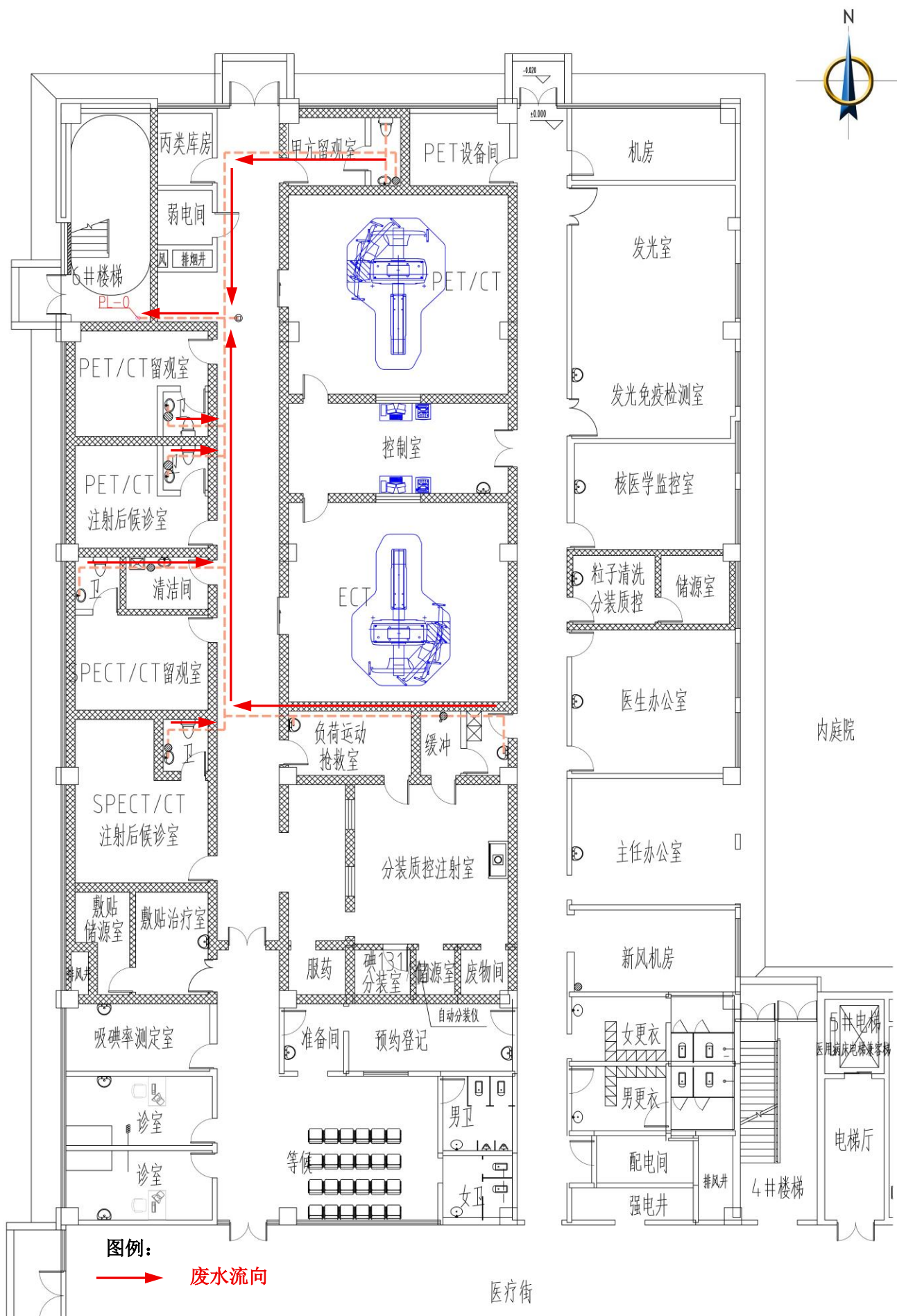


图 10.2-4 本项目核医学科排水管道设计示意图（一）



图 10.2-5 本项目核医学科衰变池结构平面设计图

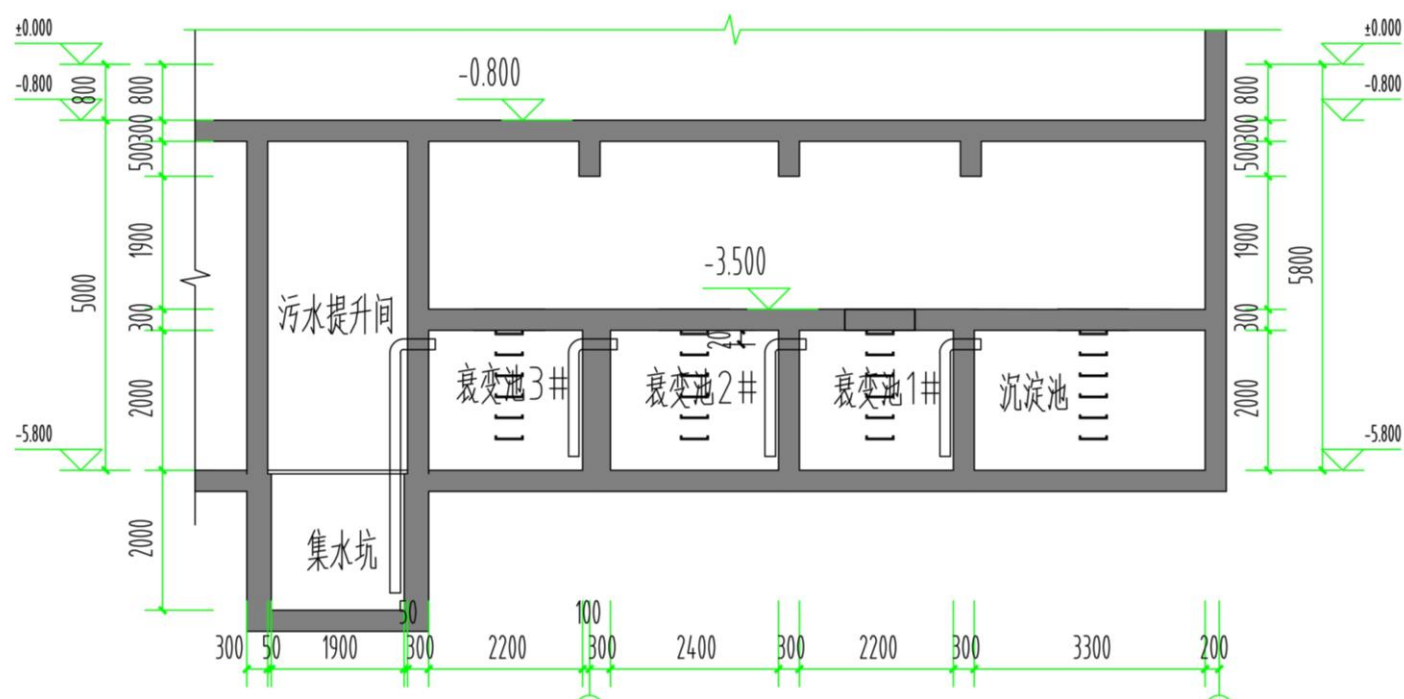


图 10.2-6 本项目核医学科衰变池结构东-西剖面设计图

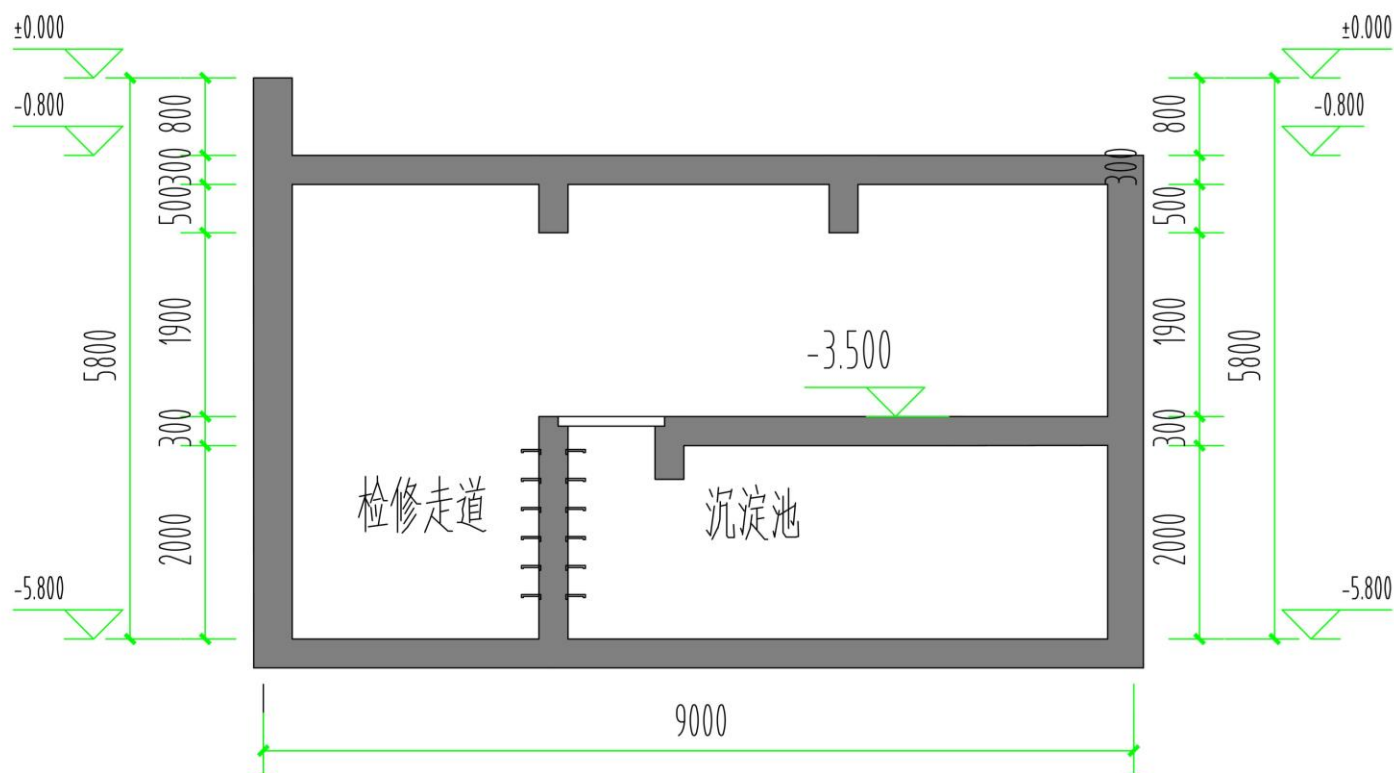


图 10.2-7 本项目核医学科衰变池结构南-北剖面设计

（4）放射性固废

该项目放射性固体废物主要来源：①放射性药物质控、分装、给药过程中产生一些带有微量放射性的注射器、针头、试管、棉花、棉棒、纱布、一次性手套等，以及异常洒落时使用的吸水纸、抹布等；②排风系统置换下来的废活性炭；③清理衰变池产生的废渣。

建设单位核医学科拟设放射性废物间，将放射性固体废物放置在其中，并采取如下处理措施：

①根据该项目医学实践中产生固体废物中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等进行分类，按照废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性分开收集。

②放射性固体废物先置于专用铅制放射性废物桶内，容器内放置专用塑料袋内，每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h ，重量不超过 20kg 。当废物装满后，将袋封好并及时转存废物间，放入专用容器中存储。塑料袋上和容器表面显著位置贴上标签，注明废物类型、核素种类、比活度水平、封口时间等。待放射性物质自行衰变后的活度达到豁免活度以下，按普通医疗废物处理。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

③核医学科排风系统所使用的排风过滤器每年更换一次，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行处理。

④放射性废物间门上张贴有电离辐射警告标志，房间内设有通风设施。废物袋上张贴有核素种类、废物类型和存放日期等，每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h 、质量不超过 20kg ，每袋废物包装外 β 表面污染不得超过 0.4Bq/cm^2 。

⑤配备有专职人员负责管理废物的分类收集、存放和处理。废物管理人员应熟悉国家有关放射性废物管理法律法规，具备掌握放射防护和剂量监测专业技术的安全文化素养。

⑥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。

⑦本项目拟采用的 ^{68}Ge 校准源半衰期为 270.8d 、 ^{60}Co 校准源半衰期为 271.8d ，使用一定时间后，其活度不能满足校准需要时，需更换放射源，退役源更换后直接交由放射源生产厂家回收处理，院内不进行贮存。

（4）与《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）的相符性分析

对照《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中“非密封放射性物质医学应用场所监督检查技术程序”，本项目放射性废物和废液处理措施符合性分析见表 10.2-1。

表 10.2-1 本项目放射性废物和废液处理措施符合性分析一览表

序号	检查项目		检查结果	是否符合
1	C放射性废物和废液	放射性废液处理排放系统及标识	本项目拟在医技后勤综合楼地下一层西北端建设1座四级衰变池系统,用于处理核医学科产生的放射性废水,该衰变池系统北侧及西侧均为回填土,东侧及南侧为地下车库,上层为核医学科本项目拟在衰变池墙面上醒目位置设置辐射警示标志。	符合
2		放射性固体废物暂存场所或设施	本项目拟在分装质控注射室东南侧设置放射性废物储存间1间,用于核医学科放射性废物的暂存。	符合

根据上表可知,本项目核医学科拟设的放射性废物和废液处理措施配置符合《核技术利用监督检查技术程序》(2020年版)中相关要求。

10.2.3 介入诊断治疗

(1) 非放射性废气

本项目介入诊断治疗过程中无放射性废气产生,DSA设备运行中产生的X射线会使周围空气发生电离,空气电离将产生臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x),在NO_x中以NO₂为主,它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体,若在机房内聚集,对机房的人员具有一定的危害。

本项目各DSA手术室均拟设置机械排风系统,DSA1手术室东南部吊顶上方拟设1个排风口,废气经收集后沿管道向北,最终通过东北侧穿出机房,向东进入风井并沿风井向上至楼顶排放至室外;DSA2手术室东南部吊顶上方拟设1个排风口,废气经收集后沿管道向北,之后向西,最终通过西北侧穿出机房,向西进入风井沿风井向上至楼顶排放至室外。本项目各DSA手术室排风管道均为直接穿墙,拟在机房内穿墙位置管道外周处拟包裹4mm铅板进行屏蔽补偿,包裹长度拟大于管道直径20cm,铅板与墙体的搭接长度拟大于10cm,排风管道平面布置见图10.2-8所示,穿墙屏蔽补偿见图10.1-19所示。

综上所述,本项目通过换风换气方式将臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)排出机房外,可以最大限度降低有害气体的浓度。

(2) 废水

本项目运行过程中无放射性废水产生,产生的医疗废水排至医院废水处理系统。

(3) 固体废物

本项目DSA及CT运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术机打印,不使用胶片摄影,不会产生废显(定)影液、废胶片和报废感光原料。各设备维修产生的废旧X射线管直接由厂家回收,不在建设单位贮存。介入手术时会产生废医用器具和药棉、纱布等医疗废物,医疗废物单人次产生量约为2kg,总产生量为1.2t/a,暂存在各手术室中的垃圾桶,手术结束集中收集至医疗废物暂存间,作为医疗废物进行处理。

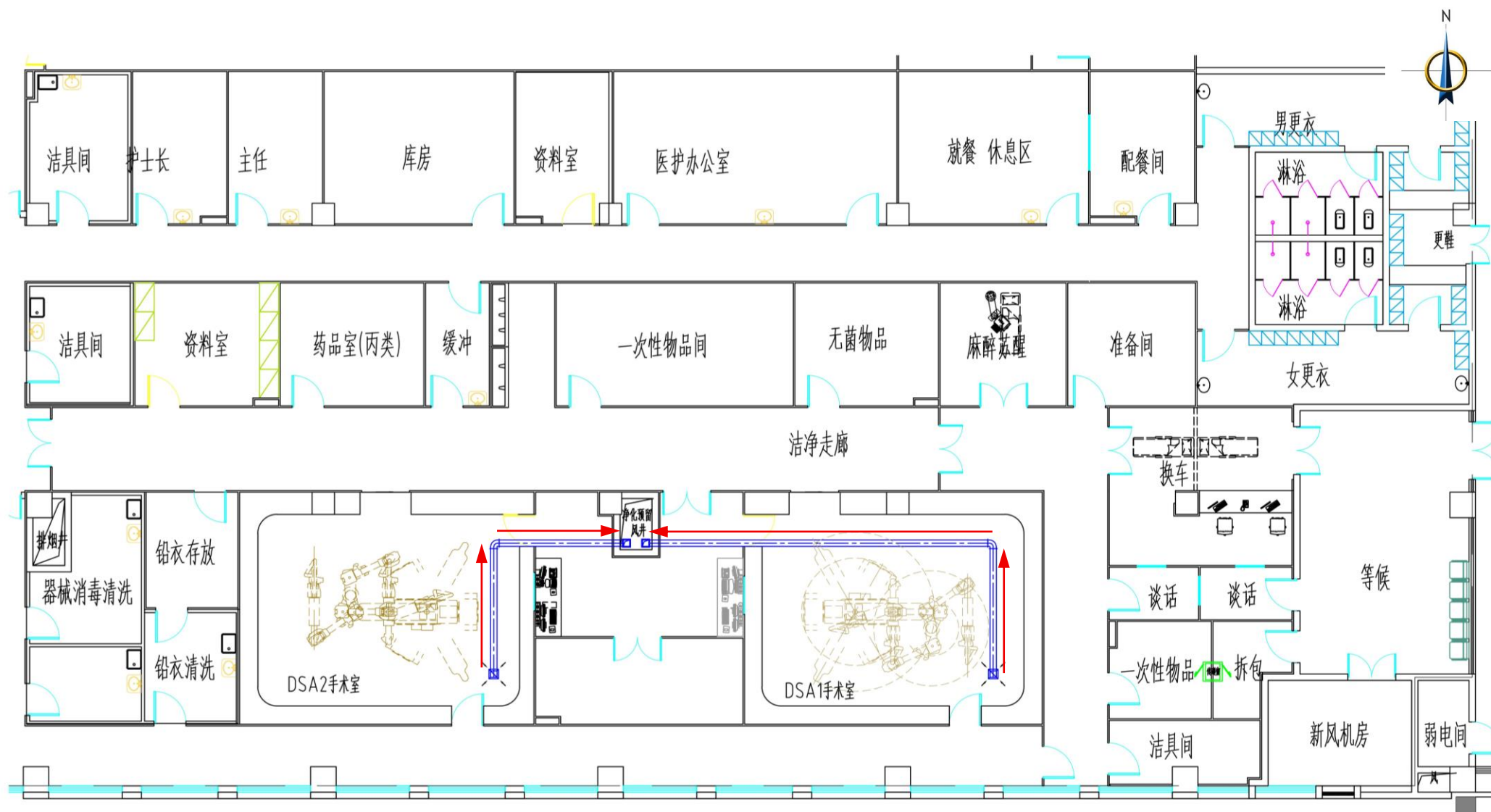


图 10.2-8 医技后勤综合楼三层 DSA 手术室排风管道平面布置示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目放射治疗工作场所拟设置于信阳市中心医院淮滨院区医技后勤综合楼一层、三层，拟在一层北部建设放疗科，新建1间加速器机房、1间模拟定位CT机房，新增使用1台医用电子直线加速器、1台模拟定位CT；拟在医技后勤综合楼一层西北部建设核医学科，新建1间PET/CT机房、1间SPECT/CT机房及其配套区域，新增使用 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等放射性药物，配套新增1台PET/CT、1台SPECT/CT，各放射性药物均为外购；拟在医技后勤综合楼三层南部介入科，新建2间DSA手术室，新增使用2台DSA。本次核技术应用项目施工期主要内容包含是各机房屏蔽施工、装修和设备安装调试。

施工时将产生施工噪声、扬尘、废水和少量建筑垃圾污染，其主要影响对象为该单位员工和周围公众，施工时的环境影响如下：

11.1.1 施工期大气环境影响分析

施工期对环境空气的污染主要为运输车辆的行驶、装卸施工材料等引起的扬尘。针对施工期扬尘，本次评价提出应在施工中采取如下措施：

- ①项目施工现场必须做到“两个禁止”，即禁止现场搅拌混凝土、禁止现场配置砂浆；
- ②施工现场按规定连续设置 2.5m 硬质围挡（围墙）实施全封闭管理；
- ③施工现场的建筑材料、构件、料具按总平面布局分类、整齐堆放；
- ④砂石、水泥等散装材料在密闭空间堆存或严密覆盖，严禁露天防治，搬运时采取降尘措施，余料及时回收；
- ⑤施工现场建立洒水清扫抑尘制度，配备洒水设备；
- ⑥运输车辆驶出工地前，应对车轮、车身、车槽帮等部位进行清理或清洗以保证车辆清洁上路；洗车污水经沉淀池处理后回用；
- ⑦遇到四级或四级以上大风天气，施工单位应停止土方等易产生扬尘作业的建设

工程。

本项目工程量较小，经采取上述措施后，可有效控制施工期扬尘对外环境的影响。

11.1.2 施工期废水影响分析

施工期废水主要来自两方面：一是施工废水，二是施工人员生活污水。施工废水主要为施工机械冲洗废水及混凝土养护废水，其中混凝土养护废水一般

通过蒸发，不外排；施工场地设置处理废水的沉淀池，施工废水经沉淀池处理后可以用作场地及道路洒水抑尘。施工人员生活污水经临时化粪池处理后排入市政污水管网。综上，本项目施工期废水对周围环境影响较小。

11.1.3 施工期噪声影响分析

本项目施工期噪声主要来自于各种施工机械、运输车辆、混凝土振捣等。噪声值在 70~100dB(A)之间，针对本项目噪声源的产生特点，建设单位拟采取以下防治措施：

- ①选用低噪声设备，设备采取基础减振措施；
- ②合理布置噪声源位置；合理安排打桩机、振动棒、电锯等噪音较大的设备的使用时间和场所，禁止夜间施工；
- ③在使用机械设备旁树立屏障，减少施工机械的噪声影响；
- ④开展施工期工程环境监理，保障噪声防治措施落实。

11.1.4 固体废物环境影响分析

本项目施工期间固体废物主要为施工人员的生活垃圾和建筑垃圾。建筑垃圾主要为施工过程中产生的各种废建筑材料，如碎砖块、水泥块、废木料等；生活垃圾主要是施工人员的废弃物品。对于建筑垃圾，集中收集后由施工方统一交由有资质的渣土运输公司处置，同时要加强管理，从产生、运输、处置等各环节减少撒落，避免污染环境；夏季施工时生活垃圾容易腐烂发味，既污染环境，又可能传播疾病，因此对于生活垃圾应集中堆放及时清理，外运到环卫部门指定地点，防止露天长期堆放可能产生的二次污染。

11.1.5 设备安装调试阶段环境影响分析

设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 放射治疗环境影响分析

11.2.1.1 医用电子直线加速器辐射环境影响分析

(1) 屏蔽计算的有关参数

本项目拟配备 1 台医用电子直线加速器，型号待定，加速器技术参数如表 11.2-1 所示。

表 11.2-1 直线加速器的技术参数

设备名称	X 射线最大能量	电子线最大能量	X 射线最高输出率	源轴距 (SAD)	等中心距地面高度	线束张角	最大照射野	射线泄漏率
电子直线加速器	6MV (FFF 模式)	12MeV	14Gy/min	1.0m	1.295m	28°	40×40cm	≤0.1%

(2) 治疗模式

本项目加速器 X 射线治疗均为精确放疗，设备周最大累计照射时间计算按出束时间进行控制，不使用调强因子，故调强因子 N 取 1。

(3) 预测关注点位

本项目关注点选取原则如下：治疗机房屏蔽墙外表面 30cm 处，包括辐射源点至各墙、顶的垂线的相应位置，主、次屏蔽的交界处，迷路入口，迷路内口相应墙外，控制室等。

本项目中加速器机房下层无建筑；选取了加速器机房的东侧主屏蔽墙外医疗街一层 A、二层 A'，东侧次屏蔽墙外医疗街一层 C、二层 C'，西侧主屏蔽墙外电梯间一层 B、二层 B'西侧次屏蔽墙外楼梯间一层 D1、二层 D1'，西侧次屏蔽墙外走廊一层 D2、二层 D2'，北侧墙外院内道路 E，南侧迷路外墙外一层水冷机房 F、辅助机房 G、控制室 H、防护门外 J，南侧迷路外墙外二层医生办公室 K，二层走廊 L，顶棚主屏蔽区外会议室 M、顶棚次屏蔽区外 N，共 19 个关注点；如图 11.2-1～图 11.2-3 所示。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A 中不同场所的居留因子的描述，确定项目不同场所的居留因子。预测关注点基本情况见表 11.1-2 所示。

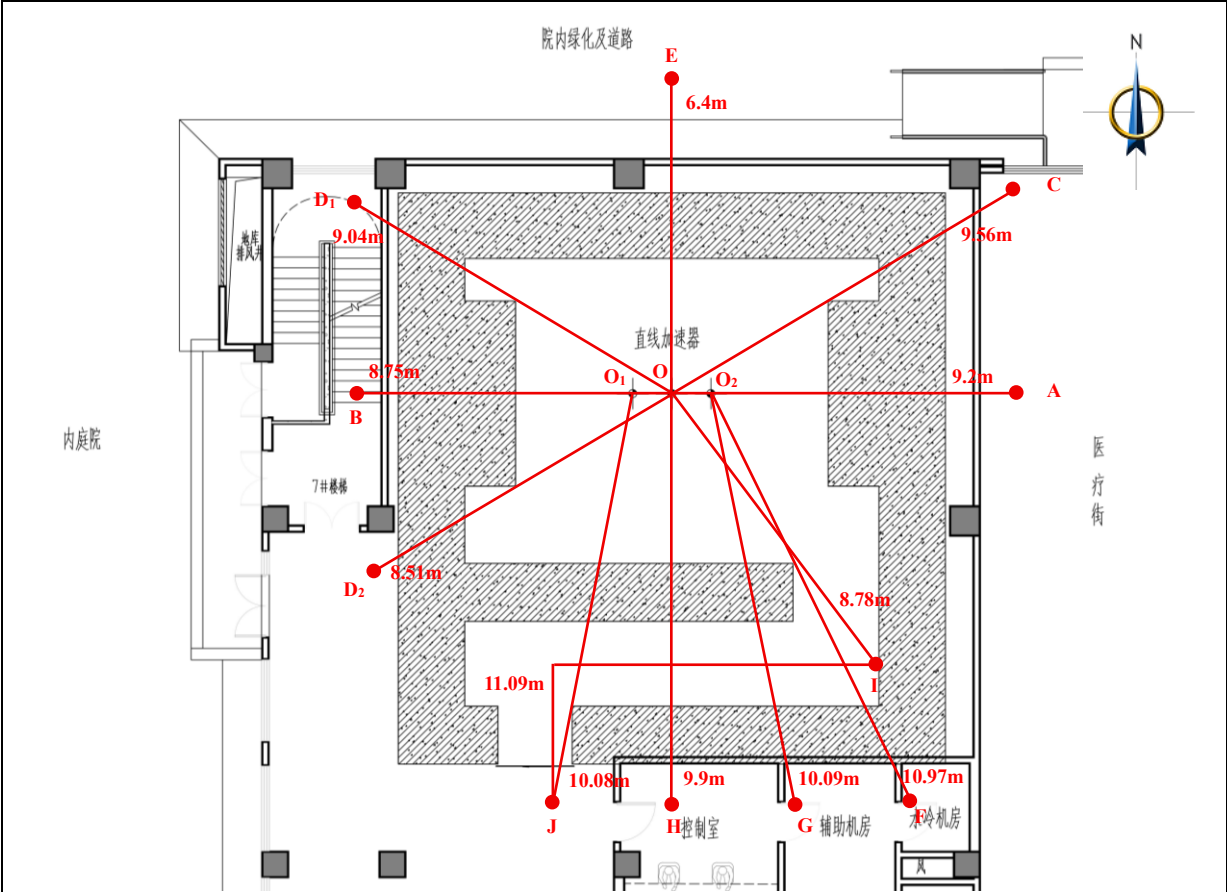


图 11.2-1 加速器机房一层关注点平面布置示意图

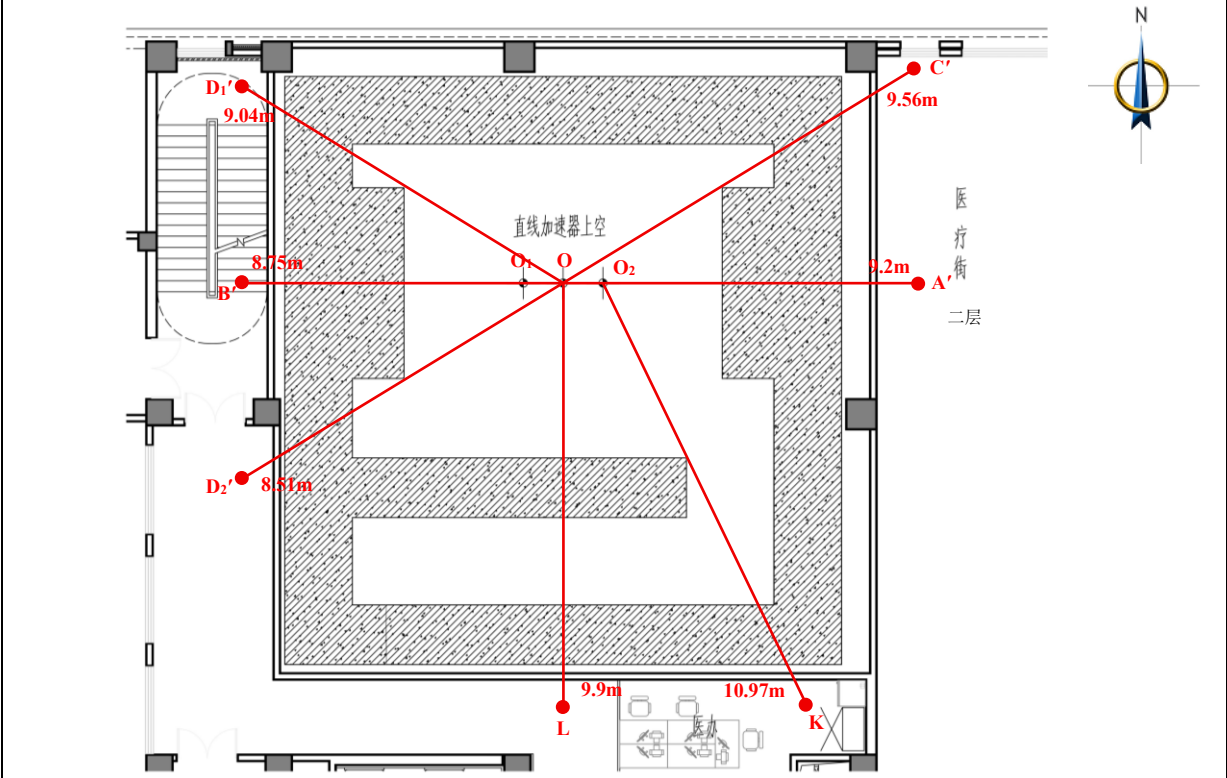


图 11.2-2 加速器机房二层关注点平面布置示意图

表 11.2.1-2 本项目加速器机房预测关注点位基本情况汇总

关注点	点位描述	辐射类型	使用因子 (U)	居留因子 (T)	路径	距离 (m)
J	南防护门外（走廊）	泄漏	1	1/8	O ₁ -J	10.08
		散射			O ₁ -O-I-J	19.87
K	南迷路外墙外 30cm （二层医生办公室）	泄漏	1	1	O ₂ -K	10.97
L	南迷路外墙外 30cm （二层走廊）	泄漏	1	1/5	O-L	9.9
M	顶棚主屏蔽区地面上 30cm（会议室）	有用	1/4	1/16	O ₂ -M	9.84
N	顶棚次屏蔽区地面上 30cm（会议室）	泄漏	1	1/16	O-N	10.63
		散射			O ₂ -O-N	10.63

注：保守取辐射源点至二层关注点的距离保守取其在同一水平面上的距离。

（4）剂量率参考控制水平 H_c 的确定

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）6.1.4来确定，机房墙和入口门外30cm处各关注点的周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,d}$ ：

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，由周剂量参考控制水平求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (\text{式11.2-1})$$

式中：

$H_{c,d}$ —周围剂量当量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平（ $\mu\text{Sv/周}$ ），机房外辐射工作人员 $\leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；治疗机房外非辐射工作人员 $\leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；本项目放射治疗机房外控制室内人员为辐射工作人员，即关注点H，其他人员均为非辐射工作人员；

U—有用线束向关注点位置的方向照射的使用因子，旋转式加速器有用辐射朝向的墙和室顶 $U=1/4$ ；

T—人员在相应关注点位置的居留因子，取值参考表7.3-3；

t—设备周最大累计照射的小时数，根据建设单位提供资料，本项目加速器预计最大工作量为：每天治疗70人次（均为精确放疗），均为精确放射治疗，每周工作5天，年工作50周，摆位时间约3~4min，治疗时平均每人照射5min；则有用线束日出束时间为350min，周出束时间29.17h，年总出束时间1458.5h。

2）根据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

$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$) :

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

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

3) 由上述1) 中的导出周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 、2) 中的最高周围剂量当量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 以及建设单位制定的控制目标值, 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 H_c 。各关注点剂量率控制水平见表11.2-3。

表 11.2-3 本项目中关注点所对应的剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)

关注点	T	U	$t^{1)}$ (h/周)	H_c ($\mu\text{Sv/周}$)	$H_{c,d}$ 计算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	$H_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$H'c^{2)}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	$\dot{H}_c$ ($\mu\text{Sv/h}$)
A/A'	1/5	1/4	29.17	5	3.43	10	2.5	2.5
B/B'	1/40	1/4	29.17	5	27.43	10	2.5	2.5
C/C'	1/5	1	29.17	5	0.86	10	0.86	0.86
D1/D1'	1/40	1	29.17	5	6.86	10	2.5	2.5
D2/D2'	1/5	1	29.17	5	0.86	10	0.86	0.86
E	1/40	1	29.17	5	6.86	10	2.5	2.5
F	1/16	1	29.17	5	2.74	10	2.5	2.5
G	1/16	1	29.17	5	2.74	10	2.5	2.5
H	1	1	29.17	100	3.43	2.5	2.5	2.5
J	1/8	1	29.17	5	1.37	10	1.37	1.37
K	1	1	29.17	5	0.17	2.5	0.17	0.17
L	1/5	1	29.17	5	0.86	10	0.86	0.86
M	1/16	1/4	29.17	5	10.97	10	2.5	2.5
N	1/16	1	29.17	5	2.74	10	2.5	2.5

注: 1) 设备周最大累计照射时间全部为精确放疗时间;

2) 建设单位制定的周围剂量率控制水平。

(5) 有用线束主屏蔽区宽度核算

依据《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)中附录D 相关模式参数, 本项目直线加速器有用线束不向迷路照射, 其机房主屏蔽区包括顶棚及主束方向墙体的部分位置。加速器主射线的最大出束角度为 28° , 有用线束主屏蔽区示意图见图11-3, 本项目各加速器机房内凸主屏蔽宽度根据(式11.2-2)计算, 外凸主屏蔽宽度根据(式11.2-3)计算。

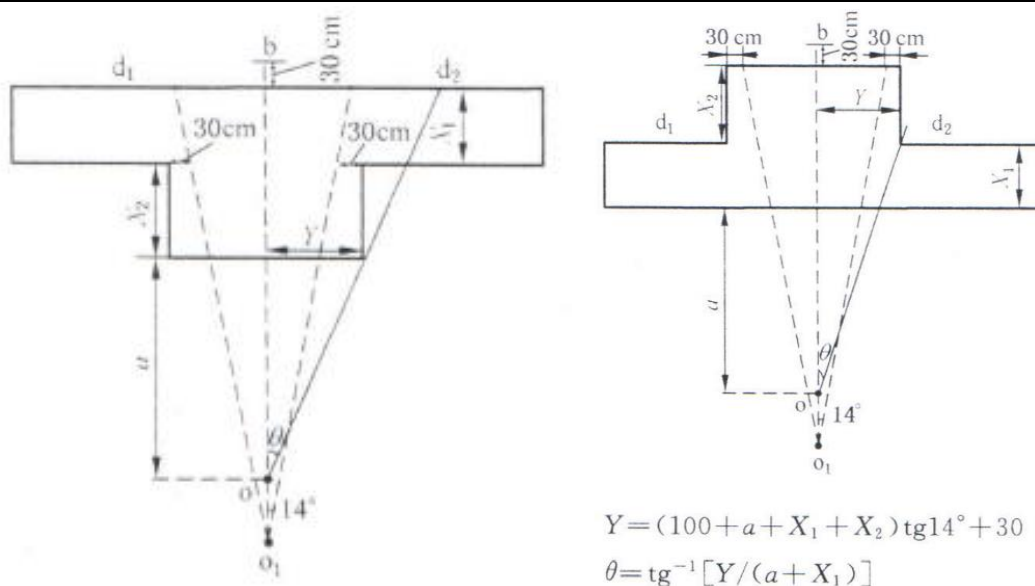


图 11.2-4 有用线束主屏蔽区示意图

内凸半宽度计算公式: $Y = (100 + a + X_2) \tan 14^\circ + 30$ (式 11.2-2)

外凸半宽度计算公式: $Y = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^\circ + 30$ (式 11.2-3)

Y ——机房有用束主屏蔽区的半宽度, cm;

a ——等中心至主屏蔽墙的距离, cm;

X_1 ——墙体厚度, cm;

X_2 ——凸出部分厚度, cm;

14° ——治疗束的最大张角。

计算结果如表 11.2-4 所示。

表 11.2-4 加速器机房主屏蔽范围计算表

主屏蔽体	设计形式	a (m)	X_1 (m)	X_2 (m)	主屏蔽区计算值 (m)		设计的主屏蔽范围值 (m)	结论
					Y	$2Y$		
东侧主屏蔽墙	内凸	4.0	1.7	1.3	1.87	3.74	4.80	满足
西侧主屏蔽墙	内凸	4.0	1.7	1.3	1.87	3.74	4.80	满足
顶棚	内凸	2.705	1.7	1.3	1.55	3.10	3.60	满足

由上述计算结果可知, 该项目加速器 1 室、2 室北墙、南墙和顶棚主屏蔽区设计宽度均符合理论计算值要求。由于本项目加速器机房下方无建筑, 所以地坪的防护不予考虑。本次评价要求: 设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时, 必须严格按照既定的摆位方式进行安装, 杜绝安装后主射方向超出屏蔽范围的情况出现。

(6) 泄漏辐射影响剂量率估算

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), 本次评价在进行辐射影响剂量率估算时, 对有用线束直接投射

的区域，按泄漏辐射考虑，预测加速器以最高 X 射线能量运行时，有用线束、泄漏辐射对机房外各关注点的辐射剂量率水平。

① 按（式 11.2-4）计算有效厚度 $X_e(\text{cm})$ ：

$$X_e = X \times \sec \theta \quad (\text{式 11.2-4})$$

式中：

X —屏蔽物质厚度；

X_e —有效屏蔽厚度；

θ —斜射角，即入射线与物质平面的法线的夹角。

②按（式 11.2-5）估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ：

$$B = 10^{-(X_e + TVL - TVL_1)/TVL} \quad (\text{式 11.2-5})$$

式中：

B —辐射屏蔽透射因子；

TVL_1 —辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度；

TVL —辐射在屏蔽物质中的平衡什值层厚度。

本项目各加速器机房屏蔽材料为混凝土，其 $TVL_1(\text{cm})$ 和 $TVL(\text{cm})$ 值见表 11.2-5 所示。

表 11.2-5 10MV 加速器 X 射线在混凝土（2.35g/cm³）中的 TVL 值（cm）

材料	有用线束		泄漏辐射		30°患者散射
	TVL_1	TVL	TVL_1	TVL	
混凝土（2.35g/cm ³ ）	37	33	34	29	26

注：根据建设单位提供资料，本项目加速器机房混凝土密度为2.35t/m³；数据源自NCRP151报告。

③然后再按（式 11.2-6）计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $H(\mu\text{Sv/h})$ 。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad (\text{式11.2-6})$$

式中：

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处的最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，本项目加速器在6MV（FFF）模式下为 $14 \times 60 \times 10^6 = 8.4 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

f —泄漏辐射比率，取0.001；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B —屏蔽物质的屏蔽透射因子，由（式11.2-5）算出。

根据本项目加速器机房的设计方案，得出加速器射线源到各关注点的距离 R ，使用公式计算出机房外各关注点的辐射剂量率水平，计算结果见表11.2-6。

表 11.2-6 本项目加速器机房各关注点有用及泄漏辐射剂量率的预测结果

关注点	点位描述	辐射类型	屏蔽体厚度 (cm)	入射角 θ (°)	距离 R (m)	f	TVL_I (cm)	TVL (cm)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
A/A'	东主屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	有用	300	0	9.2	1	37	33	1.06E-02
B/B'	西主屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	有用	300	0	8.75	1	37	33	1.18E-02
C/C'	东次屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	泄漏	170	30	9.56	0.001	34	29	2.33E-03
D1/D1'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	泄漏	170	30	9.04	0.001	34	29	2.60E-03
D2/D2'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层走廊)	泄漏	170	30	8.51	0.001	34	29	2.94E-03
E	北墙外 30cm (院内道路)	泄漏	170	0	6.4	0.001	34	29	4.19E-02
F	南迷路外墙外 30cm (一层水冷机房)	泄漏	150	26	10.97	0.001	34	29	1.83E-02
G	南迷路外墙外 30cm (一层辅助机房)	泄漏	150+150 ¹⁾	11	10.09	0.001	34	29	3.55E-07
H	南迷路外墙外 30cm (一层控制室)	泄漏	150+150 ¹⁾	0	9.9	0.001	34	29	5.76E-07
J	南防护门外 (走廊)	泄漏	150	11	10.08	0.001	34	29	6.62E-02
K	南迷路外墙外 30cm (二层医生办公室)	泄漏	150	26	10.97	0.001	34	29	1.83E-02
L	南迷路外墙外 30cm (二层走廊)	泄漏	150+150 ¹⁾	0	9.9	0.001	34	29	5.76E-07
M	顶棚主屏蔽区地面上 30cm (会议室)	有用	300+12 ²⁾	0	9.84	1	37	33	4.03E-03
N	顶棚次屏蔽区地面上 30cm (会议室)	泄漏	170+12 ²⁾	30	10.63	0.001	34	29	6.26E-04

(7) 散射辐射剂量率估算

1) 与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区

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。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（式 11.2-7）进行估算。

首先按（式 11.2-4）计算有效厚度 $X_e(\text{cm})$ ，接着，按式（11.2-4）估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ，再按式（11.2-7）计算患者散射辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H}_s = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \quad (\text{式 11.2-7})$$

式中：

$\dot{H}_0$ —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；

α_{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 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.2 可查，6MV 加速器 $\alpha_{ph}=2.77 \times 10^{-3}$ （散射角 30° ）。

F —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；取 $40 \times 40\text{cm}^2$ ；

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，可计算关注点的患者一次散射剂量率如表 11.2-7 所示。

表 11.2-7 关注点散射辐射剂量率预测结果

关注点	点位描述	屏蔽体设计厚度 (cm)	入射角 $\theta (^\circ)$	距离 R_s (m)	$F (\text{cm}^2)$	α_{ph}	$TVL (\text{cm})$	$\dot{H}_s (\mu\text{Sv/h})$
C/C'	东次屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	170	30	9.56	1600	2.77E-03	26	2.87E-03
D1/D1'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	170	30	9.04	1600	2.77E-03	26	3.21E-03
D2/D2'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层走廊)	170	30	8.51	1600	2.77E-03	26	3.62E-03
N	顶棚次屏蔽区地面上 30cm (会议室)	182	30	10.63	1600	2.77E-03	26	6.81E-04

注：屏蔽体厚度为最终折算的混凝土厚度。

2) 加速器机房迷路入口

本项目加速器 X 射线最大能量为 6MV，有用线束不向迷路照射，加速器迷路入口处的散射辐射剂量主要考虑人体受有用线束照射时的散射辐射至迷路内口再次散射至迷路入口的辐射、加速器泄漏辐射受墙的散射至迷路入口的辐射及有用线束穿出人体受主屏蔽墙的散射至迷路外墙再次散射达到迷路入口的辐射。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），将人体受有用线束照射时的散射辐射至迷路内口再次散射至迷路入口的辐射剂量率作为上述三项之和的近似估计。计算过程如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \bullet (F/400)}{R_1^2} \bullet \frac{\alpha_2 \bullet A}{R_2^2} \dot{H}_0 \quad (\text{式11.2-8})$$

式中：

$\dot{H}_g$ —患者散射经迷路内口散射后再散射至I处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值；根据 GBZ/T201.2-2011 附录表 B.2 可查，6MV 工况下 $\alpha_{ph}=1.39\times 10^{-3}$ 。

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， cm^2 ；

α_2 —砗墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取迷路内口处的入射角为 45° ，散射角为 0° ，取 0.5MeV 栏内的值；

A —迷路内口处的散射面积， m^2 ，迷路内口处的散射面积为自入口处和等中心位置 o 共同可视区域面积；

R_1 —“o-i” 的距离，m；

R_2 —“i-h” 的距离，m；

$\dot{H}_0$ —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，本项目加速器在 6MV（FFF）模式下为 $14\times 60\times 10^6=8.4\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ 。

患者散射经迷路内口散射后再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果见表 11.2-8。

表 11.2-8 患者散射经迷路内口再散射至迷路入口散射辐射计算参数及计算结果

关注点	$\dot{H}_0$ ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	α_{ph}	α_2	A (m^2)	F (cm^2)	R_1 (m)	R_2 (m)	$\dot{H}_g$ ($\mu\text{Sv/h}$)
J	8.4×10^8	1.39×10^{-3}	22×10^{-3}	8.59	1600	8.78	11.09	93.09

（7）防护门外辐射剂量率

本项目加速器机房防护门设计采用 11mm 铅板，防护门外剂量率按下式计算：

$$H=\dot{H}_g \bullet 10^{-(X/\text{TVL})}+\dot{H}_{og} \quad (\text{式 11.2-9})$$

式中：

H —机房防护门外30cm（h点）处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_g$ —迷路入口 I 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

X —防护门的铅屏蔽厚度，cm；

TVL—铅的什值层厚度，cm，本项目取0.5cm；

H_{og} —迷路入口h点处的泄漏辐射剂量率，

根据上述公式和参数，可计算机房防护门外 30cm(I 点)处的剂量率 H ，见表 11.2-9。

表 11.2-9 机房防护门外 H 的剂量率预测结果

关注点	H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	X (cm)	TVL (cm)	H_{og} ($\mu\text{Sv/h}$)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
J	93.09	1.2	0.5	2.86E-02	0.47

(8) 预测结果及评价

本项目各关注点辐射剂量率预测结果见表11.2-10。

表 11.2-10 各关注点剂量率预测结果一览表

关注点	点位描述	剂量率预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)			周围剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否符合要求
		有用线束/泄漏辐射	散射辐射	合计		
A/A'	东主屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	1.06E-02	--	1.06E-02	2.5	是
B/B'	西主屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	1.18E-02	--	1.18E-02	2.5	是
C/C'	东次屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	2.33E-03	2.87E-03	5.20E-03	0.86	是
D1/D1'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	2.60E-03	3.21E-03	5.81E-03	2.5	是
D2/D2'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层走廊)	2.94E-03	3.62E-03	6.56E-03	0.86	是
E	北墙外 30cm (院内道路)	4.19E-02	--	4.19E-02	2.5	是
F	南迷路外墙外 30cm (一层水冷机房)	1.83E-02	--	1.83E-02	2.5	是
G	南迷路外墙外 30cm (一层辅助机房)	3.55E-07	--	3.55E-07	2.5	是
H	南迷路外墙外 30cm (一层控制室)	5.76E-07	--	5.76E-07	2.5	是
J	南防护门外 (走廊)	6.62E-02	0.37	0.44	1.37	是
K	南迷路外墙外 30cm (二层医生办公室)	1.83E-02	--	1.83E-02	0.17	是
L	南迷路外墙外 30cm (二层走廊)	5.76E-07	--	5.76E-07	0.86	是
M	顶棚主屏蔽区地面上 30cm (会议室)	4.03E-03	--	4.03E-03	2.5	是
N	顶棚次屏蔽区地面上 30cm (会议室)	6.26E-04	6.81E-04	1.31E-03	2.5	是

由上表计算结果可知，经机房屏蔽后，加速器机房外各关注点周围剂量率均满足相应参考控制水平。

(9) 人员有效剂量估算

参照《辐射防护手册》（第一分册），本项目致辐射工作人员与周边公众辐射剂量按下式进行计算：

$$H_E = H \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11.2-10)}$$

式中：

H_E —辐射外照射人均年有效剂量当量，mSv；

H —预测关注点剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T —居留因子；取1；

t —年照射时间，小时。

表 11.2-11 加速器机房周围人员年剂量率估算表

关注点	点位描述	人员类型	居留因子	使用因子	预测点位处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
A/A'	东主屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	公众人员	1/5	1/4	1.06E-02	1458.5	7.73E-04
B/B'	西主屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	公众人员	1/40	1/4	1.18E-02	1458.5	1.08E-04
C/C'	东次屏蔽墙外 30cm (一层/二层医疗街)	公众人员	1/5	1	5.20E-03	1458.5	1.52E-03
D1/D1'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层楼梯间)	公众人员	1/40	1	5.81E-03	1458.5	2.12E-04
D2/D2'	西次屏蔽墙外 30cm (一层/二层走廊)	公众人员	1/5	1	6.56E-03	1458.5	1.91E-03
E	北墙外 30cm (院内道路)	公众人员	1/40	1	4.19E-02	1458.5	1.53E-03
F	南迷路外墙外 30cm (一层水冷机房)	公众人员	1/16	1	1.83E-02	1458.5	1.67E-03
G	南迷路外墙外 30cm (一层辅助机房)	公众人员	1/16	1	3.55E-07	1458.5	3.24E-08
H	南迷路外墙外 30cm (一层控制室)	职业人员	1	1	5.76E-07	1458.5	8.40E-07
J	南防护门外 (走廊)	公众人员	1/8	1	0.44	1458.5	8.02E-02
K	南迷路外墙外 30cm (二层医生办公室)	公众人员	1	1	1.83E-02	1458.5	2.67E-02

续表 11.2-11 加速器机房周围人员年剂量率估算表

关注点	点位描述	人员类型	居留因子	使用因子	预测点位处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	年有效剂量 (mSv)
L	南迷路外墙外 30cm (二层走廊)	公众人员	1/5	1	5.76E-07	1458.5	1.68E-07
M	顶棚主屏蔽区地面上 30cm (会议室)	公众人员	1/16	1/4	4.03E-03	1458.5	9.18E-05
N	顶棚次屏蔽区地面上 30cm (会议室)	公众人员	1/16	1	1.31E-03	1458.5	1.19E-04

根据上述计算结果, 本项目加速器正常运行后, 所致控制室职业人员年最大有效剂量为 $8.40\text{E-}07\text{mSv/a}$, 低于职业人员的年剂量约束值 5mSv ; 所致公众人员最大年有效剂量为 $8.02\text{E-}02\text{mSv}$, 低于公众人员的年剂量约束值 0.1mSv 。因此, 机房周围各关注点人员年有效剂量均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 中剂量约束值及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值的要求。

(10) 电子束辐射影响分析

本项目将利用直线加速器电子束进行皮肤、人体浅表肿瘤的治疗(与 X 射线治疗肿瘤类型不同, X 射线进行人体深部肿瘤的治疗)。

电子在物质中的射程是有限的, 20MeV 的电子线在混凝土中的射程很短, 约 3.5cm , 电子线的穿透能力明显弱于 X 射线, 一般情况下, 满足屏蔽 X 射线防护要求时即可满足屏蔽电子线的防护需要, 屏蔽比较容易。本项目加速器机房电子线能量低于 20MeV , 其设计结构和屏蔽厚度可满足 X 射线屏蔽要求, 因此足以屏蔽电子线, 在运行过程中电子线对周围环境辐射影响基本无影响。

11.2.2 核医学诊断治疗环境影响分析

11.2.2.1 β 射线辐射环境影响分析

本项目使用的 ^{131}I 、 ^{89}Sr 核素衰变过程中会有 β 粒子。根据《辐射防护手册》(第三分册, P20~P23), β 粒子在不同介质中的射程按式 11.2-11 计算:

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\text{MAX}} \quad (\text{式 11.2-11})$$

式中: d —最大射程, cm ;

ρ —屏蔽材料密度, g/cm^3 ;

E_{max} — β 射线的最大能量, MeV 。

表11.2-12 各核素β射线在空气中理论最大射程（cm）

核素	β射线能量（keV）	空气中射程	混凝土墙中射程	铅玻璃中射程	铅中射程
¹³¹ I	606	235.08	0.13	0.07	0.03
⁸⁹ Sr	1492	576.74	0.32	0.18	0.06

注：空气的密度为 $1.29 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$ ；混凝土的密度为 2.35g/cm^3 ；铅玻璃的密度为 4.2g/cm^3 ；铅的密度为 11.34g/cm^3 。

由上表可知，放射性核素¹³¹I、⁸⁹Sr产生的β射线在空气中的射程最大分别为235.08cm、576.74cm，而本项目核医学科非密封放射性物质工作场所设置了足够的空间，且有墙体和铅门、铅玻璃等进行屏蔽，同时在项目运行过程中职业人员还穿戴有0.5mmPb铅当量的铅防护服，公众与放射性核素之间还采取了物理隔离及距离衰减措施，因此β射线对职业人员和公众辐射影响很小。

11.2.2.2 β 表面沾污环境影响分析

β表面沾污的影响主要来源于医生操作时，放射性物质逸出或飞散在操作台、地板、墙壁、个人防护用品等表面，对职业人员和公众造成辐射影响，因此，为了使本项目非密封放射性物质工作场所的β表面污染水平达到GB18871-2002规定的要求，建设单位拟采取如下防护措施：

①使用、操作放射性同位素的人员经过专业学习并持证上岗，具备相应的技能与防护知识；

②开瓶、转移等易产生放射性物质逸出或飞散的操作，其操作在手套箱内进行；

③操作液体放射性物质在易去除污染的工作台上放置的搪瓷盘内进行，并铺以吸水性好的材料；

④吸取液体的操作用合适的器具，严禁用口吸取；

⑤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；

⑥放射性操作之后对工作台、设备、地面及个人防护用品等进行表面污染检查、清洗、去污，工作人员在表污检测有污染后应进行淋浴；

⑦放射性药品应存放在储源室专用柜内，需防盗、防水、防火，柜外有电离辐射标志；

⑧做好就诊病人的管理，特别是已注射放射性药品的病人管理工作，严格划定好控制区和监督区，禁止无关人员随处走动。

⑨当天工作结束后，应进行辐射水平和表面沾污检测，如β表面污染水平超过GB18871-2002规定值，医院应暂停开展核医学活性区的相关业务，去污染经监测符合标准后方可重新开展业务，辐射工作人员出现手、皮肤、内衣、工作袜等出现污染情况时，需及时进行去污操作并暂停放射性物质操作评估其受照射剂量，并根据评估结

果采取下一步措施（调整工作或接受治疗等）。

11.2.2.3 韧致辐射环境影响分析

⁸⁹Sr为纯β衰变，β射线穿透能力很弱，在组织内部辐射距离很短，不会对周围环境产生明显影响，主要考虑β射线在与物质作用会产生韧致辐射。

根据《辐射防护导论》（主编：方杰）中相关公式，剂量率估算采用式11.2-12计算，计算结果见表11.2-13。

$$H_r = 4.58 \times 10^{-14} \times A \times Z_e \times \left(\frac{E_b}{r} \right)^2 \times (\mu_{em} / \rho) \times q \times \eta \quad (\text{式11.2-12})$$

式中：

H_r —距离韧致辐射源r m处的空气比释动能率，Gy/h；

A—放射源活度Bq；

Z_e —电子屏蔽材料的有效原子序数，药物均分装好装在注射器中，保守取铅的有效原子序数82；

E_b —韧致辐射的平均能量 E_b 是入射β粒子的最大能量的1/3，即 $E_b=E_{max}/3$ ，MeV；

μ_{em}/ρ —平均能量为 E_b 的韧致辐射在空气中的质量能量吸收系数，m²/kg，由《辐射防护导论》附表1查得，本项目⁸⁹Sr空气质量能量吸收系数为2.732E-03m²/kg；

q—关注点所在区域相应的居留因子；

η—透射比，保守取1。

表11.2-13 本项目核医学科场所核素韧致辐射剂量率计算结果一览表

核素	源活度A (Bq)	屏蔽物质原子 序数 Z_e	E_b (MeV)	距离r (m)	μ_{em}/ρ (m ² /kg)	q	η	剂量率 (μGy/h)
⁸⁹ Sr	1.48E+08	82	0.496	0.3	2.732E-03	1	1	4.15

根据上表计算结果可知，使用⁸⁹Sr核素会产生韧致辐射，当医护人员在给病人进行治疗时会受到一定量的照射，因此不能忽视对韧致辐射的防护，治疗过程中，工作人员应采取有效的个人防护措施，如戴有机玻璃眼镜或面罩和尽量使用远距离操作工具，并且在满足工作需求的情况下增加身体与非密封放射性物质的距离和减少操作时间。

11.2.2.4 X-γ 射线辐射影响分析

（1）预测模式的选取

1) 理论计算公示

本项目在考虑外照射屏蔽防护时主要考虑¹⁸F、^{99m}Tc、¹³¹I核素衰变过程中产生的γ射线，在进行环境影响预测时，将药物及已服药的患者简化为点源，计算公式参考《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录I.2中¹⁸F、^{99m}Tc、¹³¹I治疗等工作场所的屏蔽

进行计算，如式11.2-13、11.2-14所示。

$$x = TVL \times \lg\left(\frac{A \times \Gamma}{\dot{H}_p \times r^2}\right) \quad (\text{式11.2-13})$$

$$\dot{H}_p = \frac{A \Gamma}{R^2} \times 10^{-\frac{x}{TVL}} \quad (\text{式11.2-14})$$

式中：A—放射源的活度，MBq；
Γ—距源1米处的周围剂量当量率常数，μSv·m²·h⁻¹·MBq⁻¹；
X—屏蔽厚度，mm；
R—参考点与放射源的距离，m；
H_p—参考点处辐射剂量率，μSv/h；
TVL—γ射线的十分之一值层厚度，mm。

2) 预测参数的选取

本项目使用的放射性核¹⁸F、^{99m}Tc、¹³¹I屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录I.1，周围剂量率常数参照附录H表H.1，如下表所示。

表11.2-14 本项目使用的非密封放射性核素屏蔽材料十分之一值层厚度（mm）

核素	周围剂量当量率常数（裸源）Γ（μSv/h·m ² MBq ⁻¹ S ⁻¹ ）	铅（11.34g/cm ³ ）	混凝土实心砖（1.68g/cm ³ ）	混凝土（2.35g/cm ³ ）	硫酸钡水泥（3.2g/cm ³ ）
¹⁸ F	0.143	16.6	263	176	129
^{99m} Tc	0.0303	1	160	110	80
¹³¹ I	0.0595	11	240	170	124

注：1）屏蔽材料十分之一值层厚度（TVL）参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录I.1；
2）硫酸钡水泥密度不小于3.2t/m³，其什值层厚度根据与混凝土的密度等比折算而得。混凝土实心砖密度不小于1.68t/m³，略大于实心砖密度，保守取实心砖什值层进行屏蔽计算。

3) 参考点的选取

参照《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）附录J中控制区检测点选取原则，本项目核医学辐射场所选取四周屏蔽墙、防护门、观察窗外0.3m处、顶棚地面上方0.3m处及下层域地面上方1.7m处等作为预测关注点位。

4) 辐射剂量源项估算

a、储源室

本项目储存的放射性药物¹⁸F最大活度37000MBq，由医院根据与患者预约情况向药物供应商订货，供药公司将药物放置于50mm铅当量铅罐内，直接运至储源室待用，每天平均储存约1.0h。

本项目储存的放射性核素^{99m}Tc最大活度44400MBq，由医院根据与患者预约情况向

药物供应商订货，供药公司根据每人份定药量直接分装在注射器内直接运输至储源室待用，各注射器外配套有5mm铅当量防护套。

本项目储存的放射性核素 ^{131}I 最大活度7400MBq，由医院根据患者预约情况向药物供应商订货，供药公司将药物放置于50mm铅当量铅罐内，直接运至储源室待用。

b、分装质控注射室

^{18}F 放射性药物分装等给药前的相关操作均在50mmPb手套箱内进行，距离手套箱0.3m处操作，注射前医护人员分装使用手动分装装置分装；

^{18}F 分装位活度按每日最大量37000MBq，注射时活度按单人最大量370MBq。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 半衰期相对较长，由供药公司根据每人份定药量直接分装在注射器内，无需再次分装，注射位活度按单人最大量1110MBq。

c、 ^{131}I 分装室

^{131}I 分装质控给药间活度按单人最大量370MBq；

^{131}I 放射性药物采用自动分装仪进行分装，由工作人员将置于铅罐中的药物取出放入50mmPb自动分装仪中，分装位活度按每日最大量7400MBq。

d、服药间

^{131}I 服药间活度按单人最大量370MBq。

e、运动负荷间兼应急抢救室

本项目设心功能运动负荷间兼抢救室1间，受检者出现紧急情况在此房间内抢救，保守条件下不考虑核素衰变，并忽略排泄衰减和核素衰变，抢救室源强总活度为：370MBq（ ^{18}F ）、1110MBq（ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ）、370MBq（ ^{131}I ）。

f、PET/CT注射后候诊室

PET注射后候诊室：设计考虑3人候诊，活度约为1013MBq（受检者体内的药物活度为370MBq，分别经过0、15min、30min衰变后的总活度计算）。

g、PET/CT机房

受检者施用 ^{18}F 核素后通常需要在候诊室静候30min，受检者用药后需要考虑屏蔽防护。施用 ^{18}F 药物2小时内，施用量的15%~20%转移至膀胱，检查前患者将排空膀胱。平均每人使用的 ^{18}F 活度为370MBq，按照患者注射后30min开始检查，本次计算机房内 ^{18}F 活度保守不考虑衰变，按370MBq。PET/CT机房除来自病人体内由 ^{18}F 发射的 γ 射线外还有CT部分X射线危害。参考标准GBZ 130-2020中2.5mm铅当量的要求。

h、PET/CT留观室

受检者扫描检查完后一般在留观室留观15~30min再离开，按照30min估算，每次有

3人留观，两人体内的放射性药物总活度约为763MBq（单人体内按照单人次370MBq，分别经过45min、60min和75min衰减）。

i、SPECT/CT注射后候诊室

考虑一次最多候诊10人的活度，约为11100MBq。SPECT/CT机房除来自病人体内由^{99m}Tc发射的γ射线外还有CT部分X射线危害。参考标准GBZ 130-2020中2.5mm铅当量的要求。

j、SPECT/CT机房

平均每人次使用的^{99m}Tc活度为1110MBq。SPECT/CT机房除来自病人体内由^{99m}Tc发射的γ射线外还有CT部分X射线危害。参考标准GBZ 130-2020中2.5mm铅当量的要求。

k、SPECT/CT留观室

受检者检查完后，于留观室进行留观，考虑最多同时留观6人，不考虑核素衰变，6人体内的放射性药物总活度约为6660MBq。

l、甲亢留观室

¹³¹I甲亢治疗拟周六进行，平均每人次使用的核素活度为370MBq。根据核素用量和射线类型，此留观室只需考虑¹³¹I的屏蔽，¹³¹I甲亢治疗患者服完药后一般在留观室留观15~30min再离开，按照30min估算，每次有3人留观，3人体内的放射性药物总活度约为1110MBq（1人体内按照单人次370MBq，¹³¹I半衰期约8.02天，不考虑衰减）。

（2）预测计算结果

本项目预测点位分布图见图11.2-5所示，计算结果详见表11.2-15、表11.2-16所示，根据计算结果可知，本项目核医学科控制区内各房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率满足《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“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2.5μSv/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10μSv/h”的要求；控制区与监督区之间房间防护门、观察窗和墙壁外表面30cm处的周围剂量当量率满足《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）中“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2.5μSv/h”的要求。

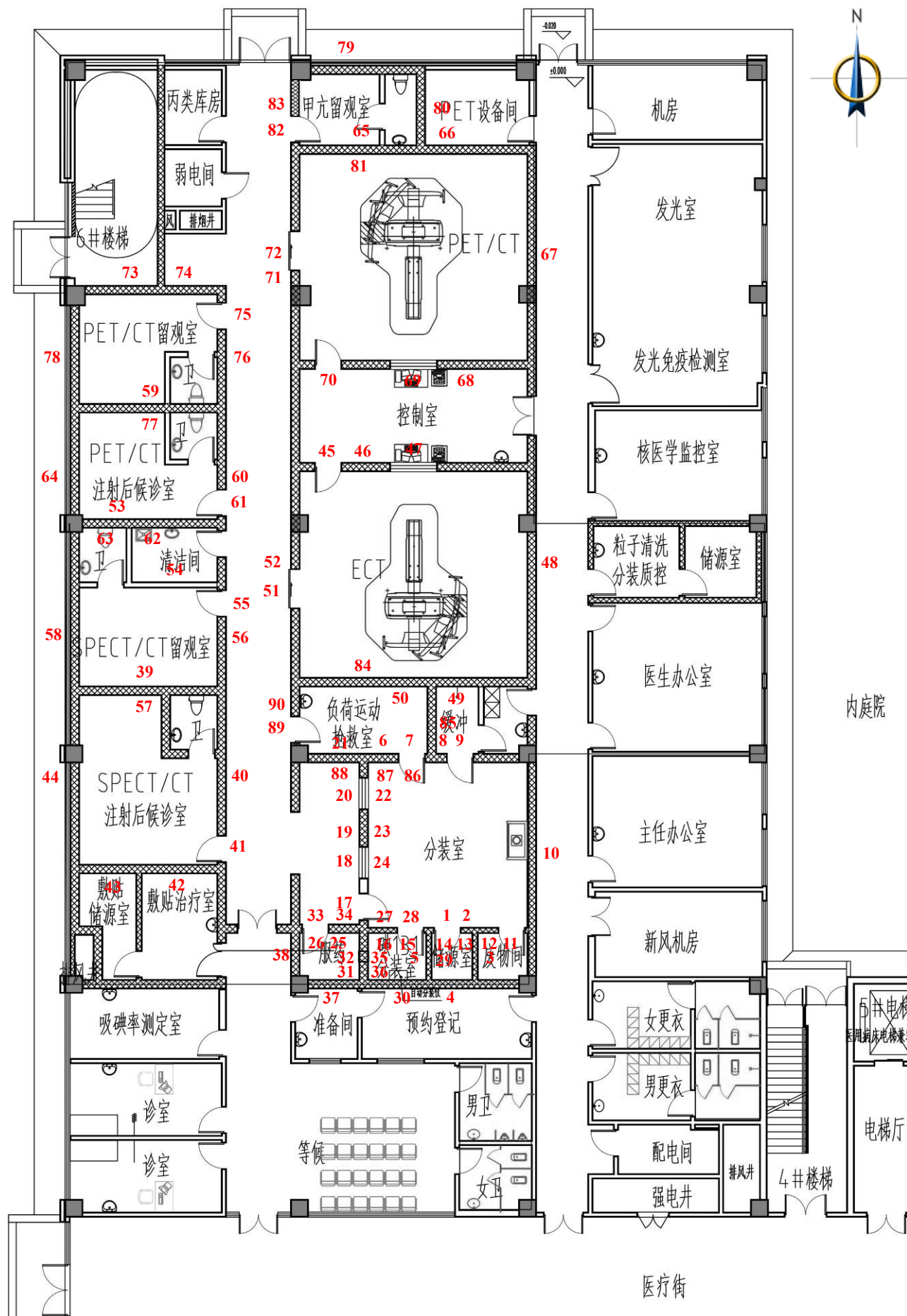


图 11.2-5 本项目核医学科工作场所预测关注点分布图

表 11.2-15 本项目核医学工作场所辐射剂量当量率计算结果一览表

工作场所及参 考源活度	屏蔽体及 场所名称	点位	剂量率控制水 平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点 距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
储源室 (^{18}F 药 物 37000MBq)	北防护门 (分装质控注射室)	1	2.5	1.44	50mmPb+6mmPb	1.08	符合
	北墙 (分装质控注射室)	2	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	3.61E-01	符合
	东墙 (放射性废物间)	3	10	1.52	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	2.72E-01	符合
	南墙 (预约登记室)	4	2.5	1.57	50mmPb+370mm 混凝土实心砖	8.18E-02	符合
	西墙 (^{131}I 分装室)	5	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	3.61E-01	符合
	顶棚 (登记室)	--	2.5	4.4	50mmPb+353mm 混凝土+30mm 硫 酸钡水泥	1.54E-03	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	50mmPb+250mm 混凝土	7.51E-03	符合
储源室 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 44400MBq)	北防护门 (分装质控注射室)	1	2.5	1.44	50mmPb+6mmPb	6.49E-09	符合
	北墙 (分装质控注射室)	2	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	2.44E-04	符合
	东墙 (放射性废物间)	3	10	1.52	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	1.84E-04	符合
	南墙 (预约登记室)	4	2.5	1.57	50mmPb+370mm 混凝土实心砖	2.66E-05	符合
	西墙 (^{131}I 分装室)	5	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	2.44E-04	符合
	顶棚 (登记室)	--	2.5	4.4	50mmPb+353mm 混凝土+30mm 硫 酸钡水泥	1.81E-07	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	50mmPb+250mm 混凝土	2.76E-06	符合
储源室 (^{131}I 药 物 7400MBq)	北防护门 (分装质控注射室)	1	2.5	1.44	50mmPb+6mmPb	1.72E-03	符合
	北墙 (分装质控注射室)	2	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	7.20E-04	符合
	东墙 (放射性废物间)	3	10	1.52	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	5.43E-04	符合
	南墙 (预约登记室)	4	2.5	1.57	50mmPb+370mm 混凝土实心砖	1.46E-04	符合
	西墙 (^{131}I 分装室)	5	2.5	1.32	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	7.20E-04	符合

工作场所及参 考源活度	屏蔽体及 场所名称	点位	剂量率控制水 平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点 距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
	顶棚（登记室）	--	2.5	4.4	50mmPb+353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	3.11E-06	符合
	地板（地下车库）	--	2.5	5.1	50mmPb+250mm 混凝土	1.63E-05	符合
分装质控给药 室 (^{18}F 药物 370MBq)	北墙（运动负荷兼应急抢救室）	6	10	4.52	370mm 混凝土实心砖	1.01E-01	符合
	北防护门（运动负荷兼应急抢救室）	7	10	4.04	10mmPb	8.10E-01	符合
	北墙（缓冲间）	8	2.5	3.88	370mm 混凝土实心砖	1.38E-01	符合
	北防护门（缓冲间）	9	2.5	3.88	6mmPb	1.53	符合
	东墙（监督区走廊）	10	2.5	3.76	370mm 混凝土实心砖	1.47E-01	符合
	南防护门（放射性废物间）	11	10	4.41	6mmPb	1.18	符合
	南墙（放射性废物间）	12	10	4.32	240mm 混凝土实心砖	3.47E-01	符合
	南墙（储源室）	13	10	3.74	240mm 混凝土实心砖	4.63E-01	符合
	南防护门（储源室）	14	10	3.79	6mmPb	1.60	符合
	南防护门 (^{131}I 分装室)	15	2.5	3.91	6mmPb	1.51	符合
	南墙 (^{131}I 分装室)	16	2.5	4.40	240mm 混凝土实心砖	3.34E-01	符合
	西防护门（受注射区）	17	10	4.42	6mmPb	1.18	符合
	PET 药物注射窗（受注射区）	18	10	1.17	40mmPb	1.50E-01	符合
	西墙（受注射区）	19	10	3.77	370mm 混凝土实心砖	1.46E-01	符合
	SPECT 药物注射窗（受注射区）	20	10	4.14	6mmPb	1.34	符合
	顶棚（登记室、肌电室、心电室、超声室）	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.58E-02	符合
	地板（地下车库）	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	7.73E-02	符合
分装质控给药	北墙（运动负荷兼应急抢救室）	6	10	4.52	370mm 混凝土实心砖	8.02E-03	符合

工作场所及参 考源活度	屏蔽体及 场所名称	点位	剂量率控制水 平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点 距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
室 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 1110MBq)	北防护门 (运动负荷兼应急抢救室)	7	10	4.04	10mmPb	2.06E-10	符合
	北墙 (缓冲间)	8	2.5	3.88	370mm 混凝土实心砖	1.09E-02	符合
	北防护门 (缓冲间)	9	2.5	3.88	6mmPb	2.23E-06	符合
	东墙 (监督区走廊)	10	2.5	3.76	370mm 混凝土实心砖	1.16E-02	符合
	南防护门 (放射性废物间)	11	10	4.41	6mmPb	1.73E-06	符合
	南墙 (放射性废物间)	12	10	4.32	240mm 混凝土实心砖	5.70E-02	符合
	南墙 (储源室)	13	10	3.74	240mm 混凝土实心砖	7.60E-02	符合
	南防护门 (储源室)	14	10	3.79	6mmPb	2.34E-06	符合
	南防护门 (^{131}I 分装室)	15	2.5	3.91	6mmPb	2.20E-06	符合
	南墙 (^{131}I 分装室)	16	2.5	4.40	240mm 混凝土实心砖	5.49E-02	符合
	西防护门 (受注射区)	17	10	4.42	6mmPb	1.72E-06	符合
	PET 药物注射窗 (受注射区)	18	10	1.17	40mmPb	2.46E-39	符合
	西墙 (受注射区)	19	10	3.77	370mm 混凝土实心砖	1.15E-02	符合
	SPECT 药物注射窗 (受注射区)	20	10	4.14	6mmPb	1.96E-06	符合
	顶棚 (登记室、肌电室、心电室、超 声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.53E-04	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	6.90E-03	符合
受注射区 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 1110MBq)	北墙 (运动负荷兼应急抢救室)	21	10	1.87	370mm 混凝土实心砖	4.68E-02	符合
	SPECT 药物注射窗 (分装质控注射室)	22	2.5	1.17	6mmPb	2.46E-05	符合
	东墙 (分装质控注射室)	23	2.5	1.17	370mm 混凝土实心砖	1.20E-01	符合
	南墙 (^{131}I 服药室)	25	10	3.81	370mm 混凝土实心砖	1.13E-02	符合

工作场所及参考源活度	屏蔽体及场所名称	点位	剂量率控制水平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
	南防护门 (^{131}I 服药室)	26	10	3.81	6mmPb	2.32E-06	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.53E-04	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	6.90E-03	符合
受注射区 (^{18}F 药物 370MBq)	北墙 (运动负荷兼应急抢救室)	21	10	3.81	370mm 混凝土实心砖	5.93E-01	符合
	东墙 (分装质控注射室)	23	2.5	1.17	370mm 混凝土实心砖	1.51	符合
	PET 药物注射窗 (分装质控注射室)	24	2.5	1.17	40mmPb	1.50E-01	符合
	南墙 (^{131}I 服药室)	25	10	3.06	370mm 混凝土实心砖	1.43E-01	符合
	南防护门 (^{131}I 服药室)	26	10	3.06	6mmPb	1.59	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.58E-02	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	7.73E-02	符合
^{131}I 分装室 (^{131}I 药物 7400MBq)	北墙 (分装质控注射室)	27	2.5	1.44	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	6.05E-04	符合
	北防护门 (分装质控注射室)	28	2.5	1.44	50mmPb+6mmPb	1.72E-03	符合
	东墙 (储源室)	29	10	1.66	50mmPb+240mm 混凝土实心砖	4.55E-04	符合
	南墙 (预约登记室)	30	2.5	1.57	50mmPb+370mm 混凝土实心砖	1.46E-04	符合
	西墙 (^{131}I 服药室)	31	10	1.79	50mmPb+370mm 混凝土实心砖	1.12E-04	符合
	服药窗口 (^{131}I 服药室)	32	10	1.81	50mmPb+40mmPb	8.84E-07	符合
	顶棚 (登记室、超声室)	--	2.5	4.4	50mmPb+2353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	3.11E-06	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	50mmPb+250mm 混凝土	1.63E-05	符合
^{131}I 服药室 (^{131}I 药物 370MBq)	北防护门 (受注射区)	33	10	1.60	10mmPb	1.06	符合
	北墙 (受注射区)	34	10	1.59	370mm 混凝土实心砖	2.50E-01	符合
	服药窗口 (^{131}I 分装室)	35	2.5	1.78	40mmPb	1.61E-03	符合

工作场所及参考源活度	屏蔽体及场所名称	点位	剂量率控制水平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
	东墙 (^{131}I 分装室)	36	2.5	1.82	370mm 混凝土实心砖	1.91E-01	符合
	南墙 (准备间)	37	2.5	1.54	370mm 混凝土实心砖	2.67E-01	符合
	西墙 (监督区走廊)	38	2.5	1.85	370mm 混凝土实心砖	1.85E-01	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	5.46E-03	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	2.86E-02	符合
SPECT/CT 注射后候诊室 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 5550MBq)	北墙 (SPECT/CT 留观室)	39	10	3.96	370mm 混凝土实心砖	5.22E-02	符合
	东墙 (患者走廊)	40	10	4.44	370mm 混凝土实心砖	4.15E-02	符合
	东防护门 (患者走廊)	41	10	5.13	4mmPb	6.39E-04	符合
	南墙 (敷贴治疗室)	42	2.5	4.07	370mm 混凝土实心砖	4.94E-02	符合
	南墙 (敷贴储源室)	43	2.5	3.96	370mm 混凝土实心砖	5.22E-02	符合
	西墙室外绿化	44	2.5	2.46	370mm 混凝土实心砖	1.35E-01	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	2.26E-03	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	3.45E-02	符合
SPECT/CT 机房 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 1110MBq)	北防护门 (控制室)	45	2.5	5.73	4mmPb	1.02E-04	符合
	北墙 (控制室)	46	2.5	4.8	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	3.00E-03	符合
	北观察窗 (控制室)	47	2.5	4.68	4mmPb	1.54E-04	符合
	东墙 (监督区走廊)	48	2.5	5.1	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	2.66E-03	符合
	南墙 (缓冲间)	49	2.5	4.78	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	3.02E-03	符合

工作场所及参 考源活度	屏蔽体及 场所名称	点位	剂量率控制水 平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点 距离 $r^{1)}$ (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2)$	设计屏蔽周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
	南墙 (运动负荷兼应急抢救室)	50	10	4.68	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸 钡水泥	3.15E-03	符合
	西防护门 (患者走廊)	51	10	5.1	4mmPb	1.29E-04	符合
	西墙 (患者走廊)	52	10	5.1	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸 钡水泥	6.30E-03	符合
	顶棚 (超声室、平板运动室、直立检 查室、准备室、主任办公室、观察室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	4.53E-04	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	6.90E-03	符合
SPECT/CT 留 观室 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药 物 5550MBq)	北墙 PET/CT 注射后候诊室	53	10	5.3	370mm 混凝土实心砖	2.92E-02	符合
	北墙 (清洁间)	54	10	2.45	240mm 混凝土实心砖	8.86E-01	符合
	防护门 (患者走廊)	55	10	3.5	4mmPb	1.37E-03	符合
	东墙 (患者走廊)	56	10	3.35	370mm 混凝土实心砖	7.30E-02	符合
	南墙 SPECT/CT 注射后候诊室	57	10	2.58	370mm 混凝土实心砖	1.23E-01	符合
	西墙 (室外绿化)	58	2.5	3.55	370mm 混凝土实心砖	6.50E-02	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	2.26E-03	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	3.45E-02	符合
PET/CT 注射 后候诊室 (^{18}F 药物 1013MBq)	北墙 (PET/CT 留观室)	59	10	2.73	370mm 混凝土实心砖	7.62E-01	符合
	东墙 (患者走廊)	60	10	4.37	370mm 混凝土实心砖	2.97E-01	符合
	东防护门 (患者走廊)	61	10	4.51	6mmPb	3.10	符合
	南墙 (清洁间)	62	10	2.77	370mm 混凝土实心砖	7.40E-01	符合
	南墙 (SPECT/CT 留观室)	63	10	2.73	370mm 混凝土实心砖	7.62E-01	符合
	西墙 (室外绿化)	64	2.5	2.52	370mm 混凝土实心砖	8.94E-01	符合

工作场所及参考源活度	屏蔽体及场所名称	点位	剂量率控制水平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点距离 $r^{1)}(\text{m})$	设计屏蔽材料及厚度 $^{2)}$	设计屏蔽周围剂量当量率 $(\mu\text{Sv/h})$	评价
	顶棚（超声室）	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+140mm 硫酸钡水泥	4.32E-02	符合
	地板（地下车库）	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	2.12E-01	符合
PET/CT 机房 (^{18}F 药物 370MBq)	北墙（甲亢留观室）	65	10	4.67	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	5.57E-02	符合
	北墙（PET 设备间）	66	2.5	4.71	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	5.47E-02	符合
	东墙（监督区走廊）	67	10	5.1	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.67E-02	符合
	南墙（控制室）	68	2.5	4.8	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	5.27E-02	符合
	南观察窗（控制室）	69	2.5	4.68	10mmPb	6.03E-01	符合
	南防护门（控制室）	70	2.5	5.73	10mmPb	4.03E-01	符合
	西墙（患者走廊）	71	10	5.13	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸钡水泥	4.61E-02	符合
	西防护门（患者走廊）	72	10	5.1	6mmPb	8.85E-01	符合
	顶棚（医生办公室）	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.58E-02	符合
	地板（地下车库）	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	7.73E-02	符合
PET/CT 留观室 (^{18}F 药物 763MBq)	北墙（楼梯间）	73	2.5	2.82	370mm 混凝土实心砖+50mm 硫酸钡水泥	2.21E-01	符合
	北墙（患者走廊）	74	10	3.41	370mm 混凝土实心砖	3.68E-01	符合
	东防护门（患者走廊）	75	10	4.51	6mmPb	2.33	符合
	东墙（患者走廊）	76	10	4.4	370mm 混凝土实心砖	2.21E-01	符合

工作场所及参 考源活度	屏蔽体及 场所名称	点位	剂量率控制水 平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点 距离 r^1 (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2^)$	设计屏蔽周围剂 量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
	南墙 (PET/CT 注射后候诊室)	77	10	2.75	370mm 混凝土实心砖	5.65E-01	符合
	西墙 (室外绿化)	78	2.5	2.49	370mm 混凝土实心砖	6.90E-01	符合
	顶棚 (超声室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	3.26E-02	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	1.59E-01	符合
甲亢留观室 (^{131}I 药物 1110MBq)	北墙 (室外绿化)	79	2.5	2.2	370mm 混凝土实心砖	3.92E-01	符合
	东墙 (PET 设备间)	80	2.5	3.6	370mm 混凝土实心砖	1.46E-01	符合
	南墙 (PET/CT 机房)	81	10	2.08	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸 钡水泥	2.51E-01	符合
	西防护门 (患者走廊)	82	10	2.3	6mmPb	3.56	符合
	西墙 (患者走廊)	83	10	2.26	370mm 混凝土实心砖	3.71E-01	符合
	顶棚 (医生办公室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.64E-02	符合
	地板 (衰变池)	--	10	5.1	300mm 混凝土	8.59E-02	符合
运动负荷兼应 急抢救室 (^{18}F 药物 370MBq)	北墙 (SPECT/CT 机房)	84	10	2.01	370mm 混凝土实心砖+30mm 硫酸 钡水泥	3.00E-01	符合
	东墙 (缓冲间)	85	2.5	3.06	370mm 混凝土实心砖	2.21E-01	符合
	南防护门 (分装质控注射室)	86	2.5	2.76	10mmPb	1.74E+00	符合
	南墙 (分装质控注射室)	87	2.5	1.92	370mm 混凝土实心砖	5.62E-01	符合
	南墙 (受注射区)	88	10	1.94	370mm 混凝土实心砖	5.51E-01	符合
	西防护门 (患者走廊)	89	10	3.23	6mmPb	2.21E+00	符合
	西墙 (患者走廊)	90	10	3.24	370mm 混凝土实心砖	1.98E-01	符合
	顶棚 (超声室、动态心电室)	--	2.5	4.4	353mm 混凝土+30mm 硫酸钡水泥	1.58E-02	符合
	地板 (地下车库)	--	2.5	5.1	250mm 混凝土	7.73E-02	符合

工作场所及参考源活度	屏蔽体及场所名称	点位	剂量率控制水平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点距离 $r^{1)}$ (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2)$	设计屏蔽周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
患者入口 (^{18}F 药物 370MBq)	南墙 (走廊)	91	2.5	2.63	370mm 混凝土实心砖	3.00E-01	符合
	南防护门 (走廊)	92	2.5	2.63	10mmPb	1.91	符合
患者出口 (^{131}I 药物 370MBq)	北墙 (院内道路)	93	2.5	2.5	370mm 混凝土实心砖	1.01E-01	符合
	北防护门 (院内道路)	94	2.5	2.5	10mmPb	4.34E-01	符合

注：1) 源距参考点距离 r 的取值模拟实际工作时放射源所处位置估计估算，当无确定位置时，按照放射源位于所在放射工作场所的正中间进行计算；

2) 计算值和设计值中，混凝土的密度为 2.35t/m^3 ，实心砖的密度为 1.68t/m^3 ，铅的密度为 11.3t/m^3 ，硫酸钡水泥的密度为 3.2t/m^3 ；

3) PET/CT 机房、SPECT/CT 机房的各屏蔽体的等效铅当量均符合 CT 部分的标准要求，剂量率计算结果仅为 ^{18}F 药物部分；

4) 顶棚关注点保守选取距离因子较大的点位作为代表性关注点；

5) 根据本项目使用核素特点，运动负荷兼应急抢救室保守选取 ^{18}F 进行屏蔽计算。

表 11.2-16 本项目核医学人员操作位辐射剂量当量率计算结果一览表

防护设施及参考源活度	屏蔽体及场所名称	剂量率控制水平 $H_p(\mu\text{Sv/h})$	源距参考点距离 $r^{1)}$ (m)	设计屏蔽材料及厚度 $2)$	设计屏蔽周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
分装质控注射室手套箱 (^{18}F 药物 37000MBq)	外表面 30cm 正对人员操作位	2.5	0.5	50mmPb	2.06	符合
	外表面 30cm 非正对人员操作位	25	0.5	50mmPb	2.06	符合
分装质控注射室手套箱 (^{18}F 药物 1110MBq)	外表面 30cm 正对人员操作位	2.5	0.5	50mmPb	1.35E-48	符合
	外表面 30cm 非正对人员操作位	25	0.5	50mmPb	1.35E-48	符合
^{131}I 自动分装仪 (^{18}F 药物 7400MBq)	外表面 30cm 正对人员操作位	2.5	0.5	40mmPb	0.41	符合
	外表面 30cm 非正对人员操作位	25	0.5	40mmPb	0.41	符合

注：由于 ^{18}F 核素的半衰期较短，综合考虑衰变及人员数量，本次评价计划日最大操作量，取受检者使用量的 5 倍进行保守计算。

11.2.2.6 人员有效剂量估算

(1) 辐射工作人员外照射剂量估算

1) 外照射剂量估算源项分析

该项目核医学科规划使用 6 种放射性核素，分别为 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr ，考虑外照射屏蔽防护时主要考虑 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 核素衰变过程中产生的 γ 射线。

该项目使用的放射性药物拟外购，前一天根据预约病人量向生产企业订购放射性药物，第二天生产企业通过铅罐或带有铅防护套的注射器将制备的药物送至本项目核医学科工作场所。

该项目的 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物检查场所按照注射（含分装质控）、摆位、扫描 3 个过程进行估算； ^{131}I 放射性核素药物采用自动分装仪进行分装，工作人员对每次药物取一小部分药量进行活度检测后，将置于铅罐中的药物放入自动分装仪中，工作人员远程操作其自动分装，考虑到药物质检过程中时间短暂且药量较小，故质检过程中对工作人员剂量贡献可忽略不计，仅考虑每次将药物放入自动分装仪过程全身受照剂量。

根据建设单位提供资料，预计该项目运行后，建设单位每年开展 PET 显像检查 5000 人次， ^{18}F 放射性药物质控时间平均 30s/人，取药时间 30s/人，则质控、取药年接触时间均为 41.67h，注射时间平均 15s/人（预埋留置针），则年接触时间 20.83h。PET/CT 检查时工作人员近床给受检者摆位约 30s/人，则年接触时间 41.67h；隔室指导摆位约 1min/人次，则年接触时间 83.34h；扫描时间 10~15min/人（保守取 15min/人），则年接触时间 1250h。

建设单位每年开展 SPECT 显像检查 10000 人次， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 放射性药物质控时间平均 30s/人，则质控年接触时间为 83.34h， $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 由供药公司根据每人份定药量直接分装在注射器内，工作时仅考虑注射，注射时间平均 20s/人，则年接触时间 55.56h。SPECT/CT 检查时工作人员近床给受检者摆位约为 30s/人，则年接触时间 83.34h；隔室指导摆位约 1min/人次，则年接触时间 166.67h；扫描时间 10~15min/人（保守取 15min/人），则年接触时间 2500h。

建设单位预计每年开展 ^{131}I 甲亢治疗共 1000 人次，每周六进行服药，每次 20 人，平均每人每次服用 370MBq（10mCi），每批次需 7400MBq（200mCi）药物，工作人员将每罐置于铅罐中的药物放入自动分装仪中接触时间为 2min，则年接触时间为 1.67h；自动分装仪分装时间 30s/人、患者服药时间 30s/人，则 ^{131}I 年自动分装时间 8.33h，年服药时间 8.33h。

根据建设单位拟采取的屏蔽防护设施和措施、配备的防护用品，结合（式 6-1）估

算本项目各操作过程中相关工作人员可能接受的剂量率，估算结果见表 11.2-17。

表11.2-17 本项目检查各流程附加剂量率一览表

关注点位置（考虑距离）	防护情况	设定情形	附加剂量率 ¹⁾ ($\mu\text{Sv/h}$)
PET/CT 显像检查			
质控、取药手套箱工作人员身位 (按 50cm 考虑)	50mmPb 铅玻璃	37000MBq 的 ^{18}F 药物 置于通风柜中	2.06
注射台工作人员身位 (按 50cm 考虑)	15mmPb 防护套	370MBq 的 ^{18}F 药物 置于注射台上	26.4
隔室指导摆位工作人员身位 (指导位距病人 4.68m)	10mmPb 铅玻璃	注射 370MBq 的 ^{18}F 的裸 源置于扫描床上	6.03E-01
近床指导摆位工作人员身位 (指导位距病人 1.0m)	--	注射 370MBq 的 ^{18}F 的裸 源置于扫描床上	52.91
PET 工作人员操作位 (操作位距病人 4.68m)	10mmPb 铅玻璃	注射 370MBq 的 ^{18}F 的裸 源置于扫描床上	6.03E-01
SPECT/CT 显像检查			
质控手套箱工作人员身位 (按 50cm 考虑)	50mmPb 铅玻璃	1110MBq 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 置于通风柜中	1.35E-48
注射台工作人员身位 (按 50cm 考虑)	5mmPb 防护套	1110MBq 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物 置于注射台上	1.35E-03
隔室指导摆位工作人员身位 (指导位距病人 4.68m)	4mmPb 铅玻璃	注射 1110MBq 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的裸源置于扫描床上	1.54E-04
近床指导摆位工作人员身位 (指导位距病人 1.0m)	--	注射 1110MBq 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的裸源置于扫描床上	33.63
扫描工作人员操作位 (操作位距病人 4.68m)	6mmPb 铅玻璃	注射 1110MBq 的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的裸源置于扫描床上	1.54E-04
甲亢治疗			
^{131}I 装药工作人员身位 (按 50cm 考虑)	40mmPb	7400MBq 的 ^{131}I 位于铅 罐或自动分装仪内	4.07E-01

注：¹⁾ 附加剂量率由参照点源屏蔽计算公式 $H = \frac{A \times \Gamma}{r^2}$ (式 4-1)，结合关注点距放射源的距离计算而得。

2) 工作人员全身受照剂量估算

按照联合国原子辐射效应联合委员会 (UNSCEAR) 2000 年报告附录 A，本项目致人员辐射剂量可按照下式计算。

$$H_w = H \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11.2-15})$$

式中：

H_w —辐射外照射人均年有效剂量当量, mSv;

H —预测关注点辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ (按照报告第四章式 4-1 计算);

t —年受照射时间, h;

T —居留因子。

建设项目核素操作人员全身年受照剂量结果详见表 11.2-18。

表11.2-18 核医学科显像检查各岗位工作人员全身年受照剂量估算结果一览表

岗位	操作环节	全身附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	全年累计工作时间 (h)	全身年剂量 (μSv)	岗位人数	全身人均年剂量 (mSv)
护士	PET 药物分装质控	2.06	41.67	8.75	2 人 2 人每班	0.73
	PET 取药	2.06	41.67	764.64		
	PET 药物注射	26.4	20.83	17.08		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物质控	1.35E-48	83.34	8.44E-27		
	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ 药物注射	1.35E-03	55.56	5.63E-07		
	^{131}I 装药	4.07E-01	1.67	6.80E-01		
PET 技师	指导摆位 (隔室)	6.03E-01	83.34	78.33	2 2 人每班	3.01
	指导摆位 (同室)	52.91	41.67	2204.76		
	显像检查	6.03E-01	1250	1175.00		
SPECT 技师	指导摆位 (隔室)	1.54E-04	166.67	3.00E-04	2 2 人每班	2.94
	指导摆位 (同室)	33.63	83.34	2101.88		
	显像检查	1.54E-04	2500	4.50E-03		

由上表可知, 该项目核医学辐射工作人员可能接受到的年有效剂量最大值为 3.01mSv, 低于国家标准的年剂量限值 (20mSv) 和年剂量约束值 (5mSv)。本次估算仅作参考, 放射工作人员全身受照剂量应以个人剂量监测结果为准。

(2) 公众人员

根据核医学工作场所布局设计、工作流程以及辐射防护管理制度分析, 选取表 11-4 中核医学科工作场控制区外的附加剂量率, 对相关场所屏蔽体外公众可能接受的年剂量进行估算, 如表 11.2-19 所示。

表11.2-19 该项目核医学工作场所周围公众受照剂量估算一览表

工作场所	屏蔽体	场所名称	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作负荷 (h)	年剂量 (mSv)
储源室	南墙	预约登记室	8.20E-02	1	600	4.92E-02
	顶棚	登记室	1.54E-03	1	600	9.24E-04
	地板	地下车库	7.53E-03	1/40	600	1.13E-04

续表11.2-19 该项目核医学科工作场所周围公众受照剂量估算一览表

工作场所	屏蔽体	场所名称	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作负荷 (h)	年剂量 (mSv)
分装质控注射室 (^{18}F)	东墙	监督区走廊	1.47E-01	1/5	104.17	3.06E-03
	顶棚	超声室	1.58E-02	1	104.17	1.65E-03
	地板	地下车库	7.73E-02	1/40	104.17	2.01E-04
分装质控注射室 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)	东墙	监督区走廊	1.16E-02	1/5	138.90	3.22E-04
	顶棚	超声室	4.53E-04	1	138.90	6.29E-05
	地板	地下车库	6.90E-03	1/40	138.90	2.40E-05
受注射区 (^{18}F)	顶棚	超声室	1.58E-02	1	20.83	3.29E-04
	地板	地下车库	7.73E-02	1/40	20.83	4.03E-05
受注射区 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)	顶棚	超声室	4.53E-04	1	55.56	2.52E-05
	地板	地下车库	6.90E-03	1/40	55.56	9.58E-06
^{131}I 分装室	南墙	预约登记室	1.46E-04	1	18.34	2.68E-06
	顶棚	登记室	3.11E-06	1	18.34	5.70E-08
	地板	地下车库	1.63E-05	1/40	18.34	7.47E-09
^{131}I 服药室	西墙	监督区走廊	1.85E-01	1/5	16.67	6.17E-04
	南墙	准备间	2.67E-01	1	16.67	4.45E-03
	顶棚	超声室	5.46E-03	1	16.67	9.10E-05
	地板	地下车库	2.86E-02	1/40	16.67	1.19E-05
SPECT/CT 注射后候诊室	西墙	院内道路	1.35E-01	1/40	2500	8.44E-03
	顶棚	超声室	2.26E-03	1	2500	5.65E-03
	地板	地下车库	3.45E-02	1/40	2500	2.16E-03
SPECT/CT 机房	东墙	监督区走廊	2.66E-03	1/5	2750	1.46E-03
	顶棚	办公室、超声室	4.53E-04	1	2750	1.25E-03
	地板	地下车库	6.90E-03	1/40	2750	4.74E-04
SPECT/CT 留观室	西墙	院内道路	6.50E-02	1/40	2500	4.06E-03
	顶棚	超声室	2.26E-03	1	2500	5.65E-03
	地板	地下车库	3.45E-02	1/40	2500	2.16E-03
PET/CT 注射后候诊室	西墙	院内道路	8.94E-01	1/40	2000	4.47E-02
	顶棚	超声室	4.32E-02	1	2000	8.64E-02
	地板	地下车库	2.12E-01	1/40	2000	1.06E-02
PET/CT 机房	北墙	PET 设备间	5.47E-02	1/16	1375	4.70E-03
	东墙	监督区走廊	4.67E-02	1/5	1375	1.28E-02
	顶棚	办公室	1.58E-02	1	1375	2.17E-02
	地板	地下车库	7.73E-02	1/40	1375	2.66E-03

续表11.2-19 该项目核医学科工作场所周围公众受照剂量估算一览表

工作场所	屏蔽体	场所名称	屏蔽后附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作负荷 (h)	年剂量 (mSv)
PET/CT 留观室	北墙	楼梯间	2.20E-01	1/5	2000	8.81E-02
	西墙	院内道路	6.90E-01	1/40	2000	3.45E-02
	顶棚	超声室	3.38E-02	1	2000	6.77E-02
	地板	地下车库	1.59E-01	1/40	2000	7.95E-03
甲亢留观室	北墙	院内道路	3.92E-01	1/40	200	1.96E-03
	东墙	PET/CT 设备间	1.46E-01	1/16	200	1.83E-03
	顶棚	办公室	1.30E-01	1	200	2.60E-02
运动负荷兼 应急抢救室	顶棚	超声室	1.17E-01	1	165	1.93E-02
	地板	地下车库	7.73E-02	1/40	165	3.19E-04

注：（1）各关注点居留因子的取值参考 HJ1198-2021 的要求，优先选取示例中的推荐值。

（2）储源室屏蔽后附加剂量率保守取各核素同时存在时的叠加值。

（2）PET/CT 机房年工作负荷取每天检查 20 人，年检查 5000 人，每人显像 15min，摆位 1.5min，故 PET/CT 机房年工作负荷为 1375h；SPECT/CT 机房年工作负荷取每天检查 40 人，年检查 10000 人，每人显像 15min，摆位 1.5min，故 PET/CT 机房年工作负荷为 2750h；分装质控注射室 ^{18}F 分装质控及取药时间合计 83.34h、注射时间 20.83h，故年工作负荷为 104.17h；分装质控注射室 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 分装质控时间 83.34h、注射时间 55.56h，故年工作负荷为 138.90h； ^{131}I 装入自动分装仪时间 1.67h、自动分装时间 8.33h，患者服药时间 8.33h；PET 注射后候诊室、留观室留观时间考虑每天 8h，则年注射后候诊、留观时间 2000h；SPECT/CT 注射后候诊室、留观室的候诊及留观时间均考虑每天 10h，则年注射后候诊、留观时间 2500h，甲亢留观室的留观时间考虑每天 4h，则年留观时间 200h。

（3）本项目核医学场所年患者就诊量 16500 人，设计其中 1/50 的患者需抢救，每次抢救时间 30min，则抢救室年工作负荷为 165h，剂量率保守取最大值。

（4）顶棚关注点选取居留因子较高的代表性点位进行计算。

由上表可知，该项目公众人员可能接受到的年有效剂量最大值为 $8.81\text{E-}02\text{mSv}$ ，低于国家标准的年剂量限值（ 1.0mSv ）和年剂量约束值（ 0.1mSv ）。

11.2.3 介入诊疗治疗环境影响分析

11.2.3.1 预测的有关模式

本项目拟在医技后勤综合楼三层建设 2 间 DSA 手术室。在进行介入手术时，通常需要三部分人员合作完成，即临床手术医生、手术辅助人员（护士）、DSA 设备操作人员。三部分人员在完成手术过程中活动区域不同，所受照射剂量也不尽相同。

透视模式下，临床手术医生、手术辅助人员（护士）位于手术室（机房）内，手术过程中暴露在曝光区域，会受到不同程度的照射。根据建设单位提供资料，本项目第一手术医生操作时前胸位置距离源点约 0.5m，手术辅助人员距源点约为 1.0m，源点距离病人约 0.5m。

摄影模式下，手术机房内工作人员均撤出机房，由控制室医技人员操作设备曝光摄影。

11.2.3.2 预测的有关参数

(1) 设备参数

本项目拟购的 DSA 具有自动调强功能，可根据患者条件差异，自动调节曝光参数和出束剂量。本项目拟购 DSA 最大管电压均为 125kV，最大管电流均为 1000mA，实际使用时，为防止球管烧毁并延长使用寿命，管电压和管电流通常会预留一定余量。经与医院核实，本项目采用的各台 DSA 透视模式下管电压在 60~90kV 范围内、管电流在 5~20mA 范围内，摄影模式下管电压在 60~125kV 范围内、管电流在 300~500mA 范围内。本次环评预测作保守估算，即透视模式下取管电压 90kV，管电流 20mA，摄影模式下取管电压 125kV，管电流 500mA 的最不利情形进行估算。

参考《辐射防护手册》第一分册公式（11.2-16），距靶 1m 处 X 射线照射量率可按下列式计算：

$$X = I \cdot X_0 \quad (11.2-16)$$

式中：X—射线机在距靶 1m 处的剂量率；

I—射线机的管电流；

X₀—射线机的输出量。

表 11.2-20 本项目各 DSA 距靶点 1m 处的最大剂量率

工作模式	管电压	管电流	距靶 1m 处的发射率	距靶 1m 处的最大剂量率（H ₀ ）
透视	90kV	20mA	1.2mGy/mA·min	1.44E+06μGy/h
采集	125kV	500mA	3.2mGy/mA·min	9.60E+07μGy/h

注：距靶点 1m 处的发射率参照《医用外照射源的辐射防护》（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P55 图 2 得出（近似取 0.5mmCu 过滤）。

(2) 出束时间

根据建设单位提供的信息，本项目正常运行后，预计每周每台 DSA 手术量最多为 6 台，每年工作 50 周。透视时，单台手术曝光时间最多为 10min，摄影时，单台手术曝光时间最多为 2min，年最大工作时间为 60h（其中透视时间 50h，摄影时间 10h）。本项目 DSA 不同工作模式下的曝光时间详见表 11.2-21。

表 11.2-21 不同工作模式下的预计开机时间一览表

工作模式	每次开机时间	年最大工作量	年开机时间	年工作天数
透视	10min	300 台手术	50 小时	250 天
摄影	2min	300 台手术	10 小时	250 天

(3) 预测关注点位

① 机房内部

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 射线源点（靶点）一般与医生距离为 0.5m、

与助手距离为 1.0m。

②机房外部

机房屏蔽体外 0.3m 处作为关注点。机房墙外环境关注点选择人员受照的周围剂量当量可能最大的位置作为关注点，在距 DSA 机房一定距离处，公众成员居留因子大并可能受照剂量大的位置也作为关注点考虑。本项目主要考虑观察窗、防护门、墙体外表面 30cm 及下层地面 170cm。

各关注点情况见表 11.2-22、表 11.2-23，分布示意图见图 11.2-6~图 11.2-9。

表 11.2-22 DSA1 手术室关注点分布情况一览表

机房	关注点 序号	位置	辐射源与关注 点距离 (m)	屏蔽设计	
DSA1 手术室	--	机房内 医生操作位	0.5	铅衣内	铅悬挂防护屏、床侧防护 帘 0.5mmPb+个人防护用 品 0.5mmPb (共 1mmPb)
		机房内助手位	1.0	铅衣内	铅悬挂防护屏、床侧防护 帘 0.5mmPb
	A1	东防护墙外 30cm (走廊)	漏射: 5.04	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.04		
	B1	南防护门外 30cm (走廊)	漏射: 4.34	夹 4mm 铅板手动平开门 (4.0mmPb)	
			散射: 4.34		
	C1	南防护墙外 30cm (走廊)	漏射: 3.87	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 3.87		
	D1	西防护墙外 30cm (设备间)	漏射: 5.11	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.11		
	E1	西防护墙外 30cm (控制区)	漏射: 5.03	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.03		
	F1	西防护窗外 30cm (控制区)	漏射: 5.02	4mmPb 当量铅玻璃 (4.0mmPb)	
			散射: 5.02		
	G1	西防护门外 30cm (控制区)	漏射: 5.35	夹 4mm 铅板手动平开门 (4.0mmPb)	
			散射: 5.35		
	H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	漏射: 4.81	夹 4mm 铅板电动推拉门 (4.0mmPb)	
			散射: 4.81		
	I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	漏射: 4.10	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 4.10		
	J1	下层地板上方 170cm (检验科)	漏射: 3.6	12cm 混凝土+3cmPb 硫酸钡水泥 (3.8mmPb)	
			散射: 4.1		

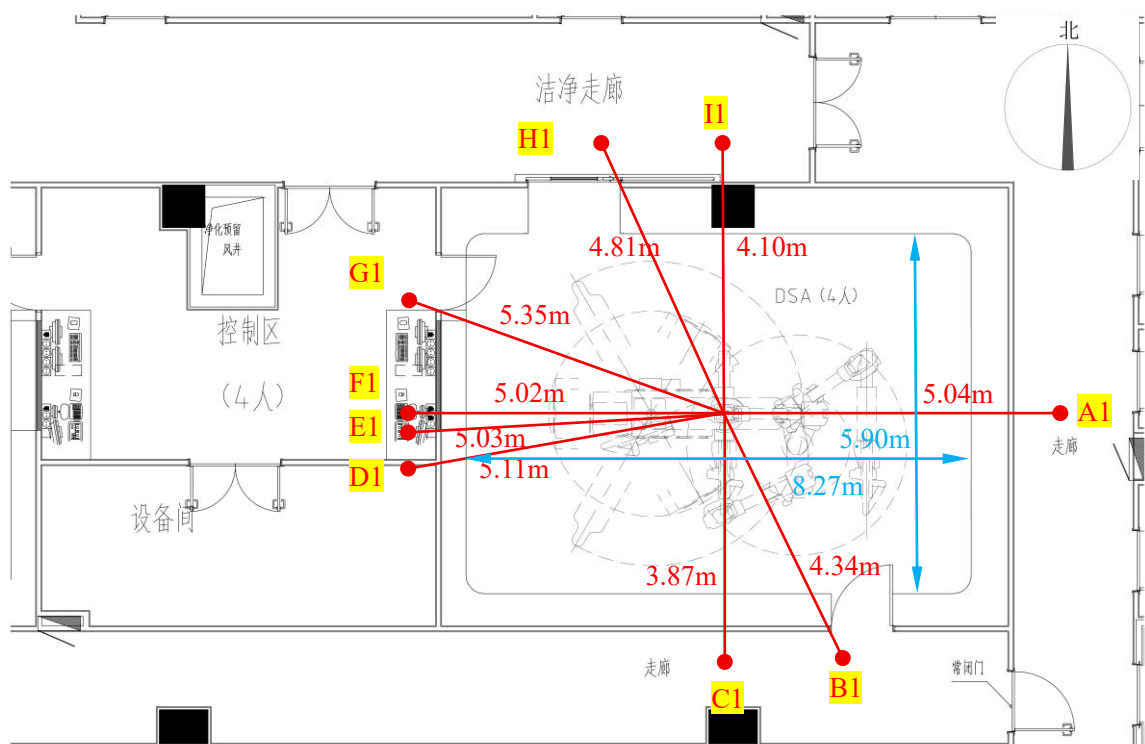


图 11.2-6 本项目 DSA1 辐射工作场所预测点位平面示意图

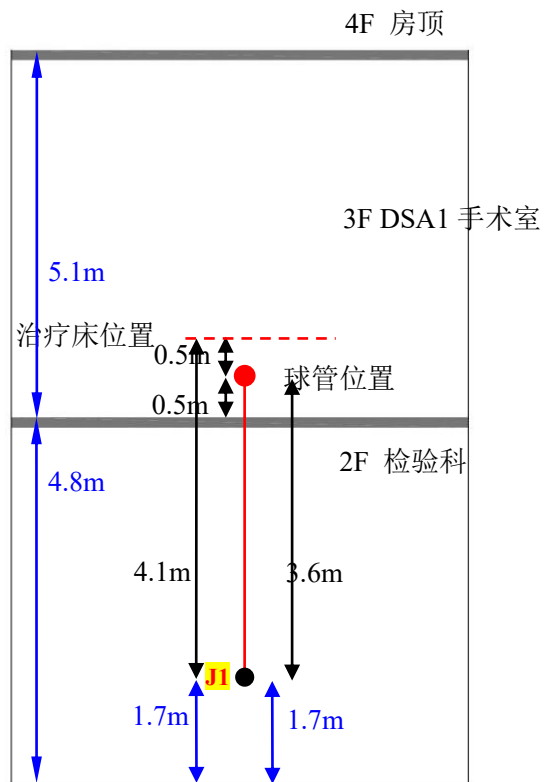


图 11.2-7 DSA1 辐射工作场所预测点位剖面示意图

表 11.2-23 DSA2 手术室关注点分布情况一览表

机房	关注点 序号	位置	辐射源与关注 点距离 (m)	屏蔽设计	
DSA2 手术室	--	机房内 医生操作位	0.5	铅衣内	铅悬挂防护屏、床侧 防护帘 0.5mmPb+个 人防护用品 0.5mmPb (共 1mmPb)
		机房内助手位	1.0	铅衣内	铅悬挂防护屏、床侧 防护帘 0.5mmPb
	A2	东防护门外 30cm (控制区)	漏射: 5.25	夹 4mm 铅板手动平开门 (4.0mmPb)	
			散射: 5.25		
	B2	东防护窗外 30cm (控制区)	漏射: 4.92	4mmPb 当量铅玻璃 (4.0mmPb)	
			散射: 4.92		
	C2	东防护墙外 30cm (控制区)	漏射: 4.93	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 4.93		
	D2	东防护墙外 30cm (设备间)	漏射: 5.00	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.00		
	E2	南防护门外 30cm (走廊)	漏射: 4.42	夹 4mm 铅板手动平开门 (4.0mmPb)	
			散射: 4.42		
	F2	南防护墙外 30cm (走廊)	漏射: 3.87	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 3.87		
	G2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	漏射: 5.24	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.24		
	H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	漏射: 5.07	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 5.07		
	I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	漏射: 4.27	轻钢龙骨架+4mmPb 铅板 (4.0mmPb)	
			散射: 4.27		
	J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	漏射: 4.10	夹 4mm 铅板电动推拉门 (4.0mmPb)	
			散射: 4.10		
	K2	下层地板上方 170cm (检验科)	漏射: 3.6	12cm 混凝土+3cmPb 硫酸钡水泥 (3.8mmPb)	
			散射: 4.1		

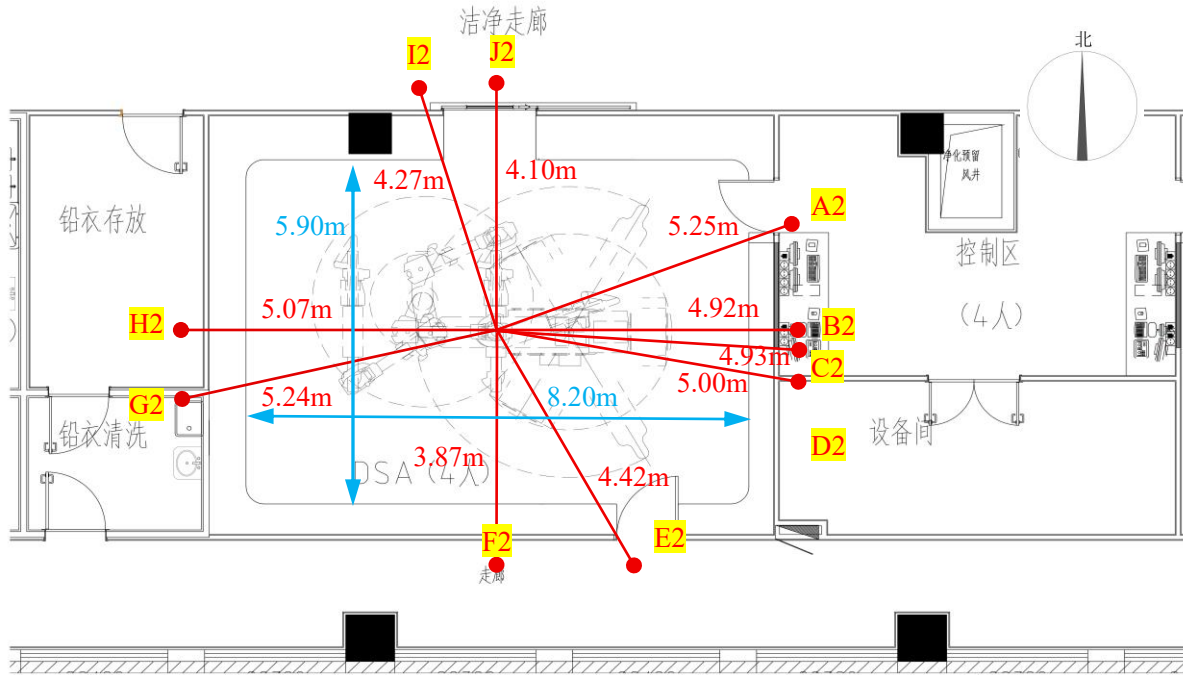


图 11.2-8 本项目 DSA2 辐射工作场所预测点位平面示意图

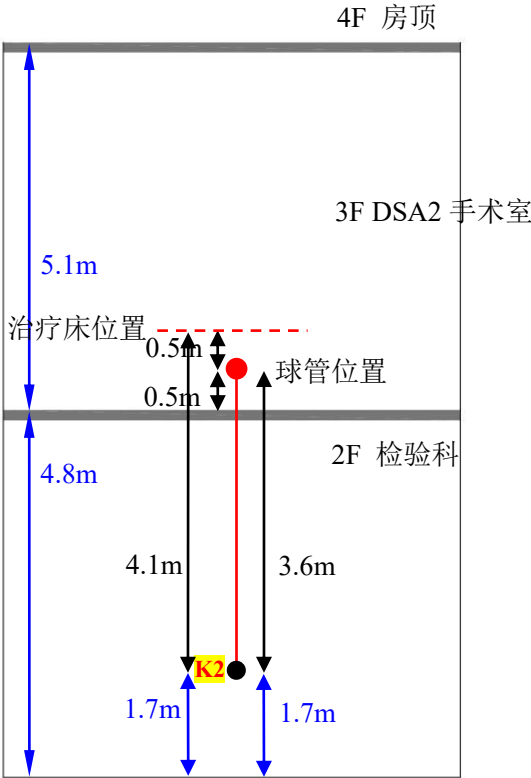


图 11.2-9 DSA2 辐射工作场所预测点位剖面示意图

11.2.3.3 辐射影响剂量率估算

(1) 泄露辐射

依据《辐射防护手册》第一分册，漏射对关注点的辐射剂量率计算公式：

$$H = \frac{f \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (\text{式11.2-17})$$

式中：

H —关注点处的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f —X射线泄漏系数，取0.1%；

H_0 —距靶点1m处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —靶点至关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C中公式计算，公式如下：

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (\text{式11.2-18})$$

式中：

B —屏蔽透射因子；

X —屏蔽材料铅当量厚度，mm；

α 、 β 、 γ —保守近似取铅对应管电压（透视模式90kV、摄影模式100kV主束）X射线辐射衰减的有关的三个拟合参数，《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录C.2。

泄漏辐射各关注点估算结果见表11.2-24、表11.2-25。

表11.2-24 DSA1手术室各关注点处剂量率估算值（泄漏辐射）

关注 点序 号	位置		H_o ($\mu\text{Sv/h}$)	f	R (m)	X (mm)	α	β	γ	H ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式										
--	第一手术位	铅衣内	1.44E+06	0.001	0.5	1	3.067	18.83	0.7726	23.48
	第二手术位	铅衣外	1.44E+06	0.001	1.0	0.5	3.067	18.83	0.7726	36.22
A1	东防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	0.001	5.04	4	3.067	18.83	0.7726	2.09E-05
B1	南防护门外 30cm (走廊)		1.44E+06	0.001	4.34	4	3.067	18.83	0.7726	2.82E-05
C1	南防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	0.001	3.87	4	3.067	18.83	0.7726	3.55E-05

表11.2-24 DSA1手术室各关注点处剂量率估算值（泄漏辐射）

关注点序号	位置	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	f	R (m)	X (mm)	α	β	γ	H ($\mu\text{Sv/h}$)
D1	西防护墙外 30cm (设备间)	1.44E+06	0.001	5.11	4	3.067	18.83	0.7726	2.04E-05
E1	西防护墙外 30cm (控制区)	1.44E+06	0.001	5.03	4	3.067	18.83	0.7726	2.10E-05
F1	西防护窗外 30cm (控制区)	1.44E+06	0.001	5.02	4	3.067	18.83	0.7726	2.11E-05
G1	西防护门外 30cm (控制区)	1.44E+06	0.001	5.35	4	3.067	18.83	0.7726	1.86E-05
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	1.44E+06	0.001	4.81	4	3.067	18.83	0.7726	2.30E-05
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	1.44E+06	0.001	4.10	4	3.067	18.83	0.7726	3.16E-05
J1	下层地板上方 170cm (检验科)	1.44E+06	0.001	3.6	3.8	3.067	18.83	0.7726	7.57E-05
摄影模式									
A1	东防护墙外 30cm (走廊)	9.60E+07	0.001	5.04	4	2.219	7.923	0.5386	3.18E-02
B1	南防护门外 30cm (走廊)	9.60E+07	0.001	4.34	4	2.219	7.923	0.5386	4.29E-02
C1	南防护墙外 30cm (走廊)	9.60E+07	0.001	3.87	4	2.219	7.923	0.5386	5.40E-02
D1	西防护墙外 30cm (设备间)	9.60E+07	0.001	5.11	4	2.219	7.923	0.5386	3.09E-02
E1	西防护墙外 30cm (控制区)	9.60E+07	0.001	5.03	4	2.219	7.923	0.5386	3.19E-02
F1	西防护窗外 30cm (控制区)	9.60E+07	0.001	5.02	4	2.219	7.923	0.5386	3.21E-02
G1	西防护门外 30cm (控制区)	9.60E+07	0.001	5.35	4	2.219	7.923	0.5386	2.82E-02
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	0.001	4.81	4	2.219	7.923	0.5386	3.49E-02
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	0.001	4.10	4	2.219	7.923	0.5386	4.81E-02
J1	下层地板上方 170cm (检验科)	9.60E+07	0.001	3.6	3.8	2.219	7.923	0.5386	9.75E-02

表11.2-25 DSA2手术室各关注点处剂量率估算值（泄露辐射）

关注 点序 号	位置		H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	f	R (m)	X (mm)	α	β	γ	H ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式										
--	第一手术位	铅衣内	1.44E+06	0.001	0.5	1	3.067	18.83	0.7726	23.48
	第二手术位	铅衣外	1.44E+06	0.001	1.0	0.5	3.067	18.83	0.7726	36.22
A2	东防护门外 30cm (控制区)		1.44E+06	0.001	5.25	4	3.067	18.83	0.7726	1.93E-05
B2	东防护窗外 30cm (控制区)		1.44E+06	0.001	4.92	4	3.067	18.83	0.7726	2.20E-05
C2	东防护墙外 30cm (控制区)		1.44E+06	0.001	4.93	4	3.067	18.83	0.7726	2.19E-05
D2	东防护墙外 30cm (设备间)		1.44E+06	0.001	5.00	4	3.067	18.83	0.7726	2.13E-05
E2	南防护门外 30cm (走廊)		1.44E+06	0.001	4.42	4	3.067	18.83	0.7726	2.72E-05
F2	南防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	0.001	3.87	4	3.067	18.83	0.7726	3.55E-05
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)		1.44E+06	0.001	5.24	4	3.067	18.83	0.7726	1.94E-05
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)		1.44E+06	0.001	5.07	4	3.067	18.83	0.7726	2.07E-05
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)		1.44E+06	0.001	4.27	4	3.067	18.83	0.7726	2.92E-05
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)		1.44E+06	0.001	4.10	4	3.067	18.83	0.7726	3.16E-05
K2	下层地板上方 170cm (检验科)		1.44E+06	0.001	3.6	3.8	3.067	18.83	0.7726	7.57E-05
摄影模式										
A2	东防护门外 30cm (控制区)		9.60E+07	0.001	5.25	4	2.219	7.923	0.5386	2.93E-02
B2	东防护窗外 30cm (控制区)		9.60E+07	0.001	4.92	4	2.219	7.923	0.5386	3.34E-02
C2	东防护墙外 30cm (控制区)		9.60E+07	0.001	4.93	4	2.219	7.923	0.5386	3.32E-02
D2	东防护墙外 30cm (设备间)		9.60E+07	0.001	5.00	4	2.219	7.923	0.5386	3.23E-02

续11.2-25 DSA2手术室各关注点处剂量率估算值（泄露辐射）

关注点序号	位置	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	f	R (m)	X (mm)	α	β	γ	H ($\mu\text{Sv/h}$)
E2	南防护门外 30cm (走廊)	9.60E+07	0.001	4.42	4	2.219	7.923	0.5386	4.14E-02
F2	南防护墙外 30cm (走廊)	9.60E+07	0.001	3.87	4	2.219	7.923	0.5386	5.40E-02
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)	9.60E+07	0.001	5.24	4	2.219	7.923	0.5386	2.94E-02
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	9.60E+07	0.001	5.07	4	2.219	7.923	0.5386	3.14E-02
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	0.001	4.27	4	2.219	7.923	0.5386	4.43E-02
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	0.001	4.10	4	2.219	7.923	0.5386	4.81E-02
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	9.60E+07	0.001	3.6	3.8	2.219	7.923	0.5386	9.75E-02

(2) 散射辐射

对于病人体表的散射的X射线可以采用反照射率法估算，引用李德平、潘自强主编的《辐射防护手册》第一分册—《辐射源与屏蔽》（[M]北京：原子能出版社，1987），可按以下公式进行估算。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot S}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式11.2-19})$$

式中：

H_s —关注点处的患者散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —距靶点1m处的最大剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α —患者对X射线的散射比，根据《辐射防护手册（第一分册）》表10.1，取散射线与入射X射线照射量比值 a 为0.0013（90°散射）， $\alpha=a/400$ ；

d_0 —源与病人的距离，取0.5m；

d_s —病人与预测点的距离，m；

S —散射面积，取典型值100cm²；

B 的取值详见式11-2，其中， α 、 β 、 γ —保守近似取铅对应管电压（透视模式90kV、摄影模式125kV散射）X射线辐射衰减的有关三个拟合参数。

散射辐射各关注点估算结果见表11.2-26、表11.2-27。

表11.2-26 DSA1手术室各关注点处剂量率估算值（散射辐射）

关注点 序号	位置		H_o ($\mu\text{Sv/h}$)	α	d_o (m)	ds (mm)	A	β	γ	X (mm)	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
透视模式											
--	第一手术位	铅衣内	1.44E+06	3.25E-06	0.5	0.5	3.067	18.83	0.7726	1	30.52
	第二手术位	铅衣内	1.44E+06	3.25E-06	0.5	1.0	3.067	18.83	0.7726	0.5	47.09
A1	东防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.04	3.067	18.83	0.7726	4	2.72E-05
B1	南防护门外 30cm (走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.34	3.067	18.83	0.7726	4	3.67E-05
C1	南防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	3.87	3.067	18.83	0.7726	4	4.61E-05
D1	西防护墙外 30cm (设备间)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.11	3.067	18.83	0.7726	4	2.65E-05
E1	西防护墙外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.03	3.067	18.83	0.7726	4	2.73E-05
F1	西防护窗外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.02	3.067	18.83	0.7726	4	2.74E-05
G1	西防护门外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.35	3.067	18.83	0.7726	4	2.41E-05
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.81	3.067	18.83	0.7726	4	2.99E-05
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.10	3.067	18.83	0.7726	4	4.11E-05
J1	下层地板上方 170cm (检验科)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.1	3.067	18.83	0.7726	3.8	7.59E-05
摄影模式											
A1	东防护墙外 30cm (走廊)		9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.04	2.233	7.888	0.7295	4	8.19E-02
B1	南防护门外 30cm (走廊)		9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.34	2.233	7.888	0.7295	4	1.10E-01
C1	南防护墙外 30cm (走廊)		9.60E+07	3.25E-06	0.5	3.87	2.233	7.888	0.7295	4	1.39E-01
D1	西防护墙外 30cm (设备间)		9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.11	2.233	7.888	0.7295	4	7.97E-02
E1	西防护墙外 30cm (控制区)		9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.03	2.233	7.888	0.7295	4	8.22E-02

续表11.2-26 DSA1手术室各关注点处剂量率估算值（散射辐射）

关注点 序号	位置	H_o ($\mu\text{Sv/h}$)	α	d_o (m)	d_s (mm)	A	β	γ	X (mm)	H_s ($\mu\text{Sv/h}$)
F1	西防护窗外 30cm (控制区)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.02	2.233	7.888	0.7295	4	8.25E-02
G1	西防护门外 30cm (控制区)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.35	2.233	7.888	0.7295	4	7.27E-02
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.81	2.233	7.888	0.7295	4	8.99E-02
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	4	1.24E-01
J1	下层地板上 170cm (检验科)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.1	2.233	7.888	0.7295	3.8	1.94E-01

表11.2-27 DSA2手术室各关注点处剂量率估算值（散射辐射）

关注点 序号	位置		Ho (μSv/h)	α	d0 (m)	ds (mm)	A	β	γ	X (mm)	Hs (μSv/h)
透视模式											
--	第一手术位	铅衣内	1.44E+06	3.25E-06	0.5	0.5	3.067	18.83	0.7726	1	30.52
	第二手术位	铅衣内	1.44E+06	3.25E-06	0.5	1.0	3.067	18.83	0.7726	0.5	47.09
A2	东防护门外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.25	3.067	18.83	0.7726	4	2.51E-05
B2	东防护窗外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.92	3.067	18.83	0.7726	4	2.85E-05
C2	东防护墙外 30cm (控制区)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.93	3.067	18.83	0.7726	4	2.84E-05
D2	东防护墙外 30cm (设备间)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5	3.067	18.83	0.7726	4	2.76E-05
E2	南防护门外 30cm (走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.42	3.067	18.83	0.7726	4	3.54E-05
F2	南防护墙外 30cm (走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	3.87	3.067	18.83	0.7726	4	4.61E-05
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.24	3.067	18.83	0.7726	4	2.52E-05
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	5.07	3.067	18.83	0.7726	4	2.69E-05
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)		1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.27	3.067	18.83	0.7726	4	3.79E-05

续表11.2-27 DSA2手术室各关注点处剂量率估算值（散射辐射）

关注点 序号	位置	Ho ($\mu\text{Sv/h}$)	α	d0 (m)	ds (mm)	A	β	γ	X (mm)	Hs ($\mu\text{Sv/h}$)
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.10	3.067	18.83	0.7726	4	4.11E-05
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	1.44E+06	3.25E-06	0.5	4.1	3.067	18.83	0.7726	3.4	7.59E-05
摄影模式										
A2	东防护门外 30cm (控制区)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.25	2.233	7.888	0.7295	4	7.55E-02
B2	东防护窗外 30cm (控制区)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.92	2.233	7.888	0.7295	4	8.59E-02
C2	东防护墙外 30cm (控制区)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.93	2.233	7.888	0.7295	4	8.56E-02
D2	东防护墙外 30cm (设备间)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5	2.233	7.888	0.7295	4	8.32E-02
E2	南防护门外 30cm (走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.42	2.233	7.888	0.7295	4	1.06E-01
F2	南防护墙外 30cm (走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	3.87	2.233	7.888	0.7295	4	1.39E-01
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.24	2.233	7.888	0.7295	4	7.58E-02
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	5.07	2.233	7.888	0.7295	4	8.09E-02
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.27	2.233	7.888	0.7295	4	1.14E-01
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.10	2.233	7.888	0.7295	4	1.24E-01
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	9.60E+07	3.25E-06	0.5	4.1	2.233	7.888	0.7295	3.4	1.94E-01

11.2.3.4 各关注点剂量率预测结果及评价

根据估算结果，各关注点辐射剂量率预测结果见表11.2-28、表11.2-29。

表11.2-28 DSA1手术室各关注点辐射剂量率预测结果一览表

关注点	点位描述		剂量率预测结果 (μSv/h)			标准要求 (μSv/h)	是否符合 要求
			泄漏辐射	散射辐射	合计		
透视模式							
--	第一手术位	铅衣内	23.48	30.52	54.00	--	--
	第二手术位	铅衣内	36.22	47.09	83.31	--	--
A1	东防护墙外 30cm (走廊)		2.09E-05	2.72E-05	4.81E-05	2.5	符合
B1	南防护门外 30cm (走廊)		2.82E-05	3.67E-05	6.49E-05	2.5	符合
C1	南防护墙外 30cm (走廊)		3.55E-05	4.61E-05	8.16E-05	2.5	符合
D1	西防护墙外 30cm (设备间)		2.04E-05	2.65E-05	4.68E-05	2.5	符合
E1	西防护墙外 30cm (控制区)		2.10E-05	2.73E-05	4.83E-05	2.5	符合
F1	西防护窗外 30cm (控制区)		2.11E-05	2.74E-05	4.85E-05	2.5	符合
G1	西防护门外 30cm (控制区)		1.86E-05	2.41E-05	4.27E-05	2.5	符合
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)		2.30E-05	2.99E-05	5.28E-05	2.5	符合
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)		3.16E-05	4.11E-05	7.27E-05	2.5	符合
J1	下层地板上方 170cm (检验科)		7.57E-05	7.59E-05	1.52E-04	2.5	符合
摄影模式							
A1	东防护墙外 30cm (走廊)		3.18E-02	8.19E-02	1.14E-01	2.5	符合
B1	南防护门外 30cm (走廊)		4.29E-02	1.10E-01	1.53E-01	2.5	符合
C1	南防护墙外 30cm (走廊)		5.40E-02	1.39E-01	1.93E-01	2.5	符合
D1	西防护墙外 30cm (设备间)		3.09E-02	7.97E-02	1.11E-01	2.5	符合
E1	西防护墙外 30cm (控制区)		3.19E-02	8.22E-02	1.14E-01	2.5	符合

续表11.2-28 DSA1手术室各关注点辐射剂量率预测结果一览表

关注点	点位描述	剂量率预测结果 (μSv/h)			标准要求 (μSv/h)	是否符合要求
		泄漏辐射	散射辐射	合计		
F1	西防护窗外 30cm (控制区)	3.21E-02	8.25E-02	1.15E-01	2.5	符合
G1	西防护门外 30cm (控制区)	2.82E-02	7.27E-02	1.01E-01	2.5	符合
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	3.49E-02	8.99E-02	1.25E-01	2.5	符合
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	4.81E-02	1.24E-01	1.72E-01	2.5	符合
J1	下层地板上方 170cm (检验科)	9.75E-02	1.94E-01	2.92E-01	2.5	符合

表11.2-29 DSA2手术室各关注点辐射剂量率预测结果一览表

关注点	点位描述		剂量率预测结果（μSv/h）			标准要求（μSv/h）	是否符合要求
			泄漏辐射	散射辐射	合计		
透视模式							
--	第一手术位	铅衣内	23.48	30.52	54.00	--	--
	第二手术位	铅衣内	36.22	47.09	83.31	--	--
A2	东防护门外 30cm （控制区）		1.93E-05	2.51E-05	4.44E-05	2.5	符合
B2	东防护窗外 30cm （控制区）		2.20E-05	2.85E-05	5.05E-05	2.5	符合
C2	东防护墙外 30cm （控制区）		2.19E-05	2.84E-05	5.03E-05	2.5	符合
D2	东防护墙外 30cm （设备间）		2.13E-05	2.76E-05	4.89E-05	2.5	符合
E2	南防护门外 30cm （走廊）		2.72E-05	3.54E-05	6.26E-05	2.5	符合
F2	南防护墙外 30cm （走廊）		3.55E-05	4.61E-05	8.16E-05	2.5	符合
G2	西防护墙外 30cm （铅衣清洗）		1.94E-05	2.52E-05	4.45E-05	2.5	符合
H2	西防护墙外 30cm （铅衣存放）		2.07E-05	2.69E-05	4.76E-05	2.5	符合
I2	北防护墙外 30cm （洁净走廊）		2.92E-05	3.79E-05	6.71E-05	2.5	符合

续表11.2-29 DSA2手术室各关注点辐射剂量率预测结果一览表

关注点	点位描述	剂量率预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)			标准要求 ($\mu\text{Sv/h}$)	是否符合要求
		泄漏辐射	散射辐射	合计		
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	3.16E-05	4.11E-05	7.27E-05	2.5	符合
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	7.57E-05	7.59E-05	1.52E-04	2.5	符合
摄影模式						
A2	东防护门外 30cm (控制区)	2.93E-02	7.55E-02	1.05E-01	2.5	符合
B2	东防护窗外 30cm (控制区)	3.34E-02	8.59E-02	1.19E-01	2.5	符合
C2	东防护墙外 30cm (控制区)	3.32E-02	8.56E-02	1.19E-01	2.5	符合
D2	东防护墙外 30cm (设备间)	3.23E-02	8.32E-02	1.16E-01	2.5	符合
E2	南防护门外 30cm (走廊)	4.14E-02	1.06E-01	1.48E-01	2.5	符合
F2	南防护墙外 30cm (走廊)	5.40E-02	1.39E-01	1.93E-01	2.5	符合
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)	2.94E-02	7.58E-02	1.05E-01	2.5	符合
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	3.14E-02	8.09E-02	1.12E-01	2.5	符合
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	4.43E-02	1.14E-01	1.58E-01	2.5	符合
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	4.81E-02	1.24E-01	1.72E-01	2.5	符合
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	9.75E-02	1.94E-01	2.92E-01	2.5	符合

由上表计算结果可知，本项目DSA装置在运行期间，各关注点处剂量率能够满足：透视模式下，机房外周围剂量当量率符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，摄影模式下，机房外周围剂量当量率符合医院制定的机房外周围剂量当量率控制目标值 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

11.2.3.5 机房周围人员辐射影响分析

本项目X- γ 射线产生的外照射致人年有效剂量计算公式如下：

$$E_r = H_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式11.2-20})$$

式中：

E_r —X- γ 射线外照射年有效剂量，mSv；

H_r —X- γ 辐射周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —X- γ 照射时间，h；

T —居留因子，参照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录A中不同场所的居留因子进行取值。

依据上述（式11-4）对项目运行后致职业人员、公众的个人剂量估算结果见表11.2-30、表11.2-31。

表11.2-30 DSA1手术室内及周围人员年剂量率估算结果一览表

关注点	点位描述	人员类型	居留因子	预测点位处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	工作模式	年有效剂量 (mSv)
--	机房内第一术者位	职业人员	1	54.00	50	透视	2.70
--	机房内第二术者位	职业人员	1	83.31	50	透视	4.17
A1	东防护墙外 30cm (走廊)	公众人员	1/5	4.81E-05	50	透视	2.28E-04
				1.14E-01	10	摄影	
B1	南防护门外 30cm (走廊)	公众人员	1/5	6.49E-05	50	透视	3.07E-04
				1.53E-01	10	摄影	
C1	南防护墙外 30cm (走廊)	公众人员	1/5	8.16E-05	50	透视	3.87E-04
				1.93E-01	10	摄影	
D1	西防护墙外 30cm (设备间)	公众人员	1/16	4.68E-05	50	透视	6.95E-05
				1.11E-01	10	摄影	
E1	西防护墙外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.83E-05	50	透视	1.14E-03
				1.14E-01	10	摄影	
F1	西防护窗外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.85E-05	50	透视	1.15E-03
				1.15E-01	10	摄影	
G1	西防护门外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.27E-05	50	透视	1.01E-03
				1.01E-01	10	摄影	
H1	北防护门外 30cm (洁净走廊)	公众人员	1/5	5.28E-05	50	透视	2.51E-04
				1.25E-01	10	摄影	
I1	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	公众人员	1/5	7.27E-05	50	透视	3.45E-04
				1.72E-01	10	摄影	
J1	下层地板上方 170cm (检验科)	公众人员	1	5.17E-04	50	透视	7.14E-03
				7.13E-01	10	摄影	

注：下层地板上方检验科居留因子保守取1。

表11.2-31 DSA2手术室内及周围人员年剂量率估算结果一览表

关注点	点位描述	人员类型	居留因子	预测点位处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (h)	工作模式	年有效剂量 (mSv)
--	机房内第一术者位	职业人员	1	54.00	50	透视	2.70
--	机房内第二术者位	职业人员	1	83.31	50	透视	4.17
A2	东防护门外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.44E-05	50	透视	1.05E-03
				1.05E-01	10	摄影	
B2	东防护窗外 30cm (控制区)	职业人员	1	5.05E-05	50	透视	1.19E-03
				1.19E-01	10	摄影	
C2	东防护墙外 30cm (控制区)	职业人员	1	5.03E-05	50	透视	1.19E-03
				1.19E-01	10	摄影	
D2	东防护墙外 30cm (设备间)	公众人员	1/16	4.89E-05	50	透视	7.27E-05
				1.16E-01	10	摄影	
E2	南防护门外 30cm (走廊)	公众人员	1/5	6.26E-05	50	透视	2.97E-04
				1.48E-01	10	摄影	
F2	南防护墙外 30cm (走廊)	公众人员	1/5	8.16E-05	50	透视	3.87E-04
				1.93E-01	10	摄影	
G2	西防护墙外 30cm (铅衣清洗)	公众人员	1/4	4.45E-05	50	透视	2.63E-04
				1.05E-01	10	摄影	
H2	西防护墙外 30cm (铅衣存放)	公众人员	1/4	4.76E-05	50	透视	2.81E-04
				1.12E-01	10	摄影	
I2	北防护墙外 30cm (洁净走廊)	公众人员	1/5	6.71E-05	50	透视	3.17E-04
				1.58E-01	10	摄影	
J2	北防护门外 30cm (洁净走廊)	公众人员	1/5	7.27E-05	50	透视	3.45E-04
				1.72E-01	10	摄影	
K2	下层地板上方 170cm (检验科)	公众人员	1	5.17E-04	50	透视	7.16E-03
				7.13E-01	10	摄影	

注：下层地板上方检验科居留因子保守取 1。

由上表可知，项目运行后，各 DSA 机房外职业人员最大年有效剂量为 $1.19\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，机房内职业人员最大年剂量为 4.17mSv/a ，均满足职业人员年剂量管理目标值 (5mSv/a) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对职业人员剂量限值 (20mSv/a) 的要求；机房周围公众人员年剂量最大为 $7.16\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，满足公众成员年剂量管理目标值 (0.1mSv/a) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 对公众成员剂量限值 (1mSv/a) 的要求。

综上所述，本项目 DSA 工作场所的防护设计满足要求，正常运行后产生的辐射影响满足标准要求，对机房周围人员产生的辐射影响较小。建议建设单位在本项目运营后应

严格执行辐射工作人员个人剂量监测，确保辐射工作人员最大年剂量满足标准要求。

11.2.3.6 其他保护目标的环境影响分析

本项目50m评价范围内的其他保护目标均位于上述预测关注点离DSA手术室更外的区域，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，其所受辐射影响不大于靠近机房的预测关注点，同样满足年有效剂量管理限值要求。

11.2.2.4 共同关注点叠加辐射环境影响分析

根据本项目平面布置情况，本项目 DSA1/DSA2 手术室存在共同关注点（D1/D2、F1/A2），考虑设备运行后可能对共同关注点产生叠加影响，因此对叠加影响进行分析。

本次评价在对各共同关注点的周围剂量率参考水平进行计算时，各共同关注点剂量率参考控制水平平均各取一半，经计算，各共同关注点周围剂量率均满足其参考控制水平，计算结果详见表 11.2-32 所示。

表 11.2-32 机房周围共同关注点人员年叠加剂量率估算表

关注点	点位描述	人员类型	居留因子	关注点辐射剂量率 (μSv/h)	标准要求 (μSv/h)	年照射时间 (h)	工作模式	年有效剂量 (mSv)	标准要求 (mSv/a)
D1/D2	DSA1 手术室西防护墙外 30cm (设备间)	公众人员	1/16	4.68E-05	1.25 ¹⁾	50	透视	6.95E-05	2.5 ¹⁾
				1.11E-01	1.25 ¹⁾	10	摄影		
	DSA2 手术室东防护墙外 30cm (设备间)	公众人员	1/16	4.89E-05	1.25 ¹⁾	50	透视	7.27E-05	2.5 ¹⁾
				1.16E-01	1.25 ¹⁾	10	摄影		
	合计	公众人员	1/16	9.57E-05	2.5	50	透视	1.42E-04	5
				2.27E-01	2.5	10	摄影		
F1/A2	DSA1 手术室西观察窗外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.85E-05	1.25 ¹⁾	50	透视	1.15E-03	2.5 ¹⁾
				1.15E-01	1.25 ¹⁾	10	摄影		
	DSA2 手术室东观察窗外 30cm (控制区)	职业人员	1	4.44E-05	1.25 ¹⁾	50	透视	1.05E-03	2.5 ¹⁾
				1.05E-01	1.25 ¹⁾	10	摄影		
	合计	职业人员	1	9.29E-05	2.5	50	透视	2.20E-03	5
				2.20E-01	2.5	10	摄影		

注：1) 两间机房共同关注点剂量率控制水平各取一半。

根据计算结果可知，本项目各DSA装置在运行期间，各机房外共同关注点周围剂量当量率符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中透视模式下，屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于2.5μSv/h的要求，同时满足医院制定的机房外周围剂量当量率控制目标值≤2.5μSv/h的要求；共同关注点处职业人员最大年剂量为2.20E-03mSv/a，满足职业人员年剂量管理目标值（5mSv/a）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员剂量限值（20mSv/a）的要求；机房周围公众年剂量最大

为 $4.72\text{E-}04\text{mSv/a}$ ，满足公众成员年剂量管理目标值（ 0.1mSv/a ）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众成员剂量限值(1mSv/a)的要求。

11.2.3 其他保护目标辐射环境影响分析

50m评价范围内的其他保护目标均位于上述预测关注点离加速器机房更外的区域，根据辐射剂量率与距离平方成反比的原理，其所受辐射影响不大于靠近机房的预测关注点，同样满足年有效剂量约束值及年剂量限值要求。

11.2.4 “三废”环境影响分析

11.2.4.1 放射治疗

（1）非放射性气体

本项目直线加速器及模拟定位 CT 运行时产生的射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

①加速器机房

本项目拟在加速器机房西南侧吊顶层上方吊装 1 台进风风机，进风管道通过防护门上方接倒“V”型预埋管道进入机房内，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿；进入机房后拟沿迷路内墙进入治疗室内在西南部吊顶层上方设置进风口；拟在治疗室内西北部、东北部各设 1 个排风口，排风口拟设置在治疗室墙壁下部距地面 20cm 处，治疗室废气经排风口收集后经排风管道沿东墙向南，之后沿迷路内墙至机房防护门上方接倒“V”型预埋管道出机房，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿，之后沿南迷路外墙外侧及东墙向东北排出室外，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区。加速器机房内有效容积约为 475m^3 ，风机设计排风量为 $4500\text{m}^3/\text{h}$ ，通风换气次数约为 9.4 次/h，符合标准要求。

②模拟定位 CT 机房

本项目模拟定位 CT 机房内拟设置机械排风系统，进、排风依托放疗科整体风机，进风机拟设置于模拟定位 CT 机房西侧新风机房内，送风管道穿东墙进入模拟定位 CT 机房内，并拟在机房内西南部吊顶层上方设置进风口，拟在机房内西北部吊顶层上方设置排风口，拟在机房内东北部吊顶层上方设置事故排风口，废气经排风口收集后沿排风管道向西侧穿墙后先向北再向东至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，事故排风管道拟向东穿墙至室外后向北至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区。进、排风管道穿墙均为水平穿墙，穿墙位置内部包裹岩棉进行封堵，外部包裹专用 4mmPb 铅防护异形板进行屏蔽补偿，铅防护异形板包裹线槽长度不小于两倍桥架长边边长。

综上所述，建设项目各机房排风口均拟设置在治疗室下部，进风口均拟设置在治疗室顶棚，排风口与进风口呈对角设置，通风次数均不小于 4 次/h，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中相关要求；模拟定位 CT 机房拟设置机械进排风系统，室外排风口为道路及绿化，非人员密集区，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求。加速器及模拟定位 CT 进、排风管道走向示意图见图 10.2-1 所示。

（2）废水

本项目直线加速器运行过程中不产生医疗废水和放射性废水，只产生少量生活污水，依托医院污水处理设施处置。直线加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生感生放射性废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。

（3）固体废物

①加速器废靶

加速器正常运行时，无废靶产生。如果加速器冷却水循环系统出现故障，可能造成靶体散热不畅导致靶被打穿的情况，产生废靶。此外，加速器报废时，会有废靶产生。对于更换下来的废靶和退役时拆卸下来的废靶，可暂存于铅桶，处置前经监测其表面辐射剂量率水平符合清洁解控水平，之后交由有资质的单位收贮。

②模拟定位 CT 废 X 射线管

设备配套 X 射线管达到使用寿命或故障报废时会产生废旧 X 射线管，由厂家直接回收，不在建设单位贮存。

③生活垃圾

工作人员产生的少量生活垃圾，经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

综上所述本项目放射治疗产生的固体废物均得到合理处置，对周围环境影响较小。

11.2.4.2 核医学诊断治疗

（1）放射性废气

该项目在核素分装等操作过程中会产生一定量的放射性气体，建设单位拟在核医学科共拟设置 4 套排风管道，配套 4 台活性炭吸附装置：

①拟在核医学科分装质控注射室内设置 1 个手套箱，放射性药物分装质控等操作拟在手套箱内进行，通风速率拟不小于 0.5m/s，手套箱废气经管道收集后，从分装质控注射室西侧墙体穿出，向西至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放。

②¹³¹I 分装室内设置 1 台自动分装仪，分装仪外设手套箱，手套箱上方拟自带专用活性炭吸附装置，拟在甲亢留观室及其卫生间、¹³¹I 服药间设 1 套排风管道，¹³¹I 药物分装过程拟在手套箱内进行，通风速率拟不小于 0.5m/s，手套箱废气经上方专用吸附过滤装置预处理后，向北穿出 ¹³¹I 分装室，之后向西与 ¹³¹I 服药间排风管道汇合，再向西与由北向南的甲亢留观室排风管道汇合后向南至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放。

③拟在该项目核医学科工作场所储源室、放射性废物间 PET/CT 注射后候诊室、PET/CT 机房、PET/CT 留观室、SPECT/CT 注射后候诊室、SPECT/CT 机房、SPECT/CT 留观室、运动负荷兼应急抢救室、清洁间等场所设置 1 套排风管道，排风管道向西南至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放，活性炭吸附材料拟每年更换一次，运行后更换频次根据实际监测结果进行调整）。排风设计示意图见图 10-6 所示。

综上所述，本项目操作核素过程中产生的放射性废气得到了有效的治理，项目投运后对周围环境的影响较小。废气过滤装置活性炭设计每年更换一次，运行后应根据运行后设备表面剂量率检测情况调整更换周期，以便及时进行更换，以防止过滤装置失效，造成放射性污染事故。

（2）非放射性废气

本项目在核医学科运行过程中，空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生少量 O₃、NO_x 等有害气体，其中以 O₃ 为主。本项目辐射水平较低，与空气作用产生的 O₃、NO_x 量十分有限，在采取上述通风措施后，控制区内产生的少量 O₃、NO_x 等有害气体可通过新风系统及时排出室外，且 O₃、NO_x 排入空气中后很快得到分解，对工作人员及周围大气环境影响较小。

（3）放射性废水

1) 衰变池系统设计

本项目拟在医技后勤综合楼地下一层西北端建设1座四级衰变池系统，用于处理核医学科产生的放射性废水，该衰变池系统北侧及西侧均为回填土，东侧及南侧为地下车库，上层为核医学科本项目拟在衰变池墙面上醒目位置设置辐射警示标志，并定期对衰变池周围辐射剂量率进行监测。

本项目衰变池系统为推流式，包含1座沉淀池（兼衰变池及污泥池，设有清渣口）、3座衰变池、及1座检测池，其中，沉淀池及1#~3#衰变池池体四周及上下均拟采用300mm厚的混凝土，沉淀池有效容积为35.5m³，1#~3#衰变池有效容积分别为25.6m³、26.7m³、

24.4m³。

本项目放射性废水进入衰变池后的具体工作流程为：核医学工作场所产生的放射性废水通过专用管道排入沉淀底部，放射性废水排放管道采用抗腐蚀抗压的塑料管，部分暴露的污水管道采用外包6mmPb铅板进行防护，沉淀池满后，废水经导流墙内预留管由沉淀池上端自流进入1#衰变池底部，1#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由2#衰变池上端自流进入2#衰变池底部，2#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由2#衰变池上端自流进入3#衰变池（即检测池）底部，3#衰变池满后，废水经导流墙内预留管由3#衰变池上端自流进入检测池（集水坑），之后排入医院污水处理系统医院医疗废水处理站进一步处理，最终排入城市污水管网。检测池拟设置有取样口每年拟进行1~2次水质检测。

放射性废水处理系统运行一段时间后，需定期进行清掏，当沉淀池需要清掏时，医院按计划暂停开展诊断工作，至少暂停3天，期间停止衰变池进水，委托专业人员对沉淀池进行清掏，定期清掏出的沉渣置于沉渣专用衰变箱内，经检测确保表面剂量率满足所处环境本底水平、 β 表面污染低于0.8Bq/cm²后，按一般医疗废物交于具有相应危险废物处置资质的单位进行规范处置。医院拟建立相关台账，详细记录沉淀池沉渣清掏日期、责任人员及监测结果等信息。本次评价要求医院在进行清掏时采取适当的防护措施，以减少人员可能受到的辐射影响。

2) 衰变池废水量分析

根据本项目核医学工作特点，参考《综合医院建筑设计规范》（GB51039-2014）及建设单位提供资料等，本项目核医学科各类别用、排水情况如下表所示。

表 11.2-33 本项目核医学科废水产生情况核算一览表

序号	废水类别		单人产生量 量（L/人）	数量（人/ 日）	日产生量 （L）	周工作天数 （d）	日平均产生 量（L）	合计 （L）
1	工作人员去污废水		15	2	30	6	25.71	797.14
2	患者 废水	¹⁸ F	15	20	300	5	214.29	
3		^{99m} Tc	15	40	600	5	428.57	
4		¹³¹ I	15	20	300	1	42.86	
5	场所去污及应急废水		--	--	100	6	85.71	

根据上表计算可知，本项目核医学科每天产生的放射性废水约为 797.14L，本项目核医学科拟设的 3 座衰变池（含沉淀池）总有效容积为 112.2m³，当核医学科运行 140 个日历天后，最后一级 3#衰变池将贮满。

3) 衰变池排放活度分析

本项目核医学放射性废水经专用管道收集排入推流式衰变池，经上述分析，4 座衰

变池（含沉淀池）总有效容积为 112.2m³，共可容纳约 140 个日历天的废水量，根据经验值，放射性废水中的核素活度按使用核素活度的 15%估算。根据式 11.2-21 计算，本项目衰变池内放射性废水中核素活度情况见表 11.2-34。

$$A = A_0 \cdot e^{-\frac{0.693t}{T_{1/2}}} \quad (\text{式 11.2-21})$$

式中：

A：经 t 时间衰变后的活度，mCi；

A₀：t=0 时的活度，mCi；

T_{1/2}：放射性核素的半衰期；

t：时间。

表 11.2-34 放射性废水中核素活度

序号	核素	半衰期	日最大用量 (Bq)	单日收集的废水中核 素活度浓度 (Bq/g)	排放前废水中核 素活度 (Bq/g)
1	¹⁸ F	109.8min	7.40E+09	3.70E+03	趋近于 0
2	^{99m} Tc	6.02h	4.44E+10	1.11E+04	1.16E-164
3	¹³¹ I	8.02d	7.40E+09	3.70E+03	2.06E-02

注：单日收集的废水中核素活度浓度计算时废水产生量按工作日产生的患者废水量进行计算。

由上表可知，本项目衰变池处理系统排放时放射性废水中 ¹⁸F、^{99m}Tc 活度浓度可忽略不计，¹³¹I 活度浓度为 2.06E-02Bq/g，满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。放射性废水经过四级衰变池分隔、充分衰变后，衰变池出口活度浓度极低，排入医院污水处理站进一步处理后对环境影响较小。建设单位拟每年对衰变池中的放射性废液进行 1~2 次水质检测，做好记录并存档，核素的放射性活度浓度应满足 GB18871 附录 A 表 A1 的要求。

综上所述，本项目放射性废水经衰变池衰变满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）中相关处理要求，对周边水环境影响较小，项目运行后应每年定期对衰变池中的放射性废液进行监测，确保废水中 ¹³¹I 和最长半衰期核素的放射性活度浓度应满足 GB 18871 附录 A 表 A1 的要求。

（4）放射性固体废物

该项目放射性固体废物主要来源：①¹⁸F、^{99m}Tc、⁸⁹Sr、¹³¹I 药物质控、分装、给药过程中产生一些带有微量放射性的注射器、针头、试管、棉花、棉棒、纱布、一次性口

杯、手套以及异常洒落时使用的吸水纸、抹布等，产生量按 50g/人·次计，约为 0.775t/a；¹³¹I 用于甲亢治疗，采取口服的方式进行给药，产生的固体废物包括：使用过的一次性口杯、擦拭纸巾、空药瓶及空药盒等，其产生量按 50g/人·次计，约为 0.05t/a；②排风系统置换下来的废活性炭产生量约为 250kg/a。

放射性固体废物中核素种类包含：¹⁸F、^{99m}Tc、⁸⁹Sr、¹³¹I，建设单位核医学科拟设放射性废物间，将放射性固体废物放置在其中，并采取如下处理措施：

①根据该项目医学实践中产生固体废物中的放射性核素种类、半衰期、活度水平和理化性质等进行分类，按照废物的可燃与不可燃、可压实与不可压实、有无病原体毒性分开收集。

②放射性固体废物先置于专用铅制放射性废物桶内，容器内放置专用塑料袋内，每袋废物的表面剂量率应不超过 0.1mSv/h，重量不超过 20kg。当废物装满后，将袋封好并及时转存废物间，放入专用容器中存储。塑料袋上和容器表面显著位置贴上标签，注明废物类型、核素种类、比活度水平、封口时间等。待放射性物质自行衰变后的活度达到豁免活度以下，按普通医疗废物处理。对注射器和碎玻璃器皿等含尖刺及棱角的放射性废物，应先装入利器盒中，然后再装入专用塑料袋内。

③核医学科排风系统所使用的排风过滤器定期更换，更换下来的过滤器按放射性固体废物进行处理。

④放射性废物间门上张贴有电离辐射警告标志，房间内设有通风设施。废物袋上张贴有核素种类、废物类型和存放日期等，每袋废物表面剂量率不超过 0.1mSv/h、质量不超过 20kg，每袋废物包装外 β 表面污染不得超过 0.4Bq/cm²。

⑤配备有专职人员负责管理废物的分类收集、存放和处理。废物管理人员应熟悉国家有关放射性废物管理法律法规，具备掌握放射防护和剂量监测专业技术的安全文化素养。

⑥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。

⑦本项目拟采用的 ⁶⁸Ge 校准源放射源半衰期为 270.8d、⁶⁰Co 校准源半衰期为 271.8d，使用一定时间后，其活度不能满足校准需要时，需更换放射源，退役源更换后直接交由放射源生产厂家回收处理，院内不进行贮存。

综上所述，本项目核医学科产生的固废均得到合理处置，对周边环境影响较小。

10.2.3 介入诊断治疗

(1) 非放射性气体

本项目介入诊断治疗过程中无放射性废气产生，DSA 装置运行中产生的 X 射线会

使周围空气发生电离，空气电离将产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），在 NO_x 中以 NO₂ 为主，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体，若在机房内聚集，对机房的人员具有一定的危害。

本项目各 DSA 手术室均拟设置机械排风系统，DSA1 手术室东南部吊顶上方拟设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，最终通过东北侧穿出机房，向东进入风井并沿风井向上至楼顶排放至室外；DSA2 手术室东南部吊顶上方拟设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，之后向西，最终通过西北侧穿出机房，向西进入风井沿风井向上至楼顶排放至室外。本项目各 DSA 手术室排风管道均为直接穿墙，拟在机房内穿墙位置管道外周处拟包裹 4mm 铅板进行屏蔽补偿，包裹长度拟大于管道直径 20cm，铅板与墙体的搭接长度拟大于 10cm，排风管道平面布置见图 10.2-8 所示，穿墙屏蔽补偿见图 10.1-19 所示。

DSA手术室内O₃、NO_x排入空气中后很快得到分解，对工作人员及周围大气环境影响较小。

（2）废水

本项目运行过程中无放射性废水产生，产生的医疗废水排至医院废水处理系统。

（3）固体废物

本项目DSA及CT运行时诊断结果在显示屏上观察或采用数字技术机打印，不使用胶片摄影，不会产生废显（定）影液、废胶片和报废感光原料。各设备维修产生的废旧X射线管直接由厂家回收，不在建设单位贮存。介入手术时会产生废医用器具和药棉、纱布等医疗废物，医疗废物单人次产生量约为2kg，总产生量为1.2t/a，暂存在各手术室中的垃圾桶，手术结束集中收集至医疗废物暂存间，作为医疗废物进行处理。

综上所述，本项目DSA手术室产生的固废均得到合理处置，对周边环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 放射治疗

11.3.1.1可能发生的辐射事故

本项目加速器、模拟定位 CT 的安装、检修均由设备销售厂家负责，医院只负责日常安全使用及管理。由于设备自身的屏蔽措施以及设备的固有安全联锁装置，设备在正常使用的情况下发生事故的概率极小，可能发生的辐射事故主要包括：

（1）医用电子直线加速器

①安全联锁装置或报警系统发生故障状况下，人员误入正在运行的放疗机房，造成额外的照射；

②工作人员在机房内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，对工作人员造成辐射伤害；

③工作人员或病人家属在防护门关闭前未撤离治疗室，设备运行可能产生误照射；

④设备控制系统出现故障，照射不能停止，病人受到额外照射；

⑤设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机出束，造成辐射伤害；

⑥机房排风系统出现故障，机房内的空气受到 X 线照射产生的臭氧和氮氧化物在机房内聚集，人员进入吸入体内造成伤害。

（2）模拟定位 CT

①射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者受到超剂量照射；

②安全联锁装置发生故障状况下，导致人员误入正在运行的手术室而造成 X 射线误照射；

③工作人员在手术室内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

⑤操作时其他无关人员滞留介入机房内，受到照射；

⑥维修调试过程中，因维修人员误操作导致设备出束，可能发生误照射。

⑦受检者未规范穿戴个人防护用品，导致邻近照射点的器官或组织未进行有效屏蔽，而受到超剂量的外照射伤害。

⑧机房排风系统出现故障，机房内的空气受到 X 线照射产生的臭氧和氮氧化物在机房内聚集，人员进入吸入体内造成伤害。

11.3.1.2源项与事故等级

本项目加速器关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线、臭氧及氮氧化物等危害因素。

本项目建成投运后，最大可能发生的事故就是医务人员、病人及检修人员发生误照射，人员在主束方向直接照射概率较小，直线加速器机房机架内两侧、治疗床、机房内墙体及控制室、均设置有急停按钮。

公众或者患者家属位于有用线束方向且距焦点不同距离的剂量率按下式估算。

$$H=H_0 \cdot f / R^2 \quad (\text{式 } 11.2-22)$$

式中：

H—距直线加速器焦点 R 处的 X 射线的吸收剂量（Gy/min）；

H₀—距直线加速器焦点 1m 处 X 射线的吸收剂量率，保守按 12Gy/min 考虑；

R—估算点与直线加速器焦点的距离，m；

f —对有用束为 1，对 90° 泄漏辐射为 0.001。

$$E=H \cdot W_T \cdot W_R \quad (\text{式 11.2-23})$$

式中：

E —受照人员的有效剂量；

W_T —组织权重因子，本项目取 1；

W_R —辐射权重因子，本项目取 1；

根据公式 11-9、式 11-10，非主束方向、主束方向不同距离不同受照时间所致人员剂量见表 11.3-1、11.3-2。

表 11.3-1 非主束方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位 mSv

距离受照时间	10s	20s	30s	1min	2min	5min	10min	20min	30min
0.5m	9.33	18.67	28	56	112	280	560	1120	1680
1m	2.33	4.67	7.00	14	28	70	140	280	420
1.5m	1.04	2.07	3.11	6.22	12.44	31.11	62.22	124.44	186.67
2m	0.58	1.17	1.75	3.50	7.00	17.50	35	70	105
2.5m	0.37	0.75	1.12	2.24	4.48	11.20	22.40	44.80	67.20
3m	0.26	0.52	0.78	1.56	3.11	7.78	15.56	31.11	46.67

表 11.3-2 主束方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位 Sv

距离受照时间	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0.5m	9.33	18.67	28.00	37.33	46.67	56.00
1m	2.33	4.67	7.00	9.33	11.67	14.00
1.5m	1.04	2.07	3.11	4.15	5.19	6.22
2m	0.58	1.17	1.75	2.33	2.92	3.50
2.5m	0.37	0.75	1.12	1.49	1.87	2.24
3m	0.26	0.52	0.78	1.04	1.30	1.56

综上所述，本项目射线装置事故状态下，人员短时间所接受剂量较大，一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

11.3.1.3 辐射事故防范措施

针对以上突发事件，本次环评提出以下防范措施：

(1) 医用电子直线加速器事故防范措施

①医院应按操作规程定期对各个联锁装置进行检查，发现故障及时清除，严禁在门-机、门-灯联锁装置失效的情况下违规操作；通过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联锁失效或在某个联锁失效期间产生辐射。

②辐射工作人员应在开机运行前认真检查机房内人员情况，除病人外，一律不得停留。待确认无误后，方可进行下一步操作。

③辐射工作人员须加强专业知识学习，加强防护知识培训；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，落实安全责任制，经常督促检查。

④加速器在维护和维修时，不得擅自解除联锁系统。

⑤医院应保证电子直线加速器紧急停机按钮、设备控制台紧急停机按钮以及机房内的紧急开门按钮、紧急停机按钮、固定式剂量报警仪正常工作，同时应确保放射工作人员做好定期辐射巡测工作，熟知相关辐射事故应急措施，在辐射事故发生后及时上报、估算意外照射剂量，并将受意外照射人员及时送医。

(2) 模拟定位 CT 事故防范措施

①定期认真地对射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②凡涉及对医用射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

③定期检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

④加强放射工作人员的管理，医用射线装置开机前，必须确保无关人员全部撤离，受检者穿戴好个人防护用品后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

⑤加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑥检修人员准备进入机房时，必须携带个人剂量计或个人剂量报警仪。

⑦检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动辐射源。

⑧调试和维修时，应保证切断辐射源出束状态。

⑨调试和维修必须解除安全联锁时，需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后再行使用。

⑩机房门外明显位置应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

11.3.1.4 其他事故防范措施

为防止本项目辐射事故发生，医院还应采取多种防范措施：

①医院应针对本项目制定射线装置应用的管理和操作制度以及事故风险的应急预

案，并对操作人员进行定期培训，进行考核，考核不合格的，不得上岗；

②设备安装调试时必须由厂家专业人员负责完成，安装调试时关闭防护门，并在治疗室门外设立辐射警示标志；

③应经常检查射线装置的安全装置处于正常工作状态，安全装置发生故障时应及时排除，安全装置的故障未排除前，射线装置不得进行开机操作；

④每天开机前应检查联锁装置、报警装置的工作状态，保证其处于良好的工作状态，防止带故障开机操作；

⑤定期检查机房排风装置，确保排风装置正常运行，如发现故障，及时通知相关部门进行维修，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动射线装置。

⑥总结事故原因，写出事故报告，及时修改应急预案，避免事故再次发生。

在严格采取上述各种安全装置和防范措施的前提下，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全；通过定期检查机房排风装置，发现故障及时维修，能够有效降低排风装置事故的发生概率，保障机房内人员的健康和安全，以及机房设备的正常运行和周围环境的安全。项目投入运行后，工作人员应严格按照制度规程操作，并且加强安化管理，严格监控，避免辐射事故发生。在处理放射源事故中应讲究实效，方法要科学有效，防止盲目操作而受到超剂量照射。

11.3.2 核医学诊断治疗

11.3.2.1可能发生的辐射事故

本项目核医学运行过程中可能发生的辐射事故主要包括：

- ①放射性药物试剂发生丢失或被盗；
- ②试剂操作时打翻、洒漏造成操作台、地面、仪器设备表面污染；
- ③发生火灾造成的放射试剂瓶撒漏。
- ④放射性废物处置不当流入环境中，导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.3.2.2事故情形假设

假设放射性核素分装过程中导致放射性药物试剂瓶或铅罐打翻或破碎，或放射性药物分装过程中造成放射性药物泄漏或丢失，以 ^{18}F 泄漏为例，泄漏量为200mCi，事故持续过程中按点源考虑，受照人员不考虑任何屏蔽措施，事故持续最长时间为2h，分别计算距放射源0.1m、0.2m、0.5m、1.0m、2.0m、5.0m处的剂量率。

- b、若发生洒漏，事故持续过程中按点源考虑；
- c、受照人员不考虑任何屏蔽措施；
- d、事故持续最长时间为2h；

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

见表11.3-3。

表11.3-3 核素泄漏事故下不同距离处个人有效剂量分布

距源距离	¹⁸ F泄漏事故持续时间段γ辐射剂量率（mSv/h）	周围人员受照剂量（mSv）
0.1m	105.82	211.64
0.2m	26.46	52.92
0.5m	4.23	8.46
1.0m	1.06	2.12
2.0m	0.26	0.52
5.0m	0.04	0.08

由计算结果可知，本项目放射性核素泄漏事故状态下，人员短时间所接受剂量较大，建设单位应制定完善的事故防范及应急处理措施，在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。

11.3.2.3 辐射事故防范措施

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

（1）辐射安全综合管理

医院成立了辐射安全管理领导小组负责对全院辐射安全与防护工作进行监督管理。

（2）规章制度

医院核医学科已制定有相关辐射安全与防护管理制度，并把核医学科辐射工作人员健康管理、个人剂量管理等并入医院现有相应管理制度中。各辐射工作场所日常工作中严格按照工作制度执行，防止辐射事故的发生。

（3）所有辐射工作场所进行严格的分区管理，设置控制区和监督区，控制区禁止无关人员进入，设置门禁系统，悬挂电离辐射警示标识，设置视频监控及固定式剂量率监测报警系统。

（4）进入控制区工作人员佩戴个人剂量报警仪，并穿戴铅衣、铅帽、手套、一次性鞋套、防护眼镜等必要的个人防护用品。

（5）建立放射性药物及发生器的安全管理制度，加强放射性药物安全管理，落实放射性物质安保措施，以防止放射性药物丢失。

（6）对工作人员进行岗前培训，工作人员须熟练掌握放射性药物操作技能和熟悉辐射防护基本知识，能正确处置意外情况。

(7) 各操作场所配备防护面罩、吸水滤纸、酒精等应急物资和灭火器材。

(8) 制定核医学科专项应急预案，并定期进行演练，并进行演练总结，不断修订和完善应急预案内容。

(9) 放射性药物储存场所设置视频监控、红外报警系统，储源保险柜设置双人双锁，以防止药物丢失或被盗。建立放射性药物领用登记台账。

在严格采取上述各种安全装置和防范措施的前提下，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。项目投入运行后，工作人员应严格按照制度规程操作，并且加强安化管理，严格监控，避免辐射事故发生。在处理放射源事故中应讲究实效，方法要科学有效，防止盲目操作而受到超剂量照射。

11.3.2.4 辐射事故应急处理措施

发生事故时，采取的应急处理措施如下：

①由于操作不慎，有少量的液态药物溅洒。发生这种事故应迅速用吸附衬垫吸干溅洒的液体，以防止污染扩散。然后用备用的塑料袋装清洗过程中产生的污染物品和湿的药棉、纸巾，从溅洒处移去垫子，用药棉或纸巾擦抹，应注意从污染区的边沿向中心擦抹，直到擦干污染区。最后用表面沾污仪测量污染区，如果 β 表面污染大于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，表明该污染区未达到解控标准，这时应用酒精浸湿药棉或纸巾擦拭，直到该污染区表面污染小于 $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 为止。若大量放射性物质洒漏，医院应立即封锁相关场所，并向上级有关部门报告，等待专业人员前来处理。事故处理结束后，使用表面污染检测仪器对洒漏放射性液体的区域进行表面污染监测，符合国家相关标准后，结束应急状态。事后及时总结经验，形成纸质报告并存档。处理药物洒漏的擦拭物收集放到放射性固体废弃物衰变箱中，作为放射性固体废物进行管理。

②因不慎造成放射性核素污染了地面或台面时，应先用吸收滤纸将其吸干，以防扩散，并立即标记污染范围，注明放射性核素名称、日期。根据污染程度及时报告上级领导和有关部门。人体溅污放射性核素时，应先用吸水纸吸干体表，避免污染面积扩大。之后根据不同核素分别去污。

③若发生放射性药物丢失、被盗，应第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生等）主管部门；分析确定丢失、被盗事故的具体时间及原因，向相关部门提供信息，根据有关线索，组织人员协同相关部门查找丢失、被盗放射性同位素，在查找过程中携带辐射监测仪器，防止事故处理人员受到照射；对放射性同位素丢失前存放场所进行监测，根据现场辐射剂量率的大小确定是否受污染。如现场受到污染出现辐射剂量率异常

情况，根据辐射剂量率大小划定警戒线，撤离警戒区域内的所有人员，事故处理人员应穿戴防护用品，佩戴个人剂量计进入事故现场。

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

⑤核医学科个人防护用品主要包括工作服、工作鞋、帽等基本防护用品，以及铅防护衣等附加防护用品。工作人员进入监督区必须穿戴辐射防护用品，个人剂量计佩戴于左胸前，在进行 ^{18}F 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 、 ^{131}I 放射性药物操作时，应穿戴放射性污染防护服。尽量利用长柄钳、镊子等工具操作，增加与放射性药物的距离。为病人注射放射性药物时，工作人员手部有一定受照量，操作者应使用注射器屏蔽装置。在 ^{18}F 患者注射前留置注射器留置针，同时加强工作人员培训，使其掌握熟练的操作技能，缩短工作时间。科室主任负责个人防护用品使用方法培训及个人防护用品的存放、更新工作。

11.3.3 介入诊断治疗

射线装置仅在运行时产生X射线，停机后射线就会消失，故只有在开机状态下，射线装置产生的X射线才会贯穿屏蔽设施进入外环境，从而带来一定的辐射影响。项目运行中存在潜在危险和辐射事故，本次评价对其进行分析和预测，说明项目运营中可能发生的事故或突发事件对人身安全和环境的损害和影响程度，提出行之有效的防范及应急措施，以避免事故发生、减少事故损失，使其对环境的影响达到可接受的水平。

11.3.3.1 事故识别

①X 射线装置发生控制系统或安全保护系统故障或人员疏忽，造成管电流、管电压设置错误，使得受检者或工作人员受到超剂量照射；

②安全联锁装置发生故障状况下，导致人员误入正在运行的手术室而造成 X 射线误照射；

③操作介入手术的工作人员未穿戴铅围裙、铅衣、防护帽等个人防护用具，未合理使用辅助防护设施，而受到超剂量的外照射；

④工作人员在手术室内为患者摆位或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

⑤操作时其他无关人员滞留介入机房内，受到照射；

⑥维修调试过程中，因维修人员误操作导致设备出束，可能发生误照射。

⑦受检者邻近照射点的器官或组织未进行屏蔽，而受到超剂量的外照射伤害。

⑧手术时间过长，导致患者患处受到超剂量的外照射伤害。

11.3.3.2 单次误照射附加剂量率

正常情况下，无关人员无法随意进入 DSA 机房内，如果发生人员误入情况，或者人员未撤离 DSA 便开始运行，此时控制室内职业人员会通过观察窗第一时间发现，然后迅速切断电源。按照上述的计算方法，考虑误入时恰好进行影像采集，屏蔽透射因子 B 取 1，辐射源点至计算点的距离 R/ds 分别取 1.0m、2.0m、3.0m、4.0m、5.0m，照射时间约 30 秒，可计算出在误照射时无屏蔽下的总受照剂量。

表 11.3-4 单次误照射总受照剂量计算结果一览表

序号	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	B	R (m)	f	α	S (cm^2)	d_0 (m)	ds (m)	附加剂量率 (mGy/h)	T (h)	总受照剂 量 (mSv)
1	9.60E+07	1	1	0.001	3.25E+06	100	0.5	1	220.80	0.008	1.77
2	9.60E+07	1	2	0.001	3.25E+06	100	0.5	2	55.20	0.008	0.44
3	9.60E+07	1	3	0.001	3.25E+06	100	0.5	3	24.53	0.008	0.20
4	9.60E+07	1	4	0.001	3.25E+06	100	0.5	4	13.80	0.008	0.11
5	9.60E+07	1	5	0.001	3.25E+06	100	0.5	5	8.83	0.008	0.07

由上述计算结果可知，人员误入情况下产生的误照射的附加剂量率较大，距设备较近的情况下人员受照剂量将超出公众年有效剂量管理目标值，医院应采取合理有效的措施防止误照射的发生。

11.3.3.3 误照射事故防范措施

要避免误照事故的发生及发生后能采取立即采取有效防范措施，医院需做好以下防范措施：

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②凡涉及对医用射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，并做到“制度上墙”（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在放射诊断操作时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

③定期检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

④加强放射工作人员的管理，医用射线装置开机前，必须确保无关人员全部撤离，受检者穿戴好个人防护用品后才可开启；加强放射工作人员的业务培训，防止误操作，以避免工作人员和公众受到意外辐射。

⑤手术前对曝光时间及曝光序列进行合理规划，有超剂量外照射风险的应在术后定期进行随访，发现问题及时治疗。

⑥加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

⑦检修人员准备进入机房时，必须携带个人剂量计或个人剂量报警仪。

⑧检查系统发生故障而紧急停机后，在未查明原因和维修结束前，不得重新启动辐射源。

⑨调试和维修时，应保证切断辐射源出束状态。

⑩调试和维修必须解除安全联锁时，需经负责人同意并通告有关人员。工作结束后，先恢复安全联锁并经确认系统正常后再行使用。

⑪机房门外明显位置应设置电离辐射警示标志，并安装醒目的工作状态指示灯。

11.3.3.4辐射事故应急措施

当发生放射事故或者超剂量辐射事故时，最先发现事故的岗位人员，应立即向医院领导汇报,医院领导应安排应立即向全医院范围发出预警信息，具体如下：

①发生辐射事故时，事故发现人应立即停止操作射线装置，立即按下应急开关或切断主控电源进行断电,并及时报告组长，做好现场管戒标志，保护好现场。

②确定发生辐射事故的时间、地点、原因、影响范围及严重程度，及时向单位负责人和环境保护部门报告，

③组织有关人员尽快及时封锁事故现场，禁止非事故处理人员靠近辐射区域，减少对病人、医技人员、其他现场人员及环境的影响。

④对受辐射人员进行现场急救处理，送往当地卫生部门进行剂量测定，确定辐射影响范围，进行相应的救治工作，不得拖延辐射人员诊治时间。

⑤应急救援小组成员应迅速分析发生事故的原因，制定事故处理方案，尽快排出故障。

⑥确定事故已得到控制、受辐射人员得到有效救治，放射性污染进行了有效处置，辐射环境监测结果符合要求，由组长负责宣布应急处理救援程序关闭。

⑦组长或副组长负责将应急救援程序关闭，事故已得到消除，辐射环境监测达标等信息以书面或其他有效文本形式通知参与应急救援的单位、机构、人员、群众，并确认这些单位和人员已知晓。

⑧出现故障的设备由专业技术人员维修，经有资质的检测机构对其进行检测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

⑨事故处理后总结经验教训，防止类似事故再发生。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《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》（2019 年修正版）等有关法律法规要求，使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有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。辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

信阳市中心医院已成立了辐射安全与环境保护管理委员会，委员会以王春红为主任，郭晓华、常建军等为副主任，成员由王莉、陶阳等组成，委员会下设办公室，办公室设在疾病预防控制科，辐射安全与环境保护管理委员会负责全院辐射安全与防护监督管理工作，划定职责与分工，保障放射职业人员、社会公众的健康与安全。该管理机构的基本组成涵盖各科室，该管理机构委员会人员的学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，在框架上基本符合要求。医院淮滨院区辐射管理人员拟从现有管理人员中调配，沿用同一套班子成员，可满足配置要求。

综上，项目单位辐射安全与环境保护管理机构的配备能够满足环保管理工作的要求。辐射安全与环境保护管理机构的设置详见附件7。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 辐射防护管理制度

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》中“医用电子直线加速器使用场所”、“近距离 γ 射线治疗装置监督检查技术程序”、“数字减影血管造影 X 射线装置（DSA）”等相关要求，目前已制定有相关辐射防护与安全管理相关规章制度，具体见表 12.2-1。

表12.2-1 建设单位辐射管理制度一览表

序号	规定的制度		建设单位制定的制度	制定情况
1	放射治疗场所			
1.1	A综合	辐射安全与防护管理规定	《辐射安全与防护管理规定》	已制定
1.2		辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射安全和防护设施维护管理制度》	已制定
1.3	B场所	场所分区管理规定	《辐射工作场所分区管理制度》	已制定
1.4		操作规程	《直线加速器安全操作规程》《射线装置安全操作规定》	已制定
1.5	C监测	场所及环境监测方案	《辐射环境检测计划与方案》	已制定
1.6		监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与检验管理制度》	已制定

续表12.2-1 建设单位辐射管理制度一览表

序号	规定的制度		建设单位制定的制度	制定情况
1.7	C监测	校验源管理制度	《放射源管理制度》	已制定
1.8	D人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	《辐射工作人员培训管理制度》	已制定
1.9		辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量监测制度》	已制定
1.10	E应急	辐射事故/事件应急预案	《辐射事故应急预案》	已制定
1.11	F三废	放射性“三废”管理规定	《放射性物质管理制度》	已制定
2	核医学诊疗场所			
2.1	A综合	辐射安全与防护管理规定	《核医学科辐射安全与防护管理规定》	已制定
2.2		放射性药物管理规定	《放射性药品采购、登记、使用、保管及注销制度》	已制定
2.3	B场所	场所分区管理规定	《核医学工作场所分区管理制度》	已制定
2.4		操作规程	《核医学科辐射安全操作规定》《核医学去污操作规程》《SPECT/CT操作规程》《PET/CT操作规程》《放射性药物操作的防护要求》	已制定
2.5		辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射安全和防护设施维护管理制度》	已制定
2.6	C监测	监测方案	《辐射环境检测计划与方案》	已制定
2.7		监测仪表的使用管理制度	《监测仪表使用与检验管理制度》	已制定
2.8	D人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	《辐射工作人员培训管理制度》	已制定
2.9		辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量监测制度》	已制定
2.10	E应急	辐射事故/事件应急预案	《辐射事故应急预案》	
2.11	F三废	放射性“三废”管理规定	《核医学科“三废”管理制度》	
3	介入诊疗场所			
3.1	辐射安全与环境保护管理机构		《信阳市中心医院关于调整辐射安全与防护管理委员会的通知》	已落实
3.2	操作规程		《DSA操作规程》	已落实
3.3	辐射安全和防护设施的维护与维修制度		《辐射安全和防护设施维护管理制度》	已落实
3.4	场所及环境监测方案		《辐射环境检测计划与方案》	已落实
3.5	监测仪表使用管理制度		《监测仪表使用与检验管理制度》	已落实
3.6	辐射工作人员培训/再培训管理制度		《辐射工作人员培训管理制度》	已落实
3.7	辐射工作人员个人剂量管理制度		《辐射工作人员个人剂量监测制度》	已落实
3.8	辐射事故应急预案		《辐射事故应急预案》	已落实
4	其他			
4.1	防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施		《防止误操作及人员意外照射安全措施》《辐射工作人员岗位职责》	已落实

医院现有各项规章制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第六款及《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）中相关要求，具有可行性，在项目开展后应将各项制度及时张贴上墙。

12.2.2 辐射安全与防护培训

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）第三章—人员安全和防护，使用Ⅱ射线装置的单位，其辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训和考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）和《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》（2019 年，第 57 号）精神，医院应及时组织新增辐射工作人员与原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核，考核合格方可上岗。

建设单位拟为本项目配备 20 名辐射工作人员，采用新聘或从现有人员中调配的方式，人员名单未定，建设单位拟在人员确定后组织其在生态环境部辐射与防护培训平台进行培训，确保辐射工作人员取得合格成绩单后方可上岗。

同时，建设单位应为辐射工作人员做好以下工作内容：

- （1）配备个人剂量计，剂量计工作期间正确佩戴使用，每三个月送检；
- （2）对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗，职业健康检查的频率为每 1~2 年 1 次；在医院从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也将进行健康体检；
- （3）建设单位应为工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案；
- （4）严格落实辐射工作人员辐射安全与防护培训管理制度，对辐射工作人员的教育培训、资格考核评定做出规定，确保在岗人员符合岗位的要求。

12.2.3 年度安全状况评估

建设单位应在每年 1 月 31 日前填报上一年度评估报告。年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行与维护情况；辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射性同位素、射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容。建设单位已提交了 2024 年度《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

12.3 辐射监测

12.3.1 现有辐射检测开展情况

(1) 建设单位现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计上岗，委托河南嘉德恒立科技有限公司每季度进行检测，按《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求建立个人剂量档案，并按规定保存。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），外照射个人监测常规监测周期一般为1个月，最长不超过3个月，建设单位现有辐射工作人员外照射个人监测周期为3个月，满足上述要求。根据信阳市中心医院2024年外照射个人剂量当量检测报告，本项目现有辐射工作人员2024年外照射个人剂量当量均满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中建议的调查水平（年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ ）要求。

(2) 医院已制定《辐射环境检测计划与方案》，并委托有资质的单位对辐射工作场所每年进行辐射环境的监测。

12.3.2 本项目监测计划

(1) 个人剂量监测

工作人员除正确佩戴个人剂量计外，还应当携带个人剂量报警仪。外照射个人剂量监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月，并按要求建立个人剂量档案。个人剂量监测工作应当由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

(2) 工作场所监测

①常规监测：建设单位应按要求配备足够的自主检测设备，如X、 γ 射线辐射检测仪、固定式场所剂量报警仪、 α 、 β 表面污染仪等，对辐射工作场所进行常规监测，并建立环境安全档案。常规监测可采用不定期监测，可分为日检、周检、月检、每季度监测一次。建设单位还应对辐射监测仪定期进行检定，保证其在检定有效期内使用，若仪器发生故障，立即进行维修。

②定期监测：建设单位应委托有资质的单位定期（每年1次）对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向当地生态环境局上报备案。

监测范围：工作场所四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、下层地面、操作位、防护门，以及电缆及管道的出入口等其他关注点处等。

监测项目：X- γ 辐射剂量率、 β 表面污染。

监测频度：建设单位常规监测常态化不定期巡测、定期监测每年一次。监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

（3）竣工环保验收监测

本项目直线加速器投入使用后，应委托有资质单位开展环保设施竣工环保验收监测。监测范围：同定期监测。

监测项目：X- γ 辐射剂量率。监测计划如表12.3-1所示。

表 12.3-1 本项目监测计划一览表

辐射工作场所	监测类别	监测项目	检测频度	监测设备	监测范围
放射治疗、核医学、介入放射学	常规监测	X- γ 辐射剂量率	常态化不定期巡测	便携式X- γ 辐射监测仪（需按国家规定对仪器进行检定）	工作场所四周屏蔽墙外30cm处、顶棚、下层地面、操作位、防护门，以及电缆及管道的出入口等其他关注点处等
	定期监测		1次/年		
	验收监测		竣工验收		
核医学	常规监测	β 表面污染	每次工作结束后（出现放射性药物洒落应及时进行监测）	α 、 β 表面污染仪（需按国家规定对仪器进行检定）	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
	定期监测		1次/年		
	验收监测		竣工验收		
个人剂量监测		个人剂量当量	1次/季度	个人剂量计	本项目辐射工作人员

12.3.3 辐射监测设备

用于本项目辐射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的相关要求，本项目拟配备的辐射防护用品、监测仪器见表 12.3-2。

表 12.3-2 本项目拟配备的辐射监测仪器

序号	仪器	数量	备注
1	个人剂量报警仪	5 台	新增
2	个人剂量计	24 枚	新增
3	便携式辐射检测仪	1 台	新增
4	固定式剂量率报警仪	1 台	新增
5	固定式剂量率检测仪	1 台	新增
6	表面污染检测仪	1 台	新增
7	活度计	1 台	新增

12.4 辐射事故应急

12.4.1 风险应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正）、《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 日起施行）有关规定，建设单位应制定辐射事故应急预案。辐射事故应急预案应当包括下列内容：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序。

建设单位已制定《信阳市中心医院辐射事故应急处理预案》，针对淮滨院区，建设单位建立了淮滨院区应急管理机构，并结合应急管理机构人员及淮滨县主管行政单位情况制定了《信阳市中心医院淮滨院区辐射事故应急预案》，详见附件 9，内容包含了辐射事故应急处理机构、辐射事故等级划分、辐射事故应急响应、应急处理程序、事故防范措施、应急保障措施、应急培训与应急演练等方面内容，内容较全面，符合有关规定。

如建设单位在定期监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《河南省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境主管部门报告。发生辐射事故时，事故单位应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故报告表》，立即向当地生态环境主管部门和公安部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生主管部门报告。

发生事故时，当事人应立即切断射线装置电源，并第一时间将事故的性质、时间、地点等情况向辐射事故应急工作小组报告，同时并告知周围无关人员远离。辐射事故应急工作小组接到事故发生报告后，立即赶赴现场，对事故现场划定紧急隔离区，禁止无关人员进入，控制事态发展，迅速、正确判断事件性质，提出控制措施和方案。

另外，医院应当每年至少组织一次应急预案培训工作，通过各种形式，使有关人员了解环境应急预案的内容，熟悉应急职责、应急程序和岗位应急处置预案。建设单位应定期进行应急演练，并且在应急预案演练结束后，对应急预案演练结果进行评估，撰写演练评估报告，分析存在问题，对环境应急预案提出修改意见。

有下列情形之一的，医院应当及时对应急预案进行修订：

- （1）本单位生产工艺和技术发生变化的；
- （2）相关单位和人员发生变化或者应急组织指挥体系或职责调整的；
- （3）周围环境或者环境敏感点发生变化的；
- （4）环境应急预案依据的法律、法规、规章等发生变化的；
- （5）生态环境主管部门或者企业事业单位认为应当适时修订的其他情形。

在落实以上措施后，建设单位的辐射事故应急措施能够满足辐射安全的要求。

另外，医院应当每年至少组织一次应急预案培训工作，通过各种形式，使有关人员了解环境应急预案的内容，熟悉应急职责、应急程序和岗位应急处置预案。建设单位应定期进行应急演练，并且在应急预案演练结束后，对应急预案演练结果进行评估，撰写演练评估报告，分析存在问题，对环境应急预案提出修改意见。

有下列情形之一的，医院应当及时对应急预案进行修订：

- （1）本单位生产工艺和技术发生变化的；
- （2）相关单位和人员发生变化或者应急组织指挥体系或职责调整的；
- （3）周围环境或者环境敏感点发生变化的；
- （4）环境应急预案依据的法律、法规、规章等发生变化的；
- （5）生态环境主管部门或者企业事业单位认为应当适时修订的其他情形。

在落实以上措施后，建设单位的辐射事故应急措施能够满足辐射安全的要求。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12.5-1。

表 12.5-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用 III 类放射源、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。	建设单位已成立了辐射安全与环境保护管理委员会，并设有符合要求的技术人员专职负责辐射安全与环境管理工作，符合要求。

续表 12.5-1 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
(二)从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	建设单位拟为本项目配备 20 名辐射工作人员，采用新聘或从现有人员中调配的方式，人员名单未定，建设单位拟在人员确定后组织其在生态环境部辐射与防护培训平台进行培训，确保辐射工作人员取得合格成绩单后方可上岗。
(三)放射性同位素与射线装置使用有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射要求的安全措施。	建设单位拟按要求设计专用机房，实体屏蔽，设有门-机联锁、门-灯联锁、监视和对讲系统，设有工作警示灯及电离辐射警告标志，设有急停按钮，便于操作人员及误入人员在发生紧急情况时能及时切断系统电源。本项目将按要求执行。
(四)配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量监测报警、辐射监测等仪器。	建设单位拟根据要求及工作实际需要配备辐射防护用品、个人剂量报警仪、个人剂量计及辐射监测仪等。
(五)有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已为本项目制定有比较健全的操作规程、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。
(六)有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定有《辐射事故应急预案》，内容较全面，建设单位应在落实相关辐射事故应急措施后能够满足辐射安全的要求。
使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	建设单位已配备有质量控制检测设备，制定有相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，拟配备符合要求的医用物理师负责质量保证与质量控制检测工作。

通过对照国家有关要求对本项目从事辐射活动能力的逐项分析，依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019 年修订）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令），在开展核技术应用方面开展了射线装置和非密封放射性物质的使用与安全管理，拟配备的辐射防护设施（措施）较齐全，防护效能可满足辐射防护要求，制定的各种安全管理制度较全面。综上所述，本项目在严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，信阳市中心医院从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

12.6 建设项目环境保护“三同时”验收内容

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》，与核设施相配套的放射性污染防治设

施，应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。放射性污染防治设施应当与主体工程同时验收，验收合格的，主体工程方可投入生产或者使用。拟建项目竣工环保“三同时”验收一览表见表 12.6-1。

表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工环保验收“三同时”一览表

项目		“三同时”验收内容	验收要求
机房位置		拟在信阳市中心医院淮滨院区医技后勤综合楼一层北部建设放疗科，新建 1 间加速器机房、1 间模拟定位 CT 机房；拟在医技后勤综合楼一层建设核医学科，新建 1 间 PET/CT 机房、1 间 SPECT/CT 机房及其配套区域；拟在医技后勤综合楼三层南部介入科，新建 2 间 DSA 手术室。	机房位置情况应符合验收内容
放射性药物及设备情况		放疗科新增使用 1 台医用电子直线加速器、1 台模拟定位 CT；核医学科新增使用 1 台 PET/CT、1 台 SPECT/CT，使用非密封放射性物质 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等；介入科新增使用 2 台 DSA。	放射性药物使用种类及数量应符合报告中表 1.4-2 要求，射线装置型号及参数应符合表 1.4-3 要求
机房防护措施	放射治疗	屏蔽措施： 加速器机房基本信息情况见表 10.1-2，屏蔽设计情况见表 10.1-3。	瞬时剂量率不超过表 11.2-3 中参考控制水平，辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv 防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍
		屏蔽措施： 模拟定位 CT 机房基本信息及屏蔽设计情况见表 10.1-4。	满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求（机房内最小有效使用面积 30m ² ，机房内最小单边长度 4.5m；有用线束/非有用线束方向铅当量≥2.5mmPb）
		通风： 加速器机房西南侧吊顶层上方吊装 1 台进风风机，进风管道通过防护门上方接倒“V”型预埋管道进入机房内，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿；进入机房后拟沿迷路内墙进入治疗室内在西南部吊顶上方设置进风口；拟在治疗室内西北部、东北部各设 1 个排风口，排风口拟设置在治疗室墙壁下部距地面 20cm 处，治疗室废气经排风口收集后经排风管道沿东墙向南，之后沿迷路内墙至机房防护门上方接倒“V”型预埋管道出机房，穿墙位置预埋 4mm 铅板进行屏蔽补偿，之后沿南迷路外墙外侧及东墙向东北排出室外，通风次数均不小于 4 次/h。	每小时通风换气不小于 4 次/h。

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工环保验收“三同时”一览表				
项目		“三同时”验收内容		验收要求
机房 防护 措施	放射 治疗	通风：模拟定位 CT 机房内设置机械排风系统，进、排风依托放疗科整体风机，进风机设置于模拟定位 CT 机房西侧新风机房内，送风管道穿东墙进入模拟定位 CT 机房内，并在机房内西南部吊顶上方设置进风口，在机房内西北部吊顶层上方设置排风口，废气经排风口收集后沿排风管道向西侧穿墙后先向北再向东至该层加速器机房东北侧室外排风口排出，进、排风管道穿墙均为水平穿墙，穿墙位置内部包裹岩棉进行封堵，外部包裹专用 4mmPb 铅防护异形板进行屏蔽补偿，铅防护异形板包裹线槽长度不小于两倍桥架长边边长。		机房设置动力通风装置
		管线穿墙：加速器机房内部电缆线以地沟形式在地坪以下部位布设，在辅助机房位置以“U”字型穿过防护墙体，电缆沟的坑道两侧均用混凝土填充；物理测试检管线拟在水平方向 45 度斜穿过南侧外墙到达控制室；空调预留管、冷却水管、照明管线、消防管线等拟在水平方向 45 度斜穿过南侧外墙到达辅助机房、水冷机房。		管线穿墙情况应符合 验收内容
		管线穿墙：模拟定位 CT 机房地板进行挖沟埋设电缆，电缆沟上方铺设 3mm 钢盖板，电缆沟内底部敷设 3mm 铅板进行屏蔽补偿，电缆沟拟在地下进行穿墙，穿墙位置铅板进行封堵。		
	核医学	屏蔽措施：核医学基本信息情况见表 10.1-12。		场所剂量率水平满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）屏蔽要求；辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv
		放射性 “三废”	放射性废气：在核医学科共拟设置 3 套排风管道，各排风管道排至核医学科西南侧排风井，经排风井直通医技后勤综合楼楼顶，经专用活性炭吸附装置处理后排放，排风口拟设置活性炭过滤装置（每年更换一次，运行后更换频次根据实际监测结果进行调整）。	满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废物管理要求

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工环保验收“三同时”一览表				
项目		“三同时”验收内容		验收要求
机房 防护 措施	核医学	放 射 性 “三废”	放射性废水： 采用推流式衰变池进行衰变处理后排放至医院污水处理站进一步处理，然后排入城市污水管网，每年定期对衰变池中的放射性废液进行监测。	满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中放射性废物管理要求
			放射性固废： 废旧 ^{68}Ge 、 ^{57}Co 放射源由放射源厂家回收处置，如因放射源厂家不能回收的，交由有资质单位回收处置；含 ^{18}F 的放射性固体废物暂存超过 30 天，含 ^{131}I 的放射性固体废物暂存超过 180 天，含 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{89}Sr 的放射性固体废物暂存超过其 10 倍半衰期，经监测辐射剂量率满足所处环境本底水平， β 表面污染小于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ 的，可对废物清洁解控并作为医疗废物处理，由有资质单位统一回收处理，不外排。	
		安全措施： 核医学科严格分区管理，各区之间通过门禁系统进行分隔，限制人员流通。控制区的各项辐射安全设施应落实到位，如铅门上方安装指示灯，张贴辐射警示标志，门前划出警戒线，门-灯连锁，机房及控制室内设置急停按钮、应急电源和应急照明、紧急开门按钮、摄像及对讲装置等。	满足《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）《核医学放射防护要求》（GBZ 120-2020）中的要求。	
	介入放射学		屏蔽措施： DSA1、2 手术室机房基本信息及屏蔽设计情况见表 10.1-18。	DSA 满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求（机房内最小有效使用面积 20m^2 ，机房内最小单边长度 3.5m ；有用线束/非有用线束方向铅当量 $\geq 2.0\text{mmPb}$ ）

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工环保验收“三同时”一览表			
项目		“三同时”验收内容	验收要求
机房防护措施	介入放射学	各 DSA 手术室患者电动推拉防护门左右两侧及上方较门洞均有一定的外延，同时还尽可能的减小门与地面的间隙、门与门洞的间隙，使其宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍；各手动平开门门洞的四周采用门框包裹，门框内用铅板填实，同时尽可能的减小门与门框的间隙；各观察窗采用不锈钢窗框进行包围，内部铺设 4mm 铅板，铅板与铅玻璃四周有一定的搭接。	机房屏蔽防护情况应符合验收内容
		各 DSA 手术室铅板防护墙在施工时，铅板之间搭边宽度控制在 10mm 以上，用水泥射钉铺设铅垫片固定后，将铅垫片卷起保住射钉头部；铺设铅板遇到窗或门时，将铅板铺设到门框内与门片或窗框内与铅玻璃交错重叠。	
		各 DSA 手术室地板进行挖沟埋设电缆，电缆沟上方拟铺设 3mm 钢盖板，电缆沟内底部拟敷设 3mm 铅板进行屏蔽补偿，电缆沟拟在地下进行穿墙，穿墙位置铅板进行封堵。	
	放射治疗	各 DSA 手术室均设置机械排风系统，DSA1 手术室东南部吊顶上方设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，最终通过东北侧穿出机房，向东进入风井并沿风井向上至楼顶排放至室外；DSA2 手术室东南部吊顶上方设 1 个排风口，废气经收集后沿管道向北，之后向西，最终通过西北侧穿出机房，向西进入风井沿风井向上至楼顶排放至室外。 各 DSA 手术室排风管道均为直接穿墙，在机房内穿墙位置管道外周处拟包裹 4mm 铅板进行屏蔽补偿，包裹长度拟大于管道直径 20cm，铅板与墙体的搭接长度拟大于 10cm。	机房设置动力通风装置
安全防护设施	放射治疗	对工作场所进行分区管理，划分为控制区、监督区，各区之间通过门禁系统进行分隔，限制人员流通，详见表 10.1-1。	符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中安全防护要求
		机房防护门上方设置工作状态指示灯、电离辐射警告标志和中文警示说明，门前划出警戒线。	

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工验收“三同时”一览表			
项目		“三同时”验收内容	验收要求
安全防护设施	放射治疗	机房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；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；机房控制室/台、治疗室迷道出入口及防护门内侧、治疗室四周墙壁、治疗床两侧设置急停按钮；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；	符合《放射治疗辐射安全与防护要求》 （HJ1198-2021）中安全防护要求
		设置门—机联锁装置、室内紧急开门装置，防护门设防夹伤功能。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。设置的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。	
		模拟定位 CT 机房各防护门外均设置电离辐射警告标志；患者防护门上方设置醒目的工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区设置放射防护注意事项告知栏。	符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中工作场所防护要求
		模拟定位 CT 机房设置的电动推拉门均设置红外防夹装置；拟设置的平开门均设自动闭门装置	
	模拟定位 CT 机房设置观察窗，便于辐射工作人员观察到受检者状态及防护门开闭情况；设置语音对讲系统。		
	模拟定位 CT 机房控制台及设备床体上设急停按钮，急停按钮应有醒目标识。		
	核医学	对工作场所通道进行合理划分，详见图 10.1-11；对工作场所进行分区管理，划分为控制区、监督区，详见表 10.1-10。	符合《放射治疗辐射安全与防护要求》 （HJ1198-2021）中场所安全措施要求、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中工作场所防护要求
		分装质控注射室、 ¹³¹ I 分装室内操作药物均在手套箱内进行，为从事放射性药物操作的工作人员配备必要的防护用品。放射性药物给药器拟配备有铅屏蔽套，给药后患者候诊室内应设有铅屏风等屏蔽体。	

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工验收“三同时”一览表		
项目	“三同时”验收内容	验收要求
安全防护设施	核医学	符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中场所安全措施要求、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中工作场所防护要求
	在操作放射性药物的控制区出口配有表面污染监测仪器，从控制区离开的人员和物品均应进行表面污染监测，如表面污染水平超出控制标准，应采取相应的去污措施。	
	放射性核素药物均拟贮存在储源室的贮存容器内，定期进行辐射水平监测，无关人员不应入内。贮存的放射性物质建立台账，及时登记，确保账物相符。	
	核医学工作场所内部放射性物质运送配备相应的屏蔽的贮存、转运等容器，容器表面应张贴电离辐射标志，容器在运送时设置有固定措施。	
	PET/CT 机房、SPECT 机房外患者防护门门框上方安装指示灯，张贴辐射警示标志，门前划出警戒线，门-灯连锁，机房及控制室内设置急停按钮、应急电源和应急照明、紧急开门按钮、摄像及对讲装置、应急等。	符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中工作场所防护要求
	对工作场所进行分区管理，划分为控制区、监督区，详见表 10.1-17。	
	各 DSA 设备均设有单独的机房。	
	各控制室设于手术室外，实现隔室操作。在手术室患者防护门上方设置工作状态指示灯，灯箱处设警示语句；各防护门外应设有电离辐射标志；缓冲区应设有辐射防护注意事项。	
	各手术室设有观察窗及摄像头，便于辐射工作人员观察到受检者状态及防护门开闭情况，各手术室均拟设置对讲系统。	
	各 DSA 手术室拟设置的电动推拉门均设置红外防夹装置；拟设置的平开门均设自动闭门装置；主要为防止无关人员在 X 射线出束时误入。患者防护门上工作状态指示灯应能够有效联动。	
	在介入手术床体旁、操作间操作台上均设置“紧急制动”按钮，在 DSA 系统出束过程中，一旦发现异常情况，按任一紧急制动按钮，均可停止 DSA 系统出束。	
	设备控制台上仅有供授权人专用的钥匙，只有经过授权的医务人员才能使用钥匙开关开启控制台。	
	介入放射学	

续表 12.6-1 放射性污染防治设施竣工环保验收“三同时”一览表		
项目		验收内容
个人防护		辐射工作人员参加辐射安全与防护培训取得考核合格证，并在有效期内。
		辐射工作人员定期进行健康检查、个人剂量监测，医院建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。
		辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测。
		符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中工作场所防护用品及防护设施配置要求
监测仪器		配置固定式辐射剂量检测仪 1 台，固定式剂量率检测仪 1 台、个人剂量报警仪 5 台、便携式辐射环境检测仪 1 台、表面污染检测仪 1 台，各仪器按要求送检，并确保运行正常。拟为每名介入工作人员各配备 1 枚个人剂量计（DSA 同室操作人员每人配备 2 枚个人剂量计）。
管理措施	管理机构	建立以院领导为第一责任人的辐射安全与环境保护管理委员会构架，辐射安全负责人已取得辐射安全与防护考核合格证。
	管理制度	制定操作规程，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，辐射事故应急措施等规章制度。

12.7 环保投资一览表

本项目总投资8000万元，主要用于医疗设备购置和辐射防护屏蔽和设施，其中安排用于环保方面的投资为460万元，占项目总投资的5.75%。本项目环保投资估算详见表12.7-1。

表 12.7-1 本项目环保投资概算一览表

序号	环保措施	环保投资（万元）
1	辐射工作场所的屏蔽防护建设	280
2	机房通排风设施	80
3	辐射监测仪器购买和维护	10
4	联锁装置、急停按钮、监控和对讲装置、工作指示灯及警示标志、紧急开门装置等辐射安全设施和措施	50
5	个人剂量监测、场所监测、评价、验收等	30
6	辐射安全培训、职业健康检查	5
7	事故风险应急投资及应急演练	5
合计		460

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为提高医院放射诊疗技术能力和服务水平，改善病人诊疗条件，建设单位拟在信阳市中心医院淮滨院区医技后勤综合楼一层北部放疗科新增使用 1 台医用电子直线加速器（属 II 类射线装置）、1 台模拟定位 CT（属 III 类射线装置）；拟在医技后勤综合楼一层西北部核医学科新增使用非密封放射性物质 ^{18}F 、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{89}Sr 等，配套新增 1 台 PET/CT（属 III 类射线装置）、1 台 SPECT/CT（属 III 类射线装置），核医学科工作场所的日等效最大操作量为 $8.51\text{E}+08\text{Bq}$ ，为乙级非密封放射性物质工作场所；拟在医技后勤综合楼三层南部介入科新增使用 2 台数字减影血管造影机（属 II 类射线装置）。

本项目总投资 8000 万元，其中环保投资 460 万元，占总投资的 5.75%。

13.1.2 实践正当性

信阳市中心医院淮滨院区地理位置优越，病人能够就近治疗，本项目的应用将为病人提供一个优越的诊疗环境，提高人民生活质量，具有明显的社会效益；同时将提高医院的档次及服务水平，吸引更多的就诊人员，在保证病人健康的同时也为医院创造了更大的经济效益。因此，本项目的应用对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益要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）中关于辐射防护“医疗实践正当性”的要求。

13.1.3 产业政策相符性分析

对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目的建设属于其中第一类“鼓励类”第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”。本项目建设符合国家产业政策。

13.1.4 选址合理性分析

本项目放疗科加速器机房拟设置在医技后勤综合楼一层北部，加速器机房下层为土层，上层为会议室，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。加速器机房周边无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区及人员流动性大的商业活动区域选址符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）等相关标准要求；本项目核医学科位于

医技后勤综合楼一层西北部，拟设置有相应的物理隔离和单独的人员、物流通道。本项目核医学工作场所未毗邻产科、儿科、食堂等部门及人员密集区，并与非放射性工作场所明确的分界隔离。且本项目核医学高活区域相对集中主要位于核医学科南部，设置单独的出入口，出口位于核医学科北部，与北侧室外道路相接，未设置在人群稠密区域，选址符合《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021）中相关要求；本项目在医技后勤综合楼三层南部介入手术室设有2间DSA手术室，各DSA手术室未设置在商业楼、写字楼内，各DSA手术室的邻室（含楼上和楼下）不涉及儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区，且各DSA手术室的均采取了有效的屏蔽措施，充分考虑了周围场所的人员辐射安全与防护，通过环境影响分析对周围环境的影响是可接受的。综上，本项目各辐射工作场所选址合理。

13.1.5 辐射环境质量现状评价结论

根据对信阳市中心医院淮滨院区监测结果，拟建场所周围室内监测点位 X- γ 辐射剂量率为 0.071 μ Gy/h~0.088 μ Gy/h；拟建场所周围室外监测点位 X- γ 辐射剂量率范围为 0.077 μ Gy/h~0.091 μ Gy/h。本项目拟建辐射工作场所及周围 X- γ 辐射剂量率各监测点位辐射水平未见异常。

13.1.6 辐射环境影响评价结论

按照建设单位给出的屏蔽设计方案，通过对拟建核技术利用项目的预测分析，本次评价项目在正常运行后，各辐射工作场所周围关注点周围剂量率均满足相应标准规范要求；各机房评价范围内人员年有效剂量均满足职业人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a 的剂量约束值要求，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值的要求。

13.1.7 事故影响评价结论

针对医院可能发生的辐射事故，建设单位制定了辐射事故防范措施及应急预案，各种辐射防护措施设计较齐全，基本满足辐射防护要求。医院制定的各种辐射安全制度较全面，在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取相应的防护措施可有效控制辐射事故对环境的影响。

13.1.8 辐射安全管理综合分析结论

信阳市中心医院按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的相关要求，成立了辐射安全与环境保护管理委员会，并结合现有科室的医疗操作规范，制定了相关的规章制度以及应急预案，建设单位有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所和设

施，并制定辐射工作场所及工作人员管理、监测计划，具有使用本项目评价的核技术应用项目的综合能力。

13.1.9 环保可行性结论

综上所述，信阳市中心医院淮滨院区核技术应用项目选址合理，符合辐射防护“实践的正当性”的要求。在落实本次评价提出的污染防治措施和辐射环境管理措施的前提下，项目正常运行对周围环境产生的辐射影响能够符合辐射环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度认为，本项目建设可行。

13.2 建议和要求

（1）建设单位应及时申领《辐射安全许可证》，在该项目竣工后，应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制竣工环保验收报告。

（2）按要求进行辐射工作人员辐射安全与防护培训，合格后方可上岗，继续做好辐射防护工作档案，对辐射工作人员的辐射防护培训、个人剂量监测、健康查体和辐射防护检测等资料要分类保管并长期保存，严格执行辐射监测计划，其中，个人剂量监测周期最长不应超过 3 个月。

（3）定期进行辐射场所环境剂量率监测，建立监测档案，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的要求，对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 01 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章

年 月 日

审批意见：

经办人：

公章

年 月 日