

编号：GXPX-FS-20260302

核技术利用建设项目

2026 年新建后装治疗机应用项目
环境影响报告表
(公示本)

建设单位：中山大学附属第一医院广西医院

二〇二六年三月

广西品信工程咨询有限公司

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	14
表 3 非密封放射性物质	14
表 4 射线装置	15
表 5 废弃物	15
表 6 评价依据	16
表 7 保护目标与评价标准	19
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	28
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	42
表 12 辐射安全管理	51
表 13 结论与建议	55
表 14 审批	58

表 1 项目基本情况

建设项目名称		2026 年新建后装治疗机应用项目				
建设单位		中山大学附属第一医院广西医院				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***	
注册地址		南宁市青秀区佛子岭路 3 号				
项目建设地点		南宁市青秀区佛子岭路 3 号医院住院综合楼负四层后装治疗室				
立项审批部门		/		批准文	/	
建设项目总投资 (万元)		155	项目环保投资 (万元)	30	投资比例 (环保投资/总投资) 19%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	不征地	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input checked="" type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
	其他					

1.1 建设单位概述

中山大学附属第一医院广西医院（广西壮族自治区人民医院东院）（以下简称“医院”）是自治区人民政府与中山大学附属第一医院合作建设的重大民生项目，为广西壮族自治区卫生健康委直属三级甲等公立医院。医院位于广西南宁市凤岭北片区（佛子岭路 3 号），总规划床位 1700 张。一期编制床位 500 张，已建成运营，二期编制床位 1200 张，计划于 2027 年建成投入使用。在建立现代医院管理制度基础上，中山一院广西医院将通过耳鼻咽喉头颈外科医学中心、心血管疾病医学中心、脑科学医学中心、妇产科疾病医学中心、临床研究中心、教学与临床技能培训中心、研发攻关与成

果转化中心、医学信息与大数据中心等八大中心的带动，推动临床科研融合，建设集临床诊疗、疑难重症诊断与治疗、教学培训、科技研发、疾病预防、健康管理为一体，配套设施完善，人才梯队结构合理的现代化、高水平、专科特色突出的国家区域医疗中心。

1.2 项目概述、目的、规模

医院因业务发展需要，同时也为了更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的治疗能力，计划完善放射治疗科室建设，拟开展 2026 年新建后装治疗机应用项目。

医院拟在南宁市青秀区佛子岭路 3 号医院住院综合楼负四层后装治疗室新建 1 套 ^{192}Ir 后装治疗系统（以下简称后装机），使用 1 枚 III 类 ^{192}Ir 密封放射源及配套的辐射防护设施与措施。机房使用面积约 42m^2 （长 7.8m、宽 5.4m、内高 6.1m），迷道使用面积约 14m^2 （长 7.8m、宽 1.8m、内高 6.1m）。机房总体采用混凝土结构，治疗室及迷道四周墙体厚度为 70cm，机房顶棚厚度为 70cm；机房拟设置 10mmPb 的防护门。

1.3 任务由来

根据《关于放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年 第 62 号）对放射源的分类，该项目属于使用 III 类放射源项目。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）中“172 核技术利用建设项目”的规定，该项目应编制环境影响报告表。为保护环境，保障公众健康，中山大学附属第一医院广西医院委托广西品信工程咨询有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。

环评单位在现场调查和理论预测分析的基础上，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）规定的内容和格式，编制该《中山大学附属第一医院广西医院 2026 年新建后装治疗机应用项目环境影响报告表》。

1.4 医院辐射安全管理现状

医院取得了由自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证号为桂环辐证[A0665]，许可范围及内容为：使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2030 年 4 月 28 日，辐射安全许可证见附件 2。

在历年运行过程中，医院严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放

射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关放射性法律、法规，配合各级生态环境部门监督和指导，辐射防护设施运行良好，设备维护、检测等均按相关制度及管理规范进行，辐射安全和防护制度建立健全、辐射安全评估制度、档案管理制度等均按相关要求得到落实。

(1) 医院建立了《防护制度及措施》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射管理制度》、《辐射事故应急预案》、《放射工作人员健康管理制度》、《监测方案》等一系列制度，并严格按照规章制度执行。

表 1-1 医院辐射有关制度运行情况表

序号	医院现有辐射有关规章制度	制度内容	运行情况
1	防护制度及措施	(1) 制定了相关负责人 (2) 对辐射工作场所的防护工作 (3) 对工作人员的防护工作	制度均有可行性，且医院正常落实运行各项制度
2	辐射管理制度	(1) 对患者安全的管理 (2) 对设备安全的管理 (3) 对科室安全的管理	
3	辐射防护和安全保卫制度	(1) 放射工作人员的防护内容 (2) 放射检查病人的防护内容 (3) 放射工作环境及设备管理的防护内容	
4	放射工作人员健康管理制度	(1) 明确工作人员每 2 年进行健康检查 (2) 对工作人员的疗休养情况进行落实 (3) 严格要求工作人员持证上岗	
6	监测方案	(1) 制定个人剂量监测的监控内容和管理 (2) 对工作场所进行周期性检测及相关防护措施	
7	辐射事故应急预案	内容包括：放射事故应急处理机构与职责、放射性事故应急救援应遵循的原则、放射性事故应急处理程序等内容	

(2) 为加强对辐射安全和防护管理工作，医院成立了辐射安全与环境保护管理工作领导小组，明确辐射防护责任，并加强了对射线装置及放射性同位素的监督和管理。

(3) 医院从事辐射工作的工作人员定期参加了上岗培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，增强守法和自我防护意识。

(4) 辐射工作期间，辐射工作人员佩戴个人剂量计，接受剂量监测，建立剂量健康档案并存档。医院近年来委托广西卓润检测有限公司对医院辐射工作人员进行个人剂量监测，监测结果均满足职业人员年剂量管理约束值的要求。个人剂量监测报告见

附件 6。

(5) 医院放射性工作场所均设置有电离辐射警示牌和工作指示灯。

(6) 近年来医院委托监测机构对辐射工作场所开展辐射环境监测，监测结果显示在用射线装置场所周围辐射剂量率满足相关标准要求。并对医院射线装置安全和防护状况进行评估，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交上一年度安全评估报告。

(7) 根据医院提供的 2025 年辐射安全与防护状况年度评估报告，医院未发生辐射事故，辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作。制定和完善了辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

1.5 项目场址选址等情况

中山大学附属第一医院广西医院位于南宁市青秀区佛子岭路 3 号，医院地理位置图见图 1-1。

(1) 项目所在楼周围环境

本项目机房位于医院住院综合楼负四楼，该楼为地面 20 层、地下 4 层建筑。该楼负四层为放疗中心相关用房及地下停车场，负三层主要为空调机房、配电房、生活水泵房等、戊类储藏间、地下停车场。住院综合楼东侧为院内通道、玉兰路、山坡；南侧为科研教学楼、门诊医技综合楼；西侧为 1#住院综合楼、1#门诊综合楼；北侧为金菊路。

周围环境现状见图 1-2~图 1-8，医院总平面布置图见图 1-9。

(2) 项目机房周边 50m 范围环境状况

地下负四层 50m 范围环境状况：东侧为土层；南侧 0m~24m 为放疗中心相关业务用房、24m~50m 为人防机房及停车场；西侧 0m~8m 为后装机房控制室、准备室及相关业务用房、8~50m 为直线加速器机房；北侧 0m~9m 为楼梯及电梯、9m~50m 为土层，地下负四层评价范围示意图见图 1-10。

地面 50m 范围环境状况：东侧 0m~20m 为院内道路、20m~43m 为玉兰路、43m~50m 为山坡；南侧 0m~50m 由近及远连续分布为药梯、主任办、茶水间、男更、女更、强弱电井、楼梯、消防电梯、门诊药房等；西侧为 0m~50m 为超声中心；北侧 0m~9m 为楼梯及电梯、9m~22m 为院内道路、22m~38m 为金菊路、38m~50m 为办公楼内道路，地面评价范围示意图见图 1-11。

(3) 项目机房相邻环境状况

本项目后装治疗机房设置有迷道、铅防护门。后装机机房相邻东侧为土层；南侧为通道；西侧为准备室、控制室、洁具间；北侧为合用前室、排风井，对应上层为：空调机房、戊类储藏间，无下层建筑，负4层放疗中心平面图图 1-12，负三层平面图见图 1-13。

本项目后装治疗机房属于相对独立区域，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域以及人员流动性大的商业活动区域。本项目机房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将机房划分为控制区，无关人员不得进入。后装机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

综上，本项目选址符合 HJ1198-2021 中第 5.1 款的要求：(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。

(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。

(3) 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房（如控制室或专用于术中放射治疗设备调试、维修的房间）形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。

1.6 项目周边保护目标

项目机房周围 50m 区域评价范围的南侧、西侧区域主要在医院内部，其余区域为院内道路及院外道路，即本项目主要环境保护目标为项目辐射工作人员以及评价范围内的医院其他工作人员、患者及陪护家属、经过或者逗留的公众成员。

1.7 实践的正当性分析

医院后装治疗机应用项目目的在于开展医学放射治疗工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用。同时，医院为病人提供一个更加优越的诊疗环

境，具有明显的社会效益，项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员。医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。因此，医院后装治疗机应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.8 产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月27日国家发展改革委令第7号公布）中第十三项“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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。



图 1-1 中山大学附属第一医院广西医院地理位置图



图 1-2 拟建后装机房本栋楼现状



图 1-3 拟建后装机房负四楼现状

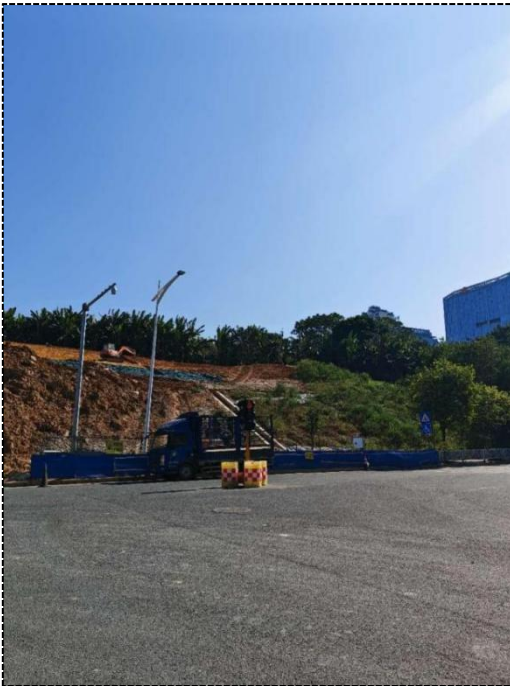


图 1-4 所在楼东侧现状图



1-5 所在楼南侧院现状



图 1-6 所在楼西侧现状图



1-7 所在楼北侧现状

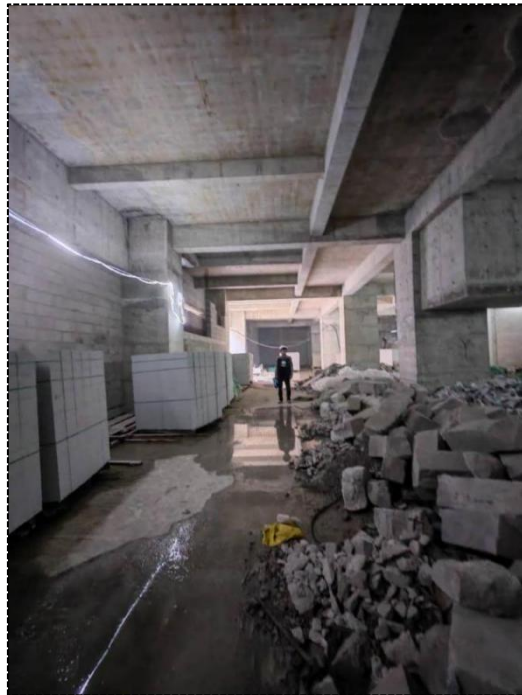


图 1-8 后装治疗机房上方负三层现状

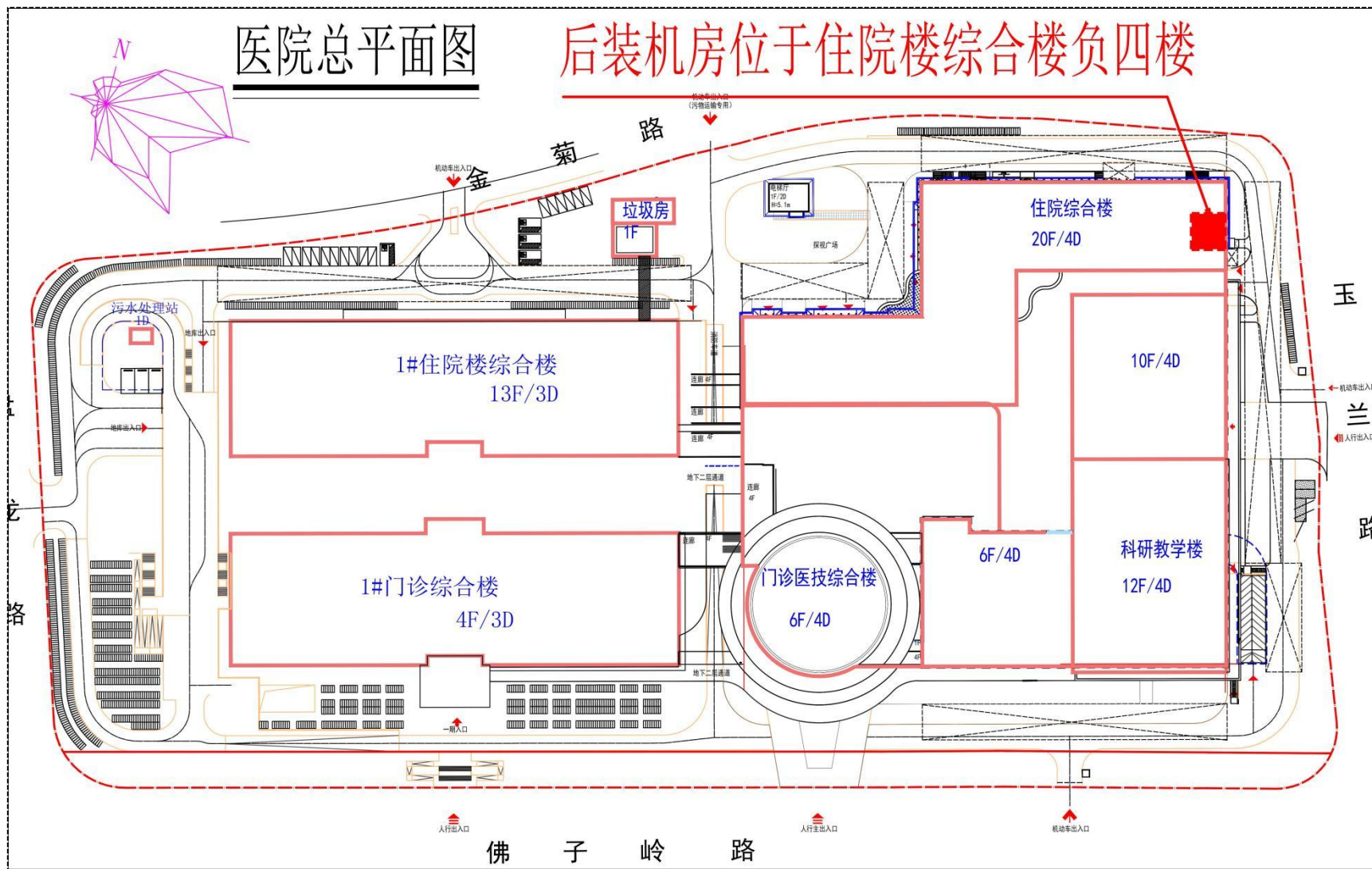


图 1-9 医院总平面示意图



图 1-10 地下负四层评价范围示意图（项目所在楼层）

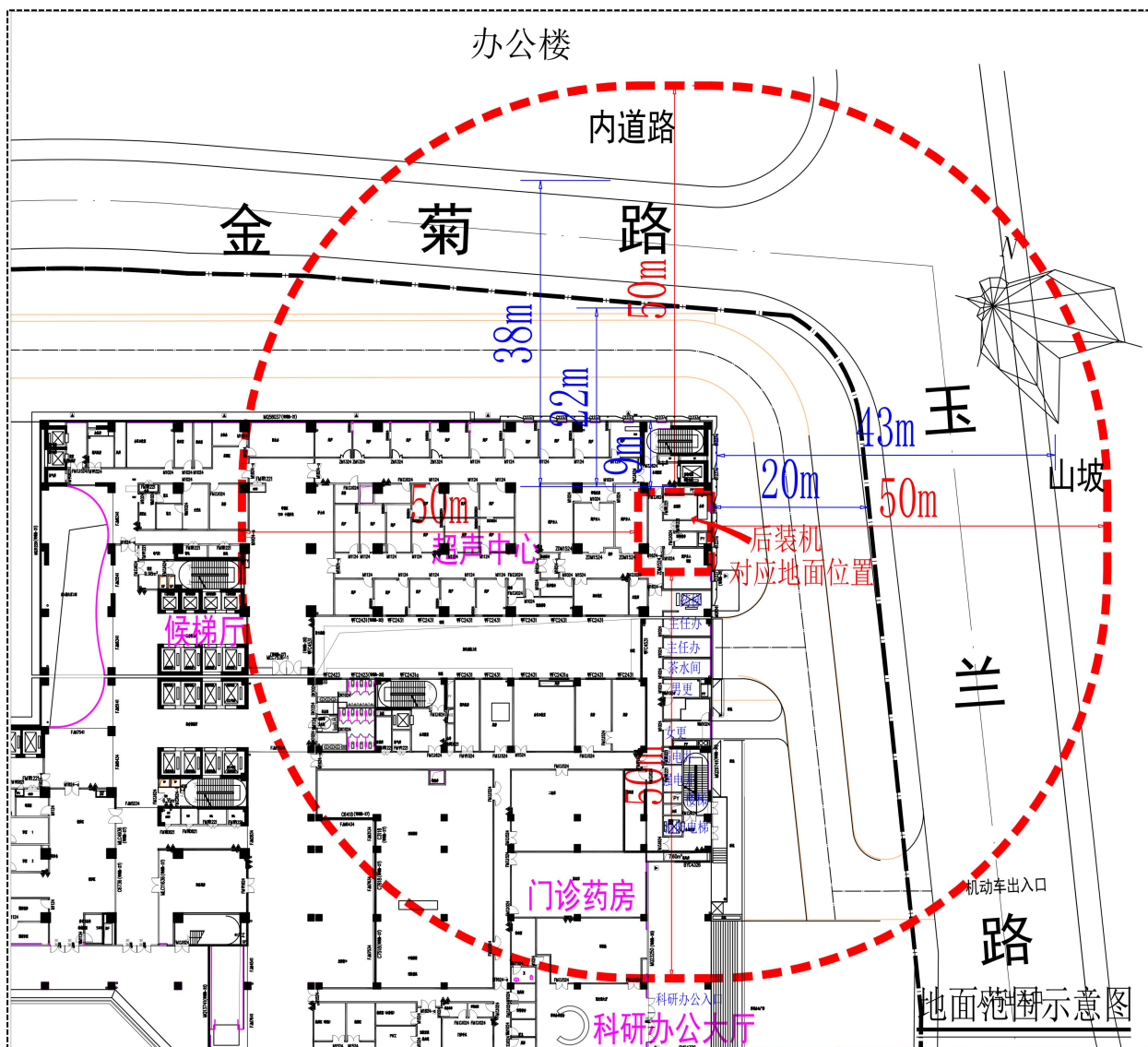


图 1-11 地面评价范围示意图



图 1-12 负 4 层放疗中心平面图

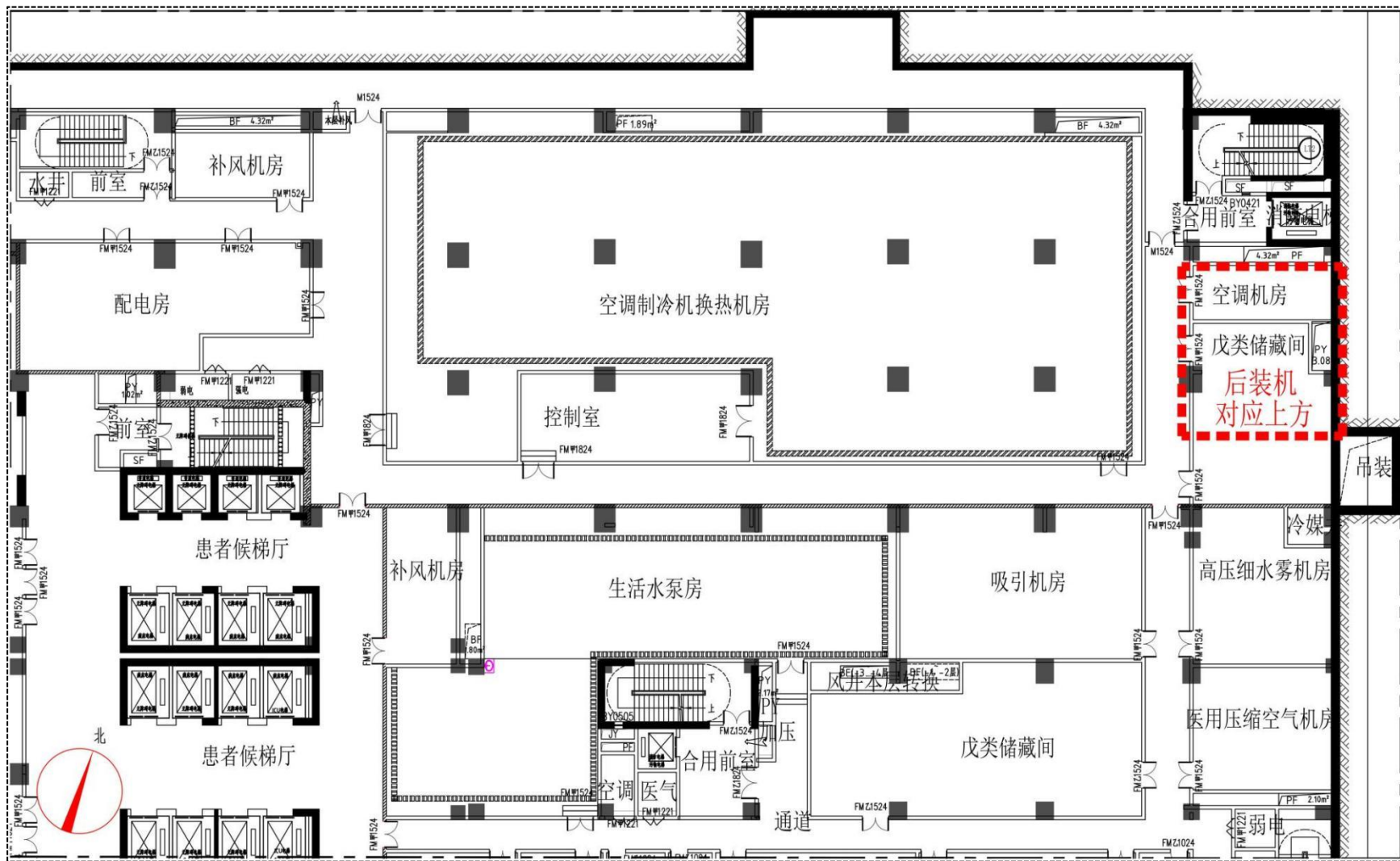


图 1-13 负三层平面图

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	¹⁹² Ir	5.55×10 ¹¹ Bq×1 枚 (15Ci)	Ⅲ类	使用	放射治疗	医院门诊住院楼 负四层后装治疗 室	放射源置于后装治疗机机体内，工作时将机体源导管与事先置入病人体内的源导管连接，通过计算机系统操作，将放射源送入病人病变部位，进行近距离治疗。	退役放射源由放射源生产厂家负责回收。

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	场所分级	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 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
报废的 ¹⁹² Ir放射源	固态	¹⁹² Ir	不能用于治疗时更换	根据实际使用情况及源活度更换，一般半年更换一次。		使用过程中不产生放射性废水、废气等弥散性污染，但对职业人员和公众会产生辐射照射。	¹⁹² Ir存放于后装治疗机机体内，不能用于治疗时将暂存于专用贮源容器内。	废源必须由供货单位回收。

注：废放射源是指不打算用于其初始目的的密封放射源，该医院¹⁹²Ir后装治疗机用放射源不能用于治疗后，交回原生产厂家并更换新的放射源再用于治疗。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订），2015 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2002 年 10 月 28 日通过，自 2003 年 9 月 1 日起施行；2018 年 12 月 29 日第二次修正）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国原子能法》已由中华人民共和国第十四届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议于 2025 年 9 月 12 日通过，自 2026 年 1 月 15 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订，自 2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布，2014 年 7 月 29 日经国务院令 653 号修改，2019 年 3 月 2 日经国务院令 709 号修改）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日经国家环境保护总局令 31 号公布，2006 年 3 月 1 日起施行；2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修改，2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 20 号修改)；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令 18 号），自 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 《关于放射源分类办法的公告》（国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号），于 2005 年 12 月 23 日公布并施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《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》（国家环保总局，环发[2006]145 号）；</p>
------	---

	<p>(12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》(生态环境部令第9号), 2019年11月1日施行;</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录(2024年本)》(2023年12月27日国家发展和改革委员会令第7号公布), 2025年2月1日起施行;</p> <p>(14) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告2019年第57号), 2020年1月1日起施行;</p> <p>(115) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》(生态环境部公告2021年第9号), 自2021年3月15日起施行;</p> <p>(16) 《广西壮族自治区环境保护条例》(2019年修订版), 2019年7月25日起施行;</p> <p>(17) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号), 2017年11月20日;</p> <p>(18) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告(生态环境部公告2018年第9号), 2018年5月15日;</p> <p>(19) 《关于印发《核技术利用建设项目重大变动清单(试行)》的通知》(环办辐射函〔2025〕313号, 于2025年8月29日发布)。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《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》(HJ 10.1-2016), 环境保护部;</p> <p>(2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(4) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021);</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(6) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(7) 《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/T201.3-2014);</p> <p>(8) 《后装γ源近距离治疗质量控制检测规范》(WS 262—2017);</p> <p>(9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》(HJ1326—2023)。</p>

其他	(1) 环评委托书等资料。
----	---------------

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目的特点，结合《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》（HJ 10.1-2016）的相关规定，并结合后装治疗机所用放射源射线能量流污染特征，根据能量流的传播与距离相关的特性，确定以医院后装治疗机应用项目机房周围 50m 作为本项目的评价范围，包括项目所在的住院综合楼。具体为：东至医院外院内通道、玉兰路、山坡；南至科研教学楼；西至住院综合楼西侧；北至金菊路及南宁办公楼内道路。评价范围示意图见图 7-1。

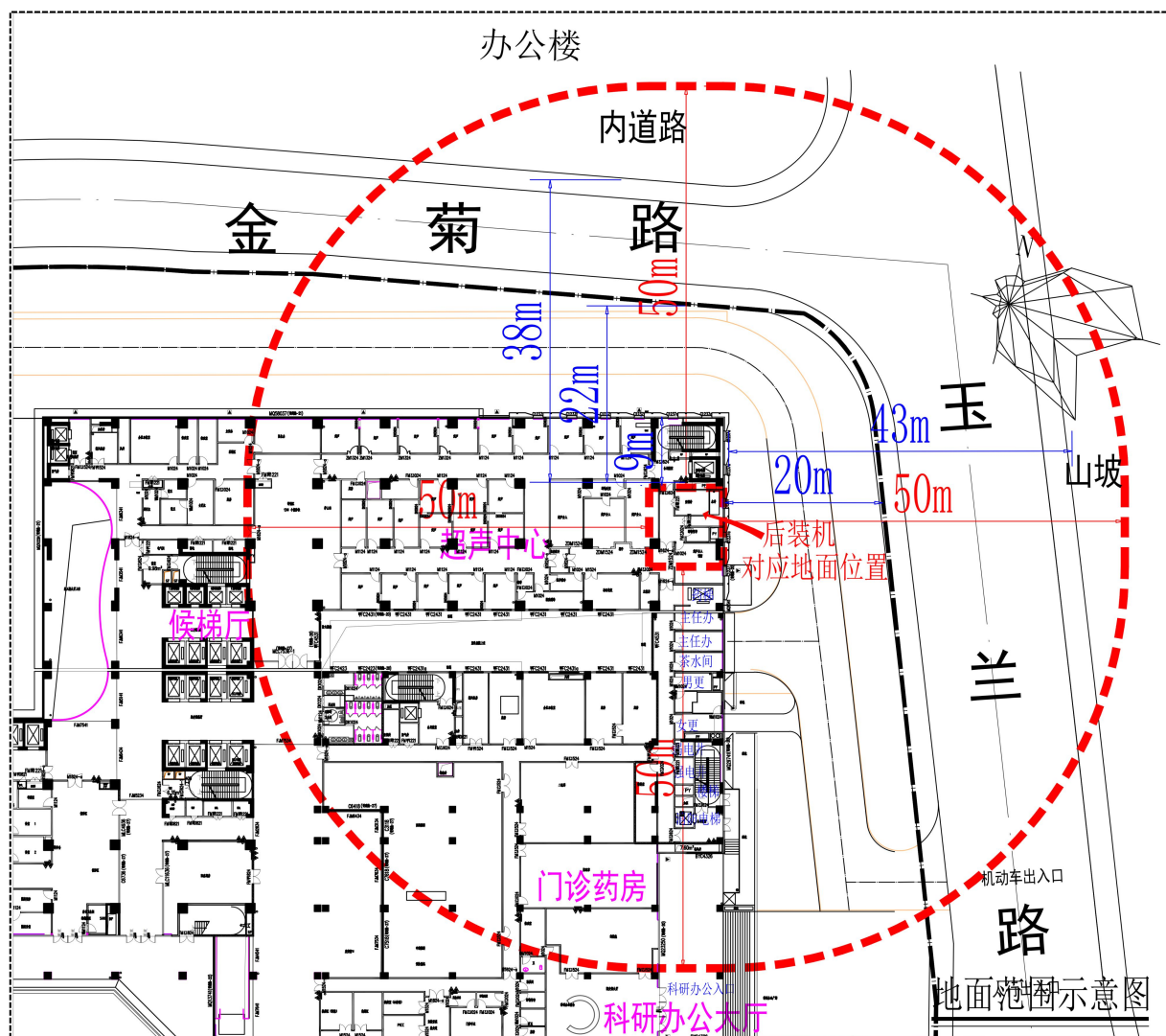


图 7-1 评价范围示意图

7.2 保护目标

环境保护目标为项目辐射工作人员以及评价范围内的医院其他工作人员、患者及陪护家属、经过或者逗留的公众成员，使他们受到的辐射照射低于各自的辐射照射管理约束值。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

人员类型	保护对象	相对位置	人员数量	年有效剂量管理约束值
职业人员	后装治疗室辐射工作人员	内部	3 人	连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；本项目取其四分之一即 5mSv 作为管理约束值。
公众人员	住院综合楼本项目以外工作人员	同一栋楼	500 人	年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为管理约束值。
	科研教学楼	相邻	300 人	
	办公楼	北侧 38 米	200 人	
	评价范围内逗留或者经过的公众成员	住院综合楼周围	流动人群	

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

该标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 款关于剂量限制的规定：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值，不应将剂量限值应用项目于获准实践中的医疗照射。

该标准第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），

20mSv。

该标准中第 B1.2 款关于公众照射剂量限值的规定，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：年有效剂量，1mSv。

(2) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)

本标准规定了医疗机构开展放射治疗过程中的辐射安全与防护要求。

本标准适用于医疗机构放射治疗相关活动中的辐射工作人员和公众的辐射安全与防护管理。

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

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

第 6.1.4 条，剂量控制应符合以下要求：

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

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

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）。

项目建成后，医院规划全年治疗病人数为 2000 人次，全年治疗周数按 50 周，每人每次出源治疗时长平均为 10 分钟，则每周治疗时长（工作负荷）为 6.7h 。参照 HJ1198-2021，机房周围关注点导出剂量率参考控制水平见表 7-2。

表 7-2 项目机房周围关注点剂量率参考控制水平 \dot{H} 。

（略）

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

中山大学附属第一医院广西医院位于南宁市青秀区佛子岭路 3 号，本项目场所位于医院东北部住院综合楼负四层后装治疗室。医院地理位置图见图 1-1，总平面图见图 1-9。

8.2 环境现状评价的对象

环境现状评价的对象为本项目场址周围辐射环境现状。

8.3 环境现状辐射监测

中山大学附属第一医院广西医院 2026 年新建后装治疗机应用项目场址辐射环境质量现状水平采用现场监测的方法进行调查。

(1) 监测的目的

掌握新建后装治疗机应用项目场址的辐射环境质量现状水平，为分析及预测项目运行时对职业人员、公众人员及周围环境的影响提供基础数据。

(2) 监测内容

根据污染因子分析，建设单位委托广西博安检测技术有限公司于 2026 年 3 月 23 日对本项目拟新建场址周围进行辐射剂量率水平监测，监测报告见附件 3。

(3) 监测因子

γ 辐射空气吸收剂量率，1 次。

(4) 监测点位

监测点位布设主要参照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），对项目场址，根据现场条件，合理布设了 15 个测点。现状监测布点图见图 8-1~图 8-3。

(5) 监测仪器与监测规范

监测仪器的参数与监测所依据的规范见表 8-1。

表 8-1 监测项目、监测仪器及监测方法

监测项目	X、 γ 辐射剂量率
仪器名称	环境级 X- γ 剂量率仪
仪器型号	MR-3512
出厂编号	DR2024G1219

生产厂家	微影（上海）仪器科技有限公司
能量响应	30keV~7MeV
量程	10nSv/h~100μSv/h
相对固有误差	3.0%
检定/校准信息	证书编号：DLj12026-00931（中国计量科学研究院） 有效期：2026年1月23日~2027年1月22日
监测依据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

（5）质量保证措施

①结合现场实际情况及监测点的可到达性，在项目拟建场址内和评价范围内工作人员活动区域、人流量相对较大的区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性和可重复性，以保证监测结果的科学性和可比性。

②参考《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）采用即时测量方法进行测量。

③监测仪器每年经有资质的计量部门检定、校准，检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤本次监测委托监测机构开展，监测实行全过程的质量控制，严格按照监测机构《质量手册》、《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。

⑥监测报告严格实行审核制度，监测报告“编制-审核-签发”。

（6）监测结果

项目场所及周围环境辐射监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目场所周围环境辐射剂量率现状监测结果

点位	点位描述	X、γ辐射剂量率(nGy/h)		备注
		监测结果	标准差	
1#	拟建后装机房内	19.1	0.6	室内
2#	拟建后装机房迷道	21.2	0.8	室内
3#	拟建后装机房南侧通道	20.6	0.7	室内
4#	拟建后装机房西侧准备间	17.3	0.6	室内
5#	拟建后装机房西侧控制室	21.7	0.5	室内

6#	拟建后装机房北侧合用前室	24.1	0.7	室内
7#	拟建后装机房上方负三层空调机房	25.7	1.5	室内
8#	拟建后装机房上方负三层戊类储藏间	23.3	1.0	室内
9#	拟建后装机房上方一层西侧超声中心入口	20.0	0.6	室内
10#	拟建后装机房西北侧道路	27.0	0.5	室外
11#	拟建后装机房北侧（办公楼汽车入口处）	23.6	0.8	室外
12#	拟建后装机房东侧道路	22.1	1.2	室外
13#	拟建后装机房东南侧道路	26.5	0.8	室外
14#	拟建后装机房南侧科研办公出入口	19.7	0.6	室内
15#	拟建后装机房西南侧科门诊药房	20.9	0.8	室内
室内测值范围 (nGy/h)		17.3~25.7		
室外测值范围 (nGy/h)		22.1~27.0		

注：

- 1、表中监测结果按照标准 HJ1157-2021 已扣除测点处宇宙射线响应值。（南宁市良庆区大王滩水库宇宙射线响应值为 14.0nSv/h；其中中山大学附属第一医院广西医院的海拔高度 84.0 米、经度 108.38°、纬度 22.83°；南宁市良庆区大王滩水库的海拔高度 108.1 米、经度 22.58°、纬度 108.30°；根据标准 HJ61-2021 要求：如果测点的海拔高度、经纬度与湖（库）水面相差不大：海拔高度差别≤200 m，经度差别≤5°，纬度差别≤2°，宇宙射线响应值可以不进行修正）；
- 2、建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子：楼房取 0.8，平房取 0.9，室外（原野、道路）取 1；
- 3、X-γ 辐射空气吸收剂量率与周围剂量当量率换算系数取 1.2Sv/Gy（137Cs）。

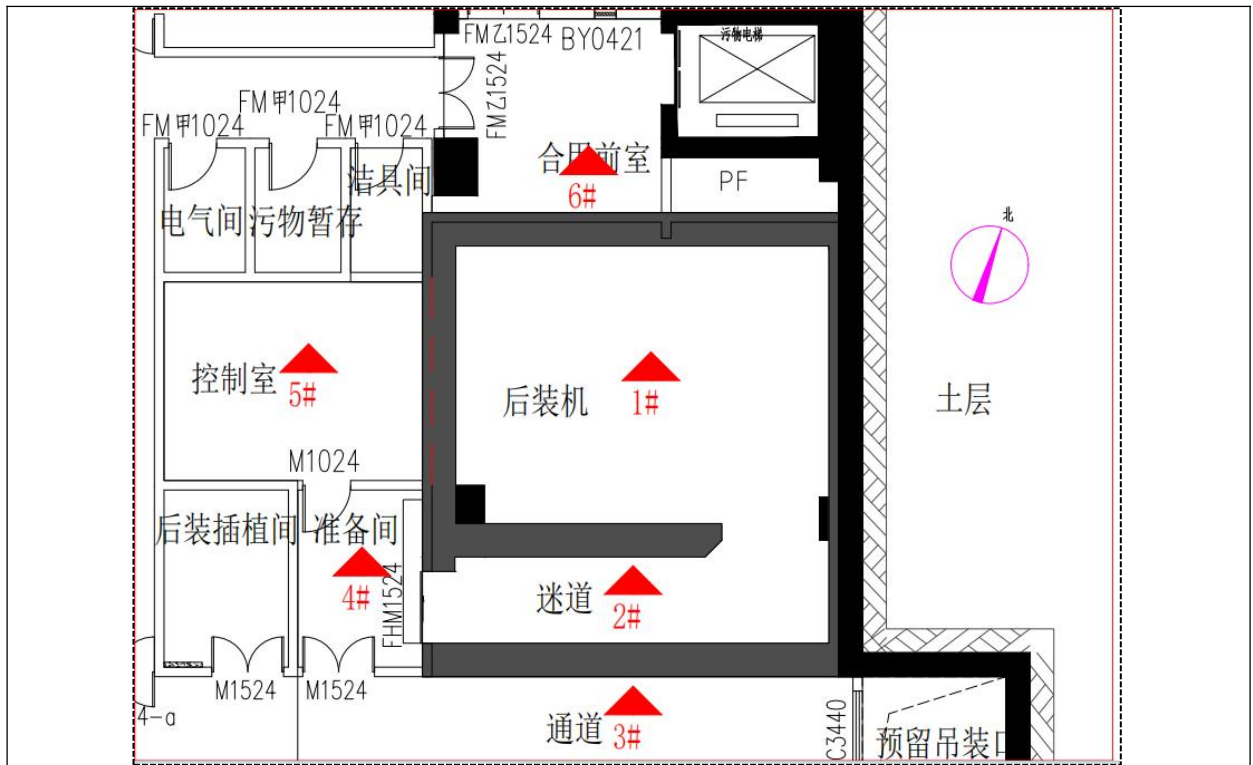


图 8-1 监测点位示意图（地下负四层）

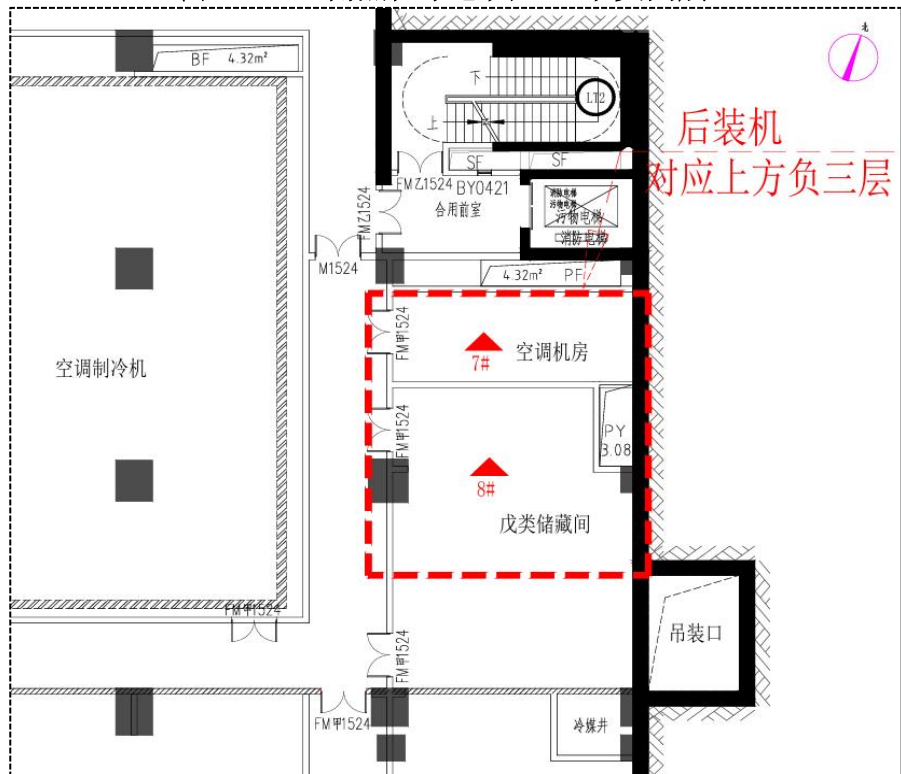


图 8-2 监测点位示意图（地下负三楼）

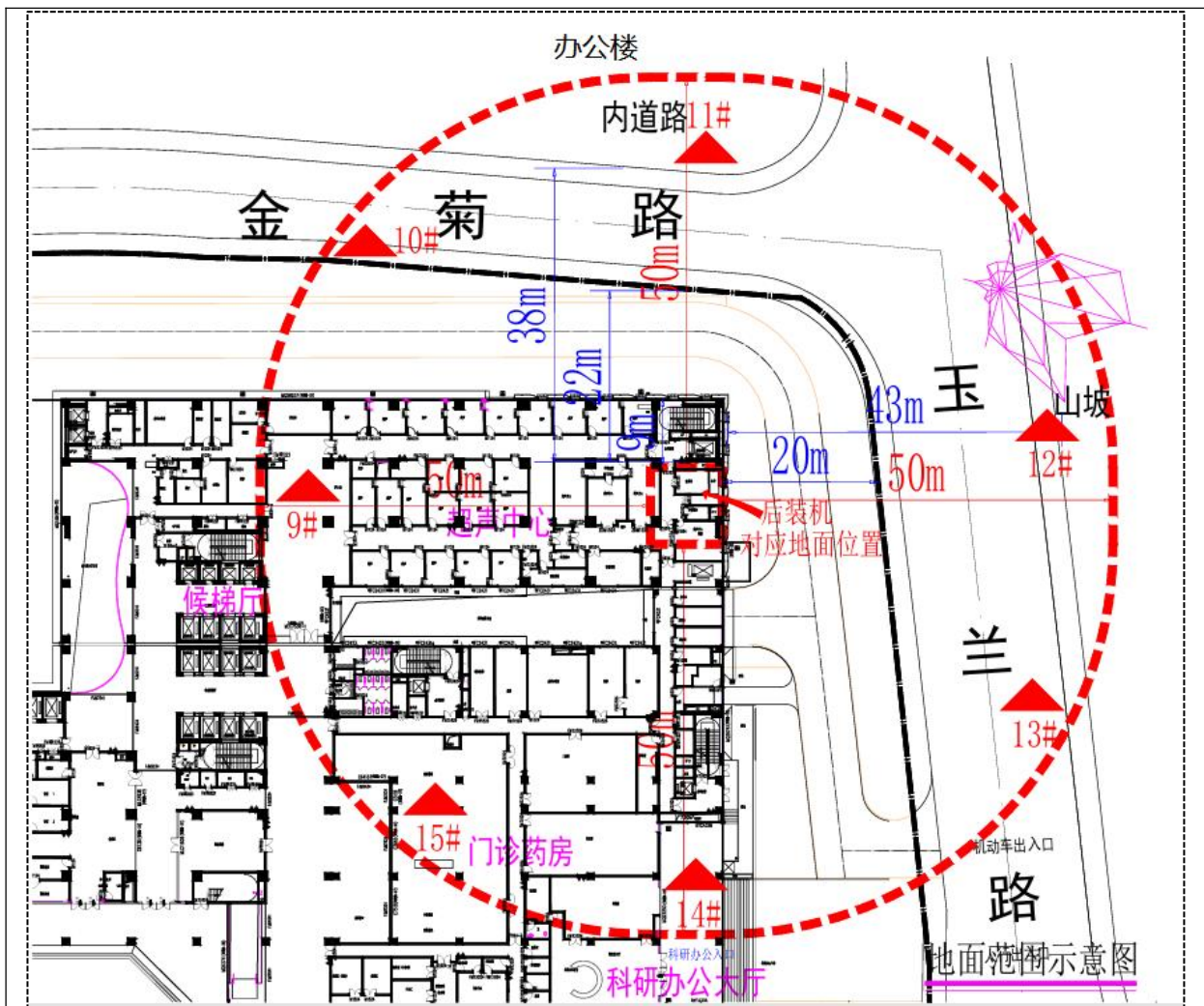


图 8-3 监测点位示意图（住院综合楼外评价范围内）

8.4 辐射环境质量现状评价

由表8-2的监测结果可知，拟建后装治疗机应用项目及周围环境室内测点 γ 辐射剂量率在17.3~25.7nGy/h范围内（已扣除宇宙射线响应值）；室外测点 γ 辐射剂量率背景水平在22.1~27.0nGy/h之间（已扣除宇宙射线响应值）。根据《广西壮族自治区环境天然贯穿辐射水平调查报告》（广西壮族自治区环境监测中心站1992年），广西原野 γ 辐射空气吸收剂量率在10.7~238.7nGy/h范围（已扣除宇宙射线响应值），室内 γ 辐射剂量率范围在11.0~304.3nGy/h内（已扣除宇宙射线响应值），道路 γ 辐射空气吸收剂量率范围在7.1~267.0nGy/h内（已扣除宇宙射线响应值）。由以上数据比对可知，拟建后装治疗机应用项目及周围环境各监测点位 γ 辐射剂量率在其相应范围内；由此可见，本项目拟建场所辐射环境质量状况未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

后装治疗机由机架、储源器、施源器、管道、控制台等组成。后装治疗机使用1枚¹⁹²Ir放射源，设计最大装源量为 5.55×10^{11} Bq（15Ci），¹⁹²Ir的半衰期为74天。

9.1.2 工作原理

后装治疗是放射治疗的一种方法，所谓后装就是预先在病人需要治疗的部位正确地放置施源器，然后采用自动或手动控制，将贮源器内放射源输入施源器内实施治疗的技术。本项目后装治疗属近距离放疗，治疗时依照临床要求，使 γ 放射源在人体自然腔、管道或组织间驻留而达到预定的剂量及其分布的治疗手段，后装治疗具有放射源强度小、治疗距离短、局部剂量高、周边剂量迅速跌落的特点，主要治疗不同部位的肿瘤以及手术难以切净而周围又有重要脏器限制外照射剂量的患者，如胰腺、胆管、膀胱癌、直肠癌及头颈部恶性肿瘤等。

9.1.3 操作流程及污染物排放环节

后装治疗项目操作流程如下：

①定位：先通过定位机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和照射视野大小，拍片定位。

②制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定操作照射剂量和照射时间。

③置管及接管：先在机房外的置管室内进行病变部位插管，将输源管和施源器送达腔道的病灶，再送至定位室确定位置准确（不属于本项目评价内容）；再将患者送入后装机治疗室内，固定好体位，接上与后装机出源相连的导管。

④工作人员退出机房，技术人员在控制室内操作出源，将放射源送达病灶进行照射治疗。

⑤治疗完毕，放射源安全返回后装机机头源罐，方可打开迷路防护大门，将病人送出治疗室。

非治疗状态下，¹⁹²Ir放射源位于后装治疗机的放射源贮存源罐内，后装治疗机设计

有足够的屏蔽，正常情况下，对后装治疗机表面以外的辐射危害较小。后装机退役放射源由厂家进行回收处理，并建立交接单。

后装治疗工作流程详见图9-1，主要包括治疗前计划和放射治疗实施等若干流程。

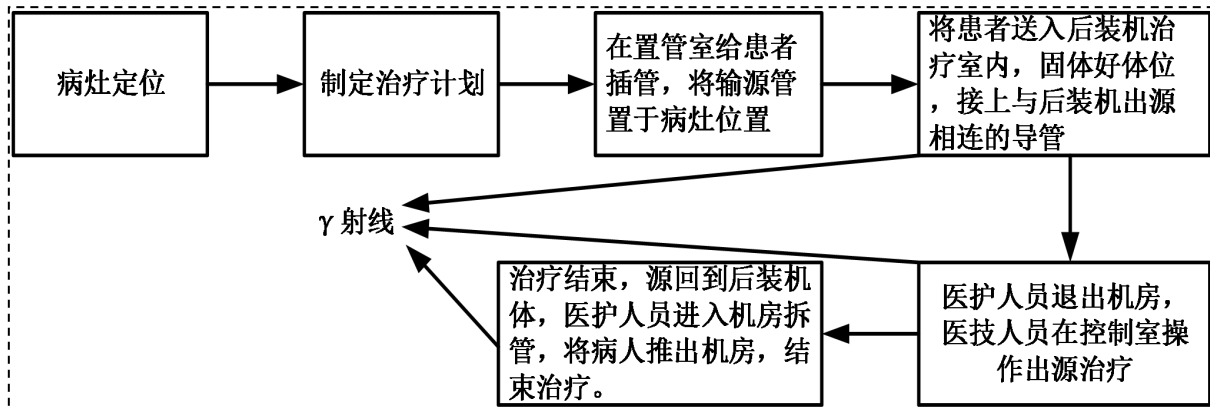


图9-1 后装治疗机工作流程及污染物排放环节图

9.1.4 工作人员配置及工作负荷

医院规划为本项目运行配备2名摆位工作人员及1名控制室操作人员共3名工作人员。

本项目后装治疗机，使用一枚¹⁹²Ir密封放射源，投入使用后预计每年放射治疗工作量最多为2000人次，平均每人次治疗照射时间最大为10分钟，即全年出源治疗时间约为333小时。本次评价从偏安全角度考虑，所有估算均按初装最大放射性活度考虑。

9.2 污染源项描述

9.2.1 污染源概况

本项目后装治疗系统使用的密封放射源核素为¹⁹²Ir，初装最大放射性活度为15Ci。由厂家提供资料可知，后装治疗系统机体具有良好的自屏蔽措施，¹⁹²Ir密封放射源装于机头源罐内，源罐由外而内分别为不锈钢外壳、铅防护、钨合金防护，防护性能良好。¹⁹²Ir放射源源罐结构见图9-2。

根据《辐射防护手册第一分册辐射源与屏蔽》中表1.11可知，放射性核素¹⁹²Ir半衰期为74d，主要γ射线有4分支，分别是能量为0.29595MeV（34.6%）、0.30844MeV（35.77%）、0.31649MeV（82.9%）、0.46806MeV（58%），其主要辐射特性见下表9-1。

表9-1 放射性核素¹⁹²Ir的主要辐射特性参数

名称	参数
初装源活度	555GBq (15Ci)
半衰期	74d
衰变方式 (分支比)	β -(95.22)
射线能量 (MeV)	γ :0.29595(34.6%),0.30844(35.77%) 0.31649(82.9%),0.46806(58%)
射线平均能量 (MeV)	0.37MeV
空气比释动能率常数Kr	0.111mGy·m ² /(h·GBq)
初级 γ 射线对混凝土的TVL	15.2cm
初级 γ 射线对铅的TVL	1.6cm

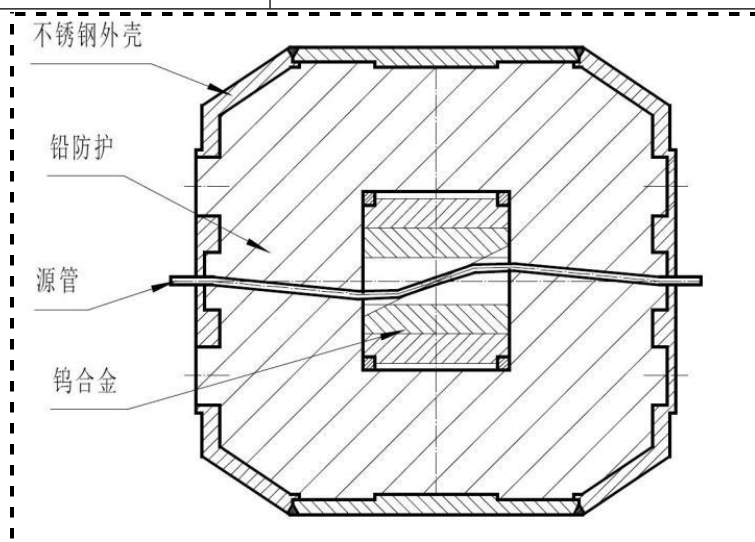


图9-2 ¹⁹²Ir放射源源罐结构示意图

9.2.2 正常运行时的辐射源项

后装治疗机正常运行状态下辐射源项为¹⁹²Ir放射源产生的有用 γ 射线以及杂散辐射。治疗时，若忽略人体的屏蔽作用，¹⁹²Ir源产生的初级辐射对不同的方向基本一致，因此屏蔽无主墙和副墙之分。

后装治疗机在正常运行情况下，工作人员和公众可能受照的辐射源有如下几种：

- (1) 有用辐射：后装治疗机正常运行时放射源相当于一个“裸源”，发出的 γ 射线。
- (2) 泄漏辐射：后装治疗机放射源贮存状态下，穿过屏蔽壳发射出的 γ 射线。
- (3) 散射辐射：后装治疗机放射源衰变产生的有用线束照射到物体上产生的次级

射线发出的 γ 射线。

非治疗状态下， ^{192}Ir 源后装治疗机的放射源贮存罐内，后装治疗机设计有足够的屏蔽；放射源位于放射贮存罐时，正常情况下，对后装治疗机表面以外的辐射危害较小。

9.2.3 异常或事故状态下的辐射源项

事故主要包括以下六种情况：

①在运输、安装、使用、退役过程中屏蔽储源体（屏蔽装置）发生损坏导致源不能被屏蔽。

②因工作人员操作不当或设备出现故障，在设备安装和换装放射源时，发生放射源由设备或容器中跌落出来，造成安装或操作人员受到强辐射照射。

③后装机处于运行状态时，因故障，发生门机联锁装置失效，导致人员误入处于运行状态的机房，受到不必要的辐射照射。

④由于管理不善，源使用或废源暂存过程中发生被盗、丢失、遗弃等事故，而引发环境辐射污染。

⑤施源器没有对准医疗部位就进行辐照治疗。

⑥机器故障及卡源等事故。

前四种情况的发生会导致 γ 射线漏出，使周围的 γ 辐射水平增高，从而使工作人员和公众受到较大的照射，特别是第四种情况的发生将会对经手人产生比较大的照射；后两种情况发生也会给医生和患者一定的剂量。

9.2.4 与电离辐射相关的非辐射影响因素

(1) 废气

后装治疗与电离辐射相关的非辐射影响因素主要为空气吸收辐射能量并通过电离离子的作用产生微量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），其中 NO_x 中以 NO_2 为主，它们是具有刺激作用的非放射性有害气体，防护主要通过通风换气的方式进行。

(2) 放射性废水、固体废物

本项目后装机使用过程中无放射性废水产生，其产生的 ^{192}Ir 废放射源应交由供应商回收并退回厂家处置，医院购买放射源时按照国家相关法律法规要求与放射源供应商单位签订回收协议。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

本项目机房位于医院东部位置的住院综合楼负四层，该楼负四层为放疗中心相关用房及地下停车场，负三层主要为空调机房、储藏间、地下停车场等用房。后装治疗机房东侧为土层，西侧为后装控制室、准备间、洁具间，南侧为通道，北侧为合用前室、排风井；上层为：储藏间，无下层建筑。¹⁹²Ir 后装治疗机工作场所平面布局示意图见图 10-1，机房剖面图见图 10-2。

10.1.2 工作场所管理分区

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）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，医院将本项目区域划分为控制区和监督区。将后装治疗机房划分为控制区（见图 10-3 红色区域），将与机房相邻的后装控制室、准备间、通道、吊装平时绿化、洁具间、合前用室、排风井（PF）、污物电梯区域划分为监督区（见图 10-3 黄色区域）；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；防护门外监督区边界拟在地面划线标记，监督区不需要专门的防护安全措施，但应定期对环境辐射水平进行监测。

10.1.3 实体屏蔽

1、后装治疗机用房的设计

①后装治疗机机房由主体、迷路和防护门组成；防护门内铺 10mm 厚铅板；

②机房使用面积约 42m²（长 7.8.m、宽 5.4.m、内高 6.1m）；

③迷道使用面积约 14m²（长 7.8m、宽 1.8m、内高 6.1m）；

④后装治疗机机房墙体和天棚为混凝土结构，密度不小于 2.35g/cm³；

⑤机房屏蔽墙厚度：机房四周及迷道为 70cm，机房顶棚厚度为 70cm，下方为土层，不考虑屏蔽，机房防护设计示意图 10-4。

电缆管线穿墙采取“U”形设计，电缆沟示意图 10-5、图 10-6；后装机房风管穿墙示意图见图 10-7；机房设计有监控、对讲系统、急停按钮等，具体示意图见图 10-8。

10.1.4 辐射防护措施

10.1.4.1、辐射安全设计原则

(1) “故障——安全”原则，系统建立一种安全状态，任何一部分出现故障，将不会影响系统的总体安全。

(2) “纵深防御”原则，针对给定的安全目标，运用多层次纵深防护措施，即使其中一项防护措施失效，仍能保障系统安全。

10.1.4.2、后装治疗机工作场所的防护安全措施

《放射治疗场所安全要求》（HJ 1198-2021）中对放射治疗工作场所安全防护设施和措施要求，内容涵盖电离辐射标识、监测系统、安全联锁、应急设备等核心条款具体医院拟对后装治疗机采取的联锁装置和防护措施大同小异，各有增减，具体如下：

1、电离辐射标识与警示系统

(1) 入口标识：放射治疗场所入口处设置黄色电离辐射警告标志（GB18871-2002附录F），标志下方标注“未经许可，禁止入内”；贮源容器外表面设置电离辐射标志及中文警示说明（如“高活度放射源，保持距离”）。

(2) 控制区标识：控制区进出口及其他适当位置（如迷道入口）设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯（红灯：出束/出源；绿灯：安全状态）。

(3) 视频监控与对讲：控制室配备全景视频监控装置，覆盖治疗室、迷道及患者区域，图像永久存储；设置双向免提对讲系统，确保控制室与治疗室内语音通信清晰。

2、固定式辐射监测系统

(1) 范围：含放射源的后装治疗室应安装固定式辐射剂量监测仪（具备超阈值报警功能）。

(2) 显示与报警：监测仪显示单元设置于控制室或机房门附近，报警阈值；报警信号需同时触发声光报警及控制台弹窗提示。

3、安全联锁系统

(1) 门-机/源联锁：治疗室防护门与出束/出源系统双向联锁，门未完全关闭时，禁止出束/出源，出束/出源状态下开门，立即停止照射并自动回缩放射源（后装治疗机需配置断电自动回源装置）

(2) 紧急开门与防夹伤：治疗室内设置机械式紧急开门装置（如手动拉杆），避

免电子故障导致人员被困，防护门配备 红外感应防夹伤功能，遇障碍物时自动停止关闭并反向开启。

4、急停按钮

(1) 治疗设备控制台，治疗室迷道出入口内侧，治疗室四面墙壁设置红色急停按钮，带防误触护罩，按钮需标注中英文“紧急停止”标识，且从各方向均易触发。

5、联锁复位与旁路管理

(1) 联锁触发后，需人工就地复位（如按下复位按钮）并在控制台二次确认后方可重启治疗。

(2) 联锁旁路仅限安装调试/维修场景，需经单位辐射安全管理机构书面批准并现场见证，工作完成后立即恢复联锁并测试功能。

6、应急设备与工具

(1) 治疗室应急配置，配备铅制应急贮源容器、长柄镊子、铅防护手套等工具。

(2) 治疗室内设置急救箱（含烧伤药、止血带）、便携式辐射剂量仪、应急照明灯。

(3) 急停按钮、应急设备处张贴中英文操作流程图，治疗室迷道、出口处设置荧光逃生指示标识

7、定期验证与记录

(1) 每月对联锁系统、急停按钮、剂量报警装置进行功能测试，保留测试记录。

(2) 每季度对视频监控、对讲系统进行清晰度与通信测试。

10.1.4.3、个人防护用品及其它相关质控配套设备

医院根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）的要求及实际情况，医院为后装治疗机工作场所拟配置的配套设备和个人防护用品如表 10-2 和表 10-3 所示。

表 10-2 项目拟配备防护设备

场所	名称	数量
后装机房	多功能 X、 γ 辐射监测防护仪	1 个
	个人剂量监测报警仪	1 个
	固定式剂量监测报警装置	1 套

表 10-3 项目拟配备的个人防护用品

名称	铅当量 (mmPb)	数量
铅橡胶围裙	0.5	1 件
铅橡胶帽子	0.5	1 个
铅橡胶围脖	0.5	1 件
铅橡胶手套	0.5	1 件

10.1.5 安全防护措施和设施符合性分析

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)要求,本项目后装治疗室辐射防护措施符合性分析表见表 10-4。

表 10-4 后装治疗室辐射防护措施与 HJ 1198-2021 符合性分析

标准防护要求	本项目方案	符合性
<p>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:</p> <p>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;</p> <p>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;</p> <p>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。</p>	<p>机房防护门设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯,机房内拟安装摄像头和对讲系统。</p>	符合
<p>含放射源的放射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。</p>	<p>本项目治疗室拟在迷道的内入口设置固定式辐射剂量监测仪,具备异常情况下报警功能,在控制室内设置屏幕显示。</p>	符合
<p>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:</p> <p>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;</p> <p>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;</p>	<p>治疗室拟设置门源联锁装置,实现防护门未完全关闭时不能出源照射,出源状态下开门放射源回到治疗设备的安全位置;后装治疗机设有断电自动回源装置;治疗室设置室内紧急开门装置,防护门设置防夹伤功能;控制室、治疗室迷道出入口、</p>	符合

<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>治疗室北侧墙壁设置急停按钮;急停按钮应有醒目标识及文字,安全联锁系统触发后,须通过人工就地复位(如按下复位按钮)并在控制台二次确认后,方可重新启动治疗活动;联锁旁路操作仅限设备安装调试或维修场景,且需经单位辐射安全管理机构书面批准并现场见证,工作完成后立即恢复联锁功能,并通过模拟出源测试验证其有效性。</p>	
<p>后装治疗室内应配备合适的应急贮源容器和长柄镊子等应急工具。</p>	<p>治疗室拟配备合适的应急贮源容器和长柄镊子。</p>	<p>符合</p>

由表 10-4 可知,本项目后装治疗室按相关标准要求进行了设计,机房的辐射防护措施均符合相关规定要求,医院应严格按照设计方案进行建设。本项目治疗室布局合理防护设施健全,符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)的要求。

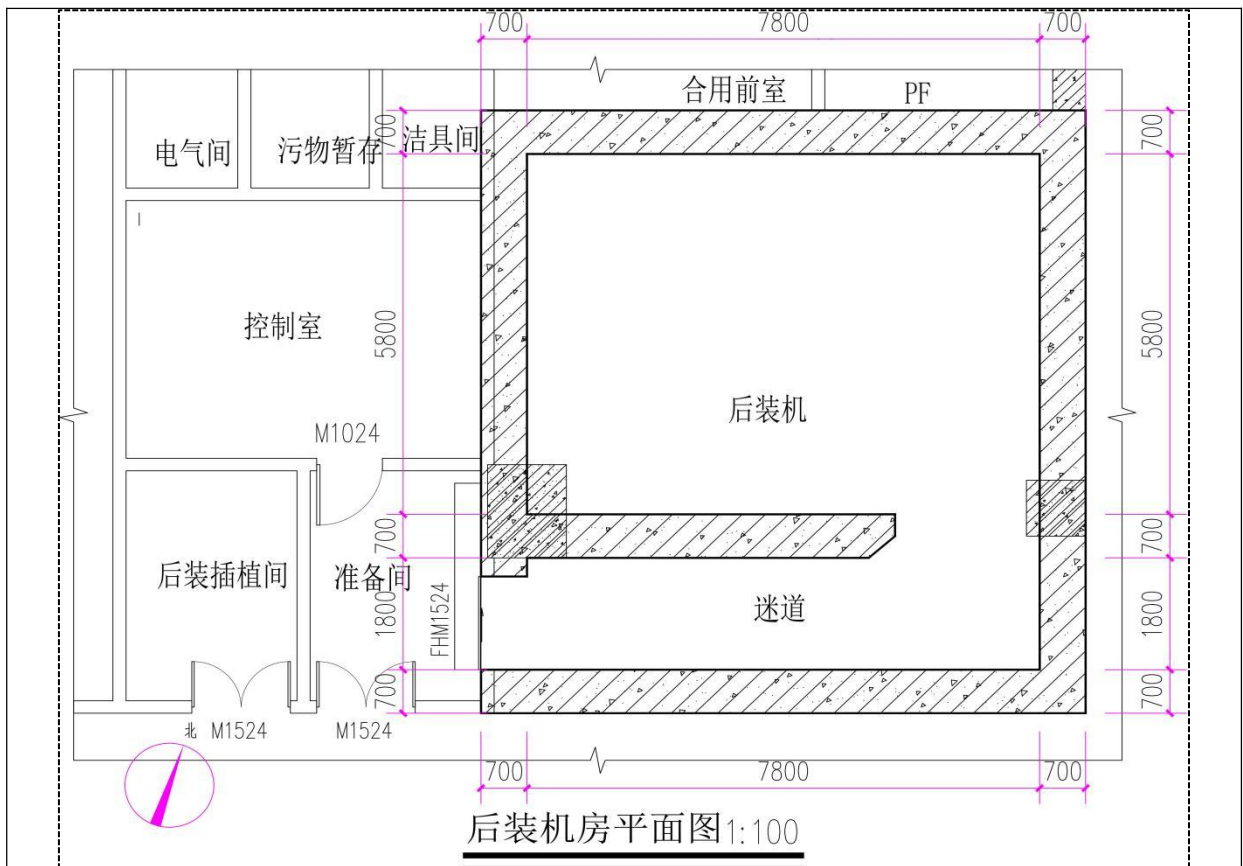
10.1.6 三废的治理

1、放射性废水、固体废物

本项目后装机使用过程中无放射性废水产生,其产生的 ^{192}Ir 废放射源应交由供应商回收并退回厂家处置,医院购买放射源时按照国家相关法律法规要求与放射源供应商单位签订回收协议。

2、废气

本项目后装治疗机房拟设置机械排风系统,采用“上进风下排风”的设计,进风口拟设置于后装治疗机房南角顶上(具体见图 10-9),排风口拟安装于机房内西南角地面 30cm 处(具体见图 10-9)。设计上后装治疗机房内换气次数为 6 次/h,可有效降低臭氧浓度,控制臭氧危害,符合《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)第 8.4.1 条“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,换气次数应不小于 4 次/h,排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。治疗机房内进、排风示意图见图 10-9,屋顶排风示意图见图 10-10。



10-1 后装治疗机工作场所平面布局示意图

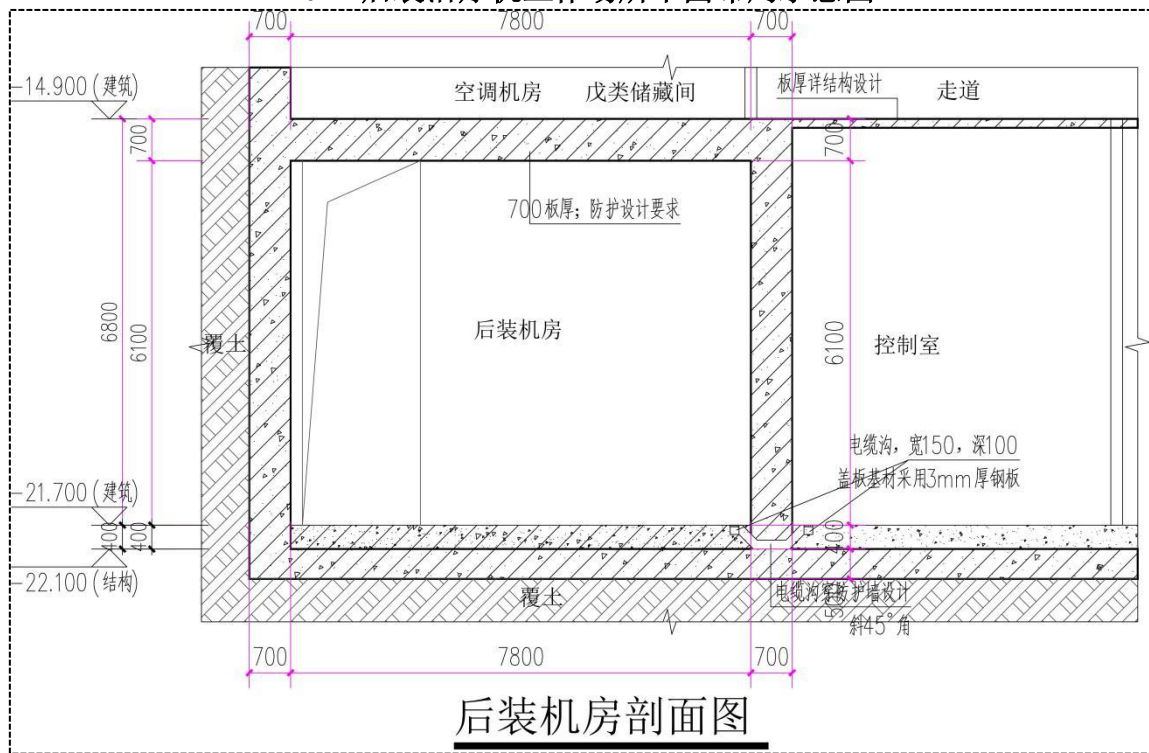


图 10-2 后装机房剖面图



图 10-3 项目工作场所管理分区示意图

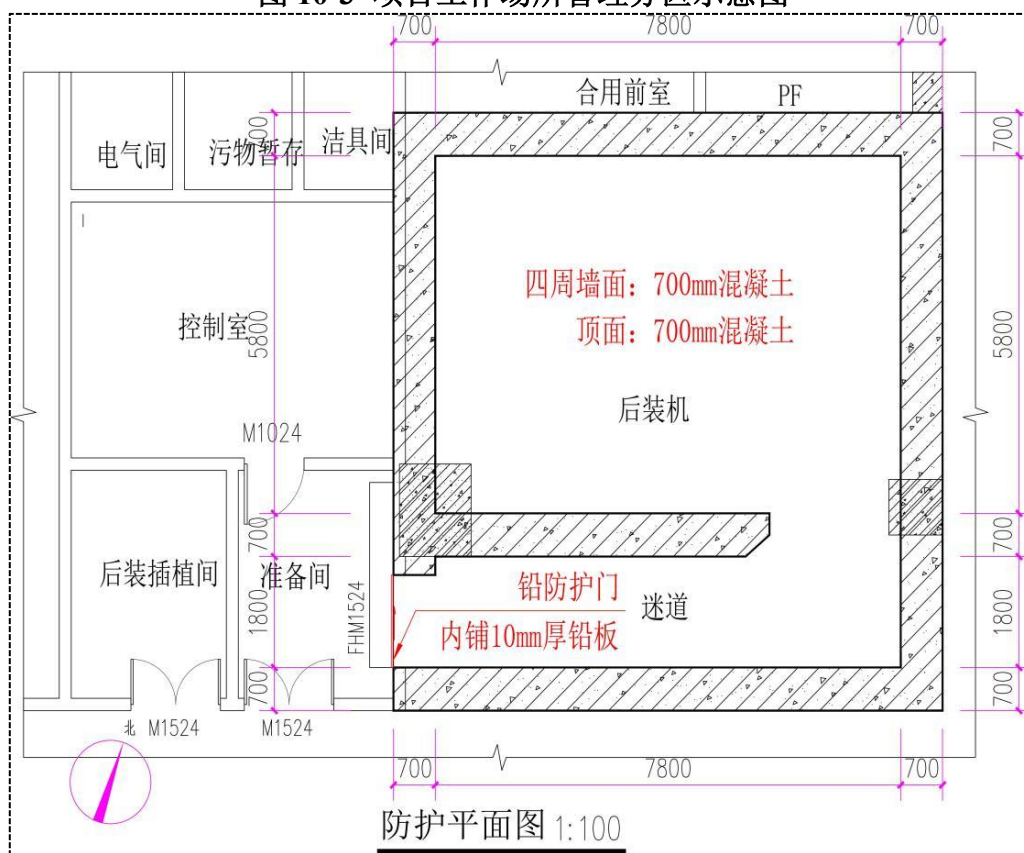


图 10-4 后装机房防护设计示意图

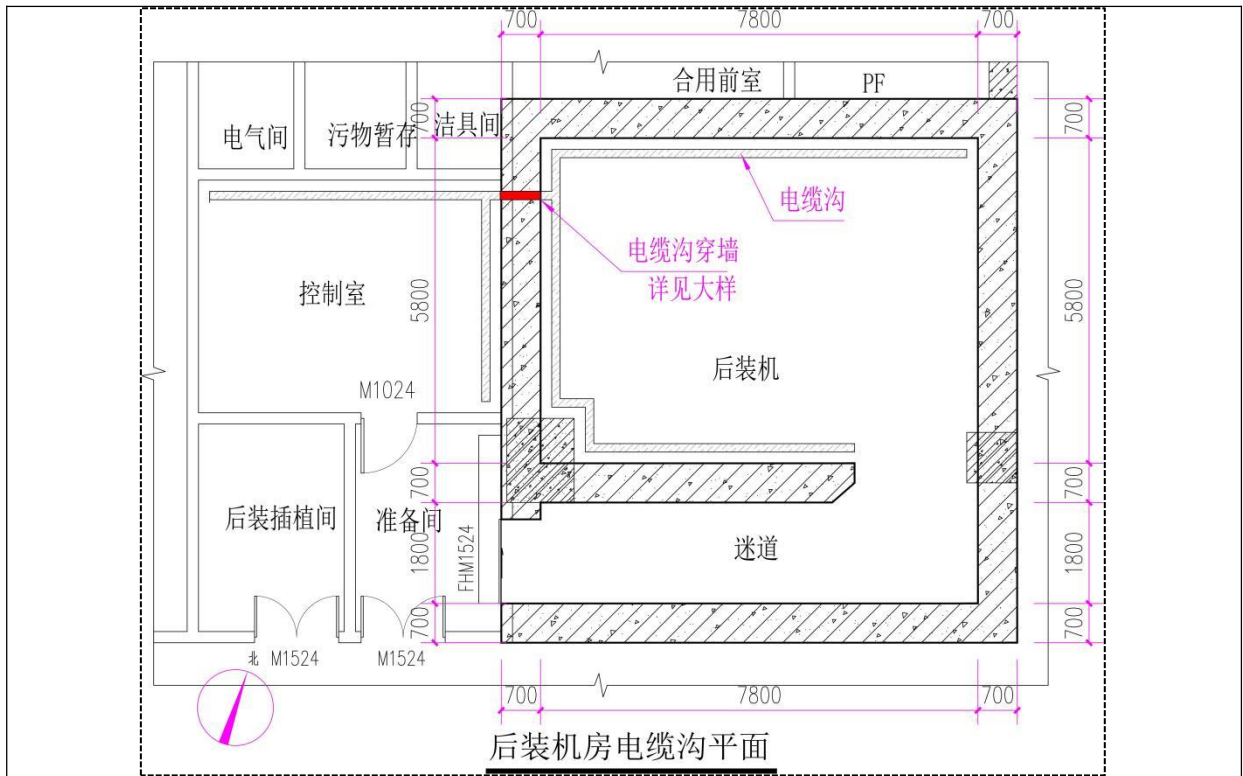


图 10-5 后装机房电缆沟示意图

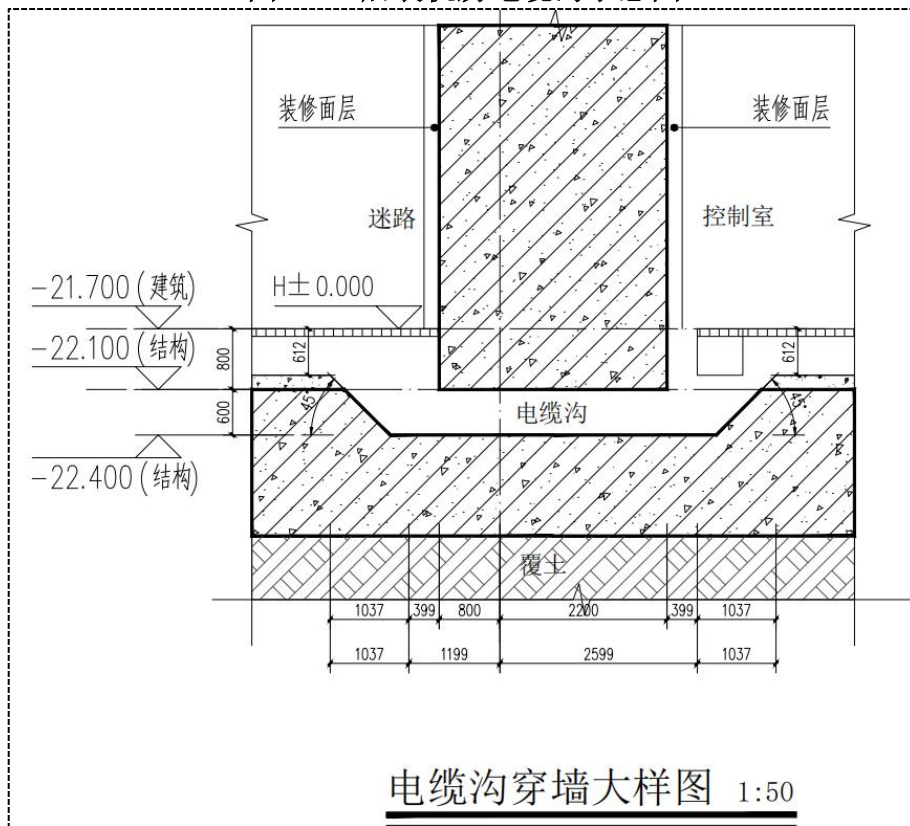


图 10-6 后装机房电缆穿墙大样示意图

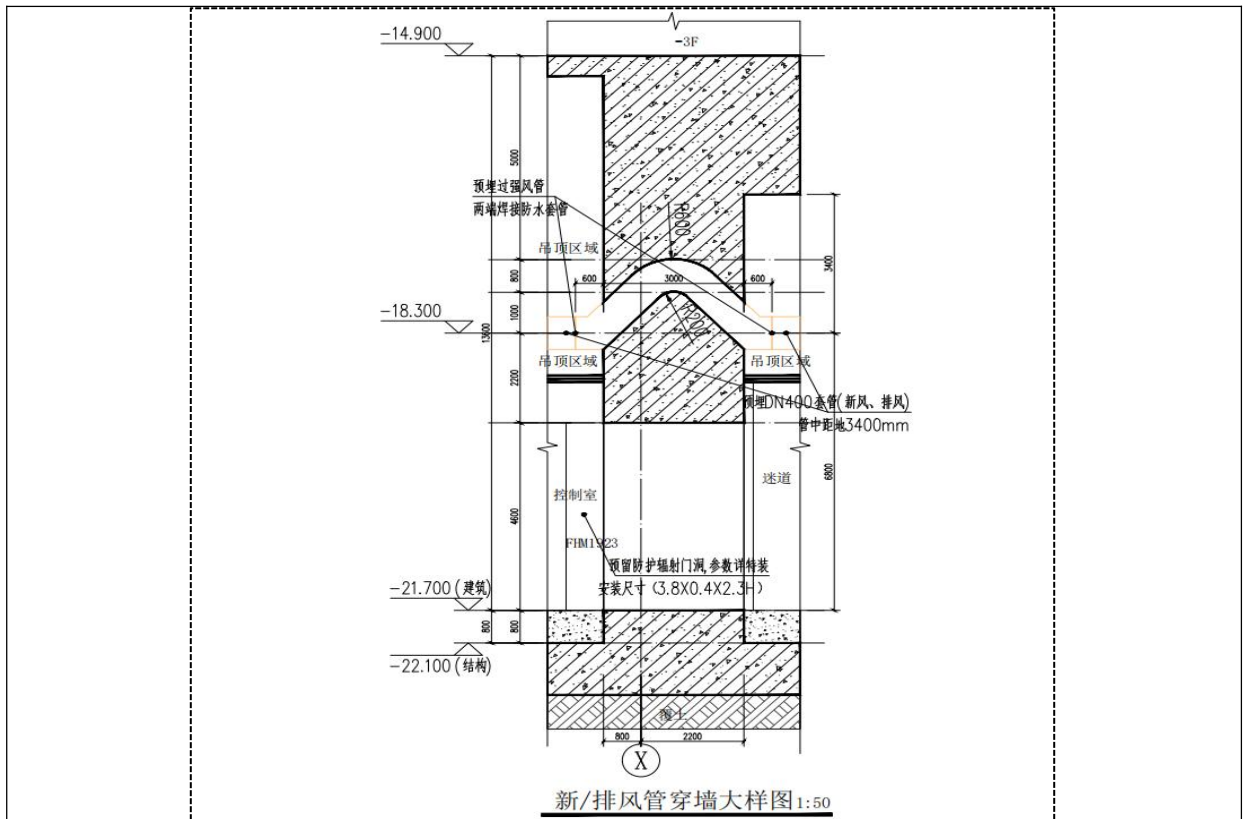
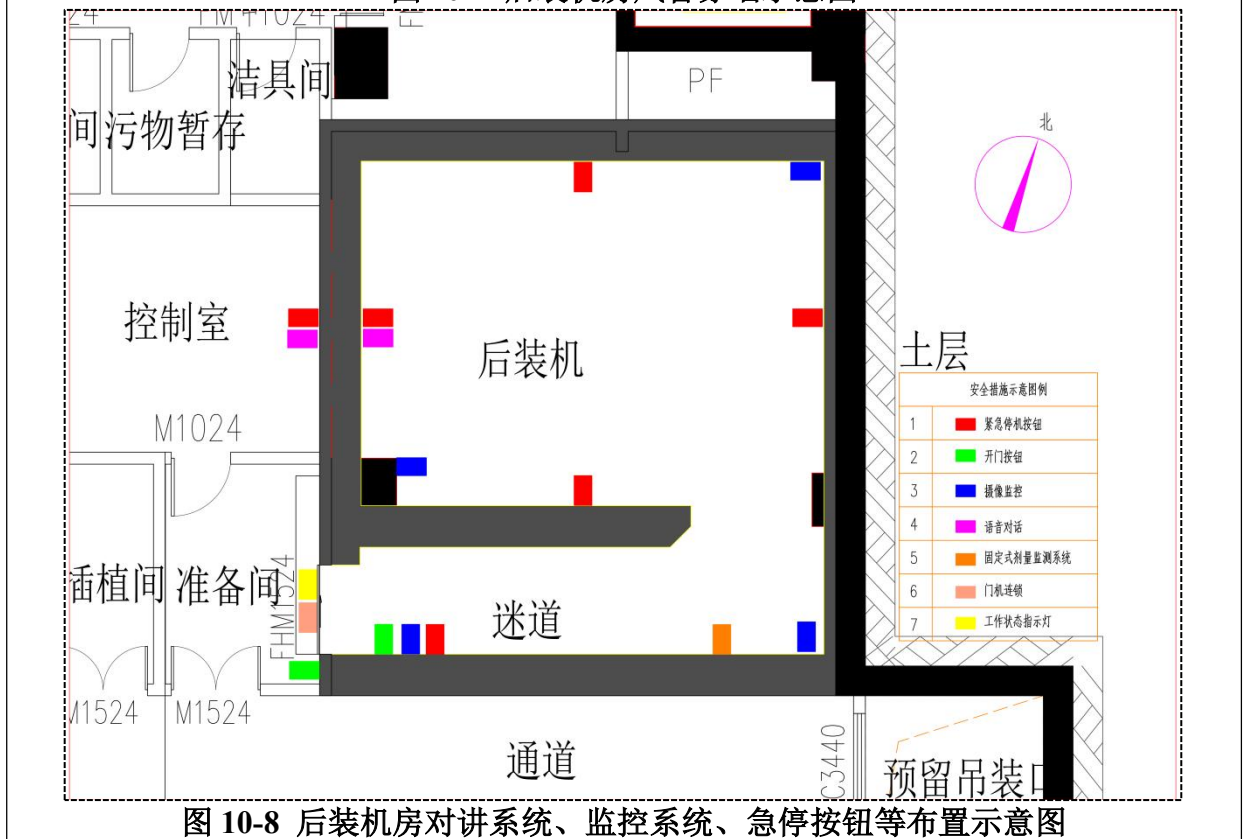


图 10-7 后装机房风管穿墙示意图



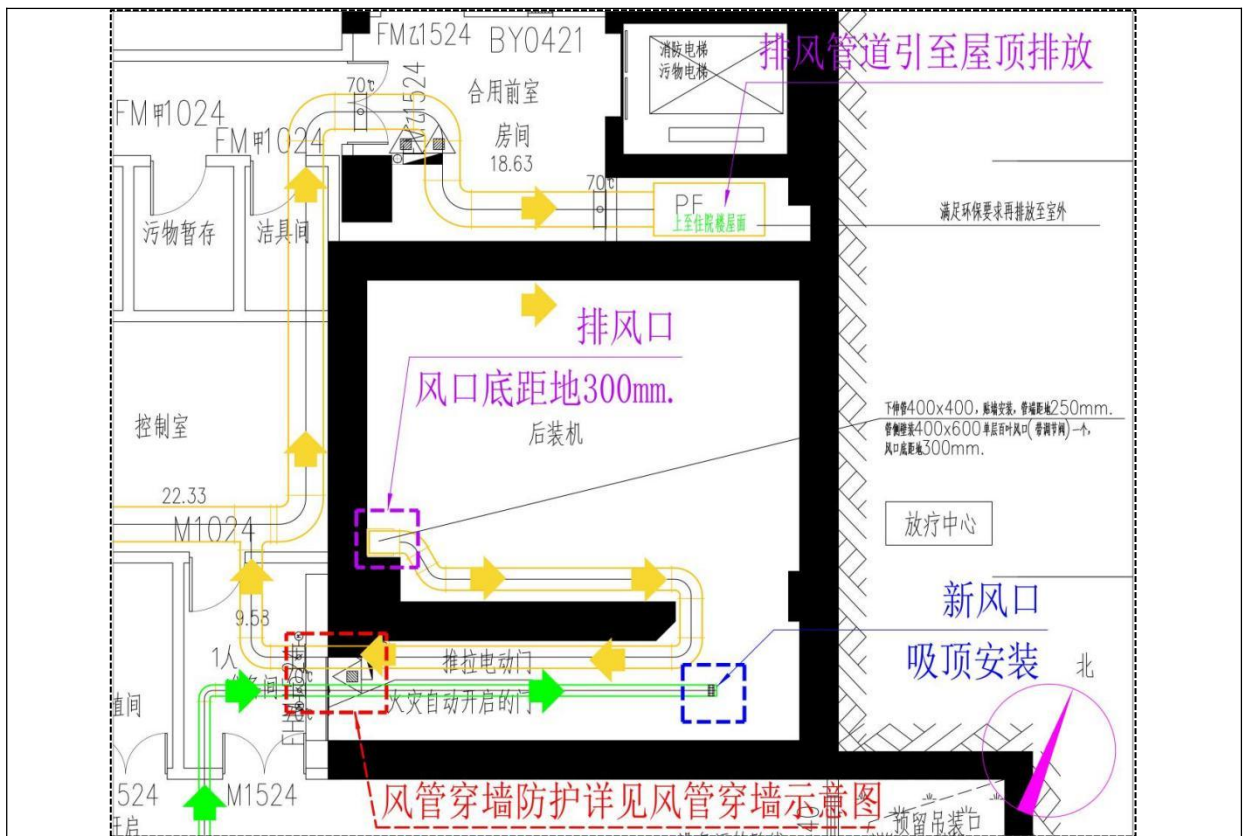


图10-9 后装治疗机房内新风、排风示意图

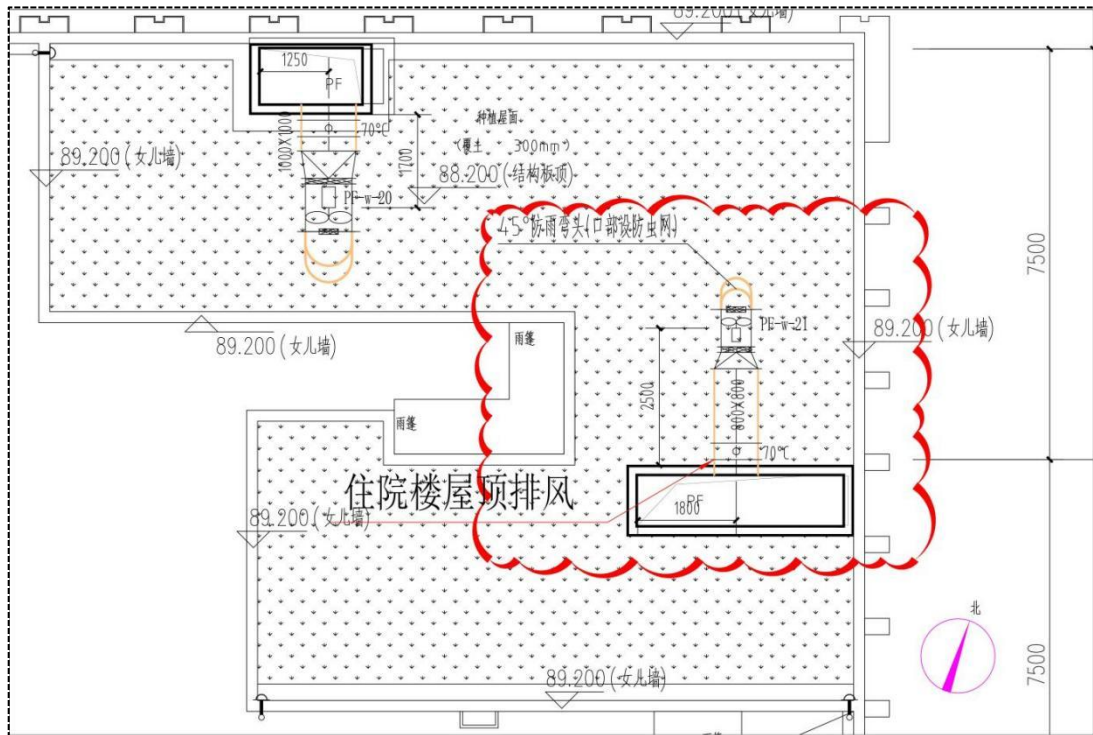


图10-10 屋顶排风示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要的污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

1、扬尘及防治措施

主要为房间的改造时的机械敲打、钻洞等产生的粉尘。为减小施工期间扬尘对外界环境的影响，施工单位应做到以下几点：加强施工现场管理，进行适当的加湿处理。

2、废水及防治措施

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水。生活污水依托医院现有的排水管网进入污水处理站。

3、噪声及防治措施

主要来自于机房改造、装修。通过选取噪音低、振动小的设备操作等，并合理安排施工时间等措施能减轻对机房周边的影响。

4、固体废物及防治措施

主要为建筑垃圾、装修垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，无回收价值的建筑废料统一收集后，运输至合法堆场堆放。

施工人员产生的生活垃圾，医院进行统一收集并交由环卫部门统一处理。

建设阶段不涉及放射源操作，不会对工作人员或公众产生辐射照射。安装调试由厂家工程师负责，应严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。调试阶段对评价范围内公众的影响与运行阶段相似，详见 11.2 运行阶段对环境的影响分析。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 屏蔽设计的核算

(1) 设计要求

对近距离治疗机机房，所有墙体都是主屏蔽墙。

(2) 后装治疗机机房屏蔽核算参数

①源项的技术参数： ^{192}Ir ，半衰期是 74d，射线平均能量为 0.37MeV；

②初级 γ 射线对混凝土的 TVL=15.2cm，对铅的 TVL=1.6cm；参照 GBZ/T201.3-2014 附录 F，防护门处散射的 γ 射线能量约为 0.2MeV，对应铅的 TVL 值为 5.0mm。

③¹⁹²Ir 的空气比释动能率常数 K_r 为 $0.111\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{GBq})$;

④最高初装源活度为: $555\text{GBq}(15\text{Ci})$; 距源 1m 处的空气比释动能率为 61.6mGy/h ;

⑤本项目拟用混凝土密度不小于 2.35g/cm^3 , 铅板密度不小于 11.34g/cm^3 。

(3) 后装治疗机机房屏蔽核算方法

根据院方提供的机房设计图, 在屏蔽核算中, 各参考点防护厚度核算依据国家标准《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/T201.3-2014)。

(a) 初级辐射的屏蔽计算

放射源发射的 γ 射线(初级辐射)直接对墙体和室顶的照射, 计算公式如下:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-1)$$

$$\dot{H}_0 = A \cdot K_r \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \dots\dots\dots (11-3)$$

式中:

X —屏蔽厚度, mm;

TVL —十分之一值层, mm;

B 为透射因子;

A —放射源的预期最大活度, GBq;

K_r —放射源 γ 射线的比释动能率常数, $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{h}\cdot\text{GBq})$;

R —放射源至屏蔽关注点的距离, m;

\dot{H}_0 为距源点 1m 处的辐射剂量率, mGy/h;

f —根据 GBZ/T 201.3-2014, 此处 $f=1$ 。

(b) 散射辐射的屏蔽计算

放射源散射至机房入口处的散射辐射剂量率采用式(11-4)计算:

$$\dot{H}_g = \frac{A \cdot K_r \cdot S_w \cdot a_w}{R_1^2 \cdot R_2^2} \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

式中:

\dot{H}_g —入口处的散射辐射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

S_w —迷路内口墙的散射面积, m^2 ;

α_w —散射体的散射因子;

R_1 —辐射源至散射体中心点的距离, m ;

R_2 —散射体中心点至计算点的距离, m 。

(c) 入口门屏蔽

在给定防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 时, 防护门外的辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-6) 计算, (引自 GBZ/T201.3-2014 第 5.2.2.5.1 款)。

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \quad \dots\dots\dots (11-6)$$

式中给定的铅的 TVL 值为 0.5cm ,

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

\dot{H}_{og} —穿过迷路内墙的泄漏辐射在防护门外的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

根据上述计算方法, 结合医院后装机机房图纸及上述参数, 考虑到后装机是一个可在治疗室内移动的治疗装置, 按照放射源可能到达西侧内墙面、北侧内墙面最近距离 1m , 到达东侧内墙面、南侧内墙面最近距离 2m 。

根据《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/T201.3-2014) 的要求, 在后装机机房外设定关注点。关注点为屏蔽体外 30cm 进行保守计算, 各关注点设置示意图见图 11-1、图 11-2。

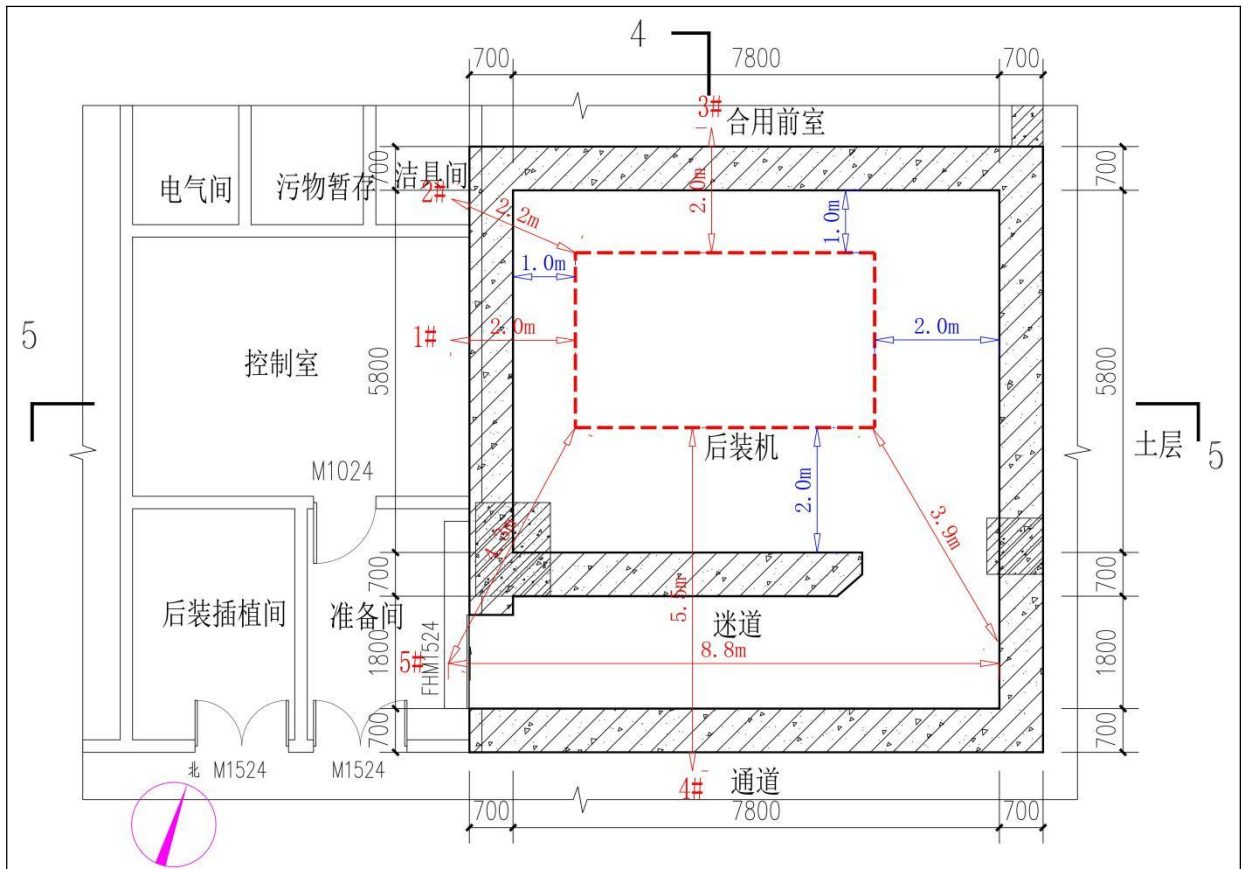


图 11-1 后装治疗机房平面关注点示意图

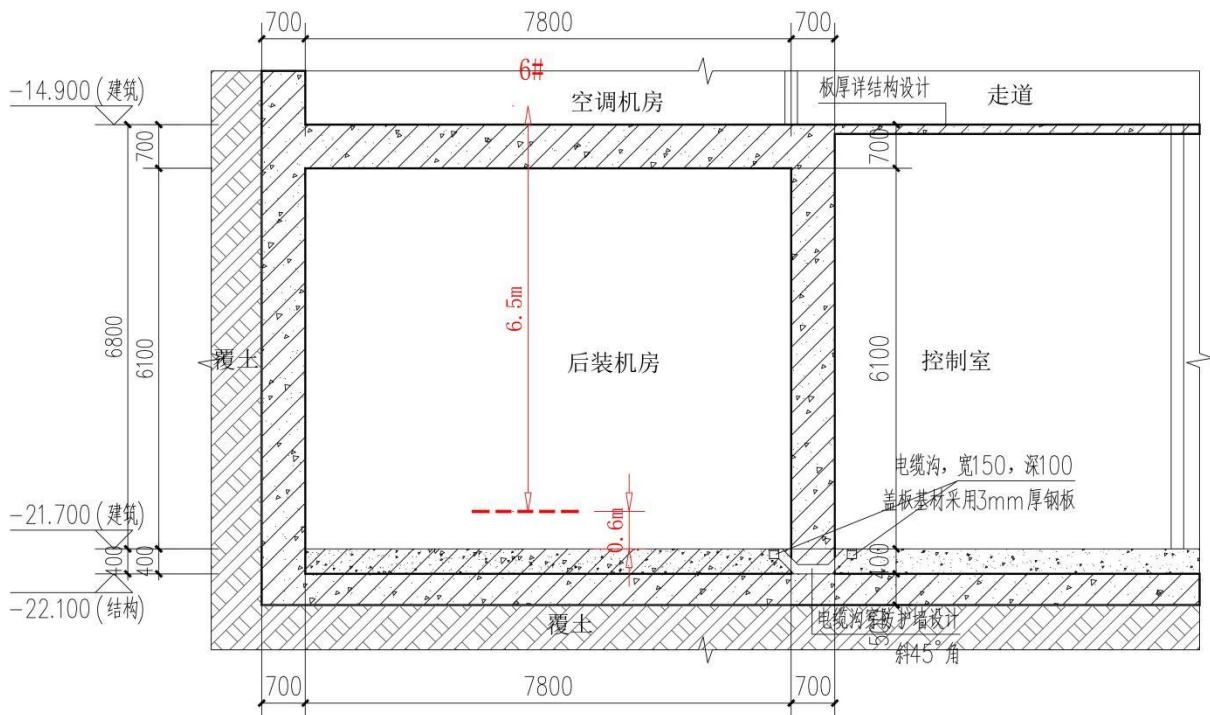


图 11-2 后装治疗机房剖面关注点示意图

(4) 后装治疗机机房屏蔽核算结果

参照 GBZ/T 201.1-2007 的第 4.8.3 款,为了机房屏蔽剂量估算和评价的方便及统一,在辐射屏蔽及其设计范畴内,不进行诸物理量(周围剂量当量 Sv、空气比释动能 Gy、有效剂量 Sv)之间的转换系数修正。关注点所选择参数和核算结果见表 11-1。

当后装治疗机辐射源 ^{192}Ir 最高活度为 555GBq (15Ci) 时,后装治疗机机房墙外各参考点周围剂量当量率估算值见表 11-1。

表 11-1 机房周围各关注点 γ 辐射剂量率估算结果

(略)

注:关注点的距离按保守取值;2#、5#点透射迷道隔墙有效厚度保守按隔墙厚度计算。

由表 11-1 可知,各参考点周围剂量当量率估算值均小于相应的剂量率参考控制水平,可见该项目机房屏蔽设计满足要求。

12.2.2 年有效剂量估算

根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第 3.3.3 节(P51 页)“对于强贯穿辐射,10mm 深度是被经常使用的, $H^*(10)$ 应当是有效剂量 E 的合理近似”,外照射现场监测量为周围剂量当量率 $H^*(10)$ 。在有效剂量估算时,可以直接使用测量结果,不用进行系数转化。因此,X- γ 射线产生的外照射年有效剂量按下列公式估算:

$$H_e = H^*(10) * t * 10^{-6} \dots\dots\dots (11-1)$$

其中: H_e 为年有效剂量, (mSv/a);

$H^*(10)$ 为 X- γ 辐射周围剂量当量率, nSv/h;

t 为年受照射时间, 小时;

10^{-6} 为 nSv 到 mSv 的转换系数。

1、职业人员年有效剂量估算

①控制室操作人员受到的照射。后装治疗机运行治疗时,位于控制室的操作人员所受到的照射剂量保守按表 11-1 中 1#点的剂量率进行估算。

根据院方提供的信息,每年放射治疗工作量最多为 2000 人次,平均每人次治疗照射时间最大为 10 分钟,则保守全年出源治疗时间约为 333 小时。即控制室操作人员一年受到职业照射预期年有效剂量为 **0.13mSv/a**。

②摆位医护人员受到的照射主要基于贮源器(存放有放射源)所产生的 γ 射线泄漏辐射。后装治疗机对摆位工作人员的影响,主要决定于工作人员在机房内给患者插源管

摆位的时间，时间越长，受照射越多。按照《后装 γ 源近距离治疗质量控制检测规范》（WS 262—2017）标准中“表 1 后装治疗设备质量控制检测项目与技术要求”，后装机工作贮源器内装载量大容许活度的放射源时，距离贮源器表面 5cm 处因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 **50 μ Sv/h**；距离贮源器表面 100cm 处因泄漏辐射所致周围剂量当量率不大于 **5 μ Sv/h**。

根据调查，在一般情况下，工作人员每次进入照射室给患者插源管摆位时间共约 3 分钟，治疗人数全年为 2000 人次。从偏保守考虑，按照 5cm 处泄漏辐射限值（50 μ Sv/h）来估算摆位过程工作人员受照剂量。该项工作由 2 名人员轮流负责，则一名工作人员因摆位等操作全年受后装机泄漏射线照射的剂量为 **2.50mSv/a**。

假设摆位工作人员完成摆位操作退出机房在防护门外等候病人照射治疗，则其也会同时受到出源治疗时防护门泄漏的射线照射。即一名工作人员在门口受到照射剂量 **0.07mSv/a**。

综上，一名摆位工作人员同时受到开机照射与摆位照射，其个人的年剂量累加值最大为 $2.50+0.07=2.57(\text{mSv/a})$ ，低于本评价确定的职业人员年剂量管理约束值 5mSv 的要求，同时也满足 GB18871-2002 对于剂量限值的要求。

2、公众成员所受照射剂量

结合后装治疗机房的位置、周围环境情况以及表 11-1 估算结果，以机房周围公众作为表 7-1 中所述公众成员的代表来估算因为该项目运行而接受照射剂量，估算结果见表 11-2。

表 11-2 机房周围公众受照剂量估算结果

（略）

由表 11-2 可知，机房周围公众受照剂量估算结果最大为 **0.03mSv/a**，满足 HJ 1198-2021 规定的公众成员年剂量管理约束值 **0.1mSv/a** 的要求，同时也可以满足《电离辐射防护与辐射源安全基本》（GB18871-2002）关于剂量限值的要求。

11.2.3 后装治疗机正常工况下辐射环境影响分析

由表 11-1 的估算结果可知，治疗室屏蔽体外 30cm 处因透射辐射所致的周围剂量当量率满足表 7-2 剂量率参考控制水平的要求，可见本项目后装机房屏蔽墙和防护门设计是合理的。

γ 射线会使空气发生电离分解，从而产生有害气体（如臭氧、氮氧化物）。由于后装机开机照射时间较短，因此产生臭氧（O₃）量很少，氮氧化物的产生量仅是臭氧产额的十分之一。治疗室通过排风系统换气从而解决了臭氧（O₃）及氮氧化物产生的影响。

11.2.4 异常和事故情况下的辐射危害评价

1、潜在照射

潜在照射是指在正常情况下有一定把握预期不会发生，但可能会因为源的事故或某种偶然性质的事件或时间序列（包括设备故障和操作错误）所引起的照射。通常是指有一定发生概率而不一定发生的照射。在发生前的阶段，它是作为应用对实践防护体系的一部分来处理；一旦发生后，通常要导致干预，按干预的防护体系来处理。潜在照射虽是不能预先完全计划或知道的照射，常是由于出现意外情况或事故的照射。在潜在照射发生前的防护对策，主要是预防和缓减，减少概率的措施称为预防，降低剂量大小或严重程度措施称为缓减。通常潜在照射的发生概率和剂量大小都可在一定程度上加以控制。

预防措施通常有：

(1) 设计合理并采用足够的安全措施（联锁、入口控制、剂量仪表、信号、警报、标志等）使整个设备具有建入的(Built in, Engineered in)安全性能；

(2) 制定比较全面的有关放射源的使用、登记和管理制度，有完备的操作规程（运行与维修）和严格的人员训练计划，并拟采取相应的保安措施，只要严格执行有关规章制度，能有效预防有关事件或事故发生。

2、本建设项目可能存在的潜在照射情况及其预防措施

后装治疗机可能存在的潜在照射情况及其预防措施：

- (1) 人员留在机房时误出束；
- (2) 后装治疗机出束时人员误入机房；
- (3) 维修后装治疗机时误出束；
- (4) 联锁装置故障时，人员误入治疗室；
- (5) 后装治疗机卡源时，人员受照；
- (6) 放射源丢失时，人员受照；
- (7) 发生放射事故时，人员受照。

为预防以上情况出现，必须采取以下措施：

(1) 严格执行出束治疗的各种规章制度, 严格检查室内有无无关人员停留, 经常检查和维护联锁装置, 使它永远处于正常工作状态。

(2) 严格遵守使用放射性同位素的各项规章制度和操作规程, 对受控区的患者进行严格控制。

3、潜在照射剂量估算

后装治疗机治疗时是输出的裸源, 根据潜在照射发生时受照人员的位置, 下面给出 3 种特定位置时受到的剂量(后装治疗机源的活度为 15Ci , 1m 处的剂量率为 $6.16 \times 10^4 \mu\text{Sv/h}$), 假设这个源属于卡源裸露在外面, 照射时间取 1 分钟, (即进入发现卡源到撤离的时间), 发现时的距离可能是 3m 、 2m 、 1m , 具体结果见表 11-3。

表 11-3 后装治疗机房潜在照射剂量估算

(略)

11.3 事故影响分析

1、后装机故障

后装机机器故障主要有施源器未插好、通道堵塞、分度头未锁、网电源故障等, 当发生某种故障时, 计算机报警, 源自动退回, 当源完全退回储源器时, 防护门指示灯亮绿灯, 此时工作人员进入治疗室撤离病人。工程师通过计算机控制和机房现场进行维修。

2、卡源事故

当后装机发生卡源事故时, 立即将后装机电源关闭, 然后打开 24V 稳压电源, 长按专用应急退源开关, 则放射源立即退回储源器, 听到报警声后关掉专用紧急退源开关。工程师通过计算机控制和机房现场进行维修。

3、废 ^{192}Ir 放射源回收过程中的事故主要如下:

a、在导源过程中屏蔽储源体(屏蔽装置)发生损坏导致源不能被屏蔽。

b、因工作人员操作不当或出现设备故障, 在导源以及换装新放射源时, 发生放射源由设备或容器中跌落出来, 造成安装或操作人员受到强辐射照射。

c、由于管理不善, 放射源发生被盗、丢失、遗弃等事故, 而引发环境辐射污染。

4、 ^{192}Ir 后装机事故防范措施主要包括:

①辐射操作人员持证上岗, 定期进行辐射防护知识的培训 and 安全教育, 严格按照设备操作程序操作。

②机房设置门-机联锁装置，防护门张贴电离辐射警示标志及安装工作指示灯。工作人员定期检查门-机联锁，出现故障及时维修。

③制定后装机卡源事故应急处置措施并加强工作人员卡源事故演习，当出现卡源事故时严格按应急处置措施进行处理。

④废源回收以及新放射源的更换均由设备供应商或厂家完成。

⑤医院加强放射源的辐射管理，后装机机房出入口设置摄像头监控，放射源被盗的概率很小。

5、放射源偷盗、丢失事件的处理

①确认密封源被偷盗、丢失事件的发生。

②查证放密封源的核素名称、数量、活度，被偷盗、丢失的可能时间、地点和嫌疑人等。

③及时向生态环境、卫生部门报告，积极配合公安部门的调查。

④写出事件处理结果报告，查找事件发生的原因及可能的环节，评估事件影响。

6、应急预案的启动

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

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

③各应急救助物质应准备充分、调配及时。

④发生事故后应在 2 小时内报告生态、卫生行政和公安部门。

通过分析可知，在采取上述事故防范措施情况下，事故发生的概率很小，事故辐射影响很小。

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

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款：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；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。

医院成立了放（辐）射安全与防护管理委员会（见附件 5“放（辐）射安全与防护管理委员会及职责（试行）”），在该文件中明确了领导小组成员名单，并明确了相关职责，小组人员组成如下：

组长：放射科分管副院长

副组长：分管医务、放射工作相关科室的副院长；

成员：医务部、护理部等 13 位相关科室负责人组成组成（具体见附件 5）；

秘书：梁哲（医务部）、程声远（医学工程部）

常设办事机构：医务部

辐射安全与防护管理领导小组职责：

(一)审定、制订医院放（辐）射防护管理制度，组织实施上级部门的有关政策、法规。

(二)负责审定、制定医院放射质量控制标准，制定质量管理目标与工作计划。

(三)制定、审定放射质量管理体系及规范，指导各科认真执行管理制度，提高医疗质量。

(四)进行放（辐）射质量检查资料分析，针对存在问题，开展调查研究，提出对策与建议。

(五)定期进行放（辐）射质量管理培训工作。

(六)按规定安放各类警示标识及张贴温馨提示。

(七)定期检查各类防护机制、防护用品，防护设备。

(八)做好放射防护工作，按规定佩戴个人剂量计并定期监测。负责监督各放（辐）

射科室个人防护工作的落实情况，切实做好个人防护工作--工作人员防护、受检者或陪检人员的防护。

(九)定期督促放射人员进行培训及健康检查，及时发现问题及时处理，对健康检查结果异常者进行原因分析及追踪检查，并根据情况予以其暂停放射技术工作，做好个人健康档案管理。

12.1.2 辐射工作人员配备情况

本项目规划配备 2 名医护人员及 1 名医技人员，共 3 名辐射工作人员。

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

根据生态环境部《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）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

医院应及时安排本项目未参加培训并考核合格的辐射工作人员在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，考核合格后方可上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

医院为加强以放射同位素与射线装置安全和防护的监督管理，促进放射性同位素与射线装置的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和辐射事故应急预案，具体有：《辐射工作人员岗位职责》，《操作规程》、《医疗放射性废物及废源处理规定》、《辐射工作人员个人剂量和辐射环境监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度，并严格按照规章制度执行。

针对辐射活动规模扩大的变化情况，提出如下要求：

- (1) 补充制定后装治疗项目的《操作规程》和相应的《岗位职责》。
- (2) 环评批复后，及时向相关部门申请办理辐射安全许可证。

12.3 辐射监测

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其设备性能、工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安​​全。建设单位需根据要求制定以下辐射监测计划。

12.3.1 个人剂量监测

医院应委托有资质的机构定期对辐射工作人员个人剂量进行监测，监测需满足《职业性外照射个人监测规范》的技术要求。并按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，医院应为辐射工作人员建立个人健康档案，对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。职业健康检查周期为 1~2 年，但不得超过 2 年，必要时可适当增加检查次数；在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也应进行健康体检。

12.3.2 场所及环境辐射监测

医院应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对后装治疗项目场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。

监测方案要求：

- （1）监测范围：以密封源安装位置为中心，半径 30~300m 以内。
- （2）监测项目、频次、仪器：监测 γ 辐射剂量率，每年一次，使用的仪器应与本项目源项特征相适应（由监测机构负责）。
- （3）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

12.3.3 年度安全评估报告

每年 1 月 31 日之前，医院应向辐射安全许可证发证机关及当地生态环境主管部门提交上一年度的本单位辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.4 辐射事故应急

本项目使用的放射源属III类密封放射源，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四章规定及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第六章的规定，结合单位的实际情况和表11中“事故影响分析”，制定了中山大学附属第一医院广西医院《关于调整《辐射事故应急处理预案（试行）》的通知》（见附件6）。

(一)医院成立了应急处理领导小组，领导小组组成如下：

组长：夏文豪

副组长：吴艳、梁哲、李金华

成员：范淼、杨映霞、甘剑挺、刘玲玲、梁文忠。

应急值班电话：19107710005

(二)应急处理领导小组职责：

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

12.4.1 应急预案内容

医院制定的辐射事故应急处理预案内容包括：应急响应程序、救援行动、应急终止条件和程序、恢复、事故报告、事故调查，具体见附件6。

12.4.2 应急人员的培训与演习计划

医院制定的辐射事故应急预案中缺少应急准备相关内容，包括技术准备、物资准备、经费保障、培训与演习。对于应急人员培训与演习计划的内容不够，缺乏可操作性，预案内容需要进一步完善。医院应该尽快启动应急预案的修订工作，进一步完善，使其更具可操作性，确实做好辐射安全最后一道防线工作。此外，医院应加强人员培训及辐射事故应急演练，检验演习预案的可操作性及有效性，不断改进应急预案。

综上所述，在各项措施落实完成后医院具备从事辐射活动的能力和条件。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

医院拟在南宁市青秀区佛子岭路 3 号医院住院综合楼负四层后装治疗室新建 1 套 ^{192}Ir 后装治疗系统，使用 1 枚 III 类 ^{192}Ir 密封放射源及配套的辐射防护设施与措施。

13.1.2 实践的正当性分析

医院后装治疗机应用项目目的在于开展医学放射治疗工作，对保障人民群众身体健康、拯救生命起着十分重要的作用。同时，医院为病人提供一个更加优越的诊疗环境，具有明显的社会效益，项目的实施提高了医院档次及服务水平，吸引更多的就诊人员。医院在保障病人健康的同时也创造了更大的经济效益。因此，医院后装治疗机应用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.3 产业政策符合性

项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布）中第十三项“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”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

13.1.4 选址合理性分析

本项目后装治疗机房属于相对独立区域，避开了儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域以及人员流动性大的商业活动区域。本项目机房设置防护铅门及防护墙体，在门口设置电离辐射警告标志，将机房划分为控制区，无关人员不得进入。后装机运行过程中产生的电离辐射，经过屏蔽防护和距离衰减后，对周围工作人员和公众所致的辐射剂量符合剂量约束值的要求。通过以上场所独立、划分区域等措施，本项目不会产生交叉污染。

13.1.5 辐射环境影响现状评价

医院后装治疗机应用项目场址周围环境的辐射水平未见异常。

13.1.6 项目机房辐射屏蔽能力评价

经估算，后装治疗机（ ^{192}Ir ）屏蔽墙体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足场所外

关注点相应的剂量率目标控制值要求。机房总体采用混凝土结构，治疗室及迷道四周墙体厚度为 70cm，机房顶棚厚度为 70cm；机房拟设置 10mmPb 的防护门，防护能力均符合《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

13.1.7 职业人员及公众成员年有效剂量评价

从偏保守角度考虑，预计采取辐射防护措施后，工作人员因该项目运行受照的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于剂量限制的要求，同时符合职业人员年剂量管理约束值（5mSv）的要求。

预计公众成员因为该项目的运行而受到辐射照射剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，同时符合公众成员年剂量管理约束值（0.1mSv）的要求。

13.1.8 辐射环境管理制度

（1）医院为了加强医院环境保护工作领导，规范医院放射性同位素与射线装置辐射安全及管理，成立了放射防护管理组织机构。

（2）医院为了加强对射线装置安全和防护的管理，促进放射性同位素与射线装置的安全应用，保证医疗质量和医疗安全，保障放射诊疗工作人员、患者和公众的人体健康，医院建立了相应的管理制度（包括操作规程、岗位职责、人员培训、监测方案等）和放射事故应急处理预案。

（3）为应对医院出现的辐射突发事件，医院成立了辐射事故应急领导小组。

13.1.9 安全培训及健康管理

（1）医院应对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，培训考核合格方能上岗，使工作人员熟练掌握操作技能，减少操作时间，从而达到减少受照剂量。

（2）医院按照要求委托有资质机构对本单位辐射工作人员定期进行职业健康检查，建立个人职业健康档案，并妥善保存。

综上所述，中山大学附属第一医院广西医院2026年新建后装治疗机应用项目，在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后，其新建后装治疗机运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议及承诺

13.2.1 建议

根据项目情况本评价提出以下建议：

- 1、机房应严格按照相关标准，在机房及其周边设置各项辐射防护措施。
- 2、医院应加强对辐射工作人员管理，工作人员进入辐射工作场所时，应正确佩戴好个人剂量计等防护用品。
- 3、医院应定期对机房周边辐射环境情况进行监测，并记录存档。
- 4、定期检查放射工作场所设置的电离辐射标志、工作指示灯和安全联锁装置。

13.2.2 承诺

为保护环境，保障人员健康，中山大学附属第一医院广西医院承诺：

- 1、按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》（生态环境部 18 号令）要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的报告。
- 2、接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- 3、完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- 4、按要求开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日