

核技术利用建设项目

新增 6MV 加速器核技术利用项目 环境影响报告表 (公示本)

攀钢集团总医院

二〇二二年八月

生态环境部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 6MV 加速器核技术利用项目			
建设单位		攀钢集团总医院			
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址		攀枝花市东区木棉路 284 号			
项目建设地点		攀枝花市东区长寿路攀钢集团总医院放射治疗中心内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	***	项目环保投资 (万元)	***	投资比例	***
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积	50m ²
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input 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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
	项目概述				
一、企业概况及项目由来					
攀钢集团总医院（统一社会信用代码：***）是一所集医疗卫生、教学科研、预防保健为一体的大型三级甲等综合医院，始建于 1970 年 5 月，下辖长寿路院区和密地院区，是四川省高等医学院临床教学基地、昆明理工大学非直属附属医院、西南医科大学、攀枝花学院教学医院、四川大学华西医院远程会诊教学医院、四川省住院医师规范化培训基地、四川大学华西医院首家区域联盟中心医院。					
攀钢集团总院长寿路院区位于攀枝花市东区木棉路 284 号，建筑面积 10 万平方					

米，编制病床 1073 张，员工 1236 人，其中硕士（博士）研究生近 40 名，主任医师（技师）50 余名，副主任医师（护师、技师）180 余名，四川省各专业委员会委员 150 余名，10 余名国家级、西南片区各专业委员会委员。

目前，攀钢集团总医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00184]，附件 3），允许使用种类和范围为：使用 V 类放射源；使用 II、III 类射线装置；使用非密封放射性物质：乙级非密封放射性物质工作场所。发证日期：2022 年 02 月 22 日；有效期至：2025 年 11 月 29 日。

（二）项目由来

为适应发展，更好的满足患者的就诊需求，同时改善医院医疗设备条件，提高肿瘤疾病的放射治疗水平，攀钢集团总医院拟对放射治疗中心内的模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房，安装 1 台 6MV 医用电子直线加速器（型号属于 II 类射线装置）。本次拟拆除的模拟机房和后装机房原使用一台模拟定位机和 1 台 ^{192}Ir 后装治疗机，已于 2008 年 9 月 1 日取得《四川省环境保护局关于对攀枝花钢铁有限责任公司密地职工医院射线装置、放射源应用建设项目环境影响报告表的批复》（川环建函[2008]687 号），并于 2015 年 8 月 19 日通过原四川省环境保护局验收。原模拟机房的模拟定位机拟进行报废处理，原后装机房的 ^{192}Ir 源已由生产厂家回收，后装机已报废。

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第 18 号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表，根据《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目目录》（2019 年本），本项目需上报四川省生态环境厅审查批准。

攀钢集团总医院委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件 1）。四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）接受本项目环评报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资

料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

本报告编制完成后，建设单位攀钢集团总医院于2022年8月4日在环境影响评价信息公示平台网站上对该项目进行了全文公示，公示后未收到任何单位和个人有关项目情况的反馈意见。

公示网址和截图如下：（网址 <http://www.js-eia.cn/project/detail?type=3&proid=4646163939cf3ec5c6711aa0c274e62b>）。



图1-1 网络公示截图

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第29号《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年12月30日修改），本项目属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

本项目的运营可为攀枝花市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、项目概况

(一) 项目名称、性质、地点

项目名称：新增 6MV 加速器核技术利用项目

建设性质：改建

建设地点：攀枝花市东区木棉路 284 号攀钢集团总医院放射治疗中心内

(二) 建设内容与规模

本项目建设内容及规模为：

医院拟对放射治疗中心内（已建，一栋地下负一层的独立建筑）的模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房，安装1台6MV 医用电子直线加速器（属于II类射线装置，厂家联影，型号 uRT-linac 306），用于全身肿瘤诊疗。直线加速器治疗时 X 射线最大能量为6MV，1m 处最大剂量率为14Gy/min，无电子线。

本项目医用直线加速器的出束时间：每年48周，每周5天，每天治疗75人次，每人每次出束治疗时间最多为1.0min（不含摆位时间），日出束时间1.25h，年出束时间为300h。

直线加速器治疗室净空面积为 40.5m²（6.3m×6.43m，不含迷道），净空高度为 3.7m，其辅助用房包括操作间、水冷机房设备间等。医用电子直线加速器治疗室四周墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构，主射束方向朝向北部、南部、顶部、底部。其中，南侧为主屏蔽墙，迷道内墙厚 1200mm，宽 4600mm，迷道外墙厚 1300mm；北侧主屏蔽墙厚 2400mm，宽 3250mm，次屏蔽墙厚 1300mm；西侧屏蔽墙厚 1300mm；东侧屏蔽墙厚 1600mm；屋顶主屏蔽墙厚 2700mm，宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1500mm；防护门为 15mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。

建设项目组成及主要的环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
				施工期	运营期
主体工程	加速器治疗室	设备、数量	1 台 6MV 医用电子直线加速器	噪声 扬尘 固体废物	X 射线 臭氧
		设备型号	联影 uRT-linac 306		
		管理类别	II类		

	使用场所	加速器治疗室		生活垃圾 生活污水	噪声
	屏蔽体结构 (墙体、迷道和顶部均为混凝土)	医用电子直线加速器治疗室四周墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构,主射束方向朝向北部、南部、顶部、底部。其中,南侧为主屏蔽墙,迷道内墙厚 1200mm,宽 4600mm,迷道外墙厚 1300mm;北侧主屏蔽墙厚 2400mm,宽 3250mm,次屏蔽墙厚 1300mm;西侧屏蔽墙厚 1300mm;东侧屏蔽墙厚 1600mm;屋顶主屏蔽墙厚 2700mm,宽 4500mm,次屏蔽墙厚 1500mm;防护门为 15mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。			
	年出束时间	300h			
	1m 处剂量率	X 射线: 1m 处最大剂量率为 14Gy/min, 无电子线			
辅助工程	控制室、水冷机房设备间等			/	生活 垃圾、生 活污水
依托工程	模拟定位	依托辐射安全许可证上 CT 进行模拟定位。			
	办公及生活设施	医生办公室等			
环保工程	<p>废气治理: 治疗室设有机械通排风系统,排风机置于屋顶,臭氧经排风系统引至加速器治疗室屋顶排放。</p> <p>废水治理: 医护人员日常办公期间产生的生活污水排依托院区现有污水处理系统处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准后排入市政污水管网。</p> <p>噪声治理: 水冷机房设备间水泵选取低噪声设备;利用建筑隔声;设置减振、软管连接等降噪措施。</p> <p>固废处理: 医护人员日常办公垃圾定点袋装收集,定期交当地环卫部门清运处置。</p>				

(三) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-2。

表 1-2 本项目射线装置参数表

装置名称	生产厂家	型号	设备参数	管理类别	年总出束时间	出束方向	使用场所	备注
6MV 医用电子直线加速器	联影	uRT-linac 306	X 射线最大能量 6MV; 无电子线	II 类	年总出束时间约 300h	直线加速器主射方向朝向为北侧、南侧、屋顶和地面	加速器治疗室	拟购

(四) 工作人员配置情况

医院人员配备情况如下表 1-3。

表 1-3 直线加速器工作人员配置情况

装置名称	配备人数	工作内容	备注
医生	3	诊断、出具治疗剂量及报告，参与抢救	-
护士	2	制定治疗计划、设备日常的质控及维护	-
技师	2	模拟定位、治疗摆位和实施计划照射	治疗室至少有 2 名技师在场

本项目共配备辐射工作人员共 7 名，医生 3 名、技师 2 名、护士 2 名，均从已有辐射工作人员进行调剂，不新增辐射工作人员，调配人员不再从事原辐射相关工作，定岗定责，不存在剂量叠加。

工作制度：医院实行 8 小时工作制度，周工作 5 天，年工作 48 周。

四、依托可行性分析

污水处理设施：本项目使用 6MV 医用直线加速器进行肿瘤治疗过程中不产生医疗废水。因此，项目运营期间外排废水主要为医护人员日常办公产生的生活污水。

生活污水依托医院现有污水处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理排放标准后排入市政污水管网。本项目辐射工作人员均为院区现有员工，无新增生活污水排放量，故依托已有的污水处理系统处理生活污水可行。

固体废物：本项目运营期固体废物主要为医务人员日常办公产生的生活垃圾。办公区域内设有生活垃圾收集桶，生活垃圾定点袋装收集，日产日清，定期交当地环卫部门清运处置。本项目辐射工作人员均为院区现有员工，不产生新增生活垃圾。因此，依托医院既有生活垃圾收集设施可行。

五、本项目外环境及选址合理性分析

(一) 项目外环境

攀钢集团总医院（长寿路院区）位于攀枝花市东区木棉路 284 号。本项目位于攀钢集团总医院（长寿路院区）放射治疗中心负一层。本项目加速器治疗室北侧紧邻钴 60 机房（6.3m~16m）、直线加速器机房及配套用房（16m~35m）、放射大楼（35m~50m）；西北侧为医院道路（16m~40m）、家属楼（40m~50m）；西侧为医院道路（6m~20m）、内科大楼（20m~50m）；东侧为绿化带；南侧为操作间、水冷机房设备间（7.45~15m）、医院道路（15m~50m）。

本项目外环境关系图详见附图 2。

（二）选址合理性分析

本次拟拆除的模拟机房和后装机房原使用一台 III 类射线装置和1台¹⁹²Ir 后装治疗机，已于2008年9月1日取得《四川省环境保护局关于对攀枝花钢铁有限责任公司密地职工医院射线装置、放射源应用建设项目环境影响报告表的批复》（***），2015年8月19日通过原四川省环境保护局验收。原模拟机房的模拟定位机拟进行报废处理，原后装机房的¹⁹²Ir 源已由生产厂家回收，后装机已报废。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第5.1.2条：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。

本项目加速器治疗室位于放射治疗中心，放射治疗中心为负一层的独立建筑，其下方为地基，上方为露天车库。放射治疗场所已尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的选址要求。

本项目将模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房，不新增用地，且加速器治疗室有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

六、原有核技术利用情况

（一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）目前，攀钢集团总医院已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00184]，附件3），允许使用种类和范围为：使用V类放射源；使用II、III类射线装置；使用非密封放射性物质：乙级非密封放射性物质工作场所。发证日期：2022年02月22日；有效期至：2025年11月29日。

（2）攀钢集团总医院现有核技术利用项目的许可情况见表1-4~表1-6。

该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现环境遗留问题。

（二）是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自开展核技术利用项目以来，认真执行各项规章制度，严格按机器

设备操作规程进行操作。严格执行工作人员辐射防护、病人防护相关措施及防护用品的正确使用，从未发生过辐射事故，具体情况见附件2。

（三）辐射工作人员培训情况

攀钢集团总医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院现有辐射工作人员140人，已有45人参加了原四川省环境保护厅组织的辐射安全培训，并取得了合格证书（见附件8）。其余辐射工作人员仅从事 III 类射线装置，参加了医院自行组织的考核，考核合格。本项目配备的7名辐射工作人员均参加了四川省环境保护厅组织的辐射安全培训，并取得了合格证书（见附件7）。

根据《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）：“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‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）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”。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年第9号）的相关规定，仅从事III类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，有核技术利用单位自行组织考核，已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

（四）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有辐射防护需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应根据本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

（五）年度评估报告

医院已在全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中提交了“2021 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对 2021 年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明。

现医院辐射安全管理情况如下：

(1) 攀钢集团总医院已委托投四川鸿进达卫生技术服务有限公司开展了 2021 年年度辐射环境现状监测，主要对放射诊疗工作场所和防护设施进行放射防护和辐射环境现状进行了布点监测。在监测结果中，未发现屏蔽体外 0.3m 处超过 2.5 μ Sv/h 的情况。

(2) 攀钢集团总医院已委托攀枝花市疾病预防控制中心完成个人剂量检测工作，医院按要求对辐射工作人员进行个人剂量检测，在2020年第4季度、2021年1~3季度的个人剂量统计中，辐射工作人员连续4个季度最大个人剂量之和无超过5mSv 的情况，无单季度超过1.25mSv 的情况。

(3) 个人剂量档案和职业健康档案齐全；

(4) 放射性药品台账、放射源台账、射线装置台账对比辐射安全许可证吻合；

(5) 放射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施、档案管理方面均满足响应规定要求。

(六) 小结

综上所述，攀钢集团总医院不存在原有辐射环境问题。

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	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—

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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 4 射线装置

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	X 射线最大能量 (MV)	额定管电流 (mA)/剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II 类	1	联影 uRT-lina c 306	电子	6MV	X 射线：1m 处最大剂量率为 14Gy/min； 无电子线	放射治疗	加速器治疗室	拟购
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃	气态	O ₃	/	少量	少量	4.25×10 ⁻³ mg/m ³	经过通排风系统 排放	环境大气
—	—	—	—	—	—	—	—	—

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，年排放总量为 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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 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》，国务院第 449 号令，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10) 《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 2017 年第 66 号），自 2017 年 12 月 5 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》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(12) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，(环发[2012]77 号)，原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(13) 《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 公告 2019 年第 57 号；</p> <p>(14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 公告</p>
-------------	--

	2021 年 9 号。
技术标准	<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》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021);</p> <p>(5) 《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(6) 《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗治疗室》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(7) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021);</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 医院提供的相关资料;</p> <p>(3) 《生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020 年发布版);</p> <p>(4) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400 号)。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，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）要求，确定辐射环境影响评价的范围：以加速器治疗室实体边界外 50m 区域作为评价范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是医院医疗用房、家属楼等。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

位置		与辐射源最近距离		保护类别	人流量 (人次/d)	照射类型	剂量约束值 (mSv)	
		水平距离 (m)	垂直 距离(m)					
加速器治疗室	南侧	控制室、水冷机房设备间等	7.45~15	0	职业	7	职业照射	5.0
		医院道路	15~50	5.5	公众	1~20	公众照射	0.1
	北侧	钴 60 机房	6.3~16	0	公众	1~20	公众照射	0.1
		直线加速器机房及配套用房	16~35	0	公众	1~20	公众照射	0.1
		放射大楼	35~50	5.5	公众	1~100	公众照射	0.1
	西北侧	医院道路	16~40	5.5	公众	1~20	公众照射	0.1
		家属楼	40~50	5.5	公众	约 200	公众照射	0.1
	西侧	医院道路	6~20	5.5	公众	1~20	公众照射	0.1
		内科大楼	20~50	5.5	公众	约 200	公众照射	0.1
	楼顶	停车场	5~10	5.5	公众	约 50	公众照射	0.1

评价标准

一、环境质量及污染物排放的执行标准

（一）环境质量控制标准

- 1、环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 2、声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声功能区环境噪声限值；
- 3、地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类标准。

（二）污染物排放标准

- 1、废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- 2、医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准；
- 3、噪声执行 ①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类区域标准；

二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

（一）剂量限值和剂量约束值

（1）电离辐射执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198—2021）。

按照 4.9 条的规定，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。

（二）放射工作场所边界周围剂量率控制水平

放射治疗治疗室：直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平执行《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）有关规定：

- 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 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 (H_c)求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,a}$ ($\mu\text{Sv/h}$):

治疗室外辐射工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$;

治疗室外非辐射工作人员: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

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: $H_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ 。

c) 对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的治疗室顶, 治疗室顶外表面 30cm 处的剂量率参考水平可按 $100 \mu\text{Sv/h}$ 加以控制 (可在相应位置处设置辐射告示牌)。

d) 同时加速器工作场所应符合《放射治疗**机房**的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 3.3 中所确定的周围剂量当量率参考控制水平。

治疗室墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平还应满足《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治疗室》(GBZ/T201.2-2011) 4.2.1 所确定的周围剂量当量率参考控制水平, 治疗室顶应满足 4.2.2 的要求。根据 4.3.2.5.2c, 迷道门外关注点的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数 (应小于 $1/4$), 因此取 $0.625 \mu\text{Sv/h}$

三、臭氧浓度限值

根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 室外臭氧小时平均浓度符合二级标准 (0.20mg/m^3) 的要求。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021) 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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、本项目地理位置

本项目位于攀枝花市东区木棉路 284 号攀钢集团总医院放射治疗中心内。放射治疗中心为一栋地下负一层的独立建筑。

二、辐射环境现状监测及评价

本项目主要污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、土壤、地表水和地下水环境质量等进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，2022 年 7 月 14 日四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对项目拟建场所及周边进行了 X-γ辐射环境剂量率的布点监测。

现状监测时，放疗中心负一层的四个机房内，模拟定位机未开机，后装机房、钴 60 机房为空房间，原有的直线加速器未开机。本次为本底监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	方法来源	备注
X-γ辐射空气吸收剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021	/
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021	

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测仪器		
	名称及编号	技术参数	检定情况
X-γ辐射空气吸收剂量率	仪器名称：便携式 X-γ 剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：090	能量响应范围： 25keV~3MeV	校准单位：中国计量科学研究院 检定证书编号：DLj112022-01322 检定日期：2022 年 02 月 09 日 有效日期：2023 年 02 月 08 日
环境温度、	仪器名称：手持气象站 仪器型号：NK 5500	环境温度分辨率： 0.1℃	校准单位：中国检验认证集团四川有限公司

环境湿度	仪器编号：2204880	环境湿度分辨率： 0.1%	证书编号：CCICSC-（C） 202202180009 校准日期：2022年02月18日 有效日期：2023年02月17日
------	--------------	------------------	---

表 8-3 监测时环境状况

环境温度	环境湿度	天气状况
35.7°C~36.4°C	36.2%~36.8%	晴

三、质量保证

本项目环境现状监测单位四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

（1）计量认证

从事监测的单位四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定计量认证证书（编号：160021181133）。

（2）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（3）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。

四、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；测量方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

具体监测结果如下所述：

表 8-4 拟改建机房室内及周围 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
1	拟改建机房中央(原模拟机房内)	***	***	室内
2	拟改建机房北侧(原钴 60 机房内)	***	***	室内
3	拟改建机房东侧走廊	***	***	室内
4	拟改建机房南侧(操作间)	***	***	室内

注：X-γ辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

表 8-5 放射治疗中心周围 X-γ辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X-γ辐射剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
5	放射治疗中心楼顶空地	***	***	室外
6	放射治疗中心北侧放射大楼	***	***	室外
7	放射治疗中心西北侧家属院	***	***	室外
8	放射治疗中心西侧内科大楼	***	***	室外

注：X-γ辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

由表 8-4、表 8-5 可知，本项目所在区域的 X-γ辐射空气吸收剂量率为***，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量公报》（2021 年 6 月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、小结

本项目监测所用仪器已由计量部门年检，且在有效期内；监测方法按国家相关标准实施；测量不确定度符合统计学要求；布点合理、人员合格、结果可信，能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平，可以作为本次评价的科学依据。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

1、施工流程及产污环节

本项目是将模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房。因此，项目施工期主要是对已有建筑物进行拆除、新机房修建、装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收。

其工艺流程及产物环节：

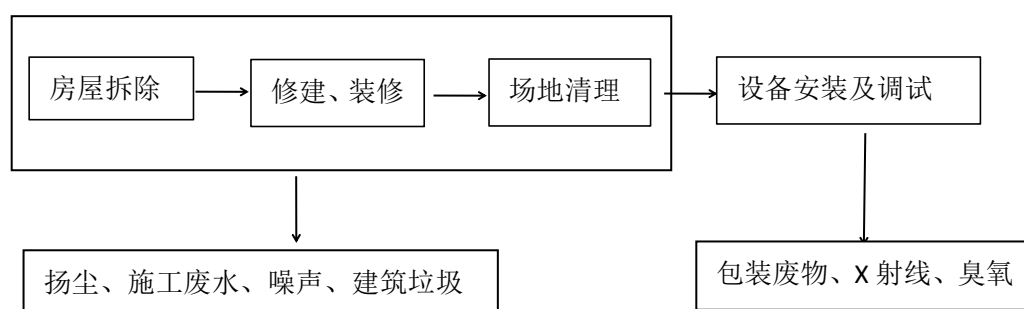


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

本施工工序主要为原机房屏蔽墙体拆除、新建屏蔽墙体及设备的安装工作，混凝土均一次性浇筑完成。

2、施工阶段主要污染因子包括施工扬尘、噪声、施工废水、废气、施工固废和施工人员产生的生活污水、生活垃圾等。

(1) 扬尘

由于本项目施工期工程量较小，在主体墙体粉刷后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

(2) 噪声

由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。

(3) 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可经医院的污水处理系统处理。

(4) 废气

施工期的废气主要产生在装修过程中,在装修时喷涂等工序产生的废气和装修材料中释放的废气,影响装修人员的身体健康,该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间,应加强室内的通风换气,装修结束后,也应每天进行通风换气一至二个月后才能投入使用。因施工量小,装修周期较短,施工期对环境的影响较小。

(5) 固体废物

施工过程中固体废物主要为主体工程产生的建筑弃渣、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾,施工建筑垃圾由施工单位集中收集到城市指定地点进行处理,生活垃圾依托市政垃圾收运系统收集处理,因施工量较小,施工周期较短,对周围环境的影响较小。

3、小结

本项目施工期对环境最主要的影响因素是噪声和扬尘,采取有效的防治措施后,对环境的影响较小。施工期对环境的影响是短期、暂时的,将随施工的结束而消失。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目在设备安装调试阶段会产生 X 射线,造成一定辐射影响。此外,设备安装调试完后,现场会有少量的废包装材料产生。

本项目拟购的医用直线加速器等设备的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021),在设备运输、安装、调试过程中,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,在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志,禁止无关人员靠近;在设备的调试和维修过程中,射线开关钥匙应安排专人看管,或由维修操作人员随身携带,并在治疗室入口等关键处设置醒目的警示牌;加速器试用、调试、检修期间,控制室须有工作人员值守;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;人员离开时运输设备的车辆和治疗室上锁并派人看守。

三、运营期

(一) 直线加速器工艺流程及产污环节分析

1、设备组成及工作原理

医用电子直线加速器通过高压电源对电压升压，经过整流和滤波，产生的直流电压输送到脉冲调制器。脉冲调制器将得到的直流高压转变为大功率脉冲供给磁控管，由磁控管震荡产生微波功率，经微波输送系统馈给加速管，在加速管中建立起加速电场。加速管电子枪阴极表面发射出的电子，被阴极与阳极之间的电场加速，注入加速管的加速腔，处于合适相位的电子受到微波电磁场的加速，能量不断增加。电子束在偏转磁场中受磁场影响改变角度最终形成垂直射出的电子线。当电子线在加速管末端轰击重金属靶材，发生韧致辐射，从而产生 X 射线。

X 射线经均整限束后对病人特定形状的肿瘤块进行照射，高能射线可破坏细胞的染色体，使细胞停止生长，从而消灭可快速分裂和生长的癌细胞。高能 X 射线具有高穿透性、较低的皮肤剂量、较高的射线均匀度等特点，适用于治疗深部肿瘤。

医用电子直线加速器由电子枪、加速管、束流控制和靶系统等几个主要部分组成。由主控制台的触发器将调制器触发，产生系列脉冲，加到磁控管阴极及电子枪的阳极，因而磁控管发生震荡，产生微波功率，同时电子枪发射的电子也从轴向进入加速管，在加速管中微波与电子相互作用，使电子从微波电磁场中不断获得能量，最后由加速管终端输出至偏转盒，打靶作为 X 射线输出。靶后是均整器和平板电离室。平板电离室一方面将电子或 X 射线在其中的电离电流信号输送至剂量监测仪，以确定治疗剂量，另一方面将束流强度变化的信号输送至束流控制系统，通过前后聚焦线圈来控制电子的运动轨道和输出量。

医用电子直线加速器运行原理图见图 9-1。

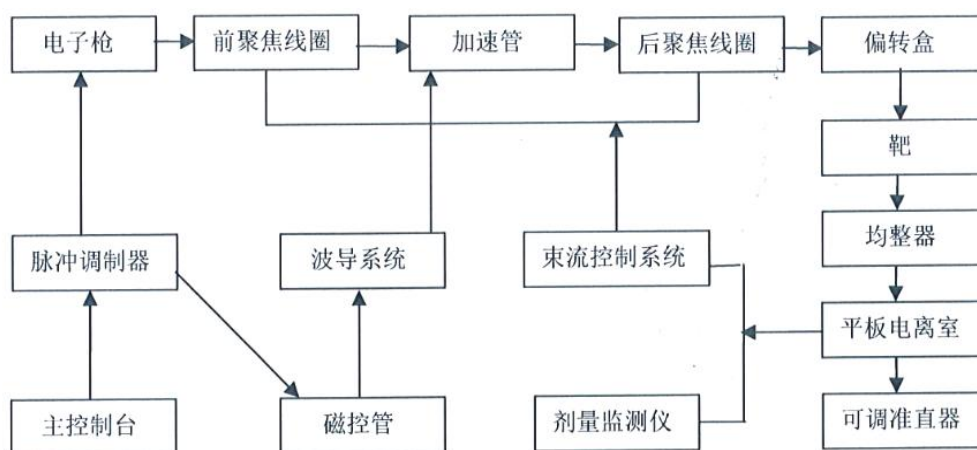


图 9-1 医用电子直线加速器运行原理图

表 9-1 6MV 医用直线加速器参数

治疗室名称	设备名称	生产厂家	型号	主要参数
加速器治疗室	医用电子直线加速器	联影	uRT-linac 306	X 射线额定能量：6MV
				焦点 1m 处最大剂量率：14Gy/min
				等中心距地面高度：1.28m
				最大照射野：40cm×40cm
				机架旋转范围：0~360°
				源轴距（SID）：1.0m
				等中心有用线束泄露率（X 线）：1‰

2、项目流程及产污染环节

(1) 进行定位。先利用 CT 机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。

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

(3) 固定患者体位。在利用加速器进行治疗时需对患者进行定位、标记、调整照射角度及照射野。

(4) 在控制台设置参数，开机治疗。

(5) 治疗完毕，停止出束。

本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-2。

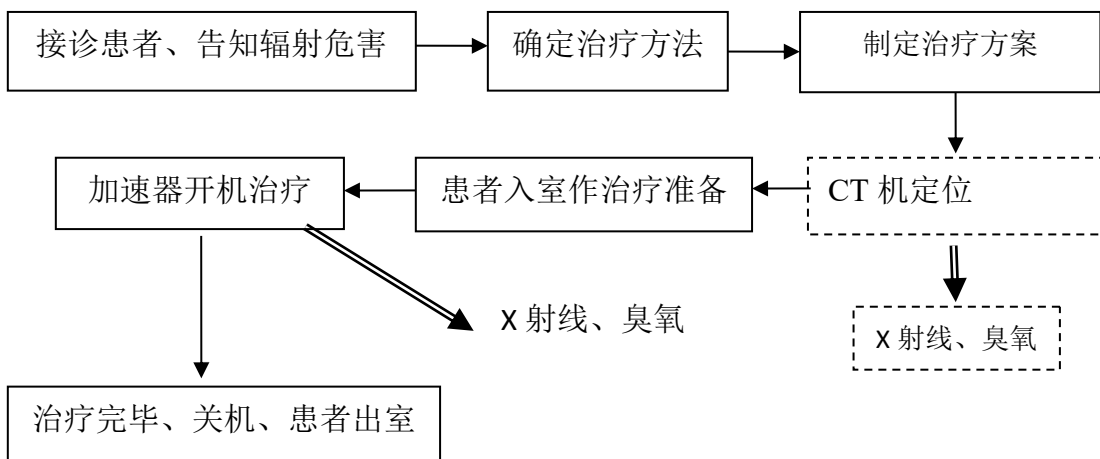


图 9-2 直线加速器治疗过程与产污环节

本项目 6MV 直线加速器工作时主要污染物为：X 射线、臭氧以及风机、水冷机房设备间水泵产生的噪声。

3、工作负荷

本项目医用直线加速器的出束时间：每年48周，每周5天，每天治疗75人次，每人每次出束治疗时间最多为1.0min（不含摆位时间），日出束时间1.25h，年出束时间为300h。本项目有调强治疗。

4、医护人员和病人路径分析

医护人员路径：从操作间通过加速器治疗室防护门经迷道进入加速器治疗室，指导病人摆位后沿原路返回控制室。

病人路径：通过加速器治疗室防护门经迷道进入加速器治疗室接受治疗，治疗完成后离开加速器治疗室，具体分流图可见下图 9-3。

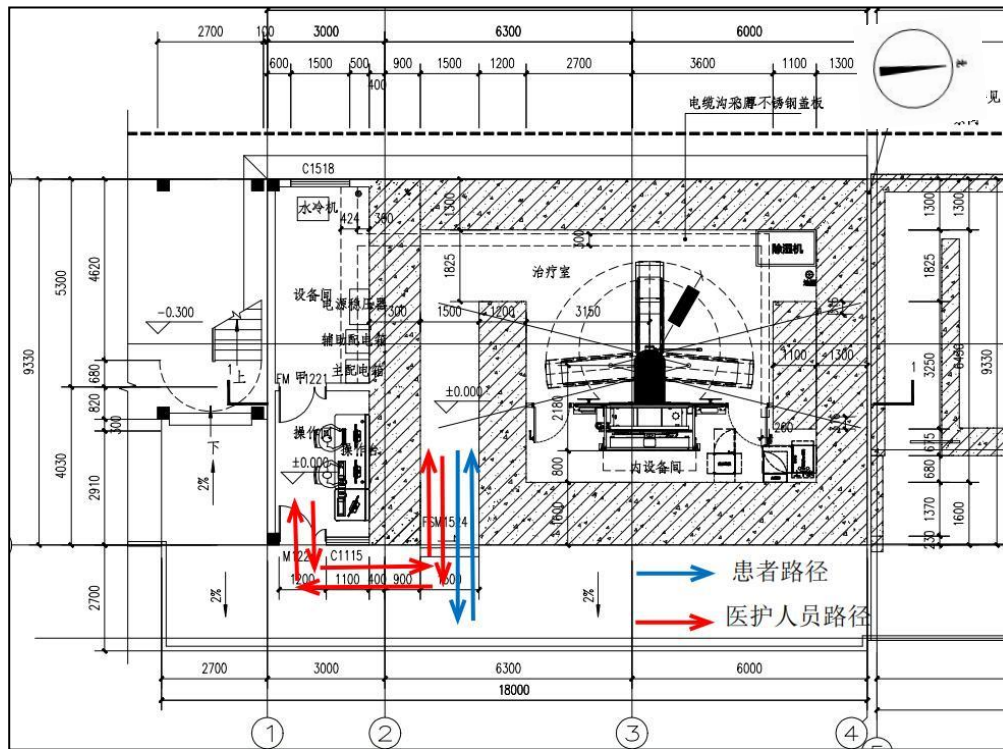


图9-3 本项目医护人员和患者路径图

污染源项描述

（一）施工期及设备调试安装

1、辐射污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项。

射线装置的安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在射线装置

治疗室内进行，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。

2、其他环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

(二) 运行期

1、电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器最大 X 射线能量为 6MV。X 射线是随机器的开关而产生和消失的。根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZT201.2-2011），10MV 以上直线加速器需要考虑光中子和感生放射性，由于本项目加速器使用的 X 射线能量最大为 6MV，因此本项目电离辐射防护不需考虑光中子和感生放射性防护。

2、废气

直线加速器出束过程中臭氧产生量很小，经通排风系统处理后对环境影响较小。

3、固体废物

直线加速器治疗过程中不产生固体废物；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

4、废水

本项目不产生医疗废水，加速器冷却水循环使用，辐射工作人员产生的生活污水依托院区现有污水处理系统处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准后排入市政污水管网。

5、噪声

本项目噪声源主要为风机噪声。医院拟采用低噪音风机，其噪声值不超过 65dB（A），且设备均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对外界声环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、项目工作场所平面布置合理性分析

本项目位于攀钢集团总医院（长寿路院区）放射治疗中心负一层。本项目加速器治疗室北侧紧邻钴 60 机房、直线加速器机房及配套用房；南侧为操作间、水冷机房设备间。

本项目场址相对独立，场所布局功能分区明确，与辐射工作场所相关的各类辅助用房紧密布置在治疗室周围，既便于病人就诊，又利于辐射防护。且各放射工作场所之间用墙体分隔，治疗室的墙体、屋顶及防护门、窗的屏蔽防护设计充分考虑了电离辐射效应，能有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 平面布局对照分析一览表

标准要求	设计落实情况	备注
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目医用电子直线加速器位于放射治疗中心负一层。放疗中心为一栋地下负一层的独立建筑。	满足
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目实行两区管理，其中加速器治疗室（含迷道）划分为控制区，控制室、水冷机房设备间划等为监督区。	满足
治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	本项目加速器治疗室主射方向和非主射方向均设置有满足屏蔽要求的混凝土屏蔽层，且根据辐射环境影响分析其屏蔽层厚度满足辐射防护要求。	满足
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。	治疗设备控制室已与治疗机房进行了分开独立设置，且配套的设备间、水冷机房、配电间等房间均围绕治疗机房进行布置。	满足
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。	直线加速器有用线束朝向北部、南部、顶部、底部。机房周围除控制室外，无较大居留因子用房，楼上为停车场，也不属于较大居留因子用房。	满足

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。	本项目直线加速器设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足
--	-----------------------	----

综上所述，本项目放射科放疗机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，其平面布置合理。

二、辐射工作场所两区划分

（一）分区原则

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

（二）控制区与监督区的划分

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2、图 10-1。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
直线加速器	加速器治疗室（含迷道）	控制室、水冷机房设备间

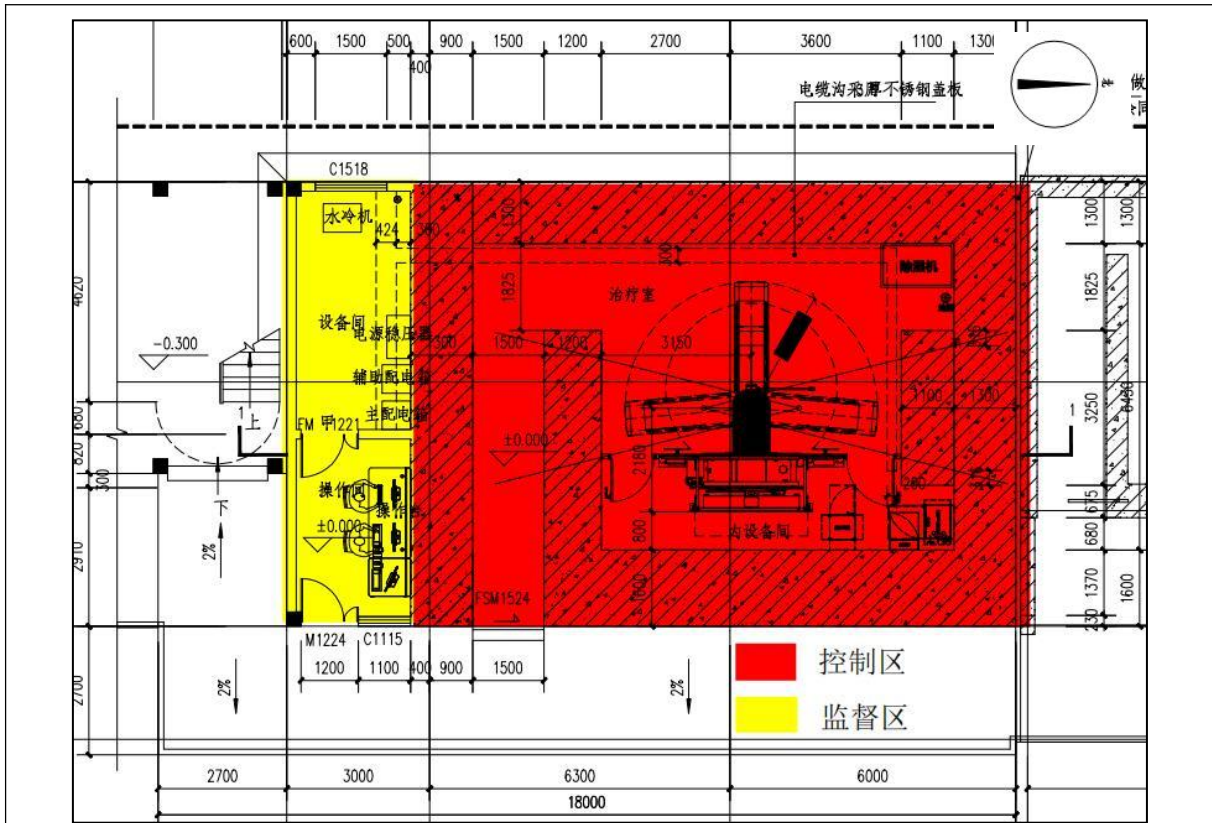


图 10-1 加速器治疗室两区划分图

(三) 控制区防护手段与安全措施

在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区。放射性工作区应与非放射性工作区隔开。

(四) 监督区防护手段与安全措施

在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

医院需重视控制区和监督区的管理，进行分区管理。

三、医用直线加速器的安全与防护

(一) 辐射屏蔽措施

治疗室墙体、迷道和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为15mm铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。对照《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011），本项目直线加速器治疗室墙体屏蔽满足相关要求，具体如表10-3所示：

表 10-3 医用直线加速器工作场所实体防护设施表

场所	治疗室面积	墙体	防护门	顶部及地面
		结构及厚度（混凝土）	结构及厚度	结构及厚度
加速器治疗室	40.5m ² (不含迷道)	医用电子直线加速器治疗室四周墙体、迷道和屋顶均为混凝土结构，主射束方向朝向北部、南部、顶部、底部。其中，南侧主屏蔽墙，迷道内墙厚 1200mm，宽 4600mm，迷道外墙厚 1300mm；北侧主屏蔽墙厚 2400mm，宽 3250mm，次屏蔽墙厚 1300mm；西侧屏蔽墙厚 1300mm；东侧屏蔽墙厚 1600mm。	防护门为 15mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。	屋顶主屏蔽墙厚 2700mm，宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1500mm。机房下方无楼层。
GBZ/T201.2-2011		规范要求厚度：主屏蔽区≥2000mm 混凝土	次屏蔽区≥1000mm 混凝土	

备注：混凝土密度2.35g/cm³，铅的密度为11.3g/cm³。

（二）通风系统及管沟敷设情况

通排风系统：加速器治疗室配置有通排风系统，治疗室吊顶层南侧设有3个进风口，治疗室北侧墙角距地约30cm的位置设置1个排风口，进风口和排风口对角设置。臭氧经排风系统引至放射治疗中心屋顶排放，排风口设置防雨风帽。在风管穿墙位置采用6mm铅板包裹，防止射线外漏。风管道穿墙示意图见图10-2。

本项目治疗室风机排风量为1800m³/h，治疗室体积为150m³(6.3m×6.43m×3.7m，不含迷道)，则治疗室每小时通风频率约12次/小时，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中放射治疗机房内换气次数不少于4次/h的要求。

本项目产生的臭氧通过排风系统排口(高出放射治疗中心顶部，并安装防雨风帽)排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(0.20mg/m³)要求。

本项目不在主屏蔽墙处设穿墙管线，不影响墙体屏蔽效果，电缆沟及送排风管线均以多次弯折形式穿出治疗室，出束期间X射线经管道多重折射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏的影响可忽略不计。电缆沟穿墙示意图见图10-3。

本项目建成后，对各个线缆进出口、新风口、排风口进行巡测，若出现超过标准的现象，应加强防护，防止射线泄漏。

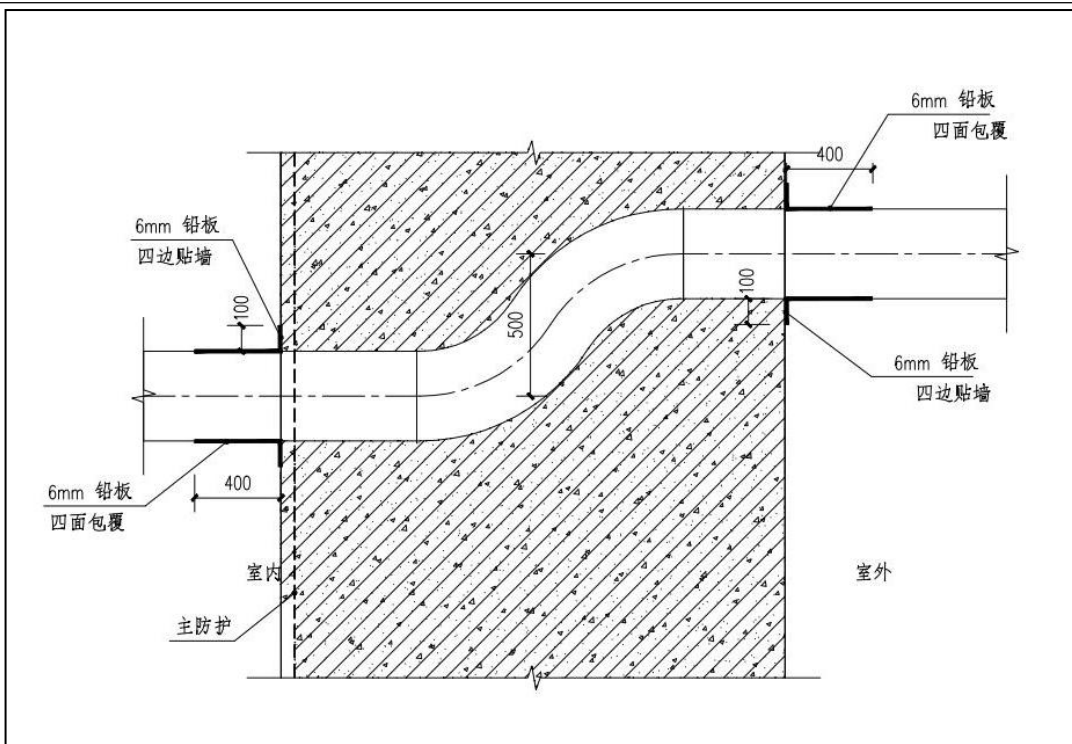


图 10-2 风管道穿墙示意图

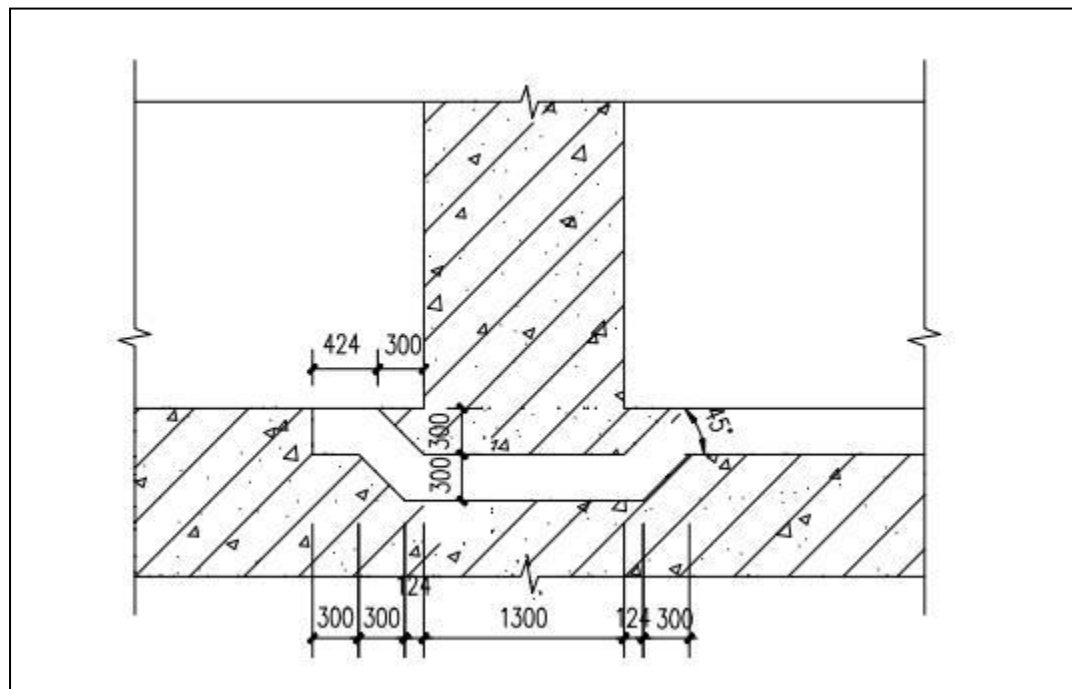


图 10-3 电缆沟穿墙示意图

(三) 直线加速器的辐射防治措施

1、辐射防护措施

(1) 操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与治疗室之间以墙体隔开，技师在控制室操作。

(2) 操作台控制：防止非工作人员操作的锁定开关。

(3) 联锁装置

①**门-机联锁**：加速器治疗室铅门要与出束联锁，屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

②**门-灯联锁**：加速器治疗室铅门与工作状态显示联锁，加速器治疗室防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

(4) **紧急止动装置和紧急开门按钮**：除了加速器治疗床、加速器主机上、控制台上自带的紧急止动按钮外，治疗室非主射墙面上（2个）、迷道墙上（1个）、控制室墙上（1个）均设置有中文标识的紧急停机开关，误入人员按动紧急停机开关就能使加速器停机；迷道出口处设置中文标识的紧急开门按钮（1个），按钮高度 1.5m。

(5) **视频监控、对讲装置**：治疗室内拟安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监控观察治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与治疗室内患者联系。治疗室内四周墙体（3个）、迷道口（1个）、控制室（1个）均安装有监控装置，保证治疗室内监控全覆盖，无监控死角，如图 11-3 所示。

(6) **工作状态显示及警示标识**：加速器治疗室铅门上设置明显的电离辐射警告标志，出入口应有工作状态显示、声音、光电等警示措施。

(7) 在加速器治疗室墙上安装固定式剂量报警装置（1个）（带剂量显示功能），探头安装在治疗室迷道内墙上，只要迷道内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警。

(8) **时间防护**：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与治疗室的近距离接触时间。

(9) **个人防护**：加速器治疗室的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值的自动报警仪。

(10) 加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

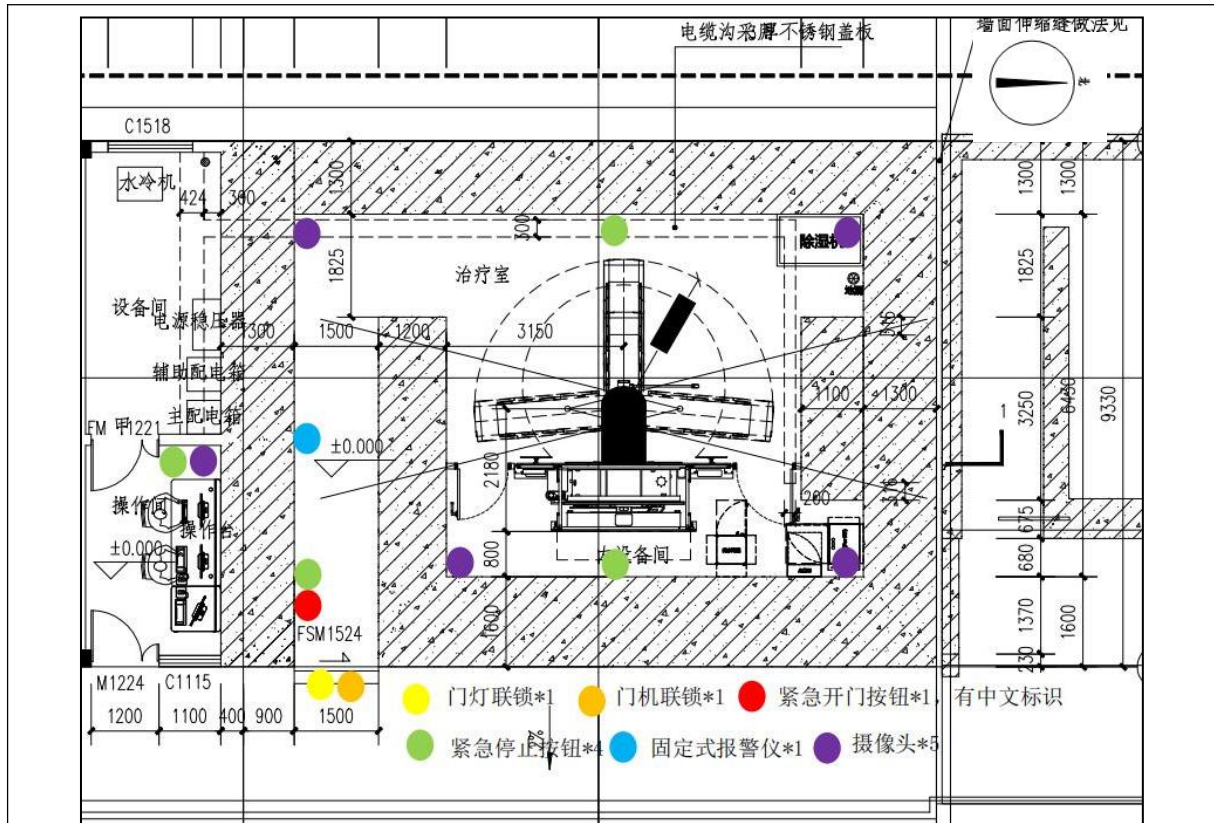


图 10-4 直线加速器治疗室设备示意图

2、直线加速器设备固有安全性分析

(1) 加速器只有在通电开机时才有 X 射线产生，断电停机即停止出束；通过多叶准直器定向出束，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽。

(2) 条件显示联锁：当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

(3) 控制台上蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

(4) 治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急止动按钮。

(5) 有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

从加速器固有安全性能可以看出，加速器在防止事故发生方面，设有相应措施。只要操作人员按照加速器说明书要求严格执行，就能够减少 X 射线对人员的辐射危害，降低辐射事故的发生率。

3、加速器治疗项目对患者的防护要求

在满足治疗和诊断要求前提下，根据治疗和诊断要求以及病人实际情况制定最优化的治疗、诊断方案，减少工作人员所受剂量，也保护患者受到多余剂量的照射。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“医疗防护最优

化”的要求，医院制定《治疗照射最优化方案》需要包括以下内容：

(1) 医用放射性设备要求：医疗照射的系统应当可及时发现系统内单个部件的故障，以使对患者的任何非计划医疗照射减至最小，并有利于尽可能避免或减少人为失误。医院同时应在设备供货方的合作下，使设备时刻处于安全状态。

(2) 操作要求：应按照电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）的要求完善对婴儿及孕妇的防护。

(3) 医疗照射的质量保证：医院按要求在放射治疗中配备了相应的治疗医生、物理师、技师等，并制定了质量保证大纲（方案）。

对病人的防护措施，应做到：

①根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定最佳治疗计划。

②在保证肿瘤得到足够精确致死剂量使其得以有效抑制或消除的前提下，按病变情况，采用适当技术措施，保护照射野以外的正常组织和器官，使受照剂量尽可能小，以获取尽可能大的治疗效果。

③定期对治疗中患者进行检查和分析，根据病情变化需要，调整治疗计划，密切注意体外放疗中出现的放射反应和可能出现的放射损伤，采取必要的医疗保护措施。

④在治疗过程中，医院应当为患者穿戴合适的防护用品（如铅衣、铅围裙），采用体模或面模固定病人，制作铅挡块，对敏感器官和组织进行屏蔽防护。

⑤患者治疗过程中详细记录设备运行情况，发现异常，分析产生原因并及时修正。

⑥照射过程中，通过电视监视病人，发现异常应立即停止照射，继续治疗时应重新设定。

⑦严禁患者治疗完后在治疗场所逗留。

医院需制定《治疗照射最优化方案》，并严格按照该规程操作；在每次治疗之前，医院应告知病人本次治疗或诊断所受到的辐射剂量率水平，尊重患者及其家属享有的知情权。

四、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
----	-------	------	--------

实体防护	屏蔽体加厚	本次拆除原屏蔽墙体厚新建	/
	铅防护门	本次新增	/
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	仪器自带	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	仪器自带	/
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	本次新增	/
警示装置	入口电离辐射警示标志	本次新增	/
	入口加速器工作状态显示	本次新增	/
	治疗室内准备出束音响提示	仪器自带	/
	控制台上蜂鸣器	仪器自带	/
紧急设施	中文标识的紧急停机按钮	本次新增	治疗室非主射墙面上（2个）、迷道墙上（1个）、控制室墙上（1个），高度 1.5m
	监控、对讲装置	本次新增	保证治疗室全覆盖
	固定式剂量报警装置	本次新增	带剂量显示功能（1个），探头安装在治疗室迷道内墙上（靠近防护门）
	中文标识的紧急开门按钮	本次新增	迷道出口处的铅门内侧（1个）墙上，按钮高度 1.5m
监测设备	便携式辐射监测仪器	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	个人剂量计	利旧	/
防护设施	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	本次新增	铅橡胶铅衣、铅手套、铅围裙等
其他	通风系统	本次新增	/

五、环保设施及投资分析

本项目总投资***万元，其中环保投资***万元，占总投资约***%。具体环保设施及投资见下表。

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）	备注
实体防护	本次拆除原屏蔽墙体厚新建	1套	***	计入主体工程
	铅防护门	1扇	***	本次新增
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	***	/

	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	***	/
	条件显示联锁、控制超剂量联锁装置、时间控制联锁	设备自带	***	/
	门机联锁、门灯联锁	1套	***	本次新增
警示装置	入口电离辐射警示标志	1个	***	本次新增
	入口加速器工作状态显示	1个	***	
	治疗室内准备出束音响提示	设备自带	***	/
	控制台上蜂鸣器	设备自带	***	/
紧急设施	治疗室内有中文标识的紧急停机按钮	4个	***	本次新增
	监控、对讲装置	5个	***	
	有中文标识的紧急开门按钮	1个	***	
监测设备	便携式辐射监测仪	1个	***	本次新增
	个人剂量报警仪	1个	***	
	个人剂量计	7套	***	利旧
	固定式辐射监测仪	1个	***	本次新增
防护器材	通风系统	1套	***	本次新增
	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1套	***	本次新增
人员培训	辐射工作人员再培训	/	***	/
监测	辐射工作场所年度监测费用	/	***	/
合计		/	29.2	***

今后在实践中，医院应根据国家发布的法规内容，结合自身实际情况对环保设施做相应补充，使之更能满足实际需要和法规要求。

三废的治理

一、废气

施工期产生的废气主要是施工扬尘，通过对施工范围、施工时间段的控制以及施工现场管理等手段，降低对环境的影响。运营期产生的废气主要为臭氧。

本项目治疗室风机排风量为1800m³/h，治疗室体积为150m³(6.3m×6.43m×3.7m，不含迷道)，则治疗室每小时通风频率约12次/小时，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中放射治疗机房内换气次数不少于4次/h的要求。

本项目产生的臭氧通过排风系统排口(高出放射治疗中心顶部，并安装防雨风帽)排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(0.20mg/m³)要求。

二、固废

施工过程中固体废物主要为废弃材料、装修垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的建筑材料、建筑垃圾等，按要求进行分类收集，统一处理；施工人员产生的生活垃圾统一收集后送城市环卫部门处理。

直线加速器治疗时不产生固体废物；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

三、废水

施工期生活污水依托医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网。

营运期不产生医疗废水，加速器冷却水循环使用，辐射工作人员产生的生活污水依托医院现有污水处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的预处理排放标准后排入市政污水管网。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

一、土建、装饰施工的环境影响分析

本次评价的加速器治疗室是将原有模拟机房和后装机房屏蔽体拆除后新建，会产生一定扬尘、噪声、固体废物、装修中产生的废气以及施工人员的生活垃圾和生活污水。在施工期应重点做好以下工作：

扬尘的防治措施：项目通过施工现场封闭施工和采取洒水等措施来进行控制；

废水防治措施：项目生活污水经医院污水处理系统，施工废水沉淀后循环使用；

废气防治措施：项目施工现场封闭施工，施工现场及时清理，通风换气等措施；

噪声防治措施：选用低噪声设备，合理安排施工时间；

固废防治措施：施工垃圾由施工单位集中收集到指定地点进行处理，生活垃圾依托环卫部门统一清运。

治疗室施工质量的要求：①根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011），本项目治疗室在施工期间需做到，治疗室墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8，混凝土密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；穿过加速器治疗室墙体的各种管道、电缆、进、排风口在主屏蔽墙以外的墙体贯穿，贯穿口采用斜穿方式，并进行相应的屏蔽补偿。

②结合《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）4.8.8：防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分需大于“门—墙”间隙的 10 倍。

③穿过治疗室墙体的各种管道、电缆不影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，开孔处需做铅屏蔽补充措施，且不得正对工作人员经常停留的地点。

医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目医用电子直线加速器的安装调试阶段，会产生X射线，造成一定的辐射影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

本项目直线加速器运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在射线装置运输、安装、调试过程中，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，在运输设备和治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线源开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在治疗室入口等关键处设置醒目的警示牌；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守；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；人员离开时运输设备车辆和治疗室上锁并派人看守。

由于各设备的安装和调试均在治疗室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。

医院强化施工期环境管理，严格落实施工期各项环保措施，采取有效措施，尽可能减缓施工期对环境产生的影响。

运行阶段对环境的影响

本项目拟安装 1 台 6MV 医用电子直线加速器（属于 II 类射线装置，厂家联影，型号 uRT-linac 306）。在营运中的主要危害有 X 射线。治疗室内的空气还会受 X 射线作用电离而产生臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一，故本报告表中不对其进行评述。此外，采用专用排风系统强制换气，产生噪声。

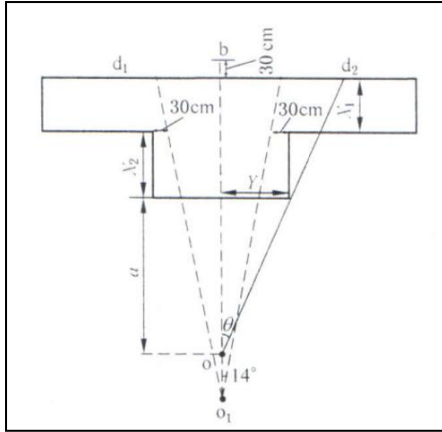
以下就 6MV 直线加速器运营中产生的 X 射线、臭氧和噪声的影响进行预测评价。

（一）6MV 加速器 X 射线环境影响分析

1、加速器治疗室主屏蔽区宽度校核

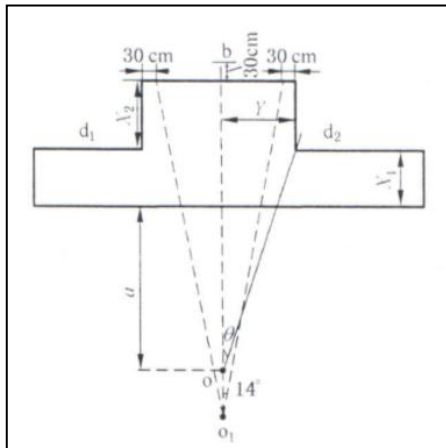
6MV 直线加速器治疗室，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。6MV 直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011）附录 D，加速器主屏蔽区宽度计算仅为以下一种情况，对应的主屏蔽半宽度 Y 的计算公式如下：



主屏蔽区内凸

$$Y = (100 + a + X_2) \text{tg}14^\circ + 30$$



主屏蔽区外凸

$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \text{tg}14^\circ + 30$$

因此对应的主屏蔽区宽度校核见表 11-1。

表 11-1 本项目 6MV 加速器治疗室主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	主屏蔽区宽度设计值(m)	结论
距北墙主屏蔽墙体 3.15	$2 \times [(1+3.15+1.1)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.2$	3.25	满足 要求
距南墙主屏蔽墙体 3.15	$2 \times [(1+3.15+1.1)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.2$	迷道内墙 4.6	
距顶部主屏蔽墙体 2.42	$2 \times [(1+2.42+1.5+1.2)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.65$	4.5	

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，防止安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

2、6MV 加速器治疗室关注点设立及剂量率参考水平

(1) 加速器治疗室关注点设立

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)，在本项目加速器治疗室外各设定了关注点。从保守角度出发，在加速器治疗室的设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况对治疗室进行辐射屏蔽核算。

本项目加速器治疗室的关注点设定及主要照射路径示意图（水平方向）见图 11-1，照射路径示意图（垂直方向）见图 11-2。由于加速器治疗室下方没有其他楼层，所以地面的防护不予考虑。

图 11-1 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（平面）

图 11-2 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（剖面）

表 11-2 治疗室外关注点布置

点位编号	位置	对应场所	受照类型	照射途径	射线路径
a	南墙主屏蔽墙外 30cm 处	设备间	职业	有用线束	$O_2 \rightarrow a$
b	北墙主屏蔽墙外 30cm 处	机房	公众	有用线束	$O_1 \rightarrow b$
c	南墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙（迷道外墙）30cm 处	设备间	职业	泄漏辐射	$O \rightarrow c$
				散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow c$
d1	北墙北侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	钴 60 机房	公众	泄漏辐射	$O \rightarrow d1$
				散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d1$
d2	北墙南侧与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	钴 60 机房	公众	泄漏辐射	$O \rightarrow d2$
				散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow d2$
e	东墙外 30cm 处	过道	公众	泄漏辐射	$O \rightarrow e$
f	西墙外 30cm 处	山坡（泥土）	/	泄漏辐射	$O \rightarrow f$
g	迷道入口 30cm 处	过道	公众	泄漏辐射	$O_1 \rightarrow g$
				散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow i \rightarrow g$
m	顶部主屏蔽墙外 30cm 处	停车场	公众	有用线束	$O_3 \rightarrow m$
m1	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处	停车场	公众	泄漏辐射	$O \rightarrow m1$
				散射辐射	$O_3 \rightarrow O \rightarrow m1$

(2) 剂量率参考水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）、《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011），治疗室外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：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，可以依照附录 A，由式中周剂量参考水平（ H_c ）求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

a.有用线束： $H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$(式 11-1)

式中：

$H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平，本报告提出剂量管理约束值为职业人员 5mSv/a 、公众 0.1mSv/a ，年工作 48 周，则职业人员 $H=104\mu\text{Sv/周}$ 、公众 $H=2.08\mu\text{Sv/周}$ ；

U —关注位置方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —周治疗照射时间， h 。根据建设单位提供的信息该建设项目加速器预计工作量：每年 48 周，每周 5 天，每天治疗 75 人次，每人每次出束治疗时间最多为 1.0min（不含摆位时间），日出束时间 1.25h，年出束时间为 300h，可得周照射时间 $t=6.25h$ 。

b.单一泄漏辐射： $H_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T)$(式11-2)

式中： N —调强治疗时用于漏射辐射的调强因子，取 5。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平（ H_e ）。

为确保辐射安全，本次评价各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e, max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

居留因子按照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）附录 A.1 不同场所的居留因子选取，具体数值见表 11-3。

表 11-3 居留因子的选取

场所	居留因子		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制室、护士站、咨询台、有人护理的诊室及周边建筑物中的驻留区；
部分停留	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；
偶然停留	1/16	1/8~1/40	1/8：各治疗室房门； 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。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射。根据 GBZ/T201.2-2011 中附录 A2.2 复合辐射，导出剂量率参考控制水平 $H_{c,a}$ 需考虑加速器的泄漏辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射，其中患者散射导出剂量率参考控制水平为 $H_{c,max}$ 的一半；泄漏辐射导出剂量参考控制水平为公式(11-2) 计算结果的一半，二者之和为该关注点的导出剂量率参考控制水平。

本次评价各关注点（除迷道门外 $H_{c,max}$ 取 $0.625\mu\text{Sv/h}$ ）的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ 均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；根据 4.3.2.5.2c，迷道门外关注点（g 点）的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数（应小于 1/4），因此取 $0.625\mu\text{Sv/h}$ 。由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表 11-4 治疗室外各关注点剂量率参考控制水平

关注点	受照类型	照射途径	使用因子	居留因子	$H_{e,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	关注点的剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	本项目剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)
a	职业	有用线束	1/4	1	64.00	2.5	2.5
b	公众	有用线束	1/4	1/2	2.56	2.5	2.5
c	职业	泄漏辐射、 散射辐射	1	1	2.85	2.5	2.5
d1	公众	泄漏辐射、 散射辐射	1	1/2	1.31	2.5	1.31
d2	公众	泄漏辐射、 散射辐射	1	1/2	1.31	2.5	1.31
e	公众	泄漏辐射	1	1/4	0.26	2.5	0.26
f	/	泄漏辐射	1	1/16	100	100	100
g	公众	泄漏辐射、 散射辐射	1	1/4	1.38	0.625	0.625
m	公众	有用线束	1/4	1/16	20.48	2.5	2.5
m1	公众	泄漏辐射、 散射辐射	1	1/16	1.76	2.5	1.76

注：本项目医用电子直线加速器主射束方向朝向北部、南部、顶部、底部。根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.1-2011），偏安全考虑，有用线束方向使用因子 U 保守取 1/4，仅涉及泄漏辐射的方向 U 取 1。关注点 f 无人到达，参照“对不需要人员到达并只有借助工具才能进入

的治疗室顶，治疗室顶外表面 30cm 处的剂量率参考水平可按 100 μ Sv/h 加以控制。”

3、6MV 加速器治疗室屏蔽体厚度校核

(1) 主屏蔽区、迷道内墙和外墙厚度校核

利用 GBZ/201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷道外墙、迷道内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按下式进行计算。

$$B = \frac{He}{H_0} \cdot \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots (式 11-3)$$

$$Xe = TVL \cdot \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots (式 11-4)$$

$$X_1 = Xe \cos \theta \dots\dots\dots (式 11-5)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

He—剂量率参考控制水平， μ Sv/h；

H₀—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， μ Sv·m²/h，

本项目为 8.4×10⁸ μ Sv·m²/h（最高剂量率为 14Gy/min）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）；

θ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

TVL₁（cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，本项目 TVL₁、TVL 取值见下表 11-4；

Xe—墙体有效屏蔽厚度，cm；

X₁—墙体屏蔽厚度，cm。

表 11-5 加速器治疗室主屏蔽区、侧墙厚度校核

参数	主屏蔽区	主屏蔽区	主屏蔽区	迷路入口 g 点	东墙侧屏蔽墙 e 点	西墙侧屏蔽墙 f 点
	南墙 a 点	北墙 b 点	屋顶 m 点			
He (μ Sv/h)	2.5	2.5	2.5	0.625	0.26	100
R (m)	7.45	6.3	5.42	6.5	4.88	5.05
H ₀ (μ Sv·m ² /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	1	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
B	1.65E-07	1.18E-07	8.74E-08	3.14E-05	7.37E-06	3.04E-03
TVL ₁ (cm)	37	37	37	34	34	34

TVL (cm)	33	33	33	29	29	29
Xe (cm)	227.8	232.6	236.9	135.6	153.8	78.0
斜射角 θ (°)	0	0	0	30	0	0
X1 (cm)	227.8	232.6	236.9	117.4	153.8	78.0
设计厚度 (cm)	120cm 混凝土+130cm 混凝土	240cm 混凝土+35cm 混凝土 (相邻后装机墙体厚度)	270cm 混凝土	120cm 混凝土	160cm 混凝土	130cm 混凝土
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011, 对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用, 分别计算其所需屏蔽厚度, 取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3~11-5 进行计算, 散射辐射的透射因子按式 11-4~11-6 进行计算 (TVL₁ (cm) 和 TVL (cm) 为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。

$$B_1 = \frac{H_c \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots\dots\dots \text{式(11-6)}$$

式中: α_{ph} —患者 400cm² 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 400cm² 面积上的散射因子, 查 GBZ/T201.2-2011 附录 B.2 可得;

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm² ;

表 11-6 加速器治疗室与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射、散射辐射屏蔽厚度核算

参数	南墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 c		北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d1		北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d2		屋顶 m1	
	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	散射辐射	漏射辐射	患者一次散射辐射
H _c (μSv/h)	1.6	1.25	0.06	1.25	0.06	1.25	0.51	1.25
R (m)	8.4	8.4	7.0	7.0	7.0	7.0	6.3	6.3
H ₀ (μSv·m ² /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/	10 ⁻³	/
α_{ph}	/	2.77E-03	/	2.77E-03	/	2.77E-03	/	2.77E-03
透射因子 B	1.34E-04	9.48E-06	3.50E-06	6.58E-06	3.5E-06	6.58E-06	2.4E-05	5.33E-06
TVL ₁ (cm)	34	26	34	26	34	26	34	26
TVL (cm)	29	26	29	26	29	26	29	26
Xe (cm)	117.3	130.6	163.2	134.7	163.2	134.7	138.9	137.1

斜射角 θ (°)	30	30	30	30	30	30	30	30
X1 (cm)	101.6	113.1	141.4	116.7	141.4	116.7	120.3	118.7
设计屏蔽厚度 (cm)	130cm 混凝土		130cm 混凝土+35cm 混凝土 (相邻后装机墙体厚度)		130cm 混凝土+30cm 混凝土 (相邻后装机墙体厚度)		150cm 混凝土	
设计是否满足要求	满足		满足		满足		满足	

注:①对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射、散射辐射所需屏蔽厚度核算时,剂量率参考控制水平取主屏蔽方向的一半;

②当未说明 TVL1 时, TVL1=TVL。

(3) 防护门铅厚度 (X) 校核

根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分:电子直线加速器放射治疗治疗室》(GBZ/T201.2-2011),防护门铅厚度校核公式为:

$$X=TVL \cdot \log B^{-1} \dots\dots\dots \text{(式 11-7)}$$

$$B=(H_c-H_{og})/H_g \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

$$H_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

式中:

X—防护门铅当量厚度, mm;

TVL—单位 mm,根据(GBZ/T201.2-2011)中 5.2.6.1 c)可知,入口处散射辐射能量约为 0.2MeV,对应的铅 TVL 取值为 5mm;

B—辐射屏蔽透射因子;

H_c —关注点处的剂量率参考控制水平;根据 4.3.2.5.2c,迷道门外关注点(g 点)的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数(应小于 1/4),因此取 0.625 μ Sv/h。。

H_{og} — O_1 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在防护门外的控制剂量率, μ Sv/h;

H_g —g 处的散射辐射剂量率, μ Sv/h;

α_{ph} —400cm² 面积上的散射因子,取 45°散射角的值 1.39 $\times 10^{-3}$;

α_2 —墙入射的患者散射辐射因子,患者一次散射角为 45°,墙入射角为 45°,墙散射角近似按 0°计算,查得混凝土墙 45°入射、0°散射、1m²的散射因子 $\alpha_2=6.4 \times 10^{-3}$ (查附录 B 表 B.6);

A—散射面积, m²;经计算本项目为 1.5 $\times 3.7=5.55$ m²;

R_1 —第一次散射路径; $R_1=5.6$ m;

R_2 —第二次散射路径; $R_2=8.2$ m;

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm²；本项目等中心处最大治疗野为40cm×40cm=1600 cm²；

经计算：H_g=78.67μSv/h，B=1.68×10⁻³

最终得到防护门的铅当量厚度为：

X=TVL·logB⁻¹=13.87mm。

由理论计算可知，治疗室入口铅钢防护门屏蔽厚度为13.87mm，实际设计为15mm，可满足屏蔽要求。

小结：经过对治疗室主屏蔽体宽度校核，直线加速器治疗室墙体厚度、迷道厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。

4、电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

根据《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011），本项目医用电子直线加速器在运行过程中对关注点处人员产生的最大剂量可根据以下公式进行计算：

主射线束和泄漏辐射剂量估算（式中各符号含义同前文）：

$$H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-10）}$$

$$B = 10^{-\frac{(Xe+TVL-TV L_1)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{（式 11-11）}$$

$$Xe = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{（式 11-12）}$$

患者一次散射辐射剂量估算

$$H_{散} = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-13）}$$

治疗室迷道入口处 X 射线散射辐射剂量率 H_g

$$H_g = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

$$H_c = H_g 10^{-\frac{X}{TVL}} + H_{og} \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

由式 11-14 估算各关注点的年剂量：

$$E = H \cdot 10^{-3} \cdot q \cdot h \cdot W_T \dots\dots\dots \text{（式 11-16）}$$

式中：

H—关注点的剂量当量 ($\mu\text{Sv/h}$);

E—关注点的年剂量 (mSv/a);

h—工作负荷 (h/a);

q—居留因子;

W_T —组织权重因数, 全身为 1。

由此估算的主射线束和泄漏辐射对各关注点产生的剂量见表 11-7, 由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-8, 治疗室迷道入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-9。

表 11-7 加速器主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区南墙 a 点	主屏蔽区北墙 b 点	主屏蔽区屋顶 m 点	迷道入口处 g 点	东墙侧屏蔽墙 e 点	西墙侧屏蔽墙 f 点	南墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 c	北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d1	北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d2	屋顶 m1
设计屏蔽体厚度 X (cm)	120cm 混凝土 +130cm 混凝土	240cm 混凝土 +35cm 混凝土 (相邻钴 60 机房墙体厚度)	270cm 混凝土	120cm 混凝土	160cm 混凝土	130cm 混凝土	130cm 混凝土	130cm 混凝土 +35cm 混凝土 (相邻钴 60 机房墙体厚度)	130cm 混凝土 +30cm 混凝土 (相邻钴 60 机房墙体厚度)	150cm 混凝土
斜射角 θ	0	0	0	30°	0	0	30°	30°	30°	30°
Xe (cm)	250	275	270	138.6	160.0	130.0	150.1	190.5	184.8	173.2
TVL ₁ (cm)	37	37	37	34	34	34	34	34	34	34
TVL (cm)	33	33	33	29	29	29	29	29	29	29
透射因子 B	3.51E-08	6.14E-09	8.70E-09	2.48E-05	4.52E-06	4.89E-05	9.91E-06	4.00E-07	6.33E-07	1.58E-06
H ₀ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
f	1	1	1	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
R (m)	7.45	6.3	5.42	6.5	4.88	5.05	8.4	7.0	7.0	6.3
剂量当量 Hc ($\mu\text{Sv/h}$)	5.31E-01	1.30E-01	2.49E-01	4.93E-01	1.59E-01	1.61E+00	1.18E-01	6.87E-03	1.09E-02	3.35E-02
工作负荷 (h)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
居留因子 (q)	1	0.5	0.0625	0.25	0.25	0.0625	1	0.5	0.5	0.0625
年剂量 E (mSv/a)	1.59E-01	1.95E-02	4.66E-03	3.70E-02	1.20E-02	3.02E-02	3.54E-02	1.03E-03	1.63E-03	6.29E-04

受照类型	职业	公众	公众	公众	公众	公众	公众	公众	公众	公众
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

表 11-8 加速器治疗室患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区			
	南墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 c	北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d1	北墙与主屏蔽区相连的次屏蔽墙 d2	屋顶 m1
屏蔽厚度 X (cm)	130cm 混凝土	130cm 混凝土+35cm 混凝土 (相邻钴 60 机房墙体厚度)	130cm 混凝土 +30cm 混凝土 (相邻钴 60 机房墙体厚度)	150cm 混凝土
斜射角 θ	30°	30°	30°	30°
Xe (cm)	150.1	190.5	184.8	173.2
TVL (cm)	26	26	26	26
透射因子 B	1.68E-06	4.70E-08	7.84E-08	2.18E-07
H ₀ (μ Sv.m ² /h)	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08	8.40E+08
α_{ph}	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03	2.77E-03
F(cm ²)	40×40	40×40	40×40	40×40
R (m)	8.4	7.0	7.0	6.3
剂量当量 Hc(μ Sv/h)	8.89E-03	8.93E-03	1.49E-02	5.11E-02
工作负荷 (h)	300	300	300	300
居留因子 (q)	1	0.5	0.5	0.0625
年剂量 E(mSv/a)	2.67E-03	1.34E-03	2.23E-03	9.58E-04
受照类型	公众	公众	公众	公众

表 11-9 加速器治疗室迷道入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	治疗室迷道入口处 (防护门外、关注点 g)
治疗室入口处的散射辐剂量率 H _g (μ Sv/h)	78.6
屏蔽厚度 X (mm)	15
剂量当量 H _c (μ Sv/h)	9.61×10 ⁻²
TVL (mm)	5
工作负荷 (h)	300
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	7.21×10 ⁻³
受照类型	公众

由于南墙 c 点、北墙 d₁ 点、d₂ 点和屋顶 m₁ 既要受 X 射线漏射影响，亦要受治疗室患者一次散射影响，通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示：

表 11-10 c、d₁、d₂、m₁ 关注点剂量叠加结果

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区			
	东墙南侧 c 点	西墙南侧 d1 点	西墙北侧 d2 点	屋顶 m1
漏射影响 (mSv/a)	3.54E-02	1.03E-03	1.63E-03	6.29E-04

散射影响 (mSv/a)	2.67E-03	1.34E-03	2.23E-03	9.58E-04
年剂量 (mSv/a)	3.81E-02	2.37E-03	3.86E-03	1.59E-03
受照类型	公众	公众	公众	公众

5、直线加速器治疗室对保护目标辐射影响分析

本项目加速器治疗室周围保护目标最大年附加有效剂量如下表所示：

表 11-11 直线加速器治疗室对保护目标辐射影响分析

场所	保护名单	人数	方位	距离 (m)	位置	剂量当量 H 预测结果(μSv/h)	工作负荷(h/a)	居留因子	附加有效剂量 预测结果 mSv/a
加速器治疗室	职业人员	7	南侧	7.45~15	控制室、水冷机房设备间等（关注点 a）	5.31E-01	300	1	1.59E-01
	公众	1~20		15~50	医院道路	1.31E-01	300	1/4	9.83E-03
		1~20	北侧	6.3~16	钴 60 机房	1.30E-01	300	1/2	1.95E-02
		1~20		16~35	直线加速器机房及配套用房	2.01E-02	300	1/2	3.02E-03
		1~100		35~50	放射大楼	4.21E-03	300	1/4	3.16E-04
		1~20	西北侧	16~40	医院道路	2.01E-02	300	1/4	1.51E-03
		约 200		40~50	家属楼	3.22E-03	300	1	9.66E-04
		1~20	西侧	6~20	医院道路	1.14E+00	300	1/4	8.56E-02
		约 200		20~50	内科大楼	1.03E-01	300	1/4	7.71E-03
约 50	楼顶	5.5		停车场	2.49E-01	300	1/16	4.66E-03	

注：环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值。

本项目经直线加速器治疗室的实体防护后，保护目标职业人员受年附加有效剂量最大为 0.159mSv，周围保护目标公众受年附加有效剂量最大为 8.56×10^{-2} mSv，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

从上述预测结果可以看出，本项目辐射工作场所的墙体、门满足辐射防护的要求。

（二）臭氧环境影响分析

本项目 6MV 直线加速器治疗室内空气中的氧受 X 射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_o = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_o \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式 (11-17)}$$

式中：

Q_o —臭氧产率 mg/h；

G —射束在距离源点 1m 处的剂量率 Gy.m²/h，取 840；

S_o —射束在距离源点 1m 处的照射面积 m²，本项目取 0.16

R —射束径迹长度 m，取 1；

g —空气每吸收 100eV 辐射能量产生 O₃ 的分子数，本项目取 10。

经计算，直线加速器治疗室臭氧产额为 8.736mg/h。

室内臭氧饱和浓度由下式计算：

$$C = Q_o \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{式 (11-18)}$$

式中：

C —室内臭氧浓度，mg/m³；

Q_o —臭氧产额 8.736mg/h；

T_v —臭气有效清除时间，h；

V —治疗室空间体积，直线加速器治疗室体积 150m³；

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots \text{式 (11-19)}$$

t_v —每次换气时间，0.08h；

t_a —臭氧分解时间，取值为 0.83h。

本项目治疗室风机排风量为 1800m³/h，治疗室体积为 150m³（6.3m×6.43m×3.7m，不含迷道），则治疗室每小时通风频率约 12 次/小时，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。治疗室内每次换气时间为 5min，则加速器治疗室内臭氧浓度为 4.25×10⁻³mg/m³，满足《环境空气质

量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

通排风系统：加速器治疗室配置有通排风系统，治疗室吊顶层南侧设有3个进风口，治疗室北侧墙角距地约30cm的位置设置1个排风口，进风口和排风口对角设置。臭氧经排风系统引至放射治疗中心屋顶排放，排风口设置防雨风帽。在风管穿墙位置采用6mm铅板包裹，防止射线外漏。

本项目产生的臭氧通过排风系统排口（高出放射治疗中心顶部，并安装防雨风帽）排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

（三）噪声的环境影响分析

6MV 直线加速器风机工作时将产生一定的噪声，本项目 6MV 直线加速器采用 1 台风机，其排风量为 $1800\text{m}^3/\text{h}$ 、噪声源强为 65dB（A），由于风机经距离衰减与墙体隔声后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

（四）射线装置报废

模拟定位机房内的模拟定位机在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线管），确保装置无法再次组装通电使用，并按照国有资产和生态环境主管部门的要求，履行相关报废手续。

事故影响分析

一、事故影响评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、运营期间可能发生的事故（一般不包括自然灾害与人为破坏），引起有毒、有害（本项目为电离辐射）物质泄漏，所造成的环境影响程度和人身安全损害程度，并提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使项目事故发生率、损失和环境影响达到可以接受的水平。

二、事故影响识别

直线加速器不运行时不存在放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，直线加速器运行时会产生X射线、臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影

响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为X射线。

只有当医用电子直线加速器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，而且最大可能的事故主要有两种：

- ①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器治疗室；
- ②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员超剂量照射。

三、源项分析及事故等级分析

按照国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-12中。

表 11-12 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-13。

表 11-13 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

四、后果计算

本次评价直线加速器进行事故分析，在其治疗过程中，其它无关人员误入或滞留机房内为例进行事故后果计算。

1、事故情景假设

①在对病人进行治疗时，6MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值14Gy/min，假设考虑有人员误入治疗室，且无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的主射方向，每次误入照射时间不超过10s（考虑的是人员紧急情况下按安全装置的反映时间）。

②在维修人员进行检修时，检修人员佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动医用直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于医用直线加速器主射束方向，检修人员被误照射开始至听到报警仪报警关闭医用直线加速器，停止出束的时间为10s（考虑的是人员紧急情况下按安全装置的反映时间）。

2、后果计算与分析

表 11-14 医用直线加速器事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

距离（m） 时间（s）	1	2	5	7	10
1	233.33	466.67	1166.67	1633.33	2333.33
2	58.33	116.67	291.67	408.33	583.33
3	25.93	51.85	129.63	181.48	259.26
4	14.58	29.17	72.92	102.08	145.83
5	9.33	18.67	28.00	65.33	93.33

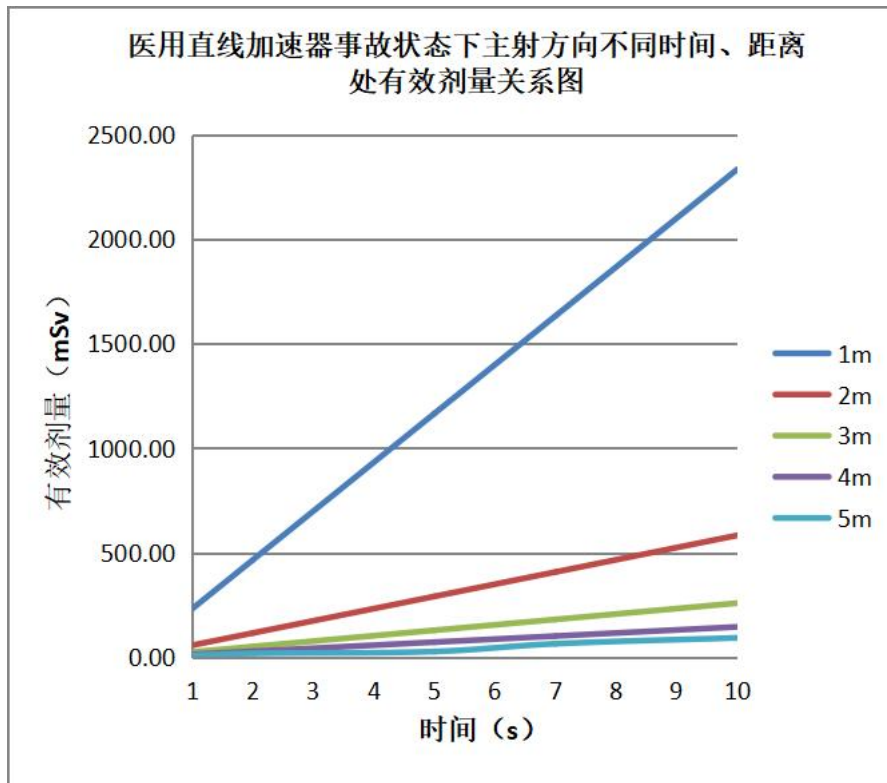


图 11-3 事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量关系图

由上表和上图可知，在以上假设事故情景下，误入人员或维修人员在主射束方向 1m 处，受照射时间 1s，所受有效剂量为 0.23Sv/次，属于一般辐射事故；误入人员或维修人员在主射束方向 1m 处，受照射时间 10s，所受有效剂量为 2.33Sv/次，根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），可能会发生中度骨髓型急性放射病，属于较大辐射事故。

五、事故后果综述

综上所述，若本项目发生辐射事故，最大可能为较大辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故，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。

六、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

①直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器治疗室。

应对措施：加速器自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；安装有两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；有门机安全联锁，治疗室门关闭后辐射才能启动。

②医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射；

应对措施：加速器的控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

③维修人员在维修时，位于主射束方向受到超剂量照射；

应对措施：检修人员在检修时，需佩戴个人剂量计和剂量报警仪，按规程进行检修，尽量避免处在直线加速器主射束方向，加速器的控制台上应有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，发生辐射事故时，医院应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门，生态环境主管部门接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，控制并消除事故影响，同时将辐射事故信息报告本级人民政府和上级人民政府生态环境主管部门。县级以上地方人民政府及其有关部门接到辐射事故报告后，应当按照事故分级报告的规定及时将辐射事故信息报告上级人民政府及其有关部门。

七、事故综合防范应对措施

医院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，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，医院方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作。

②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗。

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施。

④制定医院事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

一、辐射安全与环境保护小组

攀钢集团总医院已成立辐射安全与环境保护管理领导小组（攀钢集团总医行[2020] 146 号，附件 9），负责全院的辐射安全管理工作。

领导小组成员：

组长：***

副组长：***

成员：***

小组下设办公室于医学装备部，负责日常放射事故管理工作。

联系人：***

领导小组及专职人员职责：

①开展放射与辐射源法律法规及防护知识培训教育，促使放射与辐射工作人员懂得法律法规、防护知识、规章制度、操作规程，保证安全使用。

②建立健全各项管理制度。

③定期开展放射源检查，对存在的安全隐患督促整改。

④定期对放射与辐射使用单位的现场情况进行检查，对不认真执行制度的单位和个人进行教育和处罚。

⑤放射与辐射设备的使用、拆除、保管及其他方式的处理事宜由领导管理小组决定。

⑥每年对放射线同位素、射线装置的安全和防护状况进行评估，对辐射工作场所进行监测，发现隐患及时组织整改。

⑦监督放射性废物的收集与处理、不安全隐患的查处、发生事件的报告及协助调查等处理工作。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①人员配置

本项目共配备辐射工作人员共 7 名，医生 3 名、技师 2 名、护士 2 名，均从已有辐射工作人员中进行调剂，不新增辐射工作人员，调配人员不再从事原辐射相关工作，定岗定责，不存在剂量叠加。

②本项目配备的7名辐射工作人员均参加了四川省环境保护厅组织的辐射安全培训，并取得了合格证书（见附件7）。

③医院已定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且建立了辐射工作人员个人剂量档案管理，辐射工作人员个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，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（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

③个人剂量档案管理人员应将每季度的检测结果告知辐射工作人员，如发现结果异常，将在第一时间通知相关人员，查明原因并解决发现的问题。

辐射安全档案资料管理和规章管理制度

一、档案管理分类

医院建立有较为完整的辐射安全档案，根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函〔2016〕1400号)要求，将档案资料按照：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”八大类管理。

医院辐射档材料还应包括环保部门现场检查记录及整改要求落实情况，以及放射诊疗期间射线装置异常情况说明及其它需要记录的有关情况。

二、辐射安全管理规章制度

1、根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函〔2016〕1400号)，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	备注
1	医院辐射防护安全责任制度	已制定，包含但不限于“三废”管理制度、X 线

		诊断中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射安全操作规程	已制定，本项目完成后，需悬挂于辐射工作场所墙上
3	辐射工作人员管理规章制度	已制定，本项目完成后，需悬挂于辐射工作场所墙上
4	医院剂量监测规章制度	已制定
5	辐射安全装置定期检查与维护规章制度	已制定
6	场所分区管理规定	已制定
7	辐射事故处理、应急处置规章制度	已制定，其中辐射事故应急响应程序需悬挂于辐射工作场所墙上
8	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	已制定
9	辐射工作人员培训计划	已制定
10	辐射工作设备操作规程	已制定，本项目完成后，内容需悬挂于辐射工作场所墙上
11	辐射工作人员岗位职责	已制定，本项目完成后，内容需悬挂于辐射工作场所墙上
12	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定，监测方案需新增本项目辐射监测内容
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。

2、本项目加速器治疗室拟采取的辐射防护措施与生态环境部《辐射安全与防护监督检查技术程序》（2020发布版）对照分析如下：

表 12-2 医用直线加速器治疗监督检查对照分析表

项目	设计建造	备注
辐射安全防护设施运行情况		
A 控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关*	已设计 /
	控制台有紧急停机开关*	已设计 /
	电视监控与对讲系统*	已设计 /
	治疗室门与束流联锁*	已设计 /
	治疗室内准备出束音响提示	已设计 /
B 警示装置	入口处电离辐射警示标志*	已设计 /
	入口有加速器工作状态显示*	已设计 /
C 照射	紧急开门按钮	已设计 /

室紧急设施	紧急照明或独立通道照明系统	已设计	/
	治疗室内有紧急停机开关*	已设计	紧急开关按钮应设有中文标识
	治疗床有紧急停机开关*	已设计	
D 监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	拟配备	/
	便携式辐射监测仪器仪表	已配备	/
	个人剂量报警仪*	已配备	/
E 其他	个人剂量计*	已配备	/
	治疗室门防夹人装置	已设计	/
	通风系统	已设计	/
	火灾报警仪	拟配备	/
	灭火器材	拟配备	/
管理制度			
A 综合	辐射安全管理规定	已有	
B 场所设施	操作规程	已有	操作规程需上墙。
	辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等)	已有	/
C 监测	监测方案	已有	/
	监测仪表使用与校验管理制度	已有	/
	校验源管理制度	/	本项目不涉及
D 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已有	/
	辐射工作人员个人剂量管理制度	已有	/
E 应急	辐射事故应急预案	已有	事故应急响应程序需上墙
F 三废	放射性“三废”管理规定	已有	加速器报废处置时严格按相关要求要求进行拆解和去功能化处理

注：加*的项目是重点项目。

医院应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1

次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并在全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中提交。

二、个人剂量监测

个人剂量监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并在全国核技术利用辐射安全申报系统中提交。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位位置，一般左胸前。

(4) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。医院应当将个人剂量档案保存终身。

三、医院自我监测

医院定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。

四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X-γ辐射空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-2）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立监测数据台账。

表 12-3 本项目监测布点方案表

场所或设备	监测内容	监测布点位置
直线加速器	X-γ辐射空气吸收剂量率	墙体四周、控制室操作位、防护门外、治疗室外敏感点

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

c、制定辐射环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

五、年度评估报告情况

医院应于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并在全国核技术利用辐射安全申报系统中提交。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

1、事故应急预案内容

为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院已制订辐射事故应急预案，包含以下内容。

(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

- (2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。
- (3) 应急人员的培训；
- (4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话；
- (6) 发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境局、公安、卫健委等部门报告。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将病人撤出治疗室，关闭治疗室门，同时向医院主管领导报告。

(2) 医院根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

(3) 事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

3、其他要求

(1) 辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在县级地方人民政府生态环境主管部门备案。

(2) 在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：新增 6MV 加速器核技术利用项目

建设性质：改建

建设地点：攀枝花市东区木棉路 284 号攀钢集团总医院放射治疗中心内

本次具体建设内容及规模为：

医院拟对放射治疗中心内（已建，一栋地下负一层的独立建筑）的模拟机房和后装机房屏蔽体拆除后，新建加速器机房，安装1台6MV 医用电子直线加速器（属于II类射线装置，厂家联影，型号 uRT-linac 306），用于全身肿瘤诊疗。直线加速器治疗时 X 射线最大能量为6MV，1m 处最大剂量率为14Gy/min，无电子线。

本项目医用直线加速器的出束时间：每年48周，每周5天，每天治疗75人次，每人次出束治疗时间最多为1.0min（不含摆位时间），日出束时间1.25h，年出束时间为300h。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年 12 月 30 日修改），本项目既属第一类鼓励类项目的第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

本项目的运营可为攀枝花市及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

三、本项目选址合理性分析

本次拟拆除的模拟机房和后装机房原使用一台模拟定位机和1台¹⁹²Ir 后装治疗机，已于2008年9月1日取得《四川省环境保护局关于对攀枝花钢铁有限责任公

司密地职工医院射线装置、放射源应用建设项目环境影响报告表的批复》（川环建函[2008]687号），并于2015年8月19日通过原四川省环境保护局验收。原模拟机房的模拟定位机拟进行报废处理，原后装机房的¹⁹²Ir源已由生产厂家回收，后装机已报废。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）第5.1.2条：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。

本项目加速器治疗室位于放射治疗中心，放射治疗中心为负一层的独立建筑，其下方为地基，上方为露天车库。本项目将模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房，不新增用地，且加速器治疗室有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

本项目所在区域的X-γ辐射空气吸收剂量率为***，与中华人民共和国生态环境部《2020年全国辐射环境质量公报》（2021年6月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

（一）施工期环境影响分析

本项目是将模拟机房和后装机房原屏蔽体拆除后，新建加速器机房。因此，项目施工期主要是对已有建筑物进行拆除、新建机房、装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收。

施工阶段主要污染因子包括施工扬尘、噪声、施工废水、废气、施工固废和施工人员产生的生活污水、生活垃圾等。

本项目施工期对环境最主要的影响因素是噪声和扬尘，采取有效的防治措施后，对环境的影响较小。施工期对环境的影响是短期、暂时的，将随施工的结束而消失。

(二) 营运期环境影响分析

1、辐射环境影响分析

本项目经直线加速器治疗室的实体防护后,保护目标职业人员受年附加有效剂量最大为 0.159mSv,周围保护目标公众受年附加有效剂量最大为 8.56×10^{-2} mSv,分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值,远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。从上述预测结果可以看出,本项目辐射工作场所的墙体、门满足辐射防护的要求。

2、大气的环境影响分析

本项目治疗室风机排风量为 1800m³/h,治疗室体积为 150m³(6.3m×6.43m×3.7m,不含迷道),则治疗室每小时通风频率约 12 次/小时,满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。治疗室内每次换气时间为 5min,则加速器治疗室内臭氧浓度为 4.25×10^{-3} mg/m³,满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(0.20mg/m³)要求。

3、声环境影响分析

本项目噪声源主要为风机噪声,所有设备选用低噪声设备,均处于室内,通过建筑墙体隔声及距离衰减后,运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-2008)2 类标准要求。

4、水环境影响分析

营运期不产生医疗废水,加速器冷却水循环使用,辐射工作人员产生的生活污水依托医院现有污水处理系统达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中的预处理排放标准后排入市政污水管网。

5、固体废物影响分析

直线加速器治疗时不产生固体废物;辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行,应认

真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

医院现有环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

医院严格落实本报告提出的规章制度、环保措施，具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位在环境影响评价信息公示平台网站上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施，本评价认为从环境保护和辐射防护角度看项目建设是可行的。

十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施与器材	数量
实体防护	本次拆除原屏蔽墙体厚新建	1 套
	铅防护门	1 扇
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
	条件显示联锁、控制超剂量联锁装置、时间控制联锁	1套
	门机联锁、门灯联锁	1 套
警示装置	入口电离辐射警示标志	1 个
	入口加速器工作状态显示	1 个
	治疗室内准备出束音响提示	设备自带
	控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	治疗室内有中文标识的紧急停机按钮	4 个
	监控、对讲装置	5 个
	有中文标识的紧急开门按钮	1 个

监测设备	便携式辐射监测仪	2 个
	个人剂量报警仪	2 个
	个人剂量计	7 套
	固定式辐射监测仪	1 个
防护器材	通风系统	1 套
	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1 套
人员培训	辐射工作人员再培训	/
监测	辐射工作场所年度监测费用	/
合计		/

建议和承诺

- 1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。
- 2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 3、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，证书有效期满前，应组织复训。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果在全国核技术利用辐射安全申报系统(网址 <http://rr.mee.gov.cn>)中提交，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编制。
- 5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。
- 8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。
- 9、本次环评仅涉及射线装置及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。
- 10、加速器退役时，应对加速器部件的放射性进行一次调查，测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。
- 11、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）规定：

(1) 建设单位可登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范 (<http://www.mee.gov.cn/>)。

(2) 项目竣工后, 建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况, 编制验收(调查)报告。

(3) 本项目配套建设的环境保护设施竣工后, 及时办理《辐射安全许可证》, 并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。

(4) 本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后, 方可投入使用, 未经验收或者验收不合格的, 不得投入生产或者使用。

(5) 除按照国家需要保密的情形外, 建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式, 向社会公开下列信息:

① 本项目配套建设的环境保护设施竣工后, 公开竣工日期;

② 对项目配套建设的环境保护设施进行调试前, 公开调试的起止日期;

③ 验收报告编制完成后5个工作日内, 公开验收报告, 公示的期限不得少于20个工作日。

建设单位公开上述信息的同时, 应当在建设项目环境影响评价信息平台 (<http://114.251.10.205>) 中备案, 同时应当向所在地生态环境主管部门报送相关信息, 并接受监督检查。

