

核技术利用建设项目

自贡市精神卫生中心
10MV 医用直线加速器搬迁项目

环境影响报告表

（公示本）

自贡市精神卫生中心

二零二四年一月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

自贡市精神卫生中心
10MV 医用直线加速器搬迁项目

环境影响报告表



建设单位名称：自贡市精神卫生中心

建设单位法人代表（签名或签章）：

果谭
印友

通讯地址：四川省自贡市贡井区贡舒路2段666号

邮政编码：643020

联系人：[REDACTED]

电子邮箱：54208520@qq.com 联系电话：[REDACTED]

目 录

表 1：项目基本情况	1
表 2：放射源	13
表 3：非密封放射性物质	13
表 4：射线装置	14
表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）	15
表 6：评价依据	16
表 7：保护目标与评价标准	18
表 8：环境质量和辐射现状	21
表 9：项目工程分析与源项	26
表 10：辐射安全与防护	33
表 11：环境影响分析	44
表 12：辐射安全管理	64
表 13：结论与建议	70

附件

附件 1：委托书

附件 2：领导小组

附件 3：原四川省环境保护厅关于自贡市精神卫生中心新增 10MV 医用直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复

附件 4：原自贡市环境保护局关于《自贡市老年病医院建设项目一期工程环境影响报告书》的批复

附件 5：辐射安全许可证

附件 6：本项目涉及的辐射工作人员的辐射安全培训合格证书

附件 7：本项目辐射环境监测报告

附件 8：技术参数确认说明

附件 9：自贡市精神卫生中心院 2022 年度个人剂量监测报告

附图

附图 1：地理位置图

附图 2：医院总平面布置图

附图 3：10MV 医用直线加速器机房外环境关系图

附图 4：10MV 医用直线加速器机房平面布置及两区划分示意图

附图 5：10MV 医用直线加速器机房对应楼上区域平面布置示意图

附图 6：10MV 医用直线加速器机房平面设计图

附图 7：10MV 医用直线加速器机房剖面设计图

表 1：项目基本情况

项目名称		自贡市精神卫生中心10MV医用直线加速器搬迁项目			
建设单位		自贡市精神卫生中心			
法人代表	■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		四川省自贡市贡井区青杠林138号			
项目建设地点		四川省自贡市贡井区贡舒路2段666号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	■	项目环保总投资（万元）	■	投资比例（环保投资/总投资）	■
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			建筑面积（m ² ） ■
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其它	/			

项目概述

一、概况

（一）建设单位简况

自贡市精神卫生中心(自贡市第五人民医院、自贡市老年病医院、自贡市疾控中心精神卫生分中心)始建于 1959 年，是自贡及川南地区集医疗、教学、科研、预防于一体，以精神病、老年病、心理咨询与治疗为主，综合科系基本配套的国家三级甲等专科医院。医院是四川省卫生计生委授予的“四川省区域精神卫生中心”“四川省区域心理卫生培训基地”“国家级住院医师规范化培训协同基地”以及“四川省专科医师规范化培训基地”；精神科为四川省乙级重点学科，老年科、心身疾病科为自贡市甲级重点专科。

医院目前有两个院区。老院区（青杠林院区）坐落于贡井区，占地 40 余亩，规划面积 55.8 亩，总建筑面积 39100 平方米，绿化面积约占总面积的 70%；现有职工 665 人，其中享受国家政府津贴专家 1 人，省卫生厅学术技术带头人 1 人，自贡市学术技术带头人 2 人，西南医科大学硕士生导师 1 人，四川省名中医 1 人；拥有卫生专业技术人员 563 人，其中高级职称 47 人，中级职称 116 人；设置编制床位 850 张，开放床位 1287 张。新院区（石牛湖院区）位于贡井区贡舒路 2 段 666 号（原自贡市贡井区长土镇石牛村 3、4 组），自贡市精神卫生中心于 2018 年投资 3.70 亿元开始建设，占地面积 26767.48 平方米，总建筑面积 70247.69 平方米，设置床位 1000 张，2021 年 1 月正式挂牌。

目前，自贡市精神卫生中心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[00688]），许可种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。辐射安全许可证有效期至 2024 年 09 月 26 日。

（二）项目由来

自贡市精神卫生中心根据整体远期规划，已将原来位于自贡市精神卫生中心青杠林院区的放疗科搬迁至自贡市精神卫生中心石牛湖院区老年 1 号楼，青杠林院区原有的Ⅱ类射线装置和部分Ⅲ类射线装置也将陆续搬迁至石牛湖院区放疗科。搬迁完毕后，青杠林院区将不再进行肿瘤放射治疗手术，仅保留部分Ⅲ类射线装置用于诊断。

本次自贡市精神卫生中心拟在医院石牛湖院区（四川省自贡市贡井区贡舒路 2 段 666 号）老年 1 号楼一楼放疗科建设一间医用直线加速器机房及配套功能用房，从自贡市精神卫生中心青杠林院区搬迁一台 10MV 医用直线加速器，属于Ⅱ类射线装置。本项

目应用场所均为新建，射线装置为利旧。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021版），本项目为使用II类射线装置，应编制环境影响报告表。因此，建设单位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）开展环境影响评价工作（附件1）。我院接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《自贡市精神卫生中心 10MV 医用直线加速器搬迁项目环境影响报告表》。

（三）环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》（试行）的规定：建设单位在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告表的全本信息；各级生态环境主管部门在受理建设项目环境影响报告表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

根据以上要求，建设单位于 2023 年 12 月 14 日在官方网页（<https://www.ahswmu.cn/>）进行了全文公示，以征求公众意见。截止目前，建设单位及评价单位未收到任何信息反馈。



图 1-1 全文公示截图

二、项目建设内容及规模

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：自贡市精神卫生中心 10MV 医用直线加速器搬迁项目

建设单位：自贡市精神卫生中心

建设性质：新建

建设地点：四川省自贡市贡井区贡舒路 2 段 666 号，自贡市精神卫生中心石牛湖院区（自贡市老年病医院）老年 1 号楼一楼，医院地理位置见附图 1，医院总平面布置图见附图 2。

（二）项目建设内容及规模

1、拟搬迁 10MV 医用直线加速器基本情况

本次拟搬迁的 1 台成都利尼科医学技术发展有限公司制造的型号为 AccStar 的 10MV 医用直线加速器，为 II 类射线装置，用于肿瘤放射治疗。该加速器最大 X 射线能量 10MV，等中心最大 X 射线剂量率 3Gy/min；最大电子线能量为 14MeV，最大电子线剂量率 9Gy/min；最大照野面积为 40×40cm²；单次最大出束时间 5min，年最大治

疗出束时间 335h。

该加速器现位于自贡市精神卫生中心青杠林院区医技楼负二楼东北侧医用直线加速器机房内，机房整体采用钢筋混凝土浇筑；主射方向为北侧墙体、南侧墙体、地面和屋顶；北侧和南侧墙体主屏蔽部分为 2.5m 厚混凝土、宽 4m，相连次屏蔽部分厚 1.8m；东侧侧屏蔽墙体厚 1.6m；西侧为长 8m 的“L”型迷道，迷道内墙厚 1.2m，迷道外墙厚 1.2m；屋顶均厚 2.7m；机房楼下无房间；防护铅门 10mm 厚铅当量+10mm 厚硼砂。

建设单位已于 2018 年对该加速器进行了环境影响评价，并取得了《四川省环境保护厅关于自贡市精神卫生中心新增 10MV 医用直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》（川环审批〔2018〕129 号），详见附件 3。该加速器已取得《辐射安全许可证》，证书编号为川环辐证[00688]，有效期至 2024 年 09 月 26 日，详见附件 5。

2、新建机房情况

本项目新增医用直线加速器机房位于自贡市精神卫生中心石牛湖院区的老年 1 号楼（共 14 层）一层北侧放疗科内，机房整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积 166.8m²，净空尺寸为长 11.4m×宽 9.2m×高 4.0m；其主射方向为北侧墙体、南侧墙体、地面和屋顶；北侧和南侧主屏蔽墙厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.4m；东侧侧屏蔽墙厚 1.4m；西侧为长 9.2m 的“Z”型迷道，迷道内墙厚 1.2m，迷道外墙混凝土厚 1.2m；屋顶主屏蔽墙厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.9m；机房楼下无房间，不考虑地面防护；机房不设观察窗，通过监控探头对机房内情况进行观察；机房防护门为 10mm 厚铅当量+10mm 厚硼砂的铅钢门。搬迁后加速器单次最大出束时间 5min，年最大治疗出束时间 335h，最大出束时间和治疗人次均与搬迁前保持一致。年最大质控出束时间 100h。

项目医用直线加速器机房及其配套功能用房均为医院院区预留，与新院区各项主体建筑同步建设完成。本项目的建设内容见表 1-1。

表 1-1 项目建设内容表

射线装置	装置名称	射线装置类别	射线装置数量	活动种类	工作场所名称	备注
	10MV 医用直线加速器	II类	1 台	使用	放疗科医用直线加速器机房	从医院青杠林院区搬迁

（三）项目组成及主要环境问题

本项目具体组成及主要的环境问题见表 1-2。

表 1-2 项目组成及主要的环境问题表

名称	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	本项目新增医用直线加速器机房位于自贡市精神卫生中心石牛湖院区的老年1号楼一层北侧放疗科内，机房整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积166.8m²，净空尺寸为长11.4m×宽9.2m×高4.0m；其主射方向为北侧墙体、南侧墙体、地面和屋顶；北侧和南侧主屏蔽墙厚2.7m、宽4m，相连次屏蔽墙厚1.4m；东侧侧屏蔽墙厚1.4m；西侧为长9.2m的“Z”型迷道，迷道内墙厚1.2m，迷道外墙混凝土厚1.2m；屋顶主屏蔽墙厚2.7m、宽4m，相连次屏蔽墙厚1.9m；机房楼下无房间，不考虑地面防护；机房不设观察窗，通过监控探头对机房内情况进行观察；机房防护门为10mm厚铅当量+10mm厚硼砂的电动铅钢门。 机房内利旧使用一台成都利尼科医学技术发展有限公司制造的型号为AccStar的10MV医用直线加速器，为II类射线装置，从自贡市精神卫生中心青杠林院区搬迁而来，用于肿瘤放射治疗。本项目加速器最大X射线能量10MV，等中心最大X射线剂量率3Gy/min；最大电子线能量为14MeV，最大电子线剂量率9Gy/min。最大照野面积为40×40cm²；加速器单次最大出束时间5min，年最大治疗出束时间335h，年最大质控出束时间100h。	装修施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣、废包装；安装调试过程中产生的X射线、臭氧	X射线、臭氧
辅助工程	医用直线加速器控制室一间、配电间一间、水冷机房一间	装修施工噪声、施工废水、建筑粉尘、建筑废渣、废包装	生活污水、生活垃圾
环保工程	1、本项目工作人员产生的生活污水依托医院自建处理能力900m³/d的污水处理站处理后，经市政管网排入自贡市贡井区污水处理厂，处理后再排入旭水河； 2、办公、生活垃圾依托新院区收集系统进行收集，由市环卫部门统一清运处理；	依托新院区已建设施	生活污水、生活垃圾
	机房臭氧由机房内全空气型净化空调系统加新风系统排出室外。	/	噪声
公用工程	配电、供电和通讯系统等依托院区已建设施	/	/
办公及生活设施	办公用房、卫生间等依托院区已建设施	/	生活污水、生活垃圾

（四）主要设备配置及主要技术参数

本项目主要的设备配置见表 1-3。

表 1-3 射线装置主要设备配置、主要技术参数及使用情况

设备名称	型号	类别	数量	设备主要参数	单次最长照射时间 (min)	年质控时间(h)	年最大出束时间 (h/a)
10MV 医用直线加速器	Accstar	II类	1 台	输出能量：最大 X 射线能量 10MV、最大 X 射线剂量率 6Gy/min；最大电子线能量为 14MeV、最大电子线剂量率 9Gy/min 源轴距：100cm 最大照射野：40×40cm ² 机架旋转角度：0-360 度 X 射线泄漏率：≤0.1%	5	100	435

三、工作人员及工作制度

（一）劳动定员

本项目医用直线加速器机房辐射安全的管理科室为放疗科，本项目拟新增辐射工作人员共 3 名。医院各科室和辐射工作岗位工作人员独立设置，不存在人员交叉使用情况，各病区工作人员也不交叉使用。工作人员设置表见表 1-4。

表 1-4 机房辐射工作人员设置情况一览表

机房名称	机房所在位置	辐射工作人员人数	辐射工作人员来源
医用直线加速器机房	老年 1 号楼一楼 放疗科	1 名物理师、1 名技师、1 名医师	新增人员

（二）工作制度

本项目辐射工作人员每年工作 50 周，每周工作 5 天，每天工作 8 小时，实行白班单班工作制。

四、产业政策符合性

本项目属于核技术在医学领域应用，根据国家发展和改革委员会 2019 年第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》及 2021 年第 49 号令《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

五、实践正当性分析

本项目的建设可以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）的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置的使用可能会造成如下辐射影响问题：

- （1）给周围环境造成一定的辐射影响。
- （2）给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。
- （3）射线装置使用及管理的失误可能会造成较大和一般的辐射事故。

医院在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将本项目产生的辐射影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

六、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

（一）医院外环境关系

本项目位于自贡市精神卫生中心石牛湖院区（自贡市老年病医院）内，医院周边主要为城乡道路、耕地等，交通便捷，方便市民就医。医院北侧为城市道路，道路对面为成都城投普基 NEMall 企业；医院东侧为在建道路，道路对面为农田；医院南侧和西侧均为农田和乡道。

（二）项目外环境关系

本项目的医用直线加速器机房位于医院老年 1 号楼北侧一楼，机房楼下为土层无法进入，机房楼上为 2 楼住院部 2 号病房。机房北侧为院区空地和绿化用地；机房东侧为预留 DSA 机房；机房南侧为走廊；机房西侧为楼梯间和走廊。项目辐射工作场所 50m 范围内不存在自然保护区、保护文物、风景名胜区、饮用水源保护区、学校、集中居民小区等生态敏感目标环境敏感目标，周围无明显环境制约因素。项目环境关系图见附图 3。

（三）选址合理性分析

本项目位于自贡市精神卫生中心石牛湖院区内，医院整体迁建项目选址合理性已在《自贡市老年病医院建设项目一期工程环境影响报告书》（批复文号：自环准许（2018）95号）中进行了论述，院区建设符合规划要求和土地利用总体规划。本项目依托新院区进行建设，仅为新院区中的部分建设内容，不新增用地，项目水、电、气、通讯设施依托医院已建设施妥善解决。

本项目医用直线加速器机房的选址能够满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求，且拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建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周围环境影响较小，所以从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

表 1-5 加速器机房与《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）选址要求对照分析

标准要求	本项目实际情况	备注
5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内；	本项目机房位于院内老年 1 号楼一层，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	满足
5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目机房位于院内老年 1 号楼一层，避开了儿科病房、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。	满足

（四）与周边环境的相容性分析

本项目生活用水依托院区拟建的完善供水系统。本项目工作人员产生的少量生活污水依托院区已建的 1 座处理量为 900m³/d 一体化污水处理站进行处理，工艺为“格栅+调节+曝气+絮凝沉淀+次氯酸钠消毒工艺”，出水品质达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中表 2 的预处理标准后，通过市政污水管网排入自贡市贡井区污水处理厂，处理达标后排入旭水河。本项目产生的生活垃圾和办公垃圾较少，依托院区的垃圾收集系统统一收集后由市政环卫部门清运。项目通风设备声级较小，噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划，项目产生的臭氧由机房内全空气型净化空调系统加新风系统排出室外，经自然稀释后对大气环境影响可接受。

七、原有核技术利用项目许可情况

（一）原有辐射安全许可情况及环保手续履行情况

自贡市精神卫生中心于 2018 年 10 月 09 日取得了原四川省环境保护厅下发的《关

于自贡市精神卫生中心新增 10MV 医用直线加速器核技术利用项目环境影响报告表的批复》（川环审批〔2018〕129 号），该批复中包括的 1 台 AccStar 型 10MV 医用直线加速器就是本项目利旧使用的直线加速器。该批复见附件 3。

自贡市精神卫生中心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[00688]），许可种类和范围为：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。辐射安全许可证有效期为至 2024 年 09 月 26 日。具体射线装置清单见表 1-6。

表 1-6 自贡市精神卫生中心被许可使用射线装置辐射工作场所一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	工作场所	院区
1	X 光机	DR-F	Ⅲ	DR 室（医技）：负二楼	青杠林
2	医用 CT	MX16-slice	Ⅲ	CT 室：负二楼	青杠林
3	DSA	GEOEC9900 ELLte	Ⅱ	DSA 及介入手术室	青杠林
4	直线加速器	AccStar	Ⅱ	放射治疗室	青杠林
5	骨密度仪	Prodigy primo	Ⅲ	骨密度仪	青杠林
6	定位机	TWM-I	Ⅲ	CT 室（医技）：院本部放射科	青杠林
7	DR	新东方 1000UA 型	Ⅲ	DR 室（石牛湖）：DR 室	石牛湖
8	CT	Optima CT620	Ⅲ	CT 室（石牛湖）：院内	石牛湖
9	CT	NeuVIZ16Cla ssic	Ⅲ	CT 室（石牛湖发热门诊）	石牛湖
10	高频移动式手术 X 射线机	PLX112B 型	Ⅲ	麻醉手术室	石牛湖

（二）辐射安全管理现状

1、辐射管理规章制度管理情况

自贡市精神卫生中心成立了辐射安全管理委员会，明确了委员会的主要职责，全

面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作。

医院制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、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、辐射工作设备操作规程、辐射工作场所和环境辐射水平监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、质量保证大纲和质量控制检测计划等多个管理制度，医院辐射安全管理制度的内容符合《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）中的要求。本部各项管理制度实施情况：建设单位不同的工作场所有相应的操作规程，制度按规定上墙，满足设备运行辐射安全管理的需要，合理可行，并执行较好，建设单位自开展放射诊疗以来，未发生过辐射安全事件或者事故。

2、辐射安全培训情况

自贡市精神卫生中心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共 242 人，均参加了辐射安全与防护培训知识的学习，并取得了合格证书或成绩合格单，Ⅲ类射线装置的操作人员，医院进行了自行考核，考核合格后上岗。

根据（生态环境部公告 2021 年 第 9 号）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》和《四川省生态环境厅关于进一步做好核技术利用单位辐射安全与防护考核的通知》（2021 年 3 月 29 日），医院应根据辐射安全许可要求和实际工作情况，组织安排仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员参加自行考核；从事其他核技术利用活动的辐射工作人员应参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上的考试并取得相应的成绩报告单，申请辐射安全许可证时做到持证上岗。医院应根据上述规定落实本项目新增辐射工作人员辐射安全与防护培训工作，此外超过培训合格证或成绩报告单有效期后应进行复训。

（三）辐射工作人员个人剂量情况

医院现有辐射工作人员 242 名，每名工作人员均配有个人剂量计，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）要求建立个人剂量档案。根据四川蓝瑞鑫卫生检测技术有限公司出具的 2022 年年度个人剂量检测报告检测结果，全院辐射工作人员个人剂量最大值为 2.74/a，均未超过职业人员 5mSv/a 的管理限值，有 1 名工作人员 2022

年 4 季度个人剂量值为 1.92mSv，超过 1.25mSv 的约束值，根据医院的调查结果，该工作人员超标原因是该季度工作量较大，其余辐射工作人员每季度个人剂量值均未超过 1.25mSv。2022 年年度个人剂量检测报告见附件 9。

（四）年度评估及监测

根据自贡市精神卫生中心编制的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2022 年度）》，目前医院辐射安全管理情况如下：

1、现有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相应规定要求。

2、现单位名称、地址和法人代表未发生变动；

3、辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；

4、个人剂量档案和职业健康档案齐全；

5、辐射安全管理委员会定期组织有关人员对放射防护、辐射安全与环境保护工作进行定期督导检查、对辐射安全和防护设施定期维护，运行良好。

6、医院按要求委托有资质单位开展了已有辐射工作场所的辐射环境监测和对辐射工作人员的个人剂量检测，结果表明均满足国家标准要求。

7、安全隐患问题及整改措施

（1）加强辐射工作人员个人剂量管理，规范个人剂量片的使用佩戴。

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
——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3：非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4：射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器										
序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/min）	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	Ⅱ类	1	AccStar	电子	最大 X 射线能量为 10MV，最大电子线能量为 14MeV	X 射线等中心最大剂量率为 6Gy/min，最大电子线剂量率 9Gy/min	治疗	老年 1 号楼一层放疗科 医用直线加速器机房	利旧

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等										
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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
医用直线加速器机房	臭氧	气态	/	/	/	/	0.16<mg/m ³	/	经通排风系统引至老年 1 号楼楼顶排放，臭氧在常温条件下可自动分解为氧气。

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；年排放总量用kg。
2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）

表 6：评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日实施）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》（2018 年 12 月 29 日实施）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日实施）； (4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分 (6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第 18 号令）； (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部/国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号）； (9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》（部令第 47 号）对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）； (10) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 版）（中华人民共和国生态环境部第 16 号令）； (11) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函[2016]430 号文）； (12) 《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 日施行）； (13) 《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)； (14) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函〔2016〕1400 号)； (15) 《生态环境部(国家核安全局)辐射事故应急预案》(NNSA/HQ-00-YJ-MP-010)。
技术标准	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)； (3) 《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)； (4) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)； (5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)； (6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)； (7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》(GBZ/201.1-2007)； (8) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)； (9) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。
其他	(1) 《2022 年全国辐射环境质量报告》(中华人民共和国生态环境部)； (2) 《辐射防护手册(一分册、三分册)》(原子能出版社 潘自强编著)； (3) 《中子物理》(原子能出版社 刘圣康编著)； (4) 《原子核物理》(原子能出版社 卢希庭编著)； (5) 《辐射安全手册》(科学出版社 潘自强主编)； (6) 《辐射防护导论》(原子能出版社 李士骏主编)；

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点并按照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定本次评价范围为医用射线装置使用项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，本项目外环境关系图见附图 3。

保护目标

本项目周围 50m 评价范围主要在医院院区内，评价范围内无学校、居民区等环境敏感点。本项目辐射环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患和陪同家属等公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

机房	保护名单		人数	方位	位置	与机房距离
医用直线加速器机房	职业人员		3	/	直线加速器机房内及控制室	0.3~10m
			<20 人	东南侧	CT 室、DR 室；放疗科办公室、诊断室、值班室	4~50m
	周围公众	院内公众	<8 人	东侧	骨密度机房、预留 DSA 机房	8.0~25m
			<15 人	东侧	卫生间、厨房	30~50m
			<100 人	东南侧	食堂	38~50m
			<10 人	南侧	消防车道、空地	14~50m
			<15 人	西侧	走廊、空地	
		院外公众	<100 人	北侧	空地、道路等	1~50m

评价标准

一、环境质量标准

本项目应执行的环境保护标准如下。

1、地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ类标准；

2、臭氧需满足室外臭氧《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级浓度限值中 1 小时均值 $\leq 0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，同时满足室内臭氧《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 。

3、声环境质量执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 2 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）中的二级标准；

2、废水排放标准执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）中预处理标准；

3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相关标准；运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

4、运营期噪声执行《工业企业场界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的 2 类标准。

三、辐射环境评价标准

（一）剂量管理限值

1、职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均） 20mSv 。四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv 。评价要求按上述标准限值的 $1/4$ 作为本项目职业照射年有效剂量管理限值，即 5mSv/a 。

2、公众照射：第 B1.2.1 条的规定，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年有效剂量 1mSv 。项目管理限值按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 $1/10$ 执行，即 0.1mSv/a 。

（二）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 6.1.4 中 a)、b)、c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平。

机房外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：

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

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

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

机房外非辐射工作人员: $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。(本项目要求按照 $100 \mu\text{Sv/年}$, $2 \mu\text{Sv/周}$ 进行控制。)

关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ($\mu\text{Sv/h}$) $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$;

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、场所现状

自贡市精神卫生中心（自贡市老年病医院）位于四川省自贡市贡井区贡舒路 2 段 666 号，本项目位于医院老年 1 号楼北侧（项目地理位置见附图 1），根据现场踏勘，目前项目所在地已建设完成医院主体建筑，医院周围主要为道路、耕地等。本项目拟建地现场周围环境情况见图 8-1。

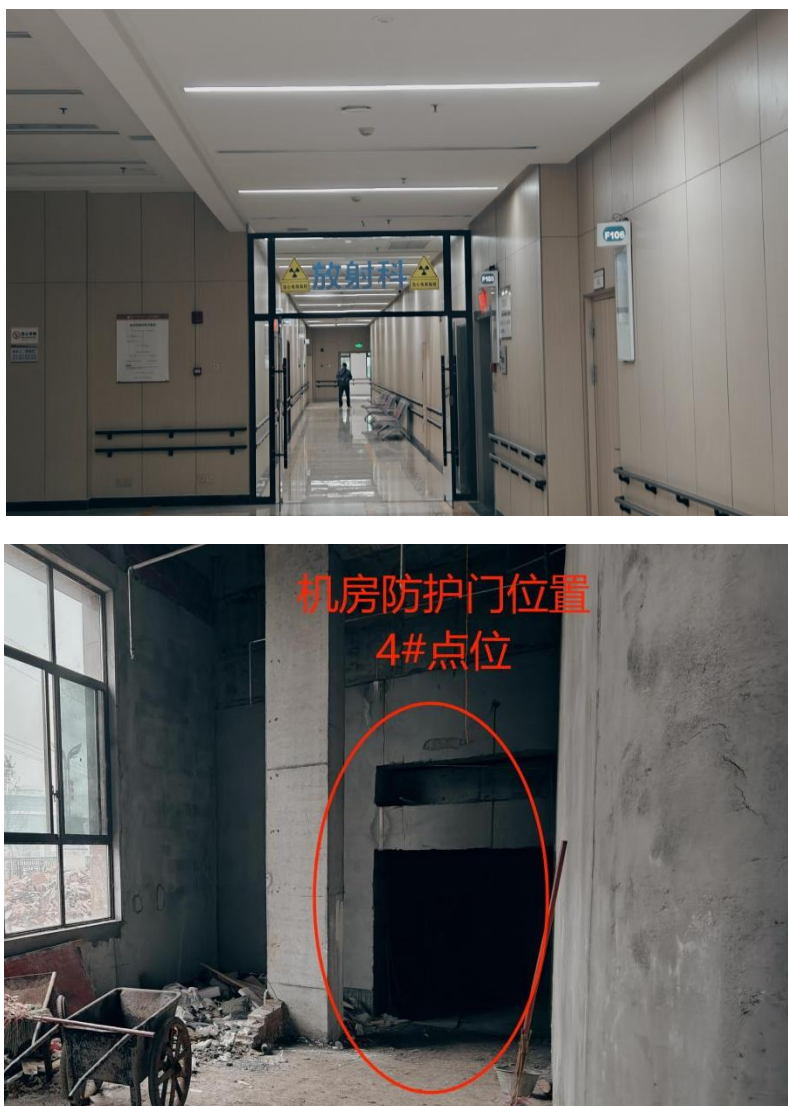


图 8-1 项目拟建地及周围环境现状

二、监测对象、监测因子和监测点位

本项目为使用II射线装置，主要的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、地表水和地下水

环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。

为掌握项目所在地辐射水平，我院对本项目所在位置的辐射环境进行了监测，监测报告见附件 7，监测结果见表 8-3~表 8-5。

1、监测方法与标准

(1) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

2、监测点位布设

本项目所依托的老年 1 号楼目前已建设完成，根据本项目辐射工作场所布置情况及外环境关系，本次选择在医用直线加速器机房周围及正上方布设监测点位以反映区域辐射环境质量现状。本次共布设 7 个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。

3、监测时间及现场环境状况

2023 年 11 月 22 日，我院监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环环境温度：14.7℃~15.8℃；环境湿度：72.4%~73.5%；天气状况：晴。

4、监测因子、监测方法及监测仪器

监测方法及监测仪器见表 8-1，其它监测仪器见表 8-2。

表 8-1 监测因子、监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	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 最低检出限：10nGy/h 校准单位：中国测试技术研究院 证书编号：校准字第 202303005296 号 检定日期：2023 年 03 月 16 日 有效日期：2024 年 03 月 15 日

表 8-2 其它监测仪器一览表

序号	监测对象	监测仪器
1	环境温度、环境湿度	仪器名称：手持气象站 仪器型号：NK4000 仪器编号：650525 环境温度分辨率：0.1℃ 环境湿度分辨率：0.1% 校准单位：中国检验认证集团四川有限公

		司 证书编号：CCICSC-（C）202302140168 校准日期：2023 年 02 月 14 日 有效日期：2024 年 02 月 13 日
--	--	--

5、质量保证

本次监测单位为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证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①监测前制定监测方案，合理布设监测点位，使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

③监测仪器每年经过计量部门检定后使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

⑥监测时获取足够的数量，以保证监测结果的统计学精度。监测中异常数据以及监测结果的数据处理按照统计学原则处理；

⑦建立完整的文件资料。仪器校准（测试）证书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

监测结果见表 8-3。

表 8-3 拟建直线加速器机房周围 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 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	标准差 ($\times 10^{-8}\text{Gy/h}$)	备注
1	医院放射科门外	11.6	0.25	/
2	直线加速器机房东墙外闲置机房内	12.4	0.24	/
3	直线加速器机房北墙外空地	12.3	0.18	/
4	直线加速器机房门口	12.9	0.24	
5	直线加速器机房西墙外控制室内	14.0	0.25	

6	直线加速器机房南墙外走廊	12.1	0.16	
7	直线加速器机房正上方（2 楼 21 号病房）	11.7	0.25	

根据表 8-3，本项目医用直线加速器机房拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $11.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 14.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 $116 \text{nGy/h} \sim 140 \text{nGy/h}$ ，处于中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（ $61.8 \sim 151.8 \text{nGy/h}$ ），属当地正常天然本底辐射水平。



表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目医用直线加速器机房位于老年 1 号楼一层，主体工程施工环境影响已在《自贡市老年病医院建设项目一期工程环境影响报告书》（批复文号：自环准许〔2018〕95 号）中进行了评价，施工过程中产生的废水、废气和固废按照报告书中提出的环保设施和环保措施处理即可。目前老年 1 号楼主体工程已基本修建完成，主要是装修和搬迁工序。

（一）装修工序

本项目装修施工期较短，施工量较小，主要是墙面粉刷、地板铺设等工序。在医院的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

（二）搬迁工序

建设单位应成立搬迁工作小组，主要由放疗科、设备维修科、其它后勤科室和厂家工作人员组成，搬迁工作小组应提前制定详细的搬迁计划，明确各个部门的分工。整个搬迁工序应由建设单位全面负责安全管理工作，具体的加速器拆卸、运输、安装和调试应聘请厂家专业人员进行。

1、制定计划：搬迁工作小组提前制定搬迁工作内容和计划日程，明确各个环节的负责人及具体分工；提前对位于青杠林院区的旧机房和位于石牛湖院区的新机房的机房内部、配套设施、搬运通道和搬迁路径进行详细现场勘察，明确操作线路；根据加速器运行状态，对加速器进行详细检查，确定是否有老化磨损的零件需要趁此机会进行更换；检查加速器底座情况，考虑从混凝土中将底座挖掘出来后是否存在底座变形或损坏的可能。

2、加速器拆卸：本次拟采用将加速器拆卸后再进行搬迁的方式，拆卸过程应委托厂家专业人员进行；加速器拆卸前应对设备进行一个全面检查和记录，为后续安装工作提供可靠的参考；加速器拆卸完成后，可对机头等位置进行自行检测，记录辐射水平。

3、加速器运输：加速器拆卸后的运输过程由厂家专业人员安排车辆运送，应做好加速器重要部件的保管工作，对于容易破损的部件需要有专门的包装箱进行运输和保存；对于容易受到污染的部件可选择人工冲入氮气密封保存。

4、加速器安装调试：加速器的安装和调试仍然由厂家专业人员负责。在这个阶段，建设单位应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房或运输车辆时必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

二、营运期

（一）工作原理

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

（二）设备组成

医用直线加速器通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波功率源、微波传输系统、电子注入系统、脉冲调制系统、束流系统、真空系统、水冷系统、电源分配控制系统和应用系统等。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过 2cm 左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能 X 线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。本项目直线加速器未设置均整器，且由于内部独特的技术特点，因此等中心剂量率远高于常规直线加速器等中心剂量率。本项目医用直线加速器内部结构示意图见图 9-1。

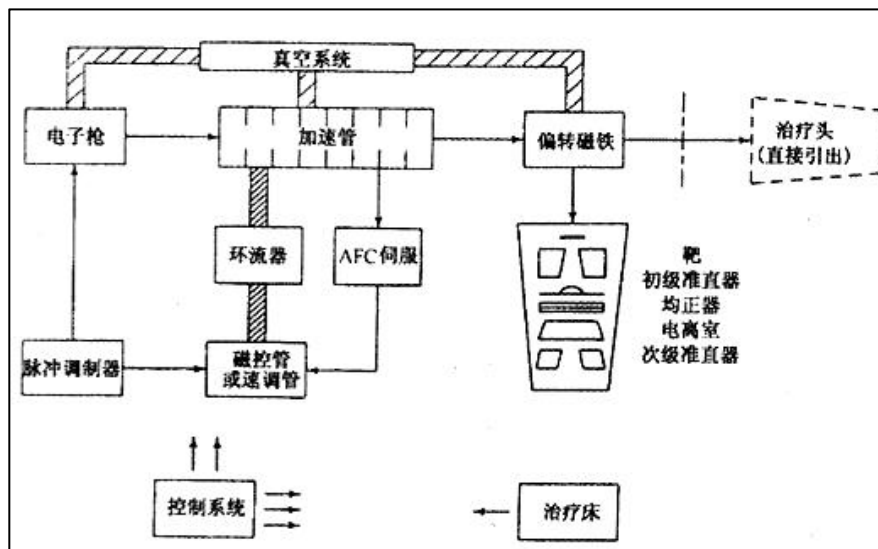


图 9-1 本项目医用直线加速器内部结构示意图

（三）主要技术参数和治疗参数

设备名称：医用直线加速器

设备数量：1 台

射线类型：X 射线、电子线

最大 X 射线能量：10MV（分为 10MV 和 6MV 两档）

最大 X 射线剂量率：3Gy/min

最大电子线能量：14MeV（分为 5、7、9、10、12、14MeV）

距靶点 1m 处最大电子线剂量率：9Gy/min

最大照射野：40×40cm²

主射方向：北侧、南侧、屋顶和地下

漏射线束 X 射线泄漏率：≤0.1%

机架旋转角度：0-360°

主射线最大出束角度：28°

源轴距：100cm

等中心高度：110cm

加速器服务范围：对肿瘤进行治疗

管理科室：放疗科

据医院提供资料，本项目加速器用于常规放射治疗，放射治疗工作量最多为 40 人/天，每周工作 5 天，平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy，平均每人治疗照射 3 野次，周工作负荷 $W=40 \times 5 \times 1.5 \times 3=900\text{Gy/周}$ 。本次偏保守取 1000Gy/周。本项目

加速器等中心处治疗模体内参考点的常用吸收剂量率为 2.5Gy/min，周治疗照射时间为 6.7h/周，年治疗最大出束时间 335h。质控人员每周末质控 2h，年质控时间为 2h×50 周=100h。

（四）污染因子及操作流程

本项目利旧的医用直线加速器提供 X 射线和电子线用于肿瘤治疗，最大 X 射线能量为 10MV，最大电子线能量为 14MeV。在治疗时主要污染因子为 X 射线和电子线，X 射线和电子线是随机器的开关而产生和消失的。

对于最大 X 射线能量≤10MV 的加速器可以不用考虑中子和感生放射性的辐射影响。因此，本项目 10MV 直线加速器工作时主要污染物为：X 射线、电子线和臭氧。

本项目医用直线加速器操作流程如下：

1、模拟定位：先通过 CT 模拟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、操作人员确定门机联锁、门灯联锁、紧急停机按钮、监控系统等安全装置处于正常运行状态。

4、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。

5、物理师离开治疗室，操作人员关上铅门，在控制台上操作，设置参数，开机治疗。

6、治疗完毕，停止出束。

使用医用直线加速器的治疗过程及其产污环节见图 9-2。

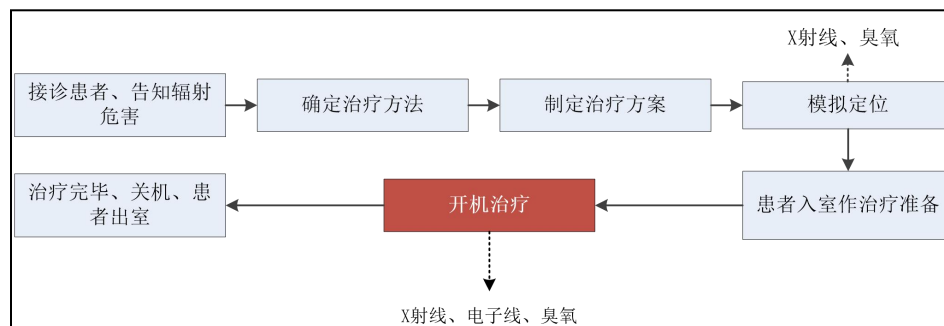


图 9-2 10MV 电子直线加速器治疗过程与产污环节简图

（五）人流、物流路径

1、患者路径

接受放射治疗的患者经由放疗科东侧大门进入放疗科后，先在候诊区登记候诊，接着前往 CT 机房检查定位，随后前往医用直线加速器机房进行治疗。

2、医护路径

机房医护人员经由放疗科东侧大门进入放疗科后，可前往办公室、值班室等场所；当有放疗工作时，可前往射线装置机房对患者进行摆位，射线装置机房控制室进行操作。

3、物流及污物路径

本项目不涉及放射性废水及废物，相关的工作人员及患者在控制室、走廊产生的办公废纸、生活垃圾等废物将由清洁人员定期收集后从西侧污物通道进行转运。

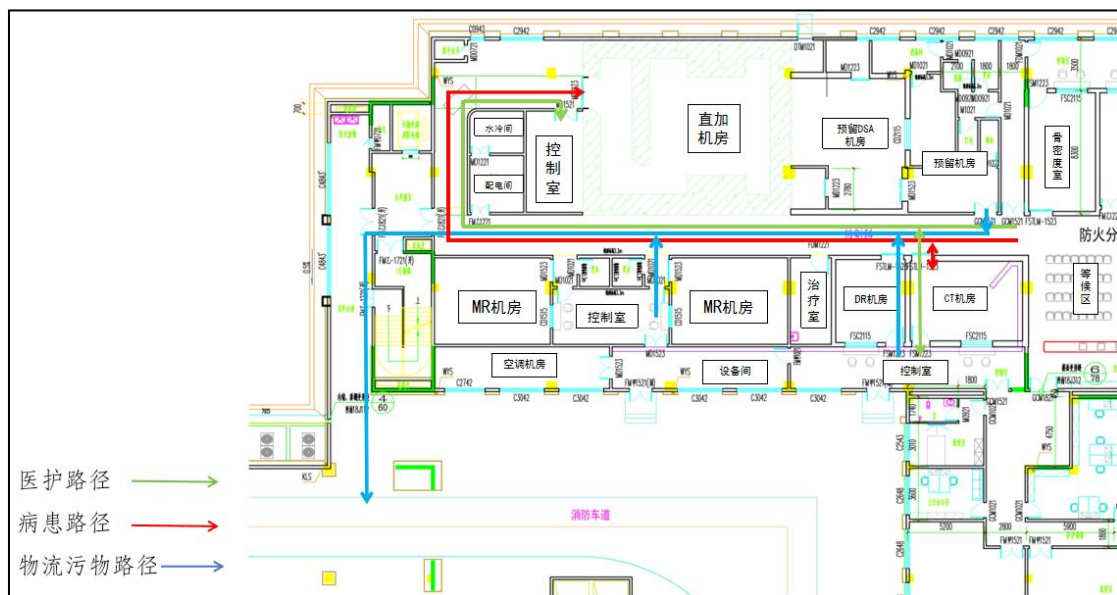


图 9-3 本项目人流、物流路径简图

污染源项分析

一、施工期

本项目主体工程施工环境影响已包含在批复的《自贡市老年病医院建设项目一期工程环境影响报告书》中，本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修阶段和设备安装、调试阶段。

（一）装修阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为废水、扬尘、建筑垃圾和噪声等。

1、废水

施工期少量废水主要来自以下几个方面：（1）施工场地废水；（2）施工人员生活污水。

2、扬尘

施工期的大气污染物主要是扬尘污染，污染因子为 TSP，为无组织排放。施工产生的扬尘主要来自装修材料等搬运扬尘、墙面装修过程中产生粉尘；二是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

3、建筑垃圾

施工期产生的固体废弃物主要包括废弃的各种建筑装饰材料等建筑垃圾以及施工人员的生活垃圾，由于工程规模小，产生量很少。

4、噪声

主要是使用装修设备产生的噪声。

（二）设备拆卸、安装和调试阶段

本项目的射线装置拆卸、安装和调试阶段，主要污染因素为 X 射线、电子线、噪声、臭氧、少量包装废弃物以及少量废零件。

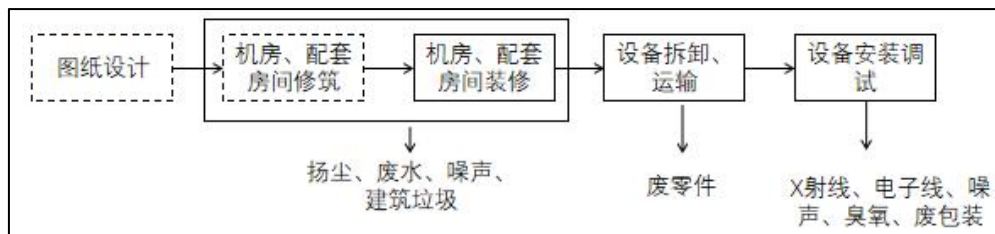


图 9-4 施工期施工工序及产污位置图（虚线框不属于本次评价内容）

二、运行期

（一）电离辐射

本项目医用直线加速器的加速粒子为电子，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），本项目的医用直线加速器可以提供 X 射线和电子线，X 射线和电子线是随机器的开关而产生和消失。本项目医用直线加速器最大 X 射线能量不超过 10MV，所以不需要考虑光中子和感生放射性。

（二）废气

本项目所使用的医用直线加速器在运行过程中产生的有害气体主要是空气中的氧和氮在辐射作用下电离而生成的臭氧和氮氧化物，臭氧是强氧化物，能使材料加速老化，与有机物及可燃气体接触时易引起爆炸，氮氧化物的产生量比臭氧小 10 倍，对环境影响很小，本次主要考虑臭氧。

（三）废水

本项目医用直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。

（四）噪声

本项目医用直线加速器运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声影响较小。

（五）固体废物

本项目医用直线加速器运营期不产生放射性固废，医生等工作人员和病人产生的生活垃圾直接依托医院已建的固废收集设施收集后统一进行处理。

表 10：辐射安全与防护

项目安全管理

通过污染源分析可知本项目医用直线加速器的主要污染物为：X 射线、电子线、臭氧、噪声、生活废水、生活固废等。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。

一、平面布置合理性分析

本项目放疗科位于医院老年 1 号楼一楼北侧，楼上为 2 楼住院病房，机房正下方为土层，人员无法到达，放疗科其余科室地下为停车场。放疗科大门进入后，左侧从近至远依次为 CT 机房、DR 机房、治疗室、MRI 机房#1、控制室、MRI 机房#2、楼梯间；右侧从近至远依次为预留机房、预留 DSA 机房、医用直线加速器机房、控制室、水冷机房、配电间、电梯、走廊。

医用直线加速器机房位于放疗科北侧靠东位置，从北开始顺时针方向依次紧挨着北侧绿化带、预留 DSA 机房、走廊、控制室。医用直线加速器机房设有 Z 型迷道，迷道外侧设有防护铅门

医院工作人员和病人通过放疗科正门门厅进入放疗科，通道宽度满足病人手推车辆的通行，治疗室之间的通道畅通无阻，方便治疗。同时，在放疗科西侧设有侧门，用以生活垃圾等污物的外送，不与人员通道交叉；本项目的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上，本项目医用直线加速器机房单独设置在一楼放疗科，远离医院门诊大厅、住院部等人流较多区域，可减少射线装置对公众的照射影响；位置相对独立，且布局较为紧凑，便于病人就诊，减少人流集中流通。对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）布局要求，本项目医用直线加速器机房平面布置合理性分析见表 10-1。

表 10-1 医用直线加速器机房平面布局合理性分析

标准要求	本项目医用直线加速器机房布置合理性分析	是否满足标准要求
放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端。	本项目医用直线加速器机房位于医院老年 1 号楼一楼北侧。	满足
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	本项目医用直线加速器机房及其辅助机房均按照该要求原则同时进行设计。	满足

方便的原则合理布置。		
放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。	本项目医用直线加速器机房已按照要求设置控制区和监督区。	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。	本项目医用直线加速器各个方向的防护屏蔽均能满足相应的屏蔽要求。	满足
治疗设备控制室应与治疗机房分开设置。	本项目医用直线加速器的设备控制室在治疗机房外部。	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它居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目医用直线加速器的设备控制室不在治疗设备的有用线束照射范围内。	满足
除 X 射线管治疗机房、术中放射治疗手术室和 γ 刀治疗机房可不设置或根据情况确定是否选用迷道，其它治疗机房均应设置迷道。	本项目医用直线加速器机房已设置迷道。	满足

综上所述，医院总图布置时已考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，病人在放疗科进行定位后，可就近进入放疗科医用直线加速器机房使用放疗装置治疗，这样既方便了诊疗，又最大限度避开了人流量较大的道路和人员集中活动区，并同时兼顾了病员就诊的方便性，便于医院对放疗装置的管理。因此，本项目的平面布局是合理的。

二、工作区域管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）要求在放射性工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其它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的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，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制定区域。监督区的进出口及其它适当位置设立表示监督区的标牌；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。

本次环评结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将医用直线加速器机房划为控制区，将医用直线加速器控制室及与控制室相邻的相关配套房间区域均划为监督区。本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2，具体分区图见附图 4。

表 10-2 医用直线加速器机房平面布局合理性分析

工作场所	控制区	监督区	备注
医用直线加速器治疗区	医用直线加速器机房	医用直线加速器机房控制室、控制室相连设备间	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，监督区范围内应限制无关人员进入。

三、辐射安全及防护措施

（一）设备固有安全性

本次拟搬迁的 10MV 医用直线加速器型号为 AccStar，建设单位于 2018 年从成都利尼科医学技术发展有限公司处购买。该台加速器具有以下安全装置：

1、控制台上辐射类型、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。

2、条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、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、控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

4、有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

5、有剂量分布监测装置与辐照终止系统联锁，当剂量分布偏差超过预选值时，可自动终止辐照。

6、有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

7、有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

（二）屏蔽防护

1、机房屏蔽措施

本项目医用直线加速器机房由有相应资质单位进行施工和设计，医用直线加速器机房的屏蔽防护情况如下：

机房整体采用钢筋混凝土浇筑，建筑面积 166.8m²，净空尺寸为长 11.4m×宽 9.2m×高 4.0m；其主射方向朝向北侧墙体、南侧墙体、地面和屋顶；北侧于南侧主屏蔽墙为厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.4m；东侧侧屏蔽墙厚 1.4m；西侧为长 9.2m 的“Z”型迷道，迷道内墙厚 1.2m，迷道外墙厚 1.2m；屋顶主屏蔽墙厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.9m；机房楼下无房间，不考虑地面防护。防护门为 10mm 铅+10mm 厚硼砂的铅钢门。机房不设观察窗，通过监控探头对机房内情况进行观察。

表 10-3 医用直线加速器机房屏蔽状况

工作场所	直线加速器机房
机房建筑面积及长×宽×高	建筑面积 166.8m ² ，长 11.4m×宽 9.2m×高 4.0m
墙体	北侧与南侧主屏蔽墙为厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.4m；东侧侧屏蔽墙厚 1.4m；
屋顶	屋顶主屏蔽墙厚 2.7m、宽 4m，相连次屏蔽墙厚 1.9m
迷道	西侧为长 9.2m 的“Z”型迷道，迷道内墙混凝土厚 1.2m，迷道外墙混凝土厚 1.2m
防护门	10mm 铅+10mm 厚硼砂

2、电缆布设

本项目医用直线加速器机房的控制电缆走向为：医用直线加速器机房控制电缆布设于电缆沟（宽 0.25m×高 0.25）内，电缆沟从机房迷道内墙东侧开始靠着墙边的地下沿顺时针方向经过北侧屏蔽墙、东侧屏蔽墙、东南侧屏蔽墙，最后在西墙（迷道外墙）进入控制室内，穿墙部分采取预埋的钢质引导管。穿墙部分呈“U”型，尺寸较小，电缆沟采用不锈钢电缆沟盖板进行屏蔽，因此电缆的布设方式不会影响该侧屏蔽墙的屏蔽效果。

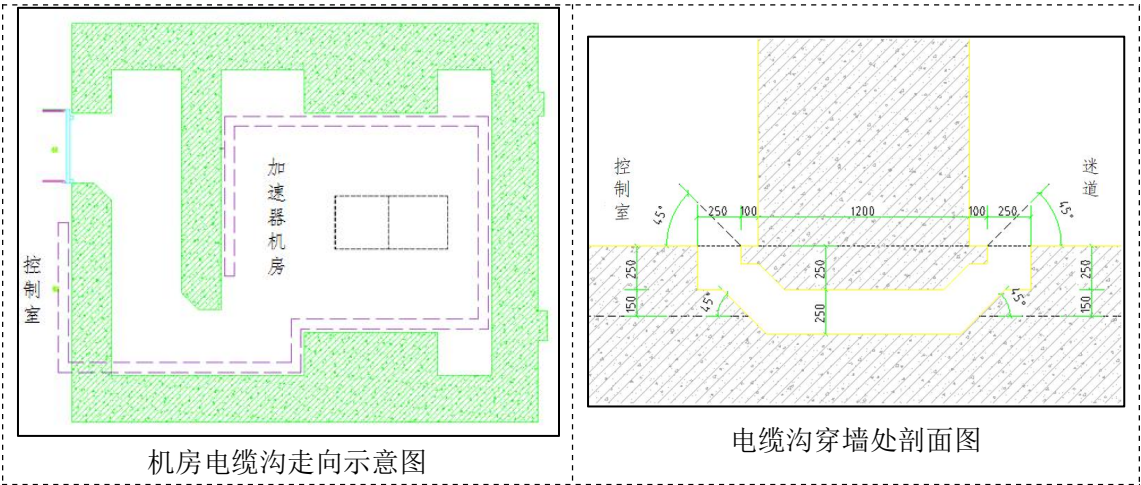


图 10-1：医用直线加速器机房电缆布设示意图

3、通排风布设

本项目医用直线加速器设有通排风系统，设计通排风量为 $2000\text{m}^3/\text{h}$ ，可使加速器机房每小时换气 4.7 次。通风口位于进入防护门位置顶部，通风管道从防护门上方穿墙后连接大楼空调新风系统；2 个排风口位于机房东北角和东南角，高出地面 0.30m，排风管道上顶部后从防护门上方穿墙，连接大楼排风系统。穿墙处位于防护门上方 0.75m 处，穿墙部分呈“Z”型，通排风管道的布设方式不会影响该侧屏蔽墙的屏蔽效果。

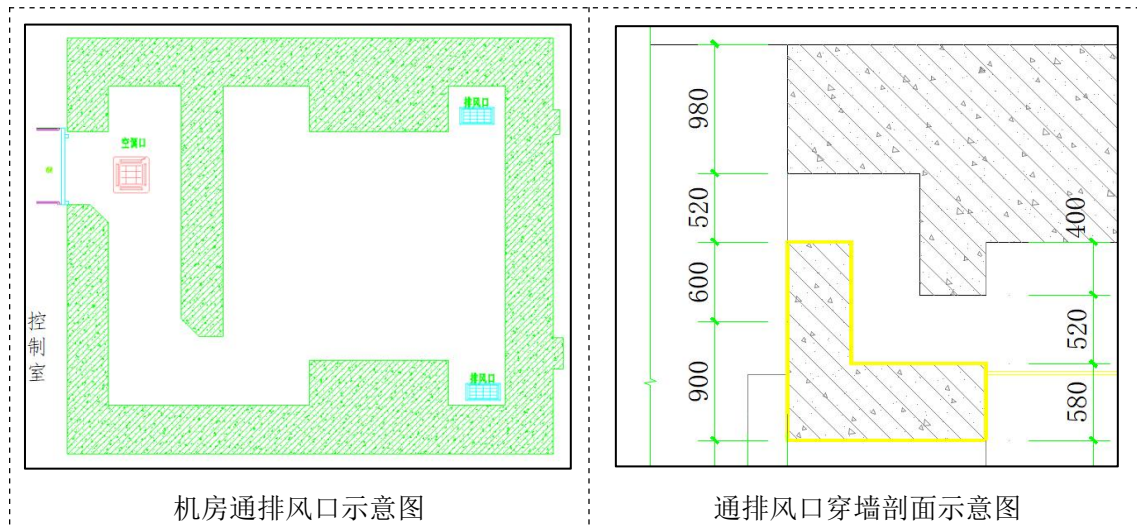


图 10-2：医用直线加速器机房通排风布设示意图

4、防护距离

本项目医用直线加速器工作场所的各个区域将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，并且在机房的人员通道门的醒目位置张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

5、时间防护

在满足诊断要求的前提下，每次使用本项目医用直线加速器进行诊疗之前，都要根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的治疗方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。

（三）辐射防护安全装置与布置

本项目的医用直线加速器机房辐射防护安全装置防护效能及安装要求如下：

①门-机安全联锁装置：医用直线加速器与屏蔽门之间设置联锁装置，屏蔽门关闭后设备才能正常开机，门被打开时设备会自动关机。

②紧急止动装置：在控制室操作台设置有“紧急止动”按钮，一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。除此之外，医用直线加速器机房内墙上设计安装 4 个紧急止动开关，分别位于防护门内侧附近墙壁、迷道南侧墙壁、迷道内墙东侧和机房东墙，安装在便于人员接触到的地方（距地面高度 1.5m，并标有中文标识），机房内人员按动紧急止动开关就能令医用直线加速器停机。

③视频监控、对讲装置：治疗室内安装有视频监控，分别位于机房防护门门口、机房迷道西南角、机房西北角、机房东北角和机房东南角。工作人员可通过控制室中的显示器观察治疗室内的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观测患者在治疗室的状况，及时处理意外情况。

④工作状态指示灯：医用直线加速器机房防护门外顶部设置工作状态指示灯。放射源处于开启状态时，指示灯为红色，灯箱醒目显示“禁止入内”，以警示人员注意安全，不得入内；当放射源处于关闭状态，指示灯为绿色。

⑤警告标志：医用直线加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志，可以提示无关人员不能随意进入机房，以防遭到误射。

⑥紧急开门按钮：医用直线加速器机房迷道入口内侧人员易接触的位置（距地面高度 1.5m，并标有中文标识）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

⑦固定式剂量监测仪：医用直线加速器机房内安装一台固定式剂量监测仪，固定式剂量监测仪会在治疗室外实时显示机房内辐射剂量水平，并在辐射剂量超过安全水平时报警，对人员进行提醒。

医用直线加速器机房安全装置布置图见图 10-3；电离辐射标志和电离辐射警告标志示意图见图 10-4；医用直线加速器机房安全装置逻辑关系图见图 10-5。

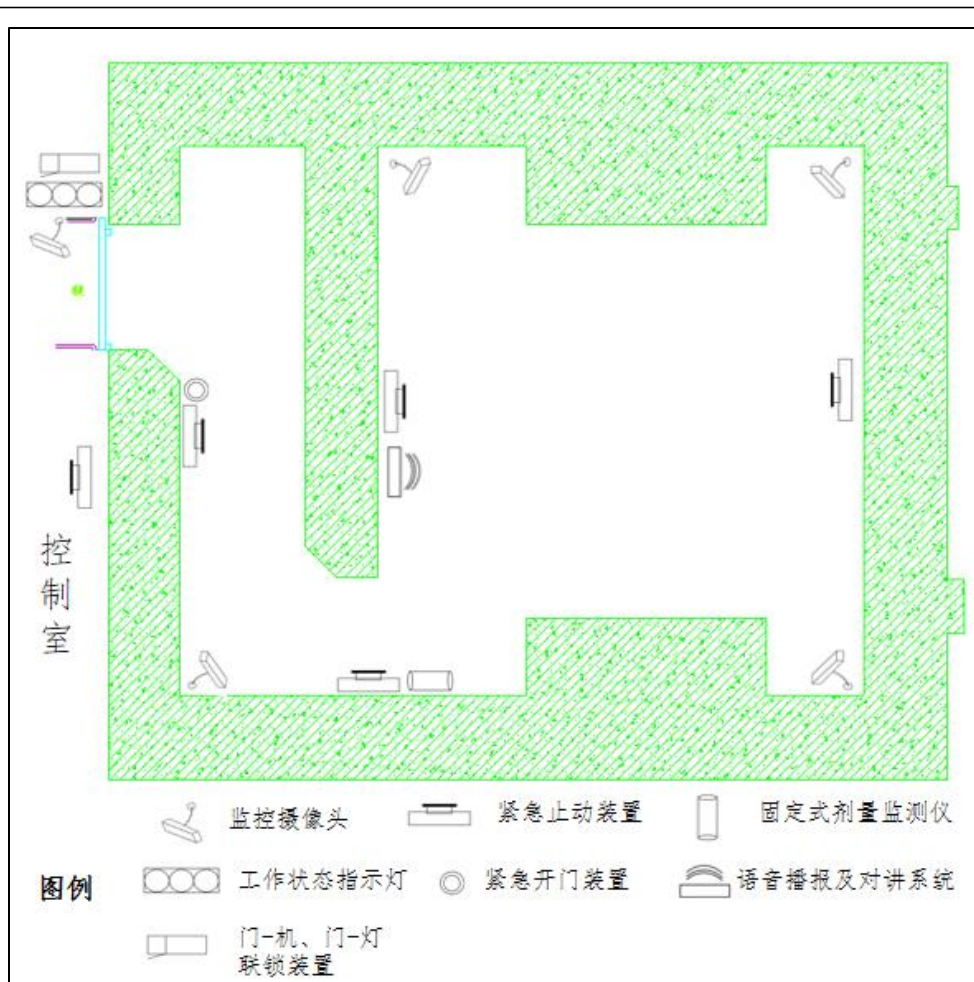


图 10-3 医用直线加速器机房安全装置布置图

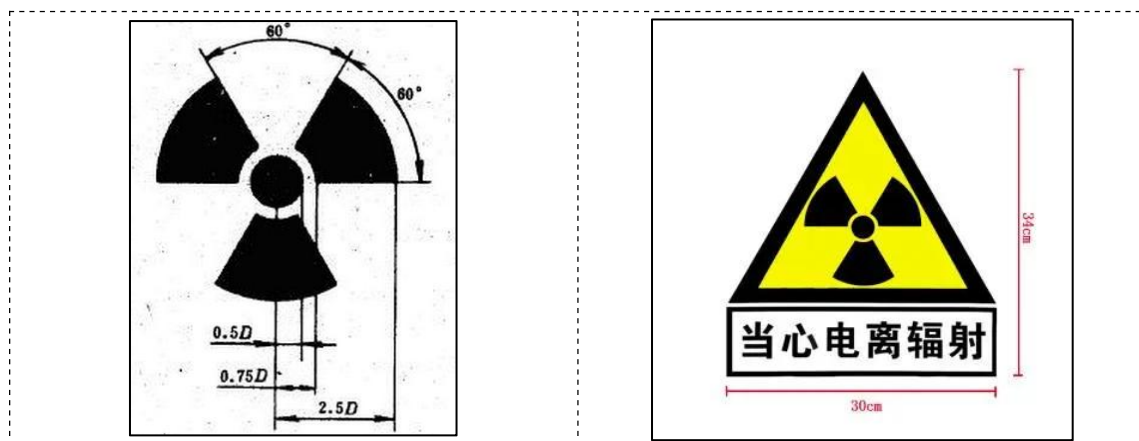


图 10-4 电离辐射标志和电离辐射警告标志示意图

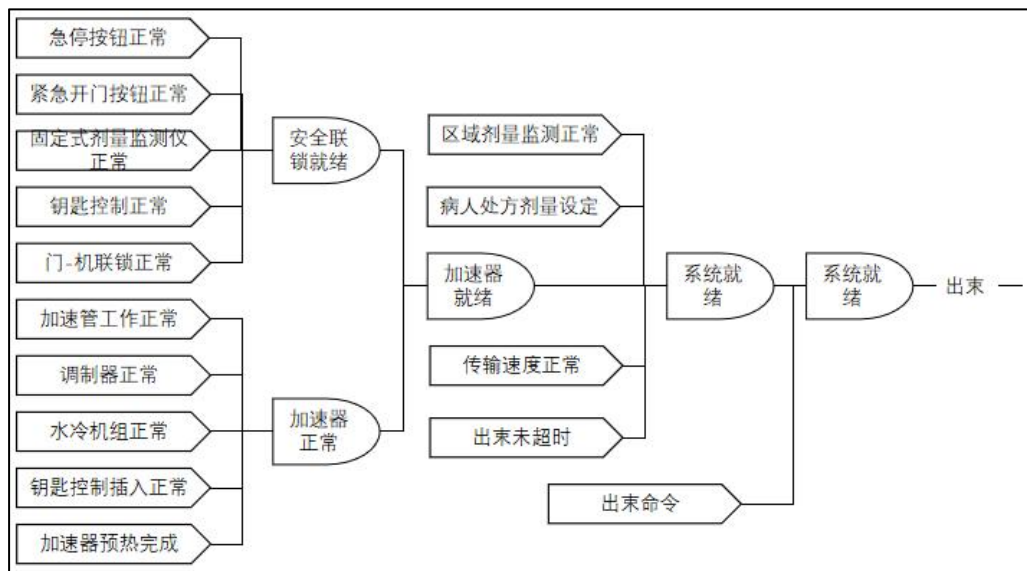


图 10-5 医用直线加速器机房安全装置逻辑关系图

四、辐射工作场所安全保卫措施

为确保本项目涉及II类射线装置的辐射安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，射线装置使用场所应当采取防火、防盗、防丢失、防破坏、防泄露的安全措施，本项目针对辐射工作场所拟采取的辐射安全保卫措施见表 10-4。

表 10-4 辐射工作场所安全保卫措施一览

场所类别	措施类别	对应措施
射线装置工作场所	防破坏	①射线装置机房及附属设施纳入医院日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏； ②工作场所根据需要设置监控摄像头实行 24h 实时监控； ③安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗窃事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防射线泄漏	①本项目所使用的射线装置均购置于正规厂家，出厂射线装置的杂散辐射和泄漏辐射不会超过《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）规定的限值； ②本项目机房已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和标准要求落实，各机房是不存在辐射泄漏的情况； ③II类射线装置机房还应安装固定式 γ 剂量报警装置和固定式中子剂量率报警装置，当出现泄漏辐射超标时将启动声光报警装置； ④建设单位将制定监测计划，并自行配备便携式 γ 剂量率监测仪和便携式中子剂量当量率仪，定期或不定期对射线装置机房四周进行巡测，有效防止射线泄漏。

三废的治理

（一）废水

1、施工期

施工期产生少量用于冷却、降尘的废水，且无污染物溶解其中，经自然蒸发后不会对周围水环境造成影响。

2、运营期

本项目医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。

施工期和运营期工作人员产生的生活污水产生量较少，依托院区已建成的生活污水处理站处理达标后排入市政污水管网，再排入自贡市城市生活污水处理厂处理。

（二）废气

1、施工期

项目机房装修期间将会产生一定量的建筑粉尘，在施工区域内采取洒水降尘措施可有效降低施工现场扬尘污染。

2、运营期

项目运营期产生的废气主要为臭氧，建设单位拟采用全空气型净化空调系统加新风系统将废气排出室外。为了减少废气对人员产生的影响，要求本项目机房每小时换气次数不小于4次，排风口应高于屋顶。

（三）固体废物

1、施工期

项目装修和调试过程产生的建筑废渣、废包装等固体废物依托院区已有的固体废物收集设施和市政环保设施处理。

2、运营期

本项目涉及设备在工作过程中不产生固体废物，工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾经医院集中收集后交由环卫部门统一处理。

（四）噪声

1、施工期

在施工期，施工单位及建设单位应合理安排作业时间，并优先选用低噪声设备，以减少施工噪声；对高噪声设备采取隔声、隔振或消声措施，如在声源周围

设置掩蔽物、加隔振垫等，可降低噪声源强；日常应注意对施工设备的维修、保养，使各种施工机械保持良好的运行状态。

2、运营期

本项目运营期噪声主要来源于空调和新风系统的风机产生的噪声，其中本项目新风系统拟采用低噪声节能排风机，其噪声值一般低于 60dB(A)，整体噪声较小，无需采用专门的降噪措施。

（五）射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》第二十九条“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置去功能化。”因此，医用直线加速器等II类射线装置报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

环保投资估算

本项目总投资 xx 万元，环保投资 11.27 万，占总投资的 5.4%。本项目医用直线加速器机房辐射防护措施及其投资估算见表 10-5。

表 10-5 医用直线加速器机房辐射防护措施及其投资估算一览表

项目		设施（措施）	单位	数量	单价 （万元）	费用
医用直线 加速器机 房	辐射 屏蔽 措施	医用直线加速器屏蔽机房	间	1	纳入主体工程	
	安全 装置	治疗室门与束流联锁（门-机联锁）装置	套	1	2	2
		视频监控系统及对讲装置	套	1	1.5	1.5
		准备出束音响装置	套	1	0.5	0.5
		工作状态指示灯（门-灯联锁）	台	1	0.4	0.4
		紧急开门装置	套	1	0.5	0.5
		紧急止动按钮	套（每套4个）	1	2	2
		固定式剂量监测报警装置	套	1	0.85	0.85
		入口电离辐射警告标志	个	1	0.01	0.01
个人防护用品		个人剂量计	个	3	0.1	0.3
		个人剂量报警仪	个	2	0.2	0.4
通排风系统		通排风系统	套	1	0.3	0.3
分区管理		场所控制区、监督区划分标识	套	1	0.01	0.01

监测	便携式 X-γ监测仪	台	1	2.5	2.5
合计		/	/	/	11.27

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目依托院区老年 1 号楼建设，土建工程环境影响评价已包含在《自贡市老年病医院建设项目一期工程环境影响报告书》（批复文号：自环准许〔2018〕95 号）中，本次评价不涉及老年 1 号楼土建工程。本次施工期主要评价内容为：装修及设备拆卸、安装和调试的环境影响。

一、装修阶段环境影响分析

（一）大气环境影响分析

装修过程中产生的废气污染物相对较少，施工现场采用“环保型”油漆及涂料，工作人员在焊接施工时佩戴相应防护面罩，并采取洒水降尘等措施抑制扬尘和颗粒物。在施工过程中加强通风或采用室内空气净化措施，全程严格按《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）控制室内环境水平，可将废气对周围环境的影响降至最低。

（二）水环境影响分析

本项目施工过程中会产生少量的施工废水，用于冷却、降尘等，废水产量较少且无污染物溶解，自然蒸发后对周围水环境影响较小；施工人员生活会排放少量的生活污水，可依托医院污水收集系统收集处理，经处理后排入市政污水管网，不会对周围水环境产生影响。

（三）声环境影响分析

施工过程中会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量使用低噪音设备、避免夜间施工、在声源附近设置掩蔽物、注意对施工设备的保养以及使施工设备保持良好运行状态等措施，来尽量降低本项目噪声对周围的影响。

（四）固体废物

本项目装修过程产生的固体废弃物主要是生活垃圾、装修垃圾等。

1、生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，减少雨水冲刷造成地表污染，并保持工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。

2、装修垃圾

项目施工过程中会产生一些建筑垃圾、包装袋、包装箱、碎木块、余料等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其余部分收集后交由市政环卫设施进行处理。

本项目装修工程工期较短，施工量小，在院方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、设备拆卸、安装和调试阶段环境影响分析

本项目设备的拆卸、安装和调试均由设备厂家专业人员进行，医院方不得自行拆卸、安装及调试设备。在射线装置拆卸过程中，可能产生部分旧螺丝、旧零件，由厂家回收；在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置调试阶段，主要污染因子为 X 射线、电子线、臭氧等。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，调试期间产生的 X 射线、电子线、臭氧经过机房墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

本项目利旧使用一台成都利尼科医学技术发展有限公司制造的型号为 AccStar 的 10MV 医用直线加速器，为 II 类射线装置，从自贡市精神卫生中心青杠林院区搬迁而来，用于肿瘤放射治疗。本项目加速器最大 X 射线能量 10MV，等中心最大 X 射线剂量率 3Gy/min；最大电子线能量为 14MeV，最大电子线剂量率 9Gy/min。最大照野面积为 40×40cm²。

本项目为医用直线加速器搬迁项目，新相较于旧机房，新机房的占地面积、净空尺寸、屏蔽墙厚度、迷道设计均有变化，因此本次采用理论预测的方法进行运行阶段辐射环境影响分析。

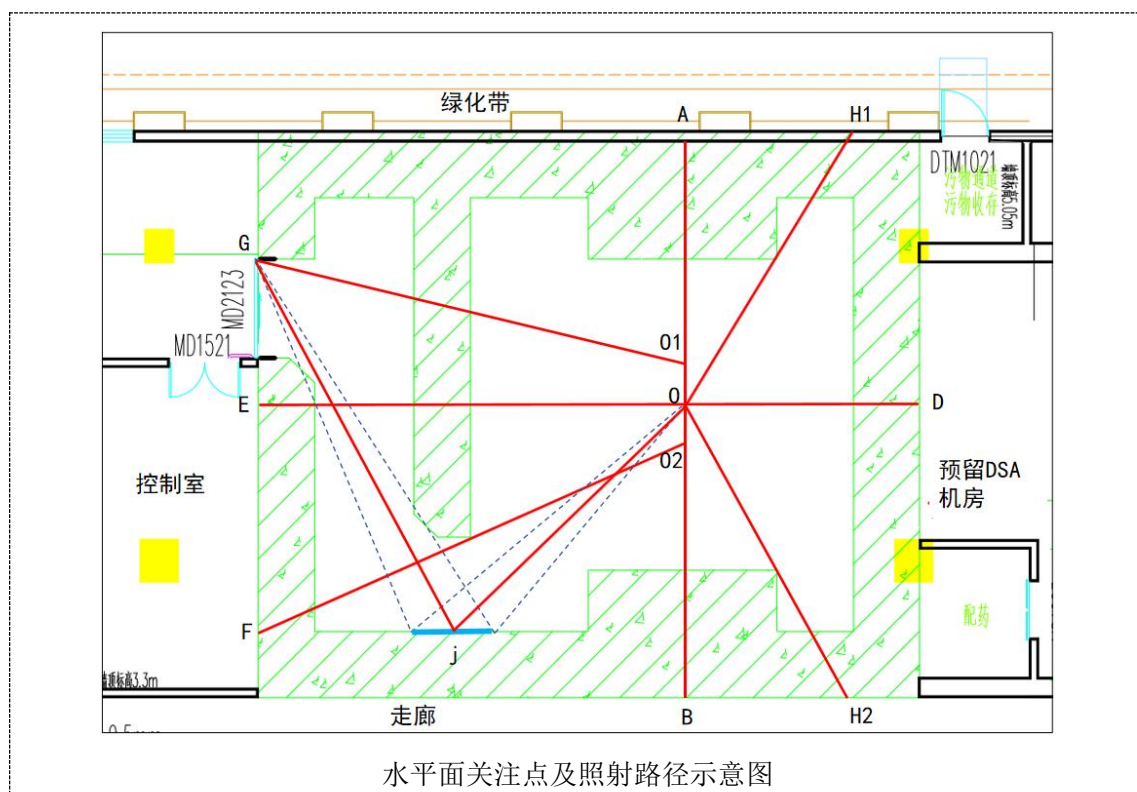
（一）机房屏蔽体厚度合理性分析

1、机房照射路径条件

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目加速器机房外设定关注点。根据GBZ/T201.2-2011，机房屏蔽评价时应估算的辐射束为治疗装置在X射线治疗时可达到的最高MV条件下的有用线束、泄漏辐射和其产生的散射辐射。

本项目加速器产生的电子线很容易屏蔽，只要屏蔽了X射线就能屏蔽掉电子线。因为电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。所以确定对于10MV的加速器是初级X射线决定了屏蔽状况。由于直线加速器机房下方无房间，所以地面的防护不予考虑。

本项目直线加速器机房的关注点设定及主要照射路径见图 11-1。



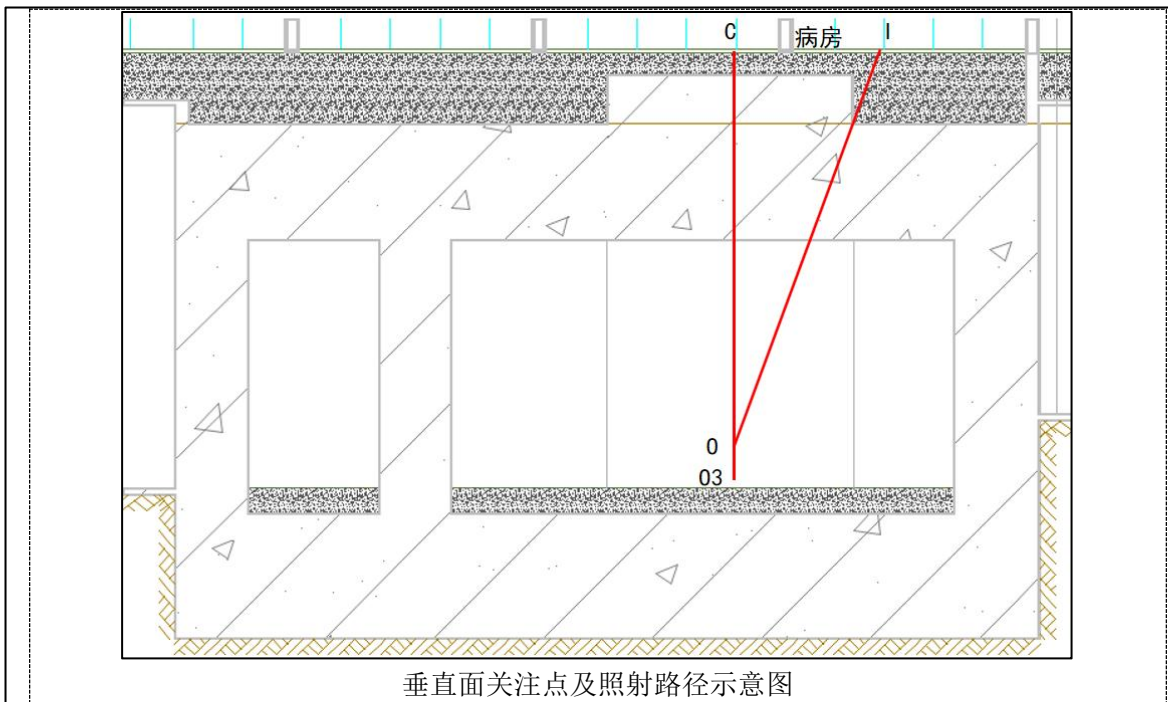


图 11-1 医用直线加速器机房关注点及照射路径示意图

2、剂量率参考控制水平

根据 GBZ/T201.2-2011，机房墙外 30cm 处各关注点的剂量率参考控制水平 H_e 由以下方法确定：

a) ①使用放射治疗年工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ ；

$$\text{对于主射线束： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots (\text{式 11-1})$$

$$\text{对于漏射辐射： } H_{e,d} = H_a / (t \cdot N \cdot T) \dots\dots\dots (\text{式 11-2})$$

式中：

$H_{e,d}$ ——导出剂量率参考控制水平；

H_a ——年剂量参考控制水平；职业人员取 $5000\mu\text{Sv/a}$ ，公众取 $100\mu\text{Sv/a}$ ；

U ——主射线束向关注位置的方向照射的使用因子；根据医院实际治疗情况，每面墙体各占 25%，屋顶占 10%；

T ——经常有人停留的地方取 1，有部分时间有人停留的地方取 1/4，偶然有人经过的地方取 1/16；

N ——调强放射治疗因子，取 5；

t ——年治疗照射时间；根据建设单位提供资料，放射治疗工作量最多为 40 人

次/d, 每周工作 5d, 平均每人每野次治疗剂量 1.5Gy, 平均每人治疗照射 3 野次, 周工作负荷为 $40 \times 5 \times 1.5 \times 3 = 900 \text{Gy/周}$, 本次偏保守取 1000Gy/周。本项目医用直线加速器常用吸收剂量率为 2.5Gy/min, 则周治疗时间为 $1000/2.5 = 400 \text{min}$, 即 6.7h/周。直线加速器每年工作 50 周 (每周工作 5 天, 即每年工作 250 天), 则加速器的年最大出束时间 $t = 6.7 \text{h/周} \times 50 \text{周} = 335 \text{h}$ 。

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区, 属于复合辐射:

根据 (GBZ/T 201.2-2011) 中附录A2.2复合辐射, 导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d}$ 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, 即与主屏蔽直接相连的次屏蔽区导出剂量率参考控制水平 $H_{e,d} = \text{泄漏辐射导出剂量率参考控制水平 (该关注点单一泄漏辐射的一半, 即 } H_{e,d}/2) + \text{有用线束水平照射的患者散射辐射导出剂量率参考控制水平 (该关注点最高剂量率参考控制水平的一半, 即 } H_{e,max}/2)$ 。

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$:

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 (H_e)。

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 μSv 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 30 cm 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)。

由此确定的直线加速器机房各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见表 11-1 和 11-2。

表 11-1 机房外各关注点导出剂量率参考控制水平 ($H_{e,d}$)

医用 直线 加速 器机	关注点	受照射类型	H_a ($\mu\text{Sv/a}$)	U	t	N	T	$H_{e,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
	A (绿化带)	公众	■	■	■	■	■	■
	B (走廊)	公众	■	■	■	■	■	■
	C (病房)	公众	■	■	■	■	■	■
	D (预留 DSA 机房)	公众	■	■	■	■	■	■
	E (控制室)	职业	■	■	■	■	■	■

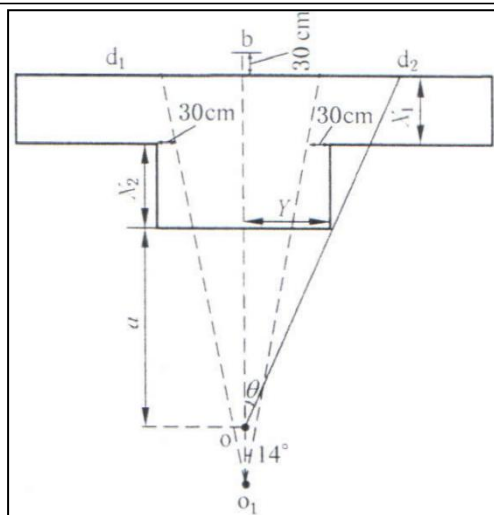
房	F（控制室）	职业	■	■	■	■	■	■
	G（防护门）	公众	■	■	■	■	■	■
	H1（绿化带）	公众	■	■	■	■	■	■
	H2（走廊）	公众	■	■	■	■	■	■
	I（病房）	公众	■	■	■	■	■	■
*注：关注点 D 为预留 DSA 机房，机房内可能同时存在公众和职业两种受照射类型，分别计算两种受照射类型的 $H_{e,d}$ （其中职业受照射类型 H_e 取 5000，T 取 1，其余与公众受照射类型一致，最后结果为 2.99），取两者较小值作为关注点 D 的 $H_{e,d}$								

表 11-2 机房外各关注点剂量率参考控制水平（He）和主要考虑的辐射束

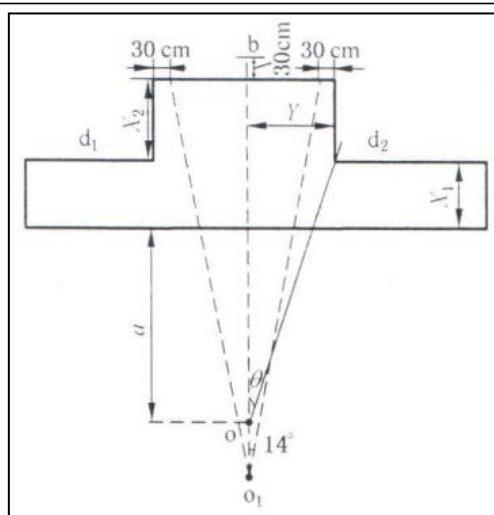
	关注点	剂量率参考控制水平 H_e （ $\mu\text{Sv/h}$ ）			主要考虑的辐射束	射线路径
		$H_{e,d}^*$	$H_{e,max}$	H_e		
医用直线加速器机房	A（绿化带）	■	■	■	主射线束	O2→A
	B（走廊）	■	■	■	主射线束	O1→B
	C（病房）	■	■	■	主射线束	O3→C
	D（预留 DSA 机房）	■	■	■	漏射辐射	O→D
	E（控制室）	■	■	■	漏射辐射	O→E
	F（控制室）	■	■	■	漏射辐射	O2→F
	G（防护门）	■	■	■	漏射辐射 散射辐射	O1→G O1→O→j→G
	H1（绿化带）	■	■	■	漏射辐射 人体的一次散射辐射	O→H1 O2→O→H1
	H2（走廊）	■	■	■	漏射辐射 人体的一次散射辐射	O→H2 O1→O→H2
	I（病房）	■	■	■	漏射辐射 人体的一次散射辐射	O→I O3→O→I
*注：①防护门处 $H_{e,d}$ =漏射控制水平/4+散射控制水平/2；②与主屏蔽墙相连的次屏蔽墙 $H_{e,d}$ =漏射控制水平/2+散射控制水平/2。						

3、有用线束主屏蔽区宽度计算

本项目设计的医用直线加速器机房，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°。主射线束主屏蔽区示意图见图 11-2，主屏蔽宽度计算结果见表 11-3。



北侧及南侧主屏蔽墙



屋顶主屏蔽墙

图 11-2 墙体主射屏蔽范围计算示意图

表 11-3 加速器机房主屏蔽范围计算表

机房	主屏蔽范围计算值*(cm)	主屏蔽范围设计值(cm)	结论
北侧墙体	■	■	满足要求
南侧墙体	■	■	满足要求
屋顶	■	■	满足要求

*注：东西侧主屏蔽区内凸，计算公式为墙体主屏蔽半宽度=（100+a+X₂）tg14° +30cm；屋顶侧主屏蔽区外凸，计算公式为墙体主屏蔽半宽度=（100+a+X₁+X₂）tg14° +30cm。

设备厂家和建设单位在进行医用电子直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，杜绝安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

4、主屏蔽区、侧屏蔽墙、迷道内墙和外墙厚度核算

利用GBZ/201.2-2011的相关公式对主屏蔽区进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子 B 按（式11-3）计算，再按（式11-4）估算所需要的有效屏蔽厚度 X_e (cm)，再按照（式11-5）获得屏蔽厚度 X （cm），计算结果与设计厚度进行比较，分析是否满足屏蔽厚度要求。

$$B = \frac{H_e}{H_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots \text{（式11-3）}$$

$$X_e = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots \text{（式11-4）}$$

$$X = X_e \bullet \cos \theta \dots\dots\dots \text{（式11-5）}$$

式中：

B —屏蔽透射因子；

H_e —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶1m处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $1.8\times 10^8\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为3Gy/min），后续计算均取此值；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；本项目关注点均为相应墙外30cm；对于主屏蔽区的关注点，辐射源点至关注点的距离为等中心位置至关注点的距离与源轴距（SAD=1m）之和；

f —有用束为1；对泄漏辐射为泄漏辐射比率（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；

TVL_1 （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；

X_e —有效屏蔽厚度；

X —墙体屏蔽厚度。

表 11-4 加速器机房主屏蔽区和侧屏蔽墙屏蔽厚度核算

参数	A（绿化带）	B（走廊）	C（病房）	D（预留 DSA 机 房）	E（控制室）	F（迷道外 墙）	G（迷道内 墙）
剂量率参考控制水平 H_e ($\mu\text{Sv/h}$)	■	■	■	■	■	■	■
R (m)	■	■	■	■	■	■	■
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$)	■	■	■	■	■	■	■
f	■	■	■	■	■	■	■
TVL_1 （cm）	■	■	■	■	■	■	■
TVL （cm）	■	■	■	■	■	■	■
有效屏蔽厚度 X_e （cm）	■	■	■	■	■	■	■
斜射角 θ （度）	■	■	■	■	■	■	■
屏蔽厚度 X （cm）	■	■	■	■	■	■	■
设计厚度（cm）	■	■	■	■	■	■	■
是否满足屏蔽要求	是	是	是	是	是	是	是

*注：根据 GBZ/201.2-2011，对于“迷道内墙泄漏辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平应小于 H_e ， d 的 1/4。

5、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。泄漏辐射所需厚度见根据 (式11-3) (式11-4) 和 (11-5) 进行计算, 散射辐射的透射因子按式 (11-6) 进行计算, 散射所需屏蔽厚度按式 (11-4) 和式 (11-5) 进行计算。

$$B = \frac{H_e \times R^2}{H_o \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots\dots\dots (式11-6)$$

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; 取患者散射角为45°, 附录B表B.2查出10MV, 45°的散射因子 α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ;

F —治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积, cm²; 本项目为40×40cm²。

其他符合式 (11-3) 。

表 11-5 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区		
	H1 (绿化带)	H2 (走廊)	I (病房)
剂量率参考控制水平 H_e (μSv/h)	■	■	■
R (m)	■	■	■
H_o (μSv·m ² /h)	■	■	■
α_{ph}	■	■	■
F (cm ²)	■	■	■
透射因子 B	■	■	■
TVL (cm)	■	■	■
散射有效屏蔽厚度 X_e (cm)	■	■	■
斜射角 θ	■	■	■
散射所需屏蔽厚度 (cm)	■	■	■
泄漏辐射所需屏蔽厚度 (cm)	■	■	■
散射和泄漏辐射所需屏蔽厚度较大值 (cm)	■	■	■
设计厚度 (cm)	■	■	■

是否满足屏蔽要求	是	是	是
*注：根据 GBZ/201.2-2011，对于“与主屏蔽区相连的次屏蔽区患者一次散射辐射所需屏蔽厚度”核算时，剂量率参考控制水平取 $H_{e,max}$ 的一半。			

6、机房防护门屏蔽厚度核算

根据（GBZ/T201.2-2011）4.3.2.5.2，机房入口关注点处 G 的散射辐射剂量率 H_G 主要由路径项“O1-O-j-G”产生的辐射剂量率组成。

根据（GBZ/T201.2-2011），路径“O1-O-j-G”产生的散射辐射剂量率 H_G 计算公式如下：

$$H_G = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A_1}{R_2^2} H_0 \dots \dots \dots \text{（式 11-7）}$$

式中：

H_G —关注点 G（防护门）处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} —患者 400cm^2 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值；查附录 B 表 B.2，本项目取 45° 散射角的 10MV 的散射因子，即 α_{ph} 为 1.35×10^{-3} ；

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

α_2 —墙入射的患者散射辐射的散射因子，查附录 B 表 B.6，取散射角为 0° ，10MV 栏内的值，为 5.1×10^{-3} ；

A_1 —j 点处的散射面积 m^2 ；散射面积约为 2.6m （墙宽） $\times 4.0\text{m}$ （墙高） $= 10.4\text{m}^2$ ；

R_1 —第一次散射路径 O-J； $R_1=7.0\text{m}$ ；

R_2 —第二次散射路径 J-G； $R_2=8.8\text{m}$ ；

H_0 —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为 $1.8 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ；

经计算，入口关注点处的散射辐射剂量率 H_G 为 $13.59 \mu\text{Sv/h}$ 。

所需的铅蔽投射因子 B 计算公式如下：

$$B = (H_e - H_{\text{漏}}) / H_{\text{散}} \dots \dots \dots \text{（式 11-8）}$$

H_e —机房入口关注点处（G）控制剂量率，为 $1.37 \mu\text{Sv/h}$ ；

$H_{\text{漏}}$ —O1 位置穿过迷道内墙的泄漏辐射在 G 处的控制剂量率，应小于参考控制水平的 1/4，即 $1.37 \times 1/4 = 0.34 \mu\text{Sv/h}$ ；经计算得出，为 $0.2776 \mu\text{Sv/h}$ ，满足要求；

$H_{\text{散}}$ —机房入口关注点处的散射辐射剂量率，即 $13.59 \mu\text{Sv/h}$ ；

经计算， $B=0.0048$ 。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，铅的 TVL 为 5mm，相应 $B=0.0048$ 的铅厚度(X)为： $X=TVL \cdot \log B^{-1}=11.61\text{mm}$ 。

由理论计算可知，机房入口铅防护门屏蔽厚度为 11.61mm，实际设计铅门铅当量为 10mm 铅钢门+10mm 厚硼砂。

7、机房屏蔽体厚度校核小结

本项目医用直线加速器机房各屏蔽体厚度理论计算值与设计值综合汇总见表 11-6。

表 11-6 直线加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

屏蔽区	理论计算值		实际设计值	是否满足要求
主射线束主屏蔽区	屏蔽宽度	北侧墙体：339cm	北侧墙体：400cm	满足
		南侧墙体：339cm	南侧墙体：400cm	
		屋顶：389cm	屋顶：400cm	
	屏蔽体厚度（混凝土）	北侧墙体：232cm	北侧墙体：270cm	满足
		南侧墙体：232cm	南侧墙体：270cm	
		屋顶：233cm	屋顶：270cm	满足
与主屏蔽区相连的次屏蔽区	屏蔽体厚度（混凝土）	北侧墙体：92cm	北侧墙体：140cm	满足
		南侧墙体：92cm	南侧墙体：140cm	满足
		屋顶：99cm	屋顶：140cm	满足
侧屏蔽墙	屏蔽体厚度（混凝土）	西侧墙体：94cm	迷道外墙+迷道内墙：240cm	满足
		东侧墙体：131cm	东侧墙体：140cm	满足
迷道	屏蔽体厚度（混凝土）	迷道内墙：116cm	迷道内墙：120cm	满足
		迷道外墙：89cm	迷道外墙：120cm	满足
防护门	屏蔽体厚度（铅）	11.61mm 铅当量	10mm 铅钢门+10mm 厚硼砂	满足

综上所述，本项目医用直线加速器机房的设计参数能满足屏蔽防护要求。

（二）机房屏蔽体外贯穿辐射剂量率预测

本项目医用直线加速器在运行过程中产生的电离辐射包括：电子线和 X 射线。

1、电子线辐射环境影响分析

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中电子在介质中的射程可根据（式 11-9）近似计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{MAX} \dots\dots\dots(\text{式 11-9})$$

式中：

E_{max} —电子最大能量，MeV；

d —最大射程，cm；

ρ —屏蔽材料密度。

表 11-7 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量(MeV)	14
混凝土密度(g/cm-3)	2.35
混凝土中的射程 (cm)	2.98

根据表 11-7，电子在混凝土中射程为 2.98cm，加速器机房墙体最小屏蔽厚度为 120cm，所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此在运行过程中电子线对周围辐射环境影响较小。

2、X 射线辐射环境影响分析

根据 GBZ/T201.2-2011，各预测点人员可能受到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：

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots(\text{式 11-10})$$

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

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots(\text{式 11-12})$$

患者一次散射辐射剂量估算：

$$H = \frac{H_0 \bullet \alpha_{ph} \bullet (F / 400)}{R_s^2} \bullet B \dots\dots\dots(\text{式 11-13})$$

机房迷道入口处辐射剂量估算：

$$H = H_g \times 10^{-(X / TVL)} + H_{og} \dots\dots\dots(\text{式 11-14})$$

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 11-8，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-9，机房迷道入口处辐射剂量见表 11-10。

表 11-8 加速器机房主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

参数	A (绿化带)	B(走廊)	C (病房)	D (预留 DSA 机 房)	E (控制 室)	F (控制 室)	G (防护 门)	与主屏蔽区相连 的次屏蔽区	
								H1(H2)	I
屏蔽厚度 X (cm)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
斜射角 θ	■	■	■	■	■	■	■	■	■
有效屏蔽厚 度 X_e (cm)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TVL_1 (cm)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TVL (cm)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$Ho(\mu Sv \cdot m^2/h)$	■	■	■	■	■	■	■	■	■
f	■	■	■	■	■	■	■	■	■
$R(m)$	■	■	■	■	■	■	■	■	■
B	■	■	■	■	■	■	■	■	■
剂量率估算 值 H ($\mu Sv/h$)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
控制值 He ($\mu Sv/h$)	■	■	■	■	■	■	■	■	■
是否满足	是	是	是	是	是	是	是	是	是

表 11-9 加速器机房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		
	H1 (绿化带)	H2 (走廊)	I (病房)
屏蔽厚度 X (cm)	■	■	■
斜射角 θ	■	■	■
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	■	■	■
TVL (cm)	■	■	■
透射因子 B	■	■	■
$Ho(\mu Sv/h)$	■	■	■
α_{ph}	■	■	■
F (cm ²)	■	■	■
$R(m)$	■	■	■
散射剂量当量($\mu Sv/h$)	■	■	■
漏射剂量当量($\mu Sv/h$)	■	■	■
总剂量当量($\mu Sv/h$)	■	■	■
控制值 $H(\mu Sv/h)$	■	■	■
评价结果	满足	满足	满足

表 11-10 加速器机房迷道入口处辐射剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处 (防护门外)
机房入口处的散射辐射剂量率 $H_{散}$ ($\mu Sv/h$)	■

机房入口处的漏射辐射剂量率 $H_{\text{漏}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	
屏蔽厚度 X (mm)	
TVL (mm)	
经防护门屏蔽后的剂量当量 $H(\mu\text{Sv/h})$	
控制值 $H(\mu\text{Sv/h})$	
评价结果	满足

(三) 医用直线加速器屏蔽体外人员所受剂量

由(式 11-15) 估算各关注点的年附加有效剂量:

$$E=H\times 10^{-3}\times q\times h\times W_T \dots\dots\dots (式 11-15)$$

式中:

H —关注点的剂量当量 ($\mu\text{Sv/h}$);

E —关注点的附加有效剂量 (mSv/a);

h —工作负荷 (h/a); 本项目加速器年出束 335h, 技师位于控制室时间 335h; 物理师每周末在控制室质控 2 小时, 年工作负荷为 100h/a, 其他时间位于放疗科办公室; 医师每天在控制室 1 小时, 年工作负荷为 250h/a, 其余时间位于放疗科办公室。

q —居留因子, 参照《放射治疗放射防护要求》GBZ121-2020 中附录 A,表 A.1 不同场所的居留因子;

W_T —组织权重因数, 全身为 1。

由此估算的加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量见表 11-11。

表 11-11 加速器机房周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

	关注点	受照射类型	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	工作负荷 (h/a)	居留 因子	附加有效剂 量预测结果 mSv/a
医用直 线加速 器机房	A (绿化带)	公众				
	B(走廊)	公众				
	C (病房)	公众				
	D (预留 DSA 机房)	公众				
	E (控制室)	职业				
	F (控制室)	技师				
		物理师				
		医师				
	G (防护门)	公众				
	H1 (绿化带)	公众				
	H2 (走廊)	公众				

（二）电子线所致臭氧的产生率计算

电子所致臭氧的产生率由下式计算

$$P=45dIG..... \text{（式 11-17）}$$

式中：P—电子束臭氧产生率（mg/h）；

I—电子束流强度，取 0.1mA；

d—电子在空气中的行程(cm)，取医用直线加速器取机头至床体距离 100cm；

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数，保守取 10。

经上式计算，医用直线加速器机房臭氧产生率为 $4.5 \times 10^3 \text{mg/h}$ ，单次治疗（最长为 5min）产生的臭氧为 375mg。

（三）电子线所致臭氧平衡浓度计算

本项目 10MV 医用直线加速器采用电子线模式运行期间，臭氧不断产生，考虑到室内连续通风和臭氧自身的化学分解（有效化学分解时间约 50min），机房内空气中臭氧在单次运行时间（t）的平衡浓度 C（mg/m³）由下式计算：

$$C_s = \frac{PT_e}{V}..... \text{（式 11-18）}$$

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d}..... \text{（式 11-19）}$$

式中：T_e—臭氧的有效清除时间，h；

T_v—机房换气一次所需时间，约 0.21h；

T_d—臭氧的有效化学分解时间，取 0.83h；

V—机房体积，本机房体积约为 419.52m³。

经计算，单次采用电子线模式治疗患者后，加速器机房内臭氧平衡浓度为 0.08mg/m³，平衡浓度小于《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值≤0.16mg/m³ 要求，经通排风后不会对机房及周围大气环境造成明显影响。

由于加速器开机治疗时通排风系统一直在运行，且每小时通风量为 2000m³/h，风机换气量为每小时换气 4.7 次，满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》

（GBZ126-2011）中不低于 4 次/小时的要求。臭氧通过通风管道引至综合楼主楼屋顶上排放，经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》

（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值≤0.2mg/m³ 的标准限值，对机房周围

的大气环境影响很小。

三、水环境影响分析

本项目 10MV 医用直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。

施工废水和工作人员生活污水依托医院已有设施进行处理。

四、固体废物环境影响分析

本项目 10MV 医用直线加速器在运营过程中不产生放射性固体废物。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾医院进行统一集中收集并交由环卫部门统一处理。

五、声环境影响分析

本项目噪声主要来源于空调和新风系统的风机产生的噪声，其中本项目新风系统拟采用低噪声节能排风机，其噪声值一般低于 60dB(A)，整体噪声较小，无需采用专门的降噪措施，对周围环境影响很小。

辐射事故影响分析

一、事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，详见表 11-13。

表 11-13 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故（Ⅰ级）	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 人及以上急性死亡。
重大辐射事故（Ⅱ级）	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 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（Ⅲ级）	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致 9 人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故（Ⅳ级）	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 11-14。

表 11-14 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

二、射线装置辐射事故影响分析

（一）可能发生的辐射事故识别

根据污染源分析，医用直线加速器主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，加速器只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射线产生。本项目可能发生的辐射事故如下：

1、辐射工作人员还未全部撤出机房，外面人员启动射线装置，造成辐射工作人员被误照，引发辐射事故。

2、安全联锁装置发生故障，加速器工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。

3、加速器检修、维护过程，工作人员误操作，安全联锁装置失效，造成人员被误照射，引发辐射事故。

（二）事故工况下辐射影响分析

本项目医用直线加速器属于Ⅱ类 X 射线装置，当设备关机时不会产生 X 射线，不存在影响辐射环境质量事故，只有当设备开机时才会产生 X 射线等危害因素。可能发生的最大可信事故主要考虑事故情景：加速器运行时人员误入机房，人员在无其他屏蔽的情况下处于加速器机头外 1m 远处的主射束方向。

本项目医用直线加速器在对病人开机治疗时，距焦点 1m 处 X 射线的最大吸

收剂量率按 3Gy/min 计算。由于机房内安装有出束提醒并在人员易接触的位置设置有“紧急止动”按钮，只要人员按下此按钮就可以停机，所以受照时间取 10s，则事故情况下人员距加速器机头 1m 处受到的辐射剂量为 0.5Sv/次，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值，未达到轻度骨髓型急性放射病的受照剂量范围，属于一般辐射事故。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表 11-15。

表 11-15 环境风险因子、危险因素、危害结果及事故分级表

射线装置	主要环境风险因子	危害结果	事故等级
医用直线加速器	X射线	事故状况下单次受到的辐射剂量最大为 0.5Sv，超过年剂量限值	一般辐射事故

根据分析，本项目直线加速器可能发生的事故为一般辐射事故。

三、事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

1、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定完善的辐射安全规章制度并有专人监督核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

2、凡涉及对射线装置进行操作，必须有明确的操作规程，射线装置运行时，至少有 2 名操作人员同时在场，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，操作人员严格按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

3、严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果监测表明防护墙外辐射水平偏高，应适当增加防护墙厚度。

4、射线装置每次开机前检查机房监控系统、门机联锁装置、门灯联锁装置和其他安全联锁装置，确保一切正常并安全的情况下，射线装置才能进行照射；

5、射线装置运行之前确保所有人员全部撤离机房后才能启动，防止误操作，防止工作人员和公众受到意外辐射；

6、定期对各射线装置机房的安全装置有效性进行检查；

7、建设单位所有辐射工作人员均需参加辐射安全与防护考核，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

8、设备安装调试时必须由厂家专业人员负责完成，安装调试时关闭防护门，

并在机房门外设立辐射警示标志。

9、辐射防护管理人员要经常对辐照工作场所进行巡视，及时纠正不利于辐射安全防护的行为。

表 12：辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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。

目前建设单位已成立了辐射防护安全工作领导小组，由法人作为组长，全面负责全院辐射安全与环境保护监督管理工作，保障辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该文件明确了辐射安全和防护管理领导小组工作职责：

- 辐射防护安全工作领导小组的职责是：
- 1、全面负责医院内的辐射安全管理工作；
 - 2、认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合医院实际制定安全规章制度并检查监督实施；
 - 3、负责医院内放射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
 - 4、检查辐射安全设施，监督日常和年度辐射监测的开展；
 - 5、实施辐射工作人员的个人剂量检测、健康体检及档案管理，负责安排并监督医院辐射工作场所防护安全检测管理。
 - 6、编制辐射事故应急预案，并妥善处理医院有可能发生的辐射事故；
 - 7、协调其他的有关放射防护的管理的重要事宜。
 - 8、定期召开辐射安全与防护工作会议，对辐射安全控制效果进行评议。定期对领导小组成员进行调整；讨论辐射安全与防护工作计划和总结、放射人员职业危害控制等事宜。
 - 9、对突发辐射事故应急预案、各辐射安全与防护制度进行定期修订。
 - 10、对全院辐射安全与防护工作的监督检查过程中存在的问题提出整改意见并及时督导落实。领导小组人员设置如下：

表 12-1 辐射防护安全工作领导小组组成表

组长	党委书记、院长
副组长	分管副院长
成员	医务部、护理部、保健部、基建部、综合采购部、医学装备部、教育培训部、学生工作部、学科建设与研究生管理部、医院感染管理部、后勤保障

部、人力资源部、工会、安全保卫部、放射科、核医学科、介入医学部、肿瘤放疗中心负责人、内科主任、外科主任。

辐射工作岗位人员配置和能力分析

本项目拟将青杠林院区负责该台加速器的 3 名辐射工作人员调到石牛湖院区继续工作，3 名辐射工作人员均已取得辐射安全培训合格证书，建设单位承诺在辐射安全培训合格证书到期后，及时安排辐射工作人员参加辐射安全与防护的再培训复核。

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”。本项目涉及的 3 名辐射工作人员均已考核合格，将每 5 年接受一次再培训考核。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

医院应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下九大类：“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”“废物处置记录”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《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）》和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-2。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	项目	规定的制度	落实情况
医用直线加速器			
序号	项目	规定的制度	落实情况
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全防护安全管理规定	院方需根据本项目对该制度进行修订完善，每个辐射工作场所都制定针对性的制度

			并上墙。
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	需将本项目纳入并修订完善
4	场所	医用直线加速器操作规程	需将本项目纳入并修订完善，在操作场所上墙
5		场所分区管理规定	需将本项目纳入并修订完善
6	监测	辐射工作场所监测方案	需将本项目纳入并修订完善
7		监测仪表使用与校验管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
8		校验源管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
9	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定，根据最新要求完善
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	需将本项目纳入并修订完善
11		辐射工作人员岗位职责	需将本项目纳入并修订完善，将该制度上墙
12	应急	辐射事故/事件应急预案	需将本项目纳入并修订完善，并在操作场所上墙
建设单位需制定的其他制度			
1	其他	质量保证大纲和质量控制检测计划	需将本项目纳入并修订完善
2		放射源与射线装置台账管理制度	需将本项目纳入并修订完善，建立非密封放射性物质台账和放射源台账

建设单位需在辐射防护安全领导小组组织下及时完善和制定上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。领导小组需定期对辐射安全规章制度执行情况进行评议，并根据具体实践存在的问题及时进行修改和完善。

同时根据《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号），各辐射工作场所职业人员操作室或医生办公室内需将所有制度中关于“辐射工作场所安全管理规定”“操作规程”“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需张贴上墙，且上墙制度的长宽尺寸不得小于 600mm×400mm。

建设单位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

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根

据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

一、个人剂量监测

项目建成投运后，建设单位应保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并根据原四川省环境保护厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发〔2010〕49号）做好个人剂量管理的工作。同时根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）个人剂量常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月，同时建设单位应建立个人剂量档案。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。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

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；当单年个人剂量超过50mSv时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

二、辐射工作场所监测

（1）监测内容：射线装置工作场所监测因子为：X辐射剂量率。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

（3）监测频度：对于X- γ 剂量率应自行配备监测设备每1个月监测1次；另外建设单位需委托有监测资质的单位在项目投运前开展验收监测，并在投运后每年定期开展年度监测，监测报告附到年度评估报告中，于每年1月31日前将评估结果上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）。

（4）监测范围：射线装置工作场所主要监测屏蔽墙、防护门外以及楼上、

楼下区域和穿线孔洞外 X 辐射剂量率。

(5) 监测设备：X-γ辐射剂量率仪（能量相应范围需大于 10MV）。

(6) 质量保证：制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用上级监测部门的监测数据与建设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案。

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	射线装置工作场所	X 辐射剂量率	机房楼上、四周屏蔽墙外、防护门外、穿线孔洞处	每季度一次（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率仪
委托监测	射线装置工作场所	X 辐射剂量率	机房楼上、四周屏蔽墙外、防护门外、穿线孔洞处	（1）竣工环保验收监测；（2）年度监测	X-γ辐射剂量率仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

三、年度监测报告情况

建设单位应于每年 1 月 31 日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），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》的重要组成内容一并提交给发证机关。建设单位应按照《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《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/rmsreq/login.jsp>)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增、注销以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

四、辐射事故应急

为了加强对射线装置的安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全使用，保障人体健康，保护环境，建设单位需根据最新要求完善现有的《辐射事故应急预案》，其内容应包括：①应急机构和职责分工；②应急人员的组织；③培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；④辐射事故分级及应急响应措施；辐射

事故调查、报告和处理程序。

若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，将人员撤出机房，关闭机房门，同时向主管领导报告。

（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》，向当地生态环境报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

其他要求：（1）辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地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，结合医院实际及时对预案作补充修改，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：自贡市精神卫生中心 10MV 医用直线加速器搬迁项目

建设单位：自贡市精神卫生中心

建设性质：新建

建设地点：四川省自贡市贡井区贡舒路 2 段 666 号

本项目建设内容：自贡市精神卫生中心拟在四川省自贡市贡井区贡舒路 2 段 666 号自贡市精神卫生中心石牛湖院区（自贡市老年病医院）老年 1 号楼一楼新增一间医用直线加速器机房，机房内利旧使用一台型号为 AccStar 的 10MV 医用直线加速器，为 II 类射线装置，从自贡市精神卫生中心青杠林院区搬迁而来。该加速器最大 X 射线能量 10MV，等中心最大 X 射线剂量率 3Gy/min；最大电子线能量为 14MeV，最大电子线剂量率 9Gy/min。

二、项目产业政策符合性分析

本项目属于核技术在医学领域应用，根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址及平面布局合理性分析

医院所在区域道路、给排水、电力等城市基础配套设施完善，为项目建设提供了良好条件；医院周围没有项目建设的制约因素，且本项目辐射工作场所相对独立，为专门的辐射工作场所，本项目产生的辐射通过采取相应的治理措施后对周围环境影响较小，其选址是合理的。本项目辐射工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护来进行布置，功能分区明确，既能有机联系，又不互相干扰；在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。综上所述，项目总平面布置是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目医用直线加速器机房拟建地及周围各监测点 X-γ 辐射

剂量率范围为 $11.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 14.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 $116 \text{nGy/h} \sim 140 \text{nGy/h}$ ，处于中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境电离辐射水平（ $61.8 \sim 151.8 \text{nGy/h}$ ），属于当地正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价结论

1、辐射环境影响分析

经现场监测和模式预测，在正常工况下，对职业人员造成的年附加有效剂量低于本次评价 5mSv 的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价 0.1mSv 的公众人员年剂量约束值。

2、大气的环境影响分析

本项目射线装置在运行过程中产生的臭氧经排风系统排出后浓度低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级标准限值要求，不会对周围大气环境造成明显影响。

3、废水的环境影响分析

本项目在运行过程中不产生放射性废水，不会对周围水环境造成影响；医护人员产生的少量生活污水依托医院已建的污水处理设施处置，对周围环境影响较小。

4、固体废物的环境影响分析

本项目不会产生危险废物和放射性固废，对周围环境无影响。

5、声环境影响分析

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机和空调，均选用低噪设备，经墙体隔音和距离衰减后不会对周围的声学环境产生影响。

6、事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

7、环保设施与保护目标

建设单位需按环评要求配备较全、效能良好的环保设施，使本次环评中确定的绝大多数保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，拟制定辐射事故、应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对在一一落实设计的环保设施和相关的法律法规的要求后，即具备本项目辐射安全管理的综合能力。

9、项目环保可行性结论

建设单位在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后，本评价认为，本项目在自贡市精神卫生中心石牛湖院区内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

1、认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

2、不断提高工作人员素质，增强职工环保意识和安全意识，做好辐射防护设施、设备的维护保养，避免发生辐射事故。

3、建设单位变更登记辐射安全许可证之前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用射线装置的相关信息填写。

4、辐射工作人员证在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）参加辐射安全培训并报名参加考核。