核技术利用建设项目

云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗系统核技术利用建设项目

环境影响报告表

（送审稿）

云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）

2026 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗系统核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：云南大学附属医院

（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：昆明市青年路 176 号

邮政编码：650021　　联系人：余老师

电子邮箱：ydfyjjk@126.com 联系电话：0871-65232915

现场勘查照片

工程师现场照片

拟建项目北侧大厅

拟建项目南侧院内道路

拟建项目西侧示教会议室

医废暂存间

污水处理站

拟建项目南侧国防印刷厂宿舍

拟建项目东侧房管局职工楼

目　录

附件：

附件 1 委托书

附件 2 项目投资备案证

附件 3 本项目浅层 X 射线放射治疗系统参数说明

附件 4 事业单位法人证书

附件 5 辐射安全许可证正副本

附件 6 2025 年云南大学附属医院辐射环境监测报告(节选)

附件 7 云南大学附属医院 2025 年度评估报告

附件 8 本项目原有辐射工作人员培训合格证书

附件 9 云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗系统核技术利用建设项目辐射环境本底监测报告

附件 10 云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗系统核技术利用建设项目防护施工方案

附件 11 云南大学附属医院辐射安全防护管理制度汇编

附件 12 云南大学附属医院关于调整辐射安全管理委员会成员的通知

附件 13 设备参数说明

附件 14 医疗废物处置合同

附件 15 报告内审记录表

附件 16 项目进度表

附件 17 技术服务合同

附图：

附图 1 项目所在地理位置图

附图 2 项目周边关系、评价范围及保护目标分布图

附图 3 浅层 X 射线治疗室平面布局及门诊楼一层平面图

附图 4 本项目浅层 X 射线放射治疗系统楼上（二层）平面布置示意图

附图 5 本项目改造前平面图

附图 6 医护人员、患者、污物运行线路图

附图 7 监督区与控制区的划分示意图

附图 8 浅层 X 射线治疗室安全防护措施示意图

附图 9 浅层 X 射线治疗室送排风平面图

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td>建设项目名称</td><td colspan="6">云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗系统核技术利用建设项目</td></tr>
<tr><td>建设单位</td><td colspan="6">云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）</td></tr>
<tr><td>法人代表</td><td>彭云珠</td><td>联系人</td><td>余峥</td><td>联系电话</td><td colspan="2">0871-65232915</td></tr>
<tr><td>注册地址</td><td colspan="6">昆明市青年路 176 号</td></tr>
<tr><td>项目建设地点</td><td colspan="6">昆明市青年路 176 号云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层</td></tr>
<tr><td>立项审批部门</td><td colspan="2">五华区行政审批局</td><td>批准文号</td><td colspan="3">2602-530102-89-01-556524</td></tr>
<tr><td>建设项目总投资（万元）</td><td>435</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>57.38</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">13.19%</td></tr>
<tr><td>项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其它</td><td>占地面积（m²）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□ I □II □III □Ⅳ □V</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□ I （医疗使用） □II □III □Ⅳ □V</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□ II □III</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□ II □III</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑ II □III</td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位基本情况

云南大学附属医院始建于1928年，原名万国红十字会昆明分会医院，1938 年抗战期间作为南迁来昆的上海同济大学医学部教学医院，1945年春，改建为昆明市红十字医院，1962 年更名为昆明市第三人民医院，1969年，医院整体搬迁至曲靖，更名为8511医院，1973年，在昆明重建昆明市第三人民医院，1975年，更名为云南省肿瘤医院（筹备组），1979年更名为云南省红十字会医院，1996年经云南省卫生厅批准更名为云南省第二人民医院，2020年经中共云南省委机构编制委员会办公室批准，划归云南大学管理，为云南大学直属附属医院，更名为云南大学附属医院（云南省第二人民医院、云南省眼科医院）。

医院占地面积52亩，编制病床1158张，现有职工2200余人，高级卫生技术人员200余人；学科设置齐全，共有47个临床医技科室、30个行政职能科室。

医院秉承“人道、博爱、奉献”的传统，以“关爱生命，患者至上”为医院的宗旨和核心价值追求，定位于“服务优质、特色鲜明、专长突出、综合全面”，历经90年的风雨历程，现已成为一所集医疗、教学、科研、健康保健为一体的省级现代化三级甲等综合医院。

云南大学附属医院位于昆明市青年路176号，医院已取得云南省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（云环辐证[01348]），有效期至2028年4月16日，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、丙级非密封放射性物质工作场所。

1.1.2 评价目的和项目由来

1.1.2.1 评价目的

（1）对项目周边的辐射环境本底进行现场调查和监测，以掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量本底，为项目竣工验收提供基础数据。

（2）通过环境影响评价，预测建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据。

（3）在对该项目进行全面分析和评价的基础上，对不利影响和存在的问题提出相应的污染防护措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

（4）给出明确的环评结论，为管理部门的辐射环境管理提供科学依据。

1.1.2.2 任务由来

为满足更多就诊患者不同的医疗需求，医院拟将老门诊楼1层的2间空房改建为一间浅层X射线治疗室及配套附属用房，并购置1套SRT-100型浅层X射线放射治疗系统，用于皮肤浅层放射治疗。本项目建成后，该浅层X射线治疗室为本项目设备专用治疗室，不再作为其他功能使用。

本项目新增SRT-100型浅层X射线放射治疗系统，最大管电压为100kV，最大管电流为10mA，主要用于皮肤浅层放射治疗。根据《射线装置分类》，SRT-100型浅层X射线放射治疗系统属于医用浅部X射线治疗机，为Ⅱ类射线装置。

为加强核技术利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，确保相关医疗设备的使用避免或尽可能减少对周围环境和工作人员及公众产生的不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目应办理环境影响评价手续。

根据中华人民共和国生态环境部第16号令《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属"五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目中使用Ⅱ类射线装置"，应编制环境影响报告表。云南卓准检测技术有限公司（以下简称"我公司"）接受云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，按照国家有关技术规范要求，结合本项目特点，编制完成《云南大学附属医院浅层X射线放射治疗系统核技术利用建设项目环境影响报告表》，呈报昆明市生态环境局审批，委托书见附件1。

1.1.3 项目建设规模

（1）建设项目概况

项目名称：云南大学附属医院浅层X射线放射治疗系统核技术利用建设项目

建设地点：昆明市青年路176号云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼1层

建设单位：云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）

建设性质：新建

（2）工程概况

本项目建设内容为拟将老门诊楼 1 层的 2 间空房改建为一间浅层 X 射线治疗室及控制室，浅层 X 射线治疗室有效使用面积为 18.5m²，控制室面积为 13.2m²。拟建浅层 X 射线治疗室内购置 1 套 SRT-100 型浅层 X 射线放射治疗系统，用于皮肤浅层放射治疗。SRT-100 型浅层 X 射线放射治疗系统最大管电压为 100kV，最大管电流为 10mA，属于Ⅱ类射线装置。

浅层 X 射线治疗室原为空房，位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层，上层为耗材室、审方室，下方为土层，无建筑。浅层 X 射线治疗室机房尚未进行屏蔽防护施工，拟建项目现状见图 1-1。

图 1-1 拟建项目现状图

本项目建设内容及组成见表 1-1。

表 1-1　建设内容及组成一览表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	营运期
主体工程	建设浅层 X 射线治疗室 1 间，有效使用面积：L 长 4.7m×W 宽 3.94m，有效面积 18.5m^2，H 高 2.8m，并采取辐射屏蔽措施。拟购置 1 套 SRT-100 型浅层 X 射线放射治疗系统，用于皮肤浅层放射治疗，最大管电压 100kV，最大管电流 10mA，属 II 类射线装置。	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等以及安装调试过程中的 X 射线、臭氧。	X 射线、臭氧、噪声、氮氧化物、医疗废物
辅助工程	改造一间控制室，面积为 13.2m^2（4.81m×2.76m）	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等	生活污水、生活垃圾
公用工程	配电、供电、供水和通讯系统、消防系统等依托医院设施。	/	/
环保工程	①机房铅门 2 樘，综合铅当量 3.5mmPb，机房墙体与门重叠部分大于 10cm； ②观察窗采用铅玻璃进行防护，玻璃厚度为 20mm，铅当量为 3.5mmPb，铅玻璃四周采用 3.5mm 铅皮密封，搭接宽度 3~5cm； ③四周墙体：西侧、南侧墙体采用 370mm 免烧砖+1mm 厚铅板进行防护施工；东侧、北侧墙体采用 240mm 免烧砖+1.5mm 厚铅板进行防护施工。 ④顶棚为 120mm 混凝土+2.0mmPb 铅板进行防护； ⑤地面为 400mm 混凝土地板，楼下为土层，不做特殊防护； ⑥电缆采用采用"Z"型弯管穿墙设计，穿墙孔洞采用 3mm 铅板完全覆盖。 ⑦本项目共设置 1 套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通风管道穿顶部防护墙处采用"U"型弯管穿墙设计，风管用 3mm 厚铅皮包裹，搭边宽度 10cm，搭接长度分别为 15cm 和 30cm，缝隙用硫酸钡涂料填充封堵，能够有效防止射线泄漏，机房的设计送风量 420m^3/h，设计排风量为 400m^3/h。	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等	噪声
	生活污水依托医院已建污水处理站处理达标后排入市政污水管网，最终进入昆明市第一水质净化厂进行处理。	/	依托医院现有设施及措施
	生活垃圾由医院统一收集后交由环卫部门清运处理；医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。	/	

本项目改造前后对照表见表 1-2，改造前平面布置见附图 5，改造后平面布置见附

图 3。

表 1-2　本项目改造一览表

序号	改造前	改造后
1	控制室面积为 17.4m²，浅层 X 射线治疗室（空房）面积为 27.6m²	拆除浅层 X 射线治疗室原东侧墙体，在浅层 X 射线治疗室原东侧新砌墙体（240mm 免烧砖），墙体上预留观察窗及门洞，其余三面墙体进行原有门洞、窗户封堵；原有门进行改造，控制室面积装修后为 13.2m²（4.81m×2.76m），浅层 X 射线治疗室有效使用面积为 18.5m²（4.7m×3.94m）。
2	西侧、南侧墙体采用 370mm 免烧砖，西侧墙体留有门洞 2 个，南侧墙体设有平开门 1 个	西侧墙体门洞进行封堵，南侧墙体门进行改造，装修后西侧、南侧墙体采用 370mm 免烧砖+1mm 厚铅板进行防护。
3	东侧墙体为石膏板、北侧墙体为 240mm 免烧砖，北侧墙体安装有窗户	拆除浅层 X 射线治疗室原东侧墙体，在浅层 X 射线治疗室原东侧新砌墙体（240mm 免烧砖），墙体上预留观察窗及门洞，北侧墙体窗户进行封堵，装修后东侧、北侧墙体采用 240mm 免烧砖+1.5mm 厚铅板进行防护。
4	浅层X射线治疗室顶棚为 120mm 钢筋混凝土	顶棚为 120mm 混凝土+2.0mmPb 铅板进行防护。
5	地面为 400mm 混凝土地板，楼下为土层。	地面为 400mm 混凝土地板，楼下为土层，不做特殊防护。
6	无进排风管	本项目共设置 1 套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通风管道穿顶部防护墙处采用"U"型弯管穿墙设计，风管用 3mm 厚铅皮包裹，搭边宽度 10cm，搭接长度分别为 15cm 和 30cm，缝隙用硫酸钡涂料填充封堵，能够有效防止射线泄漏，机房的设计送风量 420m³/h，设计排风量为 400m³/h。
7	浅层X射线治疗室机房无电缆线槽	电缆采用采用"Z"型弯管穿墙设计，穿墙孔洞采用 3mm 铅板完全覆盖。

（3）设备配置及主要技术参数

根据医院提供的本项参数说明（见附件 3），本项目设备配置及主要技术参数见表 1-3。

表 1-3　本项目设备配置及主要技术参数

设备名称	规格型号	数量	生产厂家	主要技术参数		所在位置	用途	备注
				最大管电压（kV）	最大管电流（mA）			
浅层 X 射线放射治疗系统	SRT-100	1 台	美国 SENSUS	100	10	老门诊楼 1 层	放射治疗	拟购

（4）设备使用情况

设备拟使用情况见表1-4、主要原辅材料消耗情况见表1-5所示。

表1-4　浅层X射线放射治疗系统拟使用情况

设备	最大出束时间	设备运行工况		治疗病人量	主射方向	备注
		管电压（kV）	管电流（mA）			
皮肤浅层放射治疗	3min/人次	50	10	5000例/a	向下	隔室操作
		70	10			
		100	8			

表1-5　主要原辅材料消耗情况

序号	名称	年用量
1	药棉	约100瓶
2	纱布	约500卷
3	手套(双)	5000双
4	酒精	约50L
5	碘伏	约50L

（5）人员配置及工作制度

①人员配置

本项目设备使用位置为浅层X射线治疗室。医院拟配备2名辐射工作人员，均已取得国家核技术利用辐射与安全防护平台培训考试合格成绩单，其中技师1名，物理师1名，本项目辐射工作人员除操作本项目设备外，仍从事其他辐射工作。

表1-6　本项目拟配备工作人员一览表

科室	技师			物理师		
	姓名	性别	辐射工作人员培训证号码及日期	姓名	性别	辐射工作人员培训证号码及日期
核医学科	孙婧纱	女	FS23YN0200014（2023.02.25）	罗洋	女	FS25YN0200098（2025.11.24）
合计	2名					

②工作制度

本项目设有物理师1名、技师1名，物理师制定放疗计划，技师先进入治疗室进行患者的摆位，患者摆好位后立即撤出治疗室，在操作室对设备进行操作。治疗过程中辐射工作人员不进入治疗室，通过对讲系统与治疗室内的病人对话。

本项目实行8h单班工作制度，年工作日为250天。

1.2 项目正当性分析

1.2.1 产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十三项“医药”中第 4 款“高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用”，属于国家鼓励类产业。项目已取得云南省固定资产投资项目备案证，项目代码：2602-530102-89-01-556524（项目备案证见附件 2）。因此，项目符合国家产业发展政策。

1.2.2 项目规划符合性

本项目位于昆明市青年路 176 号云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层，本项目所在的老门诊楼为已建成的场所，且已运行多年，不新增用地。医院用地性质为医疗卫生用地，因此项目建设符合《五华区国土空间总体规划(2021~2035 年)》。

1.2.3 项目选址合理性与平面布置合理性分析

（1）项目选址合理性分析

本项目位于老门诊楼 1 层，浅层 X 射线治疗室东侧为控制室，西侧为示教会议室，南侧为院内道路，北侧为大厅，上层为审方室、耗材室，下层为地下土层，浅层 X 射线治疗室四邻及楼上区域不涉及产科、儿科等敏感科室。

老门诊楼未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内，本项目的选址避开儿科病房、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。本项目周围 50m 评价范围内无自然保护区、风景名胜区、学校、名胜古迹等环境敏感点，无明显环境制约因素。浅层 X 射线治疗室进行辐射屏蔽防护设计，通过采取有效屏蔽措施后对周围环境影响较小，**所以本项目的选址合理。**项目在医院的具体位置及周边关系见附图 2。

（2）平面布置合理性分析

本项目位于老门诊楼 1 层，治疗设备控制室与治疗机房分开设置，实行隔室操作，

划分了监督区、控制区、机房采取专门防护手段和安全控制措施，机房有用线束照射方向向下，避开控制室和其他居留因子较大的用室，**所以本项目的平面布置合理。**

1.2.4 实践正当性分析

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

X 射线放射治疗系统 SRT-100 是用于皮肤病变放射治疗的独立专用设备，是国际公认治疗瘢痕的金标准，可以有效抑制纤维细胞的增生，修复重塑胶原蛋白排列，起到止痒，消炎，阻止瘢痕形成的作用，从而达到无创修复瘢痕的效果。它已获得美国 FDA 批准用于治疗瘢痕疙瘩和增生性瘢痕，是目前防止瘢痕复发的最佳手段，是瘢痕界一项里程碑的标志。项目在采取屏蔽防护措施后符合相关标准要求，对环境的影响在可接受范围内。本项目的建设可以满足患者的就诊需求，提高医院的诊断治疗能力，促进健康事业发展。因此，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

1.3 依托工程

本项目依托老门诊楼改造建设，该大楼已建成运行多年，本次建设需要对房间进行改造，主要改造内容为屏蔽防护装修和部分墙体进行改造以及送排风系统安装等。

1.3.1 废水

本项目不产生放射性废水及医疗废水。根据建设单位提供资料，本项目辐射工作人员均为医院原有工作人员，不新增生活污水，医护人员的生活污水依托医院现有污水处理系统处理；经调查，医院已建成污水处理站，处理规模 2000m^3/d，目前实际处理水量约 800m^3/d，污水处理工艺为“调节+水解+缺氧+好氧+沉淀+消毒”，污水处理站处理的综合废水达到《医疗机构水污染排放标准》（GBl8466-2005）表 2 中预处理标准后排入市政污水管网最终排入昆明市第一水质净化厂。污水处理站处理规模远小于设计规模，故本项目产生的废水依托医院污水处理设施处置可行。

1.3.2 固废

本项目产生的办公、生活垃圾依托医院的收集系统进行回收后由当地环卫部门清

运。本项目介入手术产生少量纱布、手套等属医疗废物，依托医院医疗废物暂存场所进行暂存后，定期由云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。

1.4 原有核技术利用项目许可情况

1.4.1 辐射安全许可证许可核技术应用项目情况

医院已取得云南省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（云环辐证[01348]），有效期至 2028 年 4 月 16 日，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、丙级非密封放射性物质工作场所。

医院现有 45 台射线装置，包括 5 台Ⅱ类射线装置（其中一台医用直线加速器已停用，待报废），40 台Ⅲ类射线装置；医院使用核素 Tc-99m、Sr-89、P-32、I-131、I-125（粒籽源）、I-125，目前医院老核医学科已退役，辐射安全许可变更手续正在办理；现有 3 枚Ⅴ类放射源 Sr-90，已封存停用。医院现有核技术应用项目具体情况见表 1-7~表 1-9。其中，INNOVA IGS530 型 DSA 于 2016 年 10 月编制辐射安全分析报告，并登记至辐射安全许可证上；上证的 ARTIST ZEE CEILING 型 DSA 于 2016 年 12 月取得原云南省环境保护厅的验收批复（云环辐验〔2016〕18 号）；上证的 Versa HD 型医用电子直线加速器已进行竣工环保验收，于 2021 年 11 月在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统上完成备案；上证的 OEC Elite CFDx 移动式 C 形臂 X 射线机已进行竣工环保验收，于 2023 年 1 月在全国建设项目竣工环境保护验收信息系统上完成备案。从当地生态环境主管部门了解到，原有许可项目未发生过辐射污染事故，也没有相关环保投诉。

表 1-7 医院现有放射源一览表

序号	核素	编码	类别	出厂活度（贝可）	工作场所	用途	备注
1	Sr-90	0195SR869215	Ⅴ类	1.11E+09	院内核医学科	敷贴器	已登记在辐射安全许可证上，此三枚源封存停用，保管于原门诊楼 1 楼临时贮存场所。
2	Sr-90	0195SR869225	Ⅴ类	1.11E+09	院内核医学科	敷贴器	
3	Sr-90	0195SR873825	Ⅴ类	1.11E+09	院内核医学科	敷贴器	

表 1-8 医院现有非密封放射性物质一览表

序号	核素	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	工作场所	场所等级	备注
1	I-125（粒籽源）	1.78E+6	4.27E+11	院内核医学科	丙级	已登记在辐射安全
2	I-125	2.78E+6	6.95E+10	院内核医学科	乙级	

3	Tc-99m	1. 11E+8	2.775E+13	院内核医学科	乙级	许可证上，核医学科已退役，辐射安全许可变更手续正在办理
4	Sr-89	4.44E+7	1.11E+11	院内核医学科	乙级	
5	P-32	5.55E+7	1.387E+11	院内核医学科	乙级	
6	I-131	1. 11E+9	2.775E+12	院内核医学科	乙级	

表 1-9 医院现有已登记在辐射安全许可证上的射线装置一览表

序号	装置名称	规格型号	类别	管电压	管电流	工作场所	装置状态
1	移动式C形臂X射线机	OECOne	III类	110kV	25mA	1号住院楼	在用
2	移动式C形臂X射线机	OECEliteCFDx	II类	120kV	150mA	门急诊综合大楼六层消化内镜中心	在用
3	体外冲击波碎石机	DornierCompactDeltaII	III类	110kV	4mA	门急诊综合大楼六层消化内镜中心	在用
4	医用诊断X射线机（DR机）	MULTIXTOPIXTOP	III类	125kV	500mA	院内放射科	在用
5	医用诊断X射线机（DR机）	DX781B	III类	150kV	800mA	院内放射科	在用
6	数字减影血管造影装置（DSA机）	ARTISTZEECEILING	II类	125kV	1000mA	医技楼三楼：放射科	在用
7	移动式C型臂X射线机	BVLIBRA	III类	110kV	3mA	2号住院楼	在用
8	口腔全景机	ORTHOPHOSXG5DSCeph	III类	90kV	120mA	院内口腔放射科：口腔放射科	在用
9	移动式C型臂X射线机	WHA-200	III类	110kV	8mA	1号住院楼：骨与创伤外科	在用
10	螺旋CT机	AQUILIONE640	III类	135kV	580mA	院内放射科：放射科	在用
11	数字X射线摄影系统（DR机）	TH+VS	III类	125kV	500mA	院内放射科：放射科	在用
12	数字X射线摄影系统（DR机）	AXIOMARISTOS	III类	150kV	500mA	院内体检中心：体检中心	在用
13	数字X射线摄影系统（DR机）	ESSENTA	III类	150kV	630mA	院内体检中心：体检中心	在用
14	X射线骨密度计	PRODIGY	III类	76kV	3mA	院内放射科：放射科	在用
15	数字X射线摄影系统（DR机）	DX-D600	III类	90kV	640mA	院内放射科：放射科	在用
16	口腔CT机	NEWTOMVGI	III类	110kV	20mA	院内口腔放射科：口腔放射科	在用

17	口腔放射数字化系统（牙片机）	ENDOGRAPHDC	III类	70kV	6mA	院内口腔放射科：口腔放射科	在用
18	数字减影血管造影装置（DSA机）	INNOVAIGS530	II类	125kV	1000mA	医技楼三楼：放射科	在用
19	移动式X线机	DX-D100	III类	70kV	200mA	院内放射科：放射科	待报废
20	计算机断层扫描成像系统	IngenuityFlex16	III类	140kV	500mA	院内放射科：发热门诊	在用
21	体外震波碎石机	HK.ESWL-VM	III类	100kV	50mA	体外震波碎石机房：泌尿外科	在用
22	医用诊断X射线机(DR机)	MultixselectDR	III类	133kV	800mA	院内放射科：体检中心	在用
23	医用诊断X射线机（移动式DR机）	Udr370i	III类	150kV	320mA	院内放射科：医技楼2楼	在用
24	全数字化遥控倾斜床断X线机	LuminosFusion	III类	150kV	800mA	院内放射科：院内放射科	在用
25	移动式C形臂X射线机	ZiehmSoLo	III类	110kV	20mA	2号住院楼	在用
26	移动式C形臂X射线机	ZiehmSoLo	III类	110kV	20mA	2号住院楼	在用
27	移动式摄影X射线机	MobilettMiraMax	III类	133kV	450mA	院内放射科	在用
28	移动式摄影X射线机	MobilettMiraMax	III类	133kV	450mA	院内放射科	在用
29	数字乳腺X射线机	MAMMOMATRevelation	III类	49kV	715mA	院内放射科：医技楼2楼	在用
30	放射治疗模拟机	山东新华SL-IE	III类	125kV	630mA	院内肿瘤科：医技楼	在用
31	车载CT	SCINTCARE778HONOR	III类	140kV	660mA	院内放射科	在用
32	CT机	SOMATOMDefinitionEdge	III类	140kV	666mA	院内放射科	在用
33	口腔放射数字化系统（牙片机）	eXpertDC	III类	65kV	7mA	金安门诊部口腔门诊	在用
34	移动X线机	PRACTIX100PLUS	III类	125kV	140mA	院内放射科	待报废
35	医用诊断X射线机（DR机）	MULTIXTOP	III类	125kV	500mA	院内放射科	待报废
36	立体定向放射治疗系统	Mevasim77200	III类	120kV	500mA	院内肿瘤科：院内肿瘤科	待报废
37	SPECT/CT	Infinia型	III类	140kV	2.5mA	院内核医学科：院内核医学科	封存停用
38	移动式C型臂X射线机	HMC-50G	III类	120kV	4mA	2号住院楼：骨与创伤外科	待报废

39	数字乳腺机	SELENIA	III类	39kV	400mA	院内放射科：放射科	待报废
40	X射线遥控透视摄影系统	SHIMAVISIONUX	III类	150kV	800mA	院内放射科	待报废
41	移动X线机	岛津MUX-10J	III类	125kV	125mA	院内放射科	待报废
42	移动X线机	PRACTIX300	III类	125kV	300mA	院内放射科	待报废
43	移动式C型臂X射线机	HMC-36	III类	120kV	4mA	介入治疗室：疼痛科	待报废
44	医用电子直线加速器	MEVATRON-MX	II类	6MV		院内肿瘤科	待报废
45	医用电子直线加速器	VersaHD	II类	10MV		院内肿瘤科	在用

医院已有射线装置均履行了相关环保手续，从当地生态环境主管部门了解到，原有许可项目未发生过辐射事故，也没有相关环保投诉。

1.4.2 医院原有辐射安全管理情况

（1）辐射安全管理机构及规章制度

云南大学附属医院根据辐射安全管理需求，成立了“医院辐射安全管理委员会”，并于 2022 年以“院发[2022]31 号” 对委员会成员进行了更新调整，明确了委员会成员。建设单位目前制定的规章制度包括：《放射性同位素与射线装置放射突发事件处理应急预案》《云南大学附属医院放射诊疗建设项目管理制度》《辐射工作职责》《辐射防护、安全管理与处理制度》《辐射与消防安全管理细则》《放射工作场所辐射防护管理制度》《核医学工作场所辐射防护管理制度》《射线装置管理制度》《辐射装置维修制度》《放射设备维修保养管理制度》《放射设备质量管理制度》《放射装置质量保证制度》《放射设备定期检修制度》《仪器校验制度》《监测仪器检验与刻度管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作人员资质管理制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射工作人员健康管理制度》《辐射工作人员岗位职责管理制度》《非密封放射性物质管理制度》《放射源使用管理制度》《辐射安全监测方案》《放射治疗应急处理的规范与流程》《闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度》《云南大学附属医院场所设施退役（报废）管理制度》等。已有管理制度能够满足原有辐射防护管理需要，本项目运行后医院需制定操作规程、进一步更新完善管理制度将本项目纳入辐射安全防护管理，更新辐射事故应急预案。

（2）辐射安全与防护学习考核

目前，医院共有 169 名辐射工作人员，其中 65 名从事III类射线装置操作的辐射工

作人员均已通过医院自主培训并通过考试；104 名工作人员取得国家核技术利用辐射与安全防护平台考试成绩报告单。本项目设定 2 名辐射工作人员，均为原有辐射工作人员，均已取得国家核技术利用辐射与安全防护平台考试成绩报告单，培训证书在有效期内（见附件 8）。按照《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）和《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），后续若新增辐射工作人员应参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核，考核合格后方可上岗；已取得辐射安全与防护培训合格证书的辐射工作人员应在证书到期前在生态环境部辐射与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn/）报名学习，并参加云南省生态环境厅组织的现场考核。

（3）年度评估报告

建设单位编制了《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2025 年度）》（见附件 7），并于 2026 年 1 月 31 日前提交全国核技术利用系统，2025 年建设单位未发生过辐射安全事故。2025 年建设单位自查、环保部门检查过程中发现安全隐患及整改措施情况如下：

①存在问题：排污许可证法人变更未及时换证。

②整改措施：2025 年 04 月 24 日，完成排污许可证法人变更。

（4）开展监测情况

1）个人剂量监测

建设单位辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每 90 天对个人剂量计进行检测，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》（环境保护部令第 18 号）要求建立个人剂量档案。根据医院《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告（2025 年度）》，2025 年医院共 170 名辐射工作人员开展个人剂量监测，全年合计，170 名辐射工作人员个人剂量均满足 5mSv 管理限值要求，未出现个人剂量超标情况。其中，本项目辐射工作人员个人剂量监测结果见表 1-10。

表 1-10 本项目拟配备辐射工作人员个人剂量监测结果（单位：mSv）

序号	姓名	2025 年第一季度剂量	2025 年第二季度剂量	2025 年第三季度剂量	2025 年第四季度剂量	全年合计
1	孙婧纱	0.24	0.20	0.16	0.18	0.78

2	罗洋	0.18	0.1	0.07	0.05	0.4

2）辐射工作场所辐射水平监测

2025 年医院已委托云南卓准检测技术有限公司对在用的射线装置相关辐射工作场所进行了年度监测（报告编号：YNZH-BG-FSHJ-【2025】-第 1448 号、YNZH-BG-FSHJ-【2025】-第 1449 号、报告编号：YNZH-BG-FSHJ-【2025】-第 1450 号）。根据监测报告可得：

云南大学附属医院核医学科 Sr-90 工作场所 X-γ辐射剂量率测量值在 0.072~0.080μSv/h 之间，Sr-90 工作场所的β表面污染检测结果均满足工作场所监督区：β < 4Bq/cm^2、工作场所控制区：β < 40Bq/cm^2 的要求。

云南大学附属医院 1 台移动 DR、6 台 DR、1 台胃肠机工作场所 X-γ辐射剂量率测量值在 0.085~4.978μSv/h 之间；1 台乳腺 DR、3 台 CT、3 台牙科设备、1 台骨密度仪、2 台碎石机、5 台移动 C 形臂、1 台模拟定位机、2 台 DSA 工作场所 X-γ辐射剂量率测量值在 0.079~1.394μSv/h 之间，结果符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130—2020）中 6.3.1 要求。1 台直线加速器工作场所 X-γ辐射剂量率测量值在 0.093~0.097μSv/h 之间，依据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121－2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1－2007）标准，云南大学附属医院医技楼负三层加速器二室 Versa HD 医用电子直线加速器工作场所防护检测结果符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121－2020）、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T 201.1－2007）标准要求。云南大学附属医院 27 台医用射线装置工作场所职业人员年有效剂量在 0.014μSv~1.342mSv 之间，低于剂量限值 5mSv，公众人员年有效剂量在 0.004μSv~0.116mSv 之间，低于剂量限值 0.25mSv。

云南大学附属医院（金安门诊部）1 台医用射线装置工作场所 X-γ辐射剂量率测量值在 0.104~0.131μSv/h 之间，结果符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130—2020）中 6.3.1 要求。云南大学附属医院（金安门诊部）1 台医用射线装置工作场所职业人员年有效剂量在 0.036~0.045μSv 之间，低于剂量限值 5mSv，公众人员年有效剂量在 0.009~0.011μSv 之间，低于剂量限值 0.25mSv。

另有核核素及 11 台射线装置待报废、5 台射线装置损坏、1 台射线装置停用未进行监测。

综上，根据年度监测报告的结论，云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南

省眼科医院）医用射线装置和核医学科工作场所的正常使用，对职业人员及公众所受附加剂量，满足环境控制目标中的职业照射和公众照射管理限值。

（5）存在的问题及措施

存在问题：

①核素及11台射线装置待报废。

整改措施：

①尽快办理核素及11台射线装置报废手续，并重新申领辐射安全许可证。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
--	本项目不涉及	--	--	--	--	--	--	--

注：放射源包括放射性中子源，对其简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）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
--	本项目不涉及		--	--	--	--	--	--	--

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

表 4 射线装置

（一）加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
--	本项目不涉及	--	--	--	--	--	--	--	--	--

（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
1	浅层 X 射线放射治疗系统	II	1	SRT-100	100	10	皮肤浅层放射治疗	老门诊楼 1 层浅层 X 射线治疗室	拟购
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
--	本项目不涉及			--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

表 5 废弃物（重点是放射性废物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
--			--	--	--	--	--	--

本项目不涉及

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/m^3；年排放总量用kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度（Bq/L，或Bq/kg，或Bq/m^3），年排放总量分别用Bq和kg。

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 12 月 29 日修改实施）； （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）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修改并实施《国务院关于修改部分行政法规的决定》，中华人民共和国国务院令第 709 号）； （5）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日经生态环境部部令第 20 号修改）（部令第 20 号）； （6）《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起施行）； （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）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）（中华人民共和国生态环境部第 16 号令）； （10）《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）； （11）《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》（环境保护部环发[2008]13 号）； （12）云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）； （13）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》； （14）《云南省环保局关于〈在辐射安全许可证工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006] 727 号）； （15）《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022 年修订）》（云环发[2022]4 号）； （16）《放射工作人员职业健康管理办法》（（2007 年 6 月 3 日卫生部令第 55 号发布自 2007 年 11 月 1 日起施行） （17）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）

技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1—2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）； （3）《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020); （4）《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128—2019）； （6）《辐射环境监测技术规范》（HJ61—2021）； （7）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157—2021）； （8）《医用 X 射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）； （9）《声环境功能区划分技术规范》（GB/T 15190-2014）； （10）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326—2023）。 （11）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98—2020）
其他	（1）《电离辐射剂量学》（李士骏 著） （2）《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编） （3）《辐射防护导论》（方杰主编） （4）《X 射线和γ射线防护手册》（苏森龄 著） （5）联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告 （6）云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）提供与本项目相关的资料 （7）委托书

表 7 保护目标及评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）射线装置应用项目评价范围的要求，结合项目辐射污染特点，本次评价范围为本项目浅层 X 射线治疗室（安装的 II 类射线装置）屏蔽墙体边界外 50m 范围的区域。本项目评价范围示意图见图 7-1 及附图 2。

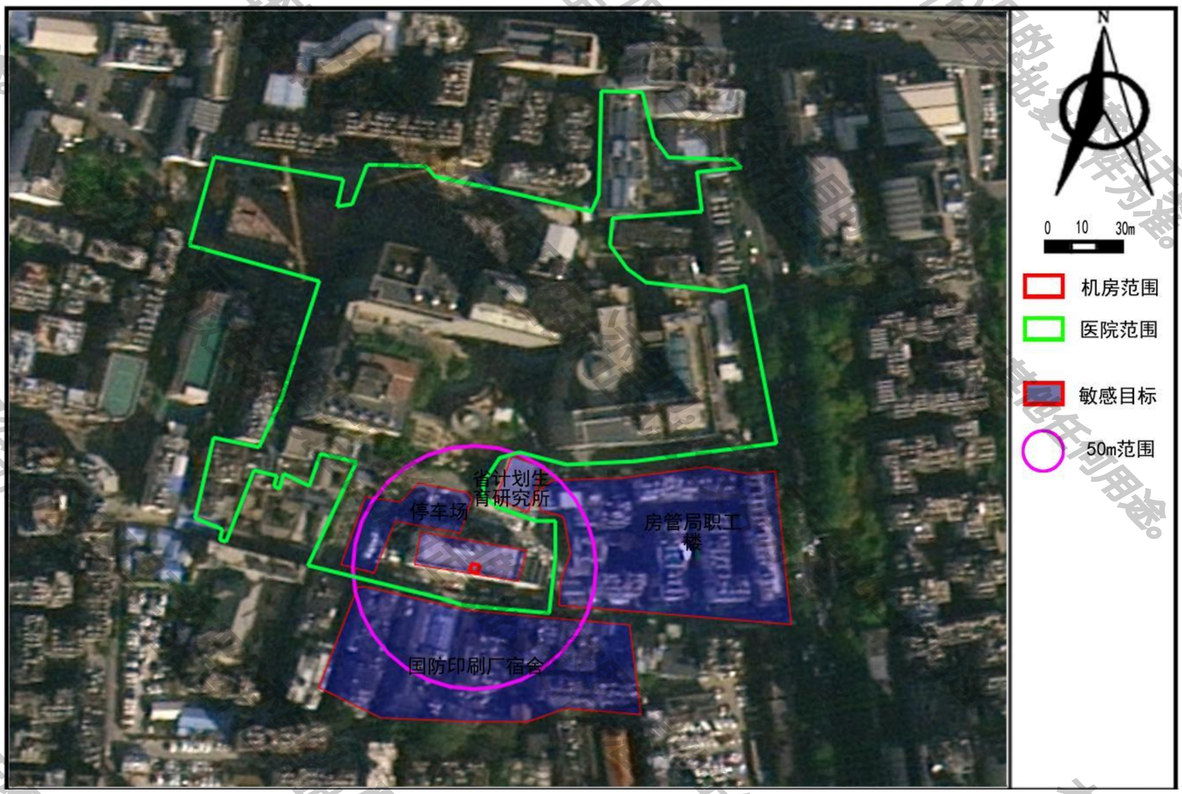

图 7-1　本项目评价范围示意图

7.2 保护目标

结合本项目辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征、评价范围，确定本项目主要环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1　主要环境保护目标

主要环境保护目标		方位	位置及人员	人数（人）	与射线装置最近距离（m）		保护要求
环境因子	人员类别				水平	垂直	
X 射线	职业人员	浅层 X 射线治疗室东侧	控制室	4	1.8	0	5mSv/a

	公众	浅层X射线治疗室西侧	示教会议室	约20	3.1	0	0.1mSv/a
			诊室	约4	14.9	0	
			预留用房	约2	18.6	0	
			停车场	流动人员	26.8	0	
		浅层X射线治疗室东侧	医生办公室	约2	5.5	0	
			护士办公室	约2	8.9	0	
			实验室预留用房	约2	12.8	0	
			房管局职工楼	约200	37.3	0	
		浅层X射线治疗室南侧	院内道路	流动人员	3.4	0	
			院外道路	流动人员	8.5	0	
			国防印刷厂宿舍	约1000	22.1	0	
		浅层X射线治疗室北侧	放免实验室	约6	6.9	0	
			院内道路	流动人员	11.9	0	
			监控室	约2	12.1	0	
			预留用房	约2	12.3	0	
			诊室	约4	16.8	0	
			库房	约1	19.8	0	
			省计划生育研究所	约400	32.8	0	
		治疗室上方	审方室	约2	0	+3.5	
			耗材室	约2	0	+3.5	
			2~5层	约60	0	+3.5~17.5	

注：项目楼下为土层，无建筑。

7.3 评价标准

7.3.1 环境质量标准

（1）环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2026）中二级标准；

（2）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；

（3）声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

7.3.2 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）施工期噪声：执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）。

运营期噪声：执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》中2类标准。

（3）医疗废物：运营期产生医疗废物执行《医疗废物管理条例》（国务院令第588号 2011年1月8日起施行）、《医疗废物集中处置技术规范（试行）》（环发[2003]206号）、《医疗废物专用包装袋、容器和警示标志标准》（HJ 421—2008）、《危险废

物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）。

7.3.3 辐射相关标准

1、《放射治疗放射防护要求》 (GBZ121-2020)（节选）

6.1 布局要求

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

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

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

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

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

6.2 空间、通风要求

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

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

6.3 屏蔽要求

6.3.1 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

6.3.1.1 治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于下述 a）、b）和 c）所确定的周围剂量当量率参考控制水平 Hc：

a）使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平 Hc，见式（1）

$$Hc \leq He/(t \times U \times T) \qquad （式 1）$$

式中：

Hc——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（μSv/h；）

He——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（μSv/周），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员：≤100μSv/周；放射治疗机房外非控制区的人员：≤5μSv/周。

t——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）

U——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T——人员在关注点位置的居留因子，取值方法参见附录 A。

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

1）人员居留因子 T>1/2 的场所：Hc,max≤2.5μSv/h；

2）人员居留因子 T≤1/2 的场所：Hc,max≤10μSv/h；

c）由上述 a）中的导出周围剂量当量率参考控制水平 Hc 和 b）中的最高周围剂量当量率参考水平 Hc,max，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平 Hc。

6.3.2 治疗机房顶屏蔽的周围剂量当量率参考控制水平。

6.3.2.1 在治疗机房上方已建、拟建二层建筑物或在治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所处立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同 6.3.1。

6.3.2.2 除 6.3.2.1 的条件外，若存在天空反射和侧散射，并对治疗机房墙外关注点位置照射时，该项辐射和穿出机房墙透射辐射在相应处的周围剂量当量率的总和，按 6.3.1 确定关注点的周围剂量当量率作为参考控制水平。

6.4 安全装置和警示标志要求

6.4.1 监测报警装置

含放射源的放射治疗机房内应安装固定式剂量监测报警装置，应确保其报警功能正常。

6.4.2 联锁装置

放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房

门的装置，防护门应有防挤压功能。

6.4.3 标志

医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：

a）放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；b）放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。

6.4.4 急停开关

6.4.4.1 放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。

6.4.1.2 放射源后装近距离治疗工作场所，应在控制台、后装机设备表面人员易触及位置以及治疗机房内墙面各设置一个急停开关。

6.4.6 视频监控、对讲交流系统控制室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。

2.《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)（节选）

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

4.8 辐射工作人员和公众成员的辐射照射应符合 GB 18871-2002 中剂量限值相关规定。

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

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

b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

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

5.1 选址与布局

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

5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，

尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。

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

5.2 分区原则

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

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

6.1.4 剂量控制应符合以下要求：

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

1）使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子（可依照附录 A 选取），由以下周剂量参考控制水平（$\dot{H}_c$）求得关注点的导出剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,d}$(μSv/h)：机房外辐射工作人员：$\dot{H}_c \le 100$ μSv/周；机房外非辐射工作人员：$\dot{H}_c \le 5$μSv/周。

2）按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,max}$(μSv/h)：人员居留因子 T＞1/2 的场所：$\dot{H}_{c,max} \le 2.5$μSv/h；人员居留因子 $T \le 1/2$ 的场所：$\dot{H}_{c,max} \le 10$ μSv/h。

b）穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射，以年剂量 250μSv 加以控制。

c）对不需要人员到达并只有借助工具才能进入的机房顶，机房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可按 100μSv/h 加以控制（可在相应位置处设置辐射告示牌）。

3.管理限值

（1）国家标准限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）第 4.3.2.1 条的规定，任何工作人员的职业照射不超过由审管部门决定的连续 5 年平均有效剂量 20mSv；第 B1.2 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。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)中 4.9 从事放射治疗的工作人员职业照射和公众照射的剂量约束值应符合以下要求：

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

b）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a。

（2）行政管理限值

根据《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离项目辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727 号）中的规定，单一项目取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的四分之一。

本次评价职业照射和公众照射的剂量约束值从严执行，即：

◇职业照射个人受照剂量管理限值取不超过 5mSv/a；

◇公众照射个人受照剂量管理限值取不超过 0.1mSv/a。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

本项目位于昆明市青年路 176 号云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层，项目投运后对环境空气、地表水质量、声环境影响较小，对项目周围的环境现状只进行了简单现状调查和简要阐述。

1、环境空气现状

本项目位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）内，所在区域属大气环境功能二类区，执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2026）中表 2 二级浓度限值标准。

根据《2024 年昆明市生态环境状况公报》：全市主城区环境空气优良率 99.7%，其中优 221 天、良 144 天、轻度污染 1 天。与 2023 年相比，优级天数增加 32 天，各项污染物均达到二级空气质量日均值(臭氧为日最大 8 小时平均)标准。

二氧化硫年平均浓度为 7.0 微克/立方米，同比下降 12.5%；二氧化氮年平均浓度为 17.0 微克/立方米，同比下降 10.5%；可吸入颗粒物(PM10)年平均浓度为 31.3 微克/立方米，同比下降 12.3%；细颗粒物(PM2.5)年平均浓度为 19.7 微克/立方米，同比下降 14.0%；臭氧日最大 8 小时滑动平均值第 90 百分位浓度为 134 微克/立方米，同比下降约 2.2%；一氧化碳日均值第 95 百分位浓度为 0.8 毫克/立方米，同比降低分别为 11.1%。各项污染物浓度均达到《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准，空气质量保持良好水平。因此，项目所在区域为达标区。

2、地表水环境现状

本项目区域地表水体为本项目东侧的盘龙江，盘龙江汇入滇池。根据《昆明市和滇中产业新区水功能区划（2011-2030 年）》（昆政复【2015】8 号），本项目所在区域水功能区位于滇池昆明开发利用区的盘龙江昆明景观、农业用水区二级水功能区内：河段起点为松华坝水库坝址，止点为入滇池口，2030 年水质目标为III类。因此，盘龙江现状执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类水标准。

根据云南省生态环境厅发布的九大高原湖泊水质监测状况月报，滇池外海入湖河流盘龙江设置有 3 个监测断面（松华坝口、小人桥、严家村桥三个监测断面），本项目位于盘龙江松华坝水库坝址至小人桥监测断面之间，故引用盘龙江的小人桥监测断

面进行评价。根据查阅2026年1月《九大高原湖泊水质监测状况月报》，2026年1月，盘龙江小人桥断面为Ⅱ类，满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中Ⅲ类水标准。

3、声环境质量现状

本项目位于昆明市县城区，声环境功能区为2类区。根据《2024年度昆明市生态环境状况公报》，2024年，全市主城区声环境功能区夜间噪声达标率为92.5%，满足国家“到2025年全国声环境功能区夜间达标率达到85%”的要求。各类功能区昼夜平均等效声级均达标。2024年全市主城区昼间区域环境噪声平均值为52.6分贝(A)，总体水平达二级(较好)。

4、辐射环境现状

（1）监测方案

本次环评在进行现场调查期间，评价人员首先根据建设单位人员介绍，了解本项目浅层X射线治疗室拟建地及周边环境状况，确立了本项目监测方案。

本项目为新建项目，机房尚未进行装修防护，设备尚未安装，因此，本次监测为辐射环境本底监测。

监测环境：现场监测时，收集环境温度、湿度、天气状况等信息。

监测对象：浅层X射线治疗室拟建地及周边辐射环境本底监测。

监测因子：本次监测的监测因子为X-γ辐射空气吸收剂量率。

监测布点见图8-1～图8-2。监测点位能较好反映项目所在地周围辐射环境现状水平，监测点位布设合理。

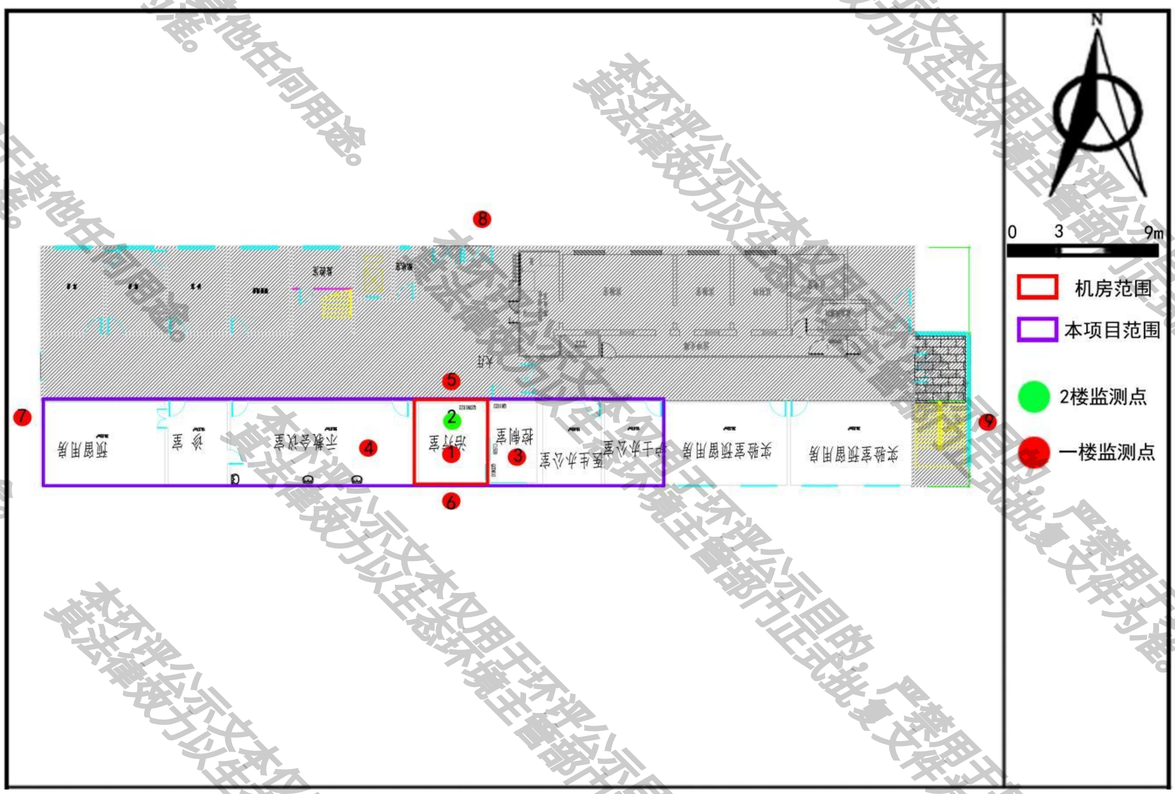

图 8-1 拟建机房及周围 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测点位图

图 8-2 老门诊楼及医院周围 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测点位图

（2）监测质量保证措施

①本项目监测单位为云南卓准检测技术有限公司，公司取得了昆明市市场监督管理局颁发的资质证书（CMA 认证），证书编号为：152521340112。公司具备完整、有效的质量控制体系；

②根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021），并参考《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）制定监测方案及实施细则；

③严格按照监测单位《质量手册》《作业指导书》开展现场工作；

④监测仪器每年经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，并对仪器进行校验；

⑤监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑥根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021），监测高度为 1m，合理布设监测点位置，兼顾监测技术规范和实际情况，监测结果具有代表性和针对性，每个测点连续测量 10 次，取平均值校正，校正值已扣除宇宙射线响应值。

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监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。

（3）辐射环境质量现状监测与评价

2026 年 2 月 6 日，云南卓准检测技术有限公司对拟建项目周围辐射环境本底进行了监测，监测报告见附件 9。

1、测量条件

监测条件详见表 8-1

表 8-1 监测条件

日期	天气	温度	湿度
2026 年 02 月 06 日	晴	18℃	44%
	经度	**维度**	**海拔**
本项目	102°42′48.366″	25°2′50.698″	1895m
宇宙射线测量点	102°39′0″	24°57′36″	1897m

宇宙射线响应值	0.015μGy/h

2、监测仪器

监测仪器信息详见表 8-2。

表 8-2 监测仪器信息

检测仪器名称	设备型号	设备自编号	主要参数	
X-γ剂量率仪	BG9680	ZH-61	量程范围：10nGy/h～200μGy/h 能量响应：50keV～3MeV 响应时间：≤10s	
校准点（μSv/h）	0.50	3.06	11.0	
校准因子（C_f）	1.01	1.00	1.00	
BG9680（ZH-61）	证书编号	DLjl2026-03546	检定/校准有效期	2026 年 03 月 13 日

3、监测结果

各监测点位对应现状 X-γ剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 本项目拟建射线装置机房周围 X-γ辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	校正值±标准差
1	本项目治疗室内	0.044±0.001
2	本项目治疗室上方耗材室	0.042±0.002
3	本项目治疗室上方审方室	0.043±0.001
4	本项目治疗室东侧控制室	0.044±0.002
5	本项目治疗室西侧示教会议室	0.044±0.002
6	本项目治疗室北侧大厅	0.041±0.001
7	本项目治疗室南侧道路	0.037±0.002
8	老门诊楼西侧道路	0.032±0.001
9	老门诊楼北侧道路	0.030±0.001
10	老门诊楼东侧道路	0.031±0.001
11	医院南侧道路	0.029±0.001
12	医院西侧道路	0.030±0.002
13	医院北侧道路	0.031±0.001
14	医院东侧道路	0.034±0.003
15	停车场	0.042±0.001
16	省计划生育研究所 1 层	0.037±0.002
17	省计划生育研究所 2 层	0.038±0.002
18	省计划生育研究所 3 层	0.038±0.002
19	省计划生育研究所顶楼	0.038±0.002

20	房管局职工楼 1 层	0.035±0.001
21	房管局职工楼 3 层	0.036±0.002
22	房管局职工楼 5 层	0.036±0.002
23	国防印刷厂宿舍 1 层	0.041±0.002
24	国防印刷厂宿舍 3 层	0.043±0.002
25	国防印刷厂宿舍 5 层	0.043±0.002
备注：①本次监测结果未扣除宇宙射线响应值。 ②点位 1-7 为拟建浅层 X 射线放射治疗设备机房场所本底监测，点位 8-25 为老门诊楼及医院周围本底监测。		

由表 8-3 可知：云南大学附属医院浅层 X 射线放射治疗设备拟建场所及周围的 X-γ辐射剂量率测量值在 0.037~0.044μGy/h 之间；老门诊楼及医院周围的 X-γ辐射剂量率测量值在 0.029~0.043μGy/h 之间，属于医院 X-γ辐射正常水平。故本项目拟建场地 X-γ辐射剂量率与周围环境辐射水平相当。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期污染源项描述

9.1.1 施工期污染源分析

本项目位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）内，依托老门诊楼 1 楼空置房间建设。本次环评施工期不涉及土建施工环境影响，主要评价内容为治疗室防护装修施工、辅助用房施工及设备安装调试。

环评要求：严格按照设计方案进行防护施工，隐蔽工程需留下影像资料，如：治疗室部分墙体拆除并重新修砌、门窗开孔、墙体原有门窗封堵、墙体和顶面防护铅板安装、防护门及铅玻璃安装、通风管穿墙防护、电缆穿墙防护等影像资料，以备后期查验。

本次建设浅层 X 射线治疗室及其合用控制室主体已建设完成，主要施工内容为部分墙体拆除并重修修砌、门窗开孔、控制室装修及浅层 X 射线治疗室屏蔽防护装修施工、设备安装及调试，主要污染物有施工粉尘、废水、噪声、装修废气、建筑垃圾、生活垃圾、少量电离辐射和臭氧。

1、治疗室和辅助用房防护装修施工

本项目主要是将现有房间，根据平面设计对治疗室和控制室进行重新布局、拆除并重新修砌部分墙体以及门窗开孔、原有门窗封堵，并给治疗室内部墙体和顶板安装屏蔽材料、安装防护铅门、观察窗及装修工程等，工程量小，施工时间短。在施工过程中有施工噪声、建筑垃圾、施工废水和建筑粉尘等污染物产生。施工区域处于医院病区声环境敏感，施工单位应合理安排好施工时间，禁止夜间施工，尽可能采取低噪声设备及采取隔声减震等措施降低施工噪声对周围环境的影响；施工所产生的少量生活废水依托医院排水及水处理系统，最终排入城市污水管网；在装修过程中尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响；建设施工所产生的少量建筑废渣、设备安装产生的包装废物由施工单位负责清理，并送指定的建筑垃圾处置场。为保证治疗室满足防辐射要求，屏蔽设施建设过程中，应严格施工，避免防护材料或两面墙体衔接处有漏缝产生。

9.1.2 设备安装调试的污染分析

设备安装主要污染物是运输器械产生噪声及包装废弃物，调试阶段产生电离辐射、臭氧、氮氧化物。本建设项目设备安装和调试由设备供货方专业人员进行，建设方不得自行安装及调试设备。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中保证各屏蔽

体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

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可接受，本项目调试过程中开机曝光时间很短，臭氧、氮氧化物的产生量很少，经通排风系统排风管道引至楼顶排放，对周围环境影响较小。设备安装产生的固体废物能回收利用的回收利用处置，不能回收利用的送当地指定的建筑垃圾处置场处置。

施工工序及产污见图 9-1。

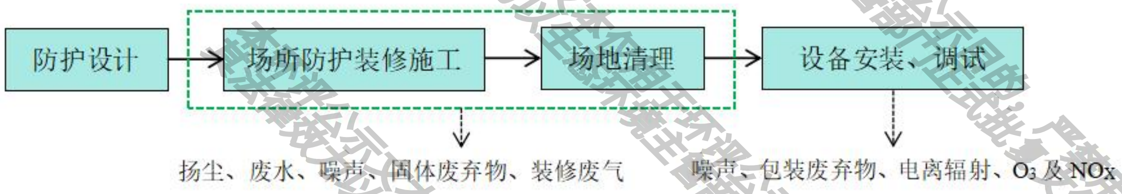

图 9-1　施工期施工工序及产污位置图

3、建设进度

项目预计 2026 年 4 月底开工，2025 年 6 月底竣工，其中包含设备安装、调试约 1 周时间。

9.2 运营期正常工况污染源分析

9.2.1 工程设备和工艺分析

1、设备组成

浅层 X 射线放射治疗系统基本设备包括主机和操作控制台，主机位于治疗室内，操作控制台安装于控制室。浅层 X 射线放射治疗系统基本结构见图 9-2。

主机　　　　　　　　　　　　控制台面板

图 9-2　浅层 X 射线放射治疗系统示意图

（1）主机

主机包括 X 射线发生系统、控制面板、X 射线端口及机械臂组件等，详见图 9-3。

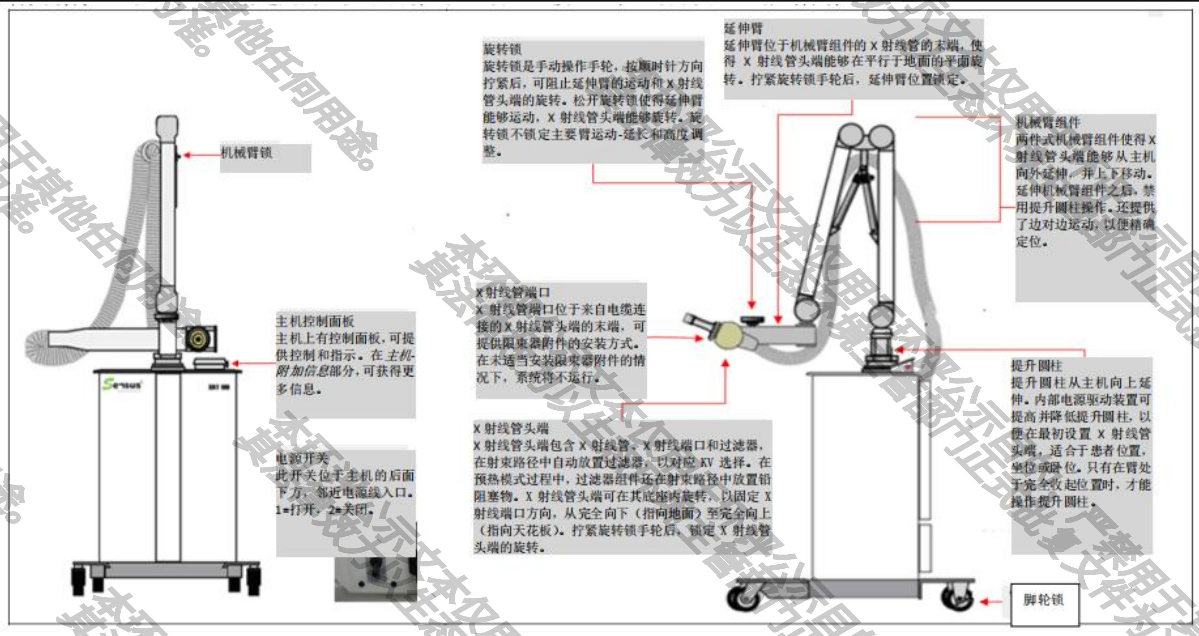

图 9-3　主机结构示意图

其中 X 射线发生装置包括 X 线管、高压发生装置和控制装置。X 射线管是整台射线装置的辐射源。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，高速电子轰击靶体产生 X 射线。典型 X 射线管结构图详见图 9-4。

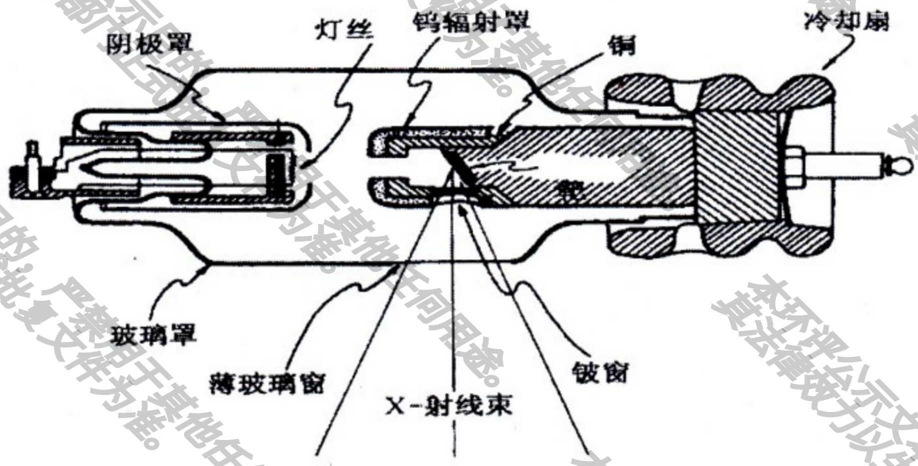

图 9-4　典型 X 射线管结构图

（2）操作控制台

操作控制台可提供控制和指示，以设置照射，并开始、监控和终止照射。面板图示见图 9-5。

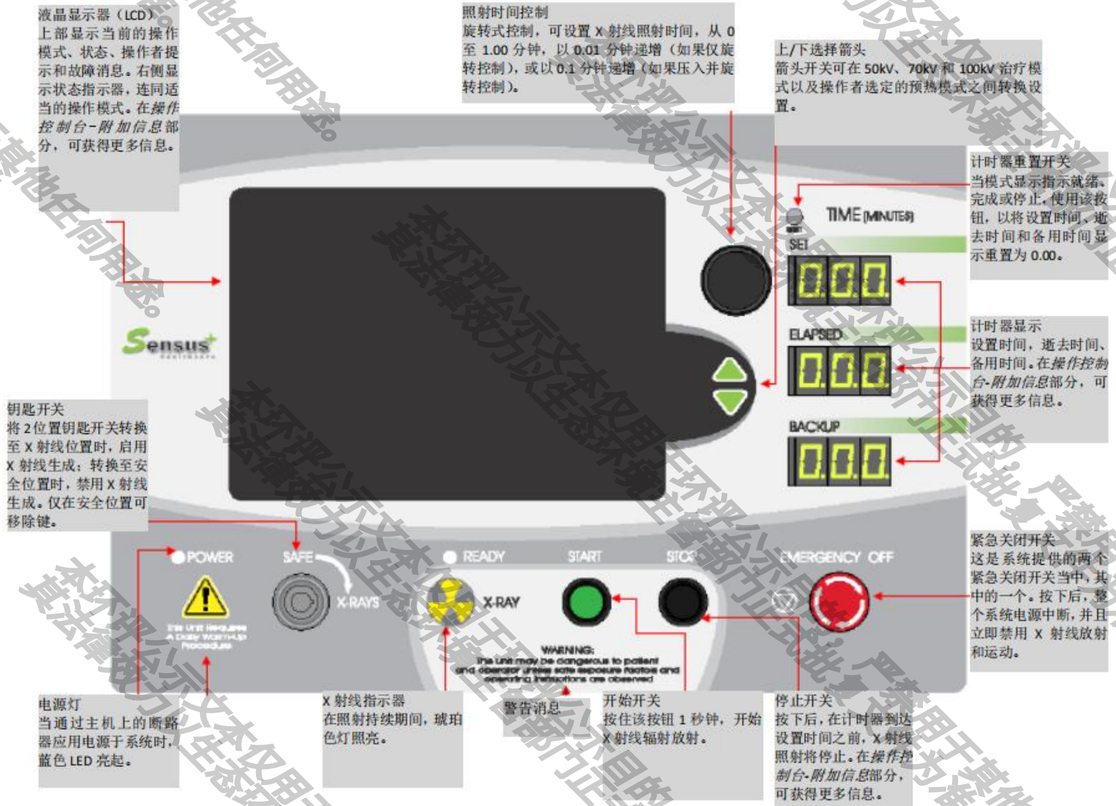

图 9-5　操作控制台面板图示

2、工作原理

浅层 X 射线放射治疗系统是采用 X 线束对患者皮肤表面进行直接照射，通过破坏、抑制或转化纤维细胞并可使血管闭塞，藉以控制过量的瘢痕组织增生的技术设备。该设备中生产的 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃中产生的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装载聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚集杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。

靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高压电加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所忽然阻挡从而产生 X 射线。

X 射线对于皮肤组织的作用有以下几个方面：①抑制和破坏增生或者分化程度低的组织和细胞；②抑制角质形成细胞的增生和分化；③抑制或者破坏皮肤附属器的增生，从而影响分泌及毛发生长；④使血管内皮细胞肿胀、变性和坏死，致使管腔狭窄，血栓形成；⑤降低皮肤反应性，调节神经末梢兴奋性。

临床上，不同皮肤病患者其病变深度差别很大，在X射线的照射中，需要射线照射的深度和皮损的深度一致，通过调整施加于X射线管两极间的电压即可调整射线穿透深度，根据管电压的不同，X射线可以分为境界线、低电压近距离X射线、软射线、浅层X射线等。

由于该治疗系统用于皮肤浅层放射治疗，对接受治疗的部位可直接目视和触摸查探，判断其病变位置和病变过程，不需要使用模拟定位设备。

3、操作流程及产污环节

该系统用于给予低能量辐射束（X射线），限制了穿透深度，可避免深层组织损伤。技师对患者进行摆位，患者摆好位后即撤出治疗室，治疗过程中辐射人员位于控制室对设备进行操作，不进入治疗室，通过对讲系统与治疗室内的病人对话。具体工作流程：

（1）对病人进行登记，进行临床检查，实施放射治疗的病人应先经病理学明确诊断，并经医生诊断确属放射治疗疾病（排除接受浅层X线放射治疗禁忌的患者），负责诊断的医生要明确告知X射线治疗对身体可能造成的危害。

（2）全面记录疾病发生、发展和诊疗经过，拥有放射治疗专业资质的医师制定放射治疗方案。

（3）根据患者的类型、部位和大小等初步确定每一次的照射剂量、照射时间和照射的次数（1—5次，每次照射间隔1周以上），合理制订放射治疗计划，在计算机上填写生成放射治疗档案。

（4）安装线束器，认真核对病人信息、照射条件及摆位要求，调整治疗床高度，严格按照摆位要求实施摆位；摆位结束，摆位人员等非患者均离开治疗室，关闭防护门。本阶段产生药棉、纱布、手套等医疗废物。

（5）实施治疗：根据放疗计划，运用有关技术实施精确照射（3种kV/mA治疗方法选择），本阶段产生X射线、臭氧、氮氧化物。

（6）结束治疗：病人离开治疗室，拆除限束器，本阶段产生药棉、纱布、手套等医疗废物。具体操作流程及产污环节见图9-6。

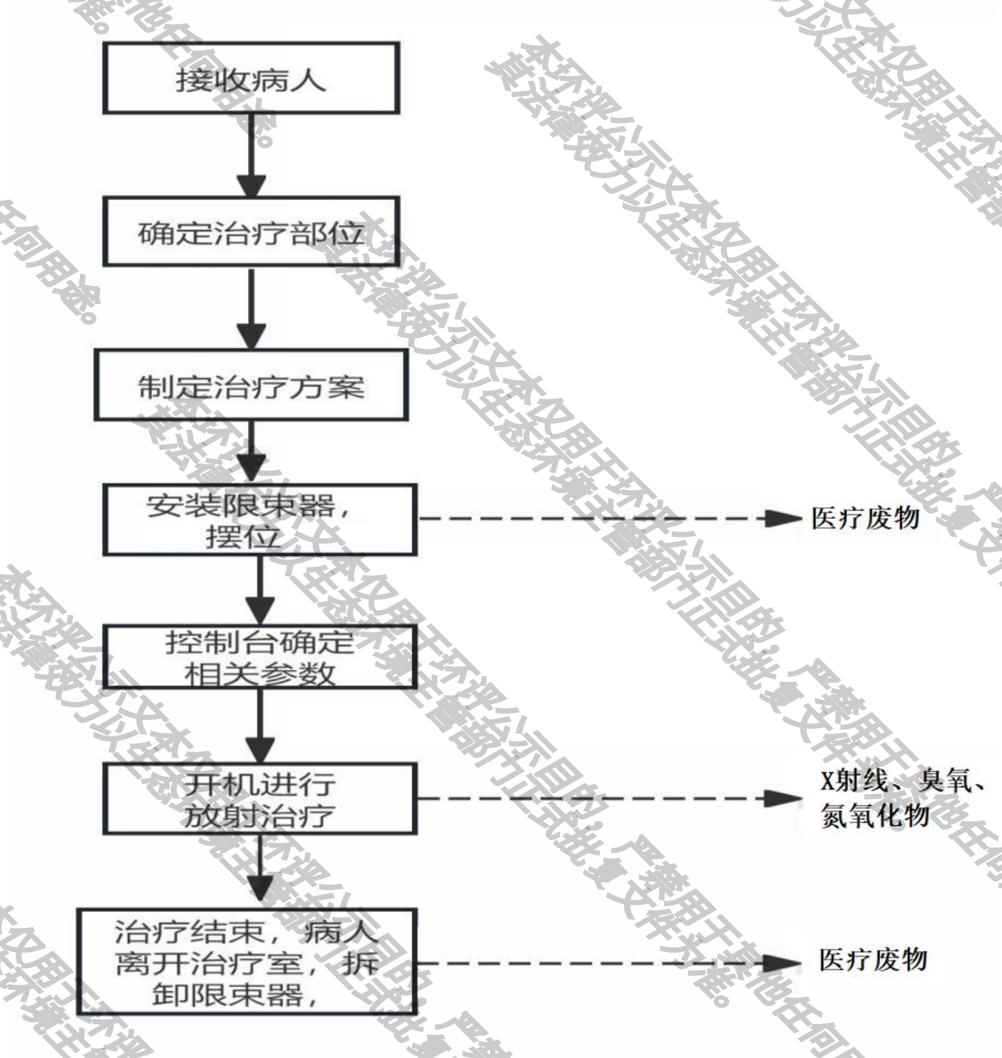

图 9-6　浅层 X 射线放射治疗系统工作流程及产污环节图

4、患者、辐射工作人员路线

a）患者路径：患者由治疗室病人通道防护门进入治疗室，在操作技师指导下完成摆位，操作技师退回控制室，技师确定相关参数和联锁无误后，开机进行放射治疗，治疗完成病人原路返回。

b）辐射工作人员路径：辐射工作人员从医生通道防护门进入控制室，从控制室防护门进入治疗室安装限束器和指导病人摆位，摆位完成后原路返回，关闭控制室防护门，在控制室观察治疗过程。

c）污物路径：治疗室的医疗废物由专人定时收集，经病人通道防护门运走处理，污物清理时间是在病人完成治疗后进行，不与病人治疗时间上交叉。人流、物流路线具体见图 9-7。

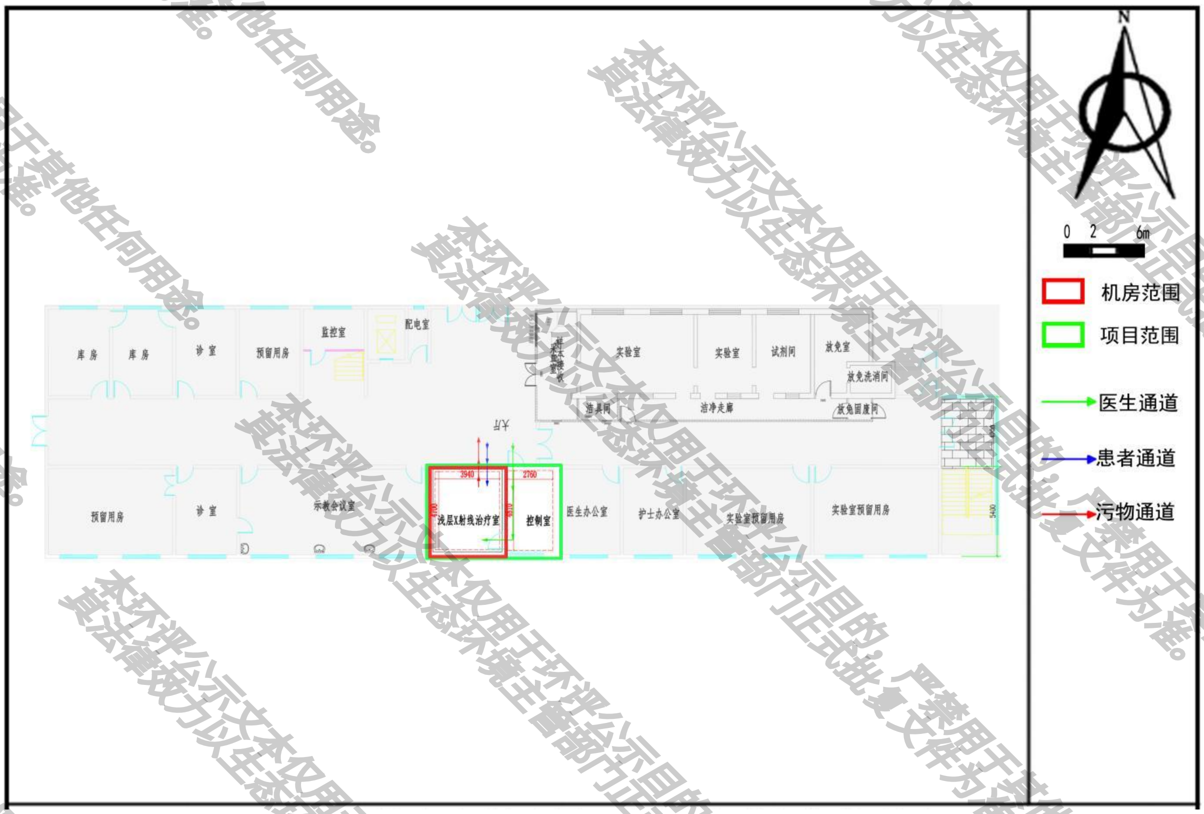

图 9-7 患者、辐射工作人员、污物路线图

（5）工作负荷

预计浅层 X 射线放射治疗系统投入使用后，每次出束治疗时间最长为 3 分钟。预计每年最大工作负荷不超过 5000 例，每周不超过 100 例，周最大治疗时间为 5h，年最大治疗时间为 250h。

9.2.2 正常工况下污染源

（1）X 射线：由浅层 X 射线放射治疗系统机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生、消失。因此，该院使用的浅层 X 射线放射治疗系统在非治疗状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会产生 X 射线。由于射线能量较低，不必考虑感生放射性问题。在治疗过程中，由于 X 射线的穿透能力很强，因此 X 射线束对病人进行治疗的同时，射线装置产生的漏射线、反射线及散射射线也可能会穿透治疗室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对治疗室外的职业人员和公众产生辐射影响。

因此，在开机期间 X 射线成为本项目污染环境的主要因子。

根据厂家提供的设备参数，见附件 13，设备运行各运行模式下参数见表 9-1。

表 9-1　设备运行主要参数

输出电压（kV）	输出电流（mA）	源皮距（SSD）（cm）	对应 X 射线输出量（cGy/min）	对应 1m 处 X 射线输出量($\times10^6\mu Gy/h$）
50	10	15	750	10.1
		25	270	10.1
70	10	15	630	8.51
		25	225	8.44
100	8	15	610	8.24
		25	225	8.44
注：管电压、管电流、过滤板、SSD 时的典型比率数据均来自厂家提供，距 X 射线管焦点 1m 处空气比释动能率由计算得到。				

X 射线放射治疗系统固定在治疗室内使用。使用过程中，辐射工作人员均在治疗室外控制室隔室操作。治疗室采取了辐射防护设计，在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下，治疗室外的工作人员及公众受到 X 射线照射非常有限。X 射线放射治疗系统使用过程中采用电子显像技术，不冲洗胶片不会产生含有重金属银的废显影水、废定影水。

X 线与空气作用可以使气体分子或原子电离、激发，产生臭氧和氮氧化物。

臭氧和氮氧化物是一种对人体健康有害的气体，消除有害气体对治疗室的影响，关键在于加强室内通风。浅层 X 射线放射治疗系统输出 X 线输出功率低、剂量小、光子能量低，产生臭氧和氮氧化物量极少，采用机械排风的方式可满足 X 线室通风换气需要。

（2）废水：本项目不产生放射性废水及医疗废水。根据建设单位提供资料，本项目辐射工作人员均为医院原有工作人员，不新增生活污水；医护人员的生活污水依托医院现有污水处理系统处理后的废水排入市政污水管网，最终排入昆明市第一水质净化厂。

（3）噪声：本项目浅层 X 射线治疗室设置通排风系统，通排风系统运行时会产生噪声，排气风机选用低噪音类型设备，噪声值≤50dB(A)，排风、新风(送风)管道上设置有消音器，外机支架上面使用减振器处理，风机噪声通过降噪措施降噪后，经过墙体阻隔和距离衰减，对周围环境影响不大。

（4）固体废弃物：本项目辐射工作人员均为医院原有工作人员，产生的少量生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。产生少量非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，

委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。

9.2.3 事故工况的污染源分析

工况 1：X 射线装置安全联锁装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射。

工况 2：X 射线装置联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关紧的情况下出束，对门外人员造成的误照射。

9.2.3 项目主要污染物产生及预计排放情况

本项目主要污染物的产生及预计排放见表 9-2。

表 9-2　项目主要污染物的产生及预计排放情况

类型		污染物名称	产生量	处理措施
大气污染物	施工期	粉尘、涂料废气	少量	洒水降尘、室内通风
	运营期	臭氧、氮氧化物	少量	经通排风系统排风管道引至楼顶排放。
水污染物	施工期	施工废水	少量	洒水降尘、回用。
		生活污水	少量	依托医院已建污水处理站处理后排入市政污水管网。
	运营期	生活污水	/	依托医院现有污水处理系统处理后的废水排入市政污水管网，最终排入昆明市第一水质净化厂处理。
固体废物	施工期	生活垃圾	少量	放置垃圾桶收集后，交由环卫部门统一清运。
		建筑垃圾	少量	部分回收利用，不能回收利用的清运至住建部门指定堆放点。
	运营期	生活垃圾	/	由医院统一收集后交由环卫部门清运处理
		药棉、纱布、手套等	少量	采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。
噪声	施工期	施工设备	/	合理安排作业时间，围挡阻隔施工。
	运营期	风机	/	进排气风机选用低噪音类型设备，进排风系统经降噪和距离衰减后对周围声环境影响较小。
辐射	施工期	/	/	/
	调试	X 射线	/	专业人员进行设备调试
	运营期	X 射线	/	射线装置工作产生的 X 射线经墙体屏蔽和其他有效防护屏蔽后，所致职业和公众照射剂量当量可达到评价标准。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 平面布局和管理分区

1、平面布局合理性

本项目位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层，浅层 X 射线治疗室位于 1 楼，地下无楼层，楼上（2 楼）为审方室、耗材室。本项目浅层 X 射线治疗室 50m 范围内敏感目标分布情况如下：项目北侧 50m 范围内为放免实验室、院内道路、监控室、预留用房、诊室、库房、省计划生育研究所；西侧 50m 范围内依次为示教会议室、诊室、预留用房、停车场等；东侧 50m 范围内依次为控制室、示教会议室、诊室、预留用房、停车场；南侧 50m 范围内依次为院内道路、院外道路、国防印刷厂宿舍。

根据平面布置，本项目整个场所较独立，场所布局功能分区明确，便于病人就诊，减少人流集中流通，便于建设单位统一运行管理，本项目浅层 X 射线治疗室四邻区域及楼上楼下区域不涉及新生儿及婴幼儿诊疗、产科等，本项目平面布置合理。

对照《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）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

与《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020）有关规定对照分析			
项目		**本项目情况**	**分析结论**
布局要求	放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；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。	建设项目拟购置的浅层 X 射线治疗机为 X 射线管治疗装置，拟设置于建设单位老门诊楼 1 楼，建设项目治疗室及其辅助设施同步设计、改造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	符合
	放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目放射治疗工作场所将实行两区管理，浅层 X 射线治疗室划分为控制区，邻近控制室、示教会议室、审方室、耗材室划为监督区，两区划分具体见表 10-2。	符合

	治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽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。	本项目放射治疗工作场所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。	符合
	治疗设备操作室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	本项目控制室与治疗室分开设置，浅层 X 射线治疗室为专用治疗室，不作其他功能使用。	符合
	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操作室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开有用线束直接照射。	本项目系统出束方向为朝下。经 11 章节预测，治疗室四周墙体、防护门、观察窗、顶棚及地面屏蔽满足漏射线及散射的屏蔽要求	符合
与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)有关规定对照分析			
	标准要求	**本项目情况**	**分析结论**
选址与布局要求	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，不得设置在居民、写字楼和商住两用的建筑物内。	本项目浅层 X 射线治疗室位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）内，本项目所在的老门诊楼为医疗卫生用房，不属于居民、写字楼和商住两用的建筑物。	符合
	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。	浅层 X 射线治疗室位于老门诊楼 1 层，附近无儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，也无人员流动性大的商业活动区域。	符合
分区要求	5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室(含迷路)等场所。 5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区。	本项目放射治疗工作场所将实行两区管理，浅层 X 射线治疗室划分为控制区，邻近控制室、示教会议室、审方室、耗材室划为监督区，两区划分具体见表 10-2。	符合

综上所述，本项目浅层 X 射线治疗室平面布置满足《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。

2、“两区”划分

为加强核技术应用医疗设备所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定控制区和监督区。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）控

制区和监督区的定义划定控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。

根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）并结合本项目平面布置实际情况，本项目控制区、监督区划分情况见下表。控制区、监督区划分示意图见附图 7。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分

工作场所	控制区	监督区
浅层X射线治疗室	浅层X射线治疗室	控制室、示教会议室、审方室、耗材室

注：监督区、控制区入口应设置明显的监督区、控制区标识。

3、分区管理要求

控制区管理要求：

①控制区内禁止外来人员进入，职业人员在该区域工作时尽量不在控制区内停留，以减少不必要的照射；

②在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合 GB18871-2002 附录 F(标准的附录)规定的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示，并以红色地标线警示控制区的边界；

③制定辐射防护与安全措施，包括适用于控制区的规则和程序；

④运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁、门禁和联锁装置）限制进出控制区；

⑤在进入控制区有个人防护用品、工作服、个人剂量报警仪等；

⑥定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

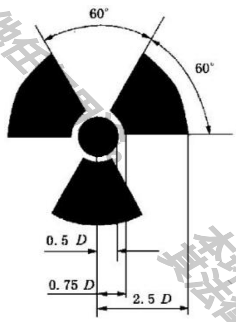

图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

监督区管理要求：

①监督区范围内尽量限制无关人员进入；

②以黄线地标线警示监督区的边界；

③在监督区的入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；

④定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

10.1.2 工作场所屏蔽设计

1、屏蔽设计

浅层 X 射线放射治疗系统工作场所为老门诊楼 1 层浅层 X 射线治疗室，根据建设单位提供的本项目防护施工方案（见附件 10），屏蔽防护参数详见表 10-3。

表 10-3　本项目浅层 X 射线治疗室屏蔽防护参数

项目	屏蔽措施
有效使用面积	18.5m^2
尺寸	L 长 4.7m×W 宽 3.94m×高 2.8m
四周墙体屏蔽	西侧、南侧墙体采用 370mm 免烧砖+1mm 厚铅板进行防护施工，综合铅当量 3.4mmPb；东侧、北侧墙体采用 240mm 免烧砖+1.5mm 厚铅板进行防护施工，综合铅当量 3.1mmPb。
顶面屏蔽	120mm 混凝土+2.0mmPb 铅板进行防护，综合铅当量 3.1mmPb
地面屏蔽	地面为 400mm 混凝土地板，楼下为土层，不做特殊防护。
防护门屏蔽	3.5mmPb 铅防护门（2 樘）
观察窗屏蔽	1500mm*900mm 铅玻璃，厚度为 20mm，具有 3.5mm 铅当量的辐射防护水平进行防护。
备注：（1）根据建设单位提供的资料，铅密度为 11.3g/cm^3，混凝土密度为不小于 2.35g/cm^3，砖密度为不小于 1.65g/cm^3。 （2）根据《辐射防护手册 第三分册》表 3.3，详见 P51，100kV 及以下，电压越低，等效铅当量越小，本项目保守按照 50kV 进行外推法计算，240mm 砖=1*240/150=1.6mmPb，270mm 砖=1*370/150=2.4mmPb，120mm 混凝土==1*130/120=1.1mmPb。	

浅层 X 射线治疗室平面及剖面图见图 10-2~图 10-3。

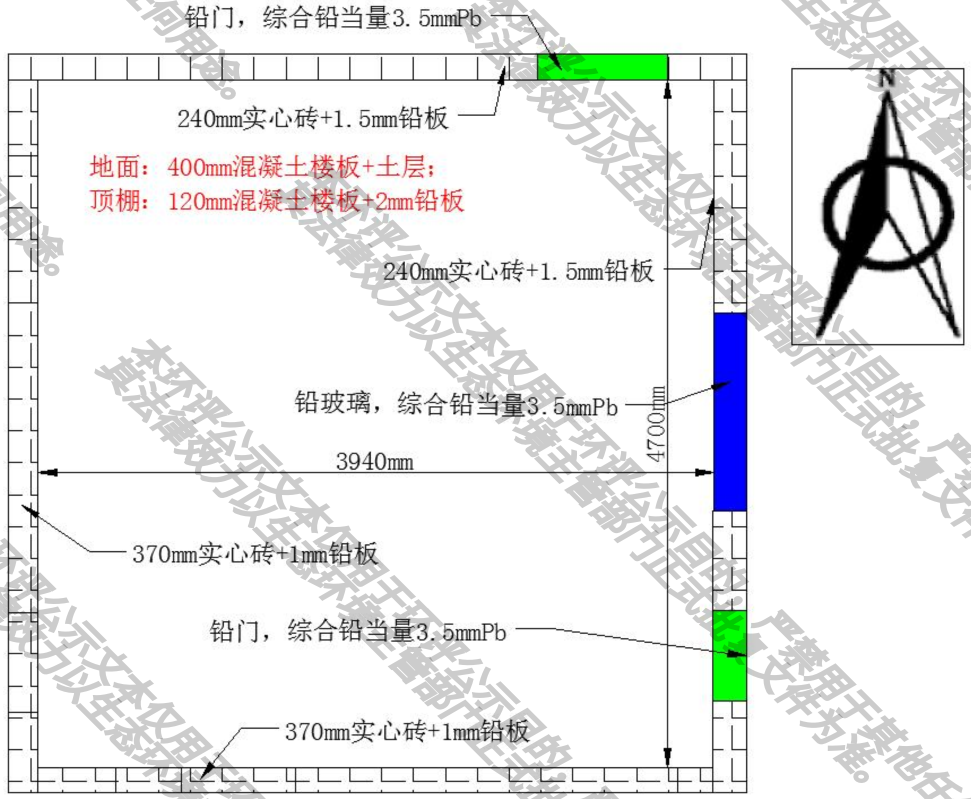

图 10-2　项目平面防护设计示意图

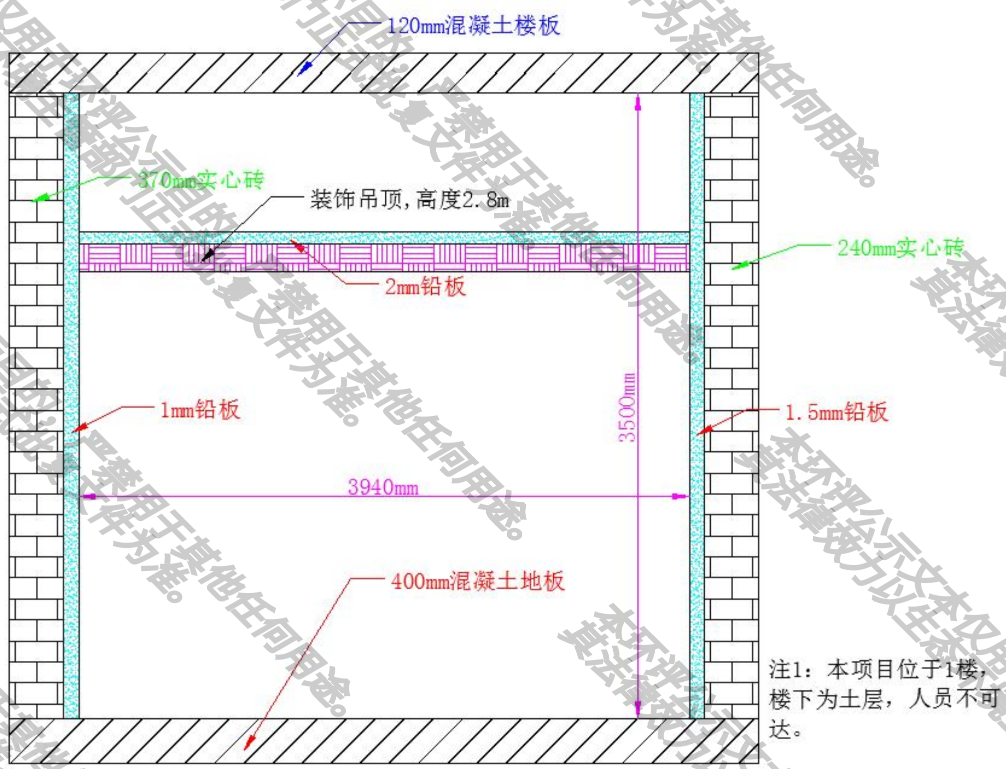

图 10-3　项目防护设计剖面示意图

2、通风管道穿墙设计

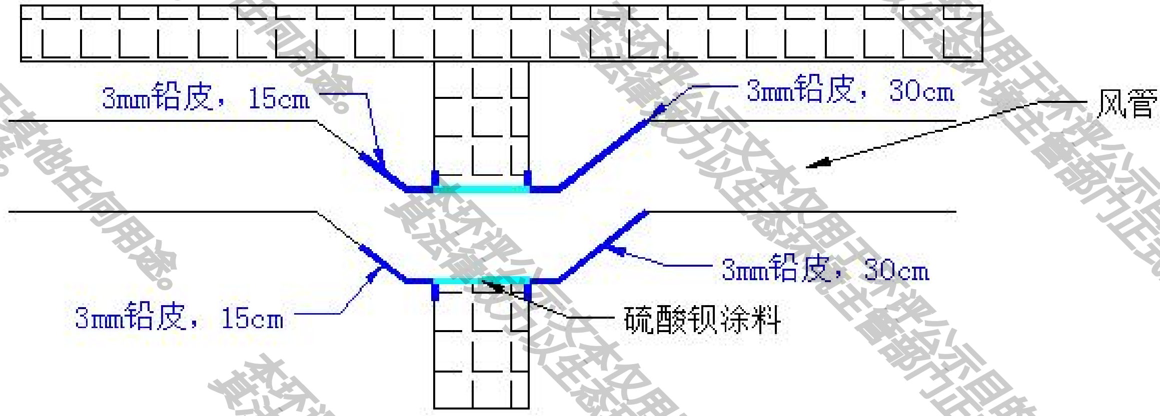

图 10-4　管道防护剖面示意图

本项目共设置 1 套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通风管道穿顶部防护墙处采用"U"型弯管穿墙设计，风管用 3mm 厚铅皮包裹，搭边宽度 10cm，搭接长度分别为 15cm 和 30cm，缝隙用硫酸钡涂料填充封堵，能够有效防止射线泄漏，机房的设计送风量 420m³/h，设计排风量为 400m³/h。机房净空体积为 51.8m³，考虑风管风阻，通风效率按 80%计，则通风次数为 400m³/h×80%÷51.8m³≈6 次/h，大于 4 次/h，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）中进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。

3、电缆穿墙设计

电缆采用采用"Z"型弯管穿墙设计，穿墙孔洞采用 3mm 铅板完全覆盖，电缆穿墙及电缆沟防护示意图见图 10-5。

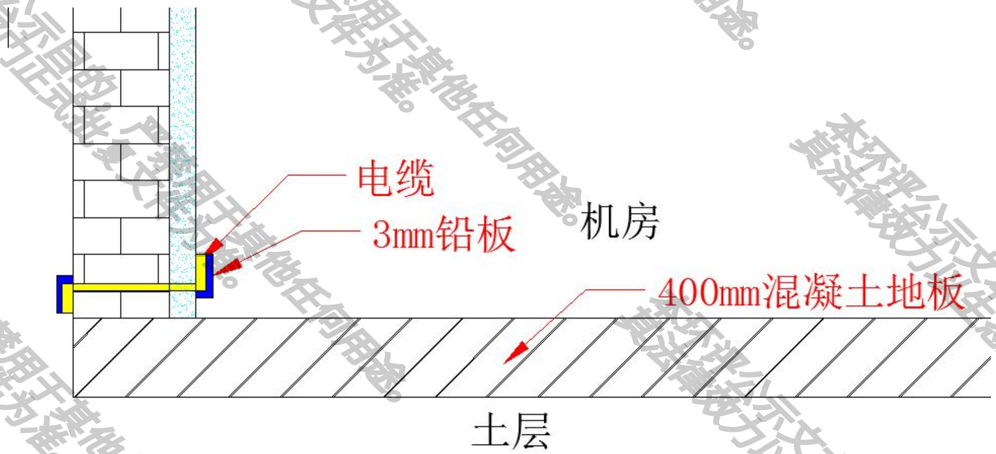

图 10-5　电缆穿墙及电缆沟防护侧面图

10.1.3 辐射安全与防护措施

（1）辐射安全与防护设施及措施

①本项目浅层X射线放射治疗系统采用隔室操作工作方式，辐射工作人员在操作室隔室操作射线装置，进行皮肤浅层放射治疗。治疗室进行屏蔽设计，防护能有效降低X射线对辐射工作人员造成的辐射影响。

②本项目辐射工作人员采取隔室操作模式降低辐射影响。病人是近距离接触X射线辐射源的人员，医院拟为患者配备辐射防护铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶防护裙等个人防护用品，成人和儿童各一套，防护当量不低于0.5mmPb，能够有效降低病人的吸收剂量。

③为每名辐射工作人员配备个人剂量计，并建立个人剂量监测档案。配备1台X-γ辐射监测仪和2台便携式个人剂量报警仪。

④设置门灯联锁装置。治疗室设置有从室内开启治疗室门的装置，按下开门开关，防护门打开，系统立即停止出束，且防护门有防挤压功能。

⑤治疗室防护门外设置有工作警示灯和电离辐射警告标志，指示灯箱上设有“射线有害，灯亮勿入”的警示标语，并设有门灯联锁，治疗室门关闭开始出束照射，警示灯亮起。

⑥急停装置：设备自带两个急停按钮分别位于主机和控制台处，同时治疗室内四周墙壁和控制室墙壁设有急停按钮，出束时按下任意1个急停按钮可立即停止出束。

⑦灯光、声响警示：启动X射线出束时，在主机和控制台均有红灯显示，并在控制台有声响警示。控制台配有钥匙开关。

⑧治疗室内设置视频监控及对讲交流系统，以便辐射工作人员和患者之间进行交流，治疗期间辐射工作人员不得进入治疗室。若出现异常状况，应第一时间按下操作控制台急停开关并断开电源，停止X射线的产生。

⑨操作室上张贴相应的辐射工作制度、操作规程等。

⑩使用浅层X射线放射治疗系统必须保证隔室操作，工作人员在使用设备前需熟悉设备操作流程，保证规范操作。在运行过程中定期进行工作人员操作位的辐射剂量率检测。辐射安全领导小组需对工作人员加大日常培训和监管力度。

⑪治疗室防护门结构应考虑门因自身重量而发生变形、频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等问题，防护门应尽可能减小缝隙泄漏辐射，防护门宽于门洞的部

分应大于“门一墙”间隙的10倍。

⑫在治疗室内安装通排风装置，治疗室通风采用上进风下排风设计，并成空间对角分布。设计通风量420m³/h，排风量400m³/h。

（2）本项目设备辐射屏蔽措施

医院拟购买SRT-100型浅层X射线治疗系统，该设备固有安全措施如下：

①内部、外部联锁浅层X射线放射治疗系统采用大量内部联锁和外部联锁，以避免在可能对患者或操作者造成风险情况下进行操作，或对设备本身造成破坏。设备自带以下联锁装置：

限束器联锁：避免X射线放射，除非安装了限束器或RAD检查探测器。

冷却液流联锁：如果流入或流出X射线管头端的冷却液流速小于2.3升/每分钟），避免X射线操作。

冷却液液位联锁：如果冷却液液位太低，设备不能启动，避免照射。

冷却液温度联锁：如果冷却液温度升至42℃以上，设备不能启动，避免X射线操作。

外部联锁：设置两个单独的联锁电路与治疗室2个防护门联锁，在门打开的情况下，阻止或停止X射线操作。治疗室设置有从室内开启治疗室门的紧急开门装置，按下开门开关，防护门打开，系统立即停止出束，且防护门有防挤压功能。

表 10-4 浅层 X 射线放射治疗系统设置与标准对照分析

与《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020）有关规定对照分析			
项目		本项目情况	分析结论
空间、通风要求	放射治疗机房应有足够的有效使用空间，以确保放射治疗设备的临床应用需要。	浅层 X 治疗室内有效使用面积为 18.5m²（4.7m×3.94m），有足够有效使用空间。	符合
	放射治疗机房应设置强制排风系统进，风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于 4 次/h。	治疗室设置有通排风装置，治疗室通风采用上进风下排风设计，并成空间对角分布。设计通风量 420m³/h，排风量 400m³/h，每小时至少抽排 6 次，满足要求。	符合
屏蔽要求	治疗机房（不包括移动式电子加速器治疗机房）墙和入口门外 30cm 处（关注点）的周围剂量当量率应不大于所确定的周围剂量当量率参考控制水平。	经“表 11 环境影响分析”预测，浅层 X 射线治疗室各关注点外表面 30cm 处的周围剂量率均远小于所确定的周围剂量当量率参考控制水平。屏蔽能力满足要求。	符合
	在治疗机房上方已建拟、建二层建筑物或在	经“表 11 环境影响分析”预测，浅	符合

	治疗机房旁邻近建筑物的高度超过自辐射源点至机房顶内表面边缘所处立体角区域时，距治疗机房顶外表面 30cm 处，或在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，周围剂量当量率参考控制水平同上。	层 X 射线治疗室顶棚上 30cm 处的剂量率远小于所确定的周围剂量当量率参考控制水平。屏蔽能力满足要求。	
联锁装置	放射治疗设备都应安装门机联锁装置或设施，治疗机房应有从室内开启治疗机房门的装置，防护门应有防挤压功能。	治疗室设置有从室内开启治疗室门的装置，按下开门开关，防护门打开，系统立即停止出束，且防护门有防挤压功能。	符合
标志	医疗机构应当对下列放射治疗设备和场所设置醒目的警告标志：a）放射治疗工作场所的入口处，设有电离辐射警告标志；b）放射治疗工作场所应在控制区进出口及其他适当位置，设有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	操作室入口处设置有电离辐射警告标志，治疗室防护门上设置工作警示灯。	符合
急停开关	放射治疗设备控制台上应设置急停开关，除移动加速器机房外，放射治疗机房内设置的急停开关应能使机房内的人员从各个方向均能观察到且便于触发。通常应在机房内不同方向的墙面、入口门内旁侧和控制台等处设置。	设备操作控制台和主机自带急停开关，同时治疗室四周墙壁和控制室墙壁上各设有急停按钮 1 个，治疗室内防护门处设置门行程开关。	符合
视频监控、对讲交流系统	操作室应设有在实施治疗过程中观察患者状态、治疗床和迷路区域情况的视频装置；还应设置对讲交流系统，以便操作者和患者之间进行双向交流。	治疗室内设置视频监控及对讲交流系统，以便辐射工作人员和患者之间进行交流。	符合
与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)有关规定对照分析			
	标准要求	**本项目情况**	**分析结论**
屏蔽要求	6.1.1 放射治疗室屏蔽设计应按照额定最大能量、最大剂量率、最大工作负荷、最大照射野等条件和参数进行计算，同时应充分考虑所有初、次级辐射对治疗室邻近场所中驻留人员的照射。	本项目系统出束方向为朝下，经 11 章节预测，治疗室四周墙体、防护门、观察窗、顶棚及地面屏蔽满足漏射线及散射的屏蔽要求。	符合
	6.1.3 管线穿越屏蔽体时应采取不影响其屏蔽效果的方式，并进行屏蔽补偿。 应充分考虑防护门与墙的搭接，确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。	电缆沟与通风管道穿墙采用 Z 型或 U 型穿墙，且均采用 3mm 铅皮包裹，可确保满足屏蔽体外的辐射防护要求。	符合
安全防护设施和措施要	6.2.1 放射治疗工作场所，应当设置明显的电离辐射警告标志和工作状态指示灯等；	治疗室防护门外设置有工作警示灯和电离辐射警告标志，指示灯箱上设有“射线有害，灯亮勿入”的警示标语，并设有门灯联锁，治疗室门关闭开始出束照射，警示灯亮	符合

求		起。	
	6.2.3 放射治疗相关的辐射工作场所，应设置防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全联锁措施。	治疗室设置有从室内开启治疗室门的装置，按下开门开关，防护门打开，系统立即停止出束，且防护门有防挤压功能。设备主机、操作控制台、控制室和治疗室四周墙壁上设有急停开关。	符合
操作的辐射安全与防护要求	7.1 医疗机构应对辐射工作场所的安全联锁系统定期进行试验自查，保存自查记录，保证安全联锁的正常有效运行。	设备投入使用后，医院拟完善辐射防护设施措施维护维修制度，确保辐射防护设施措施正常运行。	符合
	7.2 治疗期间，应有两名及以上人员协调操作，认真做好当班记录，严格执行交接班制度。	本项目配备 2 名辐射工作人员，其中物理师 1 名、技师 1 名，严格执行交接班制度。	符合
通风要求	8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统，采取全排全送的通风方式,换气次数不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的过道等位置。	治疗室设置有通排风装置，治疗室通风采用上进风下排风设计，并成空间对角分布。设计通风量 420m^3/h，排风量 400m^3/h，每小时至少抽排 6 次，满足要求。	符合

由辐射防护分析对照表可知，本项目浅层X射线治疗室能够满足《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)对治疗室屏蔽设计的要求。

10.1.4 环保设施及投资分析

为了保证射线装置利用项目工作安全持续开展，建设必要的环保设施，配置监测仪器和个人防护用品。具体环保设施及投资见表10-5。

今后在实践中应根据国家发布的法规内容，结合医院的实际情况，及时补充必要的设施、设备，使之符合国家法规和满足实际需要。

表 10-5　本项目环保投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	金额（万元）
辐射屏蔽措施	机房墙体、铅门、铅玻璃、铅板的安装施工。	1 间	40
废气处理	通排风系统	1 套	3
废水处理	生活污水依托医院现有污水处理设施处理	/	0
固废处理	依托医院现有生活垃圾收集设施收集，医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。	/	0

	医疗废物收集桶	2个	0.01
监测仪器	X-γ辐射监测仪器	1台	3
	个人剂量计	2个	/
	便携式个人剂量报警仪	2台	0.1
个人防护用品	受检者配备0.5mmPb辐射防护铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶防护裙等个人防护用品成人和儿童各1套	2套	0.8
监测	委托第三方机构编制辐射项目环境影响报告并开展监测	/	6.37
	委托第三方机构常规监测和自主环境保护竣工验收监测		
	其他设备性能、机房防护等检测评价		
人员培训	辐射安全与防护培训、岗位培训等	/	0.2
安全装置	视频监控和对讲系统	1套	2
	治疗室内设开门装置	2套	0.1
	防护门设门机、门灯联锁装置，防护门上方设工作状态指示灯	2套	0.5
	设备自带两个急停按钮分别位于主机和控制台处	/	/
	治疗室内墙壁和控制室墙壁设有急停按钮	1套	1
警示标识、制度上墙	防护门设置电离警示标识、两区划分	/	0.3
	辐射相关规章制度上墙	/	
合计			57.38

本项目总投资约435万元，环保投资约57.38万元，占总投资的13.19%。

10.2 三废的治理

1、废气治理措施

项目浅层X射线治疗机运行时X射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

本项目共设置1套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通排风由风管采用U型穿墙进出，通风管道防护采用3mm厚铅板包裹，风管接口处做防辐射处理，机房的设计送风量420m³/h，设计排风量为400m³/h。

本项目机房的进风口位于机房东北侧上方、出风口位于机房西南侧下方，呈对角上进下出设置，设计送风量420m³/h，设计排风量为400m³/h，机房净空体积为51.8m³，考虑风管风阻，通风效率按80%计，则通风次数为400m³/h×80%÷51.8m³≈6次/h，大于4次/h，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）中进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，放射治疗机房内换气次数不少于4次/h的要求。

治疗室内废气经通排风系统排风管道引至楼顶排放，经自然稀释后对周围环境影响较小。

2、废水治理措施

本项目不产生放射性废水及医疗废水。生活污水依托医院现有污水处理系统处理后的废水排入市政污水管网，最终排入昆明市第一水质净化厂。

3、固体废弃物治理措施

本项目 X 射线放射治疗系统运行后不产生放射性固体废物。产生少量非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。

医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

4、噪声治理措施

本项目机房设置独立净化空调机组，通排风系统运行时会产生噪声，排气风机选用低噪音类型设备，噪声值≤50dB(A)，排风、新风(送风)管道上设置有消音器，外机支架上面使用减振器处理，风机噪声通过降噪措施降噪后，经过墙体阻隔和距离衰减后，对周围环境影响不大。

综上所述，医院针对浅层 X 射线治疗室产生的各种污染物采取了有效的污染防治措施。

11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 装修施工的环境影响

本项目位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）内，依托老门诊楼建设，该楼已建设运行多年。本次项目拟将医院现有房间按照施工方案建成符合设计要求的一间浅层X射线治疗室及配套控制室，不新增用地，项目工程量小，施工时间较短。在投入使用前主要的施工主要是拆除并重新修砌部分墙体、门窗开孔、铅板固定及防护门窗安装，根据平面设计进行辐射屏蔽防护安装，内部装修，设备调试运行等，项目工程量小，施工时间较短。在施工过程中有施工噪声、建筑粉尘、建筑垃圾等产生。主要影响如下：

1、大气环境影响分析

在墙体修砌、门窗开孔、原有部分墙体拆除、原有部分门窗封堵、辅助用房装修及浅层X射线治疗室屏蔽防护装修施工会产生少量扬尘、装修废气，但这方面的影响仅局限在医院内部。在装修时通过采用"环保型"油漆及涂料，装修过程中加强通风、保持场所清洁，可将装修废气的影响降至最低，装修废气对周围大气环境影响较小。

本项目工程量较小，施工期大气污染物对项目所在地环境空气质量影响较小，且影响随施工的结束而结束。

2、声环境影响分析

项目位于云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）内，施工期主要为室内装修，同时项目施工噪声影响是暂时的，将随着施工的结束而消失。项目施工对周围声环境影响的时间和强度较小，但必须重视对施工噪声的控制，使用先进的低噪声设备，加强施工管理等，尽量减少施工噪声对周围环境的影响。针对本项目而言，施工期噪声污染防治措施具体有：

①要求施工单位合理安排施工进度和作业时间，对主要噪声设备应采取相应的限时作业，并尽量避开休息时间，22:00~8:00禁止施工作业。

②优先选用低噪声设备，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。

③材料在使用、拆卸、装卸等过程中，应尽可能地轻拿轻放，以免模板相互碰撞

产生噪声。

经采取上述有效措施后，可有效降低本项目施工过程中噪声对周围环境的影响，且施工期只在短时期对局部环境造成影响，待施工结束后这些影响也随着消失，施工期噪声对周围环境不会造成明显的影响。

3、水环境影响分析

本建设项目施工期短，施工人员日常生活会排放少量的生活污水，依托医院已建污水处理站处理后排入市政污水管网，对周围水环境影响较小。

4、固体废物

本项目固体废弃物主要是生活垃圾、包装废弃物及少量建筑垃圾。

施工期生活垃圾及包装废物产生量较小，可依托医院设置的垃圾箱集中收集后由环卫部门定期清运。项目建筑垃圾产生量较小，主要是建筑垃圾、包装袋、包装箱、碎木块、废水泥等；首先对其中可回收利用部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，及时清运至当地部门指定的建筑垃圾堆放场处置；并做好清运工作中的装载工作，防止在运输途中散落。

11.1.2 安装调试阶段环境影响分析

本项目设备的安装调试由设备厂家专业人员进行，安装调试人员持证上岗并采取足够的个人防护措施，医院方不得自行安装及调试设备。

在本项目安装调试阶段，加强辐射防护管理，在此过程中保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在治疗室门外设立辐射警示标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入治疗室所在区域，防止辐射事故发生。人员离开时治疗室必须上锁并派人看守。由于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周围环境的影响较小。

设备调试阶段会有 X 射线产生，应保障调试人员的防护，做好周围人员疏导管理工作，避免无关人员的误照射。设备调试阶段结束，则上述影响随之结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目拟购置 1 台 SRT-100 型 X 射线放射治疗系统，安装于 2 号楼负 1 层放射治疗室内使用，SRT-100 型 X 射线放射治疗系统的技术参数为：最大管电压 100kV，最大管电流 10mA，包含 3 种治疗模式：50kV/10mA、70kV/10mA、100kV/8mA，有用线

束方向朝下，项目运行时主要环境影响因素为X射线放射治疗系统工作时产生的X射线，包含主射线、散射线和漏射线，本次环境影响评价将针对三种治疗模式的出束情况分别进行辐射环境影响分析。

11.2.1 关注点位设置

根据设备出束特性、工作场所平面布局以及周围环境实际情况选择关注点，本项目评价范围为场所实体屏蔽物边界外50m，根据X射线源与距离的平方反比定律，辐射剂量随距离增加呈反比衰减，故本次辐射剂量预测关注点为治疗室四周屏蔽墙外30cm、正上方距顶棚30cm，治疗室下方为土层屏蔽，辐射剂量可忽略。由于射线装置可移动，本次距离按治疗床到各墙体最近距离计。

根据浅层X射线放射治疗系统辐射工作场所平面布局，本次预测关注设置情况如下：

表 11-1　关注点位一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	备注
1	a	南侧墙外30cm处，（即院内道路）	1/16	偶然居留，取典型值1/16
2	b	西侧墙外30cm处，（即示教会议室）	1/4	部分居留，取典型值1/4
3	c	北侧墙外30cm，（即大厅）	1/4	部分居留，取典型值1/4
4	d	北侧铅门30cm，（即大厅）	1	部分居留，取典型值1/4
5	e	东侧墙外30cm处，（即控制室）	1	全居留
6	f	东侧观察窗外30cm，（即控制室）	1	全居留
7	g	东侧铅门外30cm处，（即控制室）	1	全居留
8	h	治疗室顶棚上方30cm处，（即审方室、耗材室）	1	全居留

备注：
1.本项目射线装置有用线束朝下，治疗室四周屏蔽体及顶棚均受到散射辐射及泄漏辐射照射；
2.不同场所与环境条件下的居留因子取值按照《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）附录A选取。

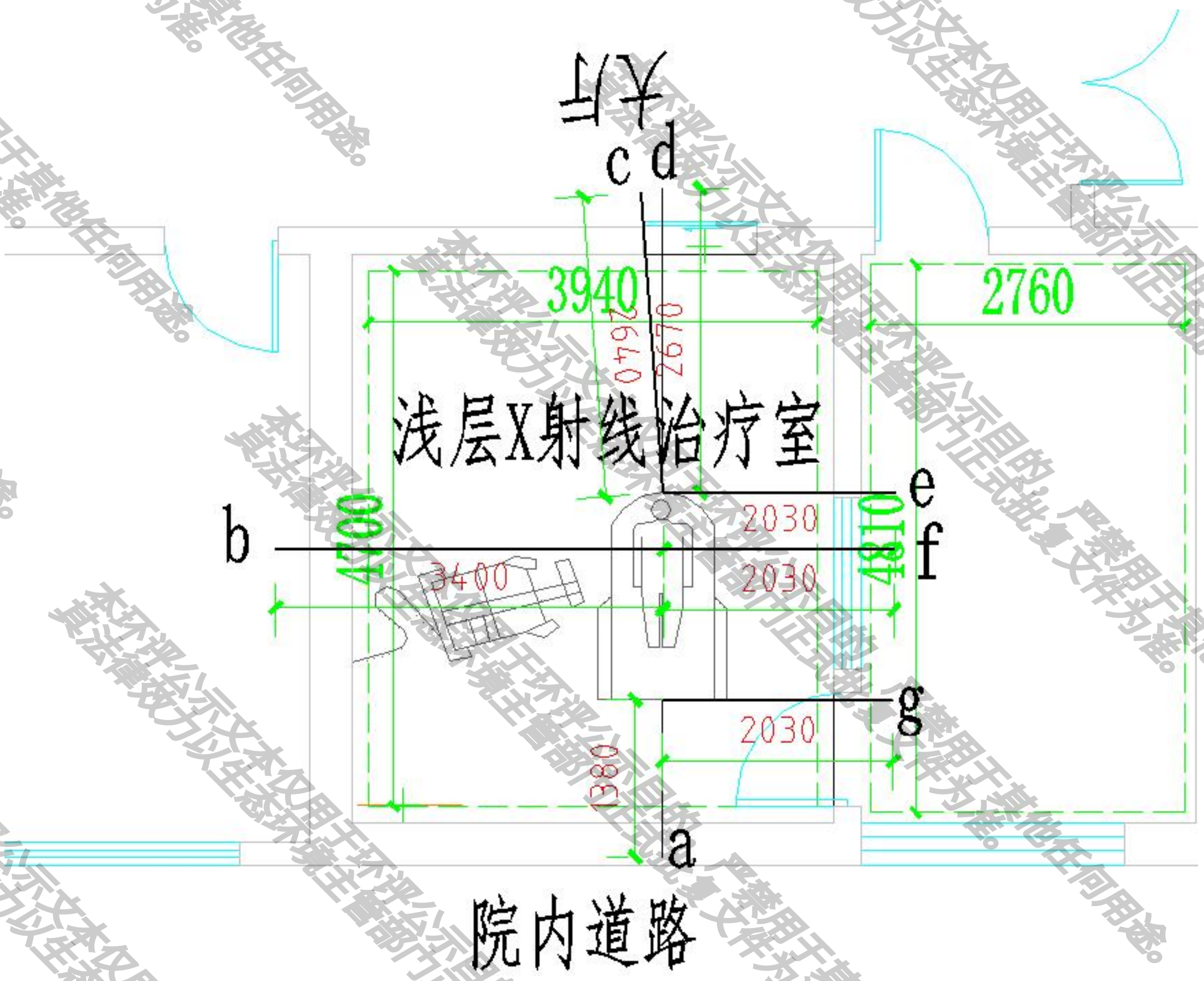

图 11-1　治疗室各关注点位置图

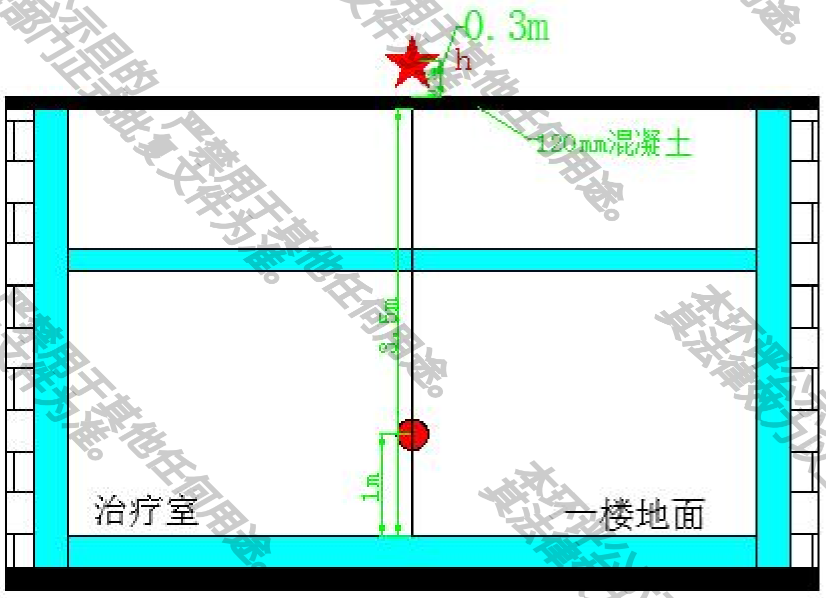

图 11-2　浅层 X 射线治疗室楼上楼下关注点位置图

根据浅层 X 射线治疗室外各关注点位置，浅层 X 射线放射治疗系统可移动范围为

患者床，以患者床为设备移动边界确定各关注点距离见表 11-2。

表 11-2　各关注点距离

编号	关注点位置	靶距关注点的距离（m）
a	南侧墙外 30cm 处，（即院内道路）	1.38
b	西侧墙外 30cm 处，（即示教会议室）	3.4
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	2.64
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	3.67
e	东侧墙外 30cm 处，（即控制室）	2.03
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	2.03
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	2.03
h	治疗室顶棚上方 30cm 处，（即审方室、耗材室）	2.92

11.2.2 周围剂量率控制水平

依据《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）中，使用浅层 X 射线放射治疗系统周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平·H，计算见式（11-1）：

$$Hc \leq He/(t \times U \times T) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{（11-1）}$$

式中：*Hc*—周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

He—周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周（μSv/周），其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员：≤100μSv/周；放射治疗机房外非控制区的人员：≤5μSv/周；

t—设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周（h/周）；

U—治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

T—人员在关注点位置的居留因子。

上述导出的剂量率参考控制水平 *Hc* 与按人员居留因子确定的关注点剂量率参考控制水平（人员居留因子 T≥1/2 的场所：*Hc*，max≤2.5μSv/h；人员居留因子 *T*＜1/2 的场所：*Hc*，max≤10μSv/h）相比较，取其较小者为关注点剂量率参考控制水平。

剂量率控制水平见表 11-3。

表 11-3　各关注点剂量率控制水平

关注点	居留因子（T）	使用因子（U）	*He*（μSv/周）	周最大累积照射的小时数（t）	*Hc* 计算值(μSv/h)	*Hc*，max(μSv/h)	*Hc* 最终取值(μSv/h)
a	1/16	1	5	5	16	10	2.5
b	1/4	1	5	5	4	10	2.5
c	1/4	1	5	5	4	10	2.5
d	1/4	1	5	5	4	10	2.5
e	1	1	100	5	20	2.5	2.5
f	1	1	100	5	20	2.5	2.5
g	1	1	100	5	20	2.5	2.5
h	1	1	5	5	1	2.5	1

注：保守考虑，关注点剂量率参考控制水平计算结果大于 2.5μSv/h 时，按照 2.5μSv/h 取值；小于 2.5μSv/h 时，按实际取值。

11.2.3 周围剂量率估算

理论计算公式参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）中有用线束和患者一次散射辐射剂量估算公式。

浅层 X 射线放射治疗系统预期放射治疗工作量：浅层 X 射线放射治疗系统每天最多治疗 20 人次，每周工作 5 天，每人次出束照射时间 3min，则周治疗照射时间 5h/周，年治疗照射时间为 250h/a。

SRT-100 型浅层 X 线放射治疗系统提供三种可选治疗模式，分别为 50kV/10mA、70kV/10mA 和 100kV/8mA。本项目浅层 X 射线治疗设备的主线束方向垂直朝下，对散射辐射的剂量预测考虑患者一次散射辐射，在治疗室四侧，选取有用线束侧向（散射角 90°)的一次散射线能量；在顶面，选取有用线束侧向（散射角 180°)的一次散射线能量。参考《辐射防护手册》（第一分册）公式 7.7 康普顿散射公式，求得各主束能量在 90°、180°散射角下的散射光子能量，计算公式见式 11-2，计算结果见表 11-3，求得的散射能量用于计算屏蔽体的透射屏蔽因子 B。

$$E_\gamma' = \frac{E_\gamma}{1+\frac{E_\gamma}{m_0c^2}(1-cos\theta)} \quad \text{……………………………（式 11-2）}$$

式中：

E_γ—入射光子能量，kV；

E_γ'—散射光子能量，kV；

m_0c^2—是电子的静止能量，约为 0.511MeV；

θ—散射角，取 90°、180°。

表 11-4 主束能量在 90°、180°下的散射能量

主束能量（kV）	散射角（°）	散射能量（kV）
100	90	84
	180	72
70	90	62
	180	55
50	90	46
	180	41

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），有效屏蔽厚度 X_e 与屏蔽厚度 X 关系为：

$$X_e = X \bullet sec\theta \quad (式 11\text{-}3)$$

式中：θ为斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角，本项目斜射角取 0°。

屏蔽厚度 X 与屏蔽透射因子 B 关系为：

$$B = 10^{(-X_{e}+TVL-TVL_1)/TVL} \quad (式 11\text{-}4)$$

式中：TVL_1（mm）和 TVL（mm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，当未指明 TVL_1 时，TVL_1=TVL。本项目 TVL_1=TVL，则式 11-4 可简化为下式：

$$B = 10^{(-X_{e}/TVL)} \quad (式 11\text{-}5)$$

查询《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）表 3.5，屏蔽材料什值层厚度见表 11-5。

表 11-5 屏蔽材料什值层厚度

管电压	屏蔽材料	什值层
100kV（主束）	铅	0.84
	实心砖	104
	混凝土	55
84kV（100kV90°散射）	铅	0.63
	实心砖	82

72kV（100kV180°散射）	混凝土	42
	铅	0.47
70（主束）	铅	0.44
	实心砖	63
	混凝土	30
62kV（70kV90°散射）	铅	0.34
	实心砖	52
55kV（70kV180°散射）	混凝土	17
	铅	0.25
50（主束）、46kV（50kV90°散射）、41kV（50kV180°散射）	铅	0.18
	实心砖	36
	混凝土	13
备注： 1.46kV、41kV 条件下屏蔽材料的什值层厚度取值同 50kV 条件； 2.72kV、70kV、62kV 条件下屏蔽材料的什值层厚度经 100kV、50kV 线性内插法拟合而得。		

本项目治疗室四侧及顶面均受到泄漏辐射、散射辐射，根据表 11-5 各屏蔽物质的什值层厚度，结合项目装修设计方案，由式 11-3、11-5 可计算得到不同辐射能量下各屏蔽物质的屏蔽透射因子，计算结果见表 11-6，各屏蔽体透射因子汇总见表 11-7。

表 11-6 漏射线、散射线屏蔽透射因子计算结果

管电压	屏蔽材料		屏蔽厚度X（mm）	有效屏蔽厚度X_e（mm）	漏射线屏蔽透射因子B		散射线屏蔽透射因子B	
					什值层	B	什值层	B
100kV	东侧	砖	240	240	104	4.92E-03	82	1.18E-03
		铅	1.5	1.5	0.84	1.64E-02	0.63	4.16E-03
	南侧	砖	370	370	104	2.77E-04	82	3.07E-05
		铅	1	1	0.84	6.45E-02	0.63	2.59E-02
	西侧	砖	370	370	104	2.77E-04	82	3.07E-05
		铅	1	1	0.84	6.45E-02	0.63	2.59E-02
	北侧	砖	240	240	104	4.92E-03	82	1.18E-03
		铅	1.5	1.5	0.84	1.64E-02	0.63	4.16E-03
	顶面	混凝土	120	120	55	6.58E-03	42	1.39E-03
		铅	2	2	0.84	4.16E-03	0.47	5.55E-05
	防护门	铅	3.5	3.5	0.84	6.81E-05	0.63	2.78E-06
	观察窗	铅	3.5	3.5	0.84	6.81E-05	0.63	2.78E-06
70kV	东侧	砖	240	240	63	1.55E-04	52	2.42E-05
		铅	1.5	1.5	0.44	3.90E-04	0.34	3.87E-05

	南侧	砖	370	370	63	1.34E-06	52	7.67E-08
		铅	1	1	0.44	5.34E-03	0.34	1.15E-03
	西侧	砖	370	370	63	1.34E-06	52	7.67E-08
		铅	1	1	0.44	5.34E-03	0.34	1.15E-03
	北侧	砖	240	240	63	1.55E-04	52	2.42E-05
		铅	1.5	1.5	0.44	3.90E-04	0.34	3.87E-05
	顶面	混凝土	120	120	30	1.00E-04	17	8.73E-08
		铅	2	2	0.44	2.85E-05	0.25	1.00E-08
	防护门	铅	3.5	3.5	0.44	1.11E-08	0.34	5.08E-11
	观察窗	铅	3.5	3.5	0.44	1.11E-08	0.34	5.08E-11
50kV	东侧	砖	240	240	36	2.15E-07	36	2.15E-07
		铅	1.5	1.5	0.18	4.64E-09	0.18	4.64E-09
	南侧	砖	370	370	36	5.27E-11	36	5.27E-11
		铅	1	1	0.18	2.78E-06	0.18	2.78E-06
	西侧	砖	370	370	36	5.27E-11	36	5.27E-11
		铅	1	1	0.18	2.78E-06	0.18	2.78E-06
	北侧	砖	240	240	36	2.15E-07	36	2.15E-07
		铅	1.5	1.5	0.18	4.64E-09	0.18	4.64E-09
	顶面	混凝土	120	120	13	5.88E-10	13	5.88E-10
		铅	2	2	0.18	7.74E-12	0.18	7.74E-12
	防护门	铅	3.5	3.5	0.18	3.59E-20	0.18	3.59E-20
	观察窗	铅	3.5	3.5	0.18	3.59E-20	0.18	3.59E-20
备注：1.50kV（主束）对应的46kV、41kV散射能量条件下的屏蔽透射因子取值同主束。								

表 11-7 屏蔽体屏蔽透射因子汇总

管电压	屏蔽材料		漏射线屏蔽透射因子		散射线屏蔽透射因子	
			B	合计	B	合计
100kV	东侧	砖	4.92E-03	8.07E-05	1.18E-03	4.91E-06
		铅	1.64E-02		4.16E-03	
	南侧	砖	2.77E-04	1.79E-05	3.07E-05	7.95E-07
		铅	6.45E-02		2.59E-02	
	西侧	砖	2.77E-04	1.79E-05	3.07E-05	7.95E-07
		铅	6.45E-02		2.59E-02	
	北侧	砖	4.92E-03	8.07E-05	1.18E-03	4.91E-06
		铅	1.64E-02		4.16E-03	
	顶面	混凝土	6.58E-03	2.74E-05	1.39E-03	7.71E-08

		铅	4.16E-03		5.55E-05	
	防护门	铅	6.81E-05	6.81E-05	2.78E-06	2.78E-06
	观察窗	铅	6.81E-05	6.81E-05	2.78E-06	2.78E-06
70kV	东侧	砖	1.55E-04	6.05E-08	2.42E-05	9.37E-10
		铅	3.90E-04		3.87E-05	
	南侧	砖	1.34E-06	7.16E-09	7.67E-08	8.82E-11
		铅	5.34E-03		1.15E-03	
	西侧	砖	1.34E-06	7.16E-09	7.67E-08	8.82E-11
		铅	5.34E-03		1.15E-03	
	北侧	砖	1.55E-04	6.05E-08	2.42E-05	9.37E-10
		铅	3.90E-04		3.87E-05	
	顶面	混凝土	1.00E-04	2.85E-09	8.73E-08	8.73E-16
		铅	2.85E-05		1.00E-08	
	防护门	铅	1.11E-08	1.11E-08	5.08E-11	5.08E-11
	观察窗	铅	1.11E-08	1.11E-08	5.08E-11	5.08E-11
50kV	东侧	砖	2.15E-07	9.98E-16	2.15E-07	9.98E-16
		铅	4.64E-09		4.64E-09	
	南侧	砖	5.27E-11	1.47E-16	5.27E-11	1.47E-16
		铅	2.78E-06		2.78E-06	
	西侧	砖	5.27E-11	1.47E-16	5.27E-11	1.47E-16
		铅	2.78E-06		2.78E-06	
	北侧	砖	2.15E-07	9.98E-16	2.15E-07	9.98E-16
		铅	4.64E-09		4.64E-09	
	顶面	混凝土	5.88E-10	4.55E-21	5.88E-10	4.55E-21
		铅	7.74E-12		7.74E-12	
	防护门	铅	3.59E-20	3.59E-20	3.59E-20	3.59E-20
	观察窗	铅	3.59E-20	3.59E-20	3.59E-20	3.59E-20

11.2.4 关注点周围剂量当量率预测结果

1、泄漏辐射剂量估算公式

泄漏射线辐射剂量率计算参考主射线辐射剂量公式

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B$$

……………………（式 11-6）

式中：H_0—泄漏辐射剂量率，根据《医用 X 射线治疗放射防护要求》（GBZ131-2017）的规定，对 X 射线管额定电压≤150kV，治疗状态下，距 X 射线管焦点 1m 处，泄露辐射空气比释动能率不超过 1.0mGy/h（对于 X 射线，Gy 与 Sv 转换系数取 1）；

H—屏蔽体外关注点的剂量率，单位μSv/h；

R—为关注点距管焦点的距离，单位为 m；

f—取 1；

B—屏蔽透射因子，见表 11-7。

2、散射线辐射剂量率计算参考公式

$$H = \frac{H_0 \bullet \alpha_{ph} \bullet (F/400)}{R_S^2} \bullet B$$

……………（式 11-7）

式中：H0——距 X 射线管焦点 1m 处空气比释动能率，单位为μGy/h（根据厂家提供设备参数说明取值，见附件 13）；

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。α_{ph}（90°)数据查自章仲候主编的《放射卫生学》1985 年版，详见 P185。

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm²，根据设备说明书，取最大治疗头 8×18cm。

Rs—等中心点至关注点距离，m；

B—屏蔽透射因子，见表 11-7。

对于散射线向机房四侧墙体投射的情况，侧散射角保守取 90°；对于散射线向机房顶面投射的情况，因《辐射防护基础》（李星洪编）表 5.12 中无散射角 180°的数据，表中所列散射角中以 135°最接近 180°,故从该表中查取散射角 135°对应的散射因子；散射因子取值如下：

表 11-8 不同侧散射角下的散射因子

散射因子	管电压		
	100kV	70kV	50kV
90°	0.0013	0.0005	0.00035
135°	0.0022	0.0013	0.0010

3、泄漏辐射预测结果

由式 11-6 可计算得 100kV、70kV、50kV 主束的泄漏辐射剂量率，距靶 1m 处的常用最高剂量率 H_0 取 1.0mGy/h，靶点至关注点的距离取值自表 11-2，泄漏辐射剂量率计算结果见表 11-9。

表 11-9 泄漏辐射剂量率估算结果

关注点	点位描述	距靶 1m 处的常用最高剂量率 H_0/μSv/h	*f*	靶点至关注点的距离 R/m	透射因子 B	辐射剂量率 *H*/μSv/h
100kV						
a	南侧墙外 30cm 处，(即院内道路)	1000	1	1.38	1.79E-05	9.40E-03
b	西侧墙外 30cm 处，(即示教会议室)	1000	1	3.4	1.79E-05	1.55E-03
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	1000	1	2.64	8.07E-05	1.16E-02
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	1000	1	3.67	6.81E-05	5.06E-03
e	东侧墙外 30cm 处，(即控制室)	1000	1	2.03	8.07E-05	1.96E-02
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	1000	1	2.03	6.81E-05	1.65E-02
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	1000	1	2.03	6.81E-05	1.65E-02
h	治疗室顶棚上方 30cm 处，（即审方室、耗材室）	1000	1	2.92	2.74E-05	3.21E-03
70kV						
a	南侧墙外 30cm 处，(即院内道路)	1000	1	1.38	7.16E-09	3.76E-06
b	西侧墙外 30cm 处，(即示教会议室)	1000	1	3.4	7.16E-09	6.19E-07
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	1000	1	2.64	6.05E-08	8.68E-06
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	1000	1	3.67	1.11E-08	8.24E-07
e	东侧墙外 30cm 处，(即控制室)	1000	1	2.03	6.05E-08	1.47E-05
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	1000	1	2.03	1.11E-08	2.69E-06
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	1000	1	2.03	1.11E-08	2.69E-06
h	治疗室顶棚上方 30cm 处，（即审方室、耗材室）	1000	1	2.92	2.85E-09	3.34E-07

50kV						
a	南侧墙外30cm处，（即院内道路）	1000	1	1.38	1.47E-16	7.72E-14
b	西侧墙外30cm处，（即示教会议室）	1000	1	3.4	1.47E-16	1.27E-14
c	北侧墙外30cm，（即大厅）	1000	1	2.64	9.98E-16	1.43E-13
d	北侧铅门30cm，（即大厅）	1000	1	3.67	3.59E-20	2.67E-18
e	东侧墙外30cm处，（即控制室）	1000	1	2.03	9.98E-16	2.42E-13
f	东侧观察窗外30cm，（即控制室）	1000	1	2.03	3.59E-20	8.71E-18
g	东侧铅门外30cm处，（即控制室）	1000	1	2.03	3.59E-20	8.71E-18
h	治疗室顶棚上方30cm处，（即审方室、耗材室）	1000	1	2.92	4.55E-21	5.34E-19

4、散射辐射预测结果

项目对治疗室散射线向机房四侧墙体投射的情况进行了分析，保守地取侧散射角为90°,在100kV、70kV、50kV条件下，对应的90°散射能量分别为84kV、62kV、46kV。距靶1m处的常用最高剂量率H0取值自表9-1，散射因子取值自表11-8，散射面积为0.0144m^2，由式11-7可计算得100kV、70kV、50kV主束在90°、180°散射能量下的散射辐射剂量率，散射辐射剂量率计算结果见表11-10。

表11-10 散射辐射剂量率估算结果

关注点	点位描述	距靶1m处的常用最高剂量率 H_0/μSv/h	散射因子α_{ph}	最大治疗野面积F/cm^2	靶点至关注点的距离R/m	透射因子B	辐射剂量率H/μSv/h
100kV							
a	南侧墙外30cm处，（即院内道路）	8.44E+6	0.0013	144	1.38	7.95E-07	1.65E-03
b	西侧墙外30cm处，（即示教会议室）	8.44E+6	0.0013	144	3.4	7.95E-07	2.72E-04
c	北侧墙外30cm，（即大厅）	8.44E+6	0.0013	144	2.64	4.91E-06	2.78E-03
d	北侧铅门30cm，（即大厅）	8.44E+6	0.0013	144	3.67	2.78E-06	8.15E-04
e	东侧墙外30cm处，（即控制室）	8.44E+6	0.0013	144	2.03	4.91E-06	4.71E-03
f	东侧观察窗外30cm，（即控制室）	8.44E+6	0.0013	144	2.03	2.78E-06	2.66E-03

g	东侧铅门外30cm处，（即控制室）	8.44E+6	0.0013	144	2.03	2.78E-06	2.66E-03
h	治疗室顶棚上方30cm处，（即审方室、耗材室）	8.44E+6	0.0013	144	2.92	7.71E-08	3.57E-05
70kV							
a	南侧墙外30cm处，（即院内道路）	8.51E+6	0.0005	144	1.38	8.82E-11	7.09E-08
b	西侧墙外30cm处，（即示教会议室）	8.51E+6	0.0005	144	3.4	8.82E-11	1.17E-08
c	北侧墙外30cm，（即大厅）	8.51E+6	0.0005	144	2.64	9.37E-10	2.06E-07
d	北侧铅门30cm，（即大厅）	8.51E+6	0.0005	144	3.67	5.08E-11	5.78E-09
e	东侧墙外30cm处，（即控制室）	8.51E+6	0.0005	144	2.03	9.37E-10	3.48E-07
f	东侧观察窗外30cm，（即控制室）	8.51E+6	0.0005	144	2.03	5.08E-11	1.89E-08
g	东侧铅门外30cm处，（即控制室）	8.51E+6	0.0005	144	2.03	5.08E-11	1.89E-08
h	治疗室顶棚上方30cm处，（即审方室、耗材室）	8.51E+6	0.0013	144	2.92	8.73E-16	4.08E-13
50kV							
a	南侧墙外30cm处，（即院内道路）	1.013E+7	0.00035	144	1.38	1.47E-16	9.85E-14
b	西侧墙外30cm处，（即示教会议室）	1.013E+7	0.00035	144	3.4	1.47E-16	1.62E-14
c	北侧墙外30cm，（即大厅）	1.013E+7	0.00035	144	2.64	9.98E-16	1.83E-13
d	北侧铅门30cm，（即大厅）	1.013E+7	0.00035	144	3.67	3.59E-20	3.40E-18
e	东侧墙外30cm处，（即控制室）	1.013E+7	0.00035	144	2.03	9.98E-16	3.09E-13
f	东侧观察窗外30cm，（即控制室）	1.013E+7	0.00035	144	2.03	3.59E-20	1.11E-17
g	东侧铅门外30cm处，（即控制室）	1.013E+7	0.00035	144	2.03	3.59E-20	1.11E-17
h	治疗室顶棚上方30cm处，（即审方室、耗材室）	1.013E+7	0.0010	144	2.92	4.55E-21	1.95E-18

4、预测结果分析

根据表 11-9~10 计算结果，对辐射剂量率进行汇总，汇总结果见表 11-11。

表 11-11 关注点辐射剂量率理论估算结果汇总

关注点	点位描述	漏射辐射剂量率 H/μSv/h	散射辐射剂量率 H/μSv/h	合计	剂量率控制水平(μSv/h）	是否符合要求
100kV						
a	南侧墙外 30cm 处,(即院内道路)	9.40E-03	1.65E-03	1.11E-02	2.5	符合
b	西侧墙外 30cm 处，(即示教会议室)	1.55E-03	2.72E-04	1.82E-03	2.5	符合
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	1.16E-02	2.78E-03	1.44E-02	2.5	符合
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	5.06E-03	8.15E-04	5.88E-03	2.5	符合
e	东侧墙外 30cm 处，（即控制室）	1.96E-02	4.71E-03	2.43E-02	2.5	符合
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	1.65E-02	2.66E-03	1.92E-02	2.5	符合
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	1.65E-02	2.66E-03	1.92E-02	2.5	符合
h	治疗室顶棚上方 30cm 处，（即审方室、耗材室）	3.21E-03	3.57E-05	3.25E-03	1	符合
70kV						
a	南侧墙外 30cm 处,(即院内道路)	3.76E-06	7.09E-08	3.83E-06	2.5	符合
b	西侧墙外 30cm 处，(即示教会议室)	6.19E-07	1.17E-08	6.31E-07	2.5	符合
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	8.68E-06	2.06E-07	8.89E-06	2.5	符合
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	8.24E-07	5.78E-09	8.30E-07	2.5	符合
e	东侧墙外 30cm 处，（即控制室）	1.47E-05	3.48E-07	1.50E-05	2.5	符合
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	2.69E-06	1.89E-08	2.71E-06	2.5	符合
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	2.69E-06	1.89E-08	2.71E-06	2.5	符合
h	治疗室顶棚上方	3.34E-07	4.08E-13	3.34E-07	1	符合

	30cm 处，（即审方室、耗材室）					
50kV						
a	南侧墙外 30cm 处,（即院内道路）	7.72E-14	9.85E-14	1.76E-13	2.5	符合
b	西侧墙外 30cm 处，（即示教会议室）	1.27E-14	1.62E-14	2.89E-14	2.5	符合
c	北侧墙外 30cm，（即大厅）	1.43E-13	1.83E-13	3.26E-13	2.5	符合
d	北侧铅门 30cm，（即大厅）	2.67E-18	3.40E-18	6.07E-18	2.5	符合
e	东侧墙外 30cm 处，（即控制室）	2.42E-13	3.09E-13	5.51E-13	2.5	符合
f	东侧观察窗外 30cm，（即控制室）	8.71E-18	1.11E-17	1.98E-17	2.5	符合
g	东侧铅门外 30cm 处，（即控制室）	8.71E-18	1.11E-17	1.98E-17	2.5	符合
h	治疗室顶棚上方 30cm 处，（即审方室、耗材室）	5.34E-19	1.95E-18	2.48E-18	1	符合

由表 11-11 可知，SRT-100 型浅层 X 线放射治疗系统工作状态下，X 射线辐射剂量率预测值均小于剂量率参考控制水平，表明本项目浅层治疗机房屏蔽防护设计满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

5、职业人员与公众人员年有效剂量

本项目浅层 X 射线放射治疗系统一年工作负荷不超过 5000 例，每次出束时间最长为 3min，则年工作时间为 250h。

关注点人员的有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$H = Dr \bullet T \bullet t \bullet U \quad \text{……………………（式 11-8）}$$

式中：

H—年有效剂量当量，Sv；

Dr—周围剂量当量率，Sv/h；

t—年受照时间，h/a；

T—居留因子；

U—使用因子取 1。

根据表 11-11 相关辐射工作人员预计受照年有效剂量按照观察窗外 30cm 处的剂量率（保守取工况最大 100kV、8mA 时，治疗室四周最大剂量率进行估算），本居留因子取 1，职业人员与公众年有效剂量估算详见表 11-12。

表 11-12　职业人员与公众年有效剂量估算表

主要环境保护目标：环境因子	主要环境保护目标：人员类别	方位	位置及人员	对应关注点	居留因子	关注点剂量率（μSv/h）	年受照时间（h）	年受照剂量（mSv）	保护要求（mSv/a）	有效剂量分析
X 射线	职业人员	浅层 X 射线治疗室东侧	控制室的职业人员	f	1	1.92E-02	250	4.80E-03	5	满足
	公众	浅层 X 射线治疗室西侧	示教会议室 诊室 预留用房 停车场	b	1	1.82E-03	250	4.55E-04	0.1	满足
		浅层 X 射线治疗室东侧	医生办公室 护士办公室 实验室预留用房 房管局职工楼	f	1	1.92E-02	250	4.80E-03	0.1	满足
		浅层 X 射线治疗室南侧	院内道路 院外道路 国防印刷厂宿舍	a	1	1.11E-02	250	2.78E-03	0.1	满足
		浅层 X 射线治疗室北侧	放免实验室 院内道路 监控室 预留用房 诊室 库房 省计划生育研究所	c	1	1.44E-02	250	3.60E-03	0.1	满足
		治疗室上方	审方室 耗材室 2~5 层	h	1	3.25E-03	250	8.13E-04	0.1	满足

根据表 11-12 可得，本项目正常运行时，职业人员受照年有效剂量约为 4.80×10^{-3}mSv，公众受照剂量年有效剂量最大为 4.80×10^{-3}mSv，满足本次评价职业照射

和公众照射的剂量约束值从严执行要求，即：职业照射个人受照剂量管理限值取不超过 5mSv/a；公众照射个人受照剂量管理限值取不超过 0.1mSv/a。由此可知，经治疗室机房实体屏蔽防护后，本项目拟建射线装置运行后对本次评价 50m 范围内环境保护目标的环境影响较小。

11.2.3 叠加影响分析

根据医院提供的资料，本项目辐射工作人员除操作本项目设备外，仍从事其他辐射工作。根据建设单位提供的 2025 年辐射工作人员年有限剂量检测报告，本项目 2 名辐射工作人员 2025 年个人剂量监测最大值为 0.78mSv/a。根据计算，本项目对工作人员预计受照年有效剂量约为 4.8×10^{-3}mSv，考虑最不利因素，以 2025 年本项目辐射工作人员年有效剂量监测最大值与本项目计算值进行叠加，则本项目辐射工作人员最大年有效剂量率约为 0.7848mSv（4.8×10^{-3}mSv/a+0.78mSv/a），未超过管理限值 5mSv/a 要求。

11.2.4 大气环境影响分析

项目浅层 X 射线治疗机运行时 X 射线会与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等有害气体。

本项目共设置 1 套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通排风由风管采用 U 型穿墙进出，通风管道防护采用 3mm 厚铅板包裹，风管接口处做防辐射处理，机房的设计送风量 420m³/h，设计排风量为 400m³/h。

本项目机房的进风口位于机房东北侧上方、出风口位于机房西南侧下方，呈对角上进下出设置，设计送风量 420m³/h，设计排风量为 400m³/h，机房净空体积为 51.8m³，考虑风管风阻，通风效率按 80%计，则通风次数为 400m³/h×80%÷51.8m³≈6 次/h，大于 4 次/h，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）中进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。

治疗室内废气经通排风系统排风管道引至楼顶排放，经自然稀释后对周围环境影响较小。

11.2.5 水环境影响分析

本项目不产生放射性废水及医疗废水。生活污水依托医院现有污水处理系统处理

后的废水排入市政污水管网，最终排入昆明市第一水质净化厂处理，对周围环境影响较小。

11.2.6 声环境影响分析

本项目机房设置独立净化空调机组，通排风系统运行时会产生噪声，排气风机选用低噪音类型设备，噪声值≤50dB(A)，排风、新风(送风)管道上设置有消音器，外机支架上面使用减振器处理，风机噪声通过降噪措施降噪后，经过墙体阻隔和距离衰减后，对周围环境影响不大。

11.2.7 固体废物环境影响分析

本项目 X 射线放射治疗系统运行后不产生放射性固体废物。产生少量非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。

医护人员产生的生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条：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、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-13。

11-13　辐射事故等级划分表

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

11.3.2 辐射事故影响分析

（1）辐射事故类型

本项目使用的浅层 X 射线放射治疗系统属于Ⅱ类射线装置。对于 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的事故，只有当设备开机时才会产生X射线等危害因素。本项目为隔室操作，按照操作规程、辐射防护管理要求等规定在出束状态下，辐射工作人员禁止进入浅层X射线放射治疗系统机房。本项目X射线能量不大，曝光时间都比较短，事故情况下，人员误入或误照射情况下，可能导致人员受到超过年剂量限值的照射。

本项目主要存在事故工况：

工况1：X射线装置安全联锁装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的X射线装置机房受到外照射。

工况2：X射线装置联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关紧的情况下出束，对门外人员造成的误照射。

（2）事故影响分析

本项目浅层X射线放射治疗系统在对患者开机治疗时，保守取100kV、8mA条件，根据公式11-7计算出距源点1m处散射辐射空气比释动能为$3.95×10^3$μSv/h。距源点1m处泄漏辐射空气比释动能为$1.0×10^3$μSv/h。则距设备1m处散射辐射与泄露辐射空气比释动能总和$4.95×10^3$μSv/h，与源点不同距离上X射线剂量率可由下式估算。

$H=H_0/R^2$……………………（式11-9）

式中：

H—距焦点R处的X射线的吸收剂量率（Gy/min）；

Ho—距焦点1m处泄露辐射空气比释动能率，为$4.95×10^3$μSv/h;

R—估算点与设备焦点的距离，m。

$E=H·WT·WR·T$……………………（式11-10）

式中：

E－受照人员的有效剂量

WT－组织权重因数，本项目取1;

WR－辐射权重因数，本项目取1。

根据（式11-9）和（式11-10），将与浅层X射线放射治疗系统源点不同距离的X射线吸收剂量的估算结果列于表11-14。

表 11-14　事故情况下不同距离不同受照时间所致人员剂量　单位：mSv

与源点距离 受照时间	10s	30s	1min	2min	3min	备注
1m	0.014	0.041	0.083	0.165	0.248	工况 1
1.5m	0.006	0.018	0.037	0.073	0.110	
2m	0.003	0.010	0.021	0.041	0.062	
2.67m	0.005	0.015	0.031	0.062	0.093	工况 2（病人通道门）
2.03m	0.007	0.020	0.041	0.081	0.122	工况 2（医生通道门）

安全联锁装置失效，X 射线持续出束，防护门打开，公众人员误入浅层 X 射线治疗室，误照射照时间 3min 时，受照剂量约为 0.248mSv。高于《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198—2021）公众照射的剂量约束值不超过 0.1mSv/a 要求，构成一般辐射事故。

②不同事故情况下人员受到超年剂量限值曝光时间

本项目可能发生的两种事故工况：

工况 1：X 射线装置安全联锁装置发生故障状况的情况下，人员误入正在运行的 X 射线装置机房受到外照射。保守取受照人员与射线源点距离为 1m。

工况 2：X 射线装置联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关紧的情况下出束，对门外公众人员造成的误照射。保守取受照人员与射线源点距离为 2.67m，对门外职业人员造成的误照射。保守取受照人员与射线源点距离为 2.03m，。

按公式（11-9）、公式（11-10），本项目工作人员和公众在不同事故情况下受到超年剂量限值曝光时间的计算见下表 11-15。

表 11-15 不同事故情况下人员受到超年剂量限值曝光时间

人员	与射线束之间最近距离	防护情况	工况	年剂量限值	曝光时间	备注
公众	1m	无防护	100kV、8mA	0.1mSv	1.21min	工况 1
公众	2.67m	无防护	100kV、8mA	0.1mSv	3.24min	工况 2
职业人员	2.03m	无防护	100kV、8mA	5mSv	123min	工况 2
说明：以正常工作时最大管电压 100kV、最大管电流 8mA 进行计算。						

从表 11-15 估算结果可以看出：

事故工况 1 情况，公众误入，在机房内与射线源点距离为 1m，受照射时间达到

1.21min 时所致剂量为 0.1mSv，达到公众年剂量限值，可造成公众超剂量照射；

事故工况 2 情况，X 射线装置联锁装置出现故障，在屏蔽门没有关紧的情况下出束，对门外人员造成的误照射。保守取受照公众人员与射线源点距离为 2.67m，受照射时间达到 3.24min 时所致剂量为 0.1mSv，达到公众年剂量限值，可造成职业人员超剂量照射，保守取受照人员与射线源点距离为 2.03m，受照射时间达到 123min 时所致剂量为 5mSv，达到职业年剂量限值，可造成职业人员超剂量照射。

《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案（2022 年修订）》（云环发[2022]4 号）规定：根据辐射事故的性质、程度、可控性和影响范围等因素，将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本建设项目可能发生的事故“属于放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超年剂量限值的照射”，为一般辐射事故。

11.3.3 辐射事故防范

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，使辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

（1）工作人员必须严格按照浅层 X 射线放射治疗系统操作程序进行操作，确定治疗室内工作人员及病人家属均离开治疗室后方可出束，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射。

（2）制定经常性自检制度，如发现控制系统不够完善或失灵，立即维护、修复。

（3）严格按照监督区、控制区划分要求，禁止无关人员进入控制区，提醒其他人员勿在监督区逗留，严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如果辐射水平监测结果表明防护墙外辐射水平偏高，则需进行整改，整改至监测合格后方可继续投入使用。

（4）严格按照操作规程操作设备，设备自带两个急停按钮分别位于主机和控制台处，同时治疗室内各墙壁和控制室墙壁设有急停按钮，一旦发生事故情况，治疗室内人员或操作室工作人员可第一时间按下急停开关，停止出束。

11.3.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的规定，对可能发生的辐射事故，制定应急方案。医院制定了《辐射事故应急预案》，医院应在以后辐射工作开

展过程中定期进行应急演练，发现问题及时进行整改。一旦发生辐射事故，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。医院应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

医院在落实本次环评提出的环境事故风险防范措施，并落实辐射事故应急预案中提出的各项应急措施和设施的前提下，本项目辐射事故影响可控制在可接受水平内。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》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 名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

云南大学附属医院根据辐射安全管理需求，成立了“医院辐射安全管理委员会”，并于 2022 年以“院发[2022]31 号”对委员会成员进行了更新调整，明确了委员会成员，由刘海任委员会主任，办公室设在医务部，医务部汪睿兼任办公室主任，核医学科贾莉兼任委员会秘书，并规定管理委员会领导小组职责及相关责任人。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

1、人员配置

①本项目共涉及辐射工作人员 2 名，均为医院原有辐射工作人员。已按要求佩戴了个人剂量计，每 90 天委托有资质单位进行个人剂量监测，并已建立个人记录收发记录和个人剂量档案；辐射工作人员应每两年委托相关资质单位进行职业健康检查，建立职业健康档案。

②医院已委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由医院负责辐射工作人员个人剂量档案管理，个人剂量档案终生保存。

③医院已委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，包括射线机房的各面屏蔽墙和防护门等，环评要求医院每年应按时向辐射安全许可证发证机关提交本院的射线装置的安全和防护状况评估报告。

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医院应积极组织人员参加生态环境部辐射安全与防护培训平台的培训学习，并按时再培训。

②个人剂量档案管理人员应将每 90 天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。

12.3 辐射工作人员考核学习

本项目拟配置 2 名辐射工作人员，均为原有辐射工作人员，已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，成绩单在有效期内。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)和《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)，环评要求建设单位应在证书到期前组织人员在生态环境部辐射与防护培训平台（http://fushe.mee.gov.cn/）报名学习，并参加云南省生态环境厅组织的现场考核。

12.3 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年版）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）和《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）的相关管理要求，使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置工作场所的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。并根据《云南省生态环境厅关于印发<云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）>和<云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查技术程序（2021 年版）>的通知》（云环通[2021]227 号）和《生态环境部（国家核安全局）核技术利用项目监督检查技术程序》（2020 年发布版）的相关要求，建设单位承诺在本项目运营之前完善相应的管理制度。

根据《云南省生态环境厅关于印发<云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）的相关要求，将其与医院管理制度现状列于表 12-1 中进行对照分析。

表 12-1 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		制度制定	备注
1	综合管理	辐射防护和安全保卫制度	已制定	需把本项目纳入管理
2		安全操作规程	未制定	医院需补充
3		设备检修维护制度	已制定	需把本项目纳入管理
4		辐射安全管理机构设置（设置文件）	已制定	需把本项目纳入管理
5		场所设施退役（报废）管理制度	已制定	需把本项目纳入管理
6		放射源使用管理登记制度	/	本项目不涉及

7		非密封放射性物质管理制度	/	本项目不涉及
8		射线装置管理制度	已制定	需把本项目纳入管理
9	监测	监测方案	已制定	需把本项目纳入管理
10		监测仪器检验与刻度管理	已制定	需把本项目纳入管理
11	人员管理	辐射工作人员资质管理	已制定	需把本项目纳入管理
12		辐射工作人员岗位职责管理	已制定	需把本项目纳入管理
13		辐射工作人员健康管理制度	已制定	需把本项目纳入管理
14		辐射工作人员个人剂量管理	已制定	需把本项目纳入管理
15		辐射工作人员培训制度	已制定	需把本项目纳入管理
16	事故应急	辐射事故应急管理制度及方案	已制定	需把本项目纳入管理，并细化完善
17	废物管理	闲置（废弃）放射源及其他放射性废物处置管理制度	/	本项目不涉及

建设单位需在医院辐射安全管理委员会组织下及时补充制定和修订上述各项规章制度，明确各科室人员责任，并严格落实。辐射安全管理委员会还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建设单位应在辐射工作场所内将相关制度进行张贴上墙。

医院经修改完善相应规章制度和环评要求后符合《云南省生态环境厅关于印发<云南省核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲（2021 年版）的相关要求。

12.5档案管理

建设单位应对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。

12.6 辐射监测

12.6.1 监测要求

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪

器。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人剂量监测、工作场所及周围环境监测要求如下：

12.6.2 个人剂量监测

建设单位应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，保证所有辐射工作人员在进行辐射工作时专人佩戴，每 90 天定期送有资质单位检测个人剂量，并建立个人剂量健康档案（信息包括：个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，建设单位应当将个人剂量档案终身保存）。同时对检测结果及时分析，若检测结果存在超过个人剂量约束值的情况，应及时查明原因，及时解决。

评价要求：工作人员应正确佩戴个人剂量计，建设单位应定期送检，所有辐射工作人员个人剂量计佩戴及送检时间不得超过 90 天。

本项目配置 2 名辐射工作人员，共需配备个人剂量计 2 套。

12.6.3 工作场所辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、便携式辐射监测仪等，定期对项目中涉及的设备四周屏蔽措施进行检查；同时接受生态环境部门开展的辐射环境监督（监测）检查，监测数据、监测结果编入《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并评价是否满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ121-2020）标准要求，后上报辐射安全许可证发证机关。

（1）企业自行监测

建设单位需利用自备的辐射剂量监测仪对工作场所进行定期监测，并建立档案，监测频率不少于 1 次/半年；监测仪器的能量响应范围、响应时间应满足本项目浅层 X 射线治疗机要求；监测仪器应定期进行校准（一般不少于 1 年/次）。

（2）年度监测

建设单位应委托有资质的单位定期（每年常规监测 1 次）对机房周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。监测数据每年年底向生态环境部门上报备案。

（3）监测要求

①监测项目：X-γ辐射剂量率；

②监测频度：年度监测请有资质的单位监测不少于 1 次/年，自主监测建议不少于 1 次/季度；

③监测范围：机房四周屏蔽墙外及各种管道穿墙处，以及机房对应楼上区域等机房周围人员可达区域等；

④监测设备：便携式 X-γ辐射监测仪（对于常规日常监测，医院可自行购买便携式 X-γ辐射监测仪；对于办理辐射安全许可证的延续、更换，则须请有资质单位对辐射工作场所进行监测，并出具监测报告，监测时应特别注意监测仪器的能量响应范围）。

⑤根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）制定监测方案及实施细则；**注：**若标准和技术规范更新需根据更新后的标准制定监测方案和细则；

⑥监测仪器每年经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，并对仪器进行校验；

⑦监测人员需持有核技术利用培训合格证书；

⑧监测时获取足够的数据量，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；

⑨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，以备检查；

建设单位每年委托有资质的单位对其射线装置的安全和防护状况进行了监测并进行了年度评估，并于每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关提交上一年度的辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.6.4 竣工环境保护验收监测

医院应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环保部公告 2018 年第 9 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行自主验收，建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表 12-2 项目监测计划一览表

项目	位置		监测项目	监测点位	监测频率
自主监测	浅层 X 射线治疗机机房		X-γ辐射剂量率	四周屏蔽墙外人员可达区域 30cm 处、机房楼上 100cm 处、防护门外 30cm 处、穿墙孔洞	每半年自测一次，监测数据记录存档
委托监测	浅层 X 射线治疗机机房	年度监测	X-γ辐射剂量率	四周屏蔽墙外人员可达区域 30cm 处、机房楼上 100cm 处、防护门外 30cm 处、穿墙孔洞	每年监测一次，监测数据记录存档
		辐射安全许可证办理	X-γ辐射剂量率		办理前监测一次
		验收监测	X-γ辐射剂量率		验收前监测一次
		/	个人剂量监测	放射工作人员个人剂量计	委托有资质单位每 90 天监测一次

12.4 辐射事故应急

为了加强对各放射治疗、诊断设备的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了《放射性同位素与射线装置放射突发事件处理应急预案》。

医院成立了辐射事故应急处理领导小组，由副院长担任组长，其他涉及辐射设备科室负责人担任成员。成立了各应急工作小组，明确了各小组组长、成员及职责，应急预案规定了应急处理流程，包括应急处理措施、辐射事故处置程序、预防事故措施、事故报告、善后处理等，内容较全，措施得当，便于操作，在应对辐射事故和突发性事件时基本可行。

该应急预案包括：1、适用范围；2、组织机构及职责；3、应急响应；4、应急保障；5、附则。因此，医院应急预案编制满足《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）有关规定，在本项目完成后，医院应根据本项目建设特点，补充完善应急预案的相关内容。环评建议医院尽快更新辐射事故应急预案，将本项目纳入应急管理。

为使事故发生时能有效应对，医院每年至少须进行一次应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时能熟练、沉着、有效应对，将事故的危害降到最低。

根据《云南省生态环境厅辐射事故应急响应预案》（2022 年修订），本项目可能发生的辐射事故为一般辐射事故。一旦发生辐射事故，事故单位应当立即启动本单位

的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

12.5 建设单位使用类射线装置具备能力分析

根据《关于修改〈放射性同位素与射线装置安全许可管理办法〉的决定》（环保部令第 3 号）及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（生态环境部令第 18 号）的相关管理要求，在本项目运营前应确保具备使用类射线装置的条件，如设置辐射安全与环境保护管理机构、制定辐射安全管理制度、满足辐射防护的场所、有效的安全防护措施、有效的防护用品及监测仪器，以及人员的个人剂量监测及职业健康体检等。

结合本项目拟采取的辐射防护措施，对医院从事辐射活动能力进行分析评估，并就不足之处提出相应的完善要求。医院使用类射线装置应具备的能力条件与要求的符合性分析见表 12-3。

表 12-3　本项目使用 II 类射线装置应具备的条件及符合性分析一览表

序号	应具备的条件	规定要求	落实情况	报告要求
1	放射性诊疗项目的屏蔽设计	放射性诊疗项目机房建筑（包括辐射防护墙、门、窗）的防护厚度应充分考虑 X 射线直射、散射、漏射效应。	建设单位按照设计单位的设计建造浅层 X 射线治疗室，并请有资质的单位进行防护门的设计、修建，能满足环评需要。	建设单位应按计划认真做好相应的防护工作，做好自行监测。
2	安全联锁	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	在浅层 X 射线治疗室拟设置 2 套工作状态指示灯、门灯联锁装置、警示标志。	建设单位要严格执行相关操作规程、检修、检验工作，定期维护，确保辐射安全。
3	紧急制动装置	在诊断、诊疗室内墙上应安装多个串联并有明显标识的“紧急止动”开关，该开关应与控制台上的“紧急止动”按钮联动。一旦按下按钮，放射性诊疗设备的高压电源被切断。	设备自带两个急停按钮分别位于主机和控制台处，同时治疗室内墙壁和控制室墙壁设有急停按钮，出束时按下任意 1 个急停按钮可立即停止出束。	运营时严格按计划执行，定期维护，确保辐射安全。

4	警示标志	射线装置机房防护门外及与其他公共场所相连接处应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯，控制区边界应设置明显可见的警告标志。	治疗室工作区域拟设置警示标志和工作状态指示灯。	落实控制区、监督区的划分，设置警戒线和警示标志。
5	通风系统	放射性诊疗项目机房内应设置相应换风量的通风系统，使臭氧浓度低于国家标准要求。	治疗室设置有通排风装置，治疗室通风采用上进风下排风设计，并成空间对角分布。设计送风量420m^3/h，排风量400m^3/h，每小时至少抽排6次，满足要求。	定期维护，满足通排风和防护屏蔽要求。
6	管理人员要求	使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	医院已成立了专门的辐射安全防护管理委员会，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，以文件形式明确了各成员的管理职责。	确保有符合要求的辐射安全与环境保护工作管理人员开展这方面的工作。
7	操作人员要求	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	项目涉及的辐射工作人员有2名，均已完成辐射安全与防护培训并取得培训合格证。	辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并参加考核。考核合格后上岗。
8	辐射安全许可证	必须取得省级环境保护行政主管部门颁发的辐射安全许可证。	于2025年4月1日重新办理了辐射安全许可证，证书编号：云环辐证[01348]，有效期至2028年4月16日，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、丙级非密封放射性物质工作场所。	本项目审批完成后，应重新申领《辐射安全许可证》。
9	设备维护	每个月对本项目诊疗设备的配件、机电设备和监测仪器，特别是安全联锁装置，进行检查、维护。	定期对本项目浅层X射线放射治疗系统进行检查、及时维护更换部件。	医院应按计划认真做好相应的防护工作，完善相关制度和记录。
10	个人剂量管理	每名放射性仪器设备的操作人员应配备1个个人剂量计。个人剂量计应编号并定人佩戴，定期送交有资质的检测部	本项目已为辐射工作人员配备了个人剂量计，建立个人剂量档案，并按要求时限进行送检。	严格要求工作人员正确佩戴个人剂量计上岗，每90天定期送检，并对检测结果及时分析，对检测结果存在超过个人

		门进行测量，并建立个人剂量档案。		剂量管理限值的情况及时上报查明原因，及时解决，个人剂量档案应终身保存。
11	档案记录	应建立设备运行、维修、辐射环境监测记录、个人剂量管理及维修记录制度，并存档备查。	建设方已建立辐射设备维护、维修制度、辐射监测方案、个人剂量监测制度，建立了设备运行、维修档案，拟对从事放射工作的工作人员建立个人剂量档案，并定期对其进行个人剂量监测。	医院应及时更新妥善保存相关档案。
12	辐射监测方案	应建立放射性诊疗项目的日常辐射监测方案。	医院已制定《辐射安全监测方案》。	项目运行后每年至少委托有资质的单位进行一次辐射环境监测，建立监测技术档案，监测数据定期上报生态环境主管部门备案。
13	辐射防护安全管理制度	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	目前医院已有健全的岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	医院需制定《浅层 X 射线放射治疗系统安全操作规程》、需落实本项目岗位职责，并将本项目纳入相关制度管理。需落实本项目审批完成后重新修编预案，并定期组织演练;操作制度、应急预案等制度应张贴上墙。
14	废物处理方案	应具有确保项目产生固体废物、废水、废气达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	固体废物和废水具有可行的处理方案，对项目运营过程中产生的废气采用通排风系统排出。	医疗废物应与一般固废和生活垃圾分开收集或处理。
15	辐射事故应急预案	有完善的辐射事故应急措施。	医院制定了辐射事故应急预案	本项目审批完成后重新修编预案，并定期组织演练
16	质量保证	使用放射性同位素和射线装置进行放射诊疗的医疗卫生机构，应当依据国务院卫生主管部门有关规定和国家标准，制定与本单位从事的诊疗项目相适应的质量保证方案。	医院已制定《放射设备质量管理制度》《放射装置质量保证制度》。	医院应遵守质量保证监测规范，按照医疗照射正当化和辐射防护最优化的原则，避免一切不必要的照射，并事先告知患者和受检者辐射对健康的潜在影响。

根据表12-3所述，通过对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（部令第20号，2021年1月4日修改实施）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第18号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第709号，2019年3月2日修正）中关于使用射线装置应具备的条件要求，本项目浅层X射线治疗室屏蔽防护设计满足辐射防护要求，各种辐射防护措施设计较齐全，医院在落实以上各项辐射安全和防护措施以及辐射安全管理措施后，医院将具备使用本项目浅层X射线放射治疗系统的综合能力，具备了《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》使用射线装置的单位申领许可证应具备的条件，具备了使用本次评价1套浅层X射线放射治疗系统（Ⅱ类射线装置）的能力。

表 13 结论与建议

13.1 结论

1、项目概况

本项目拟将老门诊楼 1 层的一间 CT 模拟机房改建为一间浅层 X 射线治疗室及配套附属用房，并购置 1 套 SRT-100 型浅层 X 射线放射治疗系统，最大管电压为 100kV，最大管电流为 10mA，为Ⅱ类射线装置，主要用于皮肤浅层放射治疗。本项目总投资约 435 万元，环保投资约 57.38 万元，占总投资的 13.19%。

2、产业政策符合性及规划符合性结论

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中第十三项"医药"中第 4 款"高端医疗器械创新发展：新型基因、蛋白和细胞诊断设备，新型医用诊断设备和试剂，高性能医学影像设备，高端放射治疗设备，急危重症生命支持设备，人工智能辅助医疗设备，移动与远程诊疗设备，高端康复辅助器具，高端植入介入产品，手术机器人等高端外科设备及耗材，生物医用材料、增材制造技术开发与应用"，属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。

本项目位于昆明市青年路 176 号云南大学附属医院（云南省第二人民医院 云南省眼科医院）老门诊楼 1 层，本项目所在的老门诊楼为已建成的场所，且已运行多年，不新增用地。医院用地性质为医疗卫生用地，因此项目建设符合《五华区国土空间总体规划(2021~2035 年)》。

3、本项目选址及平面布置合理性分析

（1）选址合理性分析

本项目位于老门诊楼 1 层，浅层 X 射线治疗室东侧为控制室，西侧为示教会议室，南侧为院内道路，北侧为大厅，上层为审方室、耗材室，下层为地下土层，浅层 X 射线治疗室四邻及楼上区域不涉及产科、儿科等敏感科室。

老门诊楼未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内，本项目的选址避开儿科病房、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。本项目周围 50m 评价范围内无自然保护区、风景名胜区、学校、名胜古迹等环境敏感点，无明显环境制约因素。浅层 X 射线治疗室进行辐射屏蔽防护设计，通过采取有效屏蔽措施后对周围环境影响较小，所以本项目的选址合理。

（2）项目平面布置合理性分析

本项目位于老门诊楼1层，治疗设备控制室与治疗机房分开设置，实行隔室操作，划分了监督区、控制区、机房采取专门防护手段和安全控制措施，机房有用线束照射方向向下，避开控制室和其他居留因子较大的用室，所以本项目的平面布置合理。

4、实践正当性分析

X射线放射治疗系统SRT-100是用于皮肤病变放射治疗的独立专用设备，是国际公认治疗瘢痕的金标准，可以有效抑制纤维细胞的增生，修复重塑胶原蛋白排列，起到止痒，消炎，阻止瘢痕形成的作用，从而达到无创修复瘢痕的效果。它已获得美国FDA批准用于治疗瘢痕疙瘩和增生性瘢痕，是目前防止瘢痕复发的最佳手段，是瘢痕界一项里程碑的标志。项目在采取屏蔽防护措施后符合相关标准要求，对环境的影响在可接受范围内。本项目的建设可以满足患者的就诊需求，提高医院的诊断治疗能力，促进健康事业发展。因此，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

5、辐射环境质量现状

云南大学附属医院浅层X射线放射治疗设备拟建场所及周围的X-γ辐射剂量率测量值在0.037~0.044μGy/h之间；老门诊楼及医院周围的X-γ辐射剂量率测量值在0.029~0.043μGy/h之间，属于医院X-γ辐射正常水平，本项目拟建场地X-γ辐射剂量率与周围环境辐射水平相当。

6、环境影响评价结论

（1）辐射防护措施有效性结论

对周边环境及人员的辐射影响分析可知，在正常情况下，辐射工作场所周围辐射剂量率水平满足相关标准的要求。

（2）辐射环境影响分析结论

①通过对本项目浅层X射线治疗室的辐射环境影响预测分析，本项目正常运行时，在运行过程中对周围环境中的职业人员和公众的辐射影响均能满足职业人员5mSv/a、公众0.1mSv/a的剂量约束值要求。

②本项目拟配备2名辐射工作人员，除操作本项目设备外，仍从事其他辐射工作。通过叠加计算，本项目辐射工作人员最大年有效剂量率约为0.7848mSv，未超过管理限值5mSv/a要求。

（3）大气环境影响分析结论

①施工期：本项目施工期主要为装修过程中产生的废气，污染物相对较少，采用“环保型”油漆及涂料，装修工程中加强通风或室内空气净化措施，可将装修废气的影响降至最低，装修废气对周围大气环境影响较小。

②运营期：本项目废气为设备运行过程产生的少量臭氧和氮氧化物，浅层X射线治疗室新设有通排风装置，设计通风量420m^3/h，排风量400m^3/h。废气经通排风系统排风管道引至楼顶排放，经自然稀释后对周围环境影响较小。

（4）水环境影响分析结论

①施工期：本建设项目施工期间，施工人员日常生活会排放少量的生活污水，依托医院已建污水处理站处理后排入市政污水管网，对周围水环境影响较小。

②运营期：本项目不产生放射性废水及医疗废水。医护人员的生活污水依托医院现有污水处理系统处理后的废水排入市政污水管网，最终排入昆明市第一水质净化厂。

（5）声环境影响分析结论

①施工期：施工单位通过选取低噪声的施工机械，加强施工管理，合理地安排施工时间等措施后，施工期间施工噪声对周围声环境影响较小。

②运营期：本项目浅层X射线治疗室设置通排风系统，通排风系统运行时会产生噪声，排气风机选用低噪音类型设备，排风系统经降噪和距离衰减后对周围声环境影响较小。

（6）固体废物影响分析结论

①施工期：本建设项目固体废弃物主要是生活垃圾、包装废弃物及少量建筑垃圾。施工人员生活垃圾由医院已有的垃圾桶集中收集后由环卫部门定期清运；建筑垃圾对其中可回收利用部分进行回收，不可回收的定点堆放，及时清运至当地部门指定的建筑垃圾堆放场。采取以上措施后对周围环境影响较小。

②运营期：本项目X射线放射治疗系统运行后不产生放射性固体废物，医护人员产生的少量生活垃圾经医院垃圾桶收集后定期由环卫部门清运，医疗废物采用专门的收集容器收集后，转移至医院医疗废物暂存间，委托云南正晓环保投资有限公司进行清运和处置。本项目产生的固废对周边环境影响较小。

7、事故情况下辐射环境影响评价结论

根据事故情况估算结果，本项目浅层X射线治疗系统事故情况下可能产生的后果属于一般辐射事故。医院在发生辐射事故情况下，启动应急预案并采取防护措施，可以有效控制辐射事故对环境的影响。

8、项目建设的环保可行性总结论

本建设项目符合国家产业政策，符合辐射防护“实践的正当性”原则；正常工况下，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）和《云南省环保局关于〈在辐射安全许可工作中确定电离辐射安全管理限值请示〉的复函》（云环函[2006]727号）对职业人员及公众照射的要求，医院在落实本报告提出的措施后具备对本项目评价的1台Ⅱ类射线装置（浅层X射线治疗系统）的使用和管理能力。只要严格落实本报告提出的环境保护措施，本建设项目的运营从辐射安全和环境保护的角度是可行的。

13.2 建议和承诺

1、建议

（1）在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响。

（2）医院每年要将辐射环境保护经费开支列入年度预算中，使辐射环境工作有充足的经费保障，才能切实将辐射环境保护工作落到实处。

（3）不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。

（4）定期进行辐射事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断完善辐射事故应急预案。

（5）根据国家及地方最新出台的法律法规，及时更新完善医院相关制度。

2、承诺

（1）遵守辐射安全与辐射环境保护的法律法规，执行有关技术要求，完善管理制度，落实管理责任。

（2）新增的从事辐射工作的人员参加辐射安全与防护培训班学习，持证上岗。

（3）项目实施后按照国家相关法律法规尽快进行验收。

（4）定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报生态环境主管部门。

13.3 项目竣工验收

建设项目竣工后，根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目中辐射防护和安全措施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。竣工环保验收“三同时”措施见表 13-1。

表 13-1　本项目竣工环保验收“三同时”措施一览表

项目		验收内容	备注
程序合法性	环保手续	项目环评批复	/
工程变动核查	建设地点、设备型号及参数、机房情况等	建设地点位于老门诊楼 1 层，新购置 1 套 SRT-100 型浅层 X 射线放射治疗系统，设备最大管电压为 100kV，最大管电流为 10mA，浅层 X 射线治疗室净尺寸为：L 长 4.7m×W 宽 3.94m=18.5m2，H 高 2.8m。	对照环评及批复内容进行核查
辐射防护设施与运行情况	屏蔽设计	①机房铅门 2 樘，综合铅当量 3.5mmPb，机房墙体与门重叠部分大于 10cm； ②观察窗采用铅玻璃进行防护，玻璃厚度为 20mm，铅当量为 3.5mmPb，铅玻璃四周采用 3.5mm 铅皮密封，搭接宽度 3~5cm； ③四周墙体：西侧、南侧墙体采用 370mm 免烧砖+1mm 厚铅板进行防护施工；东侧、北侧墙体采用 240mm 免烧砖+1.5mm 厚铅板进行防护施工。 ④顶棚为 120mm 混凝土+2.0mmPb 铅板进行防护； ⑤地面为 400mm 混凝土地板，楼下为土层，不做特殊防护； ⑥电缆采用采用"Z"型弯管穿墙设计，穿墙孔洞采用 3mm 铅板完全覆盖。 ⑦本项目共设置 1 套通排风系统，排风经排风机通过管道引至屋顶排放，通风管道穿顶部防护墙处采用"U"型弯管穿墙设计，风管用 3mm 厚铅皮包裹，搭边宽度 10cm，搭接长度分别为 15cm 和 30cm，缝隙用硫酸钡涂料填充封堵，能够有效防止射线泄漏，机房的设计送风量 420m³/h，设计排风量为 400m³/h。	对照环评及批复内容进行核查，隐蔽工程需拍照或视频留证
	废气治理	浅层 X 射线治疗室安装通排风系统 1 套。治疗室通风采用上进风下排风设计，并成空间对角分布。设计通风量 420m³/h，排风量 400m³/h。	符合使用要求

	个人防护用品	受检者配备 0.5mmPb 辐射防护铅衣、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅橡胶防护裙等个人防护用品成人和儿童各 1 套；	符合使用要求
	监测用品	X-γ辐射监测仪 1 台，便携式个人剂量报警仪 2 台，涉及的工作人员均配备个人剂量计。	符合使用要求
	警示标志	电离辐射警示标志 2 处，控制区警示标志，监督区标牌警示标志、控制区警示标志，监督区标牌、警示带、地标等措施。	安装标识
	安全装置	门机及门灯联锁装置、工作状态指示灯 2 套；操作台、床体上设备自带急停开关；同时治疗室内墙壁和控制室墙壁设有急停按钮、视频监控及对讲系统 1 套。	对照环评及批复内容进行核查
	物资准备	应急、救助物资准备。	符合使用要求
	隐蔽工程	对隐蔽工程应在施工过程中拍照或视频留证	/
规章制度	辐射安全管理制度	应急响应程序、辐射安全防护管理制度、操作规程等制度上墙；制定监测方案、监测仪表使用与校验管理制度和辐射工作人员个人剂量管理制度等。	完善医院相关规章制度，项目操作规程、岗位职责和辐射应急预案响应程序等相关制度应张贴于辐射工作场所醒目处。
验收监测	X-γ辐射剂量率	治疗室机房防护门及缝隙处、控制室、操作台及治疗室机房屏蔽墙外楼上各点位 X-γ辐射剂量率。	满足标准相关规定

医院应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）对配套建设的环境保护设施进行验收，医院若不具备编制验收报告能力，可委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环评单位、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

医院应公开上述相关信息，向所在地县级以上环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查，确保配套建设的环境保护设施与主体工程同时运行或者使用。验收报告公示期满后 5 个工作日内，医院应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：   经办人　　　　　　　　　　　　　　　　　单位盖章 年　月　日
审批意见：   签发人签字　　　　　　　　　　　　　　　　单位盖章 年　月　日