

核技术利用建设项目

大邑县人民医院

新增直线加速器项目环境影响报告表

(公示本)

大邑县人民医院

二〇二五年二月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

大邑县人民医院 新增直线加速器项目 环境影响报告表

建设单位:大邑县人民医院

建设单位法人代表(签名或签章):

通讯地址:大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口
东南侧

邮政编码: 611330

联系人:

电子邮件:

联系电话:

目录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	12
表 3	非密封放射性物质.....	12
表 4	射线装置.....	13
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6	评价依据.....	15
表 7	保护目标与评价标准.....	17
表 8	环境质量和辐射现状.....	20
表 9	项目工程分析与源项.....	23
表 10	辐射安全与防护.....	31
表 11	环境影响分析.....	41
表 12	辐射安全管理.....	65
表 13	结论与建议.....	72

附件：

附件1 环评委托书；

附件2 不动产权证书

附件3 成都市生态环境局关于《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书的审查批复》（成环审（评）〔2022〕38号）；

附件4 大邑县人民医院关于调整放射防护管理工作领导小组的通知；

附件5 辐射安全许可证；

附件6 2024年度辐射工作人员个人剂量报告表；

附件7 本项目辐射环境监测报告；

附件8 本项目建设单位资料确认单。

附图：

附图1 本项目地理位置图；

附图2 本项目医院总平面布置及外环境关系图；

附图3 本项目所在门急诊医技楼负一层平面布置图；

附图4 本项目辐射安全装置布置图；

附图5 本项目医患路径图；

附图6 本项目直线加速器机房两区划分示意图；

附图7 本项目直线加速器机房送风、排风系统走向图。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		大邑县人民医院新增直线加速器项目				
建设单位		大邑县人民医院				
法人代表		██████	联系人	张红芳	联系电话	██████████
注册地址		四川省成都市大邑县北街 323 号				
项目建设地点		四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		██████	项目环保投资 (万元)	██████	投资比例	██████
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 m ²	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类				
其他	无					
项目概述						
一、建设单位概况						
<p>大邑县人民医院 (统一社会信用代码: 112510129450853713F) 始建于 1943 年, 2018 年 2 月获得国家三级乙等综合医院; 2012 年 12 月被国家中医药管理局授予中国农村中医药先进单位; 2019 年 9 月顺利达到国家卫生健康委县级医院综合服务能力推荐标准。医院总占地 52 亩; 设有 25 个一级诊疗科目, 59 个二级专业, 9 个医技科室, 20 个职能科室, 住院病区 14 个, 编制床位 502 张, 开放床位 698 张。</p>						
二、项目由来						

为了适应医疗事业和医院的发展需求，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需要，大邑县人民医院拟在四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层（后文称**大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层**）建设2间医用直线加速器机房，并在1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房内各使用1台10MV医用直线加速器（II类射线装置）。

三、编制目的

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）、《建设项目环境保护管理条例》规定和要求，本项目放疗科部分需进行环境影响评价重新报批。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行），本项目属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类和III类射线装置、使用III类放射源”，应编制环境影响报告表，并报四川省生态环境厅审查批准，并在取得环评批复后及时重新申领辐射安全许可证。

为此，大邑县人民医院委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

四、环境影响评价报告信息公开

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，加大环境影响评价公众参与公开力度，建设单位已在向生态环境主管部门提交建设项目环境影响报告表前，依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。公示截图如下：

五、产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024）》（2024年2月1日施行）的相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”第4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。本项目的运营可为大邑县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，具有辐射项目实践的正当性。

六、本项目建设内容

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：大邑县人民医院新增直线加速器项目

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层

投资金额：9000万元

（二）建设内容与规模

根据大邑县人民医院规划，拟在新院区门急诊医技楼负一层（拟建，由主楼（-1~14F）和裙楼（-1~4F）构成综合体建筑）建设核技术利用项目：分别在1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房内各使用1台10MV医用直线加速器（型号待定、属II类射线装置），均具备适形调强放射治疗（IMRT）、图像引导下的调强放疗（IGRT）、三维适形放疗（3DRT）和容积旋转调强放射治疗（VMAT）功能。同时在设备治疗机头侧配备有诊断锥体束CBCT图像引导模块，实现靶区位置的校准。治疗时X射线最大能量均为10MV，X射线1m处剂量率均为22Gy/min，电子线最大能量均为15MeV，电子线1m处最大剂量率均为30Gy/min。CBCT最大管电压150kV，最大管电流800mA。

据了解，大邑县人民医院新院区整体为新建医疗场所，本项目涉及的土建工程已在在大邑县人民医院新院区整体建设项目环评中介绍，本项目施工期仅涉及到辐射防护施工、装修及设备安装调试工作。

屏蔽方案：1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房呈镜像布置，机房内

部净空面积均为 72m²（不含迷路）（长 9.0m、宽（主束墙间距）8.0m），机房四周墙体结构均为钢筋混凝土（密度为 2.35g/m³），东北侧、西南侧、顶部、底部为主射方向，东南侧、西北侧为非主射方向。东北侧、西南侧主屏蔽墙厚度均为 3000mm，宽度均为 4800mm，东北侧、西南侧次屏蔽墙厚度均为 2000mm；西北侧屏蔽墙厚度均为 2000mm；顶部主屏蔽墙厚度均为 3100mm、宽度均为 4800mm，次屏蔽墙厚度均为 1900mm；加速器机房东南侧均设有 L 型迷路，1#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增，厚度范围为 1230~1616mm，迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增，厚度范围为 1200~1620mm，迷路内墙长度为 6800mm；2#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增，厚度范围为 1230~1616mm，迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增，厚度范围为 1200~1620mm，迷路内墙长度为 6800mm；防护门均为 15mm 铅当量。

工作负荷：单台加速器每天最多放射治疗 40 人，保守均按照 X 射线深部治疗模式，每人出束治疗时间最多为 1.5min（不含摆位时间），则年最大治疗出束时间约 260h/台；物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 10h/年/台；综上，单台直线加速器 X 射线年总出束时间最大约 270h（治疗+质控）。CBCT 诊断平均每人治疗周期内需成像 7 次，每次扫描时间最大 60s，则年出束时间为 1213.3h/台。

机房平面示意图如下图所示：

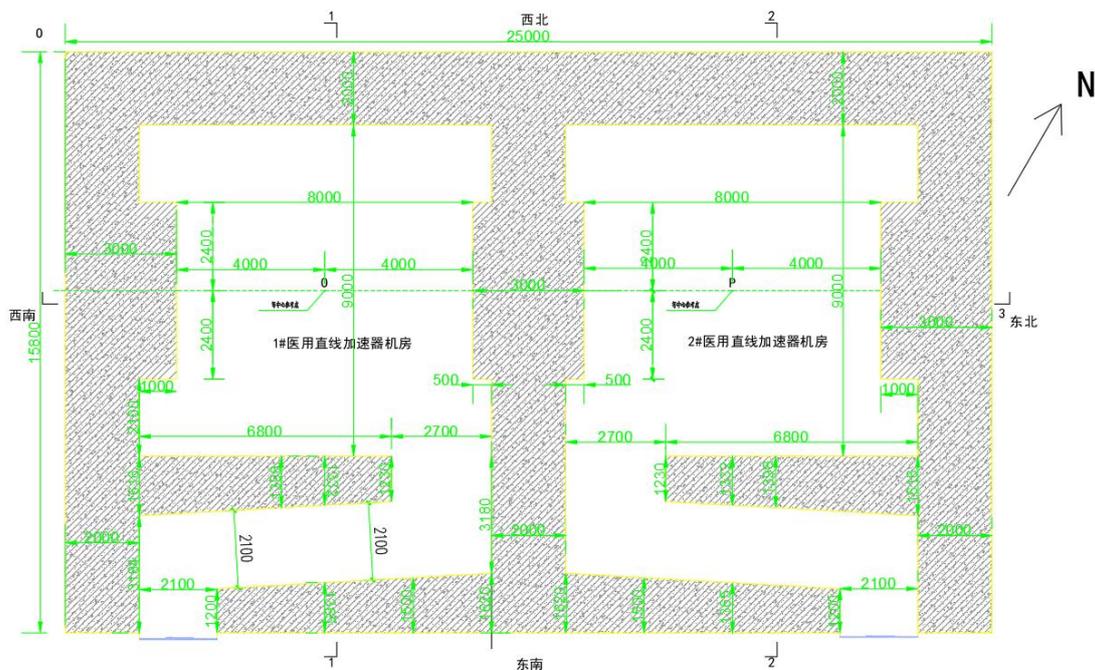


图 1-1 机房平面示意图

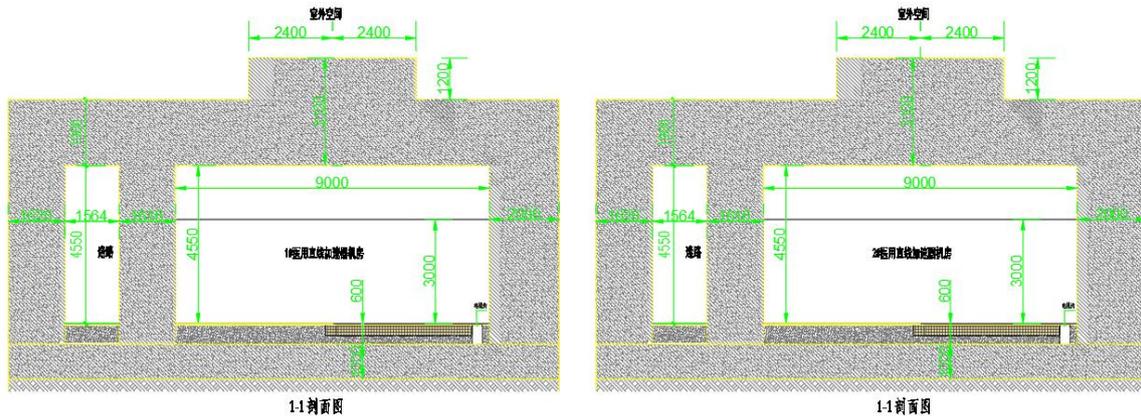


图 1-2 机房剖面图

模拟定位 CT 机：医院拟在放疗科模拟定位 CT 机房内安装 1 台模拟定位 CT 机（设备型号：待定，型号未定，待射线装置型号确定后，建设单位另行备案登记），用于放疗前的模拟定位，属于 III 类射线装置。

建设项目组成及主要的环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	使用场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题			
				施工期	运营期		
主体工程	1#医用直线加速器机房	屏蔽体结构（墙体、迷路和顶部均为混凝土）	机房内部净空面积均为 72m ² （不含迷路）（长 9.0m、宽（主束墙间距）8.0m），机房四周墙体结构均为钢筋混凝土（密度为 2.35g/m ³ ），东北侧、西南侧、顶部、底部为主射方向，东南侧、西北侧为非主射方向。东北侧、西南侧主屏蔽墙厚度为 3000mm，宽度均为 4800mm，东北侧、西南侧次屏蔽墙厚度为 2000mm；西北侧屏蔽墙厚度为 2000mm；顶部主屏蔽墙厚度为 3100mm、宽度为 4800mm，次屏蔽墙厚度为 1900mm；加速器机房东南侧设有 L 型迷路，1#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增，厚度范围为 1230~1616mm，迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增，厚度范围为 1200~1620mm，迷路内墙长度为 6800mm；防护门为 15mm 铅当量。		噪声、扬尘、废水、固体废物	X 射线、臭氧、噪声	
			设备、数量	新增使用 1 台 10MV 直线加速器			
			设备型号	待定			
			管理类别	II 类			
			年曝光时间	270h/台（治疗 260h+质控 10h）			
			射线束及能量	X 射线最大能量为 10MV 电子线最大能量为 15MeV			
1m 处剂量率	X 射线 1m 处最大剂量率为 22Gy/min 电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min						

2#医用 直线加 速器机 房	CBCT		型号待定, 年出束时间 1213.3h/台		
	主射方向		东北侧、西南侧、顶部、底部		
	屏蔽体结构(墙体、迷路和顶部均为混凝土)		机房内部净空面积均为 72m ² (不含迷路)(长 9.0m、宽(主束墙间距) 8.0m), 机房四周墙体结构均为钢筋混凝土(密度为 2.35g/m ³), 东北侧、西南侧、顶部、底部为主射方向, 东南侧、西北侧为非主射方向。东北侧、西南侧主屏蔽墙厚度为 3000mm, 宽度为 4800mm, 东北侧、西南侧次屏蔽墙厚度为 2000mm; 西北侧屏蔽墙厚度为 2000mm; 顶部主屏蔽墙厚度为 3100mm、宽度为 4800mm, 次屏蔽墙厚度为 1900mm; 加速器机房东南侧设有 L 型迷路, 2#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增, 厚度范围为 1230~1616mm, 迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增, 厚度范围为 1200~1620mm, 迷路内墙长度为 6800mm; 防护门为 15mm 铅当量。		
	设备、数量		新增使用 1 台 10MV 直线加速器		
	设备型号		待定		
	管理类别		II类		
	年曝光时间		270h/台(治疗 260h+质控 10h)		
	射线束及能量		X 射线最大能量为 10MV 电子线最大能量为 15MeV		
	1m 处剂量率		X 射线 1m 处最大剂量率为 22Gy/min 电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min		
	CBCT		型号待定, 年出束时间 1213.3h/台		
主射方向		东北侧、西南侧、顶部、底部			
模拟定位 CT 机房	拟在放疗科模拟定位 CT 机房内安装 1 台模拟定位 CT 机(设备型号: 待定, 型号未定, 待射线装置型号确定后, 建设单位另行备案登记), 用于放疗前的模拟定位, 属于 III 类射线装置。				
辅助工程	1#控制室、2#控制室、水冷机房、设备间、模拟定位 CT 机控制室等			/	生活垃 圾、生活 污水
公用工程	病人等候区、过道				
依托工程	办公及生活设施	依托医生办公室、公共卫生间、污水处理站等			
环保工程	废水经预处理后进入医院污水处理站处理达标后排入市政管网, 再进入污水处理厂进一步处理; 办公、生活垃圾交由市政环卫部门统一清运。				

(三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目为医用直线加速器均应用于肿瘤治疗, 不涉及原辅材料的使用。项目所用自来水、电等均由当地市政网提供, 项目能耗见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量	来源
能源	电	12000kW·h/a	市政电网
	水	800m ³	市政管网

(四) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	年曝光时间	使用场所	备注
1	1#直线加速器	待定	待定	X 射线最大能量为 10MV， 电子线最大能量为 15MeV	II 类	270h	新院区门急诊医技楼负一层 1#医用直线加速器机房	拟购
2	2#直线加速器	待定	待定	X 射线最大能量为 10MV， 电子线最大能量为 15MeV	II 类	270h	新院区门急诊医技楼负一层 2#医用直线加速器机房	拟购

(五) 工作制度、诊疗规模和劳动定员

1、工作制度：年工作日约260天，每周工作5天，每天工作8h。

2、人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 10 人，均为新增辐射工作人员，其中 4 名医师、2 名物理师、4 名技师，物理师主要从事治疗计划的制定工作及设备的质量控制检测工作；各场所辐射工作人员定岗定责，平均分为 2 组，各组人员互不交叉，今后医院可根据设备数量，承担诊疗、教学科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

表 1-4 本项目年出束时长一览表

使用场所	工作状态	单次使用时长	周治疗人数	周治疗量/工作出束时长	年治疗人数	年治疗量/工作出束时长	合计年出束时长
1#医用直线加速器机房	病人治疗	1.5min	200	5h	10400	260	270h
	质控	/	/	/	/	10	
2#医用直线加速器机房	病人治疗	1.5min	200	5h	10400	260	270h
	质控	/	/	/	/	10	

注：物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 10h/年/台。

七、依托可行性分析

本项目施工期土建环境影响在《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书》中进行了分析，施工期仅涉及到辐射防护设施施工、装修、设备安装等。

污水处理设施:本项目运营期间产生的污水依托大邑县人民医院的污水处理站处理，达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）“表 2”中预处理标准后，经

市政污水管网排入大邑县污水处理厂处理，尾水排往斜江河。

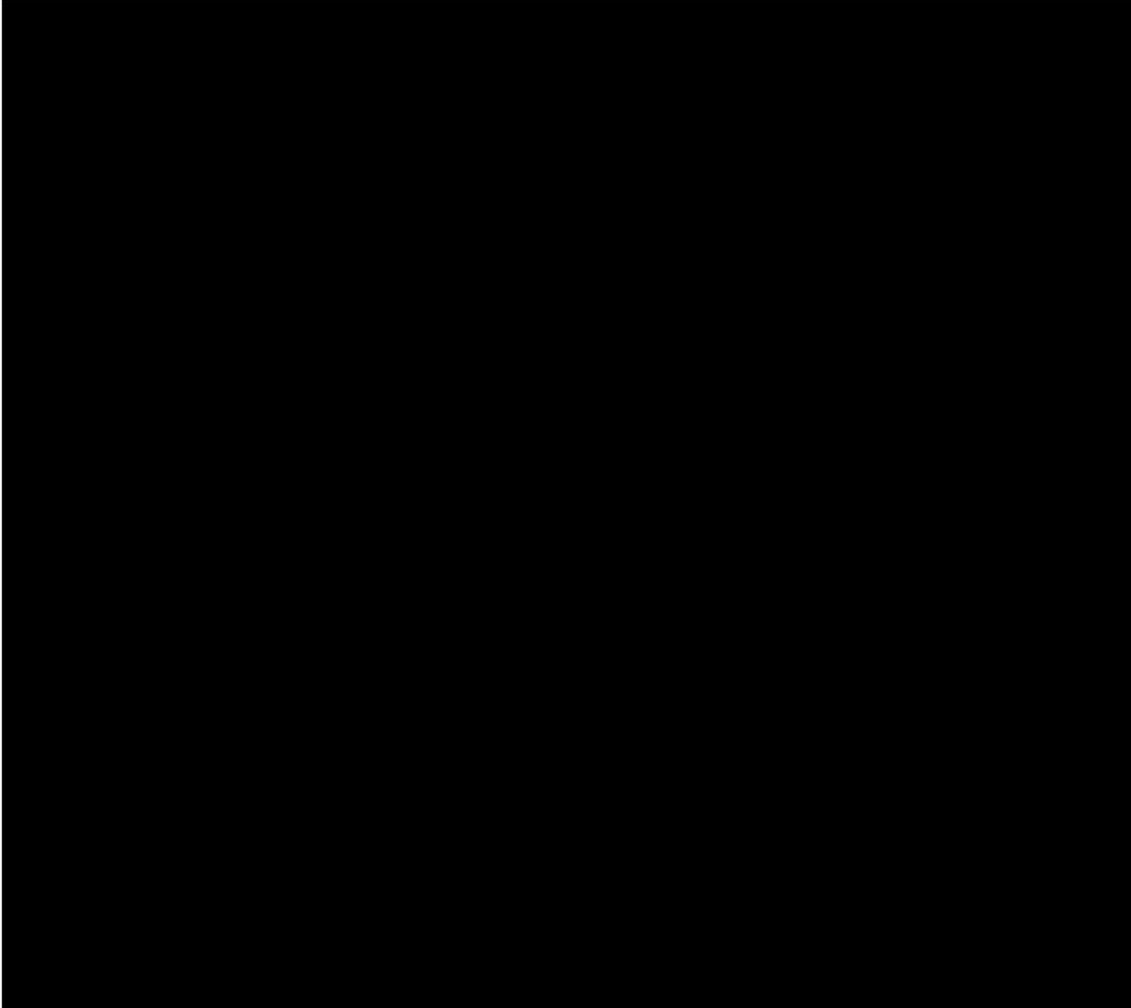
固体废物处理设施:本项目实施后，医院工作人员办公区域内设有生活垃圾收集桶，生活垃圾定点袋装收集，日产日清，定期交当地环卫部门清运处置，本项目依托医院既有生活垃圾收集设施可行。

八、本项目外环境及选址合理性分析

(一) 本项目外环境关系

本项目位于四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区内，以下保护目标分地下负二层和院内水平地面两个空间维度进行描述，取离机房最近的距离：

①在门急诊医技楼负一层：



正上方为医院内部道路，正下方为天然土层。医院总平面布局及外环境关系图见附图 2。本项目用地区域在医院用地红线范围内，医院及本项目外环境相对简单，不存

在明显环境制约因素。

(二) 选址合理性分析

1、用地合理性：医院用地已取得了大邑县规划和自然资源局核发的《不动产权证书》（川（2022）大邑县不动产权第 0009884 号，附件 2），本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。

2、履行的环保手续：医院整体建设项目已于 2022 年 7 月 1 日由成都市生态环境局进行了批复（成环审（评）（2022）38 号，附件 3），医院的选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述。

3、放疗科与“HJ1198-2021”选址要求符合性对照分析：

表 1-6 与“HJ1198-2021”选址要求符合性对照分析一览表

标准文件	对应标准中选址要求	实施情况	是否符合
《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）	5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内	本项目选址充分考虑了对其周围环境的辐射影响，选址于大邑县人民医院新院区门急诊医技住院楼最底层建筑内，周边无民居、写字楼和商住两用的建筑物等。	符合要求
	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。	本项目加速器机房单独选址在大邑县人民医院新院区门急诊医技住院楼最底层建筑负一层，集中布置于负一层西北侧，下方为土层，无建筑，上方为医院内部道路地面，避开了产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，周围无人员流动性大的商业活动区域。	符合要求

4、综述：本项目选址于大邑县人民医院新院区门急诊医技住院楼负一层西北侧，该区域人流相对单一，降低了其他公众受照的可能性；放疗科辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。综上所述，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

六、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，提高对疾病的诊治能力。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及治疗效果，是其它方法无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

建设单位在开展放疗过程中，对射线装置使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

七、原有核技术利用情况

（一）医院原有核技术利用项目环保手续履行情况

大邑县人民医院已取得辐射安全许可证，其许可证证书编号为川环辐证[00496]号，许可的种类和范围为：使用II、III类射线装置，发证日期：2023年10月07日，有效期至2027年12月28日。辐射安全许可证详见附件。

（二）辐射工作人员持证情况

大邑县人民医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院目前有89名辐射工作人员。本项目所涉及的10名人员均为新增辐射工作人员。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，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，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mec.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

（三）是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

（四）年度评估报告

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mec.gov.cn）中提交了“2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2024年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

（五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工

作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

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

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

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	额定电流 (mA)/剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	1#医用直线加速器	II 类射线装置	1	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 15MeV	X 射线 1m 处最大剂量率为 22Gy/min; 电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min	放射治疗	拟在大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层 1#医用直线加速器机房内	拟购
2	2#医用直线加速器	II 类射线装置	1	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 15MeV	X 射线 1m 处最大剂量率为 22Gy/min; 电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min	放射治疗	拟在大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层 2#医用直线加速器机房内	拟购

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

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

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O ₃	气体	—	少量	不暂存	直接排入环境大气

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量为 kg。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令，根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订；</p> <p>(7) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10) 《射线装置分类》原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(12)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，（环发[2012]77 号），原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 2019 年第 57 号；</p> <p>(14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 公告 2021 年 9 号；</p>
------------------	--

<p>技 术 标 准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(6) 《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);</p> <p>(7) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第3部分:γ射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014);</p> <p>(8) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(9) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020);</p> <p>(10) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021);</p> <p>(11) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(12) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 成都市生态环境局关于《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书的审查批复》(成环审(评)(2022)38号);</p> <p>(3) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》生态环境部(国家核安全局);</p> <p>(4) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400号);</p> <p>(5) 大邑县人民医院提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，确定辐射环境影响评价的范围：以直线加速器机房建筑实体外边界 50m 区域作为评价范围。

保护目标

根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是辐射工作人员和周围公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所	位置	与辐射源距离(m)	保护对象	人流量(人次/d)	照射类型	剂量约束值(mSv)

评价标准

一、环境质量及污染物排放的执行标准

1、环境质量控制标准

环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
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；
声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类声功能区标准。

2、污染物排放标准

废气执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2二级标准；

医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的
预处理排放标准；

噪声执行①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；
②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）表1中2类标准。

固废：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB 39707-2020)。

二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

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4.3.3.1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。大邑县人民医院按照上述标准中规定的职业照射年有效剂量的1/4执行，即辐射工作人员个人年有效剂量约束值为5mSv/a。

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。大邑县人民医院按照上述标准中规定的公众照射年有效剂量的 1/10 执行，即公众个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

三、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

医用电子直线加速器机房边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)等相关标准要求，医用电子直线加速器机房屏蔽体外人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所： $H_{c,max} < 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所： $H_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ ，本项目综合考虑保守取 $H_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

四、臭氧浓度限值

根据《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)室内臭氧最高允许浓度为 0.16mg/m^3 ；根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012)室外臭氧小时平均浓度符合二级标准 (0.20mg/m^3) 的要求。

五、其他要求

1、确保施工扬尘满足《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)中“拆除工程/土方开挖/土方回填阶段 $\leq 600\mu\text{g/m}^3$ ，其他工程阶段 $\leq 250\mu\text{g/m}^3$ ”的要求；

2、机房使用面积满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)规定的机房最小实际使用面积 45m^2 ；

3、机房满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)中“主屏蔽区 $\geq 2000\text{mm}$ 混凝土、次屏蔽区 $\geq 1000\text{mm}$ 混凝土”的相关规定。

4、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)等相关标准要求，医用电子直线加速器机房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；进风口应设在机房上部，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。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目位于四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层，周围情况如下：

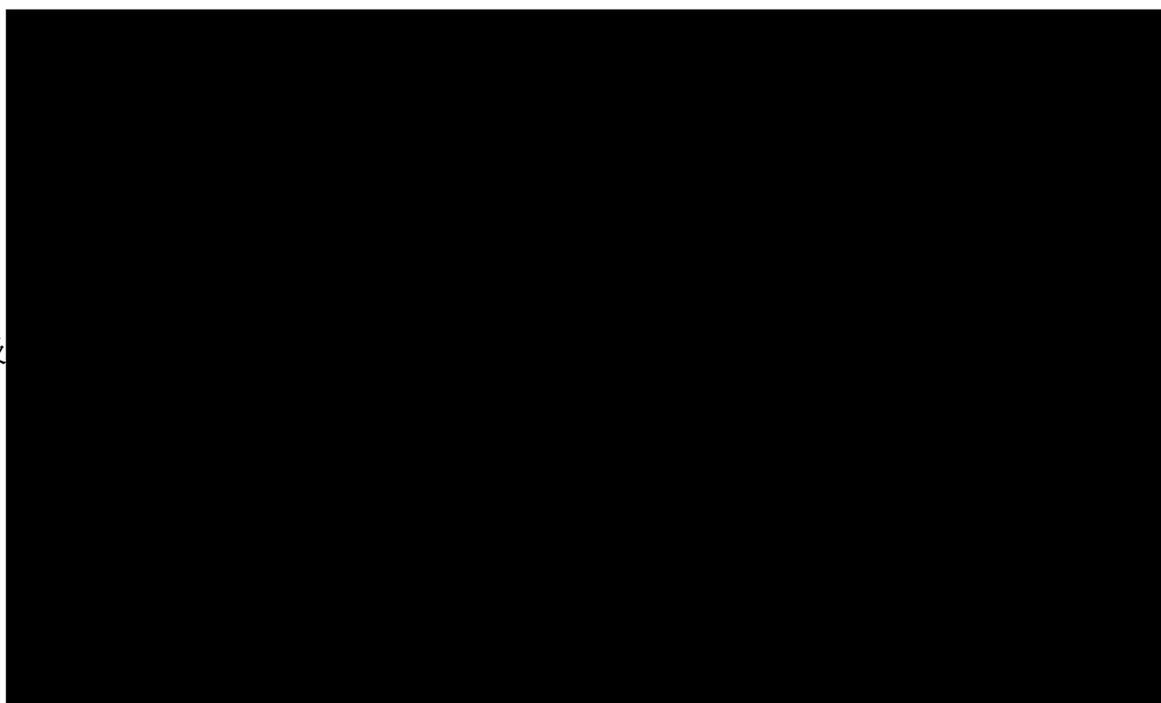


图8-1 项目拟建区域现状图

二、监测方法及仪器

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2024 年 1 月 3 日对本次评价的辐射工作场所进行了现场监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

项目	监测方法	方法来源
X/γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测所使用设备信息	设备名称：RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪
	设备编号：SCYRJ-FSWS-033
	校准/检定有效期：2024.09.13~2025.09.12
	校准因子：0.94（校准源： ¹³⁷ Cs）
技术指标	能量响应：20keV~3.0MeV

	测量范围：1nGy/h~1.2mGy/h
监测的环境条件	温度：13.1℃
	湿度：50.7%
监测地点	拟建直线加速器机房

三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的校准合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

(1) 计量认证

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2023 年 12 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：232303100019，有效期至 2029 年 05 月 03 日，在有效期内。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

(3) 记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

四、环境现状监测与评价

拟建辐射工作场所周围环境 γ 辐射剂量监测结果见表 8-2。

表 8-3 拟建机房周围 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X/ γ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

9				
10				
11				
12				

注：测量值未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由表 8-3 得出结论：大邑县人民医院新增直线加速器项目拟建场所周边 X/γ辐射剂量率为 [REDACTED]，与四川省生态环境厅《2023 年四川省生态环境状况公报》中成都市环境电离辐射水平（70-100nGy/h）基本一致，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

本项目放疗科辐射工作场所土建施工已包含在《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书》（批复文号：成环审（评）〔2022〕38号）中，本报告不再赘述。

本次评价不涉及门诊医技楼的土建工程。本项目辐射工作场所还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图 9-1。

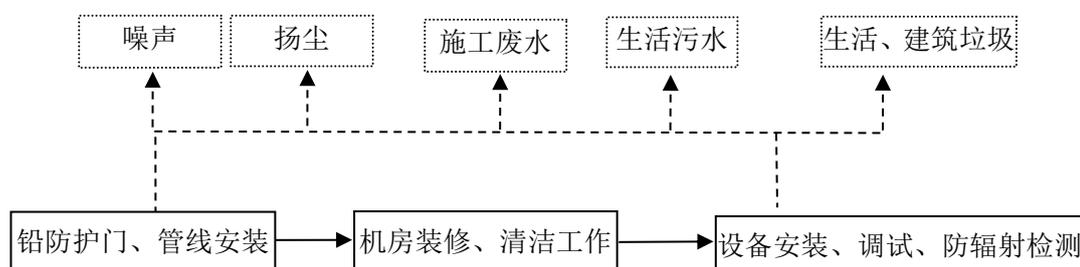


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

（二）施工期主要污染源处理措施

1、扬尘

施工过程中产生的扬尘，主要是装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，在主体墙体粉刷装饰后，设备安装及管线敷设过程中几乎不产生扬尘。

2、噪声

主体工程施工期间已预留有管线沟槽，施工期噪声主要为装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，选用低噪设备、通过建筑隔声等措施，施工噪声对周围环境的影响较小。

3、固体废物

固体废物主要为装修和设备安装过程中产生建筑弃渣、废砂石、废木料、废纸皮和施工人员产生的生活垃圾。其中建筑垃圾由施工单位集中分类收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场；生活垃圾依托医院收集系统收集，由环卫部门定期统一清运至垃圾中转站；包装垃圾通过集中分类收集，由废品回收站回收。

4、废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水，生活污水排入医院污水处理站，处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中要求后，经市政污水管网排入大邑县污水处理厂处理，尾水排往斜江河

二、设备安装调试阶段工艺分析

本项目直线加速器在安装调试阶段会产生 X 射线。在设备安装调试完后，现场会有少量的废包装材料产生。

直线加速器的运输、安装和调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试期间，医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全连锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

为确保加速器机房工程屏蔽防护设施满足设计要求和辐射防护安全，提出以下施工管理要求：

①加速器机房的土建施工必须符合其建设设计要求，机房混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；机房地面也要为混凝土地平；穿过屏蔽体的各种管道、电缆应采取适当的屏蔽防护措施，不得影响屏蔽体的屏蔽防护效果，其预留孔洞不得正对工作人员经常停留的地点。

②凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

③在设备安装及调试阶段，应加强辐射防护管理，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管。安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

三、运营期

1、直线加速器工艺流程及产污环节分析

(1) 设备组成

本项目直线加速器主要由加速管、微波功率源、微波传输系统、电子枪、束流系统、真空系统、恒温水冷却系统、电源、控制系统、照射头、CBCT 和治疗床等组成。加速管是医用电子直线加速器的核心部分，电子在加速管内通过微波电场加速，电子枪提供被加速的电子。束流系统由偏转线圈和聚焦线圈组成。恒温水冷却系统带走微波源等发热部件产生的热量。为保证整个系统恒温，恒温水冷却系统需要一定的水流压力和流量。



图 9-2 常见的医用直线加速器结构示意图

(2) 工作原理

医用电子直线加速器是一种利用高频电磁波将电子等带电粒子通过加速管加速到高能装置。高能电子束本身可以用于治疗浅表肿瘤，也可以使其击中 X 线靶产生 X 射线，用于治疗深层肿瘤，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用 X 射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。

物理师对肿瘤病人治疗计划设计时，严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测和健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不同，给予的每野次剂量亦不同。

由于物理师在进行每一次治疗时的摆位状态和分次治疗时病人病灶位置的变化，如呼吸运动、膀胱充盈、小肠蠕动、胸腹水和肿瘤的增大或缩小等引起的位置差异，使得摆位误差仍可能有数毫米，甚至更大，在适形和调强放疗中更为明显。本项目直线加速器在治疗机头两侧安装了 X 射线管以及平板探测器（机载 CBCT），每次放射

治疗前，X 射线管和探测板围绕人体一周扫描，经过计算机处理重建后，得到肿瘤靶区及周围一定体积三个不同位置（冠状位、矢状位，横断位）的影像（三维图像），与治疗计划图像对比，如果发现有误差，即调整患者位置使肿瘤靶回到治疗计划位置，让照射野仅仅“追随”靶区，进一步提高了射线照射的精确性，实现了影像学指导的放疗。

（3）设备参数

医院拟购买两台 10MV 直线加速器，均属于II类射线装置，具体参数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用直线加速器参数

使用场所	1#医用直线加速器机房	2#医用直线加速器机房
数量	1 台	1 台
厂家、型号	待定	待定
最大 X 射线能量	10MV	10MV
最大电子线能量	15MeV	15MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%	≤0.1%
X 射线 1m 处最大剂量率	22Gy/min	22Gy/min
电子线 1m 处剂量率	30Gy/min	30Gy/min
治疗角	0-365°	0-365°
正常治疗距离	最大等中心到治疗机头净空间距离为 100cm	最大等中心到治疗机头净空间距离为 100cm
主射线最大出束角度	28°	28°
等中心高度	1245±5mm	1245±5mm
最大照射野 (SSD=1 米)	40cm×40cm	40cm×40cm

（4）治疗流程及产污染环节

1) 患者在经诊断确诊需要进行放射治疗后，放疗医师根据病灶的部位确定定位体位，通过放疗科模拟定位 CT 机扫描采集影像资料，用于确定靶区位置、形状和大小，提出放射治疗方案；

2) 物理师根据放疗医师的治疗方案，完成放疗计划，并通过体模模拟对病灶部位放射治疗剂量验证。剂量验证通过后，交由临床医师审核放疗计划是否达到治疗需求精确治疗计划；物理师进行放疗体模剂量验证的时候会产生 X 射线、电子线，机房内的空气会电离产生臭氧；

3) 患者在治疗周期内，病情会随着治疗野次而变化，因此，在治疗周期内放疗计划会随着病人治疗的情况而调整，患者在放疗前需要先经过 CBCT 诊断校准靶区位置确认放疗计划，放疗技师位于控制室内通过 CBCT 对患者进行拍片，根据校准后的

图像确定是否需要更改放疗计划。

4) 物理师确认放疗计划无误后, 由技师带领患者进入机房, 对患者进行摆位, 确认机房内无其他人员滞留, 确认各类按钮工作正常后, 撤离机房并关闭防护门;

5) 定位无误后放疗技师在控制室内按照医疗方案设置参数, 调整好出束时间、角度、剂量, 然后进行出束治疗。治疗过程, 会产生 X 射线、电子线, 机房内的空气会电离产生臭氧;

6) 治疗结束后, 停止出束, 解除定位, 关闭系统, 患者离开机房。

本项目拟使用的医用电子直线加速器可提供 2 种治疗模式, 一种是电子治疗模式, 利用电子线对浅表部位病灶照射放疗, 电子线最大能量为 15MeV; 一种是 X 射线治疗模式, 用于深部病灶照射, X 射线能量最大为 10MV。医用电子直线加速器治疗流程及产污环节见图 9-3。

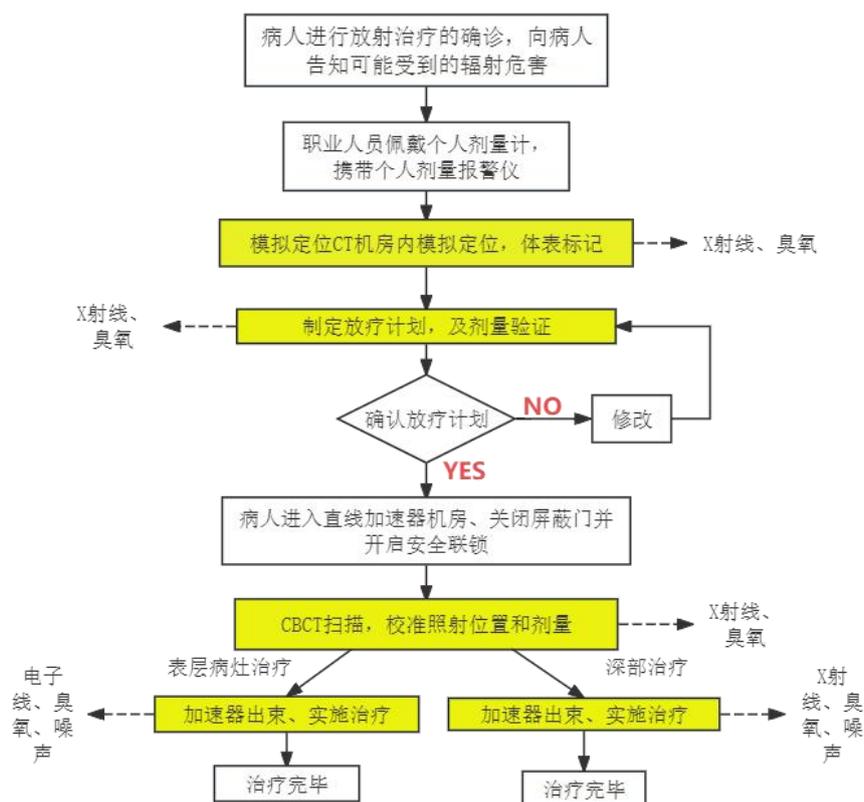


图 9-3 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

通过分析可知, 产污环节为: 模拟定位时产生的 X 射线和臭氧, CBCT 照射位置校准过程中扫描产生的 X 射线、加速器质控及治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

(5) 工作负荷

根据医院预测的诊疗需要，单台加速器每天最多放射治疗 40 人，保守均按照 X 射线深部治疗模式，每人出束治疗时间最多为 1.5min（不含摆位时间），则年最大治疗出束时间约 260h/台；物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 10h/年/台；综上，单台直线加速器 X 射线年总出束时间最大约 270h（治疗+质控）。CBCT 诊断平均每人治疗周期内需成像 7 次，每次扫描时间最大 60s，则年出束时间为 1213.3h/台。

（6）职业人员受照时间

放疗科加速器职业人员根据工作属性不同，分为放疗技师、放疗医师、放疗物理师等；不同职业人员岗位职责及受照时间分析如下所示：

①**放疗医师**：在放射治疗过程中，放疗医师的主要职责为首先针对患者制定放疗方案、安排治疗计划，监测患者治疗情况，评估放疗效果，提供必要的治疗调整并做好医疗记录。根据放疗医师的实际工作职责，在患者放射治疗周期内，医师只有在特定情况下才会出现在控制室内，平常一般不会出现，因此在预测放疗医师的工作时间时，保守按照患者年治疗总时间的 30%考虑。

②**放疗技师**：放疗技师需要协助医师为患者制定治疗计划，并按照治疗计划进行放射治疗，确保每位患者的照射位置和照射时间的准确性，在患者接受放射治疗时，技师会一直位于控制室内操作设备，因此，预测技师的工作时间时，取患者年治疗总时间。

③**放疗物理师**：物理师承担着病人治疗计划的制定以及负责对加速器进行质控和对放疗计划进行剂量验证，确保每一个患者接受精准的放射治疗。因此，物理师的工作分为：在办公室做治疗计划的制定和在控制室内对加速器质控和对治疗计划剂量验证；当病人在放射治疗时，物理师不会一直位于控制室内；因此，当预测物理师的受照时间时，需取控制室内质控、剂量验证和患者出束治疗时物理师受照时间（保守取患者年出束治疗总时间的 30%考虑）总和。

（7）医护人员和病人路径分析

医护人员路径：辐射工作人员先为患者制定治疗计划，再协助患者进行模拟定位工作，模拟定位完成后，技师（兼摆位人员）通过缓冲间进入机房内协助患者进行摆位，摆位完成后返回至控制室，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。

病人路径：患者根据安排的时间先进入模拟定位 CT 机房进行体表标记，标记完

成后，随工作人员引导进入加速器机房进行摆位，根据制定的治疗计划和方案进行出束治疗，治疗完毕后离开机房，乘负一层电梯离开治疗区域。

污染源项描述

一、施工期及设备调试安装

1、污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，直线加速器在开机调试产生 X 射线。

2、非放环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

二、运行期

1、电离辐射

①X 射线外照射：本项目医用直线加速器以 X 射线模式运行时，从加速器电子枪里发出来的电子束，在加速管内经加速电压加速，轰击到钨金上，产生 X 射线。发射出来的 X 射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

大邑县人民医院拟新增使用的医用直线加速器 X 射线最大能量均为 10MV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境造成辐射污染。模拟定位 CT 为 III 类医用射线装置，采用数字成像，无废显定影液及废胶片产生，其主要危害亦为设备工作时产生 X 射线。

②电子束：当医用直线加速器（10MV）按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。产生的电子属初级辐射，贯穿物质时受物质库仑场的影响，贯穿深度有限。在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于 X 射线治疗，可忽略对外环境的影响。

③中子：本项目医用直线加速器（10MV）X 射线最大能量为 10MV，电子线最大能量 $\leq 15\text{MeV}$ 。依据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)规定(S4.3.2.5)，当加速器 X 射线 $\leq 10\text{MV}$ 时，中子及其影响可忽略。

因此，本项目直线加速器开机期间，主要辐射环境污染因素为产生的 X 射线。

2、废气

直线加速器开机运行时产生的 X 与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物 (NO_x)和臭氧(O₃)，相比之下臭氧的产额高，臭氧危害性较氮氧化物大，氮氧化物的影可忽略。

3、固体废物

辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件作为一般医疗废物，由有相关资质的第三方单位回收。

4、废水

工作人员和患者产生的生活污水。

5、噪声

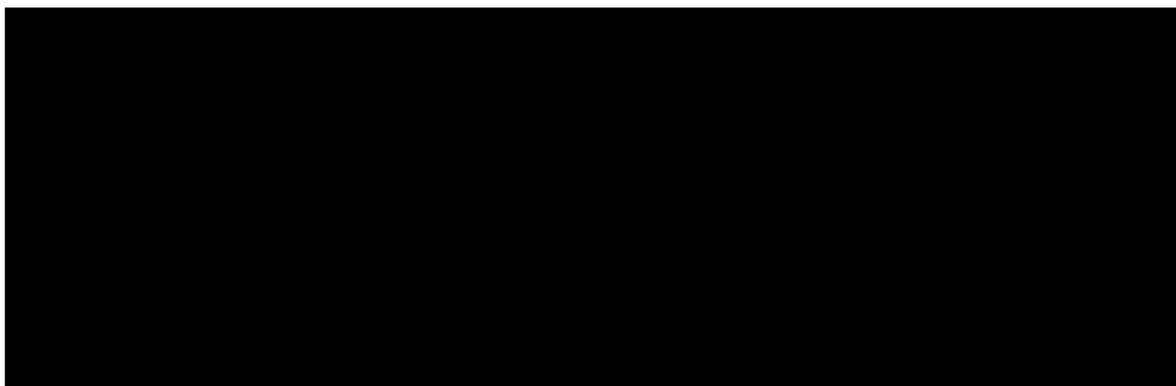
本项目噪声源主要为风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

本项目位于四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层，周围布置情况如下所述：



本项目各辐射工作场所设有专用的候诊区域，就诊通道，医生用房独立成区，病人、医生流线尽量互不交叉。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，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于医院对辐射工作场所的集中统一管理。因此，本评价认为本项目总平面布置是合理的。

二、辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射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他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。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。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标志；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更

改监督区的边界。

结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将辐射工作场所划分为控制区，而设备的控制室及其它相关工作场所等均划为监督区。其项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，附图 6。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况表

科室名称	控制区	监督区
放疗中心	1#医用直线加速器机房（含迷路）	迷路门前 1m 区域、1#控制室、设备间
	2#医用直线加速器机房（含迷路）	迷路门前 1m 区域、2#控制室、设备间

1、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）；



图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤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。

2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③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。

三、直线加速器的安全与防护

(一) 场所辐射防护屏蔽设计

1、医用直线加速器

医院对加速器机房采取了实体屏蔽措施，对机房使用面积按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）进行校核，1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房实际使用面积均为72m²，均大于GBZ 126-2011要求的机房实际使用面积为45m²。1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房墙体、迷路和顶部均采用混凝土作为防护，防护门均为15mm铅当量单扇电动推拉门。本项目直线加速器机房屏蔽情况具体如下表10-2所示：

表 10-2 医用直线加速器工作场所实体防护设施表

场所名称	辐射防护设计情况
1#医用直线加速器机房	机房内部净空面积均为 72m ² （不含迷路）（长 9.0m、宽（主束墙间距）8.0m），机房四周墙体结构均为钢筋混凝土（密度为 2.35g/m ³ ），东北侧、西南侧、顶部、底部为主射方向，东南侧、西北侧为非主射方向。东北侧、西南侧主屏蔽墙厚度为 3000mm，宽度均为 4800mm，东北侧、西南侧次屏蔽墙厚度为 2000mm；西北侧屏蔽墙厚度为 2000mm；顶部主屏蔽墙厚度为 3100mm、宽度为 4800mm，次屏蔽墙厚度为 1900mm；加速器机房东南侧设有 L 型迷路，1#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增，厚度范围为 1230~1616mm，迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增，厚度范围为 1200~1620mm，迷路内墙长度为 6800mm；防护门为 15mm 铅当量。
2#医用直线加速器机房	机房内部净空面积均为 72m ² （不含迷路）（长 9.0m、宽（主束墙间距）8.0m），机房四周墙体结构均为钢筋混凝土（密度为 2.35g/m ³ ），东北侧、西南侧、顶部、底部为主射方向，东南侧、西北侧为非主射方向。东北侧、西南侧主屏蔽墙厚度为 3000mm，宽度为 4800mm，东北侧、西南侧次屏蔽墙厚度为 2000mm；西北侧屏蔽墙厚度为 2000mm；顶部主屏蔽墙厚度为 3100mm、宽度为 4800mm，次屏蔽墙厚度为 1900mm；加速器机房东南侧设有 L 型迷路，2#医用直线加速器机房迷路内墙厚度由西南侧向东北侧递增，厚度范围为 1230~1616mm，迷路内墙厚度由东北侧向西南侧递增，厚度范围为 1200~1620mm，迷路内墙长度为 6800mm；防护门为 15mm 铅当量。
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》	主屏蔽区≥2000mm 混凝土；次屏蔽区≥1000mm 混凝土。

注：机房地下无楼层设计，为地下土壤层，人员无法进入，故不考虑辐射防护，混凝土密度 2.35g·cm⁻³，铅的密度为 11.3g/cm³

2、X 射线的防护措施

①本项目放疗科1#、2#医用直线加速器机房墙体拟采用整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级为C30；

②本项目不在主屏蔽墙处设穿墙管线，穿过1#、2#医用直线加速器机房屏蔽墙的电缆线均采用“U”形管道穿墙；

③防护门宽于门洞的部分大于“门—墙”间隙的十倍，并预留有防护门下沉沟槽；

④为防止排风口排出的气体反流污染进气口，1#、2#医用直线加速器机房内进风口设在机房上部，排风口设在机房下部，进风口与排风口位置呈对角设置；

⑤操作人员采取隔室操作方式，1#控制室设置在1#医用直线加速器机房东南侧，2#控制室设置在2#医用直线加速器机房东南侧，通过监控图像观察病人情况，通过对讲机与病人交流；

⑥通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间；机房电缆穿墙部分见图 10-2

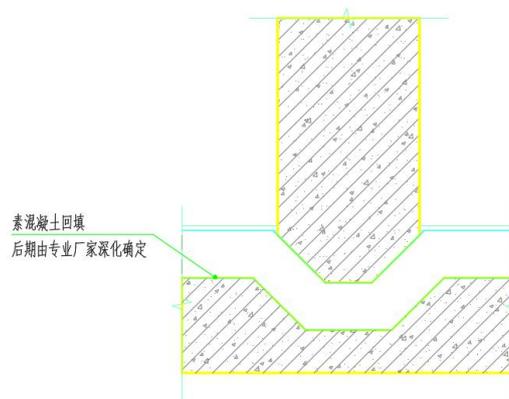


图 10-2 加速器机房电缆穿墙示意图

3、电子线的屏蔽防护

本项目 10MV 直线加速器在按电子束模式工作时，最大电子线能量为 15MeV，根据《辐射防护手册》第三分册 4.1.5 加速器的辐射源 (P₉₅)，能量为 E (MeV) 的单能电子束，在低 Z 物质中的射程 (单位为 g·cm⁻²) 约为能量 (单位为 MeV) 的 0.6 倍。本项目 10MV 直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 15MeV，射程为 15×0.6=9.0g/cm²，可以估算出 15MeV 的电子在密度为 2.35g·cm⁻³ 的混凝土中的深度约为 3.83cm，而本项目屏蔽体厚度最小的为 120cm 混凝土，对电子线能完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子束模式对周围环境的影响。

3、通风系统

本项目 1#医用直线加速器机房配置有通排风系统，3 个进风口均匀分布在机房顶部东北侧，进风管 (500mm×500mm) 穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上

方墙体（送风井位于 1#医用直线加速器机房南侧）；2 个排风口（距地 300mm）均分布在 1#医用直线加速器机房西南，排风管（500mm×400mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体，再接入排风管道通向 2#医用直线加速器机房东南侧的排风井在门急诊医技楼楼顶独立排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 2000m³/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

本项目 2#医用直线加速器机房配置有通排风系统，3 个进风口均匀分布在机房顶部中央，进风管（400mm×200mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于 1#医用直线加速器机房南侧）；2 个排风口（距地 300mm）均分布在 2#医用直线加速器机房南侧，排风管（400mm×200mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体进入更衣准备间，再接入排风管道通向 2#医用直线加速器机房东南侧的排风井在门急诊医技楼楼顶独立排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 2000m³/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

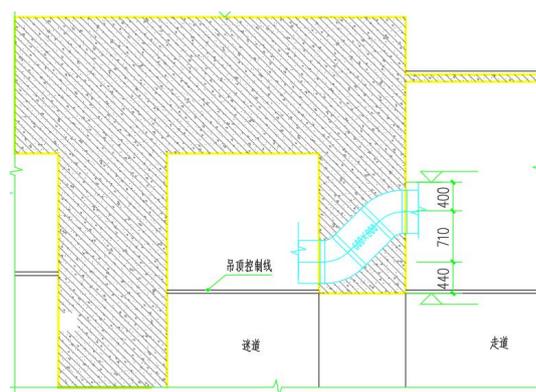


图 10-3 直线加速器机房风管穿墙预埋剖面图

4、直线加速器的辐射防治措施

(1) 辐射防护措施

①操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与机房之间以墙体和过道隔开，机房内拟安装电视监控、对讲装置，应确保控制室通过电视监控观察到机房内患者治

疗的情况，并通过对讲机与机房内患者沟通。

②门机联锁装置：加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

③紧急停机装置和紧急开门按钮：除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急停机按钮外，机房内墙非主射线位置上设置有紧急停机按钮，以使误入人员按动紧急停机按钮就能使加速器停机；迷路出口处设置了紧急开门按钮，按下开门按钮，能实现立即开门。

④工作状态显示及警示标识：加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤固定式剂量报警仪（带剂量显示功能），探头安装在机房迷路内墙上（靠近防护门），只要迷路内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑥直线加速器机房配备有电视监控对讲装置，机房内墙体交叉口、迷路口处设计有监控装置，应确保机房内监控全覆盖。

⑦个人防护：加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

(2) 直线加速器设备固有安全性分析

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

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

③控制台上设有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。

⑤有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥有防止非工作人员操作的锁定开关。

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

5、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

四、其他辐射安全与防护措施

1、源项控制

本项目加速器购置于正规厂家，有用线束杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

2、距离防护

各工作场所将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将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。

3、时间防护

在满足诊疗要求的前提下，在每次使用辐射装置进行诊疗之前，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。

五、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-3 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	是否满足要求	
直线加速器				
场所实体设施	1#医用直线加速器 机房	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	已设计	满足
		铅防护门	已设计	满足
		通风系统	已设计	满足
	2#医用直线加速器	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	已设计	满足
		铅防护门	已设计	满足

	机房	通风系统	已设计	满足
控制台及安全联锁	1#医用直线加速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	满足
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	满足
		条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带	满足
		门机联锁	已设计	满足
	2#医用直线加速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	满足
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	满足
		条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带	满足
		门机联锁	已设计	满足
警示装置	1#医用直线加速器机房	入口电离辐射警示标志	已设计	满足
		入口加速器工作状态显示	已设计	满足
		机房内准备出束音响提示	设备自带	满足
		控制台上蜂鸣器	设备自带	满足
	2#医用直线加速器机房	入口电离辐射警示标志	已设计	满足
		入口加速器工作状态显示	已设计	满足
		机房内准备出束音响提示	设备自带	满足
		控制台上蜂鸣器	设备自带	满足
紧急设施	1#医用直线加速器机房	机房内有紧急停机按钮	已设计	机房内拟设置 2 个紧急停机按钮，高 1.5m
		机房电视监控对讲装置	已设计	拟设置摄像头，保证机房全覆盖
		有中文标识的紧急开门按钮	已设计	机房内拟设置 1 个紧急开门按钮，高 1.5m
	2#医用直线加速器机房	机房内有紧急停机按钮	已设计	机房内拟设置 2 个紧急停机按钮，高 1.5m
		机房电视监控对讲装置	已设计	拟设置摄像头，保证机房全覆盖
		有中文标识的紧急开门按钮	已设计	机房内拟设置 1 个紧急开门按钮，高 1.5m
监测设备	1#医用直线加速器机房	固定式剂量报警仪	计划配备	满足
		便携式辐射监测仪	已配备	满足
		个人剂量报警仪	计划配备	满足
		个人剂量计	计划配备	满足
	2#医用直线加速器机房	固定式剂量报警仪	计划配备	满足
		便携式辐射监测仪	已配备	满足
		个人剂量报警仪	计划配备	满足
		个人剂量计	计划配备	满足

六、环保设施及投资分析

本项目总投资 9000 万元，其中环保投资 44.4 万元，占总投资约 0.49%。具体环

保设施及投资见下表。

表 10-4 环保设施及投资一览表

项目		应具备条件	数量	投资 (万元)	
场所实 体设施	1#医用直线加 速器机房	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	1套	主体工程	
		铅防护门			
		通风系统			
	2#医用直线加 速器机房	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽			主体工程
		铅防护门			
		通风系统			
控制台 及安全 联锁	1#医用直线加 速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设	主体工程	
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应 具备紧急停机按钮	设		
		条件显示联锁、时间控制联锁	设		
		门机联锁			
	2#医用直线加 速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设		主体工程
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应 具备紧急停机按钮	设		
	条件显示联锁、时间控制联锁	设			
	门机联锁				
警示装 置	1#医用直线加 速器机房	入口电离辐射警示标志		主体工程	
		入口加速器工作状态显示			
		机房内准备出束音响提示	设		
		控制台上蜂鸣器	设		
	2#医用直线加 速器机房	入口电离辐射警示标志			主体工程
		入口加速器工作状态显示			
	机房内准备出束音响提示	设			
	控制台上蜂鸣器	设			
紧急设 施	1#医用直线加 速器机房	机房内有紧急停机按钮		主体工程	
		电视监控对讲装置			
		有中文标识的紧急开门按钮			
	2#医用直线加 速器机房	机房内有紧急停机按钮			主体工程
		电视监控对讲装置			
		有中文标识的紧急开门按钮			
监测 设备	1#医用直线加 速器机房	加速器机房内固定式剂量报警仪		主体工程	
		个人剂量报警仪			
		个人剂量计			
	2#医用直线加 速器机房	加速器机房内固定式剂量报警仪			主体工程
		个人剂量报警仪			
		个人剂量计			
	便携式辐射监测仪	放疗			
合计					

今后在实践中，医院应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善，使之更能满足实际和相关管理要求。

三废治理及射线装置报废处理

1、废气治理

加速器机房排风系统采用轴流风机排风，排风管通过机房西南部 S 型穿墙后，通过专用排风道至楼顶排放。

2、废水治理

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

3、固体废物处置

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

4、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目医用电子直线加速器在进行报废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目放疗科辐射工作场所施工期土建工程属于《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书》（批复文号：成环审（评）（2022）38号）中，本次评价不涉及放疗科机房的土建工程，施工期主要评价内容为：机房的装修、及设备安装和调试的环境影响。

（一）装修阶段环境影响分析

1、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，施工现场采用油漆及涂料均为环保材料，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。

2、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，依托医院污水收集系统收集处理后排入市政污水管网，不会对周围水环境产生影响。

3、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，本项目拟尽量采取使用低噪音设备、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。

4、固体废物影响分析

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，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，其余不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单位集中收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场处理。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）设备安装调试期环境影响

本项目直线加速器设备安装调试阶段会产生 X 射线、电子线；模拟定位 CT 机安装调试阶段会产生 X 射线，造成一定电离辐射影响。

本项目射线装置的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），在设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，射线开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌，禁止无关人员靠近。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对周边的辐射影响是可接受的。设备安装完成后，医院方及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

5、防辐射泄露施工要求

①根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目机房在施工期间应做到：机房墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8，混凝土密度 2.35g/cm^3 ；穿过加速器机房墙体的各种管道、电缆、进、排风口在主屏蔽墙以外的墙体贯穿，贯穿口采用斜穿方式，应进行相应的屏蔽补偿。

②根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）4.8.8：防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关时的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。

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

营运阶段对环境的影响

本项目拟购医用直线加速器属于II类射线装置，在营运中的主要为害为 X 射线。机房内的空气还会受 X 射线作用电离而产生臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一，故本报告表中不对其进行评述。此外，采用排风机强制换气，产生噪声。

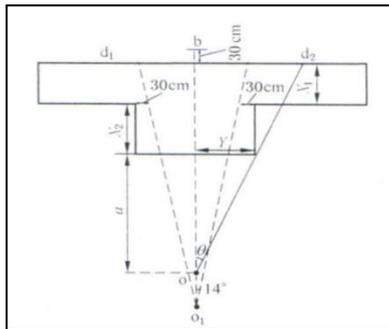
下面就直线加速器运营中产生的 X 射线、臭氧对环境的影响进行预测评价。

1、直线加速器辐射环境影响分析

(1) 加速器机房主屏蔽区宽度校核

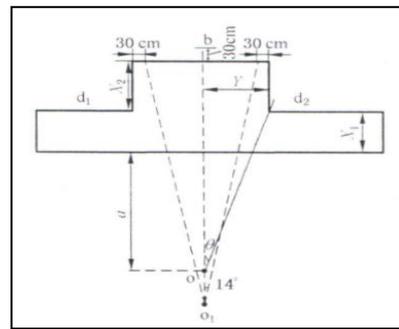
本项目 1#医用直线加速器机房、2#医用直线加速器机房主屏蔽区包括顶部、底部、西南侧、东北侧墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

根据《放射治疗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）附录 D，加速器主屏蔽区宽度计算分为以下两种情况，对应的主屏蔽半宽度 Y 的计算公式如下：



主屏蔽区内凸

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



主屏蔽区外凸

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

本项目1#医用直线加速器机房、2#医用直线加速器机房东北侧、西南侧、顶部主屏蔽墙均为外凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表11-1，直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图11-1。

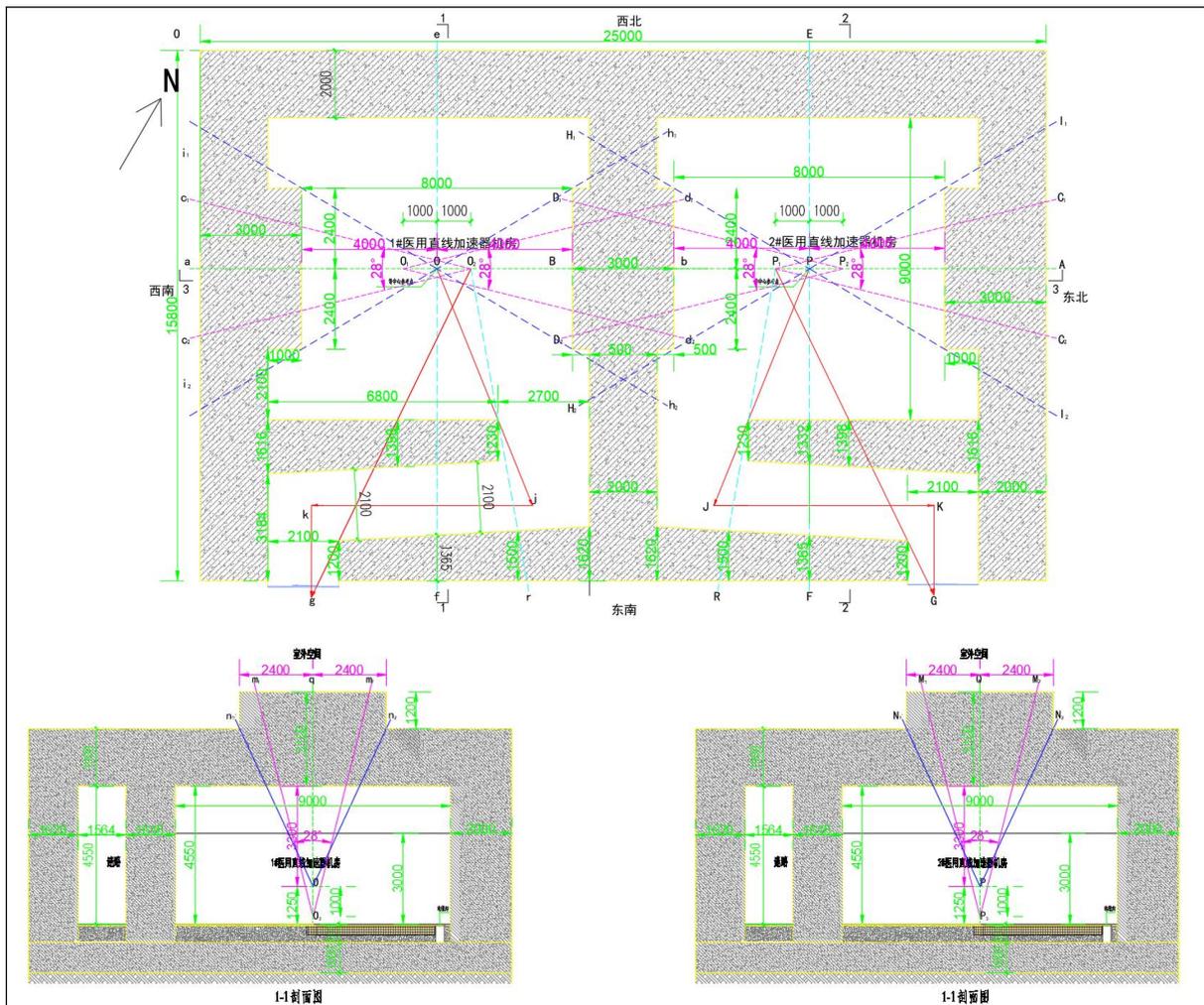


图 11-1 本项目加速器机房主射屏蔽范围计算示意图

表 11-1 本项目主屏蔽区宽度校核表

使用场所	焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
1#医用直线加速器机房	1#加速器机房东北侧 距主屏蔽墙体 4.0m	$2 \times [(1+4+0.5)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 3.35$	4.8	满足要求
	1#加速器机房西南侧 距主屏蔽墙体 4.5m	$2 \times [(1+4.5+2+0.5)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 4.6$	4.8	满足要求
	1#加速器机房顶部距 主屏蔽墙体 3.3m	$2 \times [(1+3.3+1.2+1.9)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 4.3$	4.8	满足要求
2#医用直线加速器机房	1#加速器机房东北侧 距主屏蔽墙体 4.5m	$2 \times [(1+4+1.0)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 3.6$	4.8	满足要求
	1#加速器机房西南侧 距主屏蔽墙体 4.0m	$2 \times [(1+4.5+2+0.5)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 4.6$	4.8	满足要求
	1#加速器机房顶部距 主屏蔽墙体 3.3m	$2 \times [(1+3.3+1.2+1.9)\text{tg}14^\circ + 0.3] = 4.3$	4.8	满足要求

根据表 11-1 可知，本项目 1#医用直线加速器机房、2#医用直线加速器机房主屏

蔽墙宽度均满足要求，设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的方案进行安装，杜绝安装后主射束超出主屏蔽墙范围的情况。

(2) 直线加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

① 加速器机房关注点设立

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的要求，在本项目直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，选取加速器最大工况运行（即“10MV，1米处输出剂量率 22Gy/min”）并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目加速器机房均位于门诊医技楼最底端地下负一层，下方无地下建筑，故机房地下不作为关注点。

本项目加速器机房关注点设立及主要照射路径图见图 11-2、11-3。

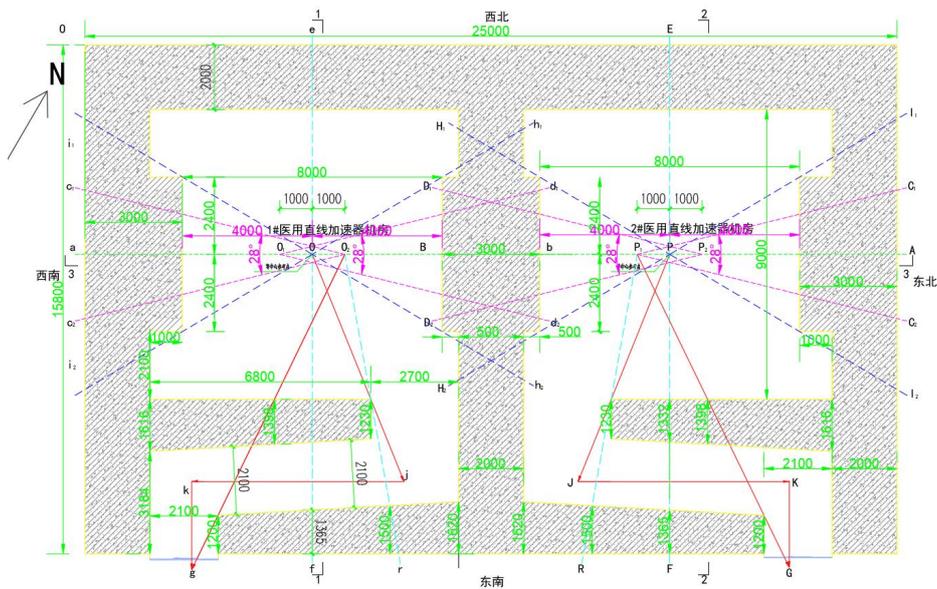


图11-2 本项目医用直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面）

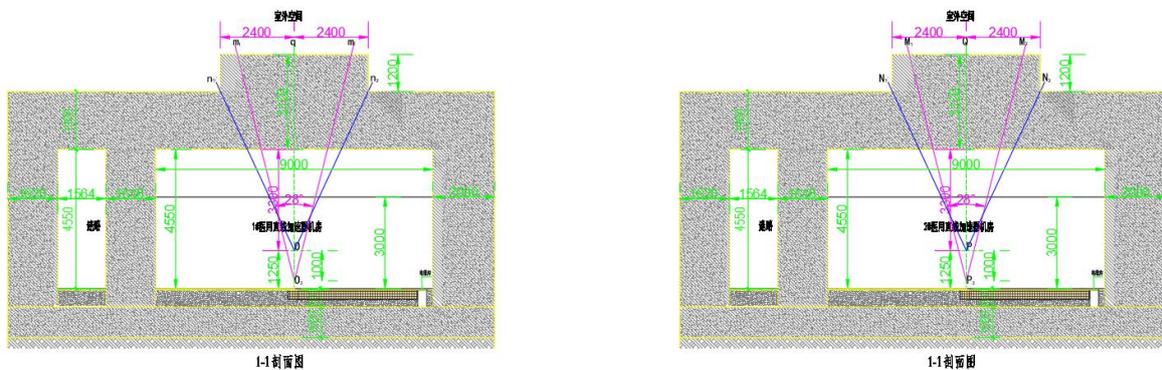


图 11-3 本项目医用直线加速器机房关注点及主要照射路径示意图（剖面）

表11-2 直线加速器机房各关注点一览表

序号	关注点	点位描述	居留因子	照射途径	射线路径
1	a	1#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外30cm（过道）	1/4	有用线束	0.1
2	b	1#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙外 30cm（2#医用直线加速器机房）			
3	q	1#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm（室外空间）			
4	e	1#医用直线加速器机房西北侧侧屏蔽墙外 30cm（土层）			
5	f	1#医用直线加速器机房东南侧侧屏蔽墙（迷路外墙）外 30cm（1#控制室）			
6	r	1#医用直线加速器机房东南侧侧屏蔽墙（迷路外墙）外 30cm（设备间）			
7	c ₁	1#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外 30cm（过道）			
8	c ₂	1#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外 30cm（过道）			
9	d ₁	1#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙外 30cm（2#医用直线加速器机房）			
10	d ₂	1#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙外 30cm（2#医用直线加速器机房）			
11	i ₁	1#医用直线加速器机房西南侧次屏蔽墙外 30cm（过道）			
12	i ₂	1#医用直线加速器机房西南侧次屏蔽墙外 30cm（过道）			
13	h ₁	1#医用直线加速器机房东北侧次屏蔽墙外 30cm（2#医用直线加速器机房）			
14	h ₂	1#医用直线加速器机房东北侧次屏蔽墙外 30cm（2#医用直线加速器机房）			
15	m ₁	1#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm（室外空间）			
16	m ₂	1#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm（室外空间）			
17	n ₁	1#医用直线加速器机房顶部次屏蔽墙外 30cm（室外空间）			
18	n ₂	1#医用直线加速器机房顶部次屏蔽墙外 30cm（室外空间）	1/10	散射辐射	0.12

				散射辐射	O ₃ -O-n ₂
19	g	1#医用直线加速器机房入口防护门外 30cm (过道)		泄露辐射	O _{2-g}
20	A	2#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙外30cm (土层)			
21	B	2#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外 30cm (1#医用直线加速器机房)			
22	Q	2#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm (室外空间)			
23	E	2#医用直线加速器机房西北侧侧屏蔽墙外 30cm (土层)			
24	F	2#医用直线加速器机房东南侧侧屏蔽墙 (迷路外墙) 外 30cm (2#控制室)			
25	R	2#医用直线加速器机房东南侧侧屏蔽墙 (迷路外墙) 外 30cm (设备间)			
26	C ₁	2#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙 (迷路外墙) 外 30cm (土层)			
27	C ₂	2#医用直线加速器机房东北侧主屏蔽墙 (迷路外墙) 外 30cm (土层)			
28	D ₁	2#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外 30cm (1#医用直线加速器机房)			
29	D ₂	2#医用直线加速器机房西南侧主屏蔽墙外 30cm (1#医用直线加速器机房)			
30	I ₁	2#医用直线加速器机房东北侧次屏蔽墙外 30cm (土层)			
31	I ₂	2#医用直线加速器机房东北侧次屏蔽墙外 30cm (土层)			
32	H ₁	2#医用直线加速器机房西南侧次屏蔽墙外 30cm (1#医用直线加速器机房)			
33	H ₂	2#医用直线加速器机房西南侧次屏蔽墙外 30cm (1#医用直线加速器机房)			
34	M ₁	2#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm (室外空间)			
35	M ₂	2#医用直线加速器机房顶部主屏蔽墙外 30cm (室外空间)			
36	N ₁	2#医用直线加速器机房顶部次屏蔽墙外 30cm (室外空间)			

37	N ₂	2#医用直线加速器机房顶部次屏蔽墙外 30cm（室外空间）		泄露辐射	P-N ₂
38	G	2#医用直线加速器机房入口防护门外 30cm（过道）			

注：1、图中（表中）的 c₁、c₂、d₁、d₂、m₁、m₂、C₁、C₂、D₁、D₂、M₁、M₂ 均为有用线束所能照射的最大范围点，均位于主屏蔽墙外 30cm，且所照射剂量均小于直射点剂量，故进行计算时不计算此 12 个点，取最不利点 a、b、q、A、B、Q 进行计算；

②剂量率参考控制水平

本项目加速器机房边界周围剂量率控制水平参照《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)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)等相关标准要求,医用电子直线加速器机房屏蔽体外人员居留因子 $T > 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$, 人员居留因子 $T \leq 1/2$ 的场所: $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$, 本项目综合考虑保守取 $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

建设单位在本项目1#医用直线加速器机房、2#医用直线加速器机房完工投用后,不得擅自改变加速器机房周围的功能用途。

(3) 电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

根据前文分析,放疗科2间加速器机房呈“镜像”布置,2间机房的净空面积、屏蔽防护设计、主射方向以及设备的安装情况均相同;因此本次预测保守考虑,选取1#医用直线加速器机房作为代表性机房进行分析预测。

表 11-3 辐射源点(靶点)至关注点的距离

关注点名称		辐射源点距屏蔽墙距离	辐射源点距屏蔽墙外 30cm 距离
1#医用 直线加 速器机 房	主屏蔽区(a点)	8m	(8+0.3) 8.3m
	主屏蔽区(b点)		
	主屏蔽区(q点)		
	迷路入口(g点)		
	顶部(n ₁ 点)		
	墙体(f点)		
	墙体(e点)		
	墙体(r点)		
	次屏蔽区(i ₁)		
	次屏蔽区(i ₂)		
	次屏蔽区(h ₁)		
	次屏蔽区(h ₂)		

1) 主屏蔽墙体屏蔽效果预测(a点、b点和q点)

射线路径(射线类型): $O_2 \rightarrow a$ (主射线), $O_1 \rightarrow b$ (主射线), $O_3 \rightarrow q$ (主射线)。使用 GBZ/T 201.2-2011 的相关公式计算有用线束主屏蔽核算,在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时,首先计算有效厚度 X_e (cm),估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B ,再计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots (式 11-1)$$

$$B = 10^{-\frac{(X_e + TVL - TVL_1)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

X—屏蔽物质厚度，cm；

X_e—有效厚度，cm；

θ—斜射角，入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

B—辐射屏蔽透射因子；

TVL₁、TVL—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TVL₁时，TVL₁=TVL。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/T 201.2-2011）附录B表B.1，本项目10MV医用电子直线加速器有用束TVL₁取41，TVL取37；90°泄露辐射TVL₁取35，TVL取31；

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

式中：

H₀—加速器有用线束中心轴上距产生治疗X射线束的靶（以下简称靶）1m处的最高剂量率，μSv·m²/h；本项目为1.32E+09μSv·m²/h（最高剂量率22Gy/min）；

B—辐射屏蔽透射因子；

R—靶点至关注点的距离，m，本项目关注点为相应屏蔽体外30cm；

f—对有用线束为1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入公式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率H（μSv/h），辐射剂量率计算参数和计算结果见表11-4。

表 11-4 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	西南侧主屏蔽墙(a点)	东北侧主屏蔽墙(b点)	屋顶主屏蔽墙(q点)
砼厚度 X(cm)	300	300	300
X _e (cm)			
TVL (cm)			
TVL ₁ (cm)			
B			
R (m)			
H ₀ (μSv·m ² /h)			
f			
H (μSv/h)			
H _e (μSv/h)	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足	满足	满足

2) 侧屏蔽墙及迷道内墙屏蔽效果预测 (f点、e点、g点和r点)

射线路径（射线类型）：O→f（泄漏射线），O→e（泄漏射线），O₂→r（泄漏射线），O₂→g（泄漏射线）。泄漏辐射估算方法类似主屏蔽区。TVL₁和TVL为附录B表B.1的泄漏辐射值。f点、e点、g点、r点辐射剂量率计算参数和结果见表11-5。

表 11-5 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

参数	东南侧屏蔽墙 (f点)	西北侧屏蔽 墙 (e点)	东南侧迷道屏 蔽内墙 (g点)	东南侧迷道屏 蔽外墙 (r点)				
砼厚度 X (cm)								
斜射角θ (°)								
X _e (cm)								
TVL (cm)								
TVL ₁ (cm)								
B								
R (m)								
H ₀ (μSv.m ² /h)								
f								
H ₀ (μSv/h)								
H _c (μSv/h)					2.5	2.5	0.5	2.5
评价结果					满足	满足	满足	满足

注：1、迷道内墙关注点剂量率取（GBZ/T201.2-2011 附录 D 中“D.1.2.6a）当迷路入口以 2.5μSv/h 剂量率控制时，穿过迷路内墙在 g 点处的泄漏辐射剂量率应小于其 1/4，取为 0.5μSv/h”。

3) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测 (i₁ 点、h₁ 点及 n₁ 点)

①射线路径（射线类型）：O₂→O→i₁（散射射线），O₁→O→h₁（散射射线），O₃→O→n₁（散射射线）；O→i₁（泄漏射线），O→h₁（泄漏射线），O→n₁（泄漏射线）。对于位置 i₁ 点、h₁ 点、n₁ 点，考虑泄漏辐射和散射辐射复合作用。

②泄漏辐射计算：泄漏辐射屏蔽，估算方法类似主屏蔽区。TVL₁和TVL保守取 GBZ/T201.2-2011 附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。

③散射辐射屏蔽计算：在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 X_e (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B（其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表 B.4），再按照公式 11-4 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (式 11-4)$$

\dot{H} —剂量率参考控制水平；

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。根据散射线能量和考察点斜射角，查表(GBZ/T2012-2011)
 中表 B.2。

\dot{H}_0 —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率，
 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目 10MV 医用直线加速器为 $1.32\text{E}+09\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率 22Gy/min）；

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 40cm×40cm；

R—患者（位于等中心点）至关注点的距离；

B—辐射屏蔽透射因子；

④**预测计算结果：**叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量
 率值，将其与本项目确定的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 相比，判断机房屏蔽设计是否
 满足标准要求，计算结果见表 11-6。

表 11-6 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		西南侧次屏蔽墙 (i ₁ 点)	东北侧次屏蔽墙 (h ₁ 点)	屋顶次屏蔽墙 (n ₁ 点)
砼厚度 X (cm)				
斜射角θ (°)				
Xe (cm)				
H ₀ (μSv·m ² /h)				
泄漏 辐射	TVL (cm)			
	TVL _l (cm)			
	B			
	R (m)			
	f			
	$\dot{H}_{漏}$ (μSv/h)			
散射 辐射	TVL (cm)			
	TVL _l (cm)			
	R _s (m)			
	α_{ph}			
	B			
	F (cm ²)			
	$\dot{H}_{散}$ (μSv/h)			
H (散射+漏射) (μSv/h)				
\dot{H}_c (μSv/h)		2.5	2.5	2.5

$$H_c = H_g 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \dots\dots\dots (式 11-6)$$

式中：

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

\dot{H}_{og} —O₂ 位置穿过迷道内墙的泄露辐射在 g 处的剂量率；

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

表 11-8 防护门外 g 点的辐射剂量率核算值

参数		防护门外 g 点
\dot{H}_g		
X		
TVL		
\dot{H}_{og}		
入口门外关注点总辐射剂量 \dot{H}_c		
	估算值	
	控制值	2.5 $\mu\text{Sv/h}$
	评价结果	满足

5) 汇总

综上所述，1#医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-9。

表 11-9 本项目 1#医用直线加速器机房墙、顶、门外理论估算结果汇总

关注点	剂量率估算值 ($\mu\text{Sv/h}$)	参考控制水 ($\mu\text{Sv/h}$)	结论
1 # 医用直线加速器机房		2.5	满足
西南侧主屏蔽墙 (a 点)		2.5	满足
东北侧主屏蔽墙 (b 点)		2.5	满足
屋顶主屏蔽墙 (q 点)		2.5	满足
西北侧屏蔽墙 (e 点)		2.5	满足
东南侧屏蔽墙 (f 点)		2.5	满足
东南侧迷道外侧屏蔽墙 (r 点)		2.5	满足
西南侧次屏蔽墙 (i ₁ 点)		2.5	满足
东北次屏蔽墙 (h ₁ 点)		2.5	满足
屋顶次屏蔽墙 (n ₁ 点)		2.5	满足
防护门外 (g 点)		2.5	满足

综上所述，本项目 1#直线加速器机房运行时，其周围关注点处辐射剂量率低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）等相关标准要求。

(4) 直线加速器保护目标所受年有效剂量分析

根据医院预测的诊疗需要，本项目单台医用直线加速器机房投入使用后，预计每天最多放射治疗 40 人，年最大治疗出束时间约 260h/台；物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 10h/年/台。本项目放疗科加速器职业人员根据工作属性不同，分为放疗技师、放疗医师、放疗物理师；放疗医师、物理师的受照时间保守按照患者年治疗总时间的 30%考虑；物理师在患者就诊前或者周末非工作日会对设备进行质量控制验证。

本项目放疗科 2 台加速器拟配置 10 名辐射工作人员，其中医师 4 人、技师 4 人、物理师 2 人，人员平均分 2 组进行轮班作业，各组人员互不交叉。根据实际情况 2 台加速器人员轮班作业每组人员时间很难平均分配，因此本次预测职业人员受照工作时间取不超过每组受照时间的 1.2 倍保守考虑。不同职业人员岗位职责及受照时间分析见下表 11-10。

表 11-10 直线加速器职业人员分配及受照时间分析表

项目	人员	受照时间 (h)		备注
直线加速器	放疗医师	93.6 (260×30%×1.2)		患者年治疗总时间的 30%
	放疗技师	312 (260×1.2)		实施治疗，即患者年治疗时间
	放疗物理师	105.6	12 (10×1.2)	控制室内做独立质控、剂量验证
			93.6 (260×30%×1.2)	患者年治疗总时间的 30%
	公众	270(260+10)		质控、剂量验证+病人受照时间

关注点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算，计算结果见表 11-11。

$$D_{Eff} = \dot{K}_\alpha \cdot t \cdot T \cdot U \dots \dots \text{公式 11-7}$$

式中：

D_{Eff} —关注点人员有效剂量 (Sv)；

\dot{K}_α —关注点的辐射剂量率 (Sv/h)；

t—关注点处受照时间 (h)；

T—居留因子，全部居留 T=1，部分居留 T=1/4，偶尔居留 T=1/16；

U—使用因子。

表 11-11 直线加速器机房外关注点理论预测最大年受照剂量统计表

关注点位	T	U	剂量率估算值 (μSv/h)	年受照时间 (h)	人员年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	结论
过道	a	1/4	1.92E-01	270	1.30E-02	0.1	满

过道	i_1	1/4	1	1.02E-02	270	6.89E-04	0.1	足
2#加速器 机房	b	1/8	1	1.92E-01	270	6.48E-03	5	
2#加速器 机房	h_1	1/8	1	1.17E-02	270	3.95E-04	5	
土层	e	/	/	/	/	/	/	
控制室	f	1	1	3.85E-05	312(技师)	1.20E-05	5	
		1	1	3.85E-05	93.6(医师)	3.60E-06	5	
		1	1	3.85E-05	105.6(物理师)	4.07E-06	5	
设备间	r	1/4	1	2.28E-01	270	1.54E-02	5	
机房上空 (室外空 间)	q	1/16	1	2.23E-01	270	3.76E-03	0.1	
	n_1	1/16	1	8.73E-02	270	1.47E-03	0.1	
过道	g	1/4	1	1.04	270	7.02E-02	0.1	

注：1.居留因子取自《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）表 A.1；

2.根据附图 6 放疗科两区划分示意图，划为控制区和监督区的非工作人员按照职业进行管理，剂量约束值取 5mSv/a。

由表 11-11 可知，本项目放疗科单台直线加速器职业人员所受年附加叠加有效剂量最大为 **1.54E-02mSv**；公众所受年附加叠加有效剂量最大为 **3.51E-02mSv**。

(5) CBCT（图像引导系统）辐射防护评价

医院配备的 2 台医用电子直线加速器均自带有 CBCT 系统，CBCT 在加速器治疗前通过 X 射线扫描得到三维影像，对照射位置和剂量进行校准，最大管电压 150kV，管电流 800mA，远远小于医用电子直线加速器的最大管电压 10MV。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑，本项目加速器机房采用混凝土实体屏蔽射线，且防护厚度在 1500mm~3100mm，远大于《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）中主射线束 2.5mmPb 的要求，即射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求，射线装置工作时对机房外公众和辐射工作人员影响较小。

(四) 放疗科保护目标辐射影响综合分析

(1) 放疗科机房屏蔽体外剂量率叠加估算

本次放疗科拟新增使用 2 台 10MV 直线加速器、1 台模拟定位 CT 机；2 间直线加速器机房镜像布置，模拟定位 CT 机房隔走廊布置在放疗科南侧；因模拟定位 CT 机相对于加速器能量较小，因此在校核放疗科机房屏蔽体外辐射剂量率

时，综合考虑 2 间直线加速器机房同时运行，以加速器机房为整体选取屏蔽体外四周关注点辐射剂量率进行叠加分析，放疗科机房辐射剂量率叠加结果如表 11-12 所示。

表 11-12 本项目放疗科辐射剂量率叠加估算结果一览表

关注点位	辐射剂量率 (μSv/h)			剂量率参考控制水平 (μSv/h)	备注
	1#直线加速器机房理论预测值	2#加速器机房理论预测值	总计		
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	满足
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	
	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	2.5	

综上所述，本项目放疗科 2 间加速器机房同时运行时，放疗科机房周围关注点处辐射剂量率最大为 [Redacted] 低于 2.5μSv/h，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）等相关标准要求。

(2) 放疗科保护目标综合年辐射剂量分析

本项目保护目标综合辐射剂量率分析时，将加速器机房视为整体，选取距离放疗科机房四周屏蔽体外较近的为代表点，保守考虑2间直线加速器机房同时运行的叠加影响。本项目放疗科四周保护目标年附加辐射剂量由下式进行计算：

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

式中：

H—关注点的剂量当量(μSv/h)；

E—关注点的年剂量 (mSv/a) ；

h—年工作负荷 (h/a) ；

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/8；

WT—组织权重因数，全身为 1。

本项目放疗科周围保护目标最大辐射剂量叠加如下表所示：

表 11-13 放疗科机房周围人员年有效剂量叠加估算表

序号	最近保护目标	贡献剂量 射线装置	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大照 射时间 (h)	居留 因子	年最大辐射 剂量 (mSv/a)	综合年辐射 剂量 (mSv/a)	照射 类型

备注：①上述环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值；

②控制室内职业人员选取受照时间最大的技师进行代表性分析计算；

根据上述分析职业人员所受最大附加有效剂量为 []；院内公众所受最大附加有效剂量为 []；均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求，均低于本报告执行的剂量约束值（职业：5mSv/a，公众：0.1mSv/a）。

由于本项目院内四周环境保护目标距放疗科机房墙体相对较远（远大于表面30cm），且放疗科位于门急诊医技住院楼负一层最底层，经建筑体及土层的屏蔽后，机房边界外50m范围内敏感点处公众所受的辐射剂量将远小于上述表11-13机房屏蔽体外30cm处公众的理论计算值，其所受年有效剂量同样可以满足本项目管理目标剂量约束值要求，因此不再做重复估算。

2、臭氧环境影响分析

由于本项目1#医用直线加速器机房和2#医用直线加速器机房空气中的氧受X射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{ (式 11-9)}$$

式中：

Q_0 —臭氧产率 mg/h；

G—射束在距离源点 1m 处的剂量率, Gy/min; 本项目 10MV 直线加速器取 22Gy/min;

So—射束在距离源点 1m 处的照射面积 m², 本项目均取 0.16;

R—射束径迹长度 m, 取 1;

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

表 11-12 本项目臭氧产额计算

G(Gy/min)	So (m ²)	R (m)	g	Q ₀ (mg/h)
1#医用直线加速器机房	22			
2#医用直线加速器机房				

经计算, 1#医用直线加速器机房臭氧产额为 [REDACTED], 2#医用直线加速器机房臭氧产额为 [REDACTED]。

本项目直线加速器机房采用专用排风系统, 设计排风量 2000m³/h, 医用直线加速器机房体积均按照 312.3m³ 进行计算, 每小时换气次数为 6 次, 满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011) 中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的相关规定。

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

式中:

C—室内臭氧浓度, mg/m³;

Q₀—臭氧产额 mg/h;

T_v—臭气有效清除时间, h, 经式 11-11 计算得;

V—机房空间体积, 医用直线加速器机房面积均为 104.1m²(含迷路), 体积均为 312.3m³(含迷路);

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

t_v—每次换气时间, 0.17h;

t_a—臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

表 11-13 本项目室内臭氧饱和浓度计算

Q ₀ (mg/h)	T _v (h)	V (m ³)	t _v (h)	t _a (h)	C (mg/m ³)
1#医用直线加速器机房	12.72	312.3	0.17	0.83	0.00620
2#医用直线加速器机房	1				

1#医用直线加速器机房臭氧产额为 [REDACTED]，1#医用直线加速器机房内的臭氧平衡浓度为 [REDACTED]；2#医用直线加速器机房臭氧产额为 [REDACTED]，2#医用直线加速器机房内的臭氧平衡浓度为 [REDACTED]，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³ 的要求，本项目产生的臭氧采用换气系统排入环境大气后，经自然分解和稀释，符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.20mg/m³）的要求。

本项目 1#医用直线加速器机房配置有通排风系统，3 个进风口均匀分布在机房顶部东北侧，进风管（500mm×500mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于 1#医用直线加速器机房南侧）；2 个排风口（距地 300mm）均分布在 1#医用直线加速器机房西南，排风管（500mm×400mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体，再接入排风管道通向 2#医用直线加速器机房东侧的排风井在门急诊医技楼楼顶独立排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 2000m³/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³ 的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

本项目 2#医用直线加速器机房配置有通排风系统，3 个进风口均匀分布在机房顶部中央，进风管（400mm×200mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于 1#医用直线加速器机房南侧）；2 个排风口（距地 300mm）均分布在 2#医用直线加速器机房南侧，排风管（400mm×200mm）穿墙高度约 3.1 米，以“S”型管道穿过迷路门上方墙体进入更衣准备间，再接入排风管道通向 2#医用直线加速器机房东侧的排风井在门急诊医技楼楼顶独立排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 2000m³/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m³ 的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m³）要求。

环境影响风险分析

一、环境风险评价的目的

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

二、风险识别

直线加速器不运行不存在辐射安全事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当加速器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，而且最大可能的事故主要有两种：

①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房；

②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员受误照射，引发辐射事故。

三、源项分析及事故等级分析

直线加速器会产生 X 射线及臭氧，臭氧经通风设施换气、稀释，对大气环境基本无影响，故医用直线加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 X 射线。

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-14 中。

表 11-14 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	潜在危害
一般辐射事故	是指 IV、V 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人员受到超过年剂量限值的照射。
较大辐射事故	是指 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。
重大辐射事故	是指 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。
特别重大辐射事故	是指 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。

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 11-15。

表11-15 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
	急重度	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
	急重度	/
脑型急性放射病	轻度	10.0Gy~100.0Gy
	中度	
	重度	
	急重度	
	死亡	100Gy

四、后果计算

1、直线加速器事故的后果计算

本项目医用电子直线加速器属于II类 X 射线装置，当设备运行时会产生 X 射线，关机时不会产生 X 射线，项目环境风险因子为 X 射线，根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

①由于安全连锁系统失效，在防护门未关闭的情况即进行照射操作，对误入人员或防护门周围活动人员造成不必要的照射；

②工作人员或病人家属还未全部撤离机房，操作间人员启动设备，造成机房滞留人员的误照射。

(2) 后果计算与分析

(1) 事故情景假设

假设加速器以额定能量10MV运行，在调强治疗条件下，主射束方向距靶1m处剂量率为最大值22Gy/min（10MV）。因门-灯连锁或门-机连锁等安全连锁装置失效，防护门未关闭，或辐射工作人员巡场不完全，导致无关人滞留误入机房，假设误入人员处于加速器照射头1m处的主射束方向，在发现设备处于开机状态，立即撤至机房迷道内，鉴于机房迷道内设置有急停按钮，只要按下此按钮就可以紧急停机，结合加速器机房平面布置，误入人员与加速器照射头最远距离约为4m。

(2) 剂量估算

根据上述事故情景，经计算，随时间和距离的变化，最大可能受到的剂量见下表：

表 11-16 直线加速器事故状态下不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间(s) \ 距离(m)	5	15	30	60
1	1.83E+03	5.50E+03	1.10E+04	2.20E+04
2	4.58E+02	1.38E+03	2.75E+03	5.50E+03
3	2.04E+02	6.11E+02	1.22E+03	2.44E+03
4	1.15E+02	3.44E+02	6.88E+02	1.38E+03

(2) 事故等级

通过计算，当人员误入受到直线加速器主射方向 1m 处 60s 的辐射影响，其有效剂量为 2.20E+04mSv/次，其所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中的剂量限值(职业人员 20mSv/a，公众 5mSv/a)，参照表 11-15，可能会发生肠型急性重度放射病，对照表 11-14 射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病的为较大辐射事故。

五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

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，将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) 制定射线装置操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求(即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置)。在放射治疗操作时，至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护。

(2) 每月检查门灯联锁装置，确保安全联锁装置正常运行；每月对射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

(3) 定期对射线装置采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(4) 加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

(5) 制定事故应急预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

(6) 制定完善的操作规范，对操作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作。

(7) 在治疗过程中应注意对被检者的防护，合理使用 X 射线，实施医疗照射防护最优化的原则，实际操作中可采用“高电压、低电流、重过滤、小视野”的办法，使被检者所受的剂量，达到合理的尽可能的低水平。

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

六、事故综合防范应对措施

医院在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

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

- ①建立安全管理领导小组，组织管理医院的安全工作；
- ②加强人员的培训，考试（核）合格、持证上岗；
- ③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；
- ④制定医院事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构

一、辐射防护安全和应急救援工作领导小组

大邑县人民医院发布了关于成立辐射安全委员会及辐射应急救护领导小组的通知文件（见附件），明确了管理人员职责。其职责包括：

①制订本院辐射安全的计划和总结；对辐射安全控制效果进行评议；研究部署全院突发性核事故与辐射事故应急工作，制定和组织实施医院突发性核事故与辐射事故应急预案，并定期修订；

②定期召开辐射安全工作会议，定期对委员会成员进行调整；讨论辐射安全工作、放射人员职业危害控制等事宜；

③负责对全院辐射安全工作进行监督。检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况；负责本院放射人员的健康档案管理；组织实施放射人员关于辐射安全相关的法律法规及防护知识的培训工作；

④负责组织、协调和指挥全院辐射安全事故应急处置工作；

⑤向上级主管部门报告医院突发性辐射安全事故相关情况；

⑥统一对外发布医院辐射安全事故有关信息；

⑦会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射安全事故，并对有关责任人员提出处理意见。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

①本项目拟配备辐射工作人员10名，均为新增辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。

②核素和射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

③医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对放射性同位素、放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培

训。

②根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，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>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

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

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

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下八大类：“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”。

二、辐射安全管理规章制度

根据医院实际情况，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	备注
1	辐射防护安全责任制度	需根据新增项目完善，应包含但不限于“三废”管理制度、直线加速器中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射工作人员岗位职责	需根据新增项目完善，需悬挂于辐射工作场所墙上
3	辐射工作场所安全管理要求	需根据新增项目完善，需悬挂于辐射工作场所墙上
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需根据新增项目完善
5	放射源与射线装置台账管理制度	需根据新增项目完善
6	场所分区管理规定	需根据新增项目完善，应包含但不限于人流、物流图，患者管理规定
7	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	需根据新增项目完善

8	辐射工作人员培训计划	需根据新增项目完善，内容应至少包括参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核的要求及频次
9	辐射工作设备操作规程	需根据新增项目完善，挂于辐射工作场所墙上，应包含每种射线装置的操作规程和去污操作规程
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	需根据新增项目完善
11	辐射事故处理、应急处理规章制度	需根据新增项目完善，预案中“辐射事故应急响应程序”应悬挂于辐射工作场所墙上
12	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需根据新增项目完善，监测方案参考本章辐射监测内容
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	需根据新增项目完善，内容应至少包括受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

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

辐射监测

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

1、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

2、个人监测

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

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

字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

(3) 根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），就本项目而言，辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前；对于工作中穿戴铅衣（如放射科操作）的情况，通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员的实际有效剂量，当受照剂量可能超过调查水平时（如介入操作），则还需要在铅衣外面衣领上另外佩带一个剂量计，以估算人体未被屏蔽部分的剂量。

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

3、医院自我监测

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

4、监测内容和要求

(1) 监测内容：X/γ空气吸收剂量率。

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

表 12-2 本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
直线加速器	X/γ空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，频率为 1 次/年；验收监测 1 次；自行开展辐射监测。	1#医用直线加速器机房：四周屏蔽墙外人员可达区域 30cm 处、机房上方、控制室、防护门外 30cm 处、电缆沟、通风口、机房外保护目标等
			2#医用直线加速器机房：四周屏蔽墙外人员可达区域 30cm 处、机房上方、控制室、防护门外 30cm 处、电缆沟、通风口、机房外保护目标等

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进行检定/校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

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

5、年度监测报告情况

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

6、开展辐射监测的情况

（1）个人剂量检测

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度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18号）要求建立个人剂量档案，医院有专人负责个人剂量检测管理工作。

医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，医院要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过20mSv，应立即开展调查并报告

辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

据调查，医院委托了有检测资质的公司开展个人剂量计的检测，佩戴周期为 2023 年 1 月 01 日至 2023 年 12 月 31 日连续四个季度个人剂量检测报告（附件 5），辐射工作人员年剂量值均未超过 5mSv，且无单季度个人剂量超过 1.25mSv 的情况，符合管理要求。

医院应进一步加强个人剂量管理，加强人员的培训指导，并随时对个人剂量进行监控，对遗失个人剂量计的职业人员采取相应的处理措施。若医院未查找到个人剂量超过 1.25mSv 的原因，应将个人剂量计委托第三方进行校正检测。

辐射事故应急

1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

（1）医院现有辐射事故应急预案内容

医院现有辐射事故应急预案内容包括：应急机构人员组成，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

（2）本项目辐射事故应急预案可行性分析

医院现有辐射事故应急预案内容包括了应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话等，仍需补充完善以下内容：

- ①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。
- ②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- ③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。
- ④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。
- ⑤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。
- ⑥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。

2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

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

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

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

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

项目名称：大邑县人民医院新增直线加速器项目

建设性质：新建

建设地点：四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层

投资金额： ██████████

建设内容及规模：医院拟在新院区门急诊医技楼负一层（拟建，由主楼（-1~14F）和裙楼（-1~4F）构成综合体建筑）建设核技术利用项目：分别在 1# 医用直线加速器机房和 2# 医用直线加速器机房内各使用 1 台 10MV 医用直线加速器（型号待定、属 II 类射线装置），均具备适形调强放射治疗（IMRT）、图像引导下的调强放疗（IGRT）、三维适形放疗（3DRT）和容积旋转调强放射治疗（VMAT）功能。同时在设备治疗机头侧配备有诊断锥体束 CBCT 图像引导模块，实现靶区位置的校准。治疗时 X 射线最大能量均为 10MV，X 射线 1m 处剂量率均为 22Gy/min，电子线最大能量均为 15MeV，电子线 1m 处最大剂量率均为 30Gy/min。CBCT 最大管电压 150kV，最大管电流 800mA。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据国家发展和改革委员会 2023 年第 7 号令《产业结构调整指导目录（2024）》（2024 年 2 月 1 日施行）的相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”第 4 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。本项目的运营可为大邑县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全市医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，具有辐射项目实践的正当性。

三、本项目选址合理性分析

本项目选址于四川省成都市大邑县晋原街道雪山大道三段与鹤翔大道交叉口东南侧大邑县人民医院新院区门急诊医技楼负一层。医院已取得了成都市生态

环境局关于《大邑县卫生健康局大邑县人民医院迁建项目环境影响报告书的审查批复》（成环审（评）〔2022〕38号），本项目仅为其中配套建设内容，不新增用地，且拟建的各辐射工作场有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，项目所在地的 γ 辐射空气吸收剂量率背景值属于当地天然本底涨落范围内。

五、环境影响评价分析结论

1、施工期环境影响分析

本项目产生的固废，通过集中收集，定时清运到指定地点处理后，对环境影响较小；施工机械冲洗废水通过沉淀后循环使用，生活污水产量较小，依托医院现有生活污水处理设施处理；扬尘、废气通过封闭施工、湿法作业等措施有效减小扬尘、废气对环境的影响；噪声通过选用低噪声设备，规范操作，合理安排施工时间等措施后对环境的影响较小。本项目施工工程量小，时间短，施工结束后影响即可消除，对周围环境影响较小。

2、营运期环境影响分析

（1）辐射环境影响

①关注点

本项目 6MV 直线加速器运行工作时，职业人员受年附加有效剂量最大为 mSv，公众受年附加有效剂量最大为 mSv，分别低于本次评价确定的 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

本项目 10MV 直线加速器运行工作时，职业人员受年附加有效剂量最大为 mSv，公众受年附加有效剂量最大为 mSv，分别低于本次评价确定的 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

②保护目标

本项目职业人员受年附加有效剂量最大为 █████ 公众受年附加有效剂量最大为 █████ 分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电

离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离直线加速器机房最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在直线加速器投入运营后，产生的 X 射线经墙体、铅门屏蔽和距离衰减后，机房周围环境保护目标年受照剂量远低于预测剂量，对机房周围公众影响更小。

(2) 其他环境影响

①声环境影响分析

本项目主要噪声源为所用风机、辅助机房水泵和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，且本项目排风系统排风量为 2880m³/h、功率为 1.1kW、噪声源强为 65dB (A)，由于风机位于地下负一层，经距离衰减与土壤的隔离后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

②水环境影响分析

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

③固体废物影响分析

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

六、事故风险与防范

医院制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻落实，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

七、环保设施与保护目标

本项目设计和拟配备环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

八、医院辐射安全管理的综合能力

医院严格落实本报告提出的相关管理要求和环保设施及措施后，具备辐射安全管理的综合能力。

九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位大邑县人民医院网站上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

十、项目环保可行性结论

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

十一、项目竣工验收检查内容

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表开展验收。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程环保验收一览表见表13-1。

表13-1 项目环保验收检查一览表

项目		应具备条件	数量
场所实体设施	1#医用直线加速器机房	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	1套
		铅防护门	1扇
		通风系统	1套
	2#医用直线加速器机房	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	1套
		铅防护门	1扇
		通风系统	1套
控制台及安全联锁	1#医用直线加速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
		条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带
		门机联锁	1套
	2#医用直线加速器机房	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
		加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
		条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带
		门机联锁	1套
警示装置	1#医用直线加速器机房	入口电离辐射警示标志	1套
		入口加速器工作状态显示	1套
		机房内准备出束音响提示	设备自带
		控制台上蜂鸣器	设备自带

	2#医用直线加速器机房	入口电离辐射警示标志	1套
		入口加速器工作状态显示	1套
		机房内准备出束音响提示	设备自带
		控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	1#医用直线加速器机房	机房内有紧急停机按钮	2个
		电视监控对讲装置	1套
		有中文标识的紧急开门按钮	1套
	2#医用直线加速器机房	机房内有紧急停机按钮	2个
		电视监控对讲装置	1套
		有中文标识的紧急开门按钮	1套
监测设备	1#医用直线加速器机房	加速器机房内固定式剂量报警仪	1套
		个人剂量报警仪	5个
		个人剂量计	5套
	2#医用直线加速器机房	加速器机房内固定式剂量报警仪	1套
		个人剂量报警仪	5个
		个人剂量计	5套
			便携式辐射监测仪

要求与建议

(1) 凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

(2) 落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制，严格落实。

(3) 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；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

(4) 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。

(5) 项目拟建造和运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求。

(6) 每月对射线装置的安全联锁系统和安全设施进行检查、维护，定期对机房防护门闭合处进行检查，防止产生缝隙，导致射线从缝隙泄漏。

(7) 每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果通过全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上报生态环境主管部门。

(8) 医院在申请辐射安全许可证变更前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

(9) 本次环评仅对本项目工作场所进行评价，日后如有变化，应另作环境影响评价。

(10) 射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

(11) 根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

①编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

②建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项

目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

③除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

(12) 根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)规定：

①建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范 (<http://kjs.mee.gov.cn/hjbhzbz/bzwb/other>)。

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

③本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

④除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

a.本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收；b.对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；c.验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当拟建设项目环境影响评价信息平台 (<http://114.251.10.205/#/pub-message>) 中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。