

核技术利用建设项目

新增直线加速器和数字减影血管造影机
(DSA) 核技术利用项目

环境影响报告表

(公示本)

绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）

2022年10月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增直线加速器和数字减影血管造影机
(DSA) 核技术利用项目

环境影响报告表

建设单位名称：绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号

邮政编码：621053

联系人：陆**

电子邮箱：24**753@qq.com

联系电话：177****2005

表 1：项目基本情况

建设项目名称		新增直线加速器和数字减影血管造影机（DSA） 核技术利用项目				
建设单位		绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）				
法人代表		蒋**	联系人	陆**	联系电话 177****2005	
注册地址		四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号				
项目建设地点		四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）疑难病症诊治综合楼一层、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（环保投资/总投资） **	
项目性质		■新建□改建□扩建□其它			占地面积(m ²)	/
应用类型	放射源	□销售	□ I 类□ II 类□ III 类□ IV 类□ V 类			
		□使用	□ I 类（医疗使用）□ II 类□ III 类□ IV 类□ V 类			
	非密封放射性物质	□生产	□制备 PET 用放射性药物			
		□销售	/			
		□使用	□乙□丙			
	射线装置	□生产	□ II 类□ III 类			
		□销售	□ II 类□ III 类			
		■使用	■ II 类□ III 类			
其他	/					
<p>项目概述</p> <p>一、概况</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）（以下简称“医院”，统一社会信用代码 12510600451208767X），始建于 1964 年，位于绵阳市跃进路 56 号。医院秉承“至善、敬业、务实、创新”的精神，建成了一院多区构建格局，是集医疗、教学、科研、预防、保健为一体的国家三级甲等综合医院，系川北医学院附属第</p>						

二医院、绵阳市红十字医院、绵阳市传染病医院、绵阳市职业病医院。医院占地 70 余亩，业务用建筑面积 8 万余平方米，除跃进路本部外，建有四 0 四医院丰谷院区（绵阳市传染病医院），四 0 四医院大西门院区（绵阳市职业病医院）。开放床位 1500 张，年门诊服务近 80 万人次，年住院服务 5 万余人次。设职能部门 30 个，临床、医技专业 60 个，在岗职工 1500 余人。

医院已取得辐射安全许可证，编号川环辐证[00208]，有效期至 2022 年 11 月 01 日。许可的种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置。具体的活动种类和范围见表 4。

2、项目由来

为更好的满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，绵阳四 0 四医院（四川绵阳四〇四医院）拟在疑难病症诊治综合楼（在建）负一层加速器机房内新增一台 10MV 医用电子直线加速器（型号未定），在疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室内新增一台数字减影血管造影机（DSA，型号未定），均属于 II 类射线装置。

本项目依托的主体工程（疑难病症诊治综合楼）已取得了原绵阳市环境保护局（现为绵阳市生态环境局）批复（批复文号为：绵环审批[2016]42 号），之后大楼名称及总建筑面积发生变化，包括扩大每层楼面积及地下停车场面积，其余建设内容、地点规模等均不变化，与原项目实际情况一致。为提高效率，避免重复，根据绵阳市生态环境局回复的函（绵环函[2020]43 号），原则同意不再进行环境影响评价文件审批。

为加强核技术应用医疗设备的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保相关医疗设备的使用不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对该项目进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）的规定，本项目为使用 II 类射线装置，应编制环境影响报告表。为此，绵阳四 0 四医院（四川绵阳四〇四医院）委托四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对该项目开展环境影

响评价工作。我院接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《新增直线加速器和数字减影血管造影机（DSA）核技术利用项目环境影响报告表》。

二、项目概况

（一）项目名称、性质、建设地点

项目名称：新增直线加速器和数字减影血管造影机（DSA）核技术利用项目

建设单位：绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号

（二）建设内容及规模

本项目拟在疑难病症诊治综合楼（在建，地面十五层、地下二层，地面高 68.7m）负一层直线加速器机房内新增一台 10MV 医用电子直线加速器（型号未定），在疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室内新增一台数字减影血管造影机（DSA，型号未定），均属于 II 类射线装置。

1、直线加速器

本次拟在疑难病症诊治综合楼负一层直线加速器机房内新增一台 10MV 医用电子直线加速器（型号未定），属于 II 类射线装置。直线加速器机房建筑面积为 189.8m²，机房尺寸为长 14.6m×宽 13.0m×高 7.2m，机房整体采用钢筋混凝土连续浇筑。主射束方向朝向北侧、南侧、顶部、底部。

直线加速器机房内配置使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器，最大 X 射线能量 10MV，X 射线最大空气吸收剂量率为 22Gy/min；最大电子线能量 15MeV，电子线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min，属于 II 类射线装置，年最大出束时间为 208.3h。

直线加速器建设内容详见表 1-1。

表 1-1 直线加速器建设内容一览表

序号	射线装置	数量（台）	射线装置类别	工作场所名称	用途	活动种类
1	10MV 医用电子直线加速器	1	II 类	疑难病症诊治综合楼负一层直线加速器机房	肿瘤治疗	使用

根据建设提供的设计资料,本项目直线加速器辐射工作场所屏蔽措施情况见表 1-2。

表 1-2 直线加速器机房的屏蔽情况

直线加速器 机房名称	屏蔽情况
疑难病症诊治综合楼负一层的直线加速器机房	<p>机房下方为封闭层,人员无法到达,仅迷道下方为地下车道,整个机房为混凝土整体式浇筑,主射束方向朝向北侧、南侧、顶部、底部,机房屏蔽如下:</p> <p>水平面:南、北侧主屏蔽墙体厚 3.0m,主屏蔽区宽度为 4.0m,与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m。东侧屏蔽体厚 1.7m。西侧“L 型”迷道长 11.3m,迷道内墙屏蔽体厚 1.3m,迷道内墙屏蔽体厚 1.7m。</p> <p>垂直面:屋顶主屏蔽体厚 3.0m,主屏蔽区宽度为 4.0m,与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m。迷道下方屏蔽体厚 1.7m。</p> <p>防护铅门为 20mm 铅当量。</p>

2、数字减影血管造影机（DSA）

本次拟在疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室内新增一台数字减影血管造影机（DSA，型号未定），属于 II 类射线装置，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，年最大出束时间为 113.5h（拍片 5.3h，透视 108.2h），DSA 机头可朝手术床左右各旋转 120°；出束方向主要为从下往上，朝上方屋顶的照射时间占 80%，朝手术床两侧墙体的照射时间各为 10%。DSA 手术室建筑面积为 124.8m²，有效使用面积为 81.7m²，净空尺寸 11.5m（长）×7.1m（宽）×5.1m（高），四周墙体为 37cm 实心砖，约为 3.9mm 铅当量；顶板为 20cm 混凝土+15 mm 硫酸钡防护板，约为 3.7mm 铅当量；底板为 20cm 混凝土，约为 2.6mm 铅当量；观察窗和防护门均为 3mm 铅当量。

数字减影血管造影机（DSA）建设内容详见表 1-3。

表 1-3 数字减影血管造影机（DSA）建设内容一览表

序号	射线装置	数量（台）	射线装置类别	工作场所名称	用途	活动种类
1	DSA	1	II 类	疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室, DSA 手术室建筑面积为 124.8m ² ，有效使用面积为 81.7m ²	介入治疗	使用

（三）项目组成及主要环境问题

本项目组成及主要的环境问题见表 1-4。

表 1-4 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
直线加速器	位于疑难病症诊治综合楼负一层，直线加速器机房建筑面积为 189.8m ² ，机房尺寸为长 14.6m×宽 13.0m×高 7.2m。机房下方为封闭层，人员无法到达，仅迷道下方为地下车道，整个机房为混凝土整体式浇筑，主射束方向朝向北侧、南侧、顶部、底部，机房屏蔽如下：水平面：南、北侧主屏蔽墙体厚 3.0m，主屏蔽区宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m。东侧屏蔽体厚 1.7m。西侧“L 型”迷道长 11.3m，迷道内墙屏蔽体厚 1.3m，迷道内墙屏蔽体厚 1.7m。垂直面：屋顶主屏蔽体厚 3.0m，主屏蔽区宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m。迷道下方屏蔽体厚 1.7m。防护铅门为 20mm 铅当量。	施工废水、固体废弃物、噪声、扬尘等	X 射线、电子线、臭氧

	<p>加速器参数：直线加速器机房内配置使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器，最大 X 射线能量 10MV，X 射线最大空气吸收剂量率为 22Gy/min；最大电子线能量 15MeV，电子线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min，属于 II 类射线装置，年最大出束时间为 208.3h。</p>		
DSA	<p>位于疑难病症诊治综合楼一层，DSA 手术室建筑面积为 124.8m²，有效使用面积为 81.7m²，净空尺寸 11.5m（长）×7.1m（宽）×5.1m（高），四周墙体为 37cm 实心砖，约为 3.9mm 铅当量；顶板为 20cm 混凝土+15 mm 硫酸钡防护板，约为 3.7mm 铅当量；底板为 20cm 混凝土，约为 2.6mm 铅当量；观察窗和防护门均为 3mm 铅当量。</p> <p>DSA 手术室内新增一台数字减影血管造影机（DSA，型号未定），属于 II 类射线装置，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，年最大出束时间为 113.5h（拍片 5.3h，透视 108.2h）。DSA 机头可朝手术床左右各旋转 120°，出束方向主要为从下往上，朝上方屋顶的照射时间占 80%，朝手术床两侧墙体的照射时间各为 10%。</p>	<p>施工废水、固体废弃物、噪声、扬尘等</p>	<p>X 射线、臭氧、医疗固体废物</p>
辅助工程	<p>直线加速器：直线加速器机房配套 1 间控制室、1 间辅助机房和 1 间水冷机房。</p> <p>DSA：DSA 手术室配套 1 间控制室、1 间设备间和 1 间污洗打包废物暂存间。</p>		/
环保工程	<p>直线加速器机房、DSA 手术室设置通排风系统。</p> <p>生活废水依托医院的污水处理站处理后排入市政污水管网。</p> <p>项目产生的医疗废物收集暂存于医疗废物暂存间后，定期交由有资质的医疗废物处置单位收集；项目产生的办公、生活垃圾统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理。</p>	<p>施工废水、固体废弃物、噪声、扬尘等</p>	<p>办公、生活垃圾、生活废水</p>
公用工程	<p>配电、供电和通讯系统及污水处理系统等。</p>		/
办公设施	<p>办公室、卫生间等。</p>		<p>办公、生活垃圾、生活废水</p>

（四）主要原辅材料

本项目涉及原辅材料的主要为介入中心，DSA 介入手术时使用的造影剂为碘佛醇注射液，为新型的含三碘低渗非离子型造影剂，具有含碘量高、粘稠度低、渗透压小理化性质稳定和容易排泄等特点，血管内注射后，能使途经的血管显像清楚直至稀释后为止。

本项目使用的造影剂碘佛醇注射液规格为 100ml/瓶, 平均每台介入手术使用 1 瓶, 每年 550 台手术, 因此年使用量为 55L。药品由介入中心每季度按需采购一次, 储存于介入中心库房的不锈钢药品柜中。

(五) 主要设备配置及技术参数

本项目主要的设备配置及技术参数见表 1-5。

表 1-5 主要设备配置及技术参数

设备名称	型号	类别	数量	设备主要参数
医用电子直线加速器	未定	II类	1	最大 X 射线能量 10MV, X 射线最大空气吸收剂量率为 22Gy/min; 最大电子线能量 15MeV, 电子线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min。最大照射野 40×40cm ² , 等中心距地面高度:1.25m, 机架旋转角度: 0-360°, 主射线最大出束角度: 28°, X 射线泄漏率: ≤0.01%源轴距 SAD 为 1m。
DSA	未定	II类	1	额定管电压 125kV, 额定管电流 1000mA

本项目直线加速器的出束时间: 每年50周, 每周5天, 每天治疗50人次, 每人出束治疗时间最多为1.0min (不含摆位时间), 年出束时间为208.3h。

本项目 DSA 由介入中心进行日常管理, 心外科、心内科、全科医学科、神经内科、神经外科、普外二科、放射科、感染科和呼吸科等手术科室负责进行 DSA 介入手术。DSA 主要用于冠脉及外周介入手术, 提供患者的透视和点片图像, 预计年最大手术台数为 550 台, 年最大出束时间为 113.5h (拍片 5.3h, 透视 108.2h)。本项目 DSA 使用和出束情况见表 1-4。

表 1-4 本项目 DSA 使用和出束情况一览表

DSA 使用情况						
曝光方向	使用科室	拍片常用最大工况		透视常用最大工况		
		管电压 (kV)	管电流 (mA)	管电压 (kV)	管电流 (mA)	
朝上	心外科、心内科、全科医学科、神经内科、神经外科、普外二科、放射科、感染科和呼吸科	80	650	75	12	
DSA 出束情况						
手术科室		单台手术累计最长曝光时间		年手术台数	年最长出束时间 (h)	
		拍片	透视		拍片	透视
心外科		20s	10min	50 台	0.3	8.3

心内科	60s	15min	200 台	3.3	50.0
全科医学科	20s	10min	50 台	0.3	8.3
神经内科	20s	10min	50 台	0.3	8.3
神经外科	20s	10min	50 台	0.3	8.3
普外二科	20s	10min	50 台	0.3	8.3
放射科	20s	10min	50 台	0.3	8.3
感染科	20s	10min	25 台	0.1	4.2
呼吸科	20s	10min	25 台	0.1	4.2
共计			550 台	5.3	108.2

(六) 工作人员及工作制度

1、劳动定员

本项目辐射工作人员 37 名，均为医院已有辐射工作人员。

(1) 直线加速器

放射治疗中心拟配置 5 名辐射工作人员，负责本项目直线加速器的辐射工作，均为医院已有辐射工作人员。除从事本项目之外，辐射工作人员还继续从事医院现有的 1 台 Elekta Compact 型直线加速器辐射工作。

(2) DSA

共设置辐射工作人员 32 人，均为医院已有辐射工作人员。包括心外科 4 人，心内科 7 人，全科医学科 3 人，神经内科 2 人，神经外科 2 人，普外二科 2 人，放射科 3 人，感染科 1 人，呼吸科 1 人，介入中心 7 人。其中介入中心负责管理 DSA 和在控制室操作 DSA，负责介入手术前准备、手术后清理工作及术中配合跟台手术（根据各手术情况需要）；其他手术科室负责进行 DSA 介入手术。介入中心人员根据工作排班安排平均分配手术量，配合各科室开展介入手术；心外科分为 2 组人员平均分配手术量进行介入手术，心内科分为 3 组人员进行介入手术，其他手术科室均分为 1 组人员进行介入手术。除从事本项目之外，辐射工作人员还继续从事医院现有的其他 DSA 辐射工作。

2、工作制度

本项目实行 8 小时单班工作制度，年工作日为 250 天。

(七) 产业政策符合性分析

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

三、项目选址、外环境关系及实践正当性分析

1、外环境关系分析

(1) 医院外环境情况

本项目位于四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）疑难病症诊治综合楼 1 楼。医院外为城区环境，东面为幼儿园、商铺和居民住宅楼，南面为商铺、社区卫生服务站及跃华路，西面为跃进路，北面为居民住宅楼。

(2) 本项目外环境情况

疑难病症诊治综合楼位于医院东侧，目前在建中，地面十五层、地下二层，地面高 68.7m。疑难病症诊治综合楼北侧为院内道路和职工宿舍楼，东侧为院内道路、院外幼儿园和院外商铺，南侧为院内空地和院外商铺，西侧为院内道路、综合大楼和职业病防治楼。

本项目直线加速器辐射工作场所位于疑难病症诊治综合楼负一层东北角，以直线加速器机房为中心，北侧 50m 范围内为地下土层、院内道路和职工宿舍楼（距本项目直线加速器机房屏蔽体边界水平距离 10m、垂直距离 0.4m），东侧 50m 范围内为地下土层、院内道路和院外幼儿园（距本项目直线加速器机房屏蔽体边界水平距离 48m、垂直距离 0.4m），南侧 50m 范围内为候诊大厅、过道和新风机房等疑难病症诊治综合楼负一层楼内房间，以及南侧疑难病症诊治综合楼（距本项目直线加速器机房屏蔽体边界水平距离 2.4m、垂直距离 0.4m），西侧 50m 范围内为控制室、辅助机房、水冷机房等疑难病症诊治综合负一层楼内房间以及院内道路、综合大楼和职业病防治楼（距本项目直线加速器机房屏蔽体边界水平距离 37.9m、垂直距离 0.4m），楼上为院内道路，楼下为地下车道及封闭层

（仅迷道下方为地下车道，机房下方为封闭层，人员无法到达）。

本项目 DSA 辐射工作场所位于疑难病症诊治综合楼一层南侧，以 DSA 手术室为中心，北侧 50m 范围内为过道、医生更衣淋浴卫生间等疑难病症诊治综合楼内房间和院内道路，东侧 50m 范围内为急诊手术室、污洗打包污物暂存间等疑难病症诊治综合楼内房间和院内道路，南侧 50m 范围内为汽车坡道、院内空地、院外商铺（距本项目 DSA 手术室屏蔽体边界最近距离 13.5m）和跃华路，西侧 50m 范围内为控制室、设备间、过道、示教室、医生办公室等疑难病症诊治综合楼内房间、院内道路、职业病防治楼和综合大楼，楼上为净化空调设备机房和医生更衣淋浴卫生间，楼下为地下车道。

2、项目选址合理性分析

本项目辐射工作场所均位于疑难病症诊治综合楼，其中直线加速器辐射工作场所位于负一层，考虑到院内交通和院外市政道路即跃华路的衔接循环最优化，直线加速器辐机房设置在负一层东北角的端头，周围两侧墙体均紧邻地下土层、其他两侧墙体外为控制室和候诊大厅，楼上为院内道路，楼下为地下车道及封闭层（仅迷道下方为地下车道，机房下方为封闭层，人员无法到达）；DSA 辐射工作场所位于一层，周围为专门的急诊手术区域，周围主要为控制室、过道、急诊手术室、汽车坡道等，楼上为净化空调设备机房和医生更衣淋浴卫生间，楼下为地下车道。本项目为专门的辐射工作场所，位置相对独立且人流较少，且方便病人治疗和转移，降低了公众受到照射的可能性，本项目不邻接儿科病房、产房等特殊人群（医院儿科病房位于本项目西侧的综合大楼七层，产房位于综合大楼六层）及人员密集区域，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的选址要求，周围无明显环境制约因素。

同时，本项目依托的主体工程（疑难病症诊治综合楼）已取得了原绵阳市环境保护局（现为绵阳市生态环境局）批复（批复文号为：绵环审批[2016]42号），之后大楼名称及总建筑面积发生变化，包括扩大每层楼面积及地下停车场面积，其余建设内容、地点规模等均不变化，与原项目实际情况一致。为提高效率，避免重复，根据绵阳市生态环境局回复的函（绵环函[2020]43号），原则同意不再

进行环境影响评价文件审批。项目选址合理性已在原环评报告中进行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地。且拟建设的各个辐射工作场所，均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

3、与周边环境的相容性分析

项目产生的生活废水依托医院现有的污水处理站处理后排入市政污水管网，不会对当地水质产生明显影响；项目产生的医疗废物收集暂存于医疗废物暂存间后，定期交由有资质的医疗废物处置单位收集；项目产生的办公、生活垃圾统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理；本项目产噪设备为风机，声级约为 60dB（A）左右，经采取降噪措施后噪声影响不大，不会改变区域声环境功能区规划；本项目运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境影响较小；同时本项目建设不占用医院消防通道和内部公共设施，与医院内部原有布置及周围环境相容。

4、实践正当性

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性诊治方法所不能及的诊断和治疗效果，是其它诊治项目无法替代的，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，由于放射诊断和治疗的方法效果显著、病人诊断中所受的痛苦较小，方法的优势明显，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在诊断或治疗过程中射线装置的使用可能会造成如下辐射影响问题：

（1）给周围环境造成一定的辐射影响。

（2）给医务人员及周围公众造成一定的辐射影响，给病人造成一定的负面影响。

（3）射线装置使用及管理的失误会造成一定的辐射事故。

建设单位在放射性诊断和治疗过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应的规章制度和辐射事故应急预案。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将本项目产生的辐射影响

降至尽可能小。本项目产生的辐射给医务人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术利用的实践具有正当性。

四、原有核技术利用项目许可情况

本项目依托的主体工程（疑难病症诊治综合楼）已取得了原绵阳市环境保护局（现为绵阳市生态环境局）批复（批复文号为：绵环审批[2016]42号），之后大楼名称及总建筑面积发生变化，包括扩大每层楼面积及地下停车场面积，其余建设内容、地点规模等均不变化，与原项目实际情况一致。为提高效率，避免重复，根据绵阳市生态环境局回复的函（绵环函[2020]43号），原则同意不再进行环境影响评价文件审批。

本项目涉及的各类辐射工作场所房间均纳入疑难病症诊治综合楼主体工程统一进行建设，目前本项目主体工程正在施工中。批复中明确了建设单位工作人员产生的生活污水和生活垃圾以及病人产生的生活污水、生活垃圾和医疗废物的收集处理，本次环评不予涉及。

1、原有辐射安全许可情况

医院已取得辐射安全许可证，编号川环辐证[00208]，有效期至 2022 年 11 月 01 日。许可的种类和范围为使用 II 类、III 类射线装置。

目前，医院已上证的有 23 台射线装置，包括 3 台 II 类射线装置和 20 台 III 类射线装置，情况见表 1-5。

表 1-5 医院已上证的射线装置情况一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	主要参数	场所
1	X 射线血管造影系统 (DSA)	Artis zee III floor	II	1	150kV、 800mA	血管造影一室
2	医用血管造影 X 射线机 (DSA)	Artis zee III floor	II	1	125kV、 1000mA	血管造影二室
3	医用直线加速器	Elekta Compact	II	1	X 射线： 6MV	放射治疗中心
4	放射治疗模拟机	HMD-IB	III	1	125kV、 500mA	放射治疗中心
5	X 射线计算机体层摄影设备 (CT)	SOMATOM Definition AS	III	1	140kV、 666mA	CT 一室
6	X 射线电子计算机	uCT550	III	1	140kV、	CT 二室

	体层摄影设备 (CT)				420mA	
7	悬吊数字化医用 X 射线摄影系统	睿翼 DR50X	III	1	150kV、 650mA	DR 一室
8	X 射线诊断设备 (数字胃肠机)	Luminos Fusion	III	1	150kV、 800mA	数字胃肠 造影室
9	医用诊断 X 射线机	HF50-RA	III	1	150kV、 630mA	体检 DR 室
10	数字化乳腺 X 射线 摄影系统	Micro Dose SI	III	1	40kV、 180mA	乳腺室
11	X 射线计算机体层 摄影设备	NeuViz64in	III	1	140kV、 420mA	车载 CT
12	数字 X 射线诊断 系统	NeuStar	III	1	150kV、 630mA	丰谷病区 放射科
13	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	NeuVision 550M Plus	III	1	150kV、 500mA	ICU
14	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	NeuVision 550M Plus	III	1	150kV、 500mA	ICU
15	数字高频移动式 X 射线摄影机	PLX5200A	III	1	125kV、 200mA	ICU
16	移动 X 射线机	PRACTIX300	III	1	125kV、 300mA	ICU
17	移动 X 射线机	TMX+	III	1	125kV、 300mA	感染科
18	数字化低剂量 X 射线机	LDRD	III	1	150kV、 320mA	丰谷病区 放射科
19	移动式 C 臂高频 X 射线机	JZ06-1	III	1	120kV、 62.5mA	7 号手术室
20	移动式 C 形臂 X 射线机	Cios Fusion	III	1	110kV、 25mA	7 号手术室
21	高频移动式 C 型臂 X 射线机	KP5000 (M)	III	1	120kV、 80mA	6 号手术室
22	微焦点牙科 X 射线机	MSD-III	III	1	60kV、3mA	口腔科
23	全景口腔和头颅 X 射线成像系统	PaX-400C	III	1	90kV、10mA	口腔科

另外，医院已办理 3 台 III 类射线装置环境影响登记表备案手续和 1 台 II 类射线装置环境影响报告表审批手续，尚未上辐射安全许可证，情况见表 1-6。

医院应尽快重新申领辐射安全许可证。

表 1-6 医院未上辐射安全许可证的核技术利用项目一览表

序号	装置名称	型号	类别	数量 (台)	主要 参数	场所	报告表批复文号/ 登记表备案号
1	摄影 X 射线机	新东方 1000FA	III	1	150kV、 1000mA	DR 二室	202151070300000394
2	X 射线计算 机体层摄 影系统	ANATOM 64 Clarity	III	1	140kV、 420mA	疫情防 控 CT 机房	202151070300000393
3	数字化医 用 X 射线 摄影系统	DigiEye280T	III	1	150kV、 800mA	DR 室	202151070300000395
4	数字减影 血管造影 机 (DSA)	NeuAngio 30F	II 类	1	125kV、 1000mA	血管造 影三室	绵环审批[2022]92 号

2、辐射安全与防护管理机构

建设单位已成立“辐射安全与环境污染管理领导小组”，并对其领导小组进行了调整，该领导小组具体负责医院辐射安全管理工作。

3、辐射安全管理制度的建立和执行情况

建设单位制定了相关辐射安全管理制度，主要包括辐射安全管理规定、辐射工作人员岗位职责、辐射安全和防护设施维护维修制度、DSA 操作规程、辐射工作场所监测制度、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训制度、辐射工作人员个人剂量管理制度等多个管理制度。

医院辐射安全管理制度的内容符合《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函 [2016] 1400 号）中的要求。

4、辐射工作人员个人剂量情况

根据医院提供的最近四个季度的个人剂量检测报告，医院辐射工作人员均配备了个人剂量计，且个人剂量计定期送检，并建立个人剂量档案。全院大部分辐射工作人员个人剂量检测结果低于职业人员 5mSv/年的约束限值，此外邸**的季度个人剂量计检测结果大于职业人员 1.25mSv/季度的约束限值，超标原因是佩戴期间工作量较前期明显增加。医院应适当减少工作人员的工作量。

本项目工作人员均为医院已有的辐射工作人员，个人剂量检测结果范围为 0.04~3.33mSv/a，均低于 5mSv/年的约束限值，个人剂量检测结果见表 1-7。

表 1-7 本项目辐射工作人员近一年度个人剂量检测结果表

科室	序号	姓名	个人剂量计检测结果 (mSv)				共计
			2021 年 三季度	2021 年 四季度	2022 年 一季度	2022 年 二季度	
放射治疗中心	1	邓**	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	2	巩**	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	3	陈**	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	4	李**	0.01	0.08	0.01	0.01	0.11
	5	陈*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
心外科	6	白**	0.03	0.01	0.01	0.01	0.06
	7	许*	0.22	0.17	0.99	0.57	1.95
	8	刘*	/	/	0.01	0.01	0.02
	9	吴*	0.02	0.09	0.04	0.04	0.19
心内科	10	李**	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	11	张**	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05
	12	胡*	/	0.24	0.03	0.41	0.68
	13	陈*	0.04	0.01	0.30	0.90	1.25
	14	周**	0.70	0.01	0.01	1.19	1.91
	15	徐*	0.01	0.04	0.01	0.01	0.07
	16	周*	0.39	0.25	0.40	0.21	1.25
全科医学科	17	刘**	0.03	0.01	0.01	0.02	0.07
	18	黄**	0.10	0.12	0.11	0.18	0.51
	19	杨**	0.26	0.11	0.01	0.01	0.39
介入中心	20	张**	0.01	0.06	0.01	0.01	0.09
	21	周*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	22	刘*	0.03	0.01	0.11	0.03	0.18
	23	吴*	/	/	/	0.01	0.01
	24	罗**	/	/	/	0.01	0.01
	25	何**	0.01	0.05	0.01	0.01	0.08
	26	胡*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
神经内科	27	罗*	0.06	0.02	0.02	0.01	0.11
	28	田**	0.16	0.07	0.87	0.46	1.56
神经外科	29	韩**	0.01	0.02	0.02	0.11	0.16
	30	叶*	0.06	0.01	0.01	0.01	0.09
普外二科	31	陈*	0.01	0.01	0.01	0.02	0.05
	32	吴*	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
放射科	33	徐**	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
	34	张**	/	/	/	0.01	0.01
	35	万**	0.06	0.01	0.01	0.01	0.09

感染科	36	任**	0.14	0.20	0.27	0.06	0.67
呼吸科	37	孙**	0.01	0.07	0.03	0.01	0.12

注：/表示未涉及辐射工作。

5、辐射安全与防护考核情况

目前，医院共有 158 名辐射工作人员。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），医院仅从事Ⅲ类射线装置使用活动的辐射工作人员均已参加院内辐射安全防护知识考核；从事Ⅱ类射线装置使用活动的辐射工作人员大部分已参加辐射安全与防护的学习和考核并取得成绩报告单，仅剩余 4 名辐射工作人员未参加辐射安全与防护的学习和考核，医院承诺将尽快安排在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并报名参加考核。取得辐射安全与防护培训证书的工作人员应定期参加复训。

本项目共有 37 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护培训证书。

6、年度评估情况

建设单位编制了《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（2021 年度）》。现医院辐射安全管理情况如下：

- （1）现单位名称、地址和法人代表未发生变动；
- （2）辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- （3）个人剂量档案和职业健康档案齐全；
- （4）未新建、改建辐射场所；
- （5）现有放射性同位素与射线装置与辐射安全许可证台账明细一致；
- （6）放射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施、档案管理方面均满足响应规定要求；
- （7）自从事辐射诊疗以来，医院严格按照国家法律法规进行管理，未发生过辐射安全事故。

7、年度监测情况

绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）按照要求进行了 2021 年度监测，监测文号为“HYKJ（放）2021-H1151”、“HYKJ（放）2021-H1242”，根据监测报

告，建设单位已有射线装置辐射工作场所周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，周围职业人员和公众的年有效剂量均分别小于 5mSv/a 和 0.1mSv/a 的管理限值要求。

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，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3：非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点	备注
	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
1	医用直线加速器	II类	1台	Elekta Compact	电子	X射线: 6MV	/	治疗	放射治疗中心	已上证
2	医用直线加速器	II类	1台	型号未定	电子	X射线: 10MV	/	治疗	疑难病症诊治综合楼负一层直线加速器机房	本次新增

(二) X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗（含X射线CT诊断）、分析仪器等

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线血管造影系统 (DSA)	II类	1台	Artis zee III floor	150	800	介入治疗	血管造影一室	已上证
2	医用血管造影 X射线机(DSA)	II类	1台	Artis zee III floor	125	1000	介入治疗	血管造影二室	已上证
3	放射治疗模拟机	III类	1台	HMD-IB	125	500	放射诊断	放射治疗中心	已上证
4	X射线计算机体层摄影设备 (CT)	III类	1台	SOMATOM Definition AS	140	666	放射诊断	CT一室	已上证
5	X射线电子计算机体层摄影设备(CT)	III类	1台	uCT550	140	420	放射诊断	CT二室	已上证
6	悬吊数字化医用 X射线摄影系统	III类	1台	睿翼 DR50X	150	650	放射诊断	DR一室	已上证
7	X射线诊断设备 (数字胃肠机)	III类	1台	Luminos Fusion	150	800	放射诊断	数字胃肠造影室	已上证

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
8	医用诊断 X 射线机	Ⅲ类	1 台	HF50-RA	150	630	放射诊断	体检 DR 室	已上证
9	数字化乳腺 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	Micro Dose SI	40	180	放射诊断	乳腺室	已上证
10	X 射线计算机体层摄影设备	Ⅲ类	1 台	NeuViz64in	140	420	放射诊断	车载 CT	已上证
11	数字 X 射线诊断系统	Ⅲ类	1 台	NeuStar	150	630	放射诊断	丰谷病区放射科	已上证
12	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	NeuVision 550M Plus	150	500	放射诊断	ICU	已上证
13	移动式数字化医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	NeuVision 550M Plus	150	500	放射诊断	ICU	已上证
14	数字高频移动式 X 射线摄影机	Ⅲ类	1 台	PLX5200A	125	200	放射诊断	ICU	已上证
15	移动 X 射线机	Ⅲ类	1 台	PRACTIX300	125	300	放射诊断	ICU	已上证
16	移动 X 射线机	Ⅲ类	1 台	TMX+	125	300	放射诊断	感染科	已上证
17	数字化低剂量 X 射线机	Ⅲ类	1 台	LDRD	150	320	放射诊断	丰谷病区 放射科	已上证
18	移动式 C 臂高频 X 射线机	Ⅲ类	1 台	JZ06-1	120	62.5	放射诊断	7 号手术室	已上证
19	移动式 C 形臂 X 射线机	Ⅲ类	1 台	Cios Fusion	110	25	放射诊断	7 号手术室	已上证
20	高频移动式 C 型臂 X 射线机	Ⅲ类	1 台	KP5000 (M)	120	80	放射诊断	6 号手术室	已上证
21	微焦点牙科 X 射线机	Ⅲ类	1 台	MSD-III	60	3	放射诊断	口腔科	已上证
22	全景口腔和头颅 X 射线成像系统	Ⅲ类	1 台	PaX-400C	90	10	放射诊断	口腔科	已上证
23	摄影 X 射线机	Ⅲ类	1 台	新东方 1000FA	150	1000	放射诊断	DR 二室	未上证， 已办理环 境影响登 记表备案
24	X 射线计算机体层摄影系统	Ⅲ类	1 台	ANATOM 64 Clarity	140	420	放射诊断	疫情防控 CT 机房	
25	数字化医用 X 射线摄影系统	Ⅲ类	1 台	DigiEye280T	150	800	放射诊断	DR 室	
26	数字减影血管造影机 (DSA)	Ⅱ类	1 台	NeuAngio 30F	125	1000	介入治疗	血管造影三室	未上证，

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
									已办理环境影响评价手续并取得批复
27	数字减影血管造影机(DSA)	II类	1台	型号未定	125	1000	介入治疗	疑难病症诊治综合楼一层DSA手术室	本次新增

(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(μ A)	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度(Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 5：废弃物（重点是放射性废弃物）

名称		状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
直线加速器机 房	臭氧	气态	/	/	/	/	0.036mg/m ³	/	经通排风系统引至疑难病症诊 治综合楼北侧排风口排放，臭 氧在常温条件下可自动分解为 氧气。
DSA 手术室	臭氧	气态	/	/	/	/	极少量	/	经通排风系统排至室外，臭氧 在常温条件下可自动分解为氧 气。

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

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

表 6：评价依据

法规文件	<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 年修订）》（2018 年 12 月 29 日实施）；</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) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 9 月 14 日国务院第 449 号令发布，2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）对其进行了修改）；</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》（四川省十二届人大常委会第 24 次会议通过，2016 年 6 月 1 日实施）；</p> <p>(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）；</p> <p>(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）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2017 年 12 月 12 日《环境保护部关于修改部分规章的决定》（部令第 47 号）对其进行了修改，2019 年 8 月 22 日《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令第 7 号）对其进行了修改，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 版）（中华人民共和国生态环境部第 16 号令）；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(12) 《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）；</p>
------	--

	<p>(13) 《关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)>的通知》(川环函[2016]1400号)；</p> <p>(14) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全局)辐射事故应急预案(2020版)>的通知》(川环发[2020]2号)。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)；</p> <p>(4) 《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)；</p> <p>(5) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)；</p> <p>(6) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ244-2017)；</p> <p>(10) 《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>(11) 《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>(12) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(14) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)。</p>
其他	<p>(1) 生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020年发布版)；</p> <p>(2) 《辐射防护手册》(第一分册、第三分册)，李德平、潘自强主编，原子能出版社；</p> <p>(3) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(4) 项目委托书及建设单位提供的其他资料。</p>

表 7：保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点和《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定本次评价范围为射线装置应用项目所在工作场所实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围。

保护目标

本项目直线加速器机房位于疑难病症诊治综合楼负一层，DSA 手术室位于疑难病症诊治综合楼一层，本项目环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

场所	保护名单	人数（人）	方位	位置	距离辐射源最近距离（m）		
					水平距离(m)	垂直距离(m)	
直线加速器机房	职业人员	5 人	西侧	控制室、辅助机房、水冷机房等	9.4	0	
	周围公众	流动人群		北侧	院内道路公众	5.5	+5.9
		约 100 人		北侧	职工宿舍楼	16.5	+5.9
		流动人群		东侧	院内道路公众	4.4	+5.9
		约 20 人(评价范围内)		东侧	院外幼儿园	53.5	+5.9
		流动人群		南侧	候诊大厅、过道等公众	8.6	0
		流动人群		南侧	新风机房公众	7.8	0
		约 200 人		南侧	疑难病症诊治综合楼	8.9	+5.9
		流动人群		西侧	院内道路公众	9.4	+5.9
		约 150 人		西侧	综合大楼、职业病防治楼	47.0	+5.9
		流动人群		楼上	院内道路公众	0	+5.9
流动人群		楼下	地下车道（机房下方为封闭层，仅迷路下方为地下车道）公众	0	-7.0		
DSA 手术室	职业人员	32 人	/	DSA 手术室内	0.3	0.0	
			西侧	控制室、设备间	7.2	0.0	
	周围	约 60 人	北侧	过道、医生更衣淋浴卫生间等	4.8	0.0	

公众			疑难病症诊治综合楼内房间		
	流动人群	北侧	院内道路公众	43.0	0.0
	约 10 人	东侧	急诊手术室、污洗打包污物暂存间等疑难病症诊治综合楼内房间	7.2	0.0
	流动人群	东侧	院内道路公众	29.0	0.0
	流动人群	南侧	汽车坡道、院内空地公众	4.8	0.0
	约 20 人	南侧	院外商铺	18.3	0.0
	流动人群	南侧	跃华路公众	38.3	0.0
	约 10 人	西侧	过道、示教室、医生办公室等疑难病症诊治综合楼内房间	10.2	0.0
	流动人群	西侧	院内道路公众	20.0	0.0
	约 80 人	西侧	职业病防治楼、综合大楼	27.0	0.0
	流动人群	楼上	净化空调设备机房和医生更衣淋浴卫生间公众	0.0	+5.1
	流动人群	楼下	地下车道公众	0.0	-5.1

注：垂直距离中，楼上表示“+”，楼下表示“-”。

评价标准

一、环境质量标准

- (1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- (2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准；
- (3) 地下水：执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III类标准；
- (4) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中2类标准。

二、污染物排放标准

- (1) 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准；
- (2) 废水：生活污水依托医院污水处理设施处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中的预处理标准后排入市政污水管网。
- (3) 噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）各阶段标准；营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准。

三、辐射环境评价标准限值

1、个人剂量约束值

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv。四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过500mSv。眼晶体的年当量剂量不超过150mSv。项目对于职业人员，按上述标准中规定的职业照射年有效剂量的1/4执行（即5mSv/a），作为本项目职业照射年有效剂量约束值，四肢（手和足）或皮肤的剂量当量约束值为125mSv/a，眼晶体的年当量剂量约束值不超过37.5mSv。

②公众照射：第B1.2.1条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。项目按上述标准中规定的公众照射年有效剂量的1/10执行，即0.1mSv/a，作为本项目公众照射年有效剂量约束值。

③ 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）

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

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

2、控制剂量率水平

(1) 根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间。

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

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

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

治疗室外辐射工作人员: $H_c \leq 100 \mu$ Sv/周；

治疗室外非辐射工作人员: $H_c \leq 5 \mu$ Sv/周。

2) 按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ (μ Sv/h)：

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

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

(3) 加速器工作场所应符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分：一般原则》（GBZ/T201.1-2007）3.3 章节中所确定的周围剂量当量率参考控制水平、《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》（GBZ/T201.2-2011）4.2 章节中剂量控制要求和《放射治疗放射防护要求》

(GBZ121-2020) 6.3 章节中屏蔽要求。

表 8：环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、场所现状

本项目位于四川省绵阳市涪城区跃进路56号，根据现场踏勘，目前项目所在地为施工工地，周围主要为院内道路、商铺和职工宿舍楼等。

本项目工作场所周围环境现状见图 8-1。



图 8-1 疑难病症诊治综合楼（本项目所在地，在建中）

二、监测对象、监测因子和监测点位

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

为掌握项目所在地辐射水平，本次评价由四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心）对本项目所在位置的辐射环境进行了监测，监测结果见表 8-3。

1、监测方法与标准

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

2、监测点位布设

本项目所依托的疑难病症诊治综合楼目前正在建设中，且评价范围内没有其他电离辐射源，周围辐射环境趋于一致，本次选择在疑难病症诊治综合楼建设地及医院周围布设监测点位以反映区域辐射环境质量本底状况，具体见表 8-1。主要监测因子为 X- γ 辐射剂量率，本次共布设 9 个监测点位，能较好反映项目周围辐射环境现状，其监测点位布设合理。

表 8-1 监测布点方案一览表

序号	监测点位	监测因子	监测频次
1	医院北侧道路	X-γ 辐射剂量率	监测十次
2	医院东侧道路	X-γ 辐射剂量率	监测十次
3	医院南侧道路	X-γ 辐射剂量率	监测十次
4	医院西侧道路	X-γ 辐射剂量率	监测十次
5	直线加速器机房拟建地	X-γ 辐射剂量率	监测十次
6	DSA 手术室拟建地南侧空地	X-γ 辐射剂量率	监测十次
7	疑难病症诊治综合楼(在建)北侧职工宿舍楼	X-γ 辐射剂量率	监测十次
8	疑难病症诊治综合楼(在建)东侧幼儿园	X-γ 辐射剂量率	监测十次
9	疑难病症诊治综合楼(在建)南侧商铺	X-γ 辐射剂量率	监测十次

3、监测时间及现场环境状况

2022 年 8 月 23 日，我院监测人员对项目拟建地进行了现场监测，监测时环境温度：39.3℃~39.7℃；环境湿度：36.5%~36.9%；天气状况：晴。

4、监测因子、监测方法及监测仪器

表 8-2 监测因子、监测方法及监测仪器一览表

监测因子	监测方法	监测仪器
X-γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）	仪器名称：便携式 X-γ 剂量率仪 仪器型号：BH3103B 仪器编号：018 能量响应范围：25keV~3MeV 校准证书编号：校准字第 202203000607 号 校准单位：中国测试技术研究院 检定日期：2022 年 03 月 03 日 有效日期：2023 年 03 月 02 日

5、质量保证

本次监测单位为四川省核工业辐射测试防护院（四川省核应急技术支持中心），具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书（编号：220020341133），并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下：

①根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）和项目实际情况制定监测方案及实施细则；

②严格按照监测单位《质保手册》、《作业指导书》开展现场工作；

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

④监测人员经考核并持有合格证书上岗；

⑤根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），布设监测点位置和高度，兼顾监测技术规定和实际情况，监测结果具有代表性和针对性；

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

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

⑧检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

6、监测结果

监测结果见表 8-3。

表 8-3 X- γ 辐射剂量率监测结果

编号	测量点位置	X- γ 辐射剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差	备注
1	医院北侧道路	5.8	0.15	/
2	医院东侧道路	3.7	0.13	/
3	医院南侧道路	5.6	0.13	/
4	医院西侧道路	4.3	0.16	/
5	直线加速器机房拟建地	3.9	0.19	/
6	DSA 手术室拟建地南侧空地	3.8	0.13	/
7	疑难病症诊治综合楼(在建)北侧职工宿舍楼	5.7	0.10	/
8	疑难病症诊治综合楼(在建)东侧幼儿园	5.2	0.17	/
9	疑难病症诊治综合楼(在建)南侧商铺	4.7	0.11	/

注：X- γ 辐射剂量率监测结果均已扣除宇宙射线响应值。

根据表 8-3，本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 3.7×10^{-8} Gy/h~ 5.8×10^{-8} Gy/h，即 37nGy/h~58nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5nGy/h~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表 9：项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

本项目依托的主体工程（疑难病症诊治综合楼）已取得了原绵阳市环境保护局（现为绵阳市生态环境局）批复（批复文号为：绵环审批[2016]42号），之后大楼名称及总建筑面积发生变化，包括扩大每层楼面积及地下停车场面积，其余建设内容、地点规模等均不变化，与原项目实际情况一致。为提高效率，避免重复，根据绵阳市生态环境局回复的函（绵环函[2020]43号），原则同意不再进行环境影响评价文件审批。

本项目涉及的各类辐射工作场所房间均纳入疑难病症诊治综合楼主体工程统一进行建设，本项目主体工程施工环境影响已包含在原环评报告中（批复文号绵环审批[2016]42号），本次评价不涉及。各机房建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，禁止使用残砖，混凝土浇筑墙体要连续施工，同时要防止噪声扰民。目前本项目主体工程正在施工中。

因此本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。装修时应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，墙与墙之间须紧密贴合，防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍，铅玻璃与窗框间和窗框间与墙体间的缝隙必须用软铅填实，防止散射线从铅玻璃四周泄漏。

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

本项目所有设备的安装、调试，包括 1 台直线加速器和 1 台 DSA，应请设备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、电子线、臭氧和少量包装废弃物。建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人

看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

二、营运期

(一) 10MV 电子医用电子直线加速器

1、工作原理

加速器是产生高能电子束的装置，为远距离放射性治疗机。当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），其最大能量为电子束的最大能量。因此，医用电子直线加速器既可利用电子束对患者病灶进行照射，也可利用 X 射线束对患者病灶进行照射，杀伤肿瘤细胞。医用电子直线加速器可根据所诊疗癌症类型及其在体中的位置、患者的身体状况和各次给予剂量之间的时间间隔，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射诊疗。电子直线加速器外形示意图见图 9-1。

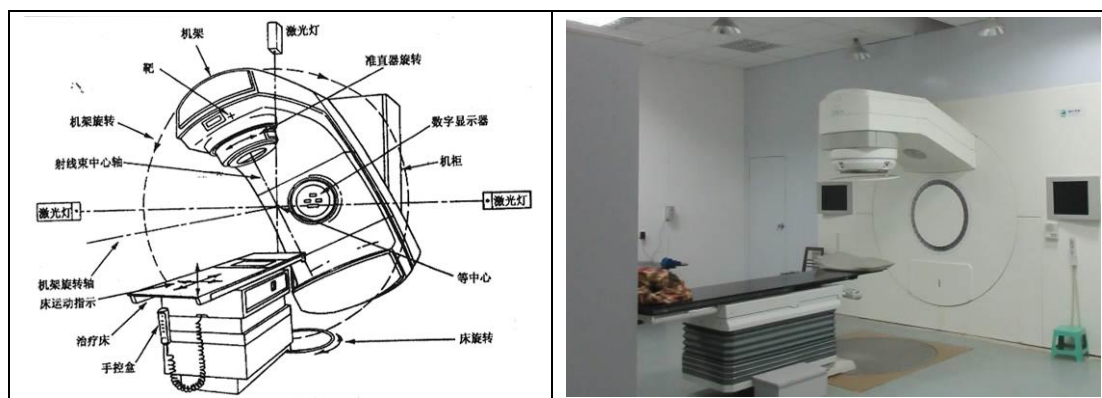


图 9-11 典型医用电子直线加速器外形示意图

本项目医用电子直线加速器设备主要参数为：

最大 X 射线能量：10MV；

X 射线最大空气吸收剂量率：22Gy/min；

最大电子线能量：15MeV；

电子线最大空气吸收剂量率：6Gy/min；

最大照射野：40×40cm²；

等中心距地面高度：1.25m；

机架旋转角度：0-360°；

主射线最大出束角度：28°；

X 射线泄漏率：≤0.01%；

源轴距 SAD：1m。

本项目医用电子直线加速器有调强治疗。

2、治疗操作流程

①模拟定位：先通过 CT 机对病变部位进行详细检查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位。本项目配套的 CT 机位于位于疑难病症诊治综合楼负一层模拟 CT 室。

②制订治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间。

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

④病人摆位，并开机治疗。

使用加速器的治疗过程及其产污环节见图 9-2。

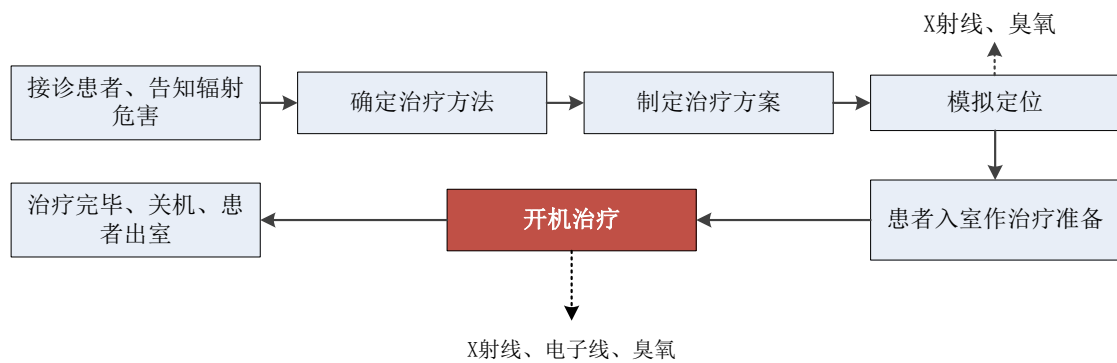
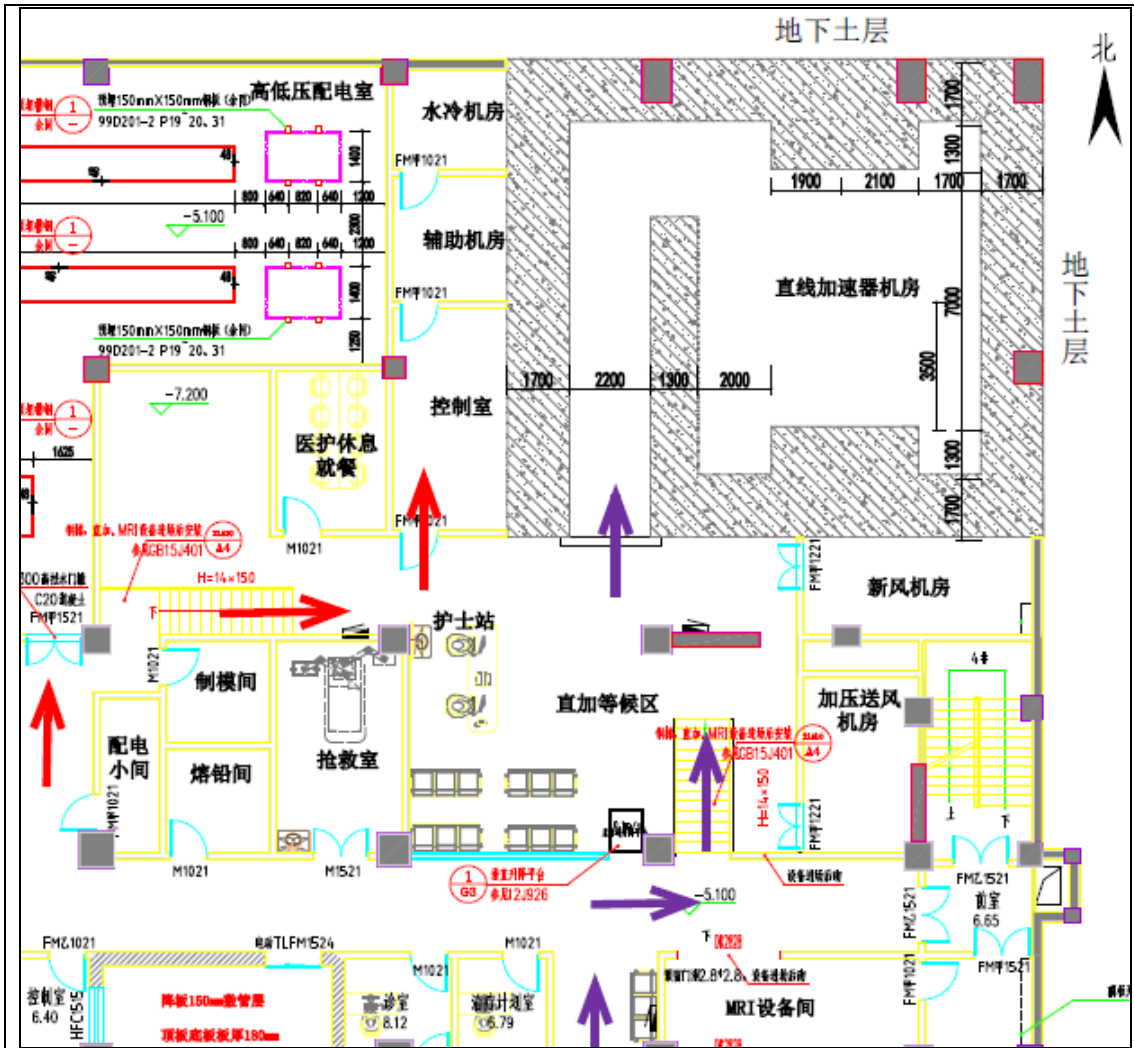


图 9-2 10MV 电子直线加速器治疗过程与产污环节简图

3、人流路径

患者从候诊大厅经直线加速器机房防护铅门进入直线加速器机房，医护人员通过医护通道进入直线加速器控制室，如图 9-3 所示。



→ 医护通道 → 患者通道

图 9-3 本项目直线加速器机房人流路径示意图

(二) DSA

1、工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，它是应用计算机程序进行两次成像完成的。在注入造影剂之前，首先进行第一次成像，并用计算机将图像转换成数字信号储存起来。注入造影剂后，再次成像并转换成数字信号。两次数字相减，消除相同的信号，得知一个只有造影剂的血管图像。这种图像较以往所用的常规脑血管造影所显示的图像更清晰和直观，一些精细的血管结构亦能显示出来。且对比度分辨率高，减去了血管以外的背景，尤其使与骨骼重叠的血管能清楚显示；由于造影剂用量少，浓度低，损伤小、较安全；通过减影处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

2、操作流程

①接诊病人后，向病人告知可能受到的辐射危害；②病人准备完毕进入机房摆位、固定，然后进入机房内对病人进行局部消毒处理和局部防护处理；③技师退出机房，通过控制室操作台对病人进行拍片；④医生穿着防护服进入曝光室，经皮穿刺静脉，送入引导钢丝及扩张管与外鞘，退出钢丝及扩张管将外鞘保留于静脉内，经鞘插入导管；⑤配合射线装置透视推送导管，并将导管送入指定位置；⑥完成后进行导管加压，将造影剂注入病人体内；⑦完成造影剂注入后，医生退出机房，技师通过控制室操作台对病人进行拍片，并进行减影处理后，得到最终病人的高清血管影像资料；⑧完成减影后，医生再次进入机房内并配合射线装置透视对病人病灶部位进行相应介入治疗。本项目 DSA 进行出束曝光时分为两种情况：

(1) 拍片：操作人员一般采取隔室操作的方式（即操作医师在控制室内对病人进行曝光），医生通过铅玻璃观察窗和操作台观察机房内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。

(2) 透视：病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况时会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时医生位于射线装置配备的铅帘后面，并穿戴铅服、铅眼镜等在机房内进行同室介入手术室操作。

血管造影流程诊治流程及产污环节如图 9-4 所示。

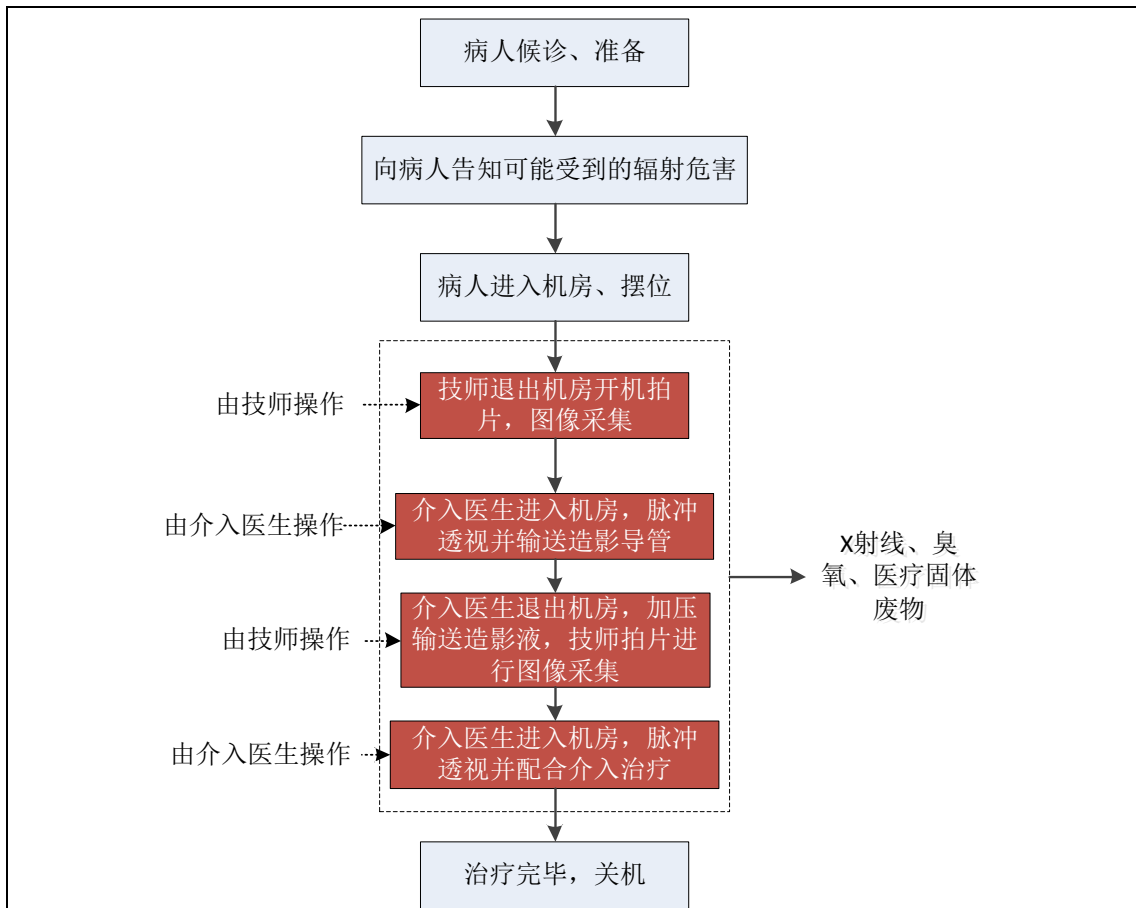
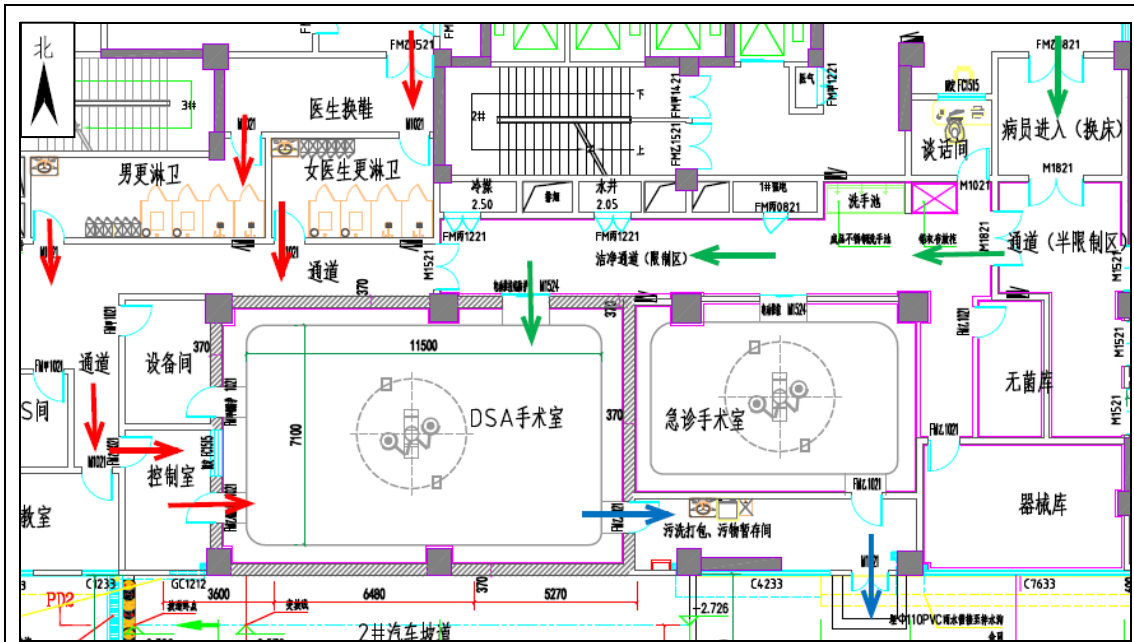


图 9-4 血管造影流程及产污环节示意图

3、人流、物流路径

候诊患者经 DSA 手术室北侧的患者通道铅门进入机房，医护人员从 DSA 手术室西侧的医护通道进入控制室及 DSA 手术室，污物经 DSA 手术室东侧的污物通道铅门运出手术室，通过污洗打包污物暂存间南侧的通道门运走，不与医护人员和患者通道交叉，如图 9-5 所示。



→ 医护通道
 → 患者通道
 → 污物通道

图 9-5 本项目 DSA 手术室人流、物流路径示意图

综上，本项目射线装置机房均为患者与医护人员分别设置独立通道，机房患者通道的宽度满足病人手推车辆的通行，射线装置建筑物之间的通道畅通无阻，方便治疗。

污染源项描述

一、施工期

本项目主体工程施工环境影响已包含在原环评报告中（批复文号绵环审批[2016]42号），本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

1、施工阶段

本项目装修施工期主要环境影响因素为噪声、施工废水、建筑粉尘和建筑垃圾等。

2、设备安装、调试阶段

本项目射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。

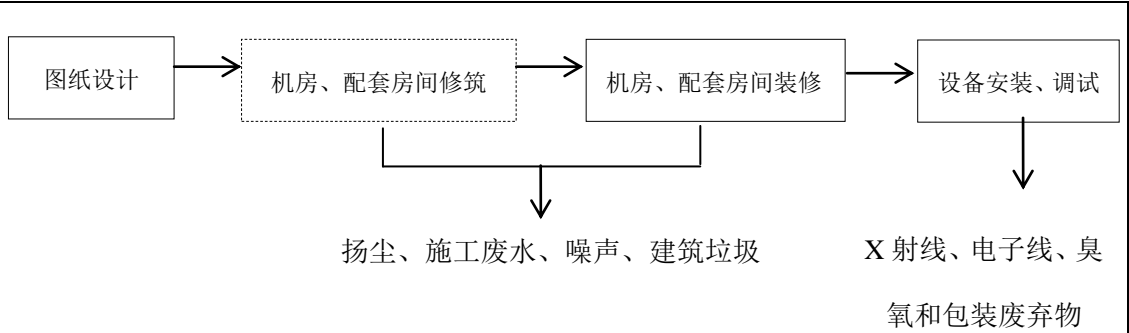


图 9-6 施工期施工工序及产污位置图（虚线框不属于本次评价内容）

二、运行期

1、医用电子直线加速器

（1）电离辐射

本项目医用电子直线加速器加速粒子为电子，当电子束经高能加速后与靶物质相互作用时产生韧致辐射（即 X 射线），本项目医用电子直线加速器可以提供 X 线和电子线，电子和 X 射线是随机器的开关而产生和消失的。由于本项目医用电子直线加速器 X 射线最大能量不超过 10MV，根据《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），可以不考虑运行过程中的中子和感生放射线。

（2）废气

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

（3）废水

本项目医用电子直线加速器使用的冷却水均循环使用不外排。

2、DSA 污染源分析

（1）电离辐射

X 射线装置机开机工作时，通过高压发生器和 X 光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的 X 射线，本项目 DSA 产生的最大 X 射线能量为 125kV，不开机状态不产生辐射。

（2）固体废物

在进行 DSA 介入手术时会产生一次性不含放射性的医疗用品及器械、废纱

布等医疗固体废物。

(3) 废气

X 射线因与空气发生电离作用产生少量臭氧。

3、其它

(1) 生活废水

医护人员产生少量生活废水，依托医院的污水处理站处置。

(2) 办公、生活垃圾

工作人员产生少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理。

(3) 噪声

通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强最大为 60dB (A)。其中，直线加速器的通排风风机位于同层的新风机房和排风机房内，DSA 手术室的通排风风机位于楼上的净化空调设备机房内。

表 10：辐射安全与防护

<p>项目安全设施</p> <p>通过污染源分析可知，本项目产生的主要污染物为 X 射线、电子线和臭氧等。针对这些污染物，建设单位在设计阶段均制定了相应的污染防治措施。</p> <p>一、平面布置合理性分析</p> <p>1、直线加速器</p> <p>本项目直线加速器机房位于疑难病症诊治综合楼负一层东北角，北侧、东侧为地下土层，西侧为控制室、辅助机房、水冷机房等配套用房，南侧为候诊大厅，楼上为院内道路，楼下为地下车道及封闭层（仅迷道下方为地下车道，机房下方为封闭层，人员无法到达）。</p> <p>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，与直线加速器机房相关的各类辅助用房紧密布置在直线加速器机房周围，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。对照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）布局要求，本项目放疗装置平面布置合理性分析见表 10-1。</p>		
<p>表 10-1 平面布局对照分析一览表</p>		
<p>标准要求</p>	<p>设计落实情况</p>	<p>备注</p>
<p>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。</p>	<p>本项目直线加速器机房位于疑难病症诊治综合楼负一层东北角，为所在楼层的端头，楼下为地下车道及封闭层（仅迷道下方为地下车道，机房下方为封闭层，人员无法到达），同时控制室、辅助机房、水冷机房等配套功能房间根据机房主体结构一同设计和建筑，邻近房间无易燃、易爆及易腐蚀等危化暂存间。</p>	<p>满足</p>
<p>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。</p>	<p>本项目放射治疗工作场所将实行两区管理，直线加速器机房及迷道划分为控制区，邻近的控制室、辅助机房、水冷机房等划为监督区，两区划分具体见表10-2。</p>	<p>满足</p>
<p>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。</p>	<p>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。</p>	<p>满足</p>
<p>治疗设备控制室应与治疗机房分</p>	<p>治疗设备控制室已与治疗机房进行了分</p>	<p>满足</p>

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。	开独立设置，且配套的辅助机房、水冷机房等房间均围绕治疗机房进行布置。	
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房，尽可能避开被有用线束直接照射。	直线加速器有用线束范围为南北360°，控制室位于西侧，已避开被有用线束直接照射，楼上为院内道路，楼下为地下车道及封闭层（仅迷道下方为地下车道，机房下方为封闭层，人员无法到达），均不属于较大居留因子的用房。	满足
X射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路； γ 刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目电子直线加速器均设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足

综上所述，本项目直线加速器机房平面布置满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）要求，其平面布置合理。

2、DSA

本项目 DSA 手术室位于疑难病症诊治综合楼一层南侧，北侧为过道，东侧为急诊手术室、污洗打包污物暂存间，南侧为汽车坡道，西侧为控制室、设备间，楼上为净化空调设备机房和医生更衣淋浴卫生间，楼下为地下车道。

本项目介入手术射线装置使用地点固定，且避开了人群较为集中的门诊区域，所处位置相对独立。医护通道和患者通道都是独立设置的，有利于病人流通，且避免了不同人员交叉影响。患者由医护人员推入 DSA 手术室进行介入手术，病人通道宽度满足通行。本项目污物通道和人员通道独立设置，污物统一从 DSA 手术室东侧污物通道转移出去，不与人员通道交叉。

同时，DSA 手术室采取了有效的屏蔽措施，产生的 X 射线经屏蔽后对周围环境辐射影响是可接受的，平面布置合理。

综上所述，本项目射线装置工作场所根据工作要求、有利于辐射防护和环境保护及各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且最大限度避开了人流量较大的门诊区或其它人流活动区，在设计阶段，所有辐射工作场所均进行了合理的优化布局，同时兼顾了病人就诊的方便性。从辐射安全的角度考虑，本项目各辐射工作场所，产生的电离辐射经屏蔽后对周围辐射环境影

响是可接受的，平面布置合理。

二、工作区域管理

1、分区原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

2、控制区与监督区的划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，以及《核医学辐射防护与安全要求》（HJ1188-2021），并结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。

拟将直线加速器机房（含迷道）、DSA 手术室划分为控制区，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的控制区，进行了专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制室、辅助机房、水冷机房、设备间等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-2。

表 10-2 本项目工作区域划分一览表

射线装置	控制区	监督区	备注
直线加速器	直线加速器机房（含迷道）	控制室、辅助机房、水冷机房	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，且职业工作人员必须穿戴防护用品，以减少不必要的照射。
DSA	DSA 手术室	控制室、设备间	监督区范围内应尽量限制无关人员进入。

3、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，见图 10-1；

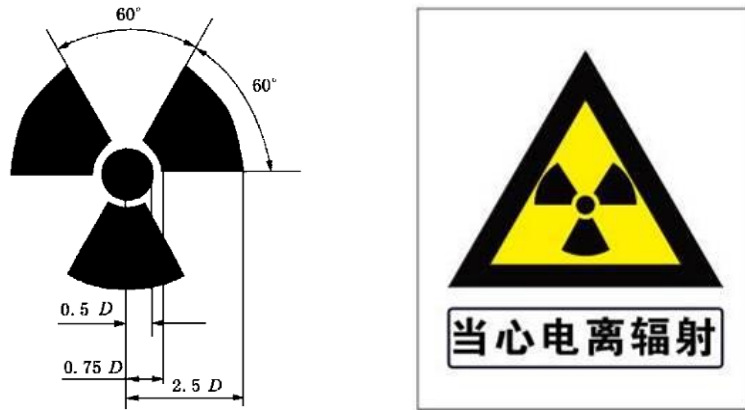


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志

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（包括门禁）限制进出控制区；

④在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等；

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。

4、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、辐射安全及防护措施

（一）医用电子直线加速器辐射防护措施

1、源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，物理医师会根据模拟定位结果来判断病情状况，针对不同的病人会制定不同的放疗计划（包括放疗时间和放疗剂量），并通过可调限束装置进行参数设置，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

2、设备固有安全性

①控制台上有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况。

②条件显示联锁：加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

③控制台上配置有独立于其它任何控制辐照终止系统的辐照控制计时器，当辐照终止后能保留计时器读数，计时器复零，才能启动下次辐照。

④有控制超剂量的联锁装置，当剂量超过预选值时，可自动终止照射。

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

⑥有全部安全联锁设施的检查装置，能保证所有安全联锁系统保持良好的运行状态。

⑦有时间控制联锁，当预选照射时间已定时，定时器能独立地使照射停止。

3、屏蔽防护

加速器机房建筑面积为 189.8m^2 ，机房尺寸为长 14.6m ×宽 13.0m ×高 7.2m ，机房整体采用钢筋混凝土连续浇筑。加速器机房屏蔽情况：机房下方为封闭层，人员无法到达，仅迷道下方为地下车道，整个机房为混凝土整体式浇筑，屏蔽如下：水平面：南、北侧主屏蔽墙体厚 3.0m ，主屏蔽区宽度为 4.0m ，与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m 。东侧屏蔽体厚 1.7m 。西侧“L 型”迷道长 11.3m ，迷道内墙屏蔽体厚 1.3m ，迷道内墙屏蔽体厚 1.7m 。垂直面：屋顶主屏蔽体厚 3.0m ，主屏蔽区宽度为 4.0m ，与主屏蔽相连的次屏蔽体厚 1.7m 。迷道下方屏蔽体厚 1.7m 。防护铅门为 20mm 铅当量。为避免施工缝隙和气泡产生，机房施工方式需为连续整体浇筑。同时，为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度 10 倍以上。

4、机房穿墙屏蔽设计

本项目直线加速器机房控制电缆均布设于电缆沟内，电缆沟穿墙处位于机房西侧墙体（非主射区域），采取 U 型穿墙并设 1cm 厚不锈钢盖板屏蔽；通排风管道穿墙处位于机房迷道防护门上方墙体（非主射区域），并排斜穿墙并设至少 5mm 厚铅皮包裹屏蔽；此外机房的气体灭火泄压口，与通排风管道并排斜穿墙，穿墙处采用平开方式的活动铅板（平时常关，若机房内发生火灾采用气体灭火时，该活动铅板自动被气体冲开泄压）做防护，屏蔽材质和厚度为至少 5mm 铅当量铅板。

穿墙大样如图 10-2 和图 10-3 所示。

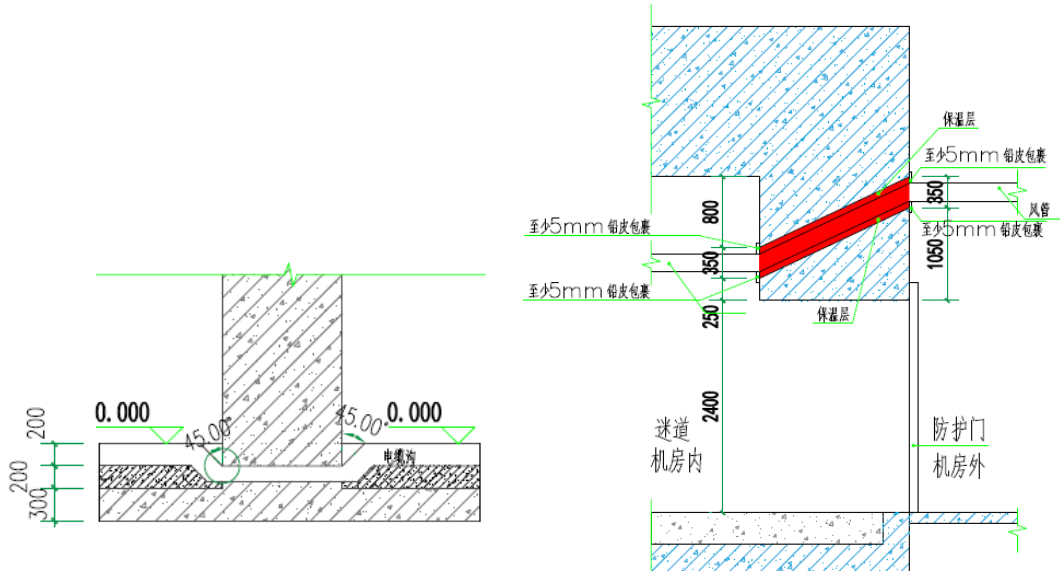


图 10-2 直加机房电缆 U 型穿墙 图 10-3 直加机房通排风管道及气体灭火泄压口斜穿墙

本次针对直线加速器机房的通排风管道及气体灭火泄压口穿墙处的辐射剂量率进行估算。该穿墙处位置位于迷道入口防护门上方，该点处辐射剂量率保守考虑为机房迷道入口关注点 G 未经防护门屏蔽情况下的辐射剂量率，根据“表 11 环境影响分析”表 11-11，该点漏射和散射辐射剂量率合计为 $244.117\mu\text{Sv/h}$ ($244.1+1.70\times 10^{-2}$)。

射线穿过孔洞后的散射辐射剂量率参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录(A-5)规定的公示进行计算。保守考虑射线在穿墙孔洞内只散射一次，穿墙孔洞位置及射线散射路径见图 10-4、图 10-5。

因此公式为：

$$H_{1,j} = \frac{D_{10}}{d^2} \times a \times A \dots \dots \dots \text{(式 10-1)}$$

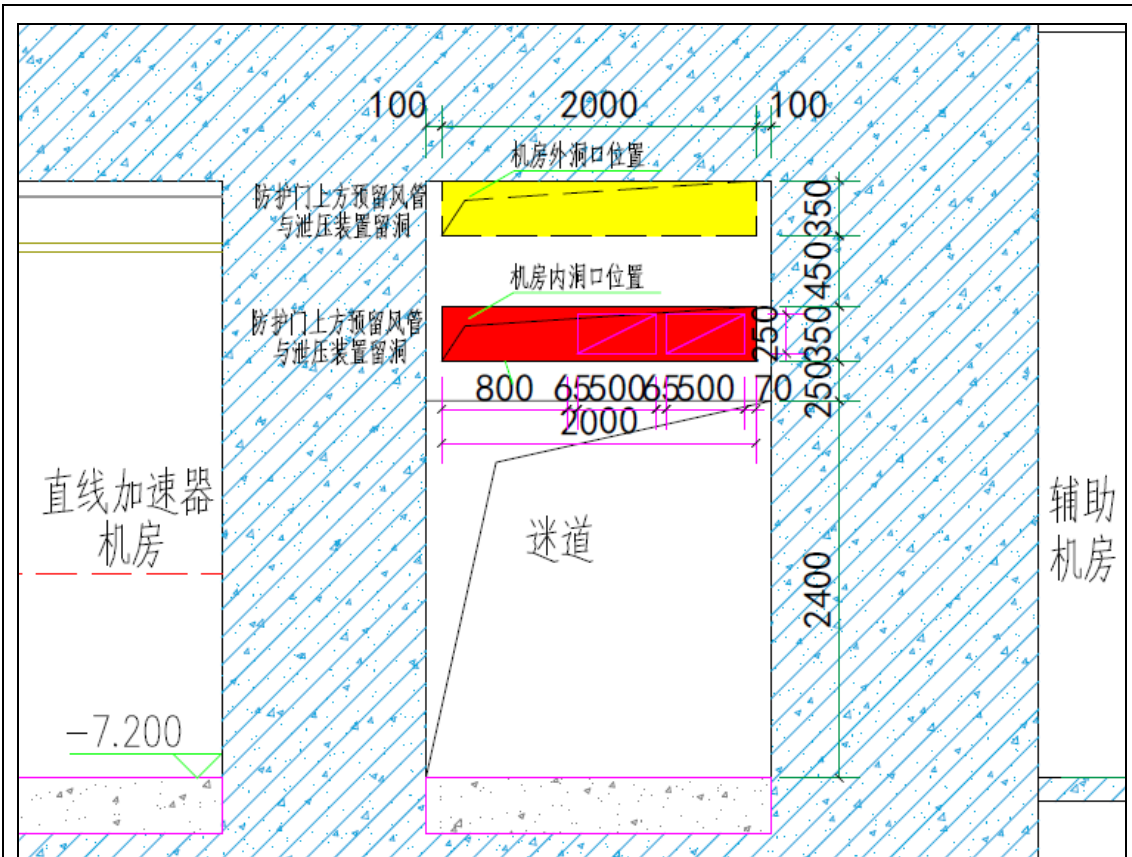


图 10-4 直加机房通排风管道及气体灭火泄压口穿墙孔洞位置图

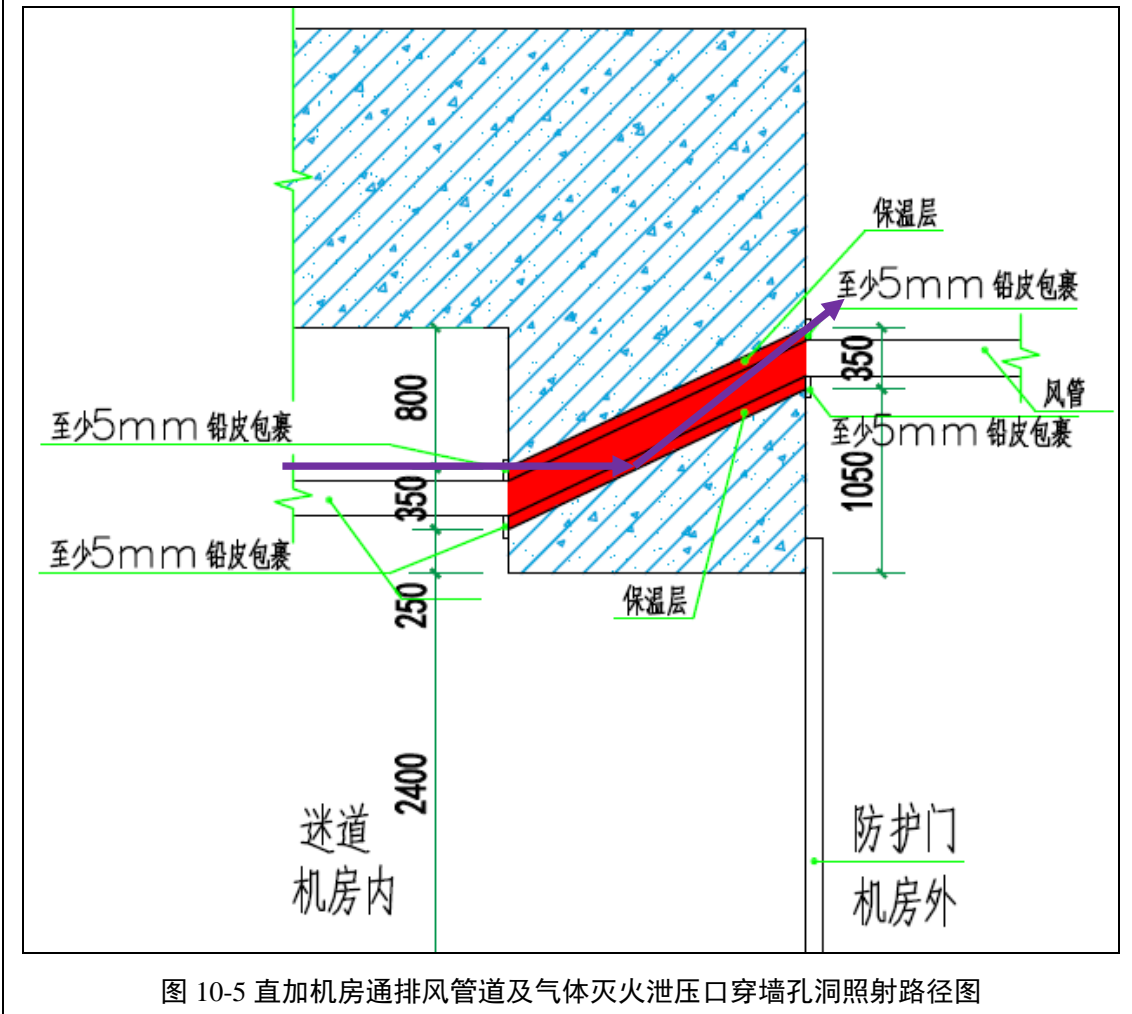


图 10-5 直加机房通排风管道及气体灭火泄压口穿墙孔洞照射路径图

经计算，在未屏蔽的情况下，直线加速器机房通排风管道及气体灭火泄压口穿墙孔洞外辐射剂量为 $0.96\mu\text{Sv/h}$ ，满足对应屏蔽体外（G 点）导出剂量率参考控制水平要求（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）。该穿墙处的高度为 3.45m，平时无人员停留。因此，直线加速器机房通排风管道及气体灭火泄压口穿墙不会影响机房墙体的屏蔽效果，对周围环境辐射影响很小。

综上，电缆沟、通排风管道和气体灭火泄压口的布设方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果，电缆沟及通排风管道均以多次弯折形式穿出直线加速器机房，出束期间 X 射线经管道多重折射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏的影响可忽略不计。

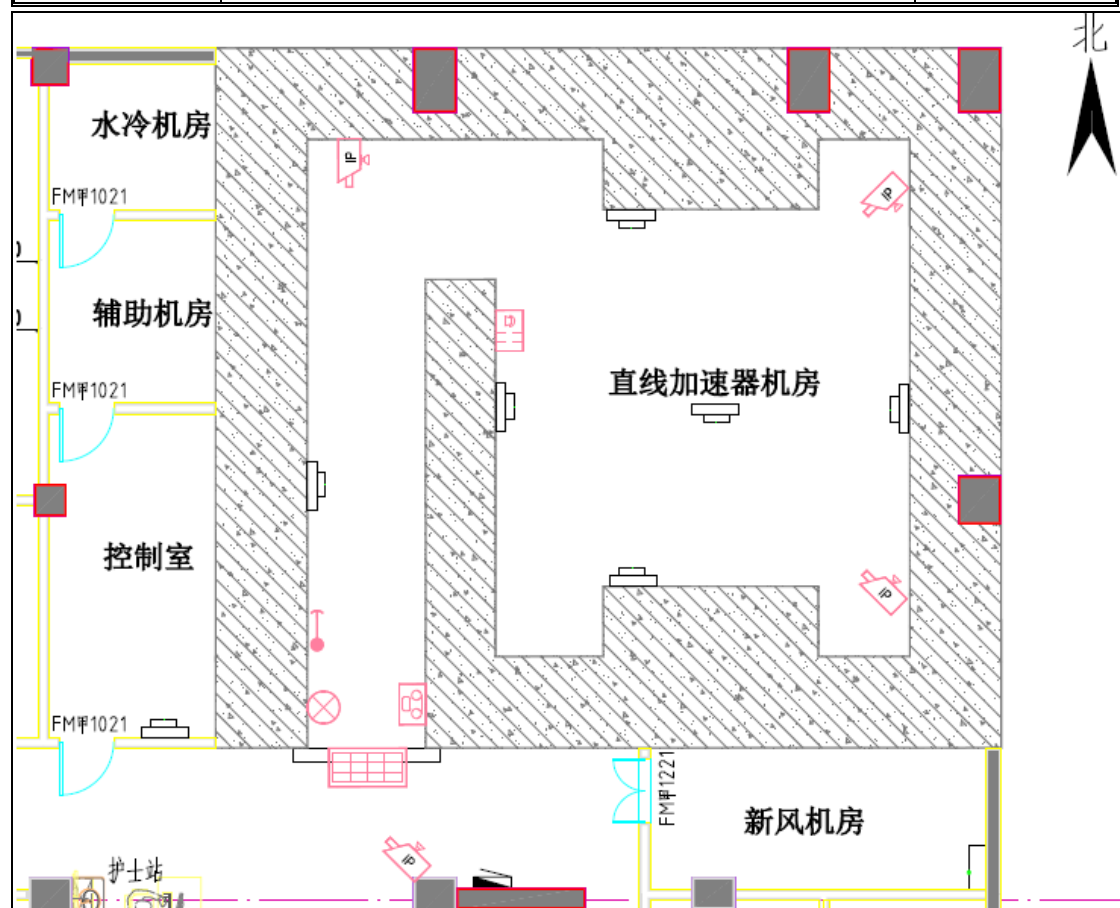
5、机房安全装置设计与布置

根据《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）、生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400 号），本项目直线加速器机房内具体安全装置布置情况见表 10-3，各安全装置平面布置见图 10-6，各安全装置逻辑关系见图 10-7。

表 10-3 直线加速器机房安全装置布置表

安全装置	作用及安装要求	直线加速器机房配置数量
门-机联锁	在启动高压装置条件下，如果开启防护门，射线装置高压会失电并停止出束，以实现门-机联锁。	1 套
固定式剂量报警仪	机房迷道的内入口处安装固定式剂量报警仪，并在机房外实时显示机房内辐射剂量水平，当机房内辐射剂量超过安全水平等异常情况下报警，避免人员误入机房造成误照射。	1 台
紧急止动开关	机房内在工作人员易于接触的地方（距离地面 1.2m 高处）设置紧急停机按钮（安装点包括墙体、迷道、治疗床、控制台），且相互串联，若触动任意开关可紧急关闭加速器停止出束，以避免机房内人员尚未完全撤离的情况下开机，产生误照射。按钮位置应有中文标识。	1 套
工作状态指示灯（门-灯联锁）及电离辐射警告标志	机房防护门口醒目处安装工作状态指示灯及明显的电离辐射警告标志，工作状态指示灯与防护门联锁，当防护门关闭时，工作状态指示灯亮起，当防护门开启时工作状态指示灯熄灭。	1 套

紧急开门按钮	机房迷道入口内侧人员易接触的位置（距离地面 1.2m 高处）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸，按钮位置应有中文标识。	1 个
视频监控	机房内不同位置均安装视频监控装置，实现对机房全覆盖，便于监控曝光前人员误入。	1 套
语音播报及对讲装置	机房内设置语音广播系统，在准备出束时进行语音提示，告知非相关人员及时撤离机房，并可以通过语音对讲装置告知病人或未撤离人员。	1 套



- IP 监控摄像头
 固定式剂量监测仪
 紧急开门装置
 门-机，门-灯联锁装置
 语音播报及对讲系统
 紧急制动装置
 工作状态指示灯及电离辐射警告标志

图 10-6 直线加速器机房安全装置布置图

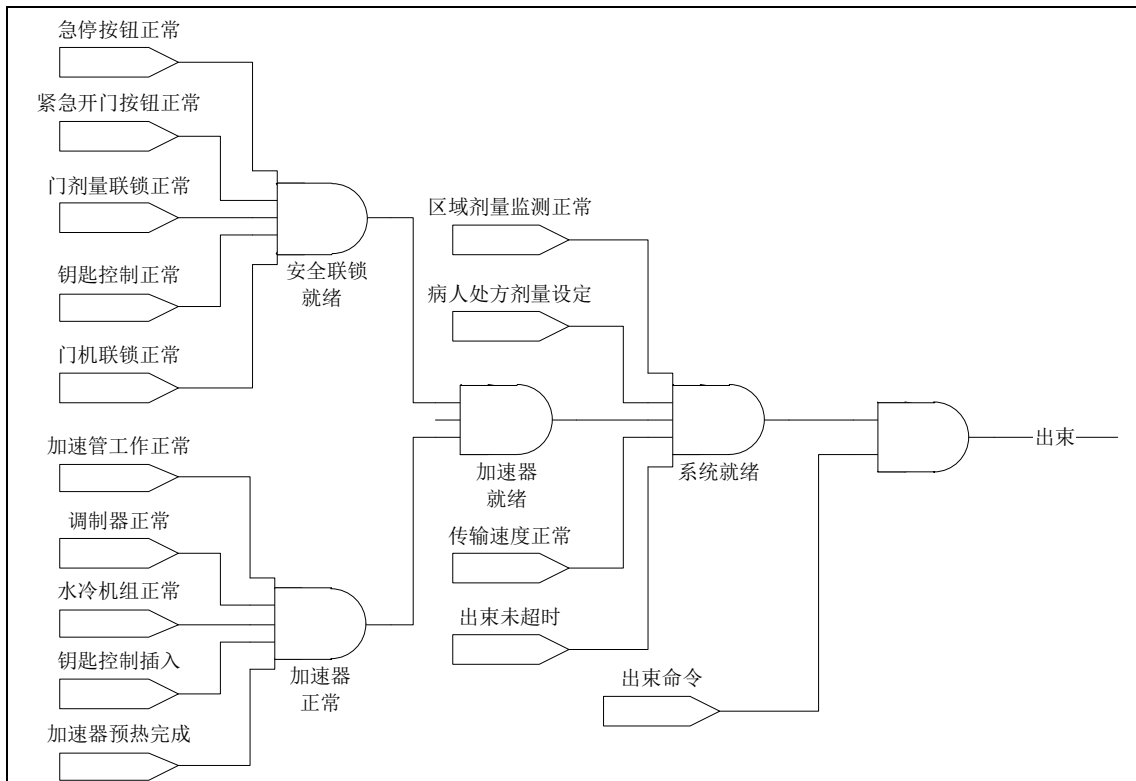


图 10-7 医用电子直线加速器联锁关系图

6、时间防护及距离防护

在满足治疗要求的前提下，在每次治疗之前，根据治疗要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，选择合理可行尽量低的剂量值，以及尽量短的照射时间，减少工作人员和相关公众的受照时间，同时也避免病人受到额外剂量的照射。

职业人员采取隔室操作的方式，控制室与机房之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。同时，机房划定控制区和监督区，控制区入口处设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯，工作状态下禁止任何人员进入辐射区域。

（二）DSA 辐射防护措施

1、设备固有安全性

（1）采用栅控技术：在每次脉冲曝光间隔向旋转阳极加一负电压，抵消曝光脉冲的启辉与余辉，起到消除软 X 射线、提高有用射线品质并减小脉冲宽度作用。

（2）采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。

（3）采用脉冲透视技术：在透视图像数字化基础上实现脉冲透视（如每秒 25 帧、12.5 帧、6 帧等可供选择），改善图像清晰度；并能明显地减少透视剂量。

(4) 采用图像冻结技术：每次透视的最后一帧图像被暂存并保留于监视器上显示，充分利用此方法可以明显缩短总透视时间，达到减少不必要的照射。

(5) 配备有相应的表征剂量的指示装置，当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。

(6) 配备辅助防护设施：手术床旁配备屏蔽挂帘和移动式防护帘（铅屏风）（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等辅助防护用品与设施，在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

2、机房屏蔽设计

(1) 主体结构屏蔽设计

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），X 射线装置设备机房屏蔽防护应满足表 10-4 所列要求。

表 10-4 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护要求

设备类型	机房内最小有效使用面积 (m ²)	机房内最小单边长度 (m)	有用线束方向铅当量 (mm)	非有用线束方向铅当量(mm)
单管头 X 射线设备	20	3.5	2	2

本项目 DSA 手术室设计状况见表 10-5。

表 10-5 DSA 手术室屏蔽设计状况一览表

工作场所	有效使用面积	机房长×宽	墙体	顶板	底板	防护门	观察窗
疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室	81.7m ²	净空长 11.5m×宽 7.1m	37cm 实心砖 (3.9mm 铅当量)	20cm 混凝土 +15 mm 硫酸钡防护板 (3.7mm 铅当量)	20cm 混凝土 (2.6mm 铅当量)	3mm 铅当量	3mm 铅当量

根据表 10-5，本项目所使用的 DSA 手术室的设计屏蔽状况满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中机房内最小有效使用面积、机房内最小单边长度和屏蔽防护铅当量厚度要求。

(2) 穿墙及防护门安装设计要求

对于 DSA 手术室的电缆线穿孔和通排风口等应采用与机房设计相同铅当量的铅橡胶进行补偿防护，避免漏射产生；为减少接缝处射线的泄漏，要求防护门两侧铅板搭接宽度大于门缝宽度 10 倍以上，门的底部与地面之间的重叠宽度大

于门缝宽度 10 倍以上。

3、介入过程屏蔽防护

①介入手术过程职业人员进入机房进行透视时，应佩戴好个人防护用具包括：铅衣、铅围脖、铅帽、铅眼镜等，其防护铅当量不低于 0.5mm。医院拟为本项目配置铅衣、铅围脖、铅围裙、铅眼镜、铅帽等 4 套，其防护铅当量均不低于 0.5mm。

②手术医生在进行透视时，应使用床下铅帘及悬吊铅屏进行局部遮挡。本项目 DSA 由厂家配置床体旁的铅防护吊屏和床下铅帘一套（分别一件），具有 0.5mm 厚的铅当量。

③对病人进行透视时或拍片过程，应采用适当防护设施对病人非病灶部位进行遮挡。本项目拟为病人配置铅方巾、铅围脖、铅帽、铅衣、铅眼镜等 1 套，其防护铅当量不低于 0.5mm。

4、源项控制

射线装置装有可调限束装置，使装置发射的线束宽度尽量减小，以减少泄漏辐射。

5、对医生及患者的污染防治措施

在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作。具体要求如下：

- ①进一步提高安全文化素养，全面掌握辐射防护法规与技术知识；
- ②结合诊疗项目实际，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；
- ③介入手术中，佩带好个人防护用具；
- ④必须开展介入诊疗手术医生的个人剂量监测；
- ⑤发现问题及时整改。

同时，医院在实施介入治疗时还须采取以下防护措施：

①时间防护：在满足诊断要求的前提下，在每次使用 DSA 进行诊断之前，根据诊断要求和病人实际情况制定最优化的诊断方案，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；

②距离防护：操作人员采取隔室操作方式，控制室与机房之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与手术医生交流。血管造影三室将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且将在机房人员通道门的醒目位置张贴

固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯箱。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射；

③缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线；

④在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

此外，在介入诊疗中必须做好患者的防护工作：

①选择最优化的检查参数，为保证影像质量可采用高电压、低电流、限制透视检查时间等措施；

②将 X 线球管尽量远离患者，而将影像增强器尽量靠近患者；

③作好患者非病灶部位的保护工作；

④定期维护介入设备；制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环保总局第 31 号令，2021 年 1 月 4 日经生态环境部令 第 20 号修改）“第十六条”和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函[2016]1400 号）中的相关规定，医院必须制订《射线装置操作规程》，并严格按照该规程操作。在该规程中明确规定：医生必须佩戴个人剂量计、铅防护用品，在介入诊疗中必须认真做好自身的防护工作，同时介入诊疗中必须做好患者的防护工作。

6、机房安全装置设计与布置

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400 号），本项目 DSA 手术室安全装置具体设计和布置如下：

①门灯连锁：机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯箱。当出束时，指示灯箱为红色并显示“禁止入内”，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯箱灭。

②紧急止动装置：控制台上、床旁均拟设置紧急止动按钮（各按钮分别与 X 射线系统连接）。X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按动任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束。

③操作警示装置：X 射线系统出束时，控制台上的指示鸣器发出声音。

④对讲装置：在 DSA 手术室与控制室之间拟安装对讲装置，控制室的工作人员通过对讲机与射线装置机房内的人员联系。

⑤警告标志：DSA 手术室防护门外的醒目位置，拟设置明显的电离辐射警告标志。

四、辐射工作场所安防措施

为确保本项目所使用的 II 类射线装置的辐射安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-6。

表 10-6 辐射工作场所安防措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
射线装置工作场所	防盗、防抢和防破坏	①本项目 II 类射线装置机房均纳入医院日常安保巡逻的重点工作范围，加强巡视管理以防遭到破坏； ②各工作场均设置有红外线监控射线头实行 24h 实时监控； ③每台射线装置均安排有专人进行管理和维护，并进行台账记录，一旦发生盗抢事件，立即关闭设备和防护门，并立即向公安机关报案； ④射线装置机房和邻近房间不得存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目所使用的 II 类射线装置购置于正规厂家，具有固有安全性，防护性能满足《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》（GBZ121-2020）和《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）； ②本项目所有射线装置工作场所均已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要按照设计和环评要求进行落实，机房是不存在辐射泄漏的情况，根据辐射影响分析，机房屏蔽体外 30cm 处剂量率能满足标准要求。

五、辐射安全防护设施对照分析

为防止发生辐射事故，根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400 号）中对医用电子直线加速器、DSA 辐射安全防护设施的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全装置及设备进行了对照分析，具体情况见表 10-7。

表 10-7 辐射安全防护设施汇总对照分析表

医用电子直线加速器机房				
序号	项目	规定的措施	落实情况	备注
1	控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带	/
3		视频监控与对讲系统	/	拟配置
4		治疗室门与高压联锁	/	拟配置
5	警示装置	入口电离辐射警示标识	/	拟配置
6		入口有加速器工作状态显示	/	拟配置
7		工作场所分区及标识	/	拟配置

8	治疗室紧急设施	屏蔽门内开门按钮	/	拟配置
9		治疗室门防夹人装置	已设计有	/
10		紧急照明或独立通道照明系统	已设计有	/
11		治疗室内有紧急停机按钮	/	拟配置
12		治疗床有紧急停机按钮	设备自带	/
13	监测设备	治疗室内固定式剂量报警仪	/	拟配置
14		便携式辐射监测仪器仪表	已有 1 台便携式 X-γ 辐射监测仪	/
15		个人剂量报警仪	/	拟配置
16		个人剂量计	已有 5 个人剂量计	/
17	其他	个人辐射防护用品	/	拟配置
18		通风系统	已设计有	/
DSA 手术室机房 (DSA)				
序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	备注
1	场所设施	单独机房	已设计有	/
2		操作部位局部屏蔽防护设施	设备自带	/
3		医护人员的防护	/	拟配置
4		患者防护	/	拟配置
5		机房门窗防护	已设计有	/
6		闭门装置	已设计有	/
7		入口处电离辐射警告标志	/	拟配置
8		入口处机器工作状态显示	/	拟配置
9	其他	监测仪器	已有 1 台便携式 X-γ 辐射监测仪	/
10		个人剂量计	已有 32 个人剂量计	/

三废的治理

一、废气处理措施

直线加速器和 DSA 在曝光过程中产生少量臭氧。

直线加速器机房配置有通排风系统，机房吊顶层西侧设有 2 个进风口，机房东侧墙角距地约 0.3m 的位置设置 2 个排风口，进风口和排风口对角设置。臭氧经排风管道引至直线加速器机房西侧的排风机房，再经排风井引至机房所在的疑难病症诊治综合楼北侧排风口排放，排风口高出地面 3.5m，设置防雨百叶，排风口周围设置围栏，防止人员进入。本项目直线加速器机房的排风量为 4712m³/h，机房净空体积为 348.7m³，则机房每小时通风频率约 13 次/小时，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) 中放射治疗机房内换气次数不少于 4 次/h 的要求。

本项目 DSA 手术室采用净化循环空调送风，排风机进行机械排风，排风量为

300m³/h，排风口位于相邻的污洗打包污物暂存间南侧墙体，朝向汽车坡道和院内空地，周围主要为流动人群，排风口位置合理，距离地面高4m。

表 10-8 本项目废气治理措施一览表

序号	机房	排风量 (m ³ /h)	废气处理 设施	去向
1	疑难病症诊治综合楼负一层直线加速器机房	4712	独立排风管道	换气次数为 13 次/小时，并设置独立排风管道引至疑难病症诊治综合楼北侧排风口排放，排风口高出地面 3.5m
2	疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室	300	独立排风管道	机房内设置排风系统，产生的臭氧经通排风系统排至室外

二、废水处理措施

本项目直线加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排，不会产生废水。

本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入绵阳市市政污水管网。

三、固体废物处理措施

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理。工作人员产生的少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理。

四、噪声治理措施

通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强最大为 60dB（A）。其中，直线加速器的通排风风机位于同层的新风机房和排风机房内，DSA 手术室的通排风风机位于楼上的净化空调设备机房内，拟设置减振降噪和隔声措施。

五、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”。报废后需确保射线装置不能正常通电，防止二次使用造成人员误照射。

六、环保措施及其投资估算

项目辐射防护措施及其投资估算见表 10-9。本项目总投资**，环保投资**，占总投资的**。

表 10-9 辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注
1、医用电子直线加速器				
项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽机房	1 间	/	纳入主体工程范围
	防护门	1 扇	/	
安全装置	门-机联锁装置	1 套	**	/
	视频监控系统	1 套	**	/
	语音播报及对讲装置	1 套	**	/
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套	**	/
	紧急开门装置	1 个	**	/
	紧急止动开关	1 套	**	/
	固定式剂量报警装置	1 台	**	/
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套	**	/
个人防护用品	个人剂量计	5 人	/	利旧
	个人剂量报警仪	2 台	**	/
	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台	/	利旧
废气	独立通排风系统	1 套	/	纳入主体工程范围
2、DSA				
项目	设施（措施）	数量	金额（万元）	备注
辐射屏蔽措施	屏蔽机房（墙体、地板、楼板、门、窗屏蔽）	1 间	/	纳入主体工程范围
安全装置	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套	**	/
	紧急止动开关	1 套	**	/
	语音对讲装置	1 套	**	/
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套	**	/
个人防护用品	个人剂量计	32 个	/	利旧
	辐射工作人员铅衣、铅围脖、铅围裙、铅眼镜、铅帽等（0.5mm 铅当量）	4 套	**	/
	病人防护：铅方巾、铅围脖、铅帽、铅衣、铅眼镜等（均不低于 0.5mm 铅当量）	1 套	**	/

	铅防护吊屏和床下铅帘	1 套	/	设备配置
	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台	/	利旧
废气	通排风系统	1 套	/	纳入主体工程范围
3、综合管理				
项目	设施（措施）	数量	金额 （万元）	备注
	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/	**	/
	规章制度上墙		**	/
	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示标牌、应急演练、医疗箱等）	/	**	/
合计			**	/

表 11：环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程施工环境影响已包含在原环评报告中（批复文号绵环审批[2016]42号），本次评价不涉及。

本项目施工期主要是机房装修施工阶段和设备安装、调试阶段。

1、装修施工的环境影响分析

（1）大气环境影响分析

装修过程中采用“环保型”油漆及涂料，产生的废气污染物主要是扬尘，装修过程中采取湿法作业、加强通风或室内空气净化措施，可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

（2）水环境影响分析

装修过程中施工人员会排放一定量的生活污水，可依托医院污水处理站处理，经处理后污水进入城市污水管网，不会对周围水环境产生不良影响。

（3）声环境影响分析

装修过程会产生一定噪声，针对噪声影响，本项目拟采取尽量选择低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

（4）固体废物影响分析

装修过程固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托医院生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

此外，在符合建筑设计和辐射防护要求的前提下，保证各屏蔽体有效衔接，各屏蔽体应有足够的超边量，避免各屏蔽体之间有漏缝产生。

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

2、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目所有设备的安装、调试，包括 1 台直线加速器和 1 台 DSA，应请设

备厂家专业人员进行，医院方不得自行安装及调试设备。

在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、电子线、臭氧和少量包装废弃物。建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响较小。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

运行阶段对环境的影响

一、医用电子直线加速器辐射环境影响分析

1、医用电子直线加速器屏蔽厚度合理性分析

10MV 医用电子直线加速器在运行过程中产生的电离辐射为：电子、X 射线。本项目 10MV 医用电子直线加速器采用电子束进行治疗，运行过程中最大电子线能量 15MeV。由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质中的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）中电子在介质中的射程计算，电子在混凝土中射程 d 为 2.31cm，加速器机房墙体最小屏蔽厚度为 170cm，所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此在运行过程中电子线对周围辐射环境影响较小。本次评价主要考虑 X 射线的辐射环境影响。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第二部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）的要求，在本项目直线加速器机房外各设定了关注点。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，假定直线加速器最大工况运行并针对关注点最不利情况对机房进行辐射屏蔽核算。本项目直线加速器机房的关注点设定及主要照射路径示意图（水平方向）见图 11-1，直线加速器机房的关注点设定及主要照射路径示意图（垂直方向）见图 11-2，直线加速器机房下方为封闭层，人员无法到达，所以机房地面的防护不予考虑，仅在迷道下方的地下车道设置关注点，考虑迷道地面的辐射屏蔽核算。

此外，加速器机房北侧职工宿舍楼（ Q_1 ）、南侧疑难病症诊治综合楼（ Q_2 ）和西侧综合大楼、职业病防治楼（ Q_3 ）在治疗室顶立体角区域内，因此对该三个

环境保护目标剂量率参考控制水平进行确定，并核算屏蔽厚度；由于南侧的疑难病症诊治综合楼距离加速器机房较近，且无地下土层间隔，因此在疑难病症诊治综合楼一层再设置关注点 Q_5 ，对剂量率参考控制水平进行确定，并核算屏蔽厚度；此外，加速器机房东侧院外的幼儿园不在治疗室顶立体角区域内，因此不再设置剂量率参考控制水平，对该处环境保护目标设置关注点 Q_4 进行剂量计算，具体位置详见图 11-3。

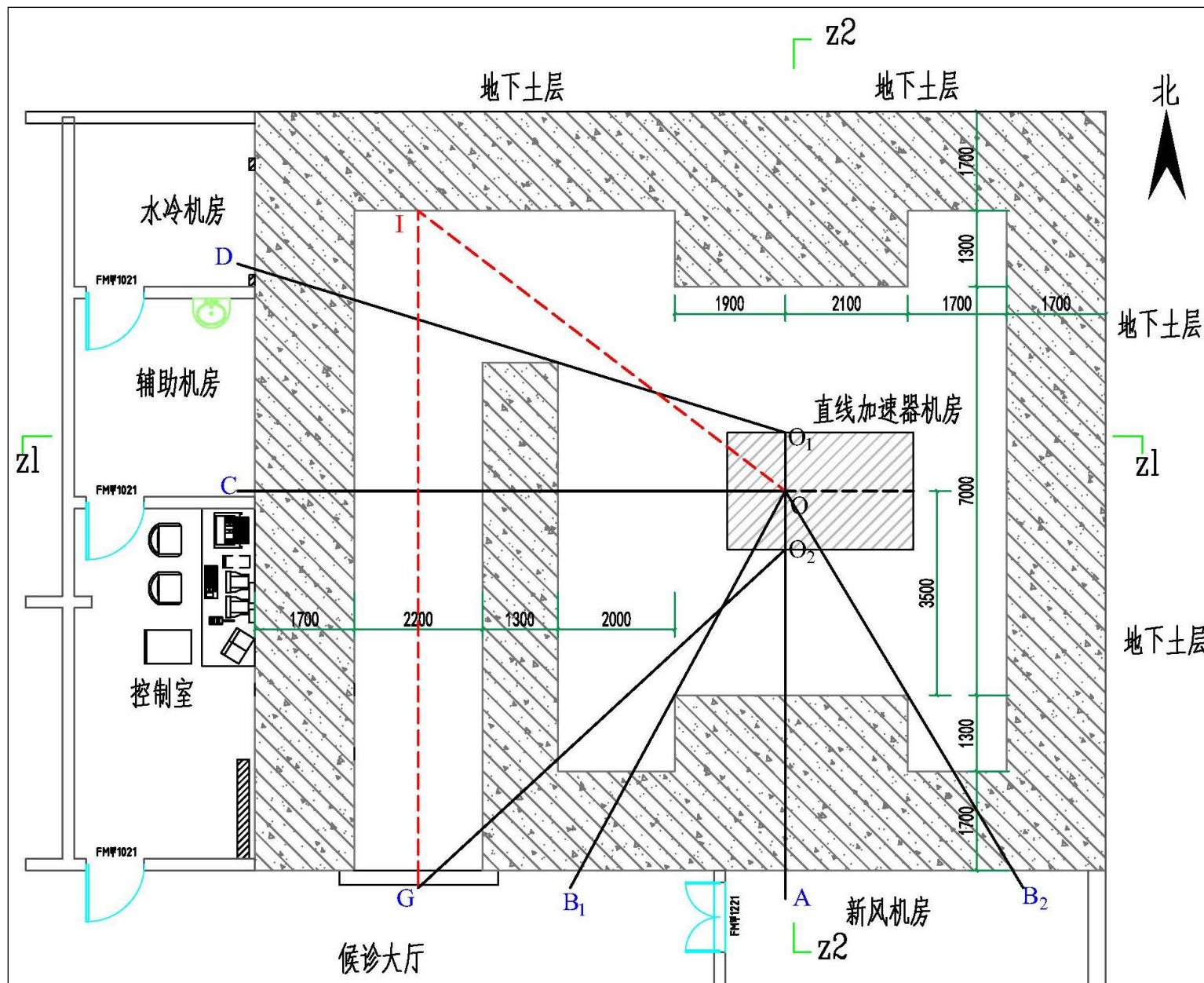


图 11-1 加速器机房关注点及主要照射路径示意图（水平方向）

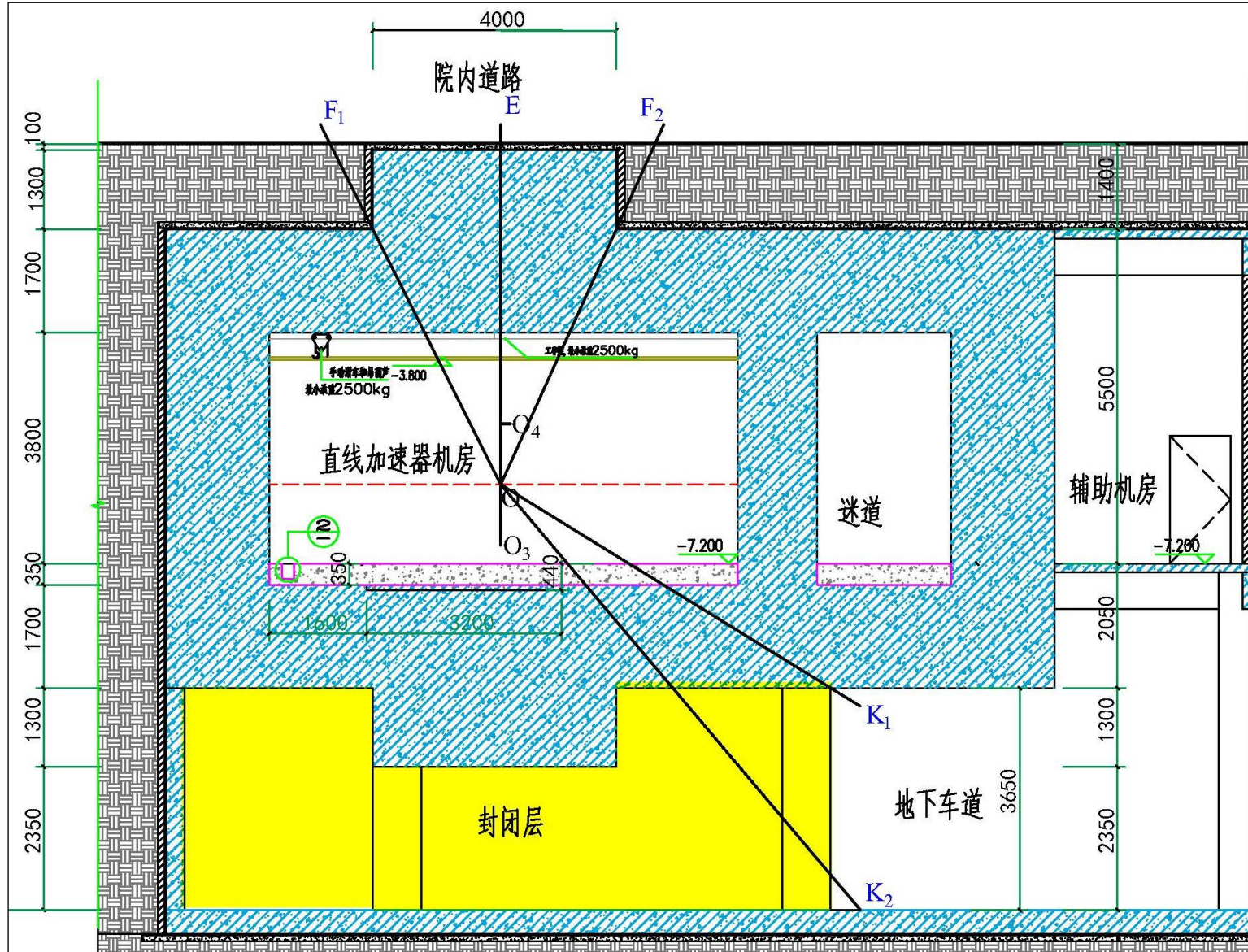


图 11-2 加速器机房关注点及主要照射路径示意图（垂直方向）

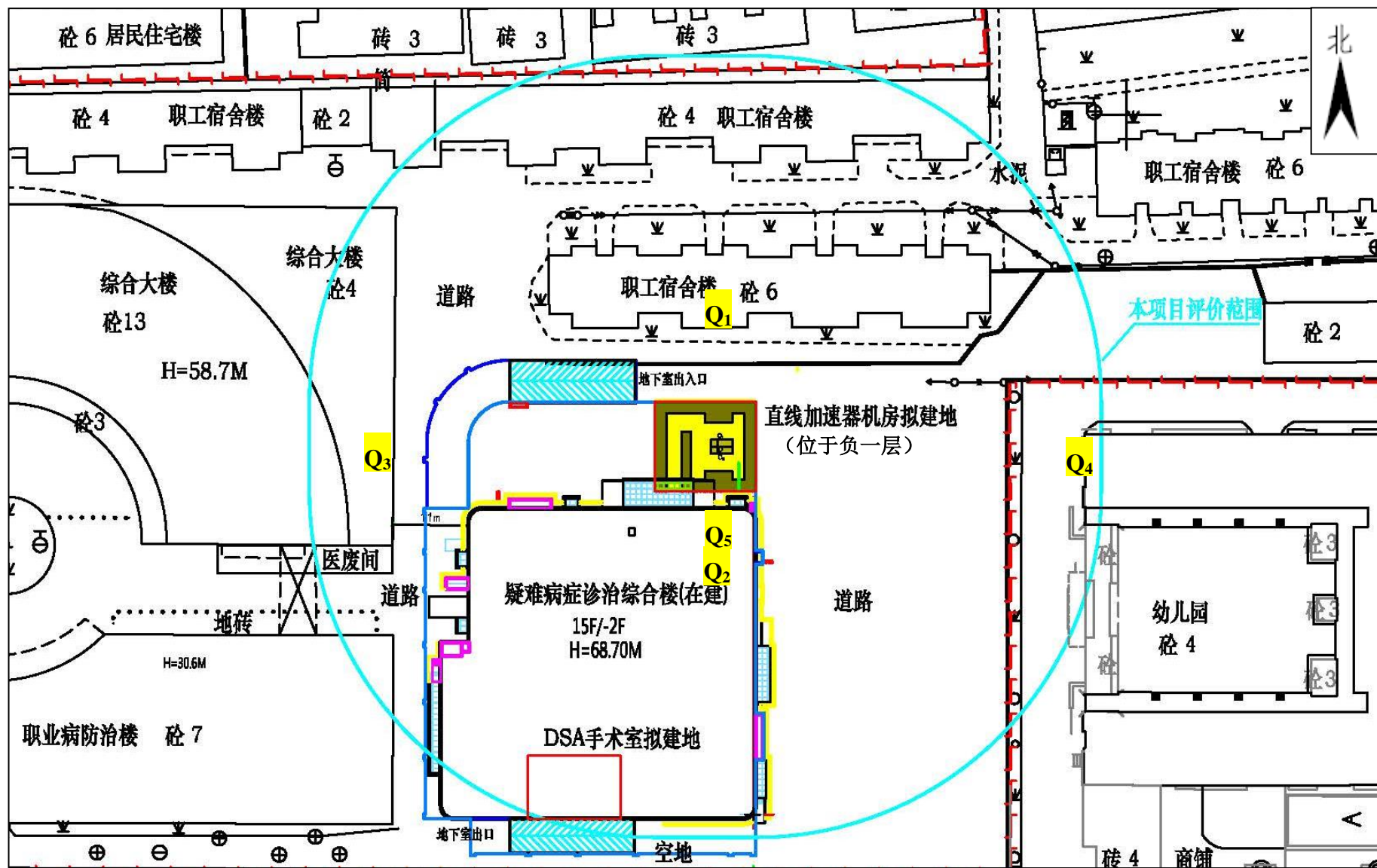


图 11-3 加速器机房周围环境保护目标位置示意图

(1) 剂量率参考控制水平 (H_e)

本项目医用电子直线加速器主射束方向朝向北侧、南侧、顶部、底部。

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)、《放射治疗治疗室的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗治疗室》(GBZ/T201.2-2011)，治疗室墙和入口门外表面 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由以下方法确定：

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

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

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

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区，属于复合辐射：

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

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ ：

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

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

为确保辐射安全，考虑一定裕度，本次评价各关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{e,max}$ 均取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

③应同时满足上述①和②所确定的剂量率参考控制水平，因此取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 (H_e)。

对于与主屏蔽区直接相连的次屏蔽区 (B₁ 点、B₂ 点、F₁ 点、F₂ 点、K₁ 点、K₂ 点、Q₃ 点) 以及机房门口 (G 点)，为复合辐射，导出剂量率参考控制水平

H_e 需考虑加速器的泄露辐射和有用线束水平照射的患者散射辐射。

表 11-2 加速器机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位		剂量率参考控制水平 (H_e) $\mu\text{Sv/h}$			主要考虑的辐射束	射线路径
		$H_{e, d}$	$H_{e, max}$	H_e		
加速器机房	A (新风机房)	7.67	2.5	2.5	有用线束	$O_1 \rightarrow A$
	B ₁ (过道)	5.19	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow B_1$
					散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow B_1$
	B ₂ (新风机房)	5.765	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow B_2$
					散射辐射	$O_1 \rightarrow O \rightarrow B_2$
	C (辅助机房及控制室)	4.80	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow C$
	D (水冷机房)	76.74	2.5	2.5	泄漏辐射	$O_1 \rightarrow D$
	E (楼顶院内道路)	1.92	2.5	1.92	有用线束	$O_3 \rightarrow E$
	F ₁ (楼顶院内道路)	5.19	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow F_1$
					散射辐射	$O_3 \rightarrow O \rightarrow F_1$
	F ₂ (楼顶院内道路)	5.19	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow F_2$
					散射辐射	$O_3 \rightarrow O \rightarrow F_2$
	G (防护门)	5.05	2.5	2.5	泄漏辐射	$O_2 \rightarrow G$
					散射辐射	$O_2 \rightarrow O \rightarrow I \rightarrow G$
	K ₁ (迷道下方的地下车道)	5.19	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow K_1$
					散射辐射	$O_4 \rightarrow O \rightarrow K_1$
	K ₂ (迷道下方的地下车道)	5.19	2.5	2.5	泄漏辐射	$O \rightarrow K_2$
散射辐射					$O_4 \rightarrow O \rightarrow K_2$	
Q ₁ (职工宿舍楼)	0.48	2.5	0.48	有用线束	$O_3 \rightarrow Q_1$	
Q ₂ (疑难病症诊治综合楼)	0.48	2.5	0.48	有用线束	$O_3 \rightarrow Q_2$	
Q ₃ (综合大楼、职业病防治楼)	1.30	2.5	1.30	泄漏辐射	$O \rightarrow Q_3$	
				散射辐射	$O_3 \rightarrow O \rightarrow Q_3$	
Q ₅ (疑难病症诊治)	0.48	2.5	0.48	有用线束	$O_1 \rightarrow Q_5$	

(2) 有用线束主屏蔽区宽度计算

本项目设计的 10MV 直线加速器机房，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为 28°。有用线束主屏蔽区示意图见图 11-4、11-5，主屏蔽宽度计算结果见表 11-3。

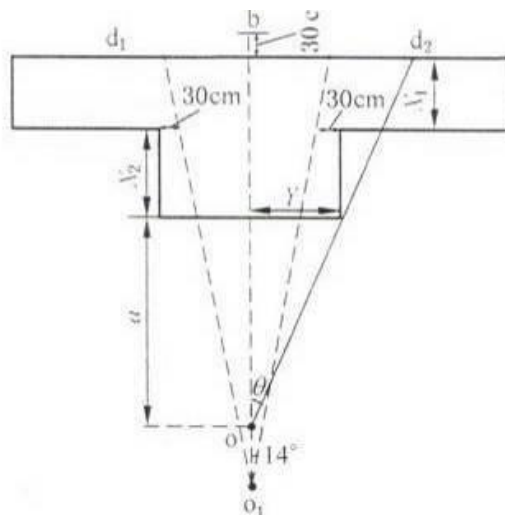
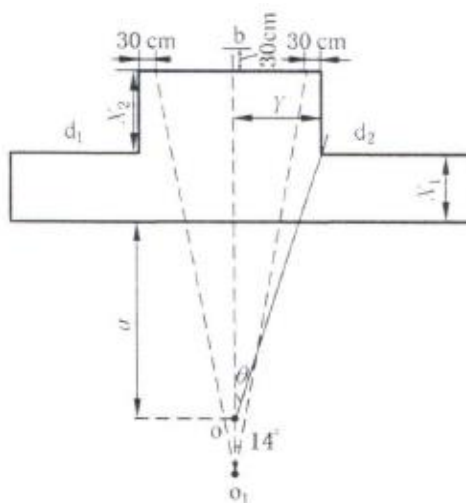


图 11-4 主射屏蔽范围计算示意局部图（内凸）



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

$$\theta = \text{tg}^{-1} [Y / (a + X_1)]$$

图 11-5 主射屏蔽范围计算示意局部图（外凸）

表 11-3 加速器机房主屏蔽范围计算表

机房	主屏蔽范围计算值(m)	主屏蔽范围设计值(m)	结论
加速器机房屏蔽墙体（北侧）	2.5	4.0	满足要求
加速器机房屏蔽墙体（南侧）	2.5	4.0	满足要求

屋顶	2.9	4.0	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摆位方式进行安装,防止安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

(3) 主屏蔽区、侧屏蔽墙、内墙和外墙核算

利用GBZ/201.2-2011的相关公式对主屏蔽区(加速器机房关注点A、E、Q₁、Q₂)、侧屏蔽墙(加速器机房关注点C)、迷道外墙(加速器机房关注点D)、迷道内墙(加速器机房关注点G)进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子*B*按下式进行计算。

$$B = \frac{H_e}{H_0} \times \frac{R_2}{f} \dots\dots\dots (式11-3)$$

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

$$X = X_e \times \cos \theta \dots\dots\dots (式 11-5)$$

表 11-4 加速器主屏蔽墙和侧屏蔽墙屏蔽厚度核算表

参数	主屏蔽区 (墙体 A 点)	主屏蔽区 (屋顶 E 点)	主屏蔽区 (屋顶 Q ₁ 点)	主屏蔽区 (屋顶 Q ₂ 点)	主屏蔽 区(墙体 Q ₅ 点)	侧 屏蔽墙 (C点)	迷道 外墙 (D点)	迷道 内墙 (G点)
辐射束	主 射线束	主 射线束	主 射线束	主 射线束	主 射线束	泄漏 辐射	泄漏 辐射	泄漏 辐射
射线路径	O ₁ →A	O ₃ →E	O ₃ →Q ₁	O ₃ →Q ₂	O ₁ →Q ₅	O→C	O ₁ →D	O ₂ →G
剂量率参考 控制水平 <i>H_e</i> (μSv/h)	2.5	1.92	0.48	0.48	0.48	2.5	2.5	0.625 ^②
<i>R</i> (m)	7.8	6.9	23.3	12.6	11.4	9.4	9.8	8.6
<i>H₀</i> (μSv.m ² /h)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
<i>f</i>	1	1	1	1	1	0.001	0.001	0.001
透射因子 <i>B</i>	1.15E-07	6.93E-08	1.97E-07	5.77E-08	4.73E-08	1.67E-04	1.82E-04	3.50E-05
<i>TVL₁</i> (cm) ^①	41	41	41	41	41	35	35	35
<i>TVL</i> (cm) ^①	37	37	37	37	37	31	31	31
有效屏蔽厚 度 <i>X_e</i> (cm)	260.7	268.9	252.1	271.8	275.0	121.1	119.9	142.1

斜射角 θ	0°	0°	45°	45°	30°	0°	17°	47°
屏蔽厚度 X (cm)	260.7	268.9	132.4	142.8	238.2	121.1	114.7	96.9
设计屏蔽厚度 (cm)	300	300	300	300	300	300	170	130
是否满足屏蔽要求	是	是	是	是	是	是	是	是

(4) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011, 对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区 (加速器关注点 B_1 、 B_2 、 F_1 、 F_2 、 K_1 、 K_2 、 Q_3) 应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用, 分别计算其所需屏蔽厚度, 取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3~式 11-5 进行计算, 散射辐射的透射因子按下式进行计算, 计算结果见表 11-5~表 11-7。

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

表 11-5 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算表 (一)

参数	墙体 B_1 点		墙体 B_2 点		屋顶 F_1 点	
	泄漏射线	散射射线	泄漏射线	散射射线	泄漏射线	散射射线
射线路径	O→ B_1	O_1 →O→ B_1	O→ B_2	O_1 →O→ B_2	O→ F_1	O_3 →O→ F_1
剂量率参考控制水平 * H_e (μ Sv/h)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
R (m)	7.7	7.7	7.9	7.9	6.6	6.6
H_0 (μ Sv.m ² /h)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
f	0.001	/	0.001	/	0.001	/
α_{ph}	/	3.18E-03	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F (cm ²)	/	1600	/	1600	/	1600
透射因子 B	5.61E-05	4.41E-06	5.91E-05	4.65E-06	4.13E-05	3.24E-06
TVL_1 (cm)	35	28	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28	31	28
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	135.8	149.9	135.1	149.3	139.9	153.7
斜射角 θ	28°	28°	31°	31°	27°	27°
屏蔽厚度 X (cm)	119.9	132.4	115.8	128.0	124.7	136.9
设计厚度 (cm)	170		170		170	

表 11-6 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算表 (二)

参数	屋顶 F_2 点	屋顶 Q_3 点
----	------------	------------

辐射束	泄漏射线	散射射线	泄漏射线	散射射线
射线路径	O→F ₂	O ₃ →O→F ₂	O→Q ₃	O ₃ →O→Q ₃
剂量率参考控制水平 *He(μSv/h)	1.25	1.25	0.05	1.25
R(m)	6.5	6.5	55.8	55.8
H ₀ (μSv.m ² /h)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
f	0.001	/	0.001	/
α _{ph}	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F (cm ²)	/	1600	/	1600
透射因子 B	4.00E-05	3.15E-06	1.18E-04	2.32E-04
TVL ₁ (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	140.3	154.1	125.8	101.8
斜射角 θ	24°	24°	57°	57°
屏蔽厚度 X (cm)	128.2	140.7	68.5	55.4
设计厚度 (cm)	170		170	

表 11-7 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算表 (三)

参数	地面 K ₁ 点		地面 K ₂ 点	
	泄漏射线	散射射线	泄漏射线	散射射线
射线路径	O→K ₁	O ₄ →O→K ₁	O→K ₂	O ₄ →O→K ₂
剂量率参考控制水平 *He(μSv/h)	1.25	1.25	1.25	1.25
R(m)	6.9	6.9	9.2	9.2
H ₀ (μSv.m ² /h)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
f	0.001	/	0.001	/
α _{ph}	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F (cm ²)	/	1600	/	1600
透射因子 B	4.51E-05	3.54E-06	8.02E-05	6.30E-06
TVL ₁ (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	138.7	152.6	131.0	145.6
斜射角 θ	58°	58°	40°	40°
屏蔽厚度 X (cm)	73.5	80.9	100.3	111.5
设计厚度 (cm)	170		170	

(5) 机房防护门屏蔽厚度核算

机房入口关注点处 (G) 的散射辐射剂量率 H 计算公式如下:

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

将迷道入口关注点处的剂量率代入下式计算铅门的厚度：

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

经计算， $B = (2.5 - 0.017) / 244.1 = 0.0102$ 。

根据（GBZ/T201.2-2011）中 5.2.6.1 c) 可知，入口处散射辐射能量约为 0.2MeV，铅的 TVL 为 5mm，相应的铅厚度(X)为： $X_1 = TVL \log B^{-1} = 10.0\text{mm}$ 。

经计算，加速器机房防护门所需铅当量厚度为 10.0mm，实际设计为 20mm 铅当量。

综上所述，本项目 10MV 医用电子直线加速器机房的设计屏蔽厚度能满足屏蔽防护要求。

2、医用电子直线加速器屏蔽体外贯穿辐射剂量率预测

根据 GBZ/T201.2-2011，各预测点（见图 11-1~图 11-3）人员可能受到的最大剂量可根据以下公式进行计算：

有用线束和泄漏辐射剂量估算：

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots (式 11-9)$$

$$B = 10^{-(X_c + TVL - TVL_c) / TVL} \dots\dots\dots (式 11-10)$$

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

患者一次散射辐射剂量估算：

$$H = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots (式 11-12)$$

机房迷道入口处辐射剂量估算：

$$H = H_g \times 10^{-(X/TVL)} + H_{og} \dots\dots\dots (式 11-13)$$

由此估算的有用线束和泄漏辐射对各关注点产生的剂量见表 11-8、表 11-9，由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-10，机房迷道入口处辐射剂量见表 11-11。

表 11-8 加速器机房有用线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区(墙体 A 点)	主屏蔽区(屋顶 E 点)	主屏蔽区(屋顶 Q ₁ 点)	主屏蔽区(屋顶 Q ₂ 点)	主屏蔽区(墙体 Q ₅ 点)	侧屏蔽墙(C 点)	迷道外墙(D 点)	迷道内墙(G 点)	侧屏蔽墙(Q ₄ 点)
屏蔽厚度 X (cm)	300	300	300	300	300	300	170	130	170
斜射角 θ	0°	0°	45°	45°	30°	0°	17°	47°	4°
有效屏蔽厚度 X _e (cm)	300	300	424.3	424.3	346.4	300	177.8	190.6	170.4
TVL ₁ (cm)	41	41	41	41	41	35	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	37	37	31	31	31	31
透射因子 B	1.00E-08	1.00E-08	4.38E-12	4.38E-12	5.57E-10	2.83E-10	2.48E-06	9.55E-07	4.28E-06
H ₀ (μSv/h)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
f	1	1	1	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001
R(m)	7.8	6.9	23.3	12.6	11.4	9.4	9.8	8.6	54.0
剂量当量 H (μSv/h)	2.17E-01	2.77E-01	1.07E-05	3.64E-05	5.66E-03	4.23E-06	3.41E-02	1.70E-02	1.94E-03
控制值 H (μSv/h)	2.5	1.92	0.48	0.48	0.48	2.5	2.5	0.625 ^③	/
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	/

表 11-9 加速器机房泄漏辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区						
	墙体 B ₁ 点	墙体 B ₂ 点	屋顶 F ₁ 点	屋顶 F ₂ 点	屋顶 Q ₃ 点	地面 K ₁ 点	地面 K ₂ 点
屏蔽厚度 X (cm)	170	170	170	170	170	170	170
斜射角 θ	28°	31°	27°	24°	57°	58°	40°

有效屏蔽厚度 X_e (cm)	192.5	198.3	190.8	186.1	312.1	320.8	221.9
TVL_1 (cm)	35	35	35	35	35	35	35
TVL (cm)	31	31	31	31	31	31	31
透射因子 B	8.28E-07	5.39E-07	9.43E-07	1.34E-06	1.15E-10	6.03E-11	9.34E-08
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
f	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
R (m)	7.7	7.9	6.6	6.5	55.8	6.9	9.2
剂量当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.84E-02	1.14E-02	2.86E-02	4.18E-02	4.87E-08	1.67E-06	1.46E-03
控制值 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.25	1.25	1.25	1.25	0.05	1.25	1.25
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表 11-10 加速器机房患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区						
	墙体 B_1 点	墙体 B_2 点	屋顶 F_1 点	屋顶 F_2 点	屋顶 Q_3 点	地面 K_1 点	地面 K_2 点
屏蔽厚度 X (cm)	170	170	170	170	170	170	170
斜射角 θ	28°	31°	27°	24°	57°	58°	40°
有效屏蔽厚度 X_e (cm)	192.5	198.3	190.8	186.1	312.1	320.8	221.9
TVL (cm)	28	28	28	28	28	28	28
透射因子 B	1.33E-07	8.26E-08	1.53E-07	2.26E-07	7.12E-12	3.49E-12	1.19E-08
H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09	1.32E+09
α_{ph}	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03	3.18E-03
F	40×40	40×40	40×40	40×40	40×40	40×40	40×40
R (m)	7.7	7.9	6.6	6.5	55.8	6.9	9.2
剂量当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	3.76E-03	2.22E-03	5.91E-03	8.98E-03	3.84E-09	1.23E-07	2.35E-04

控制 H ($\mu\text{Sv/h}$)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
评价 结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表 11-11 加速器机房迷道入口处辐射剂量估算表

计算参数	机房迷道入口处（防护门外）
机房入口处的散射辐射剂量率 H_g ($\mu\text{Sv/h}$)	244.1
机房入口处的漏射辐射剂量率 H_{og} ($\mu\text{Sv/h}$)	1.70E-02
屏蔽厚度 X (mm)	20
TVL (mm)	5 (铅)
经防护门屏蔽后的剂量当量 H ($\mu\text{Sv/h}$)	4.14E-02
控制值 H ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5
评价结果	满足

3、医用电子直线加速器屏蔽体外人员所受剂量

结合表 7-1，本项目环境保护目标所受剂量见表 11-12。因辐射工作人员会定期对周边环境进行巡视，为保守估计。职业人员受到的照射剂量应叠加周围公众所受照射剂量中的最大值，故本项目医用电子直线加速器运行后，职业人员每年所受到的最大照射剂量约为 $1.48 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ($4.45 \times 10^{-4} + 1.44 \times 10^{-2}$)，满足职业人员 5mSv/a 的约束值要求；公众受到的附加有效剂量最大为 $1.44 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足公众 0.1mSv/a 的约束值要求。

除从事本项目之外，辐射工作人员还继续从事原有辐射工作。因此叠加个人剂量检测结果（见表 1-7，最大为 0.11mSv/a ），本项目辐射工作人员每年所受到的最大照射剂量约为 $2.58 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ($1.48 \times 10^{-2} + 0.11$)，满足职业人员 5mSv/a 的约束值要求。

表 11-12 加速器机房周围环境保护目标的年附加有效剂量估算表

保护名单	人数 (人)	方位	位置	剂量当量 H 预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作 负荷 (h/a)	居留 因子	附加有效 剂量预测 结果 mSv/a
职业人	5 人	西侧	控制室、辅助机房 等	4.23E-06 (关注点 C)	208.3	1	4.45E-04
			水冷机房	3.41E-02	208.3	0.0625	

员				(关注点 D)			
周围公众	流动人群	北侧	院内道路公众	2.77E-01 (保守取关注点 E)	208.3	0.25	1.44E-02
	约 100 人	北侧	职工宿舍楼	1.07E-05 (关注点 Q ₁)	208.3	1	2.23E-06
	流动人群	东侧	院内道路公众	2.77E-01 (保守取关注点 E)	208.3	0.25	1.44E-02
	约 20 人(评价范围内)	东侧	院外幼儿园	2.01E-03 (关注点 Q ₄)	208.3	1	4.19E-04
	流动人群	南侧	候诊大厅、过道等公众	4.14E-02 (关注点 G)	208.3	1	8.62E-03
	流动人群	南侧	新风机房公众	2.17E-01 (关注点 A)	208.3	0.0625	2.83E-03
	约 200 人	南侧	疑难病症诊治综合楼	5.66E-03 (关注点 Q ₅)	208.3	1	1.18E-03
	流动人群	西侧	院内道路公众	2.77E-01 (保守取关注点 E)	208.3	0.25	1.44E-02
	约 150 人	西侧	综合大楼、职业病防治楼	5.25E-08 (关注点 Q ₃ 泄漏辐射 4.87E-08+散射辐射 3.84E-09)	208.3	1	1.09E-08
	流动人群	楼上	院内道路公众	2.77E-01 (关注点 E)	208.3	0.25	1.44E-02
	流动人群	楼下	地下车道(机房下方为封闭层,仅迷路下方为地下车道)公众	1.70E-03 (关注点 K ₂ 泄漏辐射 1.46E-03+散射辐射 2.35E-04)	208.3	0.25	8.83E-05

二、DSA 辐射环境影响分析

本项目 DSA 目前尚未运行,对 DSA 手术室周围辐射环境影响评价采用模式预测的方法进行影响分析。本项目 DSA 主射方向由下往上,在进行曝光时分两种情况:

①造影拍片过程辐射影响分析

操作人员采取隔室操作的方式,医生通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况,通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中,医生位于控制室内。

②脉冲透视过程辐射影响分析

病人需进行介入手术治疗时，为更清楚的了解病人情况，会有间歇或连续曝光，并采用连续脉冲透视。此时第一手术操作位医生位于铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在机房内对病人进行直接的手术操作，距离主射线束距离为 0.3m；第二手术位的医生只有防护服防护，距离主射线束为 1m。

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 涉及做介入手术的科室为心外科、心内科、全科医学科、神经内科、神经外科、普外二科、放射科、感染科和呼吸科，介入中心负责管理 DSA 和在控制室操作 DSA，负责介入手术前准备、手术后清理工作及术中配合跟台手术（根据各手术情况需要）。在各科室医生做手术时，介入中心辐射工作人员一般不进入手术室。根据不同病人手术情况的需要，介入室辐射工作人员进入手术室内，在术中配合跟台手术，在距离主射线束最近为 1m。

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 透视操作常用最大管电压为 75kV、常用最大管电流为 12mA；DSA 拍片常用最大管电压 85kV，最大管电流 650mA。

DSA 机头可朝手术床左右各旋转 120°，出束方向主要为从下往上，朝上方屋顶的照射时间占 80%，朝手术床两侧墙体的照射时间各为 10%。本项目 DSA 投用后，手术室顶部、手术床两侧主射束墙体外（计算时保守取距离最近的南北两侧墙体）在主射束照射时主要考虑主射影响，在非主射束照射时考虑漏射和散射；手术室两侧非主射线束墙体外、手术室下方的考虑漏射和散射；手术室内的辐射工作人员受到散射和漏射的影响。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离手术室最近关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。

DSA 手术室内及周围各预测点的总的附加剂量见表 11-16。

表11-16 DSA手术室内及周围各预测点的总附加剂量率预测表

预测点			模式	主射束辐射剂量 (mSv/a)	泄漏辐射剂量 (mSv/a)	散射辐射剂量 (mSv/a)	总有效剂量 (mSv/a)	
序号	方位	位置						
1	机房内	第一手术位	透视	/	1.07E+00	7.52E+00	8.59	
2	机房内	第二手术位	透视	/	2.79E+00	4.18E+00	6.97	
3	机房内	第二手术位 (介入中心)	透视	/	2.79E+00	4.18E+00	6.97	
4	机房西侧	控制室	透视	/	5.21E-05	2.54E-05	7.75E-05	3.30E-04
			拍片	/	1.70E-04	8.28E-05	2.53E-04	
5	机房北侧	过道、医生更衣淋浴卫生间等疑难病症诊治综合楼内房间	透视	6.60E-05	5.94E-06	3.25E-06	7.52E-05	3.20E-04
			拍片	2.15E-04	1.94E-05	1.06E-05	2.45E-04	
6	机房北侧	院内道路公众	透视	2.87E-07	2.58E-08	1.01E-08	3.23E-07	1.38E-06
			拍片	9.36E-07	8.42E-08	3.31E-08	1.05E-06	
7	机房东侧	急诊手术室、污洗打包污物暂存间等疑难病症诊治综合楼内房间	透视	/	3.30E-06	1.61E-06	4.91E-06	2.10E-05
			拍片	/	1.08E-05	5.24E-06	1.60E-05	
8	机房东侧	院内道路公众	透视	/	6.16E-08	2.47E-08	8.63E-08	3.68E-07
			拍片	/	2.01E-07	8.08E-08	2.82E-07	
9	机房	汽车坡道、院内	透视	1.65E-05	1.48E-06	8.13E-07	1.88E-05	8.02E-05

	南侧	空地公众	拍片	5.39E-05	4.85E-06	2.65E-06	6.14E-05	
10	机房南侧	院外商铺	透视	5.96E-06	5.36E-07	2.24E-07	6.72E-06	2.87E-05
			拍片	1.95E-05	1.75E-06	7.30E-07	2.20E-05	
11	机房南侧	跃华路公众	透视	3.59E-07	3.23E-08	1.28E-08	4.04E-07	1.72E-06
			拍片	1.17E-06	1.06E-07	4.17E-08	1.32E-06	
12	机房西侧	过道、示教室、医生办公室等疑难病症诊治综合楼内房间	透视	/	1.77E-06	8.00E-07	2.57E-06	1.10E-05
			拍片	/	5.78E-06	2.61E-06	8.39E-06	
13	机房西侧	院内道路公众	透视	/	1.26E-07	5.20E-08	1.78E-07	7.59E-07
			拍片	/	4.11E-07	1.70E-07	5.81E-07	
14	机房西侧	职业病防治楼、综合大楼	透视	/	2.83E-07	1.14E-07	3.97E-07	1.69E-06
			拍片	/	9.24E-07	3.73E-07	1.30E-06	
15	机房楼下	地下车道公众	透视	/	8.05E-05	4.32E-05	1.24E-04	5.28E-04
			拍片	/	2.63E-04	1.41E-04	4.04E-04	
16	机房楼上	净化空调设备机房和医生更衣淋浴卫生间公众	透视	2.20E-04	5.50E-07	2.95E-07	2.21E-04	9.42E-04
			拍片	7.18E-04	1.80E-06	9.64E-07	7.21E-04	

由上表可知，本项目 DSA 运行时，公众所受年附加有效剂量最大为 $9.42 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，满足公众照射年有效剂量 0.1mSv/a 的标准要求。

针对本项目职业人员，需根据各科室的介入手术量、透视时间及职业人员配置分组分配手术量（一组两名医生，第一术者位和第二术者位）的情况，来核算职业人员所受剂量。

表11-17 本项目职业人员年剂量核算表

关注点		合计所受剂量(mSv/a)	科室	透视时间分配比例	科室所受剂量合计(mSv/a.科室)	科室职业人员分组数(组)	职业人员所受剂量(mSv/a.组)
手术 科室	第一 手术位	8.59	心外科	7.67%	6.59E-01	2	3.29E-01
			心内科	46.21%	3.97E+00	3	1.32E+00
			全科医学科	7.67%	6.59E-01	1	6.59E-01
			神经内科	7.67%	6.59E-01	1	6.59E-01
			神经外科	7.67%	6.59E-01	1	6.59E-01
			普外二科	7.67%	6.59E-01	1	6.59E-01
			放射科	7.67%	6.59E-01	1	6.59E-01
			感染科	3.88%	3.33E-01	1	3.33E-01
	呼吸科	3.88%	3.33E-01	1	3.33E-01		
	第二 手术位	6.97	心外科	7.67%	5.35E-01	2	2.67E-01
			心内科	46.21%	3.22E+00	3	1.07E+00
			全科医学科	7.67%	5.35E-01	1	5.35E-01
			神经内科	7.67%	5.35E-01	1	5.35E-01
			神经外科	7.67%	5.35E-01	1	5.35E-01
			普外二科	7.67%	5.35E-01	1	5.35E-01
			放射科	7.67%	5.35E-01	1	5.35E-01
感染科			/	/	/	/	
呼吸科	/	/	/	/			
关注点		合计所受剂量(mSv/a)	科室	透视时间分配比例	科室所受剂量合计(mSv/a.科室)	科室职业人员人数	职业人员所受剂量(mSv/a.人)
介入 中心*	第二 手术位 (介入中 心)	6.97	介入中心	100%	6.97	7	9.96E-01
	控制室	3.30E-04	介入中心	100%	3.30E-04		

注：(1) /：感染科和呼吸科均只有1名辐射工作人员在手术室内操作，因此无第二束者位。
(2) 介入中心职业人员共7人，负责管理DSA和在控制室操作DSA，负责介入手术前准

备、手术后清理工作及术中配合跟台手术（根据各手术情况需要），距离主射线束最近为 1m 即第二术者位。

由上表可知，本项目 DSA 手术室内第一手术操作位医生最大年有效剂量为 1.32 mSv/a（心内科）；第二手术操作位医生最大年有效剂量为 1.07mSv/a（心内科），介入中心操作 DSA 和配合跟台手术时最大年有效剂量为 9.96×10^{-1} mSv/a，均满足 5mSv/a 约束值要求。

除从事本项目之外，辐射工作人员还继续从事医院现有的其他 DSA 辐射工作，以及 2022 年综合大楼 1 楼血管造影三室新增的 1 台 DSA 辐射工作，已于 2022 年 6 月 8 日取得绵阳市生态环境局的环评批复，文号为环审批[2022]92 号，根据该环评报告，第一手术操作位医生最大年有效剂量为 0.76mSv/a；第二手术操作位医生最大年有效剂量为 0.62mSv/a，介入中心操作 DSA 和配合跟台手术时最大年有效剂量为 0.43mSv/a。

因此，保守叠加个人剂量检测结果（表 1-7，手术科室取心内科最大值 1.91 mSv/a，介入中心取最大值 0.18 mSv/a）和血管造影三室 DSA 的辐射影响，本项目手术科室辐射工作人员所受年有效剂量为 3.99mSv/a（1.32+1.91+0.76），介入中心辐射工作人员所受年有效剂量为 1.61mSv/a（ 9.96×10^{-1} +0.18+0.43），满足 5mSv/a 约束值要求。

2、医生腕部皮肤受照剂量

（1）计算模式

腕部皮肤受照剂量计算模式参考《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017），有辐射场空气比释动能率信息时，皮肤吸收剂量用下式进行估算：

$$D_S = C_{KS} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11-18）}$$

若有辐射场周围剂量当量率的测量数据，可用下式计算辐射场的空气比释动能率：

$$\dot{k} = \frac{H^*(10)}{C_{KH^*}} \dots\dots\dots \text{（式 11-19）}$$

（2）类比预测

针对 DSA 机房内职业人员腕部皮肤的测量数据，本次选取三亚哈尔滨医科大学鸿森医院 Allura Xper FD20 型 DSA 作为腕部皮肤类比监测数据，类比可行

性见表 11-18。

表 11-18 本项目 DSA 与类比 DSA 运行工况比较表

设备名称	透视工况下	
	运行时最大管电压 (kV)	运行时最大管电流 (mA)
本项目 DSA	75	12
类比 DSA	78	12.2

由表 11-18 可知，本项目 DSA 透视工况下最大管电压和最大管电流均略低于类比 DSA，因此采用类比监测数据反映本项目机房内职业人员所受影响是可行的。

类比监测结果见表 11-19。

表 11-19 类比 DSA 机房内 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

监测点位编号	测量点位置		X-γ 辐射空气吸收剂量率 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	标准差 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	备注
7	介入手术室内第一术者位辐射工作人员手臂处(距球管 20cm)	未曝光	14.0	0.22	透视
		曝光	9554.5	39.42	
8	介入手术室内第二术者位辐射工作人员手臂处(距球管 70cm)	未曝光	14.1	0.26	透视
		曝光	5183.4	22.18	

注：四川省核工业辐射测试防护院于 2018 年 1 月 26 日对类比机房进行了辐射环境监测（监测报告编号：辐测院监字[2018F]第 0033 号）。

根据建设单位提供资料，本项目 DSA 涉及做介入手术的科室为心外科、心内科、全科医学科、神经内科、神经外科、普外二科、放射科、感染科和呼吸科，本次评价以年透视时间最长的心内科介入手术（单组职业人员年透视时间 16.67h）为例进行计算，心内科职业人员腕部受照射剂量计算结果见表 11-20。

表 11-20 DSA 手术室内心内科介入手术所致腕部年有效剂量

监测点位编号	位置	X-γ 辐射空气吸收剂量率附加值 ($\times 10^{-8}$ Gy/h)	单组职业人员年最大受照射时间 (h)	年有效 (mSv/a)	受照射类型
7	介入手术室内第一术者位辐射工作人员手臂处	9540.5	16.67	1.59	职业
8	介入手术室内第二术者位辐射工作人员手臂处	5169.3	16.67	0.86	职业

经计算，DSA 对职业人员手、皮肤年当量剂量为 1.59mSv/a，满足 125mSv/a

剂量约束限值。其他科室手术年透视时间均少于心内科手术，故其他科室手术术者位辐射工作人员手、皮肤年当量剂量更能满足 125mSv/a 剂量约束限值。

此外将监测数据和本项目年透视时间 16.67h 代入公式 11-18 和 11-19，经计算，DSA 对辐射工作人员手、皮肤年当量剂量最大为 1.05mSv/a。眼晶体距离辐射源较手部更远，受照剂量小于此值，满足 37.5mSv/a 当量剂量约束值。

综上，公式计算结果和类比计算结果均满足 125mSv/a 剂量约束限值。

3、环境保护目标的受照射剂量

针对表 7-1 中 DSA 手术室环境保护目标，各环境保护目标处的总附加剂量见表 11-21。

表 11-21 本项目 DSA 手术室环境保护目标受照射剂量计算结果

场所	保护名单	方位	位置	年最大有效剂 (mSv/a)
DSA 手术 室	职业人员	/	DSA 手术室内	3.99
		西侧	控制室、设备间	1.61
	周围公众	北侧	过道、医生更衣淋浴卫生间等 疑难病症诊治综合楼内房间	3.20E-04
		北侧	院内道路公众	1.38E-06
		东侧	急诊手术室、污洗打包污物暂 存间等疑难病症诊治综合楼内 房间	2.10E-05
		东侧	院内道路公众	3.68E-07
		南侧	汽车坡道、院内空地公众	8.02E-05
		南侧	院外商铺	2.87E-05
		南侧	跃华路公众	1.72E-06
		西侧	过道、示教室、医生办公室等 疑难病症诊治综合楼内房间	1.10E-05
		西侧	院内道路公众	7.59E-07
		西侧	职业病防治楼、综合大楼	1.69E-06
		楼上	净化空调设备机房和医生更衣 淋浴卫生间公众	9.42E-04
		楼下	地下车道公众	5.28E-04

综上，本项目职业人员所受年附加有效剂量最大为 3.99mSv/a，公众所受年附加有效剂量最大为 9.42×10^{-4} mSv/a，均满足本项目要求的职业照射年有效剂量 5mSv/a、公众照射年有效剂量 0.1mSv/a 的标准要求。因此，本项目的建设对 DSA 手术室职业人员和周围公众的辐射影响较小。

三、大气环境影响分析

DSA 的 X 射线能量较小，其臭氧产生量较小，且 DSA 手术室设置有独立的通排风系统，产生的臭氧经通排风系统排至室外经自然稀释后对环境影响较小。

本次评价主要考虑直线加速器使用过程中产生臭氧的环境影响分析。

根据《辐射防护手册》（第三分册）130 页，直线加速器运行期间产生的臭氧浓度可由下式进行估算。

$$C = 3.25[SITD/V] \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-20)}$$

表 11-22 臭氧的浓度计算参数及结果

参数	<i>I</i> (mA)	<i>D</i> (cm)	<i>V</i> (m ³)	<i>T</i> (s)	<i>S</i> (keV/cm)	<i>C</i> (重量比)	臭氧浓度 (mg/m ³)
1#加速器机房	0.1	100	348.7	60	3.0	0.025	0.036

由表 11-22，单次治疗照射完毕后，加速器机房内臭氧浓度能满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）中臭氧 1 小时均值≤0.16mg/m³的标准限值。

加速器开机治疗时通排风系统一直在运行，且每小时排风量为 4712m³/h，臭氧通过排风管道引至直线加速器机房西侧的排风机房，再经排风井引至机房所在的疑难病症诊治综合楼北侧排风口排放，经扩散后对机房周围的环境影响可以满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准中 1 小时均值≤0.2mg/m³的标准限值，对机房周围的大气环境影响较小。排风口高出地面 3.5m，设置防雨百叶，排风口周围设置围栏，防止人员进入。

四、水环境影响分析

本项目直线加速器不产生医疗废水和放射性废水，加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。

本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入绵阳市市政污水管网，对地表水环境影响较小。

六、固体废物环境影响分析

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转

移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理，工作人员产生的少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

七、声环境影响分析

通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强最大为 60dB (A)。其中，直线加速器的通排风风机位于同层的新风机房和排风机房内，DSA 手术室的通排风风机位于楼上的净化空调设备机房内，拟设置减振降噪和隔声措施，风机噪声通过减振降噪、机房墙体阻隔和距离衰减后，对周围声环境影响较小。

辐射事故影响分析

一、事故等级判断依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）和《四川省生态环境厅（四川省核安全局）辐射事故应急预案（2020 版）》，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（I 级）、重大辐射事故（II 级）、较大辐射事故（III 级）和一般辐射事故（IV 级）等四级，详见表 11-23。

表 11-23 辐射事故等级划分表

事故等级	危害结果	放射性同位素失控量化指标
特别重大辐射事故（I 级）	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人及以上急性死亡。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
重大辐射事故（II 级）	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人及以下急性死亡或者 10 人及以上急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+13Bq$ 且小于 $1.0E+14Bq$ 的 Sr-90 当量。
较大辐射事故（III 级）	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置导致 9 人及以下急性重度放射病、局部器官残疾。	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+11Bq$ 且小于 $1.0E+12Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污染）时液态放射性物质的释放量大于等于 $1.0E+12Bq$ 且小于 $1.0E+13Bq$ 的 Sr-90 当量。
一般辐射事故（IV 级）	IV 类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过	①事故造成水环境污染时液态放射性物质的释放量小于 $1.0E+11Bq$ 的 Sr-90 当量； ②事故造成地表、土壤污染（未造成地下水污

年剂量限值的照射。	染) 时液态放射性物质的释放量小于 1.0E+12Bq 的 Sr-90 当量。
-----------	---

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 11-24。

表 11-24 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

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

(四) 射线装置辐射事故影响分析

1、事故类型

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

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

(2) 安全连锁装置发生故障, 射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入, 造成有人员被误照射, 引发辐射事故。

(3) 射线装置检修、维护过程, 工作人员误操作或者曝光参数设置错误, 造成人员被误照射, 引发辐射事故。

2、事故后果计算

(1) 加速器事故后果计算

本项目医用电子直线加速器对病人开机治疗时, 距焦点 1m 处 X 射线的最大

吸收剂量率为 22Gy/min。以最大吸收剂量率 22Gy/min 考虑，假设考虑加速器运行时人员误入机房，人员在无其他屏蔽的情况下处于加速器机头外 1m 远处的主射束方向。由于机房内安装有出束提醒并在人员易接触的位置设置有“紧急止动”按钮，只要误入人员按下此按钮就可以停机，所以受照时间取 10s，则事故情况下误入人员距加速器机头 1m 处受到的辐射剂量为 4.0Sv/次，超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），可能会发生重度骨髓型急性放射病。

(2) DSA 事故后果计算

根据计算，在事故状态下环境影响分析结果见表 11-25。

表 11-25 DSA 事故情况下剂量率计算结果表

事故类型	人员	与主射线束之间最近距离	事故状况	事故状态曝光参数	居留位置剂量率 (mSv/min)
(1)	职业	0.3m (侧向)	职业人员未撤离机房，且无防护	取拍片最大工 况：管电压 85kV，管电流 650mA	21.6
(2)	公众	1m (侧向)	公众误入机房，且无防护		2.8
(3)	公众	0.3m (侧向)	检修人员误操作，且无防护		21.6

根据表 11-25，DSA 在事故状态下可导致公众受照射剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众年受照射剂量 1mSv/a 限值，可导致职业人员受照射剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业人员年受照射剂量 20mSv/a 限值，构成一般辐射事故。

(四) 辐射事故综合分析

根据前述，本项目可能发生的最大潜在事故条件及事故等级见表 11-26。

表 11-26 最大潜在危害及事故等级

场所	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	影响范围 (小于 2.5μSv/h)	事故影响后果	事故等级
医用电子直线加速器	X 射线	①辐射工作人员还未全部撤出机房，外面人员启动射线装置，造成辐射工作人员被误照，引发辐射事故。 ②安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。 ③射线装置检修、维护过程，工作	机房内	人员超剂量照射，并可能导致急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故

		人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。			
DSA	X 射线	①辐射工作人员还未全部撤出机房，外面人员启动射线装置，造成辐射工作人员被误照，引发辐射事故。 ②安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成有人员被误照射，引发辐射事故。 ③射线装置检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，造成人员被误照射，引发辐射事故。	机房内	人员超剂量照射	一般辐射事故

根据表 11-26，本项目可能发生的辐射事故包括：较大辐射事故和一般辐射事故。

（五）事故防范措施

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，尽可能地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、定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

2、建设单位辐射工作人员需严格按射线装置操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

3、定期对使用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定期更换，并建立射线装置维护、维修台账。

4、建设单位辐射工作人员需参加辐射安全与防护学习，并考核合格后上岗。

5、在诊断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。

（六）辐射事故应急措施

如果出现人员误入射线装置机房或射线装置失控，应立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源（如立即启动“紧急制动开关”），停止 X 射线的产生，保护好事故现场，立即启动应急预案，并对受误照射人员进行医学诊断和观察。

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，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、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的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。医院成立了辐射安全与环境污染管理领导小组，有领导分管、机构健全。

辐射安全与环境污染管理领导小组办公室设在医学装备科，负责日常工作，成员组成见表 12-1。

表 12-1 辐射安全与环境污染管理领导小组成员组成表

职务	人员
组长	蒋**
常务副组长	姜**
副组长	王**、黄**、彭**、高**
成员	许*、刘**、肖*、林*、王*、黄*、李*、罗**、李**、文**、吴**、贾**、曾**、庞**、肖**、罗*、叶*、苏*

辐射安全与环境污染管理领导小组办公室设在放射科，负责日常事务工作，领导小组的职责包括：①全面负责全院辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；③负责全院辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；④检查安全环保设施，开展环保监测，对全院使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；⑥编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；⑦定期向生态环保部门和主管部门报告安全工作，接受生态环保部门监督指导。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

本项目拟设置 37 名辐射工作人员，均为医院已有辐射工作人员，均已参加辐射安全与防护的学习和考核，并取得合格证书。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年 第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核

技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，本项目考核合格的人员，每5年接受一次再培训考核。医院应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

辐射安全管理规章制度

一、档案分类管理

医院应对本项目辐射相关资料分类归档，档案资料应包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”，并由专人进行管理。

二、规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修改）（环境保护部第3号令）和《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）的相关管理要求，射线装置的使用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。并根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020年发布版）和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的通知（川环函[2016]1400号）的相关要求，将建设单位需要制定的列于表12-2。

表 12-2 管理制度汇总对照表

序号	检查项目		落实情况	备注
1	综合	辐射安全和防护管理规定	已制定	将本项目纳入管理
2	场所	场所分区管理规定	拟制定	/
3		射线装置操作规程	已制定	将本项目纳入管理，据本项目设备情况，更新操作规程。
4		辐射安全和防护设施维护维修制度（包括机构人员、维护维修内容与频度）	已制定	将本项目纳入管理
5	监测	监测方案	已制定	将本项目纳入管理
6		监测仪表使用与校验管理制度	已制定	将本项目纳入管理
7	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	将本项目纳入管理。本项目辐射工作人员应按制度严格执行
8		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	
9		辐射工作人员岗位职责	已制定	

10	应急	辐射事故/事件应急预案	已制定	将本项目纳入管理。应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。
11	大纲	放射性治疗保证大纲及质量控制计划	已制定	将本项目纳入管理

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

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

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

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

1、个人剂量监测

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

容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，医院应当将个人剂量档案保存终身。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。对于如介入放射学全身受照不均匀的工作情况，应在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，并建议采用双剂量计监测方法（在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计），且宜在身体可能受到较大照射的部位佩戴局部剂量计（如头箍剂量计、腕部剂量计、指环剂量计等）。

当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查；当单年个人剂量超过 50mSv 时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、辐射工作场所监测

(1) 监测内容：X- γ 辐射空气吸收剂量率。

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

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

(4) 监测范围：射线装置工作场所的屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上、楼下区域和穿墙孔洞外 X- γ 辐射空气吸收剂量率。

(5) 监测设备：X- γ 辐射剂量率仪。

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

表 12-3 监测计划一览表

项目	工作	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
----	----	------	------	------	------

	场所				
自主监测	射线装置工作场所	X-γ辐射空气吸收剂量率	机房楼上、楼下及四周屏蔽墙外、防护门外、观察窗外、穿墙孔洞处	每月一次（记录监测数据存档）	X-γ辐射剂量率仪
委托监测	射线装置工作场所	X-γ辐射空气吸收剂量率	机房楼上、楼下及四周屏蔽墙外、防护门外、观察窗外、穿墙孔洞处	（1）竣工环保验收监测；（2）编制辐射防护年度评估报告（每年）	X-γ辐射剂量率仪
	其它	个人剂量	所有辐射工作人员	一季度一次（需建立个人剂量档案）	个人剂量计

3、年度监测报告情况

医院应于每年 1 月 31 日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《放射性同位素与射线装置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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增、注销以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

辐射事故应急

一、医院成立了辐射事故应急处理领导小组，全面负责医院的辐射事故应急工作。

二、为了加强对辐射工作场所的安全管理，保障公众健康，保护环境，医院制定了较为完善的《辐射事故应急预案》。该应急预案包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故的应急响应工作程序（事故处理程序，事故处置措施，现场调查和监测，监测分析与诊断鉴定，应急联络电话）、事故调查等，其内容较全、措施具体，针对性较强、便于操作，在应对辐射事故和突发性事件时基本可行。医院应做好应急人员的组织培训和应急及救助的装备、资金、物资准备，并将本项目射线装置纳入应急适用范围。辐射事故应急应纳入本单位安全生产事故应急管理体系，定期组织演练。

三、一旦发生辐射事故，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，由辐射事故应急处理领导小组逐级上报当地生态环境主管部门，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。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

表 13：结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：新增直线加速器和数字减影血管造影机（DSA）核技术利用项目

建设单位：绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）

建设性质：新建

建设地点：四川省绵阳市涪城区跃进路 56 号绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）内

本项目建设内容：拟在疑难病症诊治综合楼负一层直线加速器机房内新增一台 10MV 医用电子直线加速器（型号未定），属于 II 类射线装置，直线加速器最大 X 射线能量 10MV，X 射线最大空气吸收剂量率为 22Gy/min，最大电子线能量 15MeV，电子线最大空气吸收剂量率为 6Gy/min，年最大出束时间为 208.3h。拟在疑难病症诊治综合楼一层 DSA 手术室内新增一台数字减影血管造影机（DSA，型号未定），属于 II 类射线装置，额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，年最大出束时间为 113.5h。

2、本项目产业政策符合性分析

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

3、本项目选址及平面布局合理性分析

本项目为专门的辐射工作场所，位置相对独立且人流较少，且方便病人治疗和转移，降低了公众受到照射的可能性，本项目不邻接儿科病房、产房等特殊人群（医院儿科病房位于本项目西侧的综合大楼七层，产房位于综合大楼六层）及人员密集区域，符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）和《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的选址要求，周围无明显环境制约因素。

同时，本项目依托的主体工程（疑难病症诊治综合楼）已取得了原绵阳市环境保护局（现为绵阳市生态环境局）批复，项目选址合理性已在原环评报告中进

行了论述，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不新增用地。且拟建设的各个辐射工作场所，均按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

4、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告，本项目拟建地及周围 X- γ 辐射剂量率范围为 $3.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 5.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，即 $37 \text{nGy/h} \sim 58 \text{nGy/h}$ ，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（ $67.5 \text{nGy/h} \sim 121.3 \text{nGy/h}$ ）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

5、环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

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

（2）大气的环境影响分析

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

（3）废水的环境影响分析

本项目直线加速器不产生医疗废水和放射性废水，加速器冷却系统采用去离子蒸馏水，内循环使用，不会产生废水，加速器设备自带水流量监测开关，当加速器中的大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，由于蒸发耗损，需要补充去离子蒸馏水时由厂家派专人补充。本项目 DSA 采用数字成像，无废显、定影液产生，无需相关治理措施。

本项目废水主要来自于运行期间工作人员的生活废水，该部分废水直接排入医院污水处理站进行达标处理，最终排入绵阳市市政污水管网，对地表水环境影响较小。

（4）固体废物的环境影响分析

本项目产生非放射性医疗废物包括一些药棉、纱布、手套等医用辅料，进入

医疗废物暂存、管理系统。根据国家医疗垃圾管理制度，应严格执行医疗垃圾转移联单制度，由具备医疗垃圾回收处理资质的专业单位回收集中处理，工作人员产生的少量办公、生活垃圾，统一收集至医院的垃圾转运站后交由环卫部门统一处理，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

(5) 声环境影响分析

通排风风机工作时将产生一定的噪声，噪声源强最大为 60dB (A)。其中，直线加速器的通排风风机位于同层的新风机房和排风机房内，DSA 手术室的通排风风机位于楼上的净化空调设备机房内，拟设置减振降噪和隔声措施，风机噪声通过减振降噪、机房墙体阻隔和距离衰减后，对周围声环境影响较小。

6、事故风险与防范

建设单位制定的辐射安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。医院制定的应急预案需按环评提出的要求进行完善。

7、环保设施与保护目标

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

8、辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，考试（核）合格，有辐射事故应急预案与安全规章制度；环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对现有场所而言，建设单位也已具备辐射安全管理的综合能力。

9、项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目在绵阳四〇四医院（四川绵阳四〇四医院）内进行建设，从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

建议

(1) 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。

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

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

承诺

(1) 建设单位在变更辐射安全许可证前，注册并登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用射线装置的相关信息进行填写。

(2) 尽快安排未取得成绩报告单的辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并报名参加考核。

(3) 项目应按照国家相关法律法规尽快进行验收。

(4) 接受生态环境主管部门的监督检查。

项目竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院 682 号令），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。项目投入运行后，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，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 竣工环境保护验收一览表

项目	设施（措施）	数量
1、医用电子直线加速器		
项目	设施（措施）	数量
辐射屏蔽措施	直线加速器屏蔽机房	1 间
	防护门	1 扇
安全装置	门-机联锁装置	1 套
	视频监控系统	1 套
	语音播报及对讲装置	1 套
	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套
	紧急开门装置	1 个
	紧急止动开关	1 套

	固定式剂量报警装置	1 台
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套
个人防护用品	个人剂量计	5 人
	个人剂量报警仪	2 台
	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台
废气	独立通排风系统	1 套
2、DSA		
项目	设施（措施）	数量
辐射屏蔽措施	屏蔽机房（墙体、地板、楼板、门、窗屏蔽）	1 间
安全装置	工作状态指示灯（门-灯联锁）	1 套
	紧急止动开关	1 套
	语音对讲装置	1 套
	监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识	1 套
个人防护用品	个人剂量计	32 个
	辐射工作人员铅衣、铅围脖、铅围裙、铅眼镜、铅帽等（0.5mm 铅当量）	4 套
	病人防护：铅方巾、铅围脖、铅帽、铅衣、铅眼镜等（均不低于 0.5mm 铅当量）	1 套
	铅防护吊屏和床下铅帘	1 套
	X-γ 辐射剂量率监测仪	1 台
废气	通排风系统	1 套
3、综合管理		
项目	设施（措施）	数量
人员培训	辐射工作人员、管理人员及应急人员的组织培训	/
台账管理	射线装置台账、个人剂量档案	/
规章制度	辐射安全和防护管理规定、场所分区管理规定、射线装置操作规程、辐射安全和防护设施维护维修制度、监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训管理制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员岗位职责、辐射事故/事件应急预案、放射性治疗保证大纲及质量控制计划	建设单位制定的所有规章制度中关于“辐射工作场所安全管理制度”、“操作规程”、“辐射工作人员岗位职责”和“应急响应程序”的内容需在各辐射工作场所内张贴上墙，且上墙制度的

		长宽尺寸不得小于 600mm×400mm
应急管理	应急和救助的物资准备（应急通信设备、警戒线、警示 标牌、应急演练、医疗箱等）	/

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：

经办人：

单位盖章

年 月 日