

编号：ZFHK-FB21220007

核技术利用建设项目

成都市温江区人民医院

医用电子直线加速器和DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

(公示稿)

成都市温江区人民医院

2021年02月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

成都市温江区人民医院

医用电子直线加速器和DSA射线装置建设项目

环境影响报告表

建设单位名称：成都市温江区人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市温江区万春东路 10 号

邮政编码：610000 联系人：**

电子邮箱：27****7170@qq.com 联系电话：136*****89

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	11
表 3 非密封放射性物质	11
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	13
表 6 评价依据	14
表 7 保护目标与评价标准	16
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析.....	48
表 12 辐射安全管理	72
表 13 结论与建议	92
表 14 审批	97

表 1 项目基本情况

建设项目名称		成都市温江区人民医院医用电子直线加速器和DSA射线装置建设项目			
建设单位		成都市温江区人民医院 (统一社会信用代码: 125101234508202684)			
法人代表	**	联系人	**	联系电话	136*****89
注册地址		成都市温江区万春东路 10 号			
项目建设地点		成都市温江区康泰路 86 号			
建设项目总投资 (万元)	3500	项目环保投资 (万元)	370	投资比例 (环保投资/总投资)	10.57
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 type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位情况

成都市温江区人民医院（统一社会信用代码：125101234508202684）建院于 1977 年，是一所集医疗、急救、教学、科研、健保、康养于一体的现代化三级乙等综合医院。医院配置有 3.0T、1.5T 核磁共振成像系统（MR）各一台、256 排超高端宽体 X 线螺旋断层扫描装置（CT）、高能医用电子直线加速器（LA）、智能移动血管造影系统（DSA）、区域领先的 DSA 复合手术室等高端医疗设备设施。

医院最新于 2020 年 8 月 25 日申领辐射安全许可证，证书编号川环辐证[00543]，许可种类和范围：使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2025 年 8 月 24 日。

目前医院共拥有两个院区，老院区位于成都市温江区万春东路 10 号，新院区位于成都市温江区康泰路 86 号。新院区于 2017 年编制了《温江区人民医院搬迁项目环境影响报告书》，建设 3#楼（健康大楼，地上 5F，地下 1F，建筑面积 8343.39m²）、4#楼

(地上 5F, 地下 1F, 建筑面积 8738.52m²)、7#楼 (第三住院楼, 地上 6F, 地下 1F, 建筑面积 3766.110m²)、8#楼 (第二住院楼, 地上 6F, 地下 1F, 建筑面积 11200.82m²)、9#楼 (第三住院楼, 地上 7F, 地下 1F, 建筑面积 12967.30m²)、10#楼 (门急诊综合楼, 地上 8F, 地下 1F, 建筑面积 14733.77m²)、11#楼 (地上 2F, 地下 1F, 地下建筑面积 3577.41m²) 及其它公辅设施、环保设施等, 并于 2017 年 8 月 1 日取得取得了原成都市环境保护局批复 (成环建评[2017]191 号)。目前新院区已建成运行并完成环保竣工验收, 配套的污水处理站及医疗废物暂存间也同步投入使用。

本项目位于成都市温江区康泰路 86 号新院区, 新增 1 台 6MV 医用电子直线加速器和 1 台 DSA 射线装置, 不涉及原院区设备搬迁。

1.1.2 项目由来

随着医院就诊患者日益增多, 老院区现有设备已不能满足患者就诊需求, 为提高全市医疗服务能力, 更好惠及全市人民群众, 并提高医院的医学诊疗水平和服务水平, 满足患者的诊疗需要, 成都市温江区人民医院拟在成都市温江区康泰路 86 号新院区负一层东南角新建 1 间加速器机房及附属用房, 新增 1 台 6MV 医用电子直线加速器用于肿瘤治疗; 拟在 10 号楼 6 层新建 1 间 DSA 机房及附属用房, 新增 1 台 DSA 用于介入治疗和影像诊断。加速器最大 X 射线能量为 6MV, 等中心 1m 处剂量率最大为 $4.8 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$, DSA 最大管电压 125kV, 最大管电流 1000mA, 均为 II 类射线装置。

为加强辐射环境管理, 防止放射性污染和意外事故的发生, 确保射线装置的使用不会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》、《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》和《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》的规定和要求, 本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版) 中规定, 本项目应编制环境影响报告表, 并在环评批复后及时向四川省生态环境厅重新申领辐射安全许可证。

为保护环境, 保障公众健康, 成都市温江区人民医院委托中辐环境科技有限公司对该项目进行辐射环境影响评价。评价单位在现场踏勘和收集有关资料的基础上, 并结合项目特点, 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) 等规定要求编制了本环评报告表, 供生态环境审批部门审查。

1.2 项目概况

1.2.1 项目名称、性质、建设地点

(1) 项目名称: 成都市温江区人民医院医用电子直线加速器和 DSA 射线装置建设

项目

- (2) 建设单位：成都市温江区人民医院
- (3) 建设性质：新建
- (4) 建设地点：四川省成都市温江区康泰路 86 号
- (5) 环保投资：370 万元

1.2.2 项目建设内容与建设规模

成都市温江区人民医院医用电子直线加速器和 DSA 射线装置建设项目位于成都市温江区康泰路 86 号。其中直线加速器拟建于负一层东南角，为新建机房。直线加速器用房由加速器机房（治疗室和迷道组成）、控制室及水冷机房组成，其中加速器机房有效面积 98.0m²（不含迷道，迷道有效面积 25.6m²），控制室有效面积约 20.88m²，水冷机房有效面积约 12.96m²。

加速器型号为瓦里安 Halcyon2.0 型，X 射线最大能量为 6MV，主射方向带自屏蔽（172mm 铅板+10mm 钢外壳），距靶 1m 处的主束辐射剂量率为 4.80×10⁸μGy·m²/h。加速器每年工作 50 周，年出束时间 750h。

加速器机房各墙体为现浇混凝土屏蔽，机房净尺寸为南北净长 9800mm，东西净长 8900mm（不含迷道内墙），净高 3800mm，主射线束照向南墙、北墙、顶棚及地面。南墙主屏蔽区为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度为 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1400mm 混凝土；北墙主屏蔽区为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度为 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1450mm 混凝土；顶棚主屏蔽为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1300mm 混凝土；东侧墙为 1400mm 混凝土；西侧墙体为迷道墙，迷道内墙为 1300mm 混凝土，迷道外墙为 1000mm 混凝土；防护门为 15mm 铅板。加速器机房无地下层，楼上无建筑物，为地面停车场和绿化。

DSA 机房及配套附属用房位于 10 号楼 6 层，新增 1 台 DSA，型号为 Discovery IGS 70R，单球管，最大管电压为 125kV，最大管电流为 1000mA。DSA 机房有效面积为 70.0m²，控制室有效面积为 14.87m²，前室有效面积 7.12m²，设备间有效面 10.5m²，缓冲间有效面积 7.0m²。

DSA 机房四侧墙体为龙骨钢架+3mm 厚铅板，防护门为内衬 3mm 厚铅板，观察窗为 3mmPb 当量铅玻璃。顶棚为 200mm 混凝土+龙骨钢架+3mm 厚铅板，地坪为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料。

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	直线加速器	加速器机房有效面积 98.0m ² (不含迷道, 迷道有效面积 25.6m ²), 新增 1 台直线加速器, 属于 II 类射线装置; 直线加速器型号 Halcyon2.0 型, X 射线最大能量为 6MV, 距靶 1m 处的主束辐射剂量率为 4.80×10 ⁸ μGy·m ² /h。加速器带自屏蔽装置。	施工噪声、施工废水、扬尘、建筑垃圾, 设备包装固废、射线装置安装调试阶段产生 X 射线等	X 射线、臭氧、氮氧化物
	DSA	机房有效面积 70m ² , 新增 1 台 DSA, 型号 Discovery IGS 7OR, 最大管电压为 125kV, 最大管电流为 1000mA, 属于 II 类射线装置。		
辅助工程	直线加速器	加速器机房控制室有效面积约 20.88m ² , 水冷机房有效面积约 12.96m ² 。		生活垃圾、生活废水
	DSA	控制室有效面积为 14.87m ² , 前室有效面积 7.12m ² , 设备间有效面 10.5m ² , 缓冲间有效面积 7.0m ² 。		
依托工程	依托医院现有 CT 进行直线加速器定位, 位于 10 号楼 1 楼			
环保设施	<p>◆废气处理设施: 加速器机房排风量为 4500m³/h, 进风、排风管道由防护门上方以“S”型穿墙进入加速器机房, 新风口位于机房内西侧吊顶上方, 排风口位于机房东侧, 距地 200mm 高, 形成上通风, 下排风, 对角设置, 排气口设置在地面。DSA 机房采用机械排风, 送排风口设置在机房内南北两侧, 上送风, 下排风, 排风口口设置在 10 号楼楼顶排放。</p> <p>◆生活污水和医疗废水依托医院现有污水处理站处理后排入市政污水管网; 医院污水处理站设计处理规模 1200m³/d 采用“预处理+一级强化处理+次氯酸钠消毒”工艺。</p> <p>◆医疗废物经医院现有医疗废物暂存间收集、暂存后委托有资质单位处置; 生活垃圾委托环卫部门清运。</p>			臭氧、氮氧化物、医疗废水、医疗固废
公用工程	配电、供电和通讯系统等依托医院现有设施			/
办公生活设施	医生办公室等		生活垃圾, 生活废水	

1.2.3 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。

表1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年最大消耗量	来源	用途	备注
主要原辅材料	造影剂*	100L	外购	DSA 摄影	/
能源	电	5×10 ³ kW·h	城市电网	机房及辅助用房用电	/
水	生活用水	455m ³	城市生活用水管网	生活用水	/

*造影剂均为外购, 均为瓶装储□ (2□~50ml/瓶□)。

1.2.4 主要设备配置及主要技术参数

新增射线装置参数等情况见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 直线加速器装置情况表

装置名□	型号	数量	安装位置	X 射线最大能□	最大照射野	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	类别	备注
直线加速器	瓦里安 Halcyon 2.0	1 台	负一层东南角	10MV	28×28 cm	距靶 1m 处的主束辐射剂量率为 $4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$	II 类	新增

本项目直线加速器为 X 线单能加速器，不产生高能电子线，X 射线能量仅 6MV 一档，主要用于开展调强放射治疗。

表 1-4 DSA 装置情况表

装置名称	型号	数量	安装位置	最大管电压	最大管电流	类别	备注
DSA	Discovery IGS 70R	1 台	10 号楼 6 层	125 kV	1000mA	II 类	新增

1.2.5 工作人员配置情况和工作负荷

工作制度：年工作日 250d，每周工作 5 天，每天工作 8h。医院定岗定责，不存在剂量叠加问题。

工作负荷：本项目直线加速器每日最大治疗人次约 60 人，单次出束时间 3min，年出束时间为 750h。DSA 年手术台数最大为 300 台，单台手术拍片曝光时间取 5min，透视时间取 15min，则年拍片过程总曝光时间为 25h，透视过程年总曝光时间为 75h。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 17 人，均为新增辐射工作人员。其中直线加速器工作人员 6 人（医生 2 人，技师 2 人，物理师 2 人），分两组，轮班上岗；DSA 拟配置 11 人，控制室技师 1 人，物理师 1 人，手术医生和护士共 3 组，轮流进行手术，每组 3 人，手术医生 2 人，护士 1 人。

根据生态环境部《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），医院尽快组织本项目所有辐射工作人员在生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上进行报名和培训并进行考核，经考核合格后方可上岗，并定期复训。医院可根据承担诊疗、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。

本项目直线加速器由放疗科进行管理；DSA 由放射科进行管理，设备维护工作由设备科统一管理。

1.3 项目产业政策及实践的正当性

项目为核技术利用于医学领域。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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”项目和第十三

项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。

本项目实施目的在于开展放射诊疗工作，最终目的是为了治病救人，实践过程采取了可能的辐射防护措施，在受检者得到预期诊疗效果的同时，对周围环境、公众的辐射危害满足国家辐射防护安全标准的要求，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

1.4 本项目选址、外环境关系、布局合理性及规划符合性

1.4.1 外环境关系分析

（1）医院外环境关系

医院新院区位于成都市温江区康泰路86号，医院东侧为八一路北段，隔路为医科总部基地；南侧为芙蓉大道，隔路为中石化加油站和成都市食品药品检验研究院；西侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅；北侧为和居路，隔路为四川省康复医院。医院地理位置详见附图1，周边环境概况详见附图2。

（2）项目外环境关系

本项目直线加速器机房位于负一层东南角。加速器机房东侧为土层，地面东侧约5m为6号楼（拟建影像中心）；南侧为土层，地面为绿化，西南侧4号楼距机房最近距离8m；西侧为土层，地面为医院内部广场；北侧为隔3m厚土层设置有风机机房、医生诊室、候诊区、配电房等，地面为机动车停车场，北侧住院楼距离机房约30m；顶棚为凸出地面混凝土，无地下层。直线加速器机房实体屏蔽体外50m范围主要为医院内部建筑、内部道路及广场。

DSA 机房位于10号楼6层，10号楼东侧为9号楼，距离机房约75m；南侧为2号楼，距离机房约72m；西侧为康泰路，西侧规划空地距离机房约85m；北侧为和居路，北侧四川康复中心距离机房约80m。DSA 机房东侧为控制室、前室、缓冲间和设备间，南侧为洁净通道，隔通道为麻醉间和库房等，西侧为洁净通道，隔通道为手术室，北侧为一般手术室和污物通道，楼上为净化机房和休息区，楼下为办公室和多功能厅。项目 DSA 机房实体屏蔽体外50m 范围内主要为医院内部建筑和道路，周围制约因素较少。

(3) 项目选址合理性及规划符合性分析

本项目为成都市温江区人民医院直线加速器和DSA射线装置核技术利用项目，加速器拟建于负一层东南角，DSA拟建于10号楼6层，直线加速器机房和DSA机房选址已充分考虑了周围场所的安全，并且各辐射工作场所采取了有效的辐射屏蔽措施和安全措施，经理论预测分析，本项目正常运行时，对周围环境和公众的影响符合辐射相关法律法规，因此本项目直线加速器和DSA射线装置建设项目选址较为合理。

成都市温江区人民医院新院区项目环境影响报告书已取得原成都市环境保护局批复（成环建评[2017]191号），根据其批复，新院区建设符合相关规划，本项目属于其批复内容，因此本项目也符合成都市土地利用规划和城市总体规划。

1.4.2 项目布局 and 空间布局合理性分析

①加速器机房布局

加速器用房位于负一层东南角，主要由加速器机房、控制室、水冷机房组成。加速器机房由治疗室和迷道组成。控制室位于治疗室西侧，与治疗室分离，机房治疗室的设计有效使用面积98.0m²（不含迷道）；治疗室西侧为迷道，迷道口设有防护门；有用线束向北墙、南侧、地面及屋顶照射，不照向迷道。加速器机房布局符合《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）中“治疗装置控制室应与治疗机房分离”的规定及《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“放射治疗设施一般建在建筑物底部的一端、治疗设备控制室与治疗机房分开设置”等工作场所布局要求，因此加速器机房布局是合理的。

②DSA机房布局

DSA工作场所主要有DSA机房、控制室、前室、缓冲间、设备间组成。DSA机房和控制室分开设置，机房有效使用面积70m²。机房东侧为控制室、前室、设备间和缓冲间，南侧和西侧为洁净通道，北侧为一般手术室和污物通道。DSA机房和配套房间集中布置，相对独立且人流较少，降低了公众受到照射的可能性，且周围无明显环境制约因素。DSA机房设置了医患通道和污物通道，工作人员从缓冲经更衣后进入控制室和机房，患者经前室进入机房接受治疗，污物经北侧污物通道运出机房，医患通道和污物通道相互不交叉，患者缓冲间防护门的宽度满足病人手推车辆的通行，方便治疗。

(3) 本项目的建设不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，既能有机联系，又不互相干扰，且避开了人流量较大的门诊区或其它人员集中活动区域，并同时兼顾了患者就诊的方便性，既

能满足放射诊疗工作要求，有利于辐射防护，因此本项目总平面布置是和空间布局合理可行。

1.4.3 与周边环境的兼容性分析

项目利用医院内现有完善的水资源供给系统，少量医疗废水进入医院污水处理站采用“预处理+一级强化处理+次氯酸钠”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准后，经市政污水管网进入市政污水处理厂处理，不会对地表水与地下水环境产生明显影响；本项目介入手术时产生的药棉、纱布、手套等医疗废物，采用专门的收集容器分类收集后，转移至医疗废物暂存库，按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有医疗固废处置资质的单位处置。

因此本项目的建设不会对周边产生新的环境污染，项目与周边环境相容，符合环境保护要求。

1.5 原有核技术利用许可情况

1.5.1 原有核技术利用许可情况

目前，成都市温江区人民医院已取得四川省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00543]），许可的种类和范围：使用II类、III类射线装置。发证日期：2020年08月25日，有效期至2025年08月24日。

成都市温江区人民医院现有核技术利用项目的环评、许可和验收等情况见表 1-5。该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗留问题。同时，经建设单位证实，成都市温江区人民医院开展放射性诊疗多年，目前未发生过辐射安全事故。

表1-5 医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	环评	验收
1	直线加速器	AccStar	II类	1	万春东路10号住院部加速器机房	川环审批[2015]476号	2017年自主验收
2	DSA	CGO-2100	II□	1	康泰路86号	成环核[2020]复字71号	正组织验收
3	医用诊断X射线系统	Definium6000	III类	1	万春东路10号住院部一楼一检查室	设备已停用，拟报废	
4	C型臂X射线成像系统	Ever view7500	III类	1	康泰路86号10号楼6楼麻醉手术室	备案号：20205101150000290	

5	全数字多功能 X 线透视系统	MDX-8000A	Ⅲ类	1	万春东路 10 号门诊部四楼	设备已停用，拟报废
6	口腔 X 射线机	KODAK2100	Ⅲ类	1	万春东路 10 号门诊部三楼	
7	数字乳腺 X 射线摄影系统	ASR-4000	Ⅲ类	1	康泰路 86 号 3 号楼 4 楼	备案号： 202051011500000290
8	全省 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Perspective	Ⅲ□	1	康泰路 86 号 3 号楼 5 楼	
9	医用诊断高频 X 射线机	HGYX-20-PR	Ⅲ类		康泰路 86 号医体体检车放射室	
10	DR 机	uDR 59□i	Ⅲ类		康泰路 86 号 3 号楼 4 楼	
11	DR	uDR □96i	Ⅲ类		康□路 86 号 10 号楼 1 楼	
12	DR	uDR 780i	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼负 1 楼	
13	骨密度仪	AKDX-09W-I	Ⅲ类		康泰路 86 号 3 号楼 4 楼	
14	CT	uCT530	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼 1 楼	
15	DR	uDR370i	Ⅲ类		康泰路□6 号 10 号楼 1 楼	
16	牙片机	x-mind dc	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼 2 楼	
17	口腔 CT	SS-X90100Max-3DE	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼 2 楼	
18	C 型臂	uMC560i	Ⅲ类		康泰路 86 号 1□号楼 5 楼	
19	DR	uDR550i	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼负 1 楼	备案号： 202051011500000290
20	DR	uDR370i	Ⅲ类		康泰路 86 号 10 号楼 1 楼	备案号： 202051011500000290

1.5.2 原有核技术利用项目管理情况

(1) 医院已成立了辐射安全管理领导小组，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括辐射事故处理应急预案及流程、辐射防护和安全保卫制度、辐射防护设施维护检修制度、辐射监测、人员培训计划制度、个人剂量管理制度、辐射工作人员岗位职责、设备操作规程等。

医院现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足医院从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。医院严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

本项目建成后，可依托医院现有比较健全的管理组织机构。医院目前配置的领导小

组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。由于本项目为医院新院区开展直线加速器肿瘤治疗和 DSA 开展介入手术，医院应针对本项目特点对现有辐射制度进行补充和完善后，则本项目辐射规则制度可以满足要求。

(2) 成都市温江区人民医院现有辐射工作人员共 95 名，均配备了个人剂量计，各辐射工作人员 2019 年度的个人剂量检测结果表明，医院现有辐射工作人员个人年剂量监测结果在 0.10~3.06mSv 之间，满足职业人员年剂量 5mSv 的约束限值，符合本环评约束剂量值的要求。

环评要求：医院应强化管理、加强辐射工作人员的培训学习，个人剂量计应严格按照规定正确佩戴。对单季度个人剂量检测数据超过 1.25mSv 的，医院应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认。

(3) 成都市温江区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，医院现有辐射工作人员共 95 名，均参加了初级辐射安全与防护培训班学习，并取得了《辐射安全培训合格证》，证书均在有效期内。医院应及时组织辐射工作人员参加复训。

(4) 医院现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置和工作状态指示灯等。根据不同项目实际情况划分辐射防护控制区和监督区，采取分区管理，进行积极、有效的管控。

(5) 医院每年定期委托有资质的单位对辐射工作场所和设备性能进行年度监测，根据建设单位提供的监测报告，各辐射工作场所监测结果均满足相关标准要求，医院现已采取的辐射工作场所防护措施能够满足已开展辐射活动的辐射安全防护要求。

(6) 辐射应急演练和年度评估

医院已制定有《辐射事故处理预案及流程》，医院每年均定期开展辐射事故应急演练，并对演练结果进行总结，及时对辐射事故应急预案进行完善和修订。经医院核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

医院执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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》（GB 18871-2002）

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	装置名称	类别	数量	型号	加速粒籽	最大能量 (MeV)	活动种类	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用电子直线加速器	II类	1	瓦里安 Halcyon2.0	电子	X射线:6 MV	使用	距靶 1m 处的主束辐射剂量率为 480Gy/h (即 $4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	放射治疗	康泰路 86 号 负一层	新增

(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	装置名称	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	DSA	II类	1	Discovery IGS 7OR	125	1000	影像诊断和介入 治疗	康泰路 86 号 10 号楼 6 楼	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 (μA)	中子强 度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/				不暂存	经排气系统排入 大气中

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 kg。

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

表 6 评价依据

<p>法 规 文 件</p>	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号, 2014 年), 自 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号, 2018 年), 自 2018 年 12 月 29 日起施行;</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号, 2003 年), 自 2003 年 10 月 1 日起实施;</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》(中华人民共和国国务院令第 682 号, 2017 年), 自 2017 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(5)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版)(环境保护部令第 16 号), 自 2021 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(7)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起施行);</p> <p>(11)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2019 年修订), 自 2019 年 8 月 22 日起施行;</p> <p>(12)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(国家环保总局第 31 号令; 根据 2017 年 12 月 20 日环境保护部部务会议通过《环境保护部关于修改部分规章的决定》修正; 根据 2019 年 7 月 11 日生态环境部部务会议审议通过《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》修正; 根据 2020 年 01 月 04 日生态环境部部务会议审议通过《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》修正);</p> <p>(13)《关于发布《射线装置分类》的公告》(环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号, 2017 年), 自 2017 年 12 月 5 日起施行;</p> <p>(14)《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, 原国家环保总局、公安部、卫生部文件), 自 2006 年 9 月 26 日起施行;</p> <p>(15)《四川省辐射污染防治条例》(四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过), 自 2016 年 6 月 1 日起施行。</p>
<p>技</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</p>

<p>术 标 准</p>	<p>内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001);</p> <p>(4)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93);</p> <p>(5)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(6)《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</p> <p>(7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T 201.1-2007);</p> <p>(8)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011);</p> <p>(9)《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1)《辐射防护导论》,方杰主编;</p> <p>(2)《辐射防护手册》(第一分册),李德平、潘自强主编;</p> <p>(3)《放射防护实用手册》,赵兰才、张丹枫;</p> <p>(4)医院提供的其它与本项目有关的技术资料;</p> <p>(5)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016])。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目主要涉及使用 II 类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的规定，结合本项目特点，确定本项目评价范围为：射线装置机房屏蔽体外周边 50m 范围内，具体范围见附图 2。

7.2 环境保护目标

本项目环境保护目标为医院内的辐射工作人员、周围其他非辐射工作人员和以及公众。具体详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	场所名称	保护目标名称	方位	照射类型	距机房实体边界最近距离（m）		规模
					水平	垂直	
1	DSA 机房	DSA 辐射工作人员	东侧	职业照射	紧邻	0	2 人
		DSA 辐射工作人员	内部	职业照射	/	/	9 人
		楼上休息区人员	楼上	公众照射	0	紧邻	5 人
		楼下办公室及多功能厅人员	楼下	公众照射	0	紧邻	35 人
		医院内部道路	四周	公众照射	17	25	100 人/天
		10 号楼其他公众人员	四周	公众照射	50m 范围内		300 人
2	直线加速器机房	加速器控制室	西侧	职业照射	0	0	6 人
		医生办公室	西北侧	公众照射	4	0	10 人
		风机房及配电房	北侧	公众照射	3	0	2 人
		地下车库公众	北侧	公众照射	25	0	100 人/天
		6 号楼公众	东侧	公众照射	5	3.8	150 人
		地面停车场	北侧	公众照射	0	3.8	6 人
		7、8、9 号住院楼	北侧	公众照射	30	3.8	300 人
		4 号楼公众	西南侧	公众照射	8m	3.8	50 人
		医院内部广场	西侧	公众照射	0	3.8	60 人/天

7.3 评价标准

本项目执行标准如下：

7.3.1 环境质量标准

(1) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

(2) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）2类标准。

(3) 大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类标准。

7.3.2 污染物排放标准

(1) 废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准。

(2) 噪声：施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中标准限值；运行期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准。

(3) 大气：氮氧化物执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准；臭氧排放执行《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中臭氧最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(4) 固体废物：执行《一般工业固体废物储存、处置场污染物控制标准》（GB18599-2001）及其修改单相关标准；如有危险废物产生，执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关标准。

7.3.3 电离辐射标准

辐射标准执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的工作人员接受年剂量不超过 20mSv ，工作人员四肢（手和足）年当量剂量不超过 150mSv ，公众接受的年剂量不超过 1mSv 。

项目单位根据该标准规定，制定本项目管理剂量约束值，见表7-2。

表7-2 本项目辐射环境影响评价标准 mSv

分类	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) 基本限值标准	剂量约束值/评价标准
职业照射	20	5
职业照射 四肢（手和足）	500	125
公众照射	1	0.1

7.3.4 剂量控制水平

(1) DSA 机房：DSA 机房边界周围剂量率控制水平参照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）有关规定，DSA 机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。DSA 机房有效使用面积及最小单边长应满足表 7-3 要求，机房的屏蔽防护铅当量厚度应满足表 7-4 要求。

表7-3 X射线设备机房（照射室）使用面积及单边长度

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□
单管头 X 射线设备(含 C 形臂, 乳腺 CBCT)	30	4.5

表7-4 C形臂设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

设备类型	有用线束方向铅当量 mmPb	非有用线束方向铅当量 mmPb
C形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

(2) 直线加速器机房：直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)有关规定，本项目加速器机房门处、控制室和加速器机房墙外 30cm 处周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于 2.5μSv/h。同时加速器工作场所布局应符合《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)及放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中有关规定。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

成都市温江区人民医院新院区位于四川省成都市温江区康泰路 86 号，医院东侧为八一路北段，隔路为医科总部基地；南侧为芙蓉大道，隔路为中石化加油站和成都市食品药品检验研究院；西侧为康泰路，隔路为规划空地和职工餐厅；北侧为和居路，隔路为四川省康复医院。

本项目直线加速器机房位于负一层东南角，DSA 机房位于 10 号楼 6 层，机房周围 50m 范围内主要为医院内部建筑物、广场及道路，周边制约因素较少。

8.2 环境质量和辐射现状

8.2.1 项目所在地 γ 空气吸收剂量率现状监测

为了解本项目评价范围内的辐射环境质量现状，受中辐环境科技有限公司的委托，浙江建安检测研究院有限公司监测人员于 2021 年 01 月 28 日对本项目拟建场址进行了 γ 空气吸收剂量率环境监测，监测报告见附件 7。

8.2.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

(1) 环境现状评价对象

辐射工作场所周围环境贯穿辐射水平。

(2) 监测因子

空气吸收剂量率

(3) 监测点位

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001) 有关布点原则进行布点，共计布点 20 个，分别布置在 DSA 机房及周边、直线加速器机房及周边范围内。

8.2.3 监测方案和结果、质量保证措施

(1) 监测方案

①监测单位：浙江建安检测研究院有限公司

②监测日期：2020 年 01 月 28 日

③监测方式：现场监测

④监测依据：GB/T 14583-93 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》

HJ/T61-2001 《环境监测技术规范》

⑤监测频次：依据 GB/T14583-93 标准予以确定

⑥监测工况：辐射环境本底

⑦天气环境条件：温度：7℃；相对湿度：49%。

表 8-1 监测仪器相关信息

仪器型号	AT1123 X- γ 辐射剂量当量率仪
生产厂家	ATOMTEX
仪器编号	05036825
能谱范围	15KeV~10MeV($\pm 15\%$)
量程	50nSv/h~10Sv/h, 10nSv~10Sv
检定单位	上海市计量测试技术研究院 华东国家计量测试中心
校准证书	2020H21-20-2596823001
校准日期	2020年07月08日~2021年07月07日

(2) 质量保证措施

①在拟建项目场地内及评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位，充分考虑监测点位的代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②监测方法采用国家有关部门颁发的标准，监测人员经考核并持合格证书上岗；

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

⑥监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(3) 监测结果

项目加速器工作场所 γ 空气吸收剂量率详见表 8-2,监测点位详见图 8-1 和图 8-3。DSA 工作场所 γ 空气吸收剂量率监测结果详见表 8-3,监测点位图详见图 8-2 和图 8-3。

表 8-2 加速器工作场所 γ 空气吸收剂量率监测结果

检测点编号	检测点位置	检测结果 (nSv/h)	标准差	备注
1#	直线加速器机房内	111	6	室内
2#	直线加速器控制室	128	7	室内
3#	直线加速器水冷机房	121	7	室内
4#	直线加速器防护门外	134	7	室外
5#	直线加速器风机房	151	6	室内
6#	准备间	130	6	室内
7#	诊室	133	7	室内
8#	直线加速器候诊区	135	7	室内
9#	地下车库车道	134	6	室内
10#	直线加速器机房顶棚地面	135	6	室内
11#	健康大楼北侧空地 (对照点)	134	6	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；2、所有测量值均未扣除宇宙射线；3、测量值经校准因子修正。

表 8-3 DSA 工作场所空气吸收剂量率监测结果

检测点编号	检测点位置	检测结果 (nSv/h)	标准差	备注
1#	DSA 机房内	134	6	室内
2#	DSA 机房东侧控制室	128	7	室内
3#	DSA 机房南侧洁净通道	141	5	室内
4#	DSA 机房西侧洁净通道	147	7	室内
5#	DSA 机房北侧手术室 5	142	10	室内
6#	DSA 机房北侧污物通道	142	7	室内
7#	DSA 机房楼上休息区	130	6	室内
8#	DSA 机房楼下办公室	136	8	室内
9#	医院入口 (对照点)	135	6	室外

注：1、测量时探头距离地面约 1m；2、所有测量值均未扣除宇宙射线；3、测量值经校准因子修正。

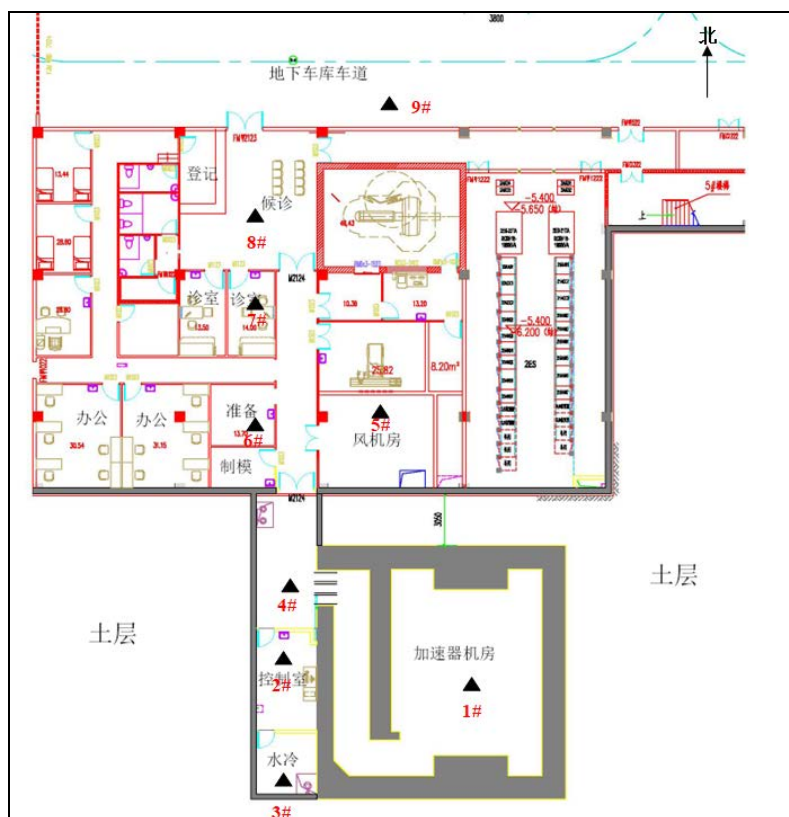


图 8-1 加速器工作场所监测点位图

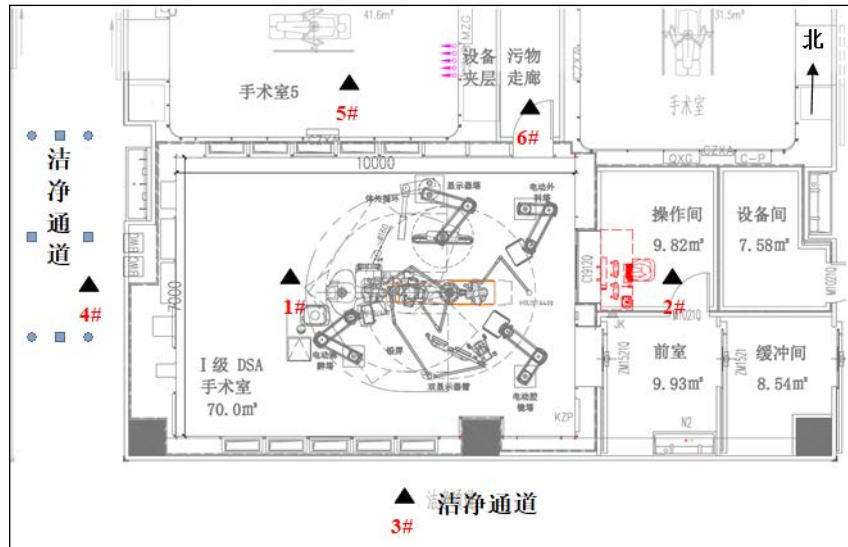


图 8-2 DSA 工作场所监测点位图



图 8-3 对照点及加速器顶棚监测点位

8.3 环境现状调查结果的评价

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

由上述监测结果可知，本项目辐射工作场所及周围环境 γ 空气吸收剂量率范围为 111~147nGy/h (1Sv 换算 1Gy)，根据生态环境部《2019 年四川省生态环境状况公报》中四川省自动站测得 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 76.8nGy/h~463nGy/h，本项目辐射工作场及周围环境 γ 空气吸收剂量率处于当地本底辐射水平涨落范围内。

表 9 项目工程与源项分析

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 施工期工艺分析

成都市温江区人民医院康泰路 86 号新院区环评于 2017 年 8 月已获得成都市生态环境局批复，批复文号为成环评审[2017]191 号，见附件 4。因此本项目施工期主要是对已有建筑物内部进行防护改造和装饰施工、设备安装，最后进行竣工验收，施工期工艺流程及产污环节如下：

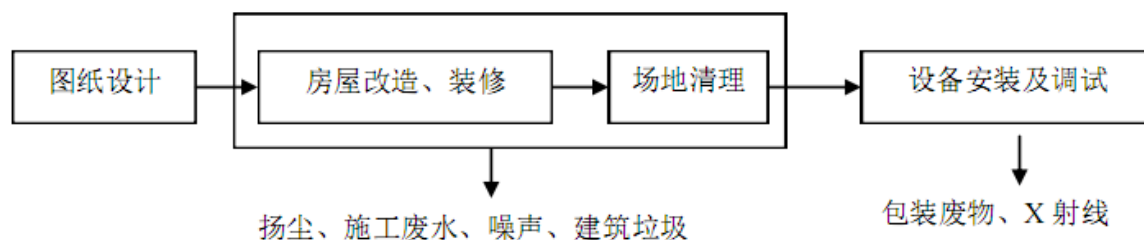


图 9-1 施工期工艺流程及产污环节图

本项目施工期污染物主要包括：

（一）扬尘

由于本项目施工期工程量较小，均为防护改造和装修装饰，故产生扬尘量较小。建设单位应加强施工场地管理，施工采取湿法作业，尽量降低建筑粉尘对周围环境的影响，现场堆积建筑原料或建筑垃圾应采取一定的遮盖措施，避免风力扬尘。

（二）噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及土建施工产生的噪声，由于施工范围小，施工噪声对周围环境的影响较小。施工设备应考虑选择低噪音设备，施工过程防止机械噪声的超标。

（三）废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水循环使用，生活污水产量较小，可依托医院现有化粪池等生活污水处理设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

（四）固体废物

装修过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。施工产生的废弃物应妥善保管，及时回收处理。

（五）X 射线

本项目射线装置安装调试不涉及放射性药物的使用，仅调试阶段直线加速器及 DSA 会产生 X 射线，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。调试阶段应在已经做好辐射防护的机房内进行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响可以接受的。

9.1.2 直线加速器设备及工艺分析

本项目新增使用的直线加速器是一种新型的医用电子直线加速器，型号为瓦里安 Halcyon2.0，相对于普通医用电子直线加速器，该类型加速器大幅精简治疗操作步骤，减少误差发生的可能性，其系统性优化了多弧容积调强、多野调强治疗等先进技术。叶片速度提高到5cm/s，机架旋转速度提升至四倍，从而提供高质量和高效率的治疗；该加速器采用双重多叶光栅，其在等中心点的最大照射野范围为28×28cm，比常规直线加速器小，自屏蔽系统具备100%射野面积覆盖能力；CBCT图像采集和正侧位成像时间短，无论是常规放射治疗还是调强放射治疗，射束投照时间通常只需约3分钟，大大减少了出束时间；叶片布局“层叠交错”，优化了调强能力，并减少叶片间漏射。

该类型直线加速器自带自屏蔽系统，使得机房尺寸及防护要求变低，主射线方向线束在穿过病人身体后经屏蔽系统屏蔽，使主射线透射率小于0.1%。同时加速器照射野范围比常规加速器小，因此正常组织损伤、放疗副作用等也大大减小。该设备运行过程中，仅产生6MV的X射线束，不产生电子束，最大输出剂量率为 $4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。

（1）设备组成

该类型直线加速器主要的设备组成与普通医用电子直线加速器相似，通常是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，主要由三大部分组成，即电子发射单元，电子加速单元和电子束引出单元，它的结构单元为：加速管、电子枪、微波系统、调制器、束流传输系统及准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

医用直线加速器内部结构框图见图9-2，该类型直线加速器只有X射线治疗模式，X射线治疗系统原理见图9-3，加速器外观图见图9-4。

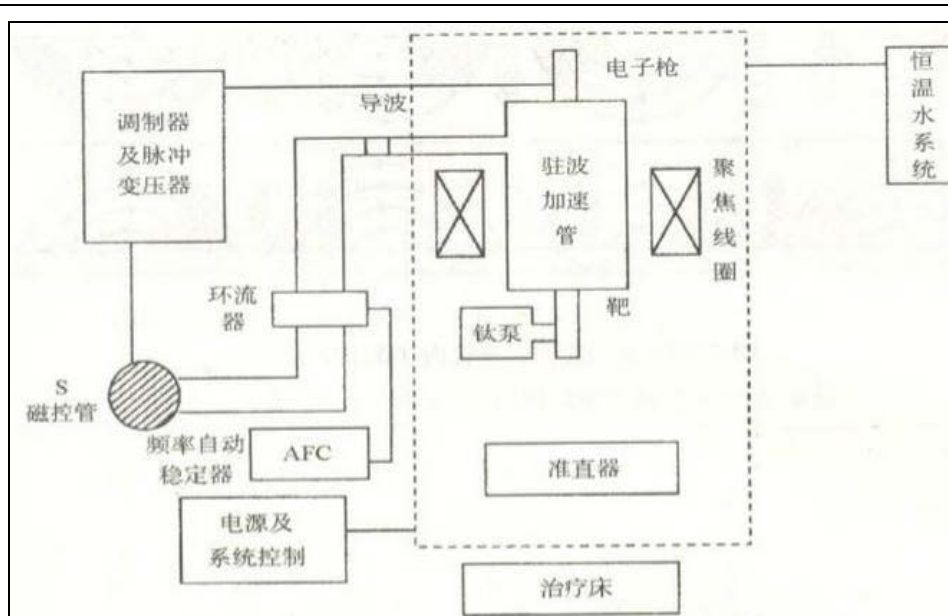


图9-2 医用直线加速器内部结构框图

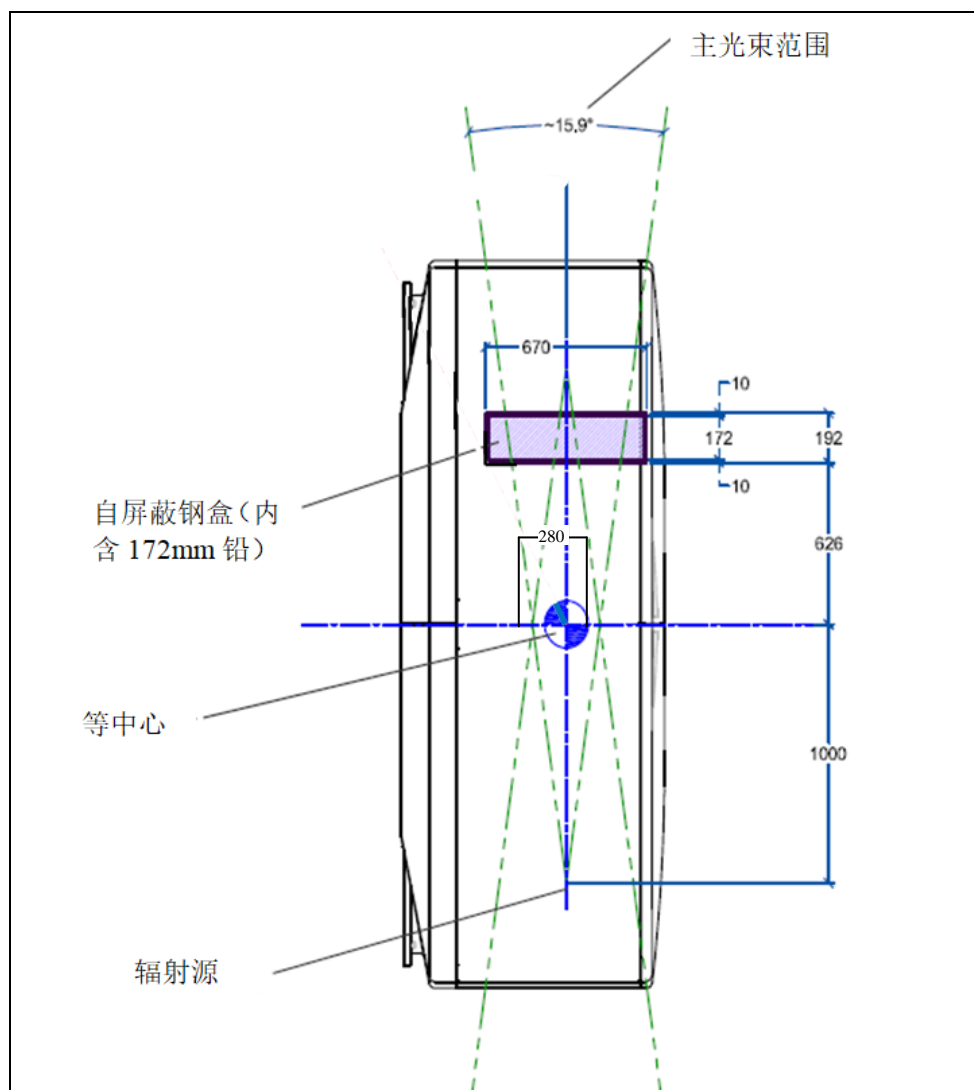


图9-3 新型医用电子直线加速器原理图

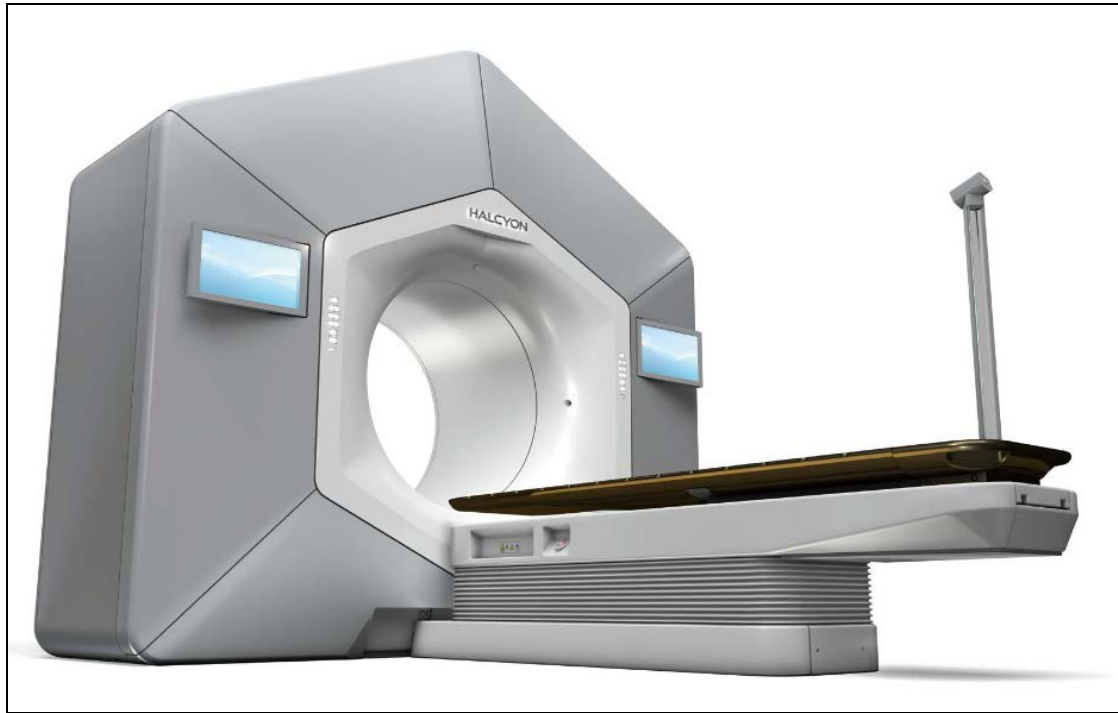


图9-4 新型医用电子直线加速器外观图

(2) 工作原理

直线加速器主要是根据被加速的电子轰击高原子序数的金属靶而产生高能 X 射线的原理，利用加速器产生的不同能量的 X 射线，根据人体正常组织和肿瘤组织对射线照射的反应不同，以最佳输出能量对人体肿瘤进行照射治疗，属 II 类射线装置。

电子发射源发射的电子，进入真空加速管被加速，然后经磁偏转装置，使电子束转向，一般转 90°或 270°，经过磁偏转转向的高速电子束，射向高原子序数的金属靶，当电子同金属靶的原子核相撞时，速度减慢并损失部分能量，电子损失的能量转换为 X 射线，X 射线经过一个平板滤片，二次准直射出达到患者病灶进行治疗。

(3) 放疗流程简述

配合本项目直线加速器使用的模拟定位机为医院原有设备，位于 10 号楼一楼。进行加速器治疗前首先要制定治疗方案，包括计算照射时间和剂量，然后对患者固定定位，同时调整照射角度和视野，再开机进行治疗。操作流程为：

- ①根据医生指导意见，需要接受治疗的患者提前预约登记，以确定治疗时间；
- ②预约病人首先在模拟定位机上进行肿瘤定位，确定肿瘤的具体位置和形状；
- ③物理师通过医生给出的治疗剂量，通过治疗计划系统（TPS）制定治疗计划；
- ④肿瘤患者在技师的协助下躺上治疗床，进行摆位，根据 TPS 确定照射位置和面积，每位患者摆位时间平均约 2min；

⑤技师离开治疗室，进入控制室，根据 TPS 计划进行出束治疗，本项目出束治疗时间为 3min;

⑥治疗结束后，关机、打开治疗室防护门，技师进入治疗室卸载患者。

在加速器治疗过程中，除病人外其他人员均不在治疗室，医护人员通过闭路电视系统观察病人情况。放疗流程及产污环节如图 9-5 所示。

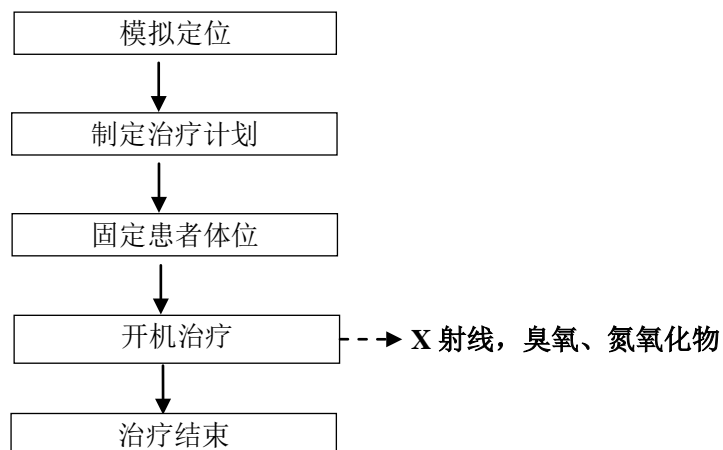


图 9-5 直线加速器放疗流程及产污环节示意图

9.1.3 DSA 设备及工艺分析

本项目 DSA 射线装置属于 X 射线装置。X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装载聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，二聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。高电压加在 X 射线管和两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-6 所示。

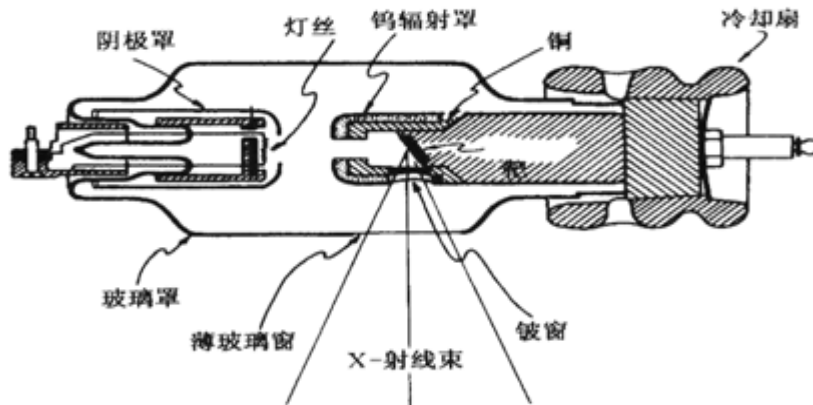


图 9-6
线管结构图

典型X射

(1) DSA 射线装置设备组成

DSA 射线装置主要由影像探测器、X 线管头、显示器、导管床、介入床、高压注射器、操作台、控制装置及工作站系统组成，其整体外观示意图如图 9-7 所示。

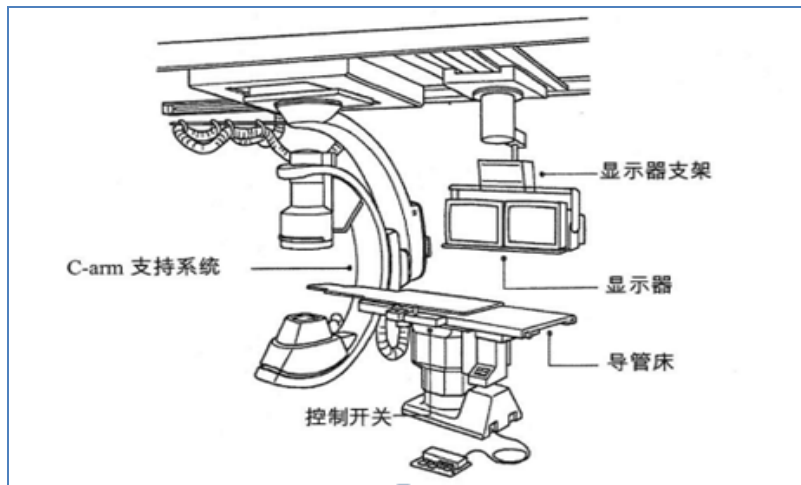


图 9-7 DSA 射线装置整体外观示意图

(2) DSA 射线装置工作原理

DSA 是通过电子计算机进行辅助成像的血管造影方法，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；节省胶片使造影价格低于常规造影。通过医用血管造影 X 射线机处理的图像，使血管的影像更为清晰，在进行介入手术时更为安全。

(3) DSA 射线装置工作流程及产污节点分析

①DSA 射线装置工艺流程

A、病人经医生诊断、确定需要介入治疗的病人进行手术前洁净准备；

B、医生向病人告知可能受到的辐射危害；

C、病人进入 DSA 机房，摆位；

D、DSA 在进行曝光时分为两种情况：

a、DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，采集造影部位图像。具体方式是受检者位于检查床上，医护人员调整 X 线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医师、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医师根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

b、DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 线系统曝光，对患者的部位进行间歇式透视。具体方式是受检者位于手术床上，介入手术医师位于手术床一旁，距 DSA 的 X 线管 0.4~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等。）同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中，医师根据操作需求，踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 线系统进行透视（DSA 的 X 线系统连续发射 X 射线），通过悬挂显示屏上显示的连续画面，完成介入操作。医生、护士佩戴防护用品。

每台手术 DSA 系统的 X 线系统进行透视的次数及每次透视时间因患者的部位、手术的复杂程度而不同。介入手术完后关机，病人离开介入室。

根据医院提供的资料，本项目 DSA 的摄影工况取电压为 100kV，电流为 500mA；透视工况取电压为 70kV，电流为 5mA，本项目 DSA 手术室年手术台数最大为 300 台，按 1 台手术拍片曝光时间取 5 分钟，透视时间取 15 分钟，则拍片过程年总曝光时间为 25h，透视过程年总曝光时间为 75h。

DSA 诊治流程及产污环节示意图如图 9-8 所示。

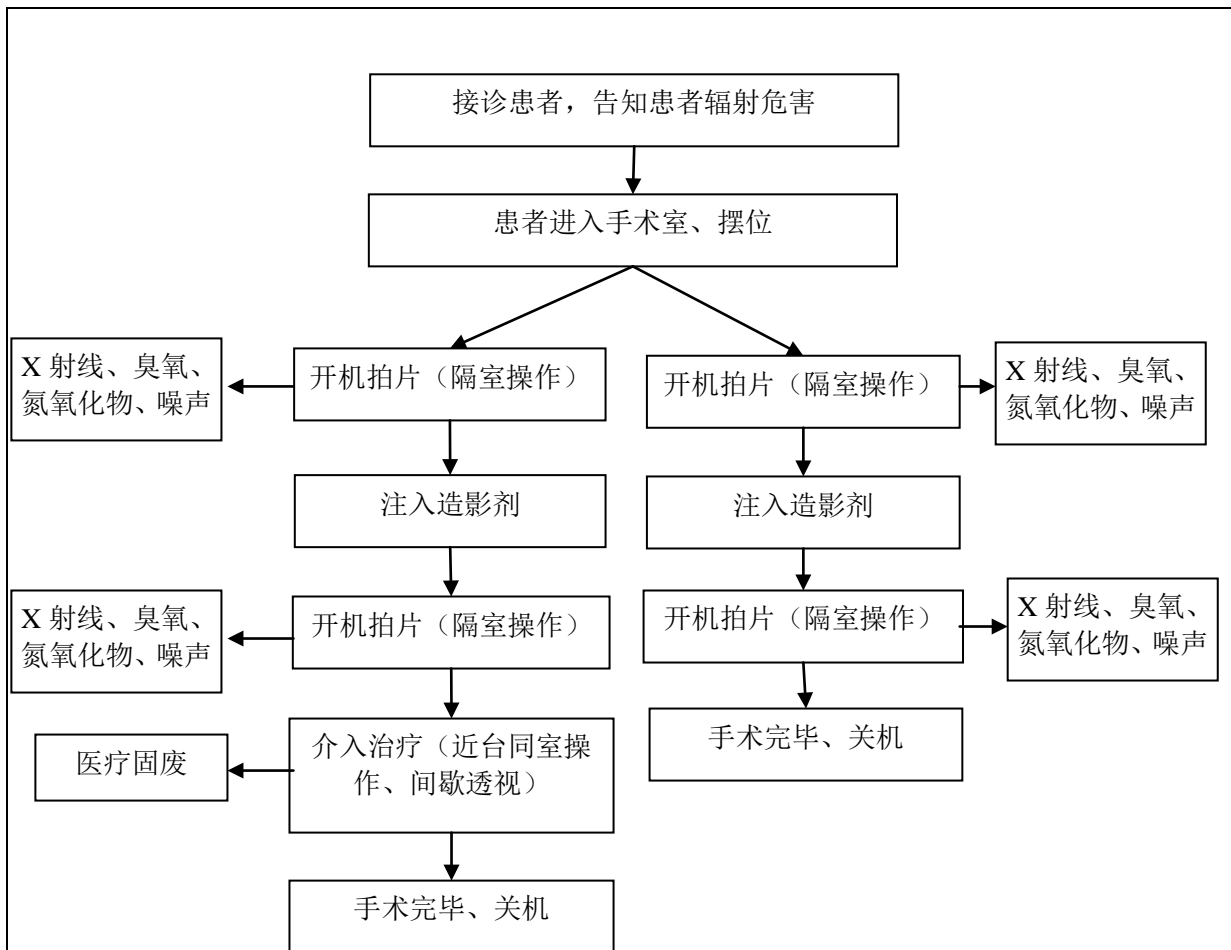


图 9-8 DSA 诊治流程及产污环节示意图

DSA 的 X 射线诊断机曝光时，出束方向朝上，注射的造影剂不含有放射性，同时射线装置均采用先进的数字显影技术，不会产生废显影液、废定影液和废胶片。因此，项目使用 DSA 射线装置主要污染物因子为 X 射线与臭氧、氮氧化物。同时介入手术会产生医疗固废以及空调风机噪声。

9.2 污染源项描述

9.2.1 建设期

(1) 污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主要为防护改造和装饰装修、设备安装调试，工程量小，施工时间段，非放射性污染物产生量较小，设备调试阶段不涉及放射性同位素使用，仅直线加速器及 DSA 调试时会产生 X 射线。

(2) 非放射性污染源环境影响因子

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。

9.2.2 运行期放射性污染源项

(1) 直线加速器运行期污染源项

电子直线加速器运行时电子轰击靶物质产生韧致辐射（X 射线）。本项目加速器最大输出 X 射线辐射剂量率为 $4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ 。加速器运行产生的 X 射线贯穿辐射、泄露辐射和散射辐射进入外环境。X 射线辐射只有在加速器运行时产生，停机后就消失。

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）和《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020），X 射线能量低于 10MV 的加速器，无需考虑中子辐射、中子俘获 γ 射线及感生放射性影响。

本项目直线加速器仅产生 6MV 的 X 射线束，不会造成靶部件、机头部件和机房材料的活化，无需考虑加速器废靶件处置问题。

(2) DSA 运行期污染源项

本项目 DSA 为 II 类 X 射线装置，X 射线装置在开机状态下主要辐射为 X 射线，关机状态不产生 X 射线。

9.2.3 运行期非放射性污染源项

(1) 废气

加速器在运行过程中产生的 X 射线与空气作用可产生少量臭氧和氮氧化物，它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。通过机房内通风换气，通风换气次数应满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中规定的不小于每小时 4 次的要求，如此，则产生的非放射性废气对周围大气环境的影响是可以接受的。

本项目 DSA 在曝光过程中，由于 X 射线与空气电离作用，会有少量臭氧和氮氧化物产生。DSA 机房拟安装通排风系统，应保持机房内良好通风。

(2) 废水

项目运行后，废水主要为辐射工作人员的生活污水和医疗废水。工作人员生活用水按每人每天 100L 计，医疗废水按 100L/台手术，排污系数取 0.9，则生活污水产生量为 $1.53\text{m}^3/\text{d}$ ， $382.5\text{m}^3/\text{a}$ ；医疗废水产生量约 $0.108\text{m}^3/\text{d}$ ， $27.0\text{m}^3/\text{a}$ 。则本项目废水总产生量约 $1.64\text{m}^3/\text{d}$ ， $409.5\text{m}^3/\text{a}$ 。

(3) 固废

本项目 DSA 运行过程中会产生医疗废物，医疗废物采用专用容器分类收集后，转移至医院医疗废物库暂存，按医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位处置。本项目一台介入手术约产生医疗废物药棉 0.1kg，纱布 0.1kg，手套 0.2kg，一年最多 300

台手术，则本项目一年约产生医疗废物药棉 30kg，纱布 30kg，手套 60kg，总共每年约产生医疗废物 120kg。

工作人员会产生生活垃圾和办公垃圾，产生量约 0.1kg/人，则生活垃圾及办公垃圾产生量为 1.7kg/d，0.425t/a。生活垃圾和办公垃圾由医院进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

(4) 噪声

本项目噪声源主要为空调噪声，噪声源强一般小于 60dB (A) 所有设备选用低噪声设备，均处于室内或屋顶，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

9.2.4 运行期事故情况污染源项

本项目运行期间存在着风险和潜在危害以及事故隐患，可能出现概率较大或后果较严重的误照射辐射事故如下：

(1) 直线加速器

①门机联锁装置发生故障，人员误入正在运行的加速器机房导致误照射；

②其他医护人员还未全部撤离机房，即进行出束治疗，致使人员受到不必要的照射；

③门机联锁装置发生故障，在防护门未关闭的情况下即开始出束治疗，给工作人员和周围公众造成不必要的照射；

④维修人员在维修期间加速器误出束致使维修人员误照射；

加速器事故状态下污染源项主要为 X 射线。

(2) DSA

①装置在运行时，由于门灯联锁系统失效，人员误入或滞留在机房内而造成误照射；

②工作人员或病人家属还未全部撤离治疗机房，操作间人员启动设备，造成滞留人员的误照射；

③射线装置在检修、维护等过程中，检修、维护人员误操作，造成有关人员误照射；

④X 射线装置工作状态下，没有关闭防护门对人员造成的误照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目辐射安全防护设施

10.1.1 工作场所平面布局

(1) 项目平面布局

本项目加速器机房位于负一层东南角，DSA 机房位于 10 号楼 6 层。射线装置机房六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 加速器机房周边布局一览表

序号	所在区域	辐射场所	方位	周围房间及场所
1	负一层	直线加速器机房	东	土层
			南	土层
			西	控制室和水冷机房
			北	地下土层，隔 3m 土层为风机房和配电房
			楼上	地面停车场和绿化
			楼下	无地下层
2	10 号楼 6 层	DSA 机房	东	控制室、前室、设备间、缓冲间
			南	洁净通道
			西	洁净通道
			北	一般手术室、污物通道
			楼上	休息区和净化机房
			楼下	医生办公会和多功能厅

加速器用房位于负一层东南角，无地下层，加速器机房设置有 L 型迷路，治疗室与控制室分开设置，主射线方向不朝向迷路和控制室照射，有用线束避开了居留因子较大的用室，因此本项目加速器工作场所布局符合《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）的要求，布局合理可行。

DSA 机房所在工作场所设置有患者通道、医护通道和污物通道，并在机房南侧设有患者候诊区，患者不在机房内候诊，DSA 经过机房实体屏蔽体屏蔽后，屏蔽体外剂量率符合标准要求，对周围辐射环境及人员影响是可以接受的，因此 DSA 机房平面布局合理可行。

10.1.2 工作场所分区原则和区域划分情况

(1) 分区依据和原则

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记；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。

(2) 控制区和监督区划分

拟将直线加速器治疗室（包括迷道）划为控制区；将直线加速器控制室、水冷机房加速器机房顶棚上方区域及直线加速器治疗室防护门外 1m内作为辐射防护监督区；拟将DSA机房内部划为控制区，控制室、前室、污物防护门外 1m内划为监督区。

在工作场所控制区醒目位置安装辐射指示灯，规范张贴电离辐射警告标志及中文警示说明，门外设置明显的警戒线。本项目辐射分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

表 10-2 本项目控制区和监督区划分情况

场所	控制区	监督区
直线加速器	直线加加速器治疗室及迷道	控制室，水冷机房、治疗室防护门外 1m范围内、加速器顶棚上方区域
DSA机房	DSA机房内部	控制室、前室、污物门外 1m处范围内

(3) 环评要求

关于控制区与监督区的防护手段与安全措施，建设单位应做到：

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；

②制定辐射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以黄线警示监督区的边界；

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。

10.1.3 直线加速器工作场所辐射安全防护设施

(1) 加速器机房屏蔽设计

直线加速器用房主要由加速器机房、控制室和水冷机房组成。加速器机房由治疗室和迷道组成。本项目加速器机房与控制室分离；治疗室西侧为L型迷道，迷道口设有防护门；有用线束向北墙、南墙、地面及屋顶照射。加速器机房的屏蔽防护设计详见表10-3。

表 10-3 加速器机房辐射防护屏蔽设计参数表

场所名称	分类		屏蔽厚度	宽度
直线加速器机房	北墙	主屏蔽区	2600mm 混凝土	4400mm
		次屏蔽区	1450mm 混凝土	/
	南墙	主屏蔽区	2600mm 混凝土	4400mm
		次屏蔽区	1400mm 混凝土	/
	东墙		1400mm 混凝土	/
	西墙	迷道内墙	1300mm 混凝土	/
		迷道外墙	1000mm 混凝土	/
	顶盖	主屏蔽区	2600mm 混凝土	4400mm
		次屏蔽区	1300mm 混凝土	/
	防护门		15mm 铅板	
	机房净高		3800mm	
	迷道	迷道宽度	2100mm	
		内入口宽度	2100mm	
外入口宽度		2100mm (门洞)		

注：本项目加速器机房无地下层。混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ，结构为一次性连续浇筑，并充分振捣。

直线加速器机房各墙体、地板、顶棚混凝土均一次性整体连续浇筑，并预埋电缆、冷却水、空调等管线，混凝土密度不低于 2.35g/cm^3 ，以保证机房整体屏蔽效果。

(2) 直线加速器辐射安全防护措施

为保障直线加速器安全运行，避免在加速器治疗期间人员误留或误入治疗机房内而发生误照射事故，加速器治疗机房拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

①钥匙开关联锁：操作台有操纵钥匙开关，只有当钥匙开关插入钥匙孔打开锁定，加速器各项功能才能启动。

②辐照启动与辐照参数预选数联锁：控制台设有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、吸收剂量率、治疗方式、楔形过滤器类型及规格等辐射参数显示标识，只有当各项参数给出预选值显示，辐照才能启动，否则辐射不得启动。

③计时器与辐射联锁：控制台配置有时间显示的辐照控制计时器，并独立于其它控制辐照系统，当辐照中断或终止后，必须保留计时器读数，只有将计时器复零后，才能启动下一次辐照。

④病人剂量与治疗控制的安全联锁。为保证病人治疗剂量准确，不致出现超剂量照射，系统设置了治疗剂量联锁、治疗时间联锁和治疗中旋转机架角度联锁。当治疗剂量、时间及治疗机头旋转角度其中之一到达设定值时，联锁装置会自动停止照射。

⑤防护门与照射联锁：只有将加速器机房门完全关闭，照射才能启动。在照射过程，如将门开启，闭合处脱离限位开关，照射立即自动停止。

⑥紧急停机开关：拟在控制室、治疗床侧，治疗机房内关键部位墙面及迷道内墙面处分别安装紧急停机开关，并设置明显的标志，高度为 1.2m。当遇到意外情况，可不必穿越主射线束随时按动急停开关，切断设备电源，停止出束。治疗室迷道外入口处安装防护门应急启闭开关，遇到紧急情况可在治疗室内开启防护门。

⑦迷道防护门上方安装工作状态指示灯，门外拟设置醒目、规范的电离辐射警告标志。工作状态指示灯与加速器、防护门联锁，机房门关闭后，装置才能启动，装置启动时工作状态指示灯亮起。

防护门为电动移门，防护门与墙搭接处应尽可能减小缝隙漏泄辐射，防护门宽于门洞的部分应大于“门-墙”间隙的十倍。防护门设红外防挤压装置，防止人员被夹伤。另外防护门设手动开门装置，断电情况下，能手动开门。

⑧控制室设置监控及对讲系统：治疗室和控制室之间安装有监视器 4 个（迷道内 1 个，迷道内墙 1 个、东侧墙体 2 个）、对讲装置 1 套，控制室内能通过视频监控治疗室内患者的治疗情况，并通过对讲系统与室内人员联系，以便于医师在控制室观察患者在治疗室的状况、及时处理意外情况。视频监控数量和位置能实时、全方位观察治疗室及迷道内状况，可以保障治疗室内及迷道不留视频监控死角，因此视频监控布局数量及位置可行。

⑨加速器机房配置固定式辐射剂量率监测仪 1 个，其检测结果在加速器控制室实时

显示，便携式个人剂量报警仪 2 个，每个辐射工作人员均应配备个人剂量计。加速器机房吊顶上方设置烟雾报警器。全院配备 1 台 X- γ 巡测仪。

⑩ 机房控制室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射安全管理规定》、《岗位职责》、《设备操作规程》、《辐射事故应急响应程度》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

⑪ 加速器顶棚上方设置围护栏，并设置电离警示标识，以警示公众人员切勿逗留或靠近。

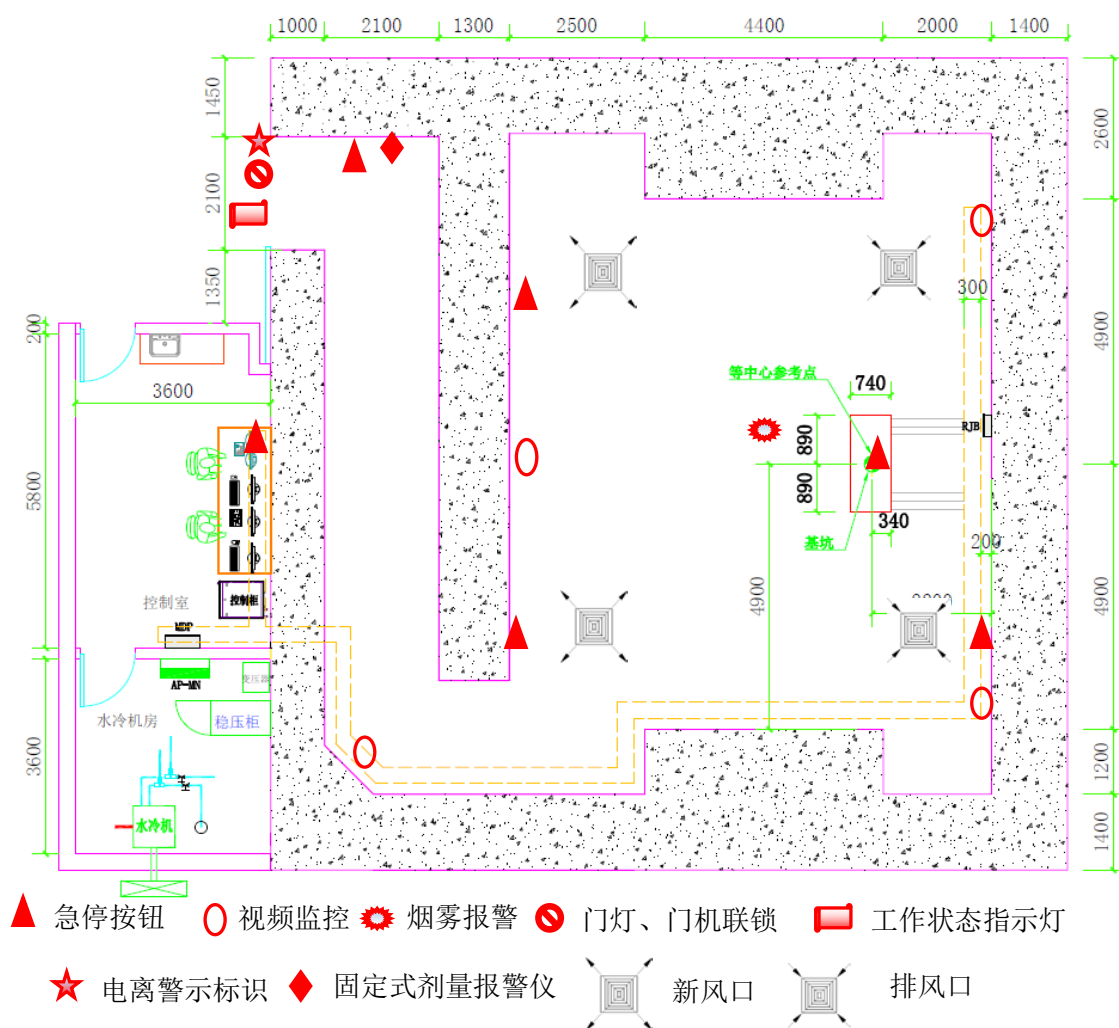


图 10-1 加速器机房安全设施位置示意图

(3) 电缆布设及排风系统

① 本项目加速器机房与控制室操作台之间的各种电缆管线均以地沟形式在地板以下部位布设，并拟以“U”型从地板下方穿越墙体，并用硫酸钡涂料进行封堵。冷却水管跟电缆一并从电缆沟穿出机房。如在防护墙体部位设置开关箱等嵌入式电气设备，要在箱体后背衬填 1.0cm 厚度的铅板。

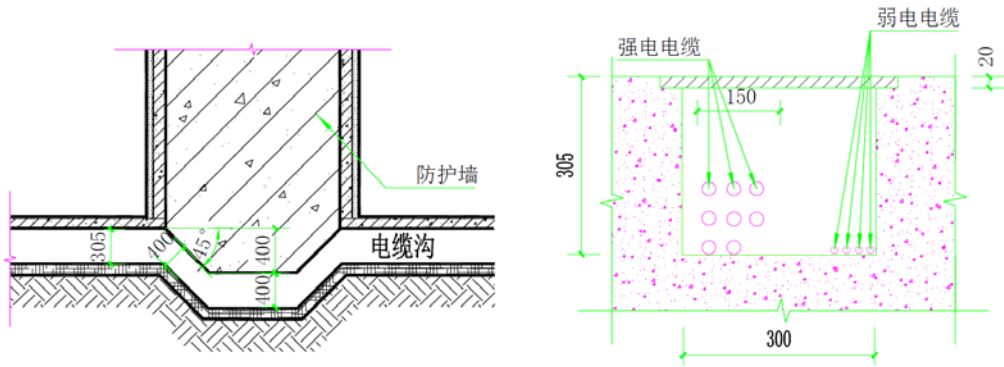


图 10-2 加速器机房电缆穿墙示意图

②加速器机房通风系统拟采用上送下排，机械通风换气，进风和送风管道由迷道防护门上方进入加速器机房，沿迷道外墙敷设，穿墙部分采用“S”型，送风口设置于靠近迷道内墙天花板处，由上向下送风；机房东侧防护墙下方据地坪约 20cm 左右处设置两个排风口，排放口设置在地面。

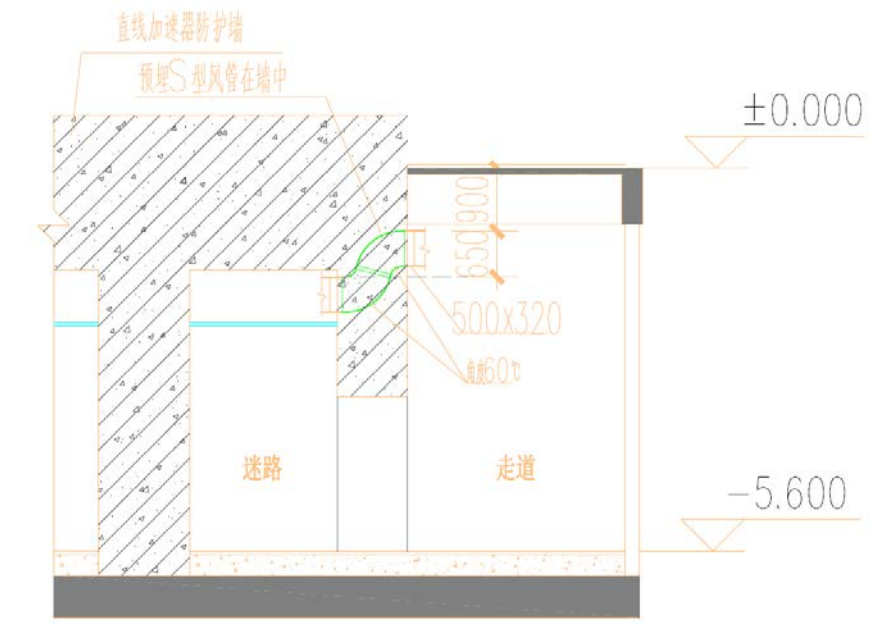


图 10-3 进出风管穿墙示意图

10.1.4 DSA 工作场所辐射安全防护措施

(1) DSA 机房屏蔽设计

DSA 机房屏蔽设计详见表 10-4。

表 10-4 DSA 机房辐射防护屏蔽设计

机房类型 (数量)	防护设施	屏蔽材料及厚度(铅当量: mmPb)	GBZ130-2020 中 C 形臂 设备标准要求	符合性 评价
DSA 机房	四侧墙体	龙骨钢架+3mm 铅板 (3.0)	有用线束和非有用线束 方向不低于 2mmPb 当 量。	符合
	顶棚	200mm 混凝土+龙骨钢架 +3mm 铅板 (5.5)		符合
	地坪	200mm 混凝土+30mm 硫酸钡 防护涂料 (5.5)		符合
	防护门	内衬 3mm 铅板 (3.0)		符合
	观察窗	15mm 厚铅玻璃 (3.0)		符合

注: 参考 GBZ130 表 C, 混凝土密度不低于 2.35g/cm³, 保守 200mm 混凝土=2.5mmPb; 硫酸钡防护涂料密度不低于 2.79 g/cm³, 10mm 防护涂料=1mmPb。

表 10-5 DSA 机房面积及单边长度一览表

序□	机房名称	拟□置情况		标准要求		符合性 评价
		最小单边 长度 (m)	有效使用 面积 (m ²)	最小单边长 度 (m)	有效使用面 积 (m ²)	
1	DSA 机房	7.0	70.0m ²	4.5	30	符合

由上表可知, DSA 的最小单边长、有效使用面积及屏蔽体防护当量均能满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中相关要求,

本项目 DSA 机房墙体屏蔽防护施工如图 10-4~10-6。

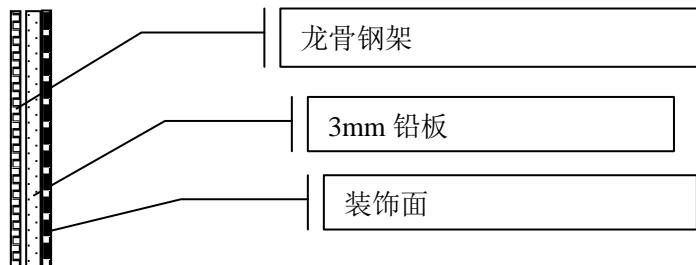


图 10-4 DSA 机房四周墙体屏蔽体材料示意图

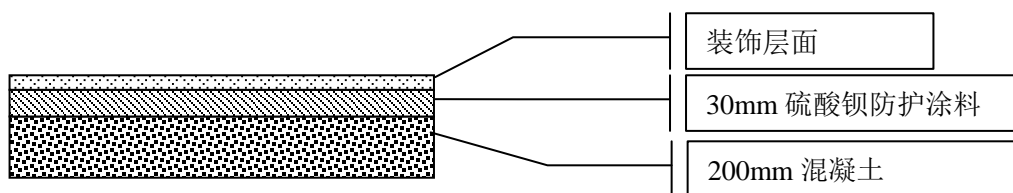


图 10-5 DSA 机房地坪屏蔽体材料示意图

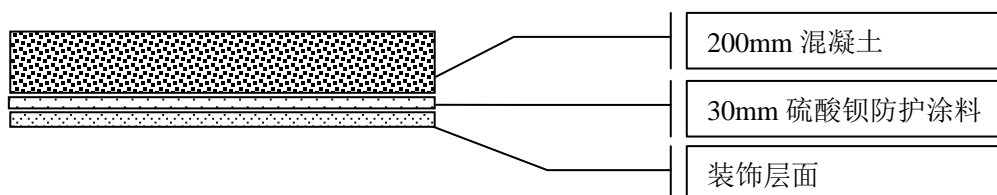


图 10-6 DSA 机房顶棚屏蔽体材料示意图

(2) DSA 机房辐射安全和防护、环保相关设施

本项目 DSA 主要辐射为 X 射线，对 X 射线的基本防护原则是减少照射时间、远离射线源及加以必要的屏蔽。本项目对 X 射线外照射的防护措施主要有以下几方面。

A、DSA 自带安全防护措施

本项目 DSA 与其他 III 类射线装置均拟购买于正规厂家，采用目前较先进的技术，设备各项安全措施齐备，仪器本身具备多种安全防护措施。

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或铜过滤板，以多消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和过滤板。

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，即称之为图像冻结（last image hold, LIH）。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配备相应的表征剂量的指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：本项目 DSA 厂家拟配备铅悬挂防护屏和床侧防护帘（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取辐射防护与安全措施。

B、安全防护设施及措施

①门灯连锁：DSA 机房防护门上方设置醒目工作状态指示灯，灯箱上设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句。候诊区设置放射防护注意事项告知栏；防护门设有自动闭门装置，工作状态指示灯能与机房门有效关联。

②紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮（各按钮串联并与 X 射线系统连接）。DSA 系统的 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，并在紧急止动装置旁设置醒目的中文提示。

③操作警示装置：DSA 系统的 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 机房与操作室之间拟安装对讲装置，操作室的工作人员通过

对讲机与 DSA 机房内的手术人员联系。

C、其它防护措施

①机房操作室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。上墙制度包括《辐射安全管理规定》、《岗位职责》、《设备操作规程》、《辐射事故应急响应程度》，制度字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

②按照《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），本项目 DSA 机房内应配置铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子、介入防护手套等防护用品 4 套，除介入防护手套外，防护用品的铅当量不小于 0.5mmPb，介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb。介入手术工作人员应穿戴防护用品，采用铅帘进行必要的遮挡。为受检者或患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm，儿童、成人尺寸各 1 套）以及铅防护方巾 2 套（防护铅当量 0.5mm），用于患者非照射部位进行防护，以避免病人受到不必要的照射。

③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。受检者不应在机房内候诊，手术期间，陪护人员禁止进入监督区域和控制区域。防护门外的醒目位置设置明显的电离辐射警告标志，电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求。

④介入手术医生配备 3 个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计及腕部剂量计。护士、技师及物理师配 2 个人剂量计，包括铅衣内外双个人剂量计。DSA 项目工作人员需要在铅围裙外锁骨对应的领口位置佩戴剂量计，在铅围裙内躯干上再佩戴另一个剂量计，内外两个剂量计应有明显标记，防止剂量计戴反，介入医生还需在腕部佩戴个人剂量计，以监测手术医生腕部剂量。

每个季度及时对剂量计送检，建立个人剂量健康档案，并长期保存。

⑤本项目 DSA 机房安装机械排风系统，保持机房内良好的通风，通风换气次数不低于 4 次/h。风管管道在机房的吊顶上斜穿出机房，并用 3mm 铅皮包裹进行辐射屏蔽补偿。

⑥DSA 机房内不设电缆沟，电缆由机房吊顶以斜 45°方式穿出机房，穿越吊顶处采用，3mm 铅皮包裹进行辐射屏蔽补偿。

10.1.5 距离防护

周边公众主要依托放射工作场所的屏蔽墙体、防护门和楼板屏蔽射线，同时各机房将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房人员防护门的醒目位置张贴

固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯，限制无关人员进入，以增加公众与射线源之间的距离，以免受到不必要的照射。

10.1.6 时间防护

在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置进行诊断之前，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时间，也避免病人受到额外剂量的照射。另外，对进行介入治疗手术的医生和护士分组，降低某一工作人员因长时间操作所致剂量。当辐射工作人员季度个人剂量超过 1.25mSv 或年剂量超过 5mSv，医院应进行调查并出具调查报告，在查明原因之前应限制或暂停该工作人员工作时间。

医院应强化管理，加强辐射工作人员的培训和自我保护，严格执行落实《辐射安全管理规定》和《辐射工作人员个人剂量管理制度》等规章制度，个人剂量每个季度及时送检，严格执行个人剂量计收发制度，建立个人剂量收发记录。

10.1.7 辐射工作场所安防措施

为确保本项目各辐射工作场所的使用安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-6。

表 10-6 本项目采取的安全保卫措施

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 DSA 机房和直线加速器机房将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各工作场所安装监控系统实行 24h 实时监控； ③DSA 和直线加速器射线装置将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会存放易燃、易爆、腐蚀性物品等物品。
	防泄漏	①本项目所使用的 DSA 和直线加速器射线装置均购置于正规厂家，且设置有不同的联锁装置确保运行过程中的辐射泄漏； ②本项目所有射线装置工作场所均将□照有关□范要求进行辐射防护设计，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。

10.2 辐射安全防护措施的可行性

结合《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》和《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）中的相关检查内容，

将本项目在设计阶段拟采取的上述防护措施汇总列入表 10-7。

表 10-7 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

一、直线加速器工作场所			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	墙体屏蔽+迷道	已设计	符合
	铅防护门	已设计	符合
	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	符合
	加速器治疗床、加速器主机上及控制台上具备紧急停机按钮	仪器自带	符合
	视频监控与对讲系统	仪器自带	符合
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	仪器自带	符合
	门机联锁、门灯联锁	拟配备	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	入口处加速器工作状态显示	拟设置	符合
	机房内准备出束音响提示	仪器自带	符合
	控制台蜂鸣器	仪器自带	符合
	紧急开门按钮	拟配备	符合
	机房内紧急停机按钮	拟配备	符合
其他	个人剂量计	拟增配	符合
	机房内固定式剂量报警仪	拟配备	符合
二、DSA 机房工作场所			
项目	检查内容	设计内容	符合情况
场所设施	隔室操作	已设计	符合
	观察窗防护	已设计	符合
	门防护	已设计	符合
	候诊位设置	已设置	符合
	辅助防护用品	拟配备	符合
	通风设施	拟设置, DSA 机房设置机械排风系统	符合
	入口处电离辐射警告标志	拟设置	符合
	入口处工作状态显示	拟设置	符合
其它	个人剂量计	拟增配	符合
四、其它			
监测设备	便携式辐射剂量仪器仪表(污染、辐射水平等)	拟配置	符合
防护器材	个人防护用品	拟增配	符合

从表 10-7 可见, 本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《环境保护部辐射安全与

防护监督检查技术程序（第三版）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽材料和防护厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽各自辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的各辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

10.3 非放射性污染防治措施

本项目运行期间产生的非放射性污染物主要是射线装置机房产生的臭氧、风机噪声、医疗废水、生活垃圾。具体治理措施如下：

（1）废气治理措施

本项目加速器运行过程，X 射线与空气发生电离作用，产生臭氧和氮氧化物等有害气体，相比之下臭氧的危害较氮氧化物大，其产额高，氮氧化物产额为臭氧的 1/3。本项目加速器治疗室设计排风总量为 4500m³/h，机房体积约 470m³，通风次数约 9 次/h，通风换气次数每小时不小于 4 次，能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中“治疗室通风换气次数应不小于 4 次/h”的要求，排风口设置在地面。

本项目加速器治疗室通风系统拟采用上送下排，机械通风换气，送风管道由防护门上方进入加速器机房，穿墙部分采用“S”型，送风口设置于迷道内墙左右两侧天花板处，由上向下送风；机房东侧防护墙下方距地坪约 20cm 左右处设置两个排风口，排风管经沿南墙和迷道敷设，由防护门上方穿出机房。加速器机房进出风管道避开主射线直接照射，射线经几次散射后，进出风管道进出口处辐射剂量将在控制范围内。在工作中要保证通风设施完好和正常工作，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，因此臭氧和氮氧化物等有害气体将不会对人员和周围大气环境产生明显影响。

DSA 射线装置在运行是也会产生少量的臭氧和氮氧化物，经机房机械排风装置排至室外，不会对周围大气环境产生明显影响。

（2）医疗废水

非放射性废水主要来自于运行期间各工作场所工作人员的生活废水和少量医疗废水，该部分废水经医院污水处理站“预处理+一级强化处理+次氯酸钠消毒”工艺处理达到

《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准后，经市政污水管网进入市政污水处理厂处理。本项目废水产生量约为1.64m³/d，医院污水处理站处理能力为1200m³/d，污水处理站处理能力已考虑了本部分辐射工作人员生活污水和医疗废水，因此本项目废水依托新建污水处理站处理是从容量及处理工艺等方面均是可行的。

（3）固废处理措施

本项目运营期产生非放射性医疗废物包括药棉、纱布、手套等医用辅料，采用专门的收集容器集中收集后，转移至医疗废物暂存库，按照普通医疗废物执行转移联单制度，由当地有资质的医疗废物处理机构定期统一处置。本项目医疗固废产生量较少，医院现有医疗废物间容量足以满足本项目医疗固废暂存的需求。

工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院进行统一集中收集并由环卫部门统一清运。

（4）噪声治理措施

本项目噪声主要来源于通排风系统的风机，各机房所使用的通排风系统均为低噪声节能排风机和低噪声节能空气处理机，其噪声值一般低于 60dB(A)，噪声较小，且所有风机均设置在医院配套用房楼顶，考虑到噪声的远距离衰减作用，无需采用专门的降噪措施，对周围环境影响可以忽略不计。

（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”。环评要求：本项目使用的直线加速器、DSA在进行报废处理时，将射线装置高压射线管进行拆卸并去功能化，同时将射线装置主机的电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

10.4 环保投资估算

本项目总投资约 3500 万元，估算环保投资 370 万元，占总投资额的 10.57%。项目环保投资估算见表 10-8。

表 10-8 环保设施及投资估算一览表

环保设施	数量	投资（万元）	
直线加速器工作场所	防护墙体+迷道	/	300
	铅防护门	1 套	9.0
	门机联锁、门灯联锁、工作状态指示灯	1 套	0.5
	紧急开门按钮、红外防夹装置	1 套	0.3
	机房内紧急停机按钮	4 套	0.8
	机房内固定式剂量报警仪	1 套	0.4
	机房内通风设施	1 套	0.5
	视频监控设□	4 套	0.5
	对讲装置	1 套	0.1
	个人剂量报警仪	2 台	0.5
	电离警示标识	若干	0.1
DSA 机房□	龙骨钢架+铅板	/	50
	铅防护门	2 扇	2
	观察窗	1 樘	0.2
	紧急止动按钮	2 个	0.1
	个人防护用品	6 套	1.0
	机械排风设施	1 套	0.5
其他	便携式 X-γ 辐射巡测仪	1 台	1.0
	辐射安全培训费	-	0.3
	环保设施日常维护及监测费用	-	2.0
	辐射应急物资		0.2
合计		370	

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



表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为防护装修和装修装饰，施工期短，施工范围小，通过对施工时段的控制以及施工现场严格管理等手段，可使本项目施工期环境影响的范围和强度进一步减小。施工结束后，项目施工期环境影响随之消除。因此，本项目不对施工期的环境影响进行具体分析。

11.2 设备安装调试期间的环境影响分析

本环评要求设备的安装、调试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。在设备安装调试阶段，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。人员离开时各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机房所在区域，防止辐射事故发生。由于各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是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.3 运行阶段辐射环境影响分析

11.3.1 直线加速器机房周围辐射水平估算

(1) 设备技术参数

本项目新增 1 台 6MV 医用电子直线加速器，该设备产生的射线均会经过其自屏蔽装置减弱，原理如图 11-1 所示，有用线束在穿过病人的身体后会穿过该设备内部的钢盒（外壳 10mm 钢和内部 172mm 的铅）。该设备的主要技术参数如表 11-1 所示。

(2) 使用规划

出束时间：预计加速器一天最多治疗 60 人次，一周工作 5 天，每次出束时间 3min，每周出束时间 15.0h，年出束 750h。

表 11-1 加速器的主要技术参数

X 射线最大能量	X 射线最高输出率	源轴距	等中心距地面高度	线束张角	最大照射野	射线泄漏率
6MV	$4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$	1.0m	1.1m	15.9°	28×28cm	<0.1%

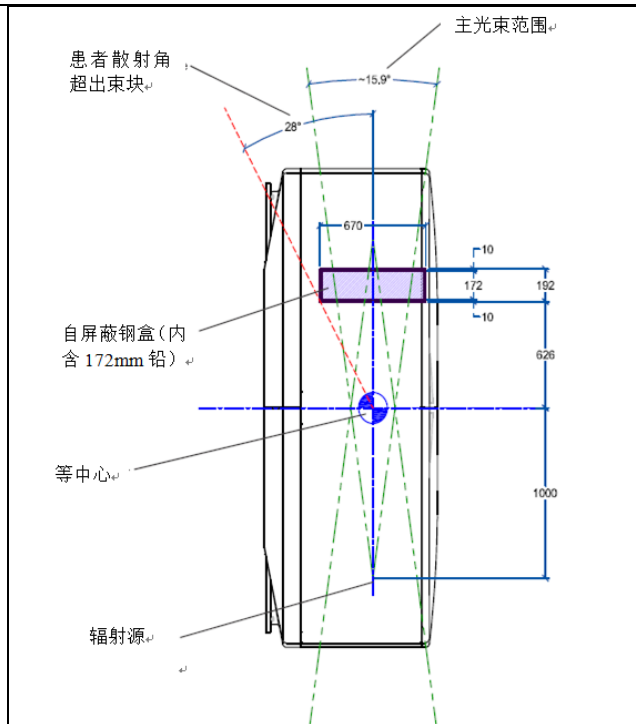


图 11-1 加速器自屏蔽原理示意图

11.3.1.1 加速器机房主屏蔽区宽度校核

项目加速器主射线束方向自带自屏蔽装置，自屏蔽装置完全可以屏蔽主线束。因此不再对加速器机房主屏蔽区宽度进行校核。

11.3.1.2 加速器机房关注点设立及剂量参考水平

(1) 加速器机房关注点设立

本项目加速器机房位于负一层东南角，无地下层，机房东侧、南侧均为土层。关注点的选取主要考虑可能对工作人员或公众产生影响的区域。关注点主要设置在机房四周及屋顶。

具体关注点描述如表 11-2，分布情况见图 11-1、11-2。

表 11-2 关注点描述

点位名称	点位描述
a	北侧墙体主屏蔽区外 30cm 处，土层
a1	北侧墙体次屏蔽区外 30cm 处，土层
c	西侧防护墙外 30cm 处，控制室
d	东侧防护墙外 30cm 处，土层
k	西侧防护墙外 30cm 处，水冷机房
g	防护门外 30cm，过道
m	顶盖主防护区上方 30cm，加速器机房顶棚
m1	顶盖次屏蔽区上方 30cm，地面停车场

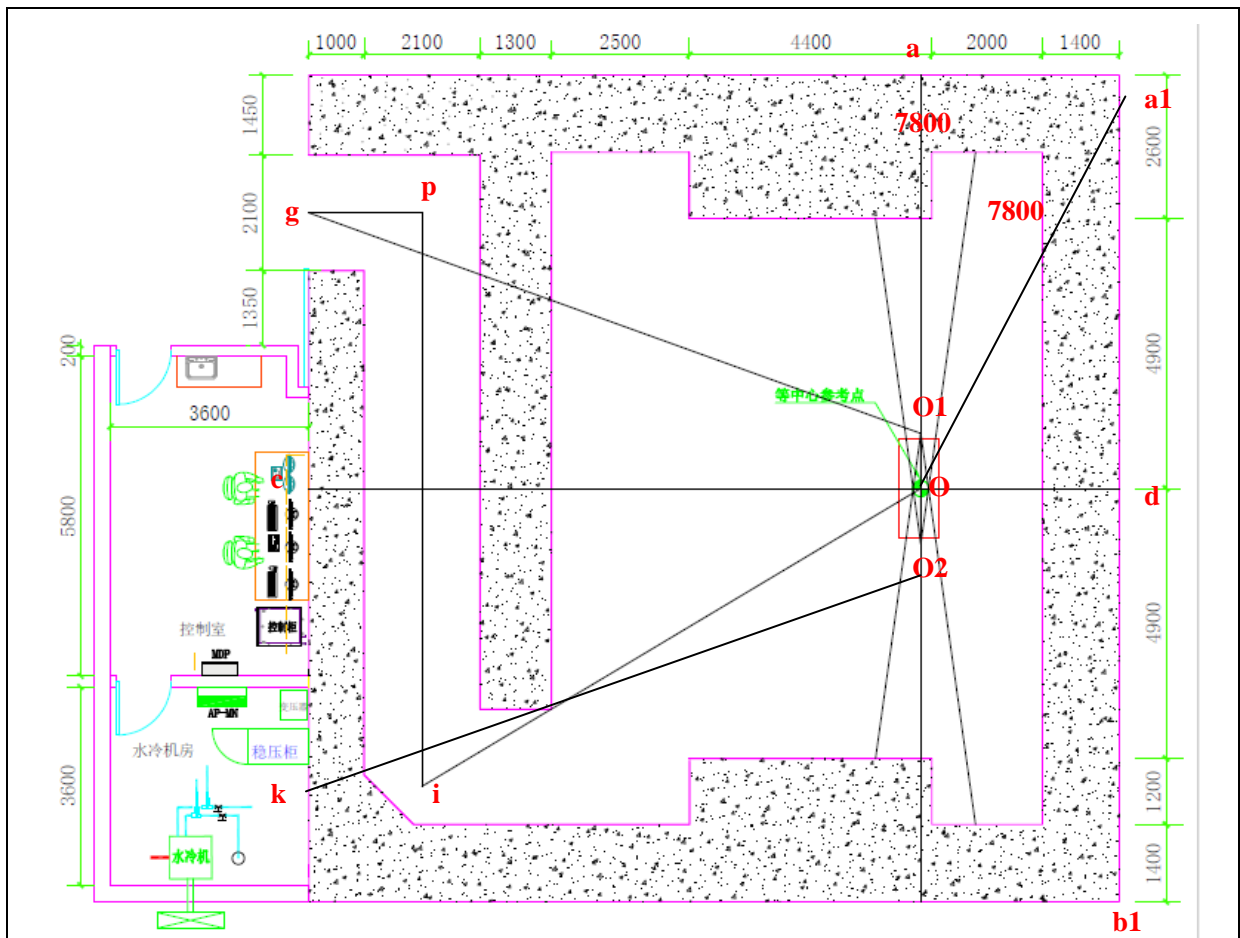


图11-1 加速器机房四侧墙体外关注点位图 (mm)

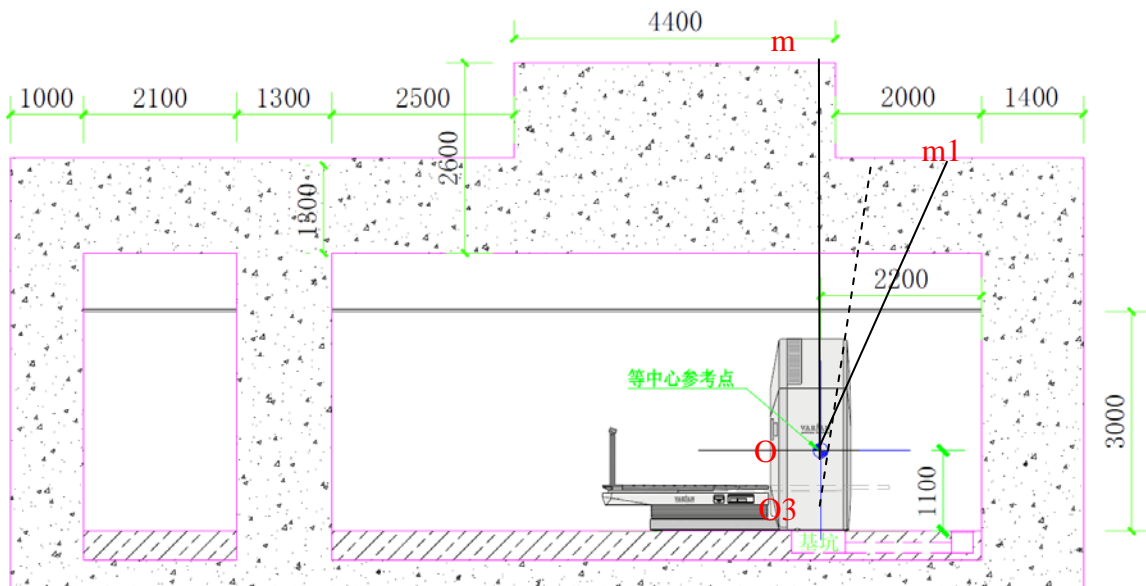


图 11-2 加速器机房顶棚关注点位图(mm)

(2) 剂量率参考水平

参考《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)，机房外各关注点的导出剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：

①使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，采用以下周剂量

控制水平 (H_c) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ 。

i 有用线束

有用线束在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时, 该关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$:

$$\dot{H}_{c,d} = \frac{H_c}{(U \times t \times T)} \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中: $\dot{H}_{c,d}$ 为导出剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

H_c 为周剂量参考控制水平, 职业人员取 $\leq 100\mu\text{Sv/周}$, 公众取 $\leq 5\mu\text{Sv/周}$;

U 为主射线束向关注位置的方向照射的使用因子, 取 1;

T 为居留因子;

t 为周治疗照射时间, h。

ii 单一泄漏辐射

泄漏辐射在关注点的周剂量参考控制水平为 H_c 时, 该关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$:

$$\dot{H}_{c,d} = \frac{H_c}{(N \times t \times T)} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中: H_c 为周剂量参考控制水平, 职业人员取 $\leq 100\mu\text{Sv/周}$, 公众取 $\leq 5\mu\text{Sv/周}$;

N 为强调治疗时用于泄漏辐射的强调因子, 通常 $N=5$;

T 为居留因子;

t 为周治疗照射时间, h。

iii 复合辐射

对于与主屏蔽直接相连的次屏蔽区, 属于复合辐射。根据 GBZ/T201.2-2011 中附录 A2.2 复合辐射, 导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 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, 其中患者散射导出剂量率参考控制水平为 $\dot{H}_{c,max}$ 的一半; 泄漏辐射导出剂量参考控制水平为公式 (11-2) 计算结果的一半, 二者之和为该关注点的导出剂量率参考控制水平。

根据 GBZ/T201.2-2011, 加速器机房顶关注点的剂量率参考控制水平应以 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$, $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 按上述方法计算。

本项目 6MV 医用直线加速器的运营时间为每年 50 周, 每周 5 天, 每天治疗 60 人

次，每次出束治疗时间最多 3min，周治疗时间为 15h。

居留因子参照《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）附录A选取，具体数值见表11-3。

表 11-3 居留因子的选取

场□	居留因子 (T)		停留位置
	典型值	范围	
全停留	1	1	管理人员或职员办公室、治疗计划区、治疗控制□、护士站、咨询台、□人护理的□诊室及周边建筑物中的驻留区
部分停留	1/4	1/2-1/5	1/2: 与屏蔽室相邻的病人检查室 1/5: 走廊、工作人员休息室
偶然停留	1/16	1/8-1/40	1/8: 各治疗室房门外 30cm 处、相邻的（共用屏蔽墙）放射诊疗机房 1/20: 公厕、自动售货区、储藏室、设有座椅的户外区域、无人护理的候诊室、病人滞留区域、屋顶、门岗室 1/40: 仅有来往行人车□的户外区域、无人看管的□车场，车辆自动卸货/卸客区域、楼梯、无人□管的电梯

②关注点的最高剂量率参考控制水平 $H_{c, max}$:

上述导出的剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ 与按人员居留因子确定的关注点剂量率参考控制水平（人员居留因子 $T \geq 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；人员居留因子 $T < 1/2$ 的场所： $\dot{H}_{c,max} \leq 10 \mu\text{Sv/h}$ ）相比较，取其较小者为关注点剂量率参考控制水平。

由此确定的个关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的射线束见表 11-4。

表 11-4 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的射线束

关注点位	居留因子	调强因子	剂量率参考控制水平 (H_c) $\mu\text{Sv/h}$				主要考□的辐射束	射线路径	
			$\dot{H}_{c,d}$		$H_{c, max}$	H_c			
			0.5	5		计算值			取值
a	1/16	1	5.3		10	5.3	2.5	主射线束	$o2 \rightarrow o \rightarrow a$
a1	1/16	5	0.5	5.5	10	5.5	2.5	泄漏辐射	$o \rightarrow a1$
			5					散射辐射	$o2 \rightarrow o \rightarrow a1$
c	1	5	1.3		2.5	1.3	1.3	泄漏辐射	$o \rightarrow c$
d	1/16	5	1.1		10	1.1	1.1	泄漏辐射	$o \rightarrow d$
g	1/8	5	0.3	5.3	10	5.3	2.5	泄漏辐射	$o1 \rightarrow \square$
			5					散射辐射	$o2 \rightarrow o \rightarrow i \rightarrow p \rightarrow g$
k	1/16	5	1.1		10	1.1	1.1	泄漏辐射	$o2 \rightarrow k$
m	1/16	1	5.3		10	5.3	2.5	主射线束	$o3 \rightarrow o \rightarrow m$
m1	1/16	5	0.5	5.5	10	5.5	2.5	泄漏辐射	$o \rightarrow m1$
			5					散射辐射	$o3 \rightarrow o \rightarrow \square 1$

11.3.1.3 加速器机房屏蔽体厚度校核

(1) 主屏蔽墙和侧屏蔽墙屏蔽厚度核算

采用《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）中给出的方法计算。计算公式如下：

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

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

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

式中，B 为辐射屏蔽透射因子；

X_e 为有效屏蔽厚度，cm；

TVL_1 和 TVL 为 X 射线第一个什值层厚度和平衡什值层厚度，查 GBZ/T201.2-2011

表 B.1；

H_c 为剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

f 为比例因子，对有用线束为 1，对泄漏辐射为 1×10^{-3} ；

B 为辐射屏蔽透射因子；

R 为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

X 为墙体屏蔽厚度，cm；

泄漏辐射入射角角度小于 30° 时，以垂直入射保守估算。因本项目加速器有自屏蔽的特殊性，有用线束均需穿过该设备内部的钢盒（外壳 10mm 钢和内部 172mm 的铅）。保守考虑，在计算辐射类型为有用线束的关注点预测值时，有用线束经过钢盒后的能量损失忽略不计，将两个屏蔽体作为一个整体进行核算主射线束屏蔽厚度。由于设备等中心点未置于主防护墙的主屏蔽区的中心位置，主射线束部分照射在主防护墙与主屏蔽区相连的次屏蔽区，因此，主射线束厚度核算保守以次屏蔽区厚度进行核算。核算结果见表 11-5。

表 11-5 加速器机房主屏蔽墙、侧屏蔽墙屏蔽厚度核算

参数	北侧墙体主屏蔽（关注点 a）	顶棚主屏蔽（关注点 m）	西侧墙体屏蔽（关注点 c）	东侧墙体屏蔽（关注点 d）
$H_c(\mu\text{Sv/h})$	2.5	2.5	1.3	1.1
$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	$4.80\times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$			
$R(\text{m})$	7.80	4.30	11.4	3.9
\square	1	1	1×10^{-3}	1×10^{-3}
斜射角 θ ($^\circ$)	0	0	0	0
$TVL(\text{cm})$	33	33	29	29
$TVL_1(\text{cm})$	37	37	34	34
B	3.17×10^{-7}	9.63×10^{-8}	3.52×10^{-4}	3.49×10^{-5}
理论屏蔽厚度 X (cm)	219	236	106	135

设计厚度 (cm)	140 (混凝土) +17.2 (铅) + 2 (钢)=253 (混 凝土)	130 (混凝土) +17.2 (铅) + 2 (钢) =243 (混凝土)	130+100	140
是否满足屏蔽要求	是	是	是	是

注：参考《放射防护实用手册》表 22.8：1mm 铅折算为 6.2mm 混凝土，1mm 钢折算为 3.5mm 混凝土。

(2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/T 201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3、11-4、11-5 进行计算，散射辐射的透射因子按式 11-4、11-5、11-6 进行计算。

$$B = \frac{H_c \times R^2}{H_o \times \alpha_{ph} \times \left(\frac{F}{400}\right)} \dots\dots\dots \text{(式 11-6)}$$

式中， α_{ph} 为患者 400cm² 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m (关注点方向) 处的剂量比例，又称 400cm² 面积上的散射因子；查 (GBZ/T201.2-2011) 附表 B.2，本项目患者散射角为 28°，接近 30°，射线能量为 6MV 取值，则 α_{ph} 取 2.77×10⁻³；F 为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 28cm×28cm。

核算结果见表 11-6。

表 11-6 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区辐射屏蔽厚度核算

参数	南侧墙体次屏蔽区 (关注点 a1)		房顶次屏蔽区 (关注点 m1)	
	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
$H_c(\mu\text{Sv/h})$	0.5	5	0.5	5
$H_o(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	4.80×10 ⁸ μSv·m ² /□			
α_{ph}	/	2.77×10 ⁻³	□	2.77×10 ⁻³
R	8.0		4.83	
F (cm ²)	/	784	/	784
f	1×10 ⁻³	/	1×10 ⁻³	/
斜射角 θ (°)	28	28	28	28
TVL ₁ (cm)	34	26	34	26
TVL(cm)	29	□6	29	26
HVL(cm)	10.2			
B	6.67×10 ⁻⁵	1.23×10 ⁻⁴	2.43×10 ⁻⁵	4.48×10 ⁻⁵
屏蔽厚度 X (cm)	96	90	106	100
理论厚度取值 (cm)	107.2		117.2	
设计厚度 (cm)	140		130	
是否满足屏蔽要求	是		是	

注：X射线为6MV的半值层取值参考《核技术利用项目的辐射屏蔽防护与计算》P23，黄嘉麟、廖彤、刘宝华主编。

根据（GBZ/T 201.2-2011）中 5.2.5（a）中规定计算有线束患者散射辐射和加速器泄漏辐射所需要的屏蔽厚度，依 GBZ/T201.1-2007 的 4.3.3 的原则，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。

（3）迷路内墙、外墙核算

迷路入口 g 处以 2.5μSv/h 为剂量率进行控制，根据 GBZ/T201.2-2011，穿过迷路内墙在 g 点处的泄漏辐射剂量取小于 1/4，取为 0.5μSv/h。

迷路外墙为图 11-1 中的 k 点，根据 GBZ/T201.2-2011，该点以 30°入射，并按照式 11-3、式 11-4、式 11-5 计算得到迷路外墙屏蔽厚度。迷路内、外墙核算结果见表 11-7。

表 11-7 迷路内、外墙厚度核算结果

参数	迷路内墙	迷路外墙
入射路径	o1-g	o2-k
辐射类型	泄漏	泄漏
R (m)	12.1	12.5
斜射角 θ (°)	30	30
H _c (μSv/h)	0.5	1.1
H ₀ (μSv.m ² /h)	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸
f	0.001	0.001
TVL _l (cm)	34	34
TVL (cm)	29	29
透射因子 (B)	1.53×10 ⁻⁴	3.58×10 ⁻⁴
理论厚度 X (cm)	101	91
设计厚度 X (cm)	130	100
是否满足要求	满足	满足

（4）防护门铅板厚度核算

采用《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）中给出的方法计算，防护门铅板厚度核算公式如下：

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

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

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

式中， X 为铅屏蔽厚度 X ，cm；

$TVL=0.5\text{cm}$ （铅）；

H_g 为 g 处的散射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_{ph} 为患者 400cm^2 面积上的散射因子，见附录 B.2，通常取 45° 散射角的值；

F 为治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积， $28\times 28\text{cm}$ ；

α_2 为砼墙入射的患者散射辐射（能量见附录 B 表 B.3）的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45° ，散射角为 0° ， α_2 值见附录 B 表 B.6，通常使用其 0.5MeV 栏内的值；

A 为 i 处的散射面积， m^2 ；取 9.75m^2 ；

R_1 为第一次散射“ $o-i$ ”之间的距离，m；

R_2 为第二次散射“ $i-g$ ”之间的距离，m；

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

H_c 为剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_{og} 为 $o1$ 位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在 g 处的剂量率。

结合本项目机房迷路情况，在计算迷路入口散射辐射影响主要考虑患者散射至 i 处再经 p 处散射至机房屏蔽门外 g 点，路径为“ $o_1-o-i-p-g$ ”。

对于二阶迷路，参考迷路入口的中子俘获 γ 射线的剂量率计算中的 d_2 取值方式，以二级迷路 $i-p$ 和 $p-g$ 之和代替 d_2 ，并且 H_g 为式 11-9 的 $1/3$ 。

经计算，最终得到的防护门屏蔽铅当量厚度为 2mm ，实际设计为 15mm 铅板，可满足屏蔽要求。

(4) 加速器机房屏蔽核算小结

根据表 11-5~表 11-7 核算结果可知，机房四侧墙体、顶棚屏蔽墙、迷道内外墙厚度校核均可满足要求；防护门屏蔽铅当量核算厚度为 2mm ，实际设计为 15mm 铅板，亦可满足屏蔽要求。

11.3.1.4 关注点预测计算

(1) 主屏蔽墙、侧屏蔽墙及迷道内外墙剂量率（图 11-1，a、c、d、k、g 点；图 11-2，m 点）

采用《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）中给出的方法计算（式中各符号含义同前文）。计算公式如下：

(a) 辐射屏蔽透射因子：

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

(b) 屏蔽体外关注点的剂量率:

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

(c) 有用线束和泄漏辐射计算

a 点、m 点为有用线束，本项目加速器机房南侧和北侧均为土层，无地下层，南北对称，因此仅设北侧 1 个关注点。c、d、k、g 点主要考虑泄漏辐射的屏蔽，有用线束和泄漏辐射计算按式 11-10 和式 11-11 进行计算。

按式 11-10~式 11-11 进行计算，各参数选取及计算结果见表 11-8。

表 11-8 主屏蔽墙主屏蔽区及侧屏蔽墙外 30cm 处剂量率计算结果

关注点	a	m	c	d	k	g	
屏蔽厚度 X (cm)	140 (混凝土) +17.2 (铅) + 2 (钢) =253 (混凝土)	130 (混凝土) +17.2 (铅) + 2 (钢) =243 (混凝土)	130+100	140	100	130	
入射角 θ (°)	0	0	0	0	30	30	
有效屏蔽层厚度 Xe (cm)	140	130	230	140	115.5	150	
TVL(cm)	33	33	29	29	29	29	
TVL ₁ (cm)	37	37	34	34	34	34	
H ₀ (μSv·m ² /h)	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸	4.80×10 ⁸	
靶点到关注点的距离 R (m)	7.80	4.30	11.4	3.9	12.5	12.1	
泄漏辐射比 f	1	1	0.001	0.001	0.001	0.001	
屏蔽透射因子 B	2.85×10 ⁻⁸	5.72×10 ⁻⁸	1.74×10 ⁻⁸	2.21×10 ⁻⁵	1.55×10 ⁻⁴	9.91×10 ⁻⁶	
关注点剂量率 H (μSv/h)	计算结果	0.23	1.49	6.44×10 ⁻⁵	0.70	0.48	0.03
	控制值	2.5	2.5	1.3	1.1	1.1	0.5
	评价结果	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求

由表 11-8 可知，各关注点的剂量当量率均能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2021) “在加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。”的要求，屏蔽墙体放射防护设计符合要求。

(2) 与主屏蔽墙区直接相连的次屏蔽区关注点剂量率 (图 11-1, a1, 图 11-2, m1 点)

本项目与主屏蔽区相连的次屏蔽区主要是南侧墙体次屏蔽区、室顶次屏蔽区，剂量

计算需考虑泄漏辐射和患者散射辐射的复合作用（式中各符号含义同前文）：

$$H_{\text{次}} = H_{\text{漏}} + H_s \dots\dots\dots \text{（式 11-12）}$$

(a) 泄漏辐射剂量

加速器泄漏辐射，以位置 o 为中心，使用因子 U 取 1，屏蔽墙的斜射角为 28°。

$$X_e = X \cdot \sec \theta \dots\dots\dots \text{（式 11-13）}$$

泄漏辐射的辐射剂量估算方法同主屏蔽，其中泄漏辐射比率 f 为 1×10^{-3} 。相应 TVL_1 和 TVL 为泄漏辐射值，对混凝土，6MV X 射线分别为 34cm 和 29cm。

(b) 散射辐射剂量

有用线束经人体后的散射辐射，以等中心位置 o 为散射体中心，散射角为 28°，屏蔽墙的斜射角与散射角相同。

有效屏蔽厚度计算方法同泄漏辐射剂量中的有效屏蔽厚度计算方法。

$$B = 10^{-X_e/TVL_s} \dots\dots\dots \text{（式 11-14）}$$

式中， TVL_s 为患者散射辐射在混凝土中的什值层，6MV 能量的 X 射线散射角 28° 为 26cm。

散射辐射剂量率：

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{（式 11-15）}$$

该区关注点应该考虑有用线束水平照射人体的散射辐射和加速器的泄漏辐射的复合作用，根据（式 11-12~式 11-15）对关注点进行计算，泄漏辐射对关注点的贡献值计算结果见表 11-9，患者散射辐射对关注点的贡献值计算结果见表 11-10，复合后的关注点剂量率计算结果见表 11-11。

表 11-9 泄漏辐射对与主屏蔽相连的次屏蔽区关注点剂量率贡献值

关注点	a1	m1
屏蔽厚度 X (cm)	140	130
斜射角 θ (°)	28	28
有效屏蔽层厚度 X_e (cm)	159	147
TVL (cm)	29	29
TVL_1 (cm)	34	34
等中心点到关注点的距离 R (m)	8.00	4.83
泄漏辐射比 f	0.001	0.001
H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	4.80×10^8	4.80×10^8
屏蔽透射因子 B	5.07×10^{-6}	1.25×10^{-5}
关注点剂量率 $H_{\text{漏}}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.80×10^{-2}	0.26

表 11-10 患者散射对与主屏蔽相连的次屏蔽区关注点剂量率贡献值

关注点	a1	m1
屏蔽厚度 X (cm)	140	130
散射角 θ ($^{\circ}$)	28	28
有效屏蔽层厚度 X_e (cm)	159	147
TVL (cm)	26	26
TVL_l (cm)	26	26
屏蔽透射因子 B	7.97×10^{-7}	2.17×10^{-6}
等中心点到关注点的距离 R (m)	8.00	4.83
散射因子 α_{ph}	2.77×10^{-3}	2.77×10^{-3}
最大治疗野面积 F (cm ²)	784	784
H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$)	4.80×10^8	4.80×10^8
关注点剂量率 H_s ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.25×10^{-2}	0.24

根据表 11-9、表 11-10 计算结果，与主屏蔽相连的次屏蔽区参考点辐射水平如下：

表 11-11 与主屏蔽区相连的次屏蔽区注点剂量率值

关注点	a1	m1
泄漏辐射剂量贡献值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.80×10^{-2}	0.26
患者散射辐射剂量贡献值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	3.25×10^{-2}	0.24
复合后剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	7.05×10^{-2}	0.50
控制值	2.5	2.5
评价结果	满足要求	满足要求

由表 11-11 可知，与主屏蔽相连的次屏蔽区关注点的剂量当量率均能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2021)“在加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。”的要求，屏蔽墙体放射防护设计符合要求。

(3) 迷道外入口处辐射水平计算 (图 11-1, g 点)

计算说明：

本项目加速器有用线束不向迷道内墙照射，根据 GBZ/T201.2-2011 第 4.3.2.5 要求，小于等于 10MV 加速器有用线束不向迷道照射时，相应迷道外入口处的辐射剂量考虑如下：

(1) 患者散射辐射的辐射剂量，散射辐射路径为 (o2-o-p-i-g)。

迷道入口 g 处散射辐射剂量率 H_g 按 11-9 式进行计算。各参数选取及计算结果见表 11-12。

表 11-12 迷道入口处 (g 点) 处无防护门时患者散射辐射剂量率计算

参数名称	参数数值
患者 400cm ² 面积上的散射因子 α_{ph}	1.39×10^{-3}
有用束在等中心处的最大治疗野面积 F (cm ²)	784
砼墙入射的患者散射辐射的散射因子 α_2	2.2×10^{-2}
g 点的散射面积(m ²)	9.75
“o-i” 之间的距离 R ₁ (m)	10.50
“i-g” 之间的距离 R ₂ (m)	12.75
H ₀ (μSv·m ² /h)	4.80×10^8
关注点剂量率 H _g (μSv/h)	5.22

(2) 迷道内墙的泄漏辐射对 g 点的散射辐射 (o1-g)

泄漏射线穿过迷道内墙在 g 点辐射剂量率按式 11-10 和式 11-11 计算。计算结果详见表 11-8。

(3) 防护门外辐射剂量率计算 (图 11-1, g 点)

在给定机房防护门的铅屏蔽厚度 X (cm) 时, 防护门外的辐射剂量率 H (μSv/h) 按下式计算 (式中各符号含义同前文):

$$H = H_g \times 10^{-\frac{X}{TVL}} + H_{og} \dots\dots\dots \text{(式 11-16)}$$

式中, TVL=0.5cm (铅);

H_g 为 g 处的散射辐射剂量率, μSv/h;

H_{og} 为漏射 X 射线穿透迷道内墙在 g 处的剂量率。

各参数选取及估算结果见表 11-13。

表 11-13 防护门外的总辐射剂量率

参数名称	参数数值	
g 处的散射辐射剂量率 H _g (μSv/h)	5.22	
铅屏蔽厚度 X(mm)	15	
TVL(mm)	5	
漏射射线穿透迷道内墙后的剂量率 H _{og} (μSv/h)	0.03	
关注点剂量率 H (μSv/h)	计算结果	0.04
	控制值	2.5
	评价结果	满足要求

由表 11-13 可知, 机房防护门外关注点的剂量当量率能够满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)“在防护门外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5μSv/h。”的要求, 屏蔽墙体放射防护设计符合要求。

(5) 加速器机房辐射防护评价小结

根据估算结果可知，直线加速器机房屏蔽墙、室顶和防护门外的剂量率均能够满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）“在加速器机房门处和加速器机房墙外 30cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

11.3.1.5 直线加速器所致人员有效剂量估算

根据医院提供预期工作负荷，加速器机房工作负荷如下：每年 50 周，每周 5 天，每天治疗 60 人次，每次出束治疗时间最多 3min，年曝光时间为 750h。

照射剂量采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式：

$$E = H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-17})$$

式中：

E ：年有效剂量，mSv/a；

H ：辐射剂量率估算值， μ Sv/h；

T ：工作负荷，h/a；本项目直线加速器年工作负荷为 750h/a

U ：使用因子；保守计算使用因子均为 1。

t ：居留因子。

计算参数和计算结果见表 11-14。

表 11-14 人员年有效剂量计算结果

保护目标	关注人员类型	关注点	关注点处剂量率 H (μ Sv/h)	U	T	保护目标距离机房距离 (m)	t (h/a)	关注点年有效剂量 H (mSv/a)
控制室职业人员	职业照射	c	6.44×10^{-5}	1	1	/	750	4.83×10^{-5}
水冷机房公众	公众照射	k	0.48	1	1/16	/		0.023
防护门外公众	公众照射	g	0.04	1	1/8	/		0.004
风机房及配电房公众	公众照射	a	0.23	1	1/16	3		0.001
医生办公室公众	公众照射	a	0.23	1	1/16	4		6.74×10^{-4}
地下车库公众	公众照射	a	0.23	1	1/8	25		3.45×10^{-5}
地面停车场公众	公众照射	m	1.49	1	1/16	/		0.036
6号楼公众	公众照射	m	1.49	1	1	5		0.045
4号楼公众	公众照射	m	1.49	1	1	8		0.017
住院楼公众	公众照射	m	1.49	1	1	30		1.24×10^{-3}

医院内部 广场公众	公众 照射	m	1.49	1	1/16	/	0.070
--------------	----------	---	------	---	------	---	-------

注：剂量率与距离平方成反比。

根据以上估算，加速器辐射工作人员年受照剂量最大为 $4.83 \times 10^{-5} \text{mSv}$ ，周围公众年有效剂量最大为 0.070mSv ，均能够满足本项目管理目标剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众人员年有效剂量不超过 0.1mSv 。由于随距离的增加，公众受照剂量将不断减小，因此本项目 50m 评价范围内的其他公众人员也能满足 0.1mSv 的剂量约束值要求。

11.3.2 DSA 辐射影响分析

11.3.2.1 机房屏蔽体合理性分析

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），X射线设备机房屏蔽防护应满足表11-15和表11-16的要求。

表 11-15 单管头设备机房（照射室）使用面积及单边长度

设备类型	机房内最小有效使用面积	机房内最小单边长度	备注
单管头 X 射线机 ^b (含 C 形臂)	20 m ²	3.5m	1 台 DSA

^b 单管头、双管头或多管头 X 射线机的每个球馆各安装在 1 个房间内。

表 11-16 C 形臂 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求

机房类型	有用线束方向铅当量 mm	非有用线束方向铅当量 mm	备注
C 形臂 X 射线设备机房	2	2	1 台 DSA

本项目 DSA 额定参数为管电压 125kV，管电流 1000mA，主射方向朝上，本项目 DSA 机房实际使用面积、最小单边长度以及实际的屏蔽防护铅当量如表 11-7 所示。

表 11-17 DSA 机房实际设计屏蔽情况评价

机房	最小有效实际使用面积	最小单边实际长度	墙体屏蔽 (折合铅当量)	屋顶与地面 (折合铅当量)	防护门 (折合铅当量)	观察窗 (折合铅当量)
DSA 机房 (1 间)	70.0m ²	7.0m	四侧墙体：龙骨钢架+3mm 铅板 (3.0mmPb)	屋顶：20cm 混凝土+3mm 铅板 (5.5mmPb) 地坪：20cm 混凝土+3mmPb 当量硫酸钡防护涂料 (5.5mmPb)	控制室、污物通道、缓冲间入口防护门内衬 3mm 铅板 (3.0mmPb)	3.0mmPb 当量铅玻璃
评价	符合	符合	符合	符合	符合	符合

由表 11-17 可知，本项目 DSA 机房的屏蔽防护满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）的要求，机房屏蔽设计合理。

11.3.2.2 DSA 运行期正常工况环境影响分析

本项目 DSA 设备尚未购买，对 DSA 机房周围辐射环境影响采用类比分析结合模式预测的方法进行影响分析。

(1) 类比评价

医院现有 1 台 CGO-2100 型 DSA，由于其年度监测报告及验收监测报告未对术者位进行监测，因此本次类比选取宁波市第二人民医院永丰路院区住院楼 3 层 DSA 机房运行监测数据进行类比评价。DSA 射线装置类比可行性分析见表 11-18。

表 11-18 DSA 射线装置类比可行性分析

类比内容		宁波市第二人民医院永丰路院区住院楼3层DSA机房	本项目DSA
运行工况		摄影：78kV/641mA 透视：86kV/24.8mA	摄影：100kV/500mA 透视：70kV/5mA
机房面积 (m ²)		50	70
机房最小边长 (m)		5	7
防护设施	防护门	3.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	铅玻璃窗	3.0mm铅当量	3.0mm铅当量
	四面墙体及屋顶地板	四面墙体：3.0mm铅当量； 顶棚：3.0mm铅当量； 地坪：3.0mm铅当量。	四面墙体：3.0mm铅当量； 顶棚：5.5mm铅当量； 地坪：5.5mm铅当量。

由上表可以看出，本项目 DSA 机房屏蔽防护与类比 DSA 机房相当，但 DSA 机房面和最小单边长大于类比机房，距离防护优于类比机房，类比 DSA 机房运行工况在摄影模式下电压小于本项目，电流大于本项目，透视模式下电压与电流均大于本项目。本报告评价的重点是透视模式下 X 射线对 DSA 机房内辐射工作人员的影响。

因此，类比 DSA 机房与本项目 DSA 机房有很好的可比性，通过对类比机房的监测，可以预测本项目 DSA 射线装置运行后的辐射环境影响。

类比监测结果见表11-19，类比监测点位示意图见图11-3。

表 11-19 DSA 射线装置类比机房周围剂量当量率监测结果

设备与检测条件	检测点编号	检测点位置	检测结果 (μSv/h)
	1	工作人员操作位	0.21
	2	控制室电缆地沟入口处	0.21
	3	铅玻璃观察窗外表面 30cm (中部)	0.20
	4	铅玻璃观察窗外表面 30cm (上端)	0.22
	5	铅玻璃观察窗外表面 30cm (下端)	0.23
	6	铅玻璃观察窗外表面 30cm (左侧)	0.22
	7	铅玻璃观察窗外表面 30cm (右侧)	0.16

永丰路院区住院楼3层DSA机房 摄影模式下： 78kV、641mA	8	防护门 M1 外表面 30cm（中部）	0.21	
	9	防护门 M1 外表面 30cm（上端）	0.22	
	10	防护门 M1 外表面 30cm（下端）	0.21	
	11	防护门 M1 外表面 30cm（左侧）	0.20	
	12	防护门 M1 外表面 30cm（右侧）	0.21	
	13	防护门 M2 外表面 30cm（中部）	0.20	
	14	防护门 M2 外表面 30cm（上端）	0.22	
	15	防护门 M2 外表面 30cm（下端）	0.21	
	16	防护门 M2 外表面 30cm（左侧）	0.20	
	17	防护门 M2 外表面 30cm（右侧）	0.21	
	18	防护墙体外表面 30cm（东墙）	0.23	
	19	防护墙体外表面 30cm（南墙）	0.23	
	20	防护墙体外表面 30cm（西墙）	0.23	
	21	防护墙体外表面 30cm（北墙）	0.23	
	22	顶棚上方距地面 100 cm	0.23	
	23	地面下方距地面 170 cm	0.22	
	24	内嵌配电箱外表面 30cm	0.22	
	25	防护门 M3 外表面 30cm（中部）	0.21	
	26	防护门 M3 外表面 30cm（上端）	0.21	
	27	防护门 M3 外表面 30cm（下端）	0.22	
	28	防护门 M3 外表面 30cm（左侧）	0.23	
	29	防护门 M3 外表面 30cm（右侧）	0.20	
	30	观片灯外表面 30cm	0.23	
	31	控制系统外表面 30cm	0.23	
	32	内嵌柜 A1 外表面 30cm	0.21	
	33	内嵌柜 A2 外表面 30cm	0.20	
	34	内嵌柜 A3 外表面 30cm	0.22	
	35	内嵌柜 A4 外表面 30cm	0.23	
	36	内嵌柜 A5 外表面 30cm	0.21	
		1	工作人员操作位	0.22
		2	控制室电缆地沟入口处	0.21
		3	铅玻璃观察窗外表面 30cm（中部）	0.24
		4	铅玻璃观察窗外表面 30cm（上端）	0.22
		5	铅玻璃观察窗外表面 30cm（下端）	0.22
		6	铅玻璃观察窗外表面 30cm（左侧）	0.21
		7	铅玻璃观察窗外表面 30cm（右侧）	0.22
8		防护门 M1 外表面 30cm（中部）	0.21	
9		防护门 M1 外表面 30cm（上端）	0.22	
10		防护门 M1 外表面 30cm（下端）	0.24	

永丰路院区住院楼3层DSA机房 透视模式下： 86kV、24.8mA	11	防护门 M1 外表面 30cm（左侧）	0.22	
	12	防护门 M1 外表面 30cm（右侧）	0.24	
	13	防护门 M2 外表面 30cm（中部）	0.22	
	14	防护门 M2 外表面 30cm（上端）	0.21	
	15	防护门 M2 外表面 30cm（下端）	0.21	
	16	防护门 M2 外表面 30cm（左侧）	0.22	
	17	防护门 M2 外表面 30cm（右侧）	0.22	
	18	防护墙体外表面 30cm（东墙）	0.24	
	19	防护墙体外表面 30cm（南墙）	0.25	
	20	防护墙体外表面 30cm（西墙）	0.22	
	21	防护墙体外表面 30cm（北墙）	0.24	
	22	顶棚上方距地面 100 cm	0.22	
	23	地面下方距地面 170 cm	0.22	
	24	内嵌配电箱外表面 30cm	0.22	
	25	防护门 M3 外表面 30cm（中部）	0.24	
	26	防护门 M3 外表面 30cm（上端）	0.22	
	27	防护门 M3 外表面 30cm（下端）	0.21	
	28	防护门 M3 外表面 30cm（左侧）	0.22	
	29	防护门 M3 外表面 30cm（右侧）	0.21	
	30	观片灯外表面 30cm	0.22	
	31	控制系统外表面 30cm	0.24	
	32	内嵌柜 A1 外表面 30cm	0.22	
	33	内嵌柜 A2 外表面 30cm	0.21	
	34	内嵌柜 A3 外表面 30cm	0.22	
	35	内嵌柜 A4 外表面 30cm	0.24	
	36	内嵌柜 A5 外表面 30cm	0.22	
	第一术者位	头	距地面 155 cm	203
		胸	距地面 125 cm	133
		腹	距地面 105 cm	66
		下肢	距地面 80 cm	48
		足	距地面 20 cm	30
	第二术者位	头	距地面 155 cm	251
		胸	距地面 125 cm	199
		腹	距地面 105 cm	45
		下肢	距地面 80 cm	34
		足	距地面 20 cm	15.3
本底值	<0.20			

注：监测结果未扣除宇宙射线。

根据类比监测数据，本项目DSA机房防护屏蔽优于类比机房，因此可以预测，本项

目DSA正常运行过程中，机房各侧屏蔽体外30cm处剂量当量率均满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的目标控制值，对周围辐射环境影响较小。

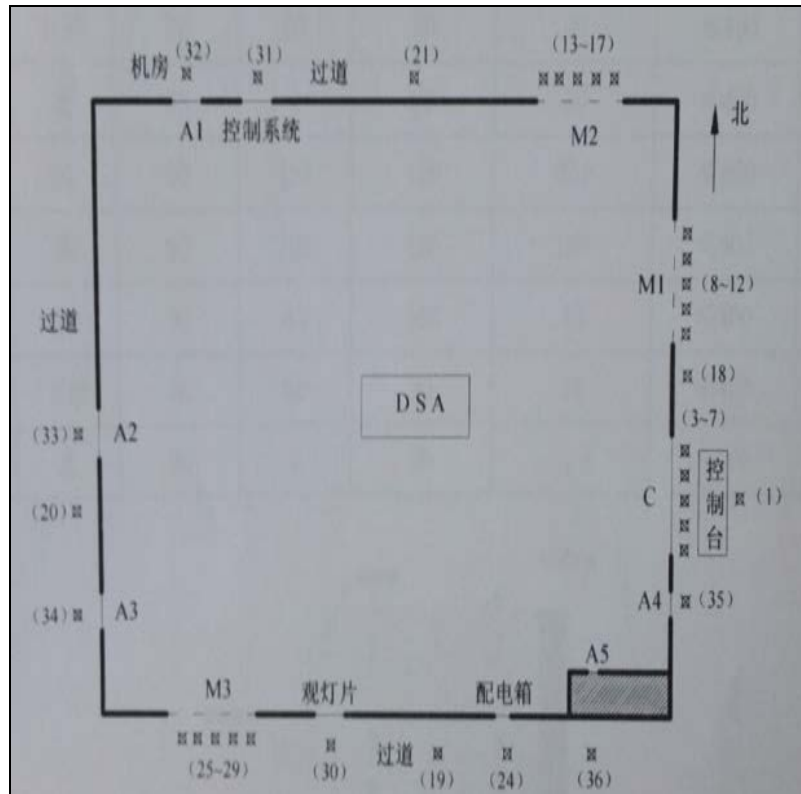


图 11-3 类比 DSA 机房监测点位示意图

根据表11-19类比监测结果，以及医院提供的资料，在严格按照设计提供的屏蔽防护方案建设后，根据《实用辐射安全手册（第二版）》的公式以及居留因子的选取，对各点位处公众及职业人员的年有效剂量进行计算。

$$H = D_r \cdot T \cdot t \cdot U \quad (\text{式 11-18})$$

式中：

H ：年有效剂量当量，Sv；

D_r ：周围剂量当量率，Sv/h；

t ：年受照时间，h/a；

T ：居留因子；

U ：使用因子，DSA靶源以点源考虑， U 取1。

本项目的居留因子参照《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）选取，具体数值见表11-20。

表 11-20 居留因子的选取

岗位	工作场所	居留因子
控制室内操作人员	控制室	1
手术室内医生	手术室内	1
机房四周及上下方公众	楼下医生办公室	1
	四周一般手术室、洁净通道	1/8
	楼上净化机房、休息区	1/4

DSA 在进行曝光时分为两种情况即造影拍片过程与脉冲透视过程，下面就两种情况分别进行辐射环境影响评价。

根据医院提供的资料，本项目 DSA 手术室年手术台数最大为 300 台，按 1 台手术拍片曝光时间取 5min，透视时间取 15min，则拍片过程年总曝光时间为 25h，透视过程年总曝光时间为 75h。

本项目 DSA 拟配备医护工作人员 11 人，全部为医院内部非辐射工作人员调配。其中手术医生 6 名，护士 3 名，分为三组轮流进行手术，控制室配备技师和物理师各 1 名。一台手术拟配备手术医生 2 名，护士 1 名，则每组手术医生或护士透视过程年曝光时间为 25h。

①造影拍片过程辐射环境影响分析

由上表 11-19 可知，控制室内最大辐射剂量率出现在“铅玻璃观察窗外表面 30cm(下端)”类比监测点位，辐射剂量率为 0.23 μ Sv/h。控制室内医生身体年受照的总时间为 25h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，不考虑本底情况下，根据式 11-18 计算得：控制室医生身体受照的年有效剂量最大为 5.75 $\times 10^{-3}$ mSv。

对机房外（包括楼上楼下的区域）公众影响的最大辐射剂量率出现在“防护墙体外表面 30cm（南墙）”类比监测点位，其辐射剂量率为 0.23 μ Sv/h。居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，公众身体年受照的总时间为 25h，根据式 11-18 计算得：公众身体受照的年有效剂量最大为 5.75 $\times 10^{-3}$ mSv。

综上所述，经机房各屏蔽体屏蔽后，造影拍片过程中控制室医生身体受照的年有效剂量为 5.75 $\times 10^{-3}$ mSv，公众身体受照的年有效剂量最大为 5.75 $\times 10^{-3}$ mSv。

②脉冲透视过程辐射环境影响分析

介入手术过程中会有连续的曝光，并采用连续脉冲透视，透视过程年总曝光时间为 75h，平均每组介入医护人员年受照时间为 25h。

由上表 11-19 可知，控制室内最大辐射剂量率出现在“铅玻璃观察窗外表面 30cm(中

部)”类比监测点位，辐射剂量率为 $0.24\mu\text{Sv/h}$ 。控制室内医生身体年受照的总时间为 75h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，不考虑本底情况下，根据式 11-18 计算得：控制室医生身体受照的年有效剂量最大为 $1.80\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

对机房外（包括楼上楼下的区域）公众影响的最大辐射剂量率出现在“防护墙体外表面 30cm（南墙）”类比监测点位，其辐射剂量率为 $0.25\mu\text{Sv/h}$ 。居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，公众身体年受照的总时间为 75h，不考虑本底情况下，根据式 11-18 计算得：公众身体受照的年有效剂量最大为 $1.88\times 10^{-2}\text{mSv}$ 。

医生与护士机房内直接对病人进行手术操作，在近距离操作，因此 X- γ 辐射剂量率较高，身体所受辐射剂量率为第二手术者位距地面高度 125cm（胸部），其辐射剂量率为 $251\mu\text{Sv/h}$ 。

考虑防护铅衣（ 0.5mmPb ）的情况下，透视模式下 70kV 铅对 X 射线的半值层为 0.17mm，则手术工作人员所受的辐射剂量率为 $251\times (2^{-0.5/0.17})=32.68\mu\text{Sv/h}$ ，每组手术医生和护士身体年受照的总时间为 25h，居留因子 T 取 1，使用因子 U 取 1，根据式 11-18 计算得：每组医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.82mSv 。

叠加拍片与透视过程所受到的辐射影响，控制室医生身体受照的年有效剂量为 0.024mSv ，公众身体受照的年有效剂量为 0.025mSv 。介入手术医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.82mSv 。医生与公众所受的年有效剂量均低于本报告要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（2）理论预测环境影响分析

DSA 机房内部辐射场所分布图及预测关注点位见图 11-4。

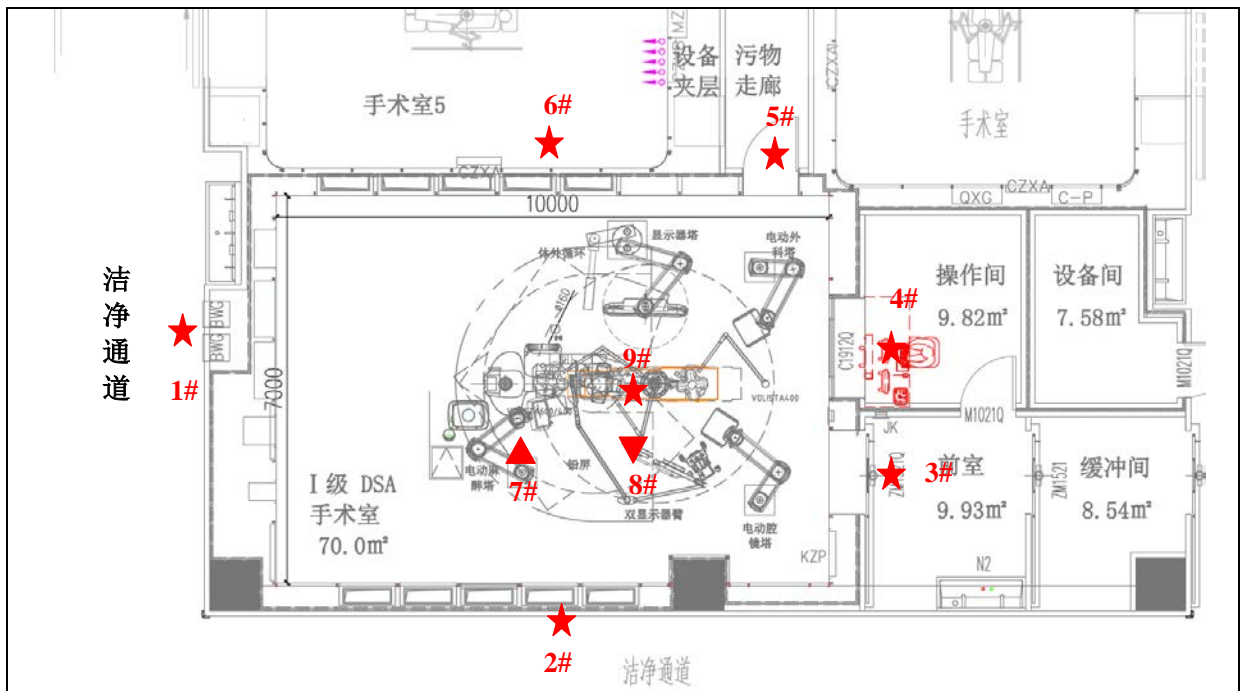


图 11-4 DSA 机房预测关注点位示意图

本项 DSA 设备主射方向向上，介入手术过程中，医生操作位、机房的墙壁、地坪、防护门及铅玻璃窗，仅受到病人体表散射辐射和泄漏辐射影响。

以下公式根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册——辐射源与屏蔽）中公式（10.8）、（10.9）、（10.10）等公式演化而来。

①病人体表散射屏蔽估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot a \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-19})$$

式中：

H_s ——预测点处的散射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ——距靶 1m 处的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

a ——患者对 X 射线的散射比；根据《辐射防护手册》（第一分册）表 10.1 查表取 0.0013；

s ——散射面积， cm^2 ，取 100cm^2 ；

d_0 ——源与病人的距离，m，取 1m；

d_s ——病人与预测点的距离，m；

B ——减弱因子，摄影工况查《辐射防护手册》（第一分册）中图 10.5g 取得，透视工况查《辐射防护手册》（第一分册）中图 10.5e 取得；

保守考虑，本项目 DSA 的摄影工况取电压为 100kV，电流为 500mA；透视工况取电压为 70kV，电流为 5mA，X 射线过滤材料为 0.2mm 铜（防护能力 $>5\text{mmAl}$ ，本报告取 4mmAl ），根据《辐射防护手册》（第三分册）图 3.1 可知，摄影工况距靶点 1m 处的最大剂量率为 $1.04\times 10^8\mu\text{Gy/h}$ ，透视工况距靶点 1m 处的最大剂量率为 $4.68\times 10^5\mu\text{Gy/h}$ 。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-21。

表 11-21 各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	源点到散射点距离+散射点到关注点距离	屏蔽材料及厚度	散射面积 (cm^2)	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
摄影	1#: 西侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	1 m+5.3m	3mm 铅板	100	1.8E-05	0.02
	2#: 南侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	1 m+ 3.8m	3mm 铅板	100	1.8E-05	0.04
	3#: 东侧防护门外 30cm 处 (前室)	1 m+5.3m	内衬 3mm 铅板	100	1.8E-05	0.02
	4#: 东侧观察窗外 30cm 处 (控制室操作位)	1 m+ 5.3m	3mmPb 当量 铅玻璃	100	1.8E-05	0.02
	5# 北侧污物防护门外 30cm 处 (污物通道)	1 m+ 3.8m	内衬 3mm 铅板	100	1.8E-05	0.04
	6# 北侧防护墙外 30cm 处 (一般手术室)	1 m+ 3.8m	3mm 铅板	100	1.8E-05	0.04
	7#: 楼上离地 30cm 处 (休息区)	1 m+3.2m	5.5mmPb 当量	100	1.0E-06	3.30×10^{-3}
	8#: 楼下离地 100cm 处 (医生办公室)	1 m+2.8m	5.5mmPb 当量	100	1.0E-06	4.31×10^{-3}
透视	9#: 医生手术位 (身体)	1 m+0.5m	0.5mm 铅衣	100	0.02	12.17
	9#: 医生手术位 (腕部)	1 m+0.4m	/	100	1	951
	1#: 西侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	1 m+5.3m	3mm 铅板	100	1.0E-06	5.41×10^{-6}
	2#: 南侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	1 m+ 3.8m	3mm 铅板	100	1.0E-06	1.05×10^{-5}
	3#: 东侧防护门外 30cm 处 (前室)	1 m+5.3m	内衬 3mm 铅板	100	1.0E-06	5.41×10^{-6}
	4#: 东侧观察窗外 30cm 处 (控制室操作位)	1 m+ 5.3m	3mmPb 当量 铅玻璃	100	1.0E-06	5.41×10^{-6}

5#北侧污物防护门外 30cm 处(污物通道)	1 m+ 3.8m	内衬 3mm 铅板	100	1.0E-06	1.05×10^{-5}
6# 北侧防护墙外 30cm 处(一般手术室)	1 m+ 3.8m	3mm 铅板	100	1.0E-06	1.05×10^{-5}
7#: 楼上离地 30cm 处(休息区)	1 m+3.2m	5.5mmPb 当量	100	1.0E-06	1.49×10^{-5}
8#: 楼下离地 100cm 处(医生办公室)	1 m+2.8m	5.5mmPb 当量	100	1.0E-06	1.94×10^{-5}

② 泄漏辐射剂量估算

泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 0.1% 计算, 利用点源辐射进行计算, 各预测点的泄漏辐射剂量率可用下式 (11-20) 进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \quad (11-20)$$

式中:

H —预测点处的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

f —泄漏射线比率, 0.1%;

H_0 —距靶点 1m 处的最大剂量率, $\mu\text{Gy/h}$;

R —靶点距关注点的距离, m;

B ——减弱因子, 摄影工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5g 取得, 透视工况查《辐射防护手册》(第一分册) 中图 10.5e 取得;

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-22。

表 11-22 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

工作模式	关注点位置描述	与源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	B	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
摄影	1#: 西侧防护墙外 30cm 处(洁净通道)	5.3m	3mm 铅板	1.8E-05	0.07
	2#: 南侧防护墙外 30cm 处(洁净通道)	3.8m	3mm 铅板	1.8E-05	0.13
	3#: 东侧防护门外 30cm 处(前室)	5.3m	内衬 3mm 铅板	1.8E-05	0.07
	4#: 东侧观察窗外 30cm 处(控制室操作位)	5.3m	3mmPb 当量 铅玻璃	1.8E-05	0.07
	5# 北侧污物防护门外 30cm 处(污物通道)	3.8m	内衬 3mm 铅板	1.8E-05	0.13
	6# 北侧防护墙外 30cm 处(一般手术室)	3.8m	3mm 铅板	1.8E-05	0.13
	7#: 楼上离地 30cm 处(休息区)	3.2m	5.5mmPb 当量	1.0E-06	0.01

	8#：楼下离地 100cm 处 (医生办公室)	2.8m	5.5mmPb 当量	1.0E-06	0.01
透视	9#：医生手术位（身体）	0.5	0.5mm 铅衣	0.02	37.44
	9#：医生手术位（腕部）	0.4	/	1	2925
	1#：西侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	5.3m	3mm 铅板	1.0E-06	1.67×10 ⁻⁵
	2#：南侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	3.8m	3mm 铅板	1.0E-06	3.24×10 ⁻⁵
	3#：东侧防护门外 30cm 处（前室）	5.3m	内衬 3mm 铅板	1.0E-06	1.67×10 ⁻⁵
	4#：东侧观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	5.3m	3mmPb 当量 铅玻璃	1.0E-06	1.67×10 ⁻⁵
	5# 北侧污物防护门外 30cm 处（污物通道）	3.8m	内衬 3mm 铅板	1.0E-06	3.24×10 ⁻⁵
	6#北侧防护墙外 30cm 处 （一般手术室）	3.8m	3mm 铅板	1.0E-06	3.24×10 ⁻⁵
	7#：楼上离地 30cm 处（休 息区）	3.2m	5.5mmPb 当量	1.0E-06	4.57×10 ⁻⁵
	8#：楼下离地 100cm 处 (医生办公室)	2.8m	5.5mmPb 当量	1.0E-06	5.97×10 ⁻⁵

根据表 11-21、11-22 的计算结果，将各个预测点的总的辐射剂量率统计于下表 11-23。

表 11-23 各预测点的总辐射剂量率

工作模式	关注点位置描述	散射辐射剂量率(μGy/h)	泄漏辐射剂量率(μGy/h)	总辐射剂量率(μGy/h)
摄影	1#：西侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	0.02	0.07	0.09
	2#：南侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	0.04	0.13	0.17
	3#：东侧防护门外 30cm 处（前室）	0.02	0.07	0.09
	4#：东侧观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	0.02	0.07	0.09
	5#北侧污物防护门外 30cm 处（污物通道）	0.04	0.13	0.17
	6#北侧防护墙外 30cm 处（一般手术室）	0.04	0.13	0.17
	7#：楼上离地 30cm 处（休息区）	3.30×10 ⁻³	0.01	0.013
	8#：楼下离地 100cm 处（医生办公室）	4.31×10 ⁻³	0.01	0.014
透视	9#：医生手术位（身体）	12.17	37.44	49.61
	9#：医生手术位（腕部）	951	2925	3876
	1#：西侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	5.41×10 ⁻⁶	1.67×10 ⁻⁵	2.21×10 ⁻⁵
	2#：南侧防护墙外 30cm 处（洁净通道）	1.05×10 ⁻⁵	3.24×10 ⁻⁵	4.29×10 ⁻⁵
	3#：东侧防护门外 30cm 处（前室）	5.41×10 ⁻⁶	1.67×10 ⁻⁵	2.21×10 ⁻⁵
	4#：东侧观察窗外 30cm 处（控制室操作位）	5.41×10 ⁻⁶	1.67×10 ⁻⁵	2.21×10 ⁻⁵
	5#北侧污物防护门外 30cm 处（污物通道）	1.05×10 ⁻⁵	3.24×10 ⁻⁵	4.29×10 ⁻⁵
	6#北侧防护墙外 30cm 处（一般手术室）	1.05×10 ⁻⁵	3.24×10 ⁻⁵	4.29×10 ⁻⁵
	7#：楼上离地 30cm 处（休息区）	1.49×10 ⁻⁵	4.57×10 ⁻⁵	6.06×10 ⁻⁵
8#：楼下离地 100cm 处（医生办公室）	1.94×10 ⁻⁵	5.97×10 ⁻⁵	7.91×10 ⁻⁵	

由表11-23计算结果可知：本项目DSA射线装置在摄影时，机房周围各关注点处的辐射剂量率在0.09~0.17 μ Gy/h 之间；透视时机房周围各关注点处的辐射剂量率在2.21 $\times 10^{-5}$ ~7.91 $\times 10^{-5}$ μ Gy/h之间；结合区域辐射环境背景水平，不难得出DSA射线装置在正常运行情况下，机房周围各关注点处的辐射剂量率能够满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)中规定的屏蔽体外表面30cm处剂量率不大于2.5 μ Sv/h 的标准限值。

③年有效剂量估算

A、年有效剂量估算

根据式 11-18 与表 11-23，本项目理论预测环境影响分析下保护目标的年有效剂量估算结果详见表 11-24。

表 11-24 年有效剂量估算结果

预测点位	工作模式	总剂量率 (μ Gy/h)	年工作时间 (h/a)	居留因子	年有效剂量 (mSv)	涉及人员类型
1#: 西侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	摄影	0.09	25	1/8	2.81 $\times 10^{-4}$	公众
2#: 南侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)		0.17		1/8	5.63 $\times 10^{-4}$	公众
3#: 东侧防护门外 30cm 处 (前室)		0.09		1/8	2.81 $\times 10^{-4}$	公众
4#: 东侧观察窗外 30cm 处 (控制室操作位)		0.09		1	2.25 $\times 10^{-3}$	职业
5#北侧污物防护门外 30cm 处 (污物通道)		0.17		1/8	5.63 $\times 10^{-4}$	公众
6#北侧防护墙外 30cm 处 (一般手术室)		0.17		1/8	5.63 $\times 10^{-4}$	公众
7#: 楼上离地 30cm 处 (休息区)		0.013		1/4	8.13 $\times 10^{-5}$	公众
8#: 楼下离地 100cm 处 (医生办公室)		0.014		1	3.50 $\times 10^{-4}$	公众
9#: 医生手术位 (身体)		49.61	25	1	1.24	职业
1#: 西侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)	透视	2.21 $\times 10^{-5}$	75	1/8	2.07 $\times 10^{-7}$	公众
2#: 南侧防护墙外 30cm 处 (洁净通道)		4.29 $\times 10^{-5}$		1/8	4.02 $\times 10^{-7}$	公众
3#: 东侧防护门外 30cm 处 (前室)		2.21 $\times 10^{-5}$		1/8	2.07 $\times 10^{-7}$	公众
4#: 东侧观察窗外 30cm 处 (控制室操作位)		2.21 $\times 10^{-5}$		1	1.66 $\times 10^{-6}$	职业
5#北侧污物防护门外 30cm 处 (污物通道)		4.29 $\times 10^{-5}$		1/8	4.02 $\times 10^{-7}$	公众
6#北侧防护墙外 30cm 处 (一般手术室)		4.29 $\times 10^{-5}$		1/8	4.02 $\times 10^{-7}$	公众
7#: 楼上离地 30cm 处 (休				6.06 $\times 10^{-5}$		1/4

息区)						
8#:楼下离地 100cm 处(医生办公室)		7.91×10 ⁻⁵		1	5.93×10 ⁻⁶	公众
备注:本报告 μGy/h 与 μSv/h 的转化系数为 1。						

B、医生腕部皮肤年有效剂量估算

手术医生和护士在 DSA 机房内进行介入手术时,会穿铅衣、戴铅眼镜、铅围脖等防护用品,但是仍然有部分皮肤暴露在射线下受到照射,在手术过程中,手术医生腕部距离射线最近,因 X 射线随距离的增加呈现衰减趋势,故以手术医生腕部剂量估算结果进行核算医护人员皮肤照射年有效剂量的估算,根据《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)中的公式估算 DSA 机房手术医生年皮肤当量剂量:

$$D_s = C_{ks} \times \dot{k} \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-21})$$

式中:

D_s —皮肤吸收剂量, mGy;

\dot{k} —空气比释动能率, μGy/h;

C_{ks} —空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 (Gy/ Gy) ;

t —人员累积年受照时间, h。

由表 11-22 可知, DSA 机房内手术医生或护士在透视工况下手部所受的最大空气比释动能率为 3876μGy/h, 本项目 DSA 可近似视为垂直入射, 而且是 PA 入射方式, 从《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017) 表 A.4 可查得空气比释动能到皮肤吸收剂量的转化系数 $C_{ks}=1.083 \text{ mGy/m Gy}$, 人员平均累积年受照时间为 25h, 根据式 11-4 可以求得手术医生手术位腕部皮肤受到的年当量剂量最大为 104.94mSv。

经理论计算, 本项目 DSA 在正常运行后, 对手术室医生身体最大年有效剂量为 1.24mSv, 低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值; 手术室医生手部最大年当量剂量为 104.94 mSv, 低于本环评要求的 125mSv 年当量剂量管理约束值; 对控制室工作人员最大年有效剂量为 $2.25 \times 10^{-3} \text{ mSv}$, 低于本环评要求的 5mSv 年有效剂量管理约束值; 对公众人员所造成的最大年有效剂量为 $5.63 \times 10^{-4} \text{ mSv}$, 低于本环评要求的 0.1mSv 年有效剂量管理约束值。医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于“剂量限值”的要求。

(3) 类比预测与理论计算预测结果对比分析

由类比项目可知: 控制室医生最大年有效剂量为 0.024mSv/a, 公众身体受照的年

有效剂量为 0.025mSv/a。手术医生与护士身体受照的年有效剂量最大为 0.82mSv/a。

经过理论计算可知：控制室医生最大年有效剂量为 2.25×10^{-3} mSv，公众人员所造成的最大年有效剂量为 5.63×10^{-4} mSv，手术室医生身体最大有效剂量为 1.24mSv。

类比预测结果与理论计算结果相差不大，因此，本项目人员最大年有效剂量预测具有很好的可信度。综上所述，经类比分析和理论计算，本项目 DSA 正常运行所致医生与公众所受的年有效剂量均低于本环评要求的年有效剂量管理约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

11.4 非放射性污染物环境影响分析

(1) 直线加速器治疗过程中产生的臭氧

加速器机房内空气中的氧受 X 射线电离而产生臭氧，根据《辐射防护手册》（第三分册），直线加速器运行期间产生的臭氧浓度公式为：

$$C = 3.25 \times \left[\frac{S \cdot I \cdot t \cdot D}{V} \right] \times 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 11-22)}$$

式中，C 为臭氧浓度（空气中的重量比），ppm；

S 为电子在空气中的线碰撞阻止本领，keV/cm，其数值与电子能量有关，本项目保守取 3.0keV/cm；

D 为加速器外电子束在空气中所通过的距离，cm，本项目加速器为 100cm；

t 为照射时间，s，本项目加速器单次最长照射时间取 3min；

I 为加速器外电子束流强度，mA，本项目为 0.1mA；

V 为加速器机房的有效容积， m^3 ，本项目为 $470m^3$ 。

根据公式 11-22，计算得臭氧浓度为 0.037ppm ($0.08mg/m^3$)。本项目加速器机房通风量为 $4500m^3/h$ ，因此，经机房通风换气后，排出废气臭氧的浓度很低，且排入环境后能够分解为氧气，周边环境空气质量能够达到《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二类标准。

由于加速器开机治疗时通排风系统一直在运行，且每小时通风换气不低于 4 次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）中的规定，机房内臭氧对人体危害不大。臭氧通过通风管道通过裙楼排风井排放，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》（GB3096-2012）中二级标准中 1 小时均值小于 $0.2mg/m^3$ 的标准限值，对机房上方地面周围的大气环境影响较小。

(2) DSA 产生的臭氧和氮氧化物

DSA 射线装置 X 射线能量小，运行过程产生的臭氧量少。经机房排风系统排入大气环境稀释后，对工作人员和公众不会造成危害，对周围大气环境中臭氧浓度影响甚微。

(3) 水环境影响分析

本项目运行期间产生的医疗废水经医院生活污水处理系统预处理达标后，经市政污水管网进入区域污水处理厂处理，对项目所在地水环境影响较小。

(4) 声环境影响分析

本项目运行过程中产生的噪声，经房间隔声、距离衰减措施后，对项目区域外的声环境影响很小。

(5) 固体废弃物影响分析

本项目运行期间产生的生活垃圾和医疗废物经分类收集后，纳入医院现有的处理系统，由当地环卫部门和具有医疗废物处理资质的单位及时处理，不直接排入环境，对当地环境影响程度较小。

综上所述，项目在正常运行期间产生的各项非放射性污染物均能实现达标排放或清洁处理，对当地环境影响较小。

11.5 环境影响风险分析

11.5.1 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，以及项目在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。

11.5.2 事故等级分析

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第449号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目的可能发生的环境风险因子、潜在危害和事故等级如表11-25所示。

根据国家环保总局2006年145号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故：是指IV类、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。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为一般辐射事故。“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。”假若本项目发生此种事故，事故等级应为较大辐射事故。

表 11-25 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害结果
特别重大辐射事故	射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	导致人员受到超过年剂量限值的照射。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表11-26。

表 11-26 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率%	辐射剂量/Gy	死亡率%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

11.5.3 可能产生的辐射事故

主要考虑电离辐射损伤和射线装置失控对环境的影响。直线加速器和 DSA 均属于 II 类射线装置。

(1) II 类医用射线装置主要事故是由于射线装置运行时，其他无关人员误入或滞留机房内，导致人员受超年剂量限值的照射；或是检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员发生急性重度放射病、局部器官残疾。

(2) 射线装置主要事故是由于设备控制失灵或操作失误或质保不佳，使被检者受到不必要的照射。

11.5.4 事故情况下环境影响分析

(1) 直线加速器事故影响分析

剂量估算:

本项目直线加速器主射束1m处剂量率为最大值8Gy/min, 本项目加速器自带屏蔽系统, 自屏蔽透射因子 $B=10^{-(172/57+20/100)}=6.06\times 10^{-4}$ (铅及钢的什值层取自NCRP151附录B表B.2) 主射计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向和非主束方向人员受照剂量。人员在主束方向直接照射概率较小, 直线加速器机房治疗床、机房内墙体及控制室均设置有急停按钮, 主束线照射时间一般不会超过10s。

表11-27 非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位: mGy

受照时间 距离	10s	20s	30s	1min	2min	5min	10min	20min	30min
0.5m	5.34	10.66	16.00	32.00	64.00	160.00	320.00	640.00	960.00
1m	1.34	2.66	4.00	8.00	16.00	40.00	80.00	160.00	240.00
1.5m	0.59	1.18	1.78	3.56	7.11	17.78	35.56	71.11	106.67
2m	0.33	0.67	1.00	2.00	4.00	10.00	20.00	40.00	60.00
2.5m	0.21	0.43	0.64	1.28	2.56	6.40	12.80	25.60	38.40
3m	0.15	0.30	0.44	0.89	1.78	4.44	8.89	17.78	26.67

表11-28 主束方向不同距离不同受照时间人员剂量 单位: Gy

受照时间 距离	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0.5m	5.33	10.67	16.00	21.33	26.67	32.00
1m	1.33	2.67	4.00	5.33	6.67	8.00
1.5m	0.59	1.19	1.78	2.37	2.96	3.56

事故情景假设及后果估算:

一是维修人员在维修加速器时, 误触直线加速器开关, X射线直接照射到维修人员身上, 6MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值8Gy/min, 每次误入照射时间为10s, 则机房内误入人员所受的X射线辐射剂量率最大为1.33Sv/次, 超过(GB18871-2002)中特殊情况下职业人员5个连续年的年平均剂量限值(20mSv), 公众5个连续年的年平均剂量限值(1mSv), 急性放射病发生率超70%, 为较大辐射事故。

二是在病人接受治疗时, 假设考虑安全连锁失效, 无关人员误入机房, 人员在无其他屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的散射方向, X射线散射束的空气释动能率取主射束方向的1%, 6MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值8Gy/min, 每次误照射时间为10min, 则机房内误入人员所受的X射线辐射剂量率最大为80mSv/次, 已超过(GB18871-2002)中特殊情况下职业人员5个连续年的年平均剂量限值(20mSv), 公众5个连续年的年平均剂量限值(1mSv), 为一般辐射事故。

11.5.4.2 DSA 事故影响分析

剂量估算:

若以DSA的摄影工况（电压为100kV，电流为500mA）条件下，摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $1.04 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 估算，计算不同照射时间、不同照射距离下主束方向和非主束方向人员受照剂量。本项目DSA主束方向向上，因此人员在主束方向直接照射概率极小，DSA机房治疗床及控制室均设置有急停按钮，主束线照射时间一般不会超过1min。

表11-29 非主射方向不同距离不同受照时间所致人员剂量 单位: mGy

受照时间 距离	10s	20s	30s	1min	2min	5min	10min	20min	30min
0.5m	1.16	2.31	3.47	6.93	13.87	34.67	69.33	138.67	208.00
1m	0.29	0.58	0.87	1.73	3.47	8.67	17.33	34.67	52.00
1.5m	0.13	0.26	0.39	0.77	1.54	3.85	7.70	15.41	23.11
2m	0.07	0.14	0.22	0.43	0.87	2.17	4.33	8.67	13.00
2.5m	0.05	0.09	0.14	0.28	0.55	1.39	2.77	5.55	8.32
3m	0.03	0.06	0.10	0.19	0.39	0.96	1.93	3.85	5.78

表11-30 主束方向不同距离不同受照时间人员剂量 单位: Gy

受照时间 距离	10s	20s	30s	40s	50s	60s
0.5m	1.16	2.31	3.47	4.62	5.78	6.93
1m	0.29	0.58	0.87	1.16	1.44	1.73
1.5m	0.13	0.26	0.39	0.51	0.64	0.77

事故情景假设1:

①在介入手术操作中，DSA控制系统失灵；

②DSA X射线源处于“曝光”状态，介入手术人员在距X射线管非主射束方向进行介入手术操作；

③假定该名手术人员在距靶1m处停留时间为10min，未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

根据上述条件，对照上表11-29，得出术中误照人员受照剂量约为17.33mGy/人·次。

事故后果:

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

事故情景假设2:

①设备维护人员在维护DSA射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态；

②在上述条件下，若以DSA的摄影工况（电压为100kV，电流为500mA）条件下，摄影工况距靶点1m处的最大剂量率为 $1.04 \times 10^8 \mu\text{Gy/h}$ 估算；

③DSA上的指示灯和声音装置均失效；

④维护人员位于X射线主射束方向，距靶1m处，停留时间0.5min，未穿戴铅衣、配套铅手套和铅防护眼镜等个人防护用品。

剂量估算：

根据上述条件，对照上表11-30，得出维护人员受照剂量为0.87Gy/人·次。

事故后果：

在上述事故情景假设条件下，受X射线源误照人员年剂量已超过年剂量限值，属于一般辐射事故。

表11-31 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

名称	环境风险因子	潜在危害	事故等级
直线加速器、DSA	X 射线	直线加速器、DSA 失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故
		直线加速器失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	较大辐射事故

11.5.5 事故影响防范措施

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，是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，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在：

（1）直线加速器事故防范措施

①直线加速器机房设置有迷道，当有人员误入或滞留时，人员应立即按动墙上的紧急停机按钮，并躲进迷道，按动迷道防护门入口处的紧急开门按钮，逃出机房。

②在紧急情况下，按动设置在直线加速器治疗床上、控制台上的紧急停机按钮，切断电源，迫使加速器关机停止出束。

③直线加速器机房设计有门机安全联锁，机房门关闭后机器才能启动，治疗过程中机房门不能从外部开启，有效防止人员误入。

④制定和完善现有射线装置安全管理制度，强化安全管理，避免出现人员滞留事故，同时定期检查加速器机房的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效。

（2）DSA 事故防范措施

①DSA 机房治疗床设置有急停按钮，在紧急情况下，按动急停按钮或直接切断电源，迫使 DSA 关机停止出束。

②制定经常性自检制度，对门-灯联锁、监视器、工作状态指示灯、电离辐射警告标志灯等防护设施进行经常性检查，如发现这些防护设施不够完善或失灵，立即维护、修复；

③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，减少意外照射事故的发生；

④医务人员必须严格按照X射线装置操作程序进行诊断，确定机房内工作人员及病人家属均离开机房后方可开机，以避免工作人员和公众接受不必要的辐射照射；

⑤医护人员进行DSA手术前，一定要穿好防护铅服，戴铅眼镜，佩戴个人剂量计后方可进行手术作业；

⑥严格按照辐射监测计划进行辐射水平监测，如验收监测及年度监测结果表明外墙、防护门缝隙、观察窗、孔洞等处辐射水平偏高时，应立即停机，查明原因并优化屏蔽设计和施工，未整改到位前，设备不得开机。

(3) 设备维修事故防范措施

①维修人员进入射线装置机房前，必须确认射线装置未出束，同时应携带个人剂量报警仪。

②调试和维修时须设置醒目的警示牌。

③设备维修应由维修资格的人员操作，并按其操作规范进行操作。

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。以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，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。

当直线加速器或 DSA 发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。医院应立即启动本单位的辐射事故应急措施，采取必要防范措施，并在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向公安部门 and 当地卫生行政部门报告。

11.6 事故应急预案

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》有关规定，医院需制定辐射事故应急预案，并在以后辐射工作开展过程中定期进行演练，及时进行整改。同时医院应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。

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

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据医院提供的资料，医院已按照《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》等有关法律法规，结合卫生、生态环境等行政主管部门的规章制度，成立了辐射安全管理领导小组，落实安全责任制，并明确了相关成员名单及职责。

工作领导小组由医院法人担任组长，由各科室科长或主要负责人任小组成员，医院目前配置的领导小组成员学历大部分为本科学历，具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前医院的管理人员也能满足配置要求。

辐射安全管理领导小组职责：

(1) 按照相关法律法规、文件制度及要求规范管理医院辐射安全管理工作相关的一切事务。

(2) 负责医院辐射安全管理相关制度、规范的制定与修订。

(3) 负责医院辐射安全管理相关资料收集、分类、归档。

(4) 负责医院辐射工作人员培训、个人剂量检测、职业健康检查。

(5) 负责射线装置年审，场地监测，证照办理。

(6) 负责辐射事故应急救治及处理，并制定相应应急预案。

(7) 负责射线装置及场所日常管理、监测、建立设备维修维护档案。

12.2 辐射工作岗位人员配置和能力分析

(1) 辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

① 人员配置

本项目共涉及辐射工作人员 17 名，均为新增辐射工作人员。新增辐射工作人员应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加在线培训并考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。辐射工作人员配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，并建立个人记录收发记录和个人剂量档案；新上岗辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，职业健康检查应每一年或两年委托相关资质单位进行，建立职业健康档案。

②目前医院共有 95 名辐射工作人员，均参加了初级辐射安全与防护培训学校，并持证上岗。

③医院已委托成都市疾病预防控制中心承担辐射工作人员个人剂量的检测工作，由预防保健科负责辐射工作人员个人剂量档案管理，个人剂量档案终生保存。

(2) 辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强：

①医院应积极组织人员参加生态环境部辐射安全与防护培训平台的培训学习，并按时再训。

②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。

12.3 辐射安全管理规章制度

(1) 档案管理分类

医院应对相关资料进行分类归档放置，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”。

(2) 已建立主要规章制度

本项目涉及使用II类射线装置，成都市温江区人民医院现已有较为完善的规章制度。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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）的相关要求中的相关规定，将医院现有制度与规定要求的各项制度对照如表12-1。

表 12-1 项目辐射管理制度汇总对照分析表

应制定的制度	落实情况	要求新增措施	预期效果
辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定	/	/
辐射安全管理规定	已制定	需完善	保证工作场所辐射安全
辐射工作设备操作规程	已制定	需完善	严格按设备操作规程操作，防止因误操作发生辐射事故
辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定	需完善	保证设备运行工况良好
辐射工作人员岗位职责	已制定	/	人员定岗定责
放射性同位素与射线装置台账管理制度	已制定	需完善	严格射线装置使用
辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定	需完善	辐射场所辐射剂量率满足相关要求，发现问题及时整改
监测仪表使用与校验管理制度	已制定	/	监测仪器定期校准，保证数据准确性、可靠性
辐射工作人员培训制度	已制定	需完善	人员定期培训，持证上岗
辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	需制定	建立个人剂量档案，保障人员健康
辐射事故应急预案	已制定	需完善	预防辐射事故发生，若发生辐射事故，应急处理措施应切实可行

质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定	/	保障诊疗效果,个人剂量最优化
-----------------	-----	---	----------------

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，《辐射安全管理规定》、《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的新的相关法规内容，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。建设单位在按照环评要求对制度、人员、场所、设施等进行补充完善后，项目符合辐射安全及环境保护要求。

12.4 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。

12.4.1 监测仪器和防护设备

直线加速器和 DSA 均属 II 类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，全院应至少配置 1 台辐射巡测仪，加速器机房至少配置 1 个固定式报警仪和 2 个便携式个人剂量报警仪。每个辐射工作人员均应配备个人剂量计（其中 DSA 工作人员应配备双个人剂量计，介入手术医护人员还应配腕式剂量计）。

12.4.2 监测计划

1、个人剂量监测

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，监测周期一般为 1 个月，最长不超过 3 个月（每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测）。

环评要求：

（1）如果在单个季度出现个人剂量超过 1.25mSv 时需进行干预，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字。年剂量超过 5mSv 的管理限制时，暂停该辐射工作人员继续从事放射性作业，并进行剂量异常原因调查，最终形成正式调查报告，并本人签字，并上报当地生态环境主管部门。单年剂量超过 20mSv 标准时，构成辐射事故，按事故应急预案处理，立即启动应急预案，采取必要的防范措施，并在 2h

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，还应同时向公安部门 and 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。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度评估报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(3) 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。建设单位应当将个人剂量档案终生保存。

2、辐射工作场所及周围环境监测

(1) 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《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

(2) 日常自我监测

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，监测周期至少 1 次/月。

(3) 监测内容和要求

①监测内容：周围剂量当量率等。

②监测布点及数据管理：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 辐射工作场所监测计划建议

项目	监测内容	监测范围	监测周期	
			自行监测	委托监测
直线加速器	周围剂量当量率	机房防护门处、四面墙体外30cm处、顶棚外30cm处、控制室操作位等处。	1次/月	1次/年
DSA	周围剂量当量率	机房防护门外、四面墙体外、楼上、楼下、控制室操作位、电缆、风管穿墙等处	1次/月	1次/年

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

i 制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本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；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；

ii 采用的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；

iii 制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外，建设单位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。

3、辐射监测的可行性

环评认为，按本次环评要求完善后的监测方案，应能够及时反映屏蔽设施的防护效能和放射废物排放达标情况。按这样监测方案开展的辐射监测是符合《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）等相关规定要求。

12.5 环境竣工验收要求

本次评价项目竣工后，建设单位应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成5个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.6 年度评估报告情况

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《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。

医院已按照《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）规定的格式每年编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，并于每年1月31日前在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址<http://rr.mee.gov.cn/>）中实施申报登记。本项目建成后，医院应将本项目辐射工作场所纳

入现有年度评估报告，按期向发证机关提交年度评估报告。

12.7 辐射事故应急

为了应对辐射事故和突发辐射事件，医院已制定了《辐射事故处理预案及流程》，并成立了辐射事故应急处理小组，负责开展辐射施工员应急处理救援工作，医院既有辐射事故应急处理预案包括了以下内容：①应急机构和职责分工；②应急救援应遵循的原则；③辐射事故应急处理程序。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定：应急预案中还应补充以下内容：

- ①应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ②增加应急人员的组织、培训计划和实施；
- ③辐射事故分级及应急响应措施；
- ④辐射事故调查、报告及处理程序。

医院应当根据以上要求，完善应急预案相关内容，在今后预案实施过程中，应根据国家新发布的相关法规内容，结合医院实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

安全医疗，重在防范，医院必须严格遵守《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关规定，严格按照医院的相关规章制度执行，将安全和防范措施落实到工作中的各个细节，防患于未然。

12.8 射线装置使用能力综合评价

根据《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号），建设单位需具备的辐射安全管理基本要求对比分析如下表：

表 12-3 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	《四川省环境保护厅关于印发<四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）>的通知》（川环函〔2016〕1400号）	实际情况	环评要求
1	（一）许可证有效性 1. 核技术利用单位应持有有效的《辐射安全许可证》，所从事的活动须与许可的种类和范围一致。 2. 新（改、扩）建核技术利用项目应及时开展环评和执行“三同时”制度。 3. 放射源与射线装置、工作场所以及单位法人与地址等变更后应在《辐射安全许可证》上及时变更。	医院现持有辐射安全许可证，在有效期内，已许可射线装置与实际使用情况一致	本项目批复后，建设单位应及时申领辐射安全许可证。
2	（二）机构和人员 1. 核技术利用单位应建立辐射安全管理机构或配备	机构已设置； 医院承诺组织	医院应尽快组织新增辐射工作人员与

	<p>专（兼）职管理人员，落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作。</p> <p>2. 辐射工作人员（包括管理和操作人员）应参加与其从事活动等级相适应的辐射安全与防护培训并考核合格持证上岗，严禁无证人员从事辐射工作活动。培训合格证书的有效期为4年，有效期届满应参加复训。</p>	<p>新增辐射工作人员到生态环境部培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。</p>	<p>原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员到生态环境部培训平台（http://fushe.mee.gov.cn）报名并参加考核。</p>
3	<p>（三）放射性同位素和射线装置的台账</p> <p>1. 应建立动态的台帐，放射性同位素与射线装置应做到帐物相符，并及时更新。</p> <p>台账的内容应该包括：放射性同位素名称、初始活度、放射源编码，购买时间，收贮时间；射线装置型号、管电压、管电流、购买时间，报废时间；放射性同位素与射线装置使用或保管的部门、责任人员、目前的状况（使用、检修、闲置、暂存、收贮或销售）；放射性同位素与射线装置转让单位名称及《辐射安全许可证》持证情况、有效日期等内容。</p> <p>2. 放射性同位素的转让（购买）、销售、收贮以及跨省转移等活动，必须在四川省人民政府政务服务中心环保窗口办理备案手续。</p> <p>野外（室外）跨市（州）使用放射性同位素和II类以上射线装置的活动，应到使用地市（州）环保局办理备案手续。</p>	<p>已建立射线装置使用台账</p>	/
4	<p>（四）管理制度和档案资料</p> <p>核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。</p> <p>1. 档案分类</p> <p>辐射安全档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”和“废物处置记录”。</p> <p>2. 需建立的主要规章制度</p> <p>1) 辐射安全与环境保护管理机构文件</p> <p>2) 辐射安全管理规定（综合性文件）</p> <p>3) 辐射工作设备操作规程</p> <p>4) 辐射安全和防护设施维护维修制度</p> <p>5) 辐射工作人员岗位职责</p> <p>6) 放射源与射线装置台账管理制度</p> <p>7) 辐射工作场所和环境辐射水平监测方案</p> <p>8) 监测仪表使用与校验管理制度</p> <p>9) 辐射工作人员培训制度（或培训计划）</p> <p>10) 辐射工作人员个人剂量管理制度</p> <p>11) 辐射事故应急预案</p> <p>12) 质量保证大纲和质量控制检测计划（使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位）</p> <p>3. 需上墙的规章制度</p> <p>1) 《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。</p> <p>2) 上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。</p>	<p>1、建设单位建立有并执行完善的档案分类制度。</p> <p>2、已制定有相对完善的辐射管理制度，制度落实情况良好。</p> <p>3、拟将严格执行规章制度上墙。</p>	<p>根据本项目特点，及时修订和完善相关规章制度。</p>
5	<p>（五）辐射安全与防护措施</p> <p>1. 通过查阅年度监测报告和核技术利用单位自我监测结果，核实辐射工作场所辐射屏蔽防护措施有</p>	<p>已设计完善的辐射安全与防护措施。</p>	<p>定期检查辐射安全措施，以确保辐射安全系统运行良好。</p>

	<p>效性。</p> <p>2. 辐射工作场所应设置醒目的电离辐射警示标志，出入口应具有工作状态显示、声音、光电等警示措施。</p> <p>3. 辐射工作场所应合理分区，并设置相应适时有效的安全连锁、视频监控和报警装置。</p>		
6	<p>(六) “三废”处理</p> <p>1. 核技术利用单位应对其在辐射作业活动中产生的放射性废气实施相应处理后达标排放。</p> <p>2. 辐射工作产生的含短寿命放射性核素的废水，应采取衰变池或衰变桶等方式存放。放射性废水须经有资质单位监测，确认达标后方可排放。放射性废水衰变及排放设施应设置相应的放射性警示标识。</p> <p>3. 放射性固体废物贮存场所（设施）应具备“六防”（防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏）措施。短寿命半衰期医用放射性废物在专用贮存容器内分类贮存并有放射性标识和放射性核素名称、批号、物理形态、出厂活度及存放日期等相关信息。</p> <p>4. 妥善处置放射性废物。对废弃不用三个月以上的放射源,应按有关规定退回原生产厂家或送四川省城市放射性废物库贮存。短半衰期医用放射性废物存放衰变经监测合格后作为医疗废物处置。</p> <p>5. 废显（定）影液（危险废物）暂存场所应防渗漏、防雨水和防倾倒等措施，存放容器上应有危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位等相关信息。危险废物应送交有相应资质的单位处置并有危险废物转移联单。</p> <p>6. 射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源或拆除加高压零部件），确保装置无法再次通电使用。</p>	<p>本项目不涉及放射性“三废”，射线装置报废前拟采取去功能化的措施</p>	/
7	<p>(七) 监测设备和防护用品</p> <p>核技术利用单位应配备与其从事活动相适应的辐射剂量监测仪、个人剂量仪、个人剂量报警仪以及防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜、移动铅屏风等）。核技术利用单位自行配备的辐射监测仪器应每年进行比对或刻度。</p>	<p>拟配备监测设备和防护用品</p>	/
8	<p>(八) 监测和年度评估</p> <p>1. 日常自我监测</p> <p>1) 按照环评文件要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，并记录备查。</p> <p>2) 短寿命放射性医疗固体废物经存放 10 个半衰期后，应监测后方可作为一般医疗垃圾进行处置。</p> <p>3) 核技术利用单位也可以委托有资质的单位定期开展场所的日常辐射监测。</p> <p>2. 委托监测</p> <p>1) 核技术利用单位应于每季度将个人剂量片送交有资质的检测部门进行检测。对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，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。</p> <p>2) 每年委托有资质的机构对辐射作业场所及周围环境至少进行 1 次辐射监测。该辐射监测报告应作为《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。</p> <p>3) 放射性废水排放前应委托有资质的单位开展监测。</p> <p>3. 安全和防护状况年度评估报告</p> <p>核技术利用单位应于每年 1 月 31 日前向发证机关提</p>	<p>已制定辐射监测计划，严格进行日常自我监测及委托监测工作，及时上报安全和防护状况年度评估报告。</p>	<p>拟制定监测方案。辐射工作人员上岗期间，必须佩戴个人剂量计对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出工作场所。</p>

	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》。		
9	<p>(九) 辐射事故应急管理</p> <p>1. 辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府环境保护主管部门备案，并及时予以修订。 辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。</p> <p>2. 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。</p> <p>3. 核技术利用单位应做好与从事活动相匹配的辐射事故应急物资（装备）的准备，如使用放射源应急处理工具（如长柄夹具等）、放射源应急屏蔽材料或容器、灭火器材等。</p>	已制定辐射事故应急预案。	建设单位应及时修订和完善辐射事故应急预案。
10	<p>(十) 辐射信息网络</p> <p>1. 核技术利用单位必须在“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。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和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。</p> <p>2. 野外（室外）使用 I 类、II 类、III 类放射源，应当建立放射源在线监控系统。</p>	建设单位将及时在“全国核技术利用辐射安全申报系统”实施申报登记工作	/

综上所述，通过完善环评要求的各项措施后，评价认为成都市温江区人民医院从事辐射活动的技术能力符合相关法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

项目名称：成都市温江区人民医院医用电子直线加速器和DSA射线装置建设项目

建设单位：成都市温江区人民医院

建设性质：新建

建设地点：成都市温江区康泰路86号

建设内容：拟在负一层新建 1 间加速器机房及配套附属用房，新增 1 台瓦里安 Halcyon2.0 型 6MV 医用电子直线加速器（距靶 1m 处剂量率为 $4.80 \times 10^8 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ），用于肿瘤治疗；拟在 10 号楼 6 层新建 1 间 DSA 机房及配套附属用房，新增 1 台 DSA，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，用于介入治疗和影像诊断。直线加速器和 DSA 均为 II 类射线装置。

13.1.2 产业政策符合性

项目为核技术利用于医学领域。根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，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”项目和第十三项“医药”中第五条“新型医用诊断医疗仪器设备和试剂、**数字化医学影像设备**，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备，电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，符合国家产业政策。

13.1.3 选址及平面布局合理性分析

本项目位于成都市温江区康泰路 86 号新院区内。医院新院区项目环境影响报告书已于 2017 年取得原成都市环境保护局批复，批复文号为成环评审[2017]191 号，根据其批复，新院区建设符合相关规划。本项目评价范围内主要为医院内部建筑物，且项目各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，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

(1) 医用电子直线加速器用房主要由加速器机房、控制室、水冷机房组成,按功能及放射性操作水平划分为控制区和监督区,实施分区管理。加速器机房与控制室分离,治疗室的设计有效使用面积 98.0m² (不含迷道);治疗室西侧为迷道,迷道口设有防护门;有用线束向北墙、南墙、地面及屋顶照射。加速器机房布局符合《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)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中的布局要求,直线加速器机房布局合理可行。

(2) DSA 工作场所主要有 DSA 机房、控制室、前室、设备间、缓冲间组成,按功能及放射性操作水平划分为控制区和监督区,实施分区管理,分别设计有病人通道、医护通道和污物通道,患者不在机房内候诊,DSA 工作场所布局合理可行。

13.1.4 辐射环境质量现状

现场监测数据表明:项目所在地及周围的 X-γ 辐射剂量率处于当地天然本底水平涨落范围内。

13.1.5 环境影响评价结论

(1) 辐射环境影响分析

经模式预测,加速器机房各屏蔽体厚度核算均满足屏蔽要求,机房各屏蔽体外剂量率均小于 2.5μSv/h,满足《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)相关要求。

经类比和理论计算,DSA 机房各屏蔽体外 30cm 处剂量率均小于 2.5μSv/h,满足《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)相关要求。

经计算,在正常工况下,本项目辐射工作人员造成的年有效剂量低于 5mSv 的职业人员剂量管理限值,DSA 介入手术医护人员手部剂量当量低于 125mSv 的剂量管理限值;对公众造成的年有效剂量低于 0.1mSv 的公众人员剂量管理限值。

(2) 水环境影响分析

本项目产生废水主要为少量生活污水和医疗废水,废水进入医院污水处理站采用“预处理+一级强化处理+次氯酸钠消毒”工艺处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准后,经市政污水管网进入市政污水处理厂处理,本项目的下水道应进行地面硬化处理等防渗措施,防止污染地下水。

(3) 固体废物影响分析

本项目产生的医疗废物,采用专门的收集容器分类收集后,转移至医疗废物暂存库,按照医疗废物执行转移联单制度,定期委托当地有资质单位处置。工作人员产生的生活

垃圾和办公垃圾进行统一分类收集并由环卫部门统一清运。

(4) 大气环境影响分析

机房工作时产生的臭氧及氮氧化物经排风系统通风后，满足评价标准要求，对机房周围的大气环境影响较小。

(5) 声环境影响分析

本项目运营期噪声主要来源于通排风系统的风机，机房所使用的通排风系统均为低噪声设备，其噪声值一般低于60dB(A)，噪声较小，且风机均设置在医院住院医技综合大楼室内或楼顶（地上15F），考虑到噪声的隔声和远距离衰减作用，无需采用专门的降噪措施，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

13.1.6 辐射防护措施有效性结论

(1) 直线加速器辐射防护：本项目直线加速器机房屏蔽设计使用混凝土、铅防护门，屏蔽体厚度均满足相关要求。机房控制室拟张贴相应的各项规章制度、操作规程。工作场所实行辐射分区管理，机房门外拟设有电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯，灯箱处拟设警示语句；直线加速器机房内拟设有急停开关、固定式辐射剂量监测报警仪、烟雾报警等安全设施，机房门拟设有手动应急开门装置，设置门灯、门机联锁和视频监控与对讲系统。辐射安全防护措施配置满足相关要求。

(2) DSA 辐射防护：DSA 各侧墙体均设计了满足防护要求的屏蔽体厚度。机房内拟配置辐射工作人员和患者个人防护用品；机房设置闭门装置，防护门上方设置工作状态指示灯，并与机房门联锁；防护门外拟设置电离警示标志。设备及控制室设置急停开关，设置对讲系统等，辐射安全防护措施配置满足相关要求。

13.1.7 事故风险与防范

建设单位将按本报告提出的要求制订辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.8 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。

13.1.9 辐射安全管理的综合能力

医院已成立辐射防护安全管理领导小组，并指定专人专职负责辐射安全与环境保护

管理工作；该院应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；本项目建成后新增辐射工作人员须在生态环境部培训平台进行辐射防护与安全培训，经考核合格后方可上岗。医院对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

13.2 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后，评价认为，本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.3 建议与承诺

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

(2) 加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过 1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。

(3) 医用射线装置报废前，医院应采取去功能化措施妥善处理，确保报废装置无法再次通电使用。

(4) 医院应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(5) 本项目环评审批后，医院应及时到四川省生态环境厅申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“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。

(6) 根据《建设项目环境保护管理条例》，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。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规定进行项目竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 13-1。

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施
直线加速器机房	辐射屏蔽措施及安全装置	加速器机房为现浇混凝土结构，南墙主屏蔽区为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度为 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1400mm 混凝土；北墙主屏蔽区为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度为 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1450mm 混凝土；顶棚主屏蔽为 2600mm 混凝土，屏蔽宽度 4400mm，与主屏蔽相连的次屏蔽区为 1300mm 混凝土；东侧次屏蔽墙为 1400mm 混凝土；西侧墙体为迷道墙，迷道内墙为 1300mm 混凝土，迷道外墙为 1000mm 混凝土；防护门为 15mm 铅板。
		电离辐射警示标志若干
		工作状态指示灯、门灯联锁、门机联锁装置各 1 套
		急停开关 6 个，烟雾报警装置 1 个
		个人剂量计 6 个
	个人剂量报警仪 2 台	
	废气处理	加速器机房通风设施 1 套，新风口 2 个，位于吊顶西侧，排风口两个，位于东侧距地 200mm 处；通风量 4500m ³ /h，通风换气不低于 4 次/h
	监测设备	固定式辐射剂量报警仪 1 套
视频监控	视频监控设施 4 套，对讲装置 1 套	
DSA 机房	辐射屏蔽措施及安全装置	DSA 机房四侧墙体为龙骨钢架+3mm 铅板，防护门为内衬 3mm 厚铅板，观察窗为 3mmPb 当量铅玻璃。顶棚为 200mm 混凝土+3mm 铅板，地坪为 200mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂料。
		工作状态指示灯 1 套
		控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮
		入口电离辐射警告标志 2 个
	介入医生每人配 3 个人剂量计，包括铅衣内、铅衣外及腕部剂量计，共计 18 个；护士、技师、物理师每人配 2 个人剂量计，共计 14 个。	
个人防护用品	辐射工作人员铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、铅橡胶帽子、介入防护手套等防护用品 4 套，除介入防护手套外，防护用品的铅当量不小于 0.5mmPb，介入防护手套铅当量不小于 0.025mmPb；患者受检者或患者配有铅橡胶颈套、铅橡胶帽子（防护铅当量 0.5mm，儿童、成人尺寸各 1 套）以及铅防护方巾 2 套（防护铅当量 0.5mm）。铅悬挂防护屏和床侧防护帘（防护厚度均为 0.5mm 铅当量）等各 1 件	
废气处理	机械排风装置 1 套	
其他	环保制度	辐射管理制度，相关制度张贴上墙
	监测设备	便携式 X-γ 剂量率仪 1 台
	人员培训	辐射工作人员、管理人员上岗培训
	辐射应急	辐射应急物资、人员培训、应急演练

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人：

公章
年 月 日

审批意见：

经办人：

公章
年 月 日