

核技术利用建设项目

内江市第二人民医院

新增 II 类医用射线装置应用项目

环境影响报告表

（公示本）

内江市第二人民医院

二〇二五年十一月

生态环境部监制

## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	21
表 3	非密封放射性物质 .....	21
表 4	射线装置 .....	23
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	24
表 6	评价依据 .....	25
表 7	保护目标与评价标准 .....	27
表 8	环境质量和辐射现状 .....	33
表 9	项目工程分析与源项 .....	37
表 10	辐射安全与防护 .....	51
表 11	环境影响分析 .....	75
表 12	辐射安全管理 .....	113
表 13	结论与建议 .....	119

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		内江市第二人民医院新增II类医用射线装置应用项目				
建设单位		内江市第二人民医院				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		内江市东兴区新江路 470 号				
项目建设地点		内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院住院综合楼				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		2500	项目环保投资 (万元)	59.0	投资比例	2.36%
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 <sup>2</sup>	/
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	无				
	<p><b>项目概述</b></p> <p><b>一、企业概况</b></p> <p>内江市第二人民医院（统一社会信用代码：12510900451365738Q）位于内江市东兴区新江路 470 号，始建于 1962 年，2011 年 1 月批准为三级甲等综合医院。医院占地总面积为 329 亩，业务用房面积为 120000 平方米；现编制床位 1500 张。医院设有临床一、二级科室 51 个，医技科室 10 个，职能科室 19 个。内江市有 21 个专业的医疗质控分中心设在医院。截至 2025 年 1 月，医院有在职职工 1493 人。医院有四川省临床重点专科 1 个：肿瘤科；“川渝共建”临床重点专科（省级）3 个：普通外科、重症医学科、精神科；省级重点专科 9 个：神经内科、肾内科、影像中</p>					

心、检验科、护理学科、心血管内科、泌尿外科、耳鼻咽喉科、麻醉科；内江市临床重点专科 8 个：神经内科、消化内科、心血管内科、麻醉科、呼吸与危重症医学科、精神科、耳鼻咽喉头颈外科、重症医学科。

医院拥有医用直线加速器、血管成像系统（DSA）、GE1.5T 和（3.0T）超导核磁共振(MRI)、飞利浦 256 排高端多排 CT、GE64 排 128 层螺旋 CT、西门子 SPECT(单光子发射及计算机断层扫描仪)、四维彩超、16 人高压氧舱、体外循环机等先进设备。

内江市第二人民医院现持有辐射安全许可证，其许可证证书编号为：川环辐证[00258]，有效期至 2029 年 10 月 24 日，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所(具体范围详见附件 5)。

医院为改善就医环境，优化流程布局，为患者提供便捷的就医体验，更好地为人民群众健康服务，医院规划了“内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目”，并于 2025 年 1 月 24 日取得了内江市生态环境局《关于内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书的批复》（内市环审批〔2025〕4 号），现阶段本项目所在大楼主体正在施工建设。本项目位于内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目的住院综合楼内，机房的土建与通排风均依托大楼主体工程进行建设。

## 二、项目由来

为进一步满足患者的治疗需要，医院拟在住院综合楼内建设内江市第二人民医院新增Ⅱ类医用射线装置应用项目，具体如下：

（1）拟在住院综合楼负一楼介入治疗室 1 内安装使用 1 台数字减影血管造影装置（以下简称 DSA，型号：待定）属于Ⅱ类射线装置，主要用于介入治疗、血管造影。

（2）拟在住院综合楼负四楼放疗中心的直线加速器机房 2 内配套使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器（型号：待定，具备 CBCT 图像引导功能）用于肿瘤放射治疗，属于Ⅱ类射线装置；拟在住院综合楼负四楼 CT 模拟机房内新增使用 1 台模拟定位 CT 机（Ⅲ类射线装置，建设单位需另行备案登记）。



### 三、编制目的

按照《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原国家环保部令第18号）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）》（生态环境部 部令第16号，2021年1月1日起施行），本次评价的数字减影血管造影装置与医用电子直线加速器，属于“第五十五项—172条核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表。根据《四川省生态环境厅审批环境影响评价文件的建设项目 目录（2025年本）》，本项目应报内江市生态环境局审查批准，并在取得环评批复后及时重新申领辐射安全许可证。

为此，内江市第二人民医院委托四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司编制本项目的的环境影响报告表（委托书见附件1）。四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，再进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，项目对环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

### 四、本项目建设内容

#### （一）工程概况

项目名称：内江市第二人民医院新增II类医用射线装置应用项目

建设单位：内江市第二人民医院

建设性质：新建

建设地点：内江市东兴区新江路470号内江市第二人民医院住院综合楼

#### （二）项目建设内容及规模

本次评价的建设内容及规模如下：

（1）拟在住院综合楼负一楼介入治疗室1内新增使用1台DSA设备，拟新增的DSA设备型号待定，最大管电压125kV，最大管电流1000mA，出束方向由下而

上，属于 II 类射线装置，主要用于介入治疗、血管造影。本项目年诊疗病例约 600 台，年曝光时间累计约 117.1h（拍片 2.9h，透视 114.2h）。根据建设单位提供的资料，本项目介入治疗室 1 屏蔽措施情况见下表 1-1：

表 1-1 本项目介入治疗室 1 屏蔽措施情况

介入治疗室 1	实体结构
四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料
屏蔽门	3mm 铅当量铅门
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃
屋顶	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料
地面	400mm 混凝土
机房面积	77.67m <sup>2</sup> （长 10.22m×宽 7.6m×高 6.3m）

注：根据设计单位提供，本项目介入治疗室 1 屏蔽体中实心砖墙密度为 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡防护涂料密度为 2.79g/cm<sup>3</sup>。

本项目介入治疗室 1 平面示意图如下图 1-1 所示：



图 1-1 介入治疗室 1 平面布置图

（2）拟在住院综合楼负四楼放疗中心的直线加速器机房 2 内配套使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器（型号：待定，具备 CBCT 图像引导功能）用于肿瘤放射治疗，属于 II 类射线装置。治疗时 X 射线最大能量为 10MV，X 射线 1m 处最大剂量率为 24Gy/min，电子线最大能量为 15MeV，电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min。CBCT 最大管电压 150kV，最大管电流 800mA。拟在住院综合楼负四楼 CT 模拟机房内新增使用 1 台模拟定位 CT 机（III 类射线装置，建设单位需另行备

案登记)。

根据建设单位提供的设计资料，本项目直线加速器机房 2 屏蔽措施情况见表 1-2。

表 1-2 本项目直线加速器机房 2 拟采取屏蔽防护设施一览表

机房	方位	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
直线加速器机房 2	北侧	主屏蔽墙	2950mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	2100mm 混凝土
	南侧	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	1300mm 混凝土
	西侧(L 型迷路)	内墙	1300mm 厚混凝土
		外墙	1300mm 厚混凝土
	西侧	屏蔽门	18mm 铅当量铅钢防护门
	东侧	屏蔽墙	2100mm 厚混凝土
	顶部	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	1300mm 混凝土
	机房面积	65.57m <sup>2</sup> (不含迷路) (长 8.3m、宽 7.9m)	

注：根据设计单位提供，混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>。

本项目直线加速器机房 2 平面示意图如下图 1-3 所示，直线加速器机房 2 剖面图如下图 1-2 所示：



图 1-2 直线加速器机房 2 剖面图

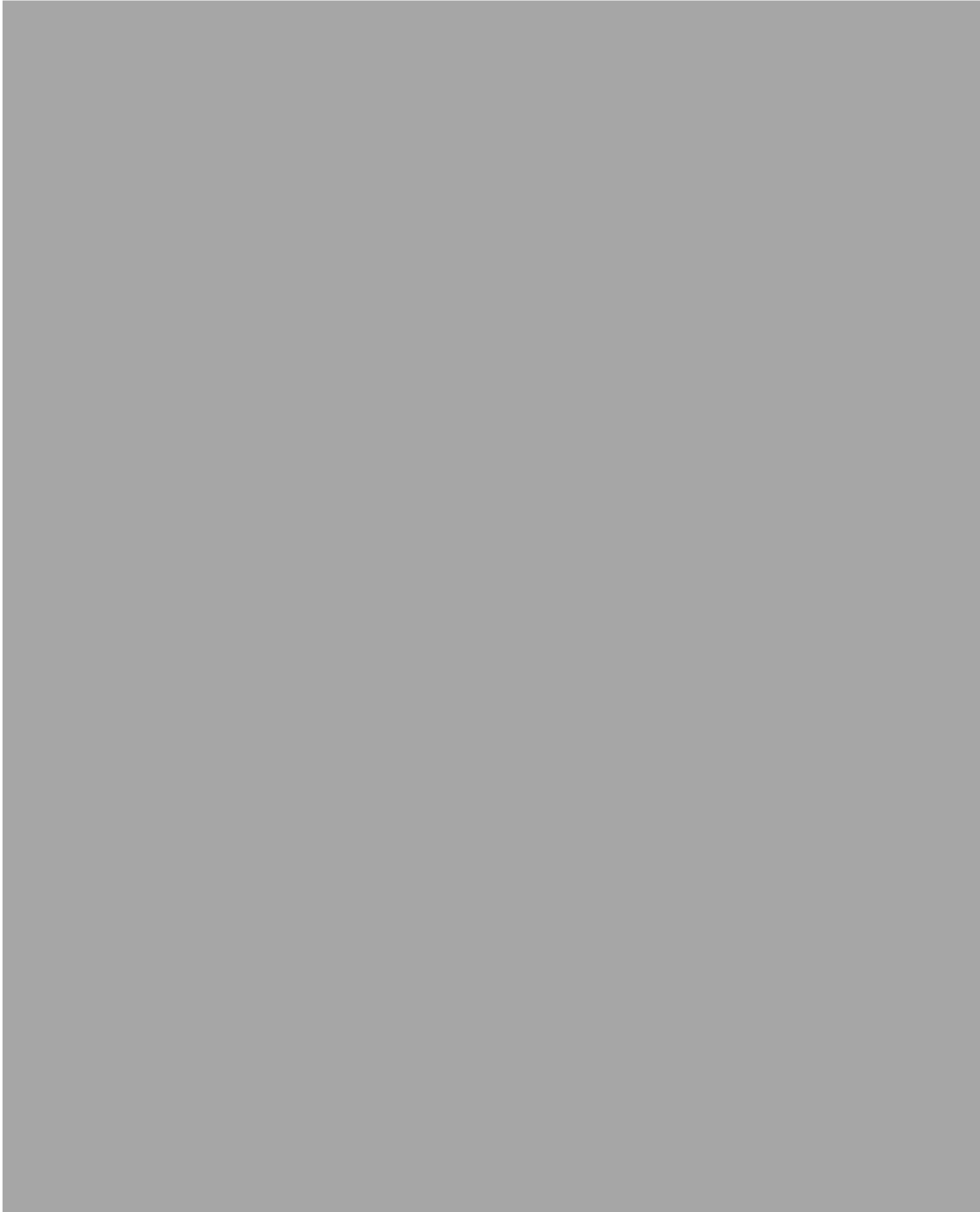


图 1-3 直线加速器机房 2 平面示意图

表 1-3 建设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		备注
			施工期	营运期	
主体工程	直线加速器 2	拟在住院综合楼负四楼放疗中心的直线加速器机房 2 内配套使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器用于肿瘤放射治疗，属于Ⅱ类射线装置。设备型号未定，最大 X 射线能量为 10MV，1m 处最大 X 射线剂量率为 24Gy/min；电子线最大能量为 15MeV，1m 处最大电子线剂量率为 30Gy/min；在加速器机头两侧配备有锥形	施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾等以及安装	X 射线、电子线、臭氧、氮氧化物、噪声	新建 / 已 建

		束 CBCT,最大管电压为 150kV,最大管电流为 800mA。加速器年总出束时间 300h。机房尺寸为长 8.3m×宽 7.9m,机房内有效使用面积(不含迷路)为 65.57m <sup>2</sup> 。	调试过程中的 X 射线、臭氧。		
	介入治疗 1	拟在住院综合楼负一楼介入治疗室 1 内安装使用 1 台 DSA 用于介入治疗、血管造影,属于 II 类射线装置。设备型号未定,最大管电压 125kV,最大管电流 1000mA,出束方向由下而上,年曝光时间累计约 117.1h(拍片 2.9h、透视 114.2h)。介入治疗室 1 有效面积为 77.67m <sup>2</sup> (长 10.22m×宽 7.6m×高 6.3m)。			
辅助工程	直线加速器 2	控制室 2、机房 2(为设备间机房)、治疗室、水冷机房 2、准备间 2、库房、抢救室、CT 模拟机房及其控制室、制模室等。		生活垃圾、生活污水、医疗废物	已建
	介入治疗 1	控制室 1、设备间 1、刷手准备室 1、铅衣间、缓冲间、库房、患者走廊、污物走廊、污物暂存间等。			
办公、生活设施	直线加速器 2	值班室、更衣室、办公室、医患沟通室等。			
	介入治疗 1	值班室、谈话室、家属等候区、卫生间等。			
公用工程		利用医院主体工程建设的排水、配电、供电和通讯系统等。	—		依托
环保工程	直线加速器 2	<b>废气处理:</b> 本项目直线加速器机房 2 配置有通排风系统,室内进风口位于机房东南侧,进风管(500mm×250mm)穿墙高度约 6.2 米,以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体(送风井位于直线加速器机房 2 南侧);室内排风口(离地约 150mm)位于直线加速器机房 2 北侧,排风管(630mm×250mm)穿墙高度约 6.2 米,以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体进入机房内,再接入排风管道通向直线加速器机房 2 北侧的排风井,通过排风井进行排放,通风频率共计 6 次/小时,设计排风量为 3000m <sup>3</sup> /h。排风口位置应做好射线防护,增加铅板或者使用环保型辐射防护板,防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后,经自然分解和稀释,符合《室内空气质量标准》(GB/T18883-2002)臭氧最高允许浓度 0.16mg/m <sup>3</sup> 的要求,亦符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(0.20mg/m <sup>3</sup> )要求。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物	噪声、废水、固体废物	已建
		<b>废水处理:</b> 本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站(处理规模: 500m <sup>3</sup> /d,工艺为:“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”),处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表 2 中预处理标准后,通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后,排入沱江。	—		依托

		<b>固废处理：</b> 本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物，工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。 <b>废靶件：</b> 医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件由生产厂家进行回收处理。	—		依托
	介入治疗 1	<b>废气处理：</b> 本项目介入治疗室 1 内配置通排风系统（新风量为 1500m <sup>3</sup> /h、排风量为 1500m <sup>3</sup> /h），介入治疗室 1 的室内排风口位介入治疗室 1 北侧吊顶处，产生臭氧接排风管道经室内预留的排风口引至室外排放口（位于住院综合楼 1F 西北侧（阅片室外），离地高约 0.8m）排出，经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m <sup>3</sup> ）的要求。	施工扬尘、施工噪声、施工废水、固体废物		已建
		<b>废水处理：</b> 本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模：500m <sup>3</sup> /d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。	—		依托
		<b>固废处理：</b> 本项目施工期与医院主体工程同时进行，因此产生的固废由施工方负责清运处置；运营期产生的医疗废物依托医院已建的医疗废物暂存间及收集系统进行收集，统一交由有相应资质的单位收运处置；办公、生活垃圾依托医院设置的垃圾桶统一收集。	—		依托

### （三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目 DSA 及医用电子直线加速器主要原辅材料及能耗情况见表 1-4。

表 1-4 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量	来源	主要化学成分
能源	电	5000kW·h/a	市政电网	—
水资源	水	1000m <sup>3</sup>	市政水网	—
主要原辅材料	造影剂	60L	外购	碘海醇

本项目使用的造影剂为碘海醇注射液，规格为 100ml/瓶，平均每台介入手术使用 1 瓶，每年约 600 台手术，年使用量约为 60L。由医院统一采购，常温储存，使用后的废包装物按医疗废物处置。

### （四）本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-5。

表 1-5 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	台数	年曝光时间	使用场所	备注
1	数字减影血管造影装置	待定	待定	最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA	II 类	1 台	117.1h（拍片 2.9h、透视 114.2h）	住院综合楼负一楼介入治疗室 1	拟购
2	医用电子直线加速器	待定	待定	X 射线最大能量为 10MV，电子线最大能量为 15MeV	II 类	1 台	300h（治疗 250h+质控 50h）	住院综合楼负四楼直线加速器机房 2	拟购

### （五）工作制度、诊疗规模和劳动定员

#### 1、DSA

（1）工作制度：医院实行每年工作250天，每天8小时的工作制度。

（2）工作人员配置情况：本项目DSA拟配置48名辐射工作人员，均为医院已有的辐射工作人员。服务于本项目DSA的同时会承担医院其余2台 II 类辐射设备（数字减影血管造影机与移动式C形臂X射线诊断机）工作。手术时，DSA手术室内医生2名、护士1名，控制室内1名技师。拟配置的辐射工作人员分组情况如下：心内科4组医生，肝胆外科2组医生，神经内科3组医生，康复科2组医生，肿瘤中心/血管外科5组医生，肾内科2组医生，7名护士与3名技师轮流工作今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。DSA拟配置辐射工作人员具体见下表 1-6：

表1-6 拟配置辐射工作人员一览表

科室	职位	人数/名	备注
心内科	医生	8	现有人员
肝胆外科	医生	4	现有人员
神经内科	医生	6	现有人员
神经外科	医生	2	现有人员
康复科	医生	4	现有人员
肿瘤中心/血管外科	医生	10	现有人员
肾内科	医生	4	现有人员
/	护士	7	现有人员
/	技师	3	现有人员

DSA设备相关参数，见下表1-7：

表1-7 本项目DSA相关参数

设备使用情况				
出束方向	常用透视工况		常用拍片工况	
	管电压	管电流	管电压	管电流

由下向上		70~90kV	6~15mA	60~100kV	100~320mA	
设备出束时间						
使用科室	单台手术最长曝光时间		年手术台数（台）	年最大出束时间		
	拍片（min）	透视（min）		拍片（h）	透视（h）	小计（h）
心内科	0.3	12	150	0.8	30.0	30.8
肝胆外科	0.2	10	50	0.2	8.3	8.5
神经内科	0.25	11.5	100	0.4	19.2	19.6
神经外科	0.3	12	50	0.3	10.0	10.3
康复科	0.3	11	50	0.3	9.2	9.5
肿瘤中心/ 血管外科	0.3	12	100	0.5	20.0	20.5
肾内科	0.25	10.5	100	0.4	17.5	17.9
合计			600	2.9	114.2	117.1

## 2、医用电子直线加速器

（1）工作制度：年工作日约250天，每周工作5天，每天工作8h。

（2）人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 27 人，其中 12 名医师、5 名物理师、10 名技师，均为医院原有辐射工作人员，本项目直线加速器辐射工作人员操作本项目直线加速器的同时，也承担医院其余 2 台直线加速器工作。今后医院可根据开展项目的实际情况适当调整辐射工作人员配置。医用电子直线加速器相关参数，见下表 1-8：

表 1-8 本项目医用电子直线加速器年出束时长一览表

使用场所	工作状态	单次使用时长	周治疗人数	周治疗量/工作出束时长	年治疗人数	年治疗量/工作出束时长	合计年出束时长
直线加速器 机房 2	病人治疗	2min	150 人	5h	7500 人	250h	300h
	质控	/	/	/	/	50h	

注：物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间约 50h/年。

### （3）职业人员工作负荷

根据医院预测的诊疗需要，本项目医用电子直线加速器投入使用后，预计每天最多放射治疗 30 人，年最大治疗出束时间约 250h；物理师独立做周、月质控年累计有效出束时间约 50h/年。

## 五、依托环保设施情况

### 1、废水

施工期废水、运营期医疗废水依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模：500m<sup>3</sup>/d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医



疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表 2 中预处理标准后,通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后,排入沱江。

本项目为医院医疗配套工程,因此本项目生活废水及医疗废水依托医院已建的污水处理站可行。

## 2、固体废物

施工期产生的固体废物主要为装修垃圾、设备安装过程中产生的包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的装修垃圾,由施工方收集统一处理,运往政府指定地点堆存;施工人员产生的生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。

运营期:本项目医用电子直线加速器治疗过程中,不产生医疗废物,金属靶更换时会有废靶件产生,废靶件属于放射性固体废物,废靶件由生产厂家进行回收处理。DSA 在治疗过程中将产生一定医疗废物,医疗废物在介入治疗室 1 打包后,待单场手术病人离开后,下场手术病人进入前,运往同楼层医疗废物暂存间暂存,一天手术结束后将介入治疗室 1 的医疗废物统一转移至医疗废物暂存间暂存,后期统一委托有资质单位进行回收处理。工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾,生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理,并做好清运工作中的装载工作,防止垃圾在运输途中散落。

## 六、产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用,属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会修订发布《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2024 年 2 月 1 日施行)的相关规定,本项目拟使用的医用电子直线加速器与数字减影血管造影装置为医院医疗基础建设内容,属指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设”,均属于国家鼓励类产业,符合国家产业发展政策。

## 七、本项目外环境及选址合理性分析

### (一) 外环境关系分析

#### 1、医院外环境关系分析

本项目位于内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院住院综合楼,其东侧、南侧、西侧、北侧均为外部道路或绿化。

## 2、辐射工作场所外环境关系

本项目直线加速器机房 2、介入治疗室 1 以实体屏蔽为边界，本项目直线加速器机房 2 屏蔽体外 50m 评价范围均位于院区范围内。

### ①介入治疗室 1：

本项目介入治疗室 1 位于内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院住院综合楼负一楼。

以介入治疗室 1 四周墙体为边界：**北侧**紧邻控制室 1、刷手准备室 1，3.1~6.5m 处为排烟机房、设备间 1、铅衣间，6.5~9m 处为污物走廊，9~50m 处为土层；**东北侧**紧邻患者走廊，3.1~38.8m 处为缓冲间、污物走廊、强电间、补风机房、设备间 2、排烟机房、库房、污物暂存间、消毒间、病理库房、前室、弱电进线间等室内各功能区域，9~50m 处为土层；**东侧**紧邻患者走廊，3.3~37.4m 处为介入治疗室 2、过道、污物电梯厅、消防控制室等室内各功能区域，37.4~50m 处为土层；**东南侧**紧邻患者走廊，3.6~50m 处为刷手准备室 2、控制室 2、铅衣室、设备间 3、刷手准备室 3、控制室 3、介入治疗室 3、护士站、家属等候区、过道、专用加压水泵房、高压细水雾灭火系统机房、病理库房、消防控制室、柴发机房、电井、卫生间、补风机房、物流机房、预留机房等室内各功能区域，37.4~50m 处为土层；**南侧**紧邻 2 间库房，5~10.5m 处为麻醉苏醒室，10.5~17.2m 处为医护走廊、谈话间、值班室，17.2~25.8m 处为更衣沐浴、换鞋发放区、介入治疗大厅等室内各功能区域，25.8~50m 处为停车场；**西南侧**紧邻医护走廊，2.4~37.4m 处为新风机房、医办、护长办、主任办、会议示教室、就餐休息室等室内各功能区域；**西侧**紧邻医护走廊，2.3~7.4m 处为合前用室、消防电梯、水井，7.4~50m 处为绿化、院内道路、直线加速器楼、办公楼；**西北侧**紧邻污物走廊，2.3~11.5m 处为排烟井、楼梯，11.5~50m 处为绿化、院内道路、院外绿化；**上方**紧邻消防车道，50m 范围内为绿化、其余楼层功能区；**下方**紧邻停车场，50m 范围内为-2F、-3F、-4F 其余功能用房及土层。

### ②直线加速器机房 2

本项目直线加速器机房 2 位于内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院住院综合楼负四楼。

由于其层高较高，因此其屏蔽体跃负四楼与负三楼，机房下方为土层。

以直线加速器机房 2（负四楼）四周墙体为边界：**北侧**紧邻水冷机房 2、走廊、

强电井，5.2~13.4m 处为旧模室、铅模室、风井、走廊，13.4~22.6m 处为前室、库房、楼梯、后装机房，22.6~50m 处为土层；**东北侧及东侧**墙体外 50m 范围内均为土层；**东南侧** 50m 范围内为土层、人防工程、不利用空间；**南侧**紧邻直线加速器机房 3，10.9~50m 处为水冷机房 3、走廊、电井、排烟井、人防通道、送风井、楼梯、消防电梯、人防工程、患者电梯厅、医护电梯厅、步行医疗街；**西南侧**紧邻准备间 3，3.1~50m 处为控制室 3、库房、机房 3、走廊、报警阀间、步行医疗街、人防工程、休闲区、商业、卫生间、值班室等室内其他功能区域；**西侧**紧邻机房 2、控制室 2、准备间 2，4.7~9.9m 处为候诊区，9.9~40.6m 处为抢救室、治疗室、放疗中心大厅、男/女更衣室、男/女卫生间、制模室、体模室、示教室、物理中心、男/女值班室、走廊、排烟机房、医患沟通室等室内其他功能区域，40.6~50m 处为绿地、院内道路、停车位；**西北侧**紧邻电井，1.9~46.3m 处为电井、风井、楼梯、走廊、3 间准备间、送风机房、3 间控制室、更衣室、库房、设备间、CT 模拟机房、后装机房、直线加速器机房 1、准备间 1、控制室 1、机房 1、水冷机房 1、合前用室、新风机房、水井，22.6~50m 处为土层、绿地、院内道路。

以直线加速器机房 2（负三楼）四周墙体为边界：**北侧**紧邻水冷机房 2 上空、走廊上空、强电井，5.2~13.4m 处为旧模室上空、铅模室上空、风井、走廊，13.4~22.6m 处为前室上方、库房上方、楼梯、后装机房上方，22.6~50m 处为土层；**东北侧及东侧**墙体外 50m 范围内均为土层；**东南侧** 50m 范围内为土层、人防工程、不利用空间；**南侧**紧邻直线加速器机房 3 上空，10.9~50m 处为水冷机房 3 上空、排烟井、风井、楼梯、消防电梯、人防工程、患者电梯厅、医护电梯厅；**西南侧**紧邻走廊，3.1~50m 处为生活水泵房、库房、机房 3、走廊、人防工程、停车场、室外活动平台等其他功能区域；**西侧**紧邻走廊，4.7~40.6m 处为生活水泵房、库房、停车场等区域，40.6~50m 处为绿地、院内道路、停车位；**西北侧**紧邻电井，1.9~46.3m 处为电井、风井、楼梯、走廊、3 间准备间上空、2 间控制室上空、库房、CT 模拟机房上空、后装机房上空、直线加速器机房 1 上空、合前用室、服务器机房、水井，22.6~50m 处为土层、绿地、院内道路。

机房上方紧邻停车场，50m 范围内为住院综合楼其余楼层功能区；**下方**为土层。医院总平面布局及外环境关系图见附图 2。本项目用地区域在医院用地红线范围内，医院及本项目外环境相对简单，不存在明显环境制约因素。

## （二）选址合理性分析

**1、用地合理性：**医院用地已取得了内江市国土资源局核发的《不动产权证书》（内市国用（2015）第 002094 号，详见附件 2），本项目建设均位于医院许可用地范围内，不新增用地。

**2、履行的环保手续：**本项目所在楼栋建设项目已于 2025 年 1 月 24 日由内江市生态环境局进行了批复（内市环审批〔2025〕4 号，详见附件 3），该楼栋选址合理性已在上述环评报告表中进行了论述。

**3、综述：**本项目直线加速器机房 2 选址于内江市第二人民医院住院综合楼负四楼及负三楼、介入治疗室 1 选址于住院综合楼负一楼，2 个机房所在区域人流相对单一，住院综合楼三面被土质层环绕，最大程度减少了对周围环境的影响，降低了其他公众受照的可能性；辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。综上所述，从辐射防护安全和环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

## （三）实践正当性分析

本项目的建设可以更好地满足患者多层次、多方位、高质量和文明便利的就诊需求，提高对疾病（特别是恶性肿瘤）的诊断和治疗能力。

肿瘤放射治疗是利用射线杀灭肿瘤细胞从而达到治疗肿瘤的一种局部治疗方法，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。

本项目的建设可以更好地满足患者就诊需求，提高对疾病的诊治能力。核技术应用项目的开展，对保障人民群众身体健康、拯救生命起了十分重要的作用，因此，该项目的实践是必要的。

医院在介入治疗过程中，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，对射线装置的安全管理建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项目辐射产生的影响降至尽可能小。本项目的运营可为内江市及周边地区的病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提

高全区医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用实践具有正当性。符合辐射防护“实践的正当性”原则。

因此，本项目项目的实践是必要的，实践具有正当性。

## 八、原有核技术利用情况

### （一）医院原有项目辐射安全许可证情况

内江市第二人民医院已取得由四川省生态环境厅颁发的辐射安全许可证（川环辐证[00258]），有效期至 2029 年 10 月 24 日，许可的种类和范围为：使用Ⅲ类放射源；使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所(具体范围详见副本)。具体情况见附件 5。

表 1-9 医院现有辐射安全许可证许可情况

射线装置							
序号	辐射活动场所名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数（最大）
1	磁共振 CT 室	Ⅲ类	使用	1	CT	Lightspeed VCT	管电压 140kV 管电流 800mA
2	放疗科	Ⅱ类	使用	1	医用直线加速器	PRIMUS	粒子能量 10eV
3		Ⅲ类	使用	1	模拟定位机	HMD-IB	管电压 125kV 管电流 500mA
4		Ⅱ类	使用	1	医用直线加速器	Elekta Synergy	粒子能量 10eV
5	放射科	Ⅲ类	使用	1	移动式摄影 X 射线机	UDR370i	管电压 150kV 管电流 500mA
6		Ⅲ类	使用	4	数字化医用 X 射线摄影系统	DT570	管电压 150kV 管电流 630mA
						SEDECAL XPLUS（LP）PLUS	管电压 150kV 管电流 640mA
						DP570	管电压 60kV 管电流 630mA
			停用			FSQ-2	管电压 50kV 管电流 630mA
7		Ⅲ类	使用	1	医用乳腺 X 射线诊断机	SN-DR3M	管电压 35kV 管电流 100mA
8		Ⅲ类	使用	1	骨密度仪	Aetriscan	管电压 76kV 管电流 1.5mA
9		Ⅲ类	使用	1	高频移动式 X 射线摄影机	PLX101C	管电压 125kV 管电流 100mA
10	Ⅲ类	使用	1	床旁 X 射线诊断	MUX-10J	管电压 125kV 管电	

					机		流 50mA				
11		Ⅲ类	使用	1	X 射线诊断机	DigiEye680	管电压 150kV 管电 流 640mA				
12	介入室	Ⅱ类	使用	1	数字减影血管造 影机	Lnnova3100-1Q	管电压 100kV 管电 流 1000mA				
13	手术室	Ⅱ类	使用	1	移动式 C 形臂 X 射线诊断机	Artis Q Ceiling	管电压 125kV 管电 流 150mA				
14		Ⅲ类	使用	1	移动式 C 臂 X 射 线机	Cios Select	管电压 110kV 管电 流 24mA				
15	四号楼核 医学科	Ⅲ类	使用	1	SPECT/CT	Symbia T16	管电压 130kV 管电 流 345mA				
16	体检科	Ⅲ类	使用	1	骨密度仪	Prodigy	管电压 130kV 管电 流 5A				
17		Ⅲ类	使用	1	高频遥控透视 X 射线机	PXL2200	管电压 120kV 管电 流 8mA				
18	新门诊大 楼	Ⅲ类	使用	2	X 射线诊断机	Brillance iCT	管电压 140kV 管电 流 1000mA				
					X 射线诊断机	OPtima CT520	管电压 140kV 管电 流 350mA				
19		Ⅲ类	使用	1	牙科 X 射线机	MSD-111 型	管电压 65kV 管电 流 1.5mA				
20		Ⅲ类	使用	1	核磁共振	SIGNA Pioneer	管电压 100kV 管电 流 5mA				
21		Ⅲ类	使用	1	DR	OPTimaXR646HD	管电压 130kV 管电 流 345mA				
22	新直线加 速器楼	Ⅲ类	使用	1	CT	ReuolvtionAce	管电压 130kV 管电 流 5mA				
放射源											
序号	活动种类					使用台账					
	辐射 活动 场所 名称	核 素	类 别	种 类 活 动	总活度（贝 可）/活度（贝 可）×枚数	编 码	出 厂 活 度 （贝可）	出 厂 日 期	标 号	用 途	来 源
1	放疗 科	Ir-1 92	Ⅲ类	使用	3.7E+11*3	NL24IR008893	3.7E+11	2024-08- 08	D36H8918	后装治 疗机	荷 兰
非密封放射性物质											
序 号	活动种类和范围										
	辐射活 动场所	场所等 级	核素	物理 状态	活动 种类	用途	日最大操作 量（贝可）	日等效最大操 作量（贝可）	年最大用 量（贝可）		
1	全科医 生医生 培养基	乙级	Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	2.78E+10	2.78E+7	2.78E+12		

	地								
2	四号楼 核医学科	丙级	I-131	液态	使用	放射性药物诊断	1.8E+7	1.8E+6	8.88E+9
3			I-125	液态	使用	放射性药物诊断	1.21E+8	1.21E+7	2.66E+11
4			Tc-99	液态	使用	放射性药物治疗	1.68E+8	1.68E+6	3.7E +8
5			I-125(粒子源)	固态	使用	放射性药物治疗	1.48E+10	1.48E+8	7.4E+10
6			SR-89	液态	使用	放射性药物治疗	1.48E+8	1.48E+7	1.48E+10
7		乙级	Tc-99m	液态	使用	放射性药物诊断	2.13E+12	2.13E+9	4.5E+12
8			I-131	液态	使用	放射性药物治疗	4.03E+9	4.03E+8	8.88E+10
9			I-131	液态	使用	放射性药物诊断	2.02E+9	2.02E+8	4.44E+10
10			P-32	液态	使用	放射性药物治疗	1.48E+9	1.48E+8	7.4E+11
11			Sm-153	液态	使用	放射性药物治疗	1.08E+9	1.0E+8	1.11E+10

医院目前已获许可使用射线装置共计 22 台、放射源 1 种、非密封放射性物质 11 个，医院均按照要求履行了环保手续。

医院应定期检查《辐射安全许可证》及全国核技术利用辐射安全申报系统中台账，确保在用种类、台账数量与实际使用射线装置一致。医院应按照相关要求，如有待报废射线装置须进行去功能化，同时及时到四川省生态环境厅办理相关手续。

## （二）辐射工作人员培训情况

内江市第二人民医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院目前登记辐射工作人员 204 名，从事操作Ⅱ类射线装置的辐射工作人员共计 100 名，该 100 名辐射工作人员（含本项目拟配置的 75 名辐射工作人员）均持有有效期内的辐射安全与防护培训或考核证；从事Ⅲ类射线装置辐射工作人员共计 104 名辐射工作人员，该 104 名辐射工作人员已通过建设单位组织的自主考核，且考核结果均已存档。

本项目的辐射工作人员和辐射防护负责人若后期出现新增人员的情况，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，均应参加辐射安全与防护知识的学习，医院应尽快安排本项目相关人员在国家核技术利用辐射安全与防护学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习辐射安全与防护知识并通过考试；合格证到期前，需进行再培训。

根据中华人民共和国生态环境部关于进一步优化辐射安全考核的公告（公告 2021 年 第9号），对于仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参

加核技术利用辐射安全与防护考核，由核技术利用单位自行组织考核。已参加核技术利用辐射安全与防护考核并取得成绩报告单的，原成绩报告单继续有效。自行考核结果有效期为五年，有效期届满的，应当有核技术利用单位组织再培训和考核。

### **（三）是否发生过辐射安全事故**

经核查建设单位提交的《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，原有核技术利用项目不存在辐射环境遗留问题，不存在辐射安全及辐射环境保护问题。同时，根据内江市第二人民医院提供的资料，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。

### **（四）年度评估报告**

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，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”。建设单位已编制《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》并上交发证机关（已按时登录全国核技术利用辐射安全申报系统 <http://rr.mee.gov.cn> 在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

### **（五）辐射管理规章制度执行情况**

根据相关文件的规定，结合建设单位实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射安全和防护设施维护维修制度》《射线装置台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员个人剂量管理制度》《辐射事故应急预案》等。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，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。

对建设单位现有辐射工作场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。建设单位应根据国家发布新的相关法规内容，结合本项目实际，及时对各项规章制度补充、修改和完善。

### **（六）开展辐射监测的情况**

#### **1、个人剂量检测**

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每三个月对个人剂量进行检测，



并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令18号）要求建立个人剂量档案。医院有专人负责个人剂量检测管理工作。

医院已委托有资质的单位对其所有辐射工作人员进行个人剂量检测。医院提供了2023年10月01日至2024年09月30日连续四个季度的个人剂量检测报告，个人剂量检测报告表明，医院现有辐射工作人员连续四个季度的个人剂量监测结果最大年有效剂量为0.643mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的年剂量限制要求，未发现个人剂量超过5.0mSv/年、1.25mSv/季的情况。但该年度个人剂量检测报告中有辐射工作人员个人剂量计遗失的情况，因此要求建设单位对辐射工作人员个人剂量计加强管理，避免后期类似的情况发生。

表 1-10 既有的辐射工作人员年有效剂量情况

序号	科室	最大年有效剂量(2023 年 4 季度-2024 年 3 季度)(mSv)
1	心内科	0.216
2	肝胆外科	0.118
3	神经内科	0.254
4	神经外科	0.064
5	康复科	0.102
6	肿瘤中心/血管外科	0.643
7	肾内科	0.162

注：数据来源于《2024年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。

2、工作场所辐射水平监测

根据原环保部 18 号令和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》的要求，医院每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测。医用射线装置工作场所监测，主要针对射线装置机房周围（四周墙体、楼上/下、防护门和观察窗）、控制室等，从检测数据分析，未发现屏蔽体外 30cm 处超过 2.5μSv/h 的情况。





表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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	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	待定	电子	X 射线: 10MV 电子线: 15MeV	X 射线 1m 处最大剂量率为 24Gy/min; 电子线 1m 处最大剂 量率为 30Gy/min	放射治 疗	拟在内江市第二人民医院 住院综合楼负四楼直线加 速器机房 2 内	新增 (新 购买)

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	DSA	II类	1	待定	125	1000	介入治疗	介入治疗室1	新增 (新购买)

(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
臭氧及氮氧化物	气态	—	—	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
生活污水及医疗废水	液态	—	—	少量	少量	—	不暂存	依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站，处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。
介入手术时产生的医用器具和药棉、纱布、手套等医用辅料	固态	—	—	约 2kg/台	约 1200kg	—	依托医院已建的医疗废物暂存间及收集系统进行收集	委托有资质的单位进行收运处置。
废靶件（医用电子直线加速器）	固态	—	—	—	—	—	—	由生产厂家进行回收处理。

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m<sup>3</sup>，年排放总量为 kg。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日第二次修订；</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(5)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）；</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号，2019 年 3 月 2 日修订）；</p> <p>(7)《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号，2016 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订）；</p> <p>(9)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(10)《射线装置分类》原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(11)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日；</p> <p>(12)《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，（环发〔2012〕77 号），原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日；</p> <p>(13)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 2019 年第 57 号；</p> <p>(14)《产业结构调整指导目录（2024）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号，2024 年 2 月 1 日施行）；</p> <p>(15)《建设项目环境影响评价信息公开机制方案》，环发〔2015〕162 号，2015</p>
------	---

	<p>年 12 月实施；</p> <p>(16)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020 年 4 月 29 日修订。</p>
技术标准	<p>(1)《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(3)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(4)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(5)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007)；</p> <p>(6)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)；</p> <p>(7)《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 3 部分：<math>\gamma</math>射线源放射治疗机房》(GBZ/T201.3-2014)；</p> <p>(8)《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)；</p> <p>(9)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)；</p> <p>(10)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)；</p> <p>(11)《放射诊断放射防护要求》(GBZ 130-2020)；</p> <p>(12)《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》(GBZ/T244-2017)；</p> <p>(13)《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017)；</p> <p>(14)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)。</p>
其他	<p>(1)《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4 号)；</p> <p>(2)《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987)；</p> <p>(3)《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》生态环境部(国家核安全局)；</p> <p>(4)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函〔2016〕1400 号)；</p> <p>(5)院方提供的工程设计图纸及相关技术参数资料；</p> <p>(6)环评委托书。</p>



**表 7 保护目标与评价标准**

评价范围							
<p>根据本项目医用射线装置的特点和应用内容，按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）要求，确定本项目辐射环境影响评价的范围为：各射线装置机房屏蔽墙体四周向外延伸 50m 的区域。</p>							
保护目标							
<p>根据本项目确定的评价范围，环境保护目标主要是辐射工作人员和周围公众，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。</p>							
表 7-1 本项目主要环境保护目标一览表							
项目	保护目标	人数 (人/d)	相对位置	距辐射源/屏蔽体最近距离(m)		照射类型	剂量约束值 (mSv/a)
				水平距离	垂直距离		
介入治疗室 1	介入治疗室 1 内的医生（第一术者位）	45	-	0.5	0	职业	5.0
	介入治疗室 1 内的医生（第二术者位）		-	1.0	0	职业	5.0
	介入治疗室 1 内的护士		-	1.5	0	职业	5.0
	控制室 1 内的技师	3	北侧	4.4	0	职业	5.0
	刷手准备室 1、排烟机房、设备间 1、铅衣间、污物走廊等区域的人员	约 800	北侧	5.7	0	公众	0.1
	患者走廊、缓冲间、污物走廊、强电间、补风机房、设备间 2、排烟机房、库房、污物暂存间、消毒间、病理库房、前室、弱电进线间等区域的人员	约 800	东北侧	9.0	0	公众	0.1
	患者走廊、介入治疗室 2、过道、污物电梯厅、消防控制室等区域的人员	约 800	东侧	7.6	0	公众	0.1
	患者走廊、刷手准备室 2、控制室 2、铅衣室、设备间 3、刷手准备室 3、控制室 3、介入治疗室 3、护士站、家属等候区、过道、专用加压水泵房、高压细水雾灭火系统机房、病理库房、消防控制室、柴发机房、电井、卫生间、补风机房、物流机房、预留机房等区域的人员	约 800	东南侧	8.8	0	公众	0.1
	2 间库房、麻醉苏醒室、医护走廊、谈话间、值班室、更衣沐浴、换鞋发放区、介入治疗大	约 800	南侧	3.5	0	公众	0.1

	厅、停车场等区域的人员						
	医护走廊、新风机房、医办、护长办、主任办、会议示教室、就餐休息室等区域的人员	约 1000	西南侧	4.5	0	公众	0.1
	医护走廊、合前用室、消防电梯、水井、绿化、院内道路、直线加速器楼、办公楼等区域的人员	约 500	西侧	2.6	0	公众	0.1
	污物走廊、排烟井、楼梯、绿化、院内道路、院外绿化等区域的人员	约 1000	西北侧	4.2	0	公众	0.1
	消防车道，绿化、其余楼层功能区的人员	约 1500	上方	0	6.0	公众	0.1
	停车场，-2F、-3F、-4F 其余功能用房等区域的人员	约 1000	下方	0	-3.3	公众	0.1
直线加速器机房2	控制室 2 内的辐射工作人员	27	西侧	9.05	0	职业	5.0
	水冷机房 2、走廊、强电井、旧模室、铅模室、风井、走廊、前室、库房、楼梯、后装机房等区域的人员	约 40	北侧	7.9	0	公众	0.1
	水冷机房 2 上空、走廊上空、强电井、旧模室上空、铅模室上空、风井、走廊、前室上方、库房上方、楼梯、后装机房上方等区域的人员	约 40	北侧	7.9	4.2	公众	0.1
	人防工程内的人员	约 10	东南侧	12.2	0	公众	0.1
	直线加速器机房 3、水冷机房 3、走廊、电井、排烟井、人防通道、送风井、楼梯、消防电梯、人防工程、患者电梯厅、医护电梯厅、步行医疗街等区域的人员	约 100	南侧	7.95	0	公众	0.1
	准备间 3、控制室 3、库房、机房 3、走廊、报警阀间、步行医疗街、人防工程、休闲区、商业、卫生间、值班室等区域的人员	约 100	西南侧	10.2	0	公众	0.1
	走廊、生活水泵房、库房、机房 3、走廊、人防工程、停车场、室外活动平台等区域的人员	约 300	西南侧	10.2	4.2	公众	0.1
	机房 2、控制室 2、准备间 2、候诊区、抢救室、治疗室、放疗中心大厅、男/女更衣室、男/女卫生间、制模室、体模室、示教室、物理中心、男/女值班室、走廊、排烟机房、医患沟通室等区域的人员	约 300	西侧	9.32	0	公众	0.1
	绿地、院内道路、停车位等区域的人员	约 500	西侧	40.6	18.2	公众	0.1
	电井、风井、楼梯、走廊、3 间准备间、送风机房、3 间控制室、更衣室、库房、设备间、CT 模拟机房、后装机房、直线加速器机房 1、准备间 1、控制室 1、机房 1、水冷机房 1、合前用室、新风机房、水井等区域的人员	约 500	西北侧	11.4	0	公众	0.1
	服务器机房、绿地、院内道路等区域的人员	约 800	西北	22.6	18.2	公众	0.1

			侧				
	停车场、住院综合楼其余楼层等区域的人员	约 1000	上方	0	7.9	公众	0.1

## 评价标准

### 一、环境质量控制标准

- (1) 大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准；
- (2) 地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类标准；
- (3) 声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）2 类标准。

### 二、污染物排放标准

- (1) 废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。
- (2) 医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中的预处理排放标准。
- (3) 噪声：①施工期：《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；②运营期：《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准。
- (4) 固体废物：医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》（GB39707-2020）。

### 三、电离辐射剂量限值和剂量约束值

电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

(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。

本次评价取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4（即 5mSv/a）作为医院职业人员年剂量约束值；取四肢（手和足）或皮肤年当量剂量的 1/4（即 125mSv/a）作为职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值。

(2) 公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关的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。

本项目评价取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的 1/10（即 0.1mSv/a）作

为公众的年剂量约束值。

#### 四、加速器机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中 6.1.4 剂量控制应该符合以下要求:

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

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

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

机房外非辐射工作人员:  $\dot{H}_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

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

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

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

b) 穿出机房顶的辐射对偶然到达机房顶外的人员的照射,以年剂量  $250 \mu\text{Sv}$  加以控制。

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

本项目综合考虑保守取:  $\dot{H}_{c,\max} \leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

#### 五、《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021),要求如下:

8.4.1 放射治疗室内应设置强制排风系统,采取全排全送的通风方式,换气次数

不少于 4 次/h，排气口位置不得设置在有门、窗或人流较大的位置。

## 六、DSA 机房周围剂量率控制水平

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）第 6.3.1 点规定，本项目 DSA 机房在距离机房屏蔽体外表面 30cm 外，周围辐射剂量率应满足：控制目标值不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

## 七、《放射诊断放射防护要求》（GBZ 130-2020）其它要求

### 6.1 X 射线设备机房布局

6.1.5 除床旁摄影设备、便携式 X 射线设备和车载式诊断 X 射线设备外，对新建、改建和扩建项目和技术改造、技术引进项目的 X 射线设备机房，其最小有效使用面积、最小单边长度应符合表 7-2 要求。

表 7-2 X 射线设备机房（照射室）使用面积、单边长度的要求

机房类型	机房内最小有效使用面积（ $\text{m}^2$ ）	机房内最小单边长度（m）
单管头 X 射线设备（含 C 形臂，乳腺 CBCT）	20	3.5

备注：本项目 DSA 属于单管头 X 射线机。

### 6.2 X 射线设备机房屏蔽

6.2.1 不同类型 X 射线设备（不含床旁摄影设备和便携式 X 射线设备）机房的屏蔽防护应不低于表 7-3 要求。

表 7-3 不同类型 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（ $\text{mmPb}$ ）	非有用线束方向铅当（ $\text{mmPb}$ ）
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

备注：本项目 DSA 最大管电压为 125kV。

6.2.3 机房的门和窗关闭时应满足表 7-3 的要求。

### 6.3 X 射线设备机房屏蔽体外剂量水平

6.3.1 机房的辐射屏蔽防护，应满足下列要求：

a) 具有透视功能的 X 射线设备在透视条件下检测时，周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；测量时，X 射线设备连续出束时间应大于仪器响应时间；

### 6.4 X 射线设备工作场所防护

6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。

6.4.2 机房内不应堆放与该设备诊断工作无关的杂物。

6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。

6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志；机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。

6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置；推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施；工作状态指示灯能与机房门有效关联。

6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。

### 6.5 X 射线设备工作场所防护用品及防护设施配置要求

6.5.1 每台 X 射线设备根据工作内容，现场应配备不少于表 7-4 基本种类要求的工作人员、受检者防护用品与辅助防护设施，其数量应满足开展工作需要，对陪检者应至少配备铅橡胶防护衣。

6.5.3 除介入防护手套外，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.25mmPb；介入防护手套铅当量应不小于 0.025mmPb；甲状腺、性腺防护用品铅当量应不小于 0.5mmPb；移动铅防护屏风铅当量应不小于 2mmPb。

6.5.4 应为儿童的 X 射线检查配备保护相应组织和器官的防护用品，防护用品和辅助防护设施的铅当量应不小于 0.5mmPb。

6.5.5 个人防护用品不使用时，应妥善存放，不应折叠放置，以防止断裂。

表 7-4 个人防护用品和辅助防护设施配置要求

放射检查 类型	工作人员		患者和受检者	
	个人防护用品	辅助防护设施	个人防护用品	辅助防护设施
介入放射 学操作	铅橡胶围裙、铅橡胶 颈套、铅防护眼镜、 介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	铅悬挂防护屏/铅防护吊 帘、床侧防护帘/床侧防护 屏 选配：移动铅防护屏风	铅橡胶性腺防护围裙 （方形）或方巾、铅橡 胶颈套 选配：铅橡胶帽子	—

注 1：“—”表示不做要求。

**表 8 环境质量和辐射现状**

### **一、项目地理和场所位置**

本项目位于内江市第二人民医院住院综合楼（-4F~13F，总高约63.5m）介入治疗室1、直线加速器机房2区域，根据现场踏勘，本项目周边环境及拟建位置现场情况如下图所示。



**图8-1 本项目及周边现状图**

### **二、本项目主要环境影响**

本项目施工期为机房防护装修施工、设备安装调试，施工期的环境影响较小。在投入运营后，主要对环境造成影响的是射线装置在曝光过程中产生的 X 射线。

### **三、本项目所在地 X/γ辐射空气吸收剂量现状监测**

受内江市第二人民医院委托，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司的于 2025 年 11 月 07 日对本次评价的辐射工作场所进行了现场监测，其监测项目、分析方法及来源见

表 8-1。

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

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

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备			使用环境
	名称及编号	主要参数	检定/校准情况	
X/γ辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 SCYRJ-FSWS-033	能量响应： 20keV~3.0MeV 测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h	校准/检定单位： 中国测试技术研究院 校准/检定有效期： 2025.09.12~2026.09.11 校准因子：0.97（校准源： <sup>137</sup> Cs）	天气：阴 温度： 15.4℃ 湿度： 58.9%

#### 四、质量保证

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经过培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司质量管理体系：

##### （一）资质认证

从事监测的单位，四川省瑜仁嘉卫生技术服务有限公司于 2023 年 12 月取得了四川省市场监督管理局颁发的计量认证证书，证书编号为：232303100019，有效期至 2029 年 5 月 3 日。

##### （二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

##### （三）记录与报告

①数据记录制度；②报告质量控制。监测人员均经过培训，考核合格持证上岗。

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。



## 五、监测布点原则及监测点布置

本项目在正常运行时，对环境影响的污染因子，主要为曝光时高压射线管发出的 X 射线，由此确定本项目现状监测因子为 X/γ 辐射剂量率。根据现场实际情况，X/γ 辐射剂量率监测点位主要包括机房的室内、室外、正下方、正上方及评价范围内的敏感点。根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，以上监测布点能够科学的反映该射线装置工作场所周围的辐射水平及人员受照射情况，点位布设符合技术规范要求。

表 8-3 现状监测布点情况及其相对位置关系

监测点位		备注
1	本项目直线加速器拟建址中央	可反映拟建直线加速器机房 2 场地现状值
2	本项目直线加速器拟建址正上层	可反映直线加速器机房 2 正上方环境保护目标现状值
3	本项目直线加速器拟建址正下层	可反映直线加速器机房 2 正下方环境保护目标现状值
4	本项目医用血管造影系统拟建址中央	可反映介入治疗室 1 场地现状值
5	本项目医用血管造影系统拟建址正上层	可反映介入治疗室 1 正上方环境保护目标现状值
6	本项目医用血管造影系统拟建址正下层	可反映介入治疗室 1 正下方环境保护目标现状值
7	项目所在住院综合楼西侧道路	可反映本项目所在楼栋西侧环境保护目标现状值
8	项目所在住院综合楼北侧道路	可反映本项目所在楼栋北侧环境保护目标现状值
9	项目所在住院综合楼东侧道路	可反映本项目所在楼栋东侧环境保护目标现状值
10	项目所在住院综合楼南侧道路	可反映本项目所在楼栋南侧环境保护目标现状值
11	项目所在大楼西侧直线加速器楼旁	可反映本项目所在楼栋西侧环境保护目标现状值
12	项目所在大楼西侧办公楼旁	可反映本项目所在楼栋西侧环境保护目标现状值
13	医院大门口	可反映医院外的环境保护目标现状值

注：本项目现状监测布点主要包括 2 间机房室内、室外、正下方、正上方及评价范围内的敏感点。

监测布点示意图如下：



## 六、环境现状监测与评价

具体监测结果如下：

表 8-4 环境 X/γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

测点 编号	点位描述	X/γ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)	备注
1	本项目直线加速器拟建址中央	87	2.5	室内
2	本项目直线加速器拟建址正上层	82	3.1	室内
3	本项目直线加速器拟建址正下层	84	2.8	室内
4	本项目医用血管造影系统拟建址中央	87	2.5	室内
5	本项目医用血管造影系统拟建址正上层	84	3.2	室内
6	本项目医用血管造影系统拟建址正下层	87	3.6	室内
7	项目所在住院综合楼西侧道路	83	2.1	室外
8	项目所在住院综合楼北侧道路	90	3.8	室外
9	项目所在住院综合楼东侧道路	92	3.0	室外
10	项目所在住院综合楼南侧道路	89	2.5	室外
11	项目所在大楼西侧直线加速器楼旁	88	3.2	室外
12	项目所在大楼西侧办公楼旁	91	2.8	室外
13	医院大门口	85	3.8	室外

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

根据现场监测报告，本项目所在区域 X/γ 辐射剂量率为 82~92nGy/h，与内江市生态环境局发布的《2024 内江市生态环境质量公报》电离辐射中，在内江市汉晨路站监测点测量的环境 γ 辐射空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）监测值为 62.8nGy/h~155.1nGy/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、施工期的工程分析

本项目主体工程土建施工环境影响已在内江市生态环境局批复的《内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书》（批复文号：内市环审批〔2025〕4号）中进行了分析评价，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。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。

1、DSA

医院拟在住院综合楼负一楼介入治疗室 1 及其配套用房内进行部分防护工程及装饰工程的建设，在介入治疗室 1 内分别新增使用 1 台 DSA，属于Ⅱ类射线装置。本项目施工期将会产生一定扬尘、噪声、固体废物、装修中产生的废气以及施工人员的生活垃圾和生活污水。其工艺流程及污染物产生环节如下图 9-1 所示。

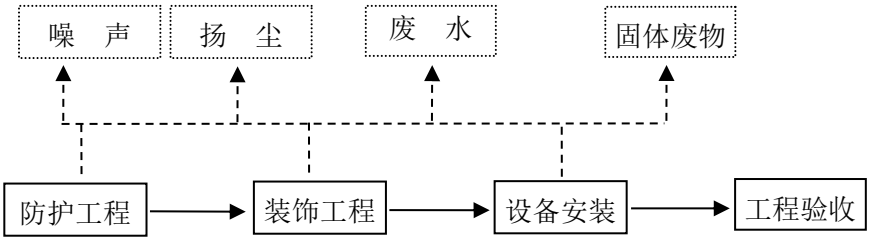


图 9-1 施工期工艺流程及产物环节图

2、医用电子直线加速器

本项目医用电子直线加速器所使用的辐射工作场所还需进行场所装修、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他防护设施的安装，施工期将产生少量扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物主要产生环节见图 9-2。

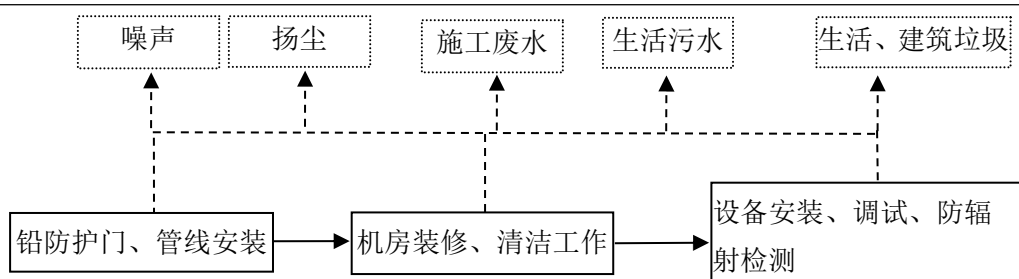


图 9-2 施工期工艺流程及污染物产生环节图

根据建设单位提供的资料，已有建筑结构和基础满足后期本项目建设施工要求。

在装修时，应注意施工方式，保证各屏蔽体有效衔接，本项目防护门与墙的重叠宽度至少为空隙的 10 倍；排风口位置应做好射线防护，增加铅皮，防止射线外漏；屏蔽墙体表面宜光滑，洁净，颜色均匀一致，无抹纹，灰线平直方正，清晰美观，无裂纹、脱皮、麻面和起砂等现象，待硫酸钡防护层完全达到最终强度后，再施工防水层；本项目观察窗与墙体至少重叠 5cm，避免各屏蔽体之间有漏缝产生，防止辐射泄漏。

本项目装修施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，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，均由设备厂家专业人员进行，医院不得自行搬迁、安装及调试设备。在射线装置安装过程中，会产生少量包装废弃物；在射线装置安装调试阶段，主要污染因素为 X 射线、臭氧和少量包装废弃物。医院应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。人员离开时机房必须上锁并派人看守。设备安装调试阶段，不允许其他无关人员进入设备区域，防止辐射事故发生。

## 二、运营期

### 1、DSA

#### (1) 设备组成及工作原理

##### ①设备组成

本项目 DSA 由 X 线发生装置，包括 X 线球管及其附件、高压发生器、X 线

控制器等，图像检测系统，包括光栅、影像增强器或平板探测器、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

## ②工作原理

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的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。本项目主要污染因子为：高速电子轰击靶体产生 X 射线。

X 射线装置原理见图 9-3。

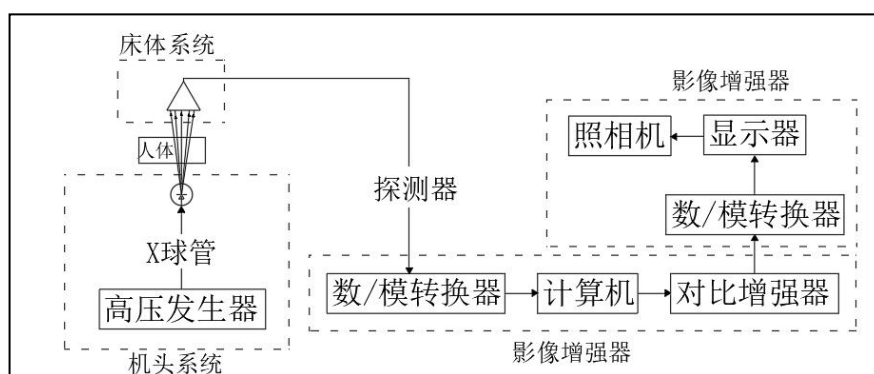


图 9-3 X 射线装置基本原理图

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，形成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。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）诊断及治疗流程简述

本项目放射介入诊断流程如下所示：

1) 病人候诊、准备、检查：由医生写介入诊疗申请单；介入接诊手术医生检查是否有介入诊断的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊断时间。

2) 向病人告知可能受到的辐射危害：介入主管医生向病人或其家属详细介绍介入诊断的方法、途径、可能出现的并发症、可预期的效果、术中所用的介入材料及其费用等。对各种需放置支架的病人，由介入主管医生根据精确测量情况提前预定核实的支架。

3) 设置参数，病人进入介入手术室、摆位：根据不同手术及检查方案，设置 DSA 系统的相关技术参数，以及其他监护仪器的设定；引导病人进入介入手术室并进行摆位。

4) 根据不同的治疗方案，手术医生及技师密切配合，完成介入手术或检查。DSA 在进行曝光时分为检查和诊断两种情况：

#### ①拍片检查

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，然后进入控制室，关好防护门。手术医生、技师通过控制室的计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。手术医生根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

#### ②介入诊断

DSA 介入诊断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，介入手术医生位于手术床一旁，其中第一术者位距 DSA 的 X 线管 0.5m 处、第二术者位距 DSA 的 X 线管 1m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如铅衣、铅围裙、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。介入诊断中，手术医生根据操作需求，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，病人离开介入手术室。

5) 治疗完毕关机：手术医生应及时书写手术记录，技师应及时处理图像、刻录光盘或照片，急症病人应尽快将胶片交给病人；对单纯接受介入造影检查的病人，手术医生应在 24 小时内将诊断报告写出由病人家属取回交病房病历保管。

本项目 DSA 工作流程及产污图见图 9-4:

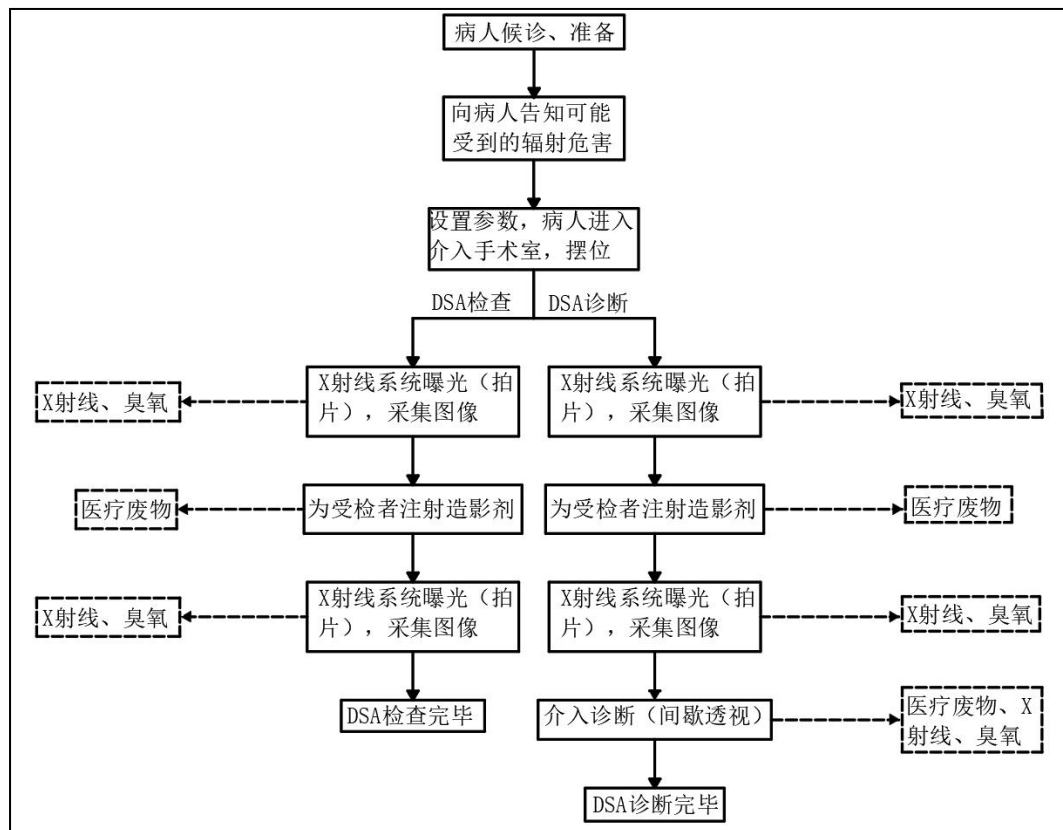


图 9-4 DSA 检查与诊断流程及产污环节示意图

其中 DSA 介入诊断具体操作流程为：诊断时，患者仰卧并进行无菌消毒，局部麻醉后，经皮穿刺，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动脉内，经鞘插入导管，推送导管，在 X 线透视下将导管送达目标部位，进行介入诊断，留 X 线片记录，探查结束，撤出导管，穿刺部位止血包扎。在手术过程中，医生必须在床旁并在 X 线导视下进行。

### （3）使用工况

本项目 DSA 主要用于进行心内科、肝胆外科、神经内科、神经外科、康复科、肿瘤中心/血管外科、肾内科的介入手术，其中心内科预计年手术量为 150 台，肝胆外科、神经外科、康复科预计年手术量各为 50 台，神经内科、肿瘤中心/血管外科、肾内科预计年手术量各为 100 台。本台 DSA 设备年曝光时间累计约 117.1h（拍片 2.9h、透视 114.2h）

### （4）医护人员、患者、污物路径分析

医护人员路径：本项目医护人员由医护走廊进出辐射工作场所。

患者路径：患者通过患者走廊，从缓冲间进出介入治疗室 1。

污物路径：手术过程中产生的医疗废物经打包后通过污物走廊暂存于污物暂存间，污物转移过程中为避免人群，应选择夜间（或其他人流量少的时间段）进行转移，最终交由有相应资质的单位回收处理。

本项目人流、污物路径示意图见下图 9-5：



## **2、医用电子直线加速器**

### **（1）设备组成及工作原理**

#### **①设备组成**

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





图 9-6 常见的医用电子直线加速器结构示意图

## ②工作原理

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

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

由于物理师在进行每一次治疗时的摆位状态和分次治疗时病人病灶位置的变化，如呼吸运动、膀胱充盈、小肠蠕动、胸腹水和肿瘤的增大或缩小等引起的位置差异，使得摆位误差仍可能有数毫米，甚至更大，在适形和调强放疗中更为明显。本项目医用电子直线加速器在治疗机头两侧安装了 X 射线管以及平板探测器（机载 CBCT），每次放射治疗前，X 射线管和探测板围绕人体一周扫描，经过计算机处理重建后，得到肿瘤靶区及周围一定体积三个不同位置（冠状位、矢状位，横断位）的影像（三维图像），与治疗计划图像对比，如果发现有误差，即调整患者位置使肿瘤靶回到治疗计划位置，让照射野仅仅“追随”靶区，进一步提高了射线照射的精确性，实现了影像学指导的放疗。

## ③设备参数

医院拟购买一台 10MV 医用电子直线加速器，均属于Ⅱ类射线装置，具体参

数见表 9-1。

表 9-1 本项目医用电子直线加速器参数

使用场所	直线加速器机房 2
数量	1 台
厂家、型号	待定
最大 X 射线能量	10MV
最大电子线能量	15MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%
X 射线 1m 处最大剂量率	24Gy/min
电子线 1m 处剂量率	30Gy/min
治疗角	0-360°
正常治疗距离	最大等中心到治疗机头净空间距离为 45cm
主射线最大出束角度	28°
等中心高度	129.5cm
最大照射野 (SSD=1 米)	40cm×40cm

## (2) 治疗流程及产污染环节

①患者在治疗周期内，病情会随着治疗野次而变化，因此，在治疗周期内放疗计划会随着病人治疗的情况而调整，患者在放疗前需要先经过 CBCT 诊断校准靶区位置确认放疗计划。由技师带领患者进入机房后，确认机房内无其他人员滞留，撤离机房并关闭防护门，技师在控制室内通过 CBCT 对患者进行拍片，根据校准后的图像确定是否需要更改放疗计划。

②物理师确认放疗计划无误后，对患者进行摆位，定位无误后技师在控制室内按照医疗方案设置参数，调整好出束时间、角度、剂量，然后进行出束治疗。本项目医用电子直线加速器治疗过程中会产生 X 射线、电子线，X 射线、电子线内的空气会电离产生臭氧。

③治疗结束后，停止出束，解除定位，关闭系统，患者离开机房。

本项目拟使用的 10MV 医用电子直线加速器可提供 2 种治疗模式，一种是电子治疗模式，利用电子线对浅表部位病灶照射放疗，电子线最大能量为 15MeV；一种是 X 射线治疗模式，用于深部病灶照射，X 射线能量最大为 10MV。医用电子直线加速器治疗流程及产污环节见图 9-7。

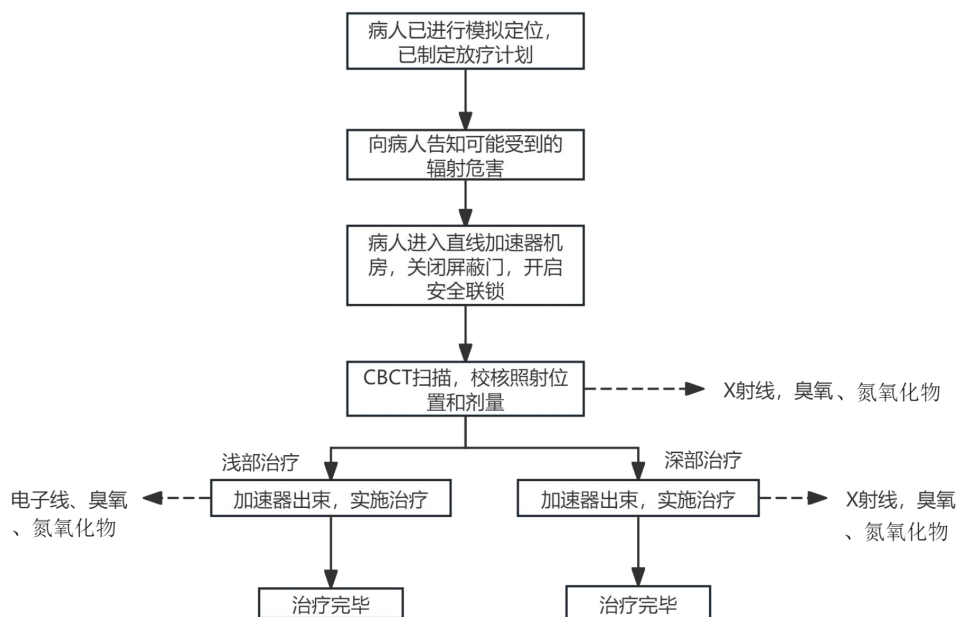


图 9-7 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

通过分析可知，产污环节为：模拟定位时产生的 X 射线、臭氧和少量的氮氧化物，CBCT 照射位置校准过程中扫描产生的 X 射线、臭氧和少量的氮氧化物，医用电子直线加速器质控及治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧和氮氧化物，以及风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声。

### （3）工作负荷

根据医院预测的诊疗需要，本项目医用电子直线加速器预计每天最多放射治疗 30 人，保守均按照 X 射线深部治疗模式，每人次出束治疗时间最多为 2min，则年最大治疗出束时间约 250h；物理师独立做周、月计划验证及质控年累计有效出束时间 50h/年；综上，单台医用电子直线加速器 X 射线年总出束时间最大约 300h（治疗+质控）。

本项目医用电子直线加速器采用 CBCT 图像引导功能进行治疗前的扫描，平均每次扫描时间为 0.5min/人，则 CBCT 年出束时间为 62.5h。

### （4）医护人员和病人路径分析

医护人员路径：辐射工作人员首先由直线加速器机房 2 西北侧楼梯进入放疗中心，随后进入控制室 2，每次病人进入直线加速器机房 2 时，技师将进入直线加速器机房 2 内协助患者进行摆位，摆位完成后返回至控制室 2，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。

病人路径：病人由西北侧电梯进入放疗中心，再前往导医台登记后，登记后在候诊区进行等待，随后进入直线加速器机房 2 内，待患者治疗完毕后，离开工作区域，原路径返回。



图 9-8 本项目放疗中心人流路径示意图

## 污染源项描述

### 一、施工期污染源项分析

#### 1、施工阶段

本项目施工期将会产生一定扬尘、噪声、固体废物、装修中产生的废气以及施工人员的生活垃圾和生活污水。

#### 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。

### 二、运营期污染源项分析

#### 1、DSA

##### (1) 电离辐射

DSA 在开机状态下产生的 X 射线，不开机状态下不产生 X 射线。本项目的

数字减影血管造影装置（DSA）的相关参数具体如下表 9-2 所示：

表 9-2 本项目的相关参数

工作场所	介入治疗室 1
设备名称	数字减影血管造影装置（DSA）
设备型号	待定
射线装置分类	II类射线装置
额定参数	125kV，1000mA
运行参数	透视：70~90kV，6~15mA；拍片：60~100kV，100~320mA
射线管过滤材料	2.5mm 铝

### （2）废气

X 射线因与空气发生电离作用产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目介入治疗室 1 内配置通排风系统（新风量为 1500m<sup>3</sup>/h、排风量为 1500m<sup>3</sup>/h），介入治疗室 1 的室内排风口位介入治疗室 1 北侧吊顶处，产生臭氧接排风管道经室内预留的排风口引至室外排放口（位于住院综合楼 1F 西北侧（阅片室外），离地高约 0.8m）排出，经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m<sup>3</sup>）的要求。

### （3）废水

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模：500m<sup>3</sup>/d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

### （4）固体废物

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，DSA 设备每年手术量为 600 台，则每年固体废物产生量约为 1200kg（1.2t）。本项目 DSA 产生的医疗废物在污物暂存间打包后与医院其他医疗废物一起在医院既有医疗废物暂存间内暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目 DSA 拟配置 48 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg，则每天生活垃圾产生量约 24kg（0.024t），每年生活垃圾产生量约 6t。工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后

由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

### **(5) 噪声**

本项目所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB (A)，且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2 类标准要求。

### **(6) 造影剂的存储、泄露风险**

造影剂(碘海醇)是介入放射学操作中最常使用的药物之一，医院将外购造影剂采用不锈钢药品柜作为普通药品单独密封保存，钥匙交专人保管；未使用完和过期的造影剂均作为医疗废物处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送。在使用造影剂前由药剂师进行剂量核算后护士取药，医生用高压注射器按照血液流速注入病人血管内，在 X 射线的照射下达到血管造影的目的，最后由泌尿系统排出体外。造影剂不属于重金属和其他持久性有机物，不存在泄露风险。

## **2、医用电子直线加速器**

### **(1) 电离辐射**

#### **①X 射线**

本项目医用电子直线加速器以 X 射线模式运行时，发射出来的 X 射线主要用于治疗，治疗剂量与剂量率的大小、加速器电子能量、受照射的靶体材料、电子束流强度、电子入射方向、考察点到源的距离等因素有关。

内江市第二人民医院拟新增使用的医用电子直线加速器 X 射线最大能量均为 10MV，由于 X 射线的贯穿能力极强，将对工作人员、公众及周围环境造成辐射污染。

#### **②电子束**

当医用电子直线加速器按电子束模式运行时，从电子枪里发出来的电子束经加速管加速后直接从加速管引出用于治疗病人。电子在混凝土中射程很短，通过本项目医用电子直线加速器机房屏蔽体后，电子线将被完全屏蔽，因此医用电子直线加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

#### **③中子**

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

#### ④感生放射性

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感生放射性。

因此，本项目医用电子直线加速器开机期间，主要辐射环境污染因素为产生的 X 射线。

### （2）废气

医用电子直线加速器开机运行时产生的 X 与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物( $\text{NO}_x$ )和臭氧( $\text{O}_3$ )。本项目直线加速器机房 2 配置有通排风系统，室内进风口位于机房东南侧，进风管（500mm $\times$ 250mm）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于直线加速器机房 2 南侧）；室内排风口（离地约 150mm）位于直线加速器机房 2 北侧，排风管（630mm $\times$ 250mm）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体进入机房内，再接入排风管道通向直线加速器机房 2 北侧的排风井，通过排风井进行排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 3000m<sup>3</sup>/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m<sup>3</sup> 的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m<sup>3</sup>）要求。

### （3）废水

本项目医用电子直线加速器冷却系统采用蒸馏水，该冷却水循环使用不外排，因此不会产生放射性废水。

辐射工作人员及患者在放疗工作中或生活过程中将产生的少量的生活污水，依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模：500m<sup>3</sup>/d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江

市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

#### **(4) 固体废物**

本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物。

工作人员和患者产生的少量生活垃圾直接依托医院已建的固废收集设施收集后统一进行处理。

废靶件：医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件交由厂家进行回收处理。

#### **(5) 噪声**

本项目直线加速器机房 2 噪声源主要为风机、水冷机房水泵和空调噪声。医院拟采用低噪音设备，其噪声值不超过 65dB (A)，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对外界声环境影响较小。



**表 10 辐射安全与防护**

## 项目安全设施

### 一、辐射工作场所平面布局和两区划分

#### (一) 项目平面布局合理性分析

##### 1、介入治疗室 1

本项目 DSA 设备拟安装在医院住院综合楼负一层的介入治疗室 1 内。介入治疗室 1 东侧紧邻患者走廊、南侧紧邻库房、西侧紧邻医护走廊/污物走廊、北侧紧邻控制室 1/洗手准备室 1。

介入治疗室 1 所在楼层主要为介入中心、普通地下车库、设备机房等。介入治疗室 1 楼下（正下方为停车场）为住院综合楼负二层主要为普通地下车库、地下人防等。介入治疗室 1 楼上（正上方为消防车道）为住院综合楼一层主要为影像科、功能检查科、出入院办理等。

本项目医护人员从医护走廊进出医生控制室及辐射工作场所；患者从缓冲间的患者走廊进出介入治疗室 1。手术过程中产生的医疗废物经打包后进行转移暂存于污物暂存间。因此，本评价认为本项目总平面布置是合理的。

对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)机房布局要求，本项目介入治疗室 1 平面布置合理性分析见表 10-1。

**表 10-1 介入治疗室 1 布局合理性对照分析**

标准要求	设计落实情况	备注
6.1.1 应合理设置 X 射线设备、机房的门、窗和管线口位置，应尽量避免有用线束直接照射门、窗、管线口和工作人员操作位。	本项目介入治疗室 1 内新增使用一台 DSA 设备，该设备有用线束由下而上照射。	满足
6.1.2 X 射线设备机房(照射室)的设置应充分考虑邻室(含楼上和楼下)及周围场所的人员防护与安全。	介入治疗室 1 四周均做了相应的防护措施。	满足

综上所述，本项目各组成部分功能区明确，所在位置既方便就诊、满足科室诊疗需要，也能够降低人员受到意外照射的可能性，所以平面布置是合理的。

##### 2、直线加速器机房 2

本项目直线加速器机房 2 位于住院综合楼负四楼，为所在建筑物最底层。由于其层高较高，因此其屏蔽体跃负四层与负三层，机房下方为土层，上方紧邻停

车场。

机房东侧为土层；南侧紧邻直线加速器机房 3；西侧紧邻机房 2、控制室 2、准备间 2、走廊，北侧紧邻水冷机房 2、走廊、强电井。

根据平面布置图，本项目拟新增的医用电子直线加速器位于直线加速器机房 2，机房及其配套用房集中布置在住院综合楼负四楼，直线加速器机房 2 东侧、下方均为土质层，最大程度的减少了对周围环境的影响。因此本项目直线加速器机房 2 的平面布置是合理的。

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，本项目直线加速器机房 2 平面布置合理性分析见表 10-2。

**表 10-2 直线加速器机房 2 布局合理性对照分析**

标准要求	设计落实情况	备注
6.1.1 放射治疗设施一般单独建造或建在建筑物底部的一端；放射治疗机房及其辅助设施应同时设计和建造，并根据安全、卫生和方便的原则合理布置。	本项目直线加速器机房 2 位于住院综合楼负四楼为所在建筑物最底层，控制室、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。	满足
6.1.2 放射治疗工作场所应分为控制区和监督区。治疗机房、迷路应设置为控制区；其他相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需经常检查其职业照射条件的区域设为监督区。	本项目将实行两区管理，直线加速器机房 2 及迷路划分为控制区，控制室 2、机房 2、准备间 2 划为监督区，两区划分具体见表 10-3。	满足
6.1.3 治疗机房有用线束照射方向的防护屏蔽应满足主射线束的屏蔽要求，其余方向的防护屏蔽应满足漏射线及散射线的屏蔽要求。	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。	满足
6.1.4 治疗设备控制室应与治疗机房分开设置，治疗设备辅助机械、电器、水冷设备，凡是可以与治疗设备分离的，尽可能设置于治疗机房外。	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。	满足
6.1.5 应合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	本项目合理设置有用线束的朝向，直接与治疗机房相连的治疗设备的控制室和其他居留因子较大的用室，尽可能避开被有用线束直接照射。	满足
6.1.6X 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； $\gamma$ 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	本项目直线加速器机房 2 设置有满足屏蔽要求的迷路。	满足

路。		
6.1.7 术中放射治疗手术室应采取适当的辐射防护措施，并尽量设在医院手术区的最内侧，与相关工作用房(如控制室或专用手术中放射治疗设备调试、维修的房间)形成一个相对独立区域；术中控制台应与治疗设备分离，实行隔室操作，控制台可设在控制室或走廊内。	本项目不属于术中放射治疗项目。	满足
5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	本项目选址充分考虑了对其周围环境的辐射影响，选址于内江市第二人民医院住院综合楼最底层建筑内，未设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	满足
5.1.2 放射治疗场所宜单独选址、集中建设，或设置在多层建筑物的底层的一端，尽量避开儿科病房、产房等特殊人群及人员密集区域，或人员流动性大的商业活动区域。	本项目直线加速器机房 2 选址在内江市第二人民医院住院综合楼最底层建筑负四层，下方为土层，无建筑，上方为停车场，避开了产科、儿科等特殊人群及人员密集区域，周围无人员流动性大的商业活动区域。	满足

综上，本项目平面布置满足《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)布局要求，其平面布置合理。

## (二) 辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

### 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，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。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-3。

表 10-3 本项目工作区域划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
直线加速器机房 2	直线加速器机房 2 (含迷路)	控制室 2、机房 2、准备间 2	对控制区进行严格管理，禁止无关人员进入，在放射治疗过程中严禁除患者以外的人员进入。控制区设置清晰可见的电离辐射警告标志。职业工作人员在进行日常工作时候尽量减少在控制区内停留时间。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。
介入治疗室 2	介入治疗室 2	控制室 1、刷手准备室 1、铅衣间、机房污物通道门外 1m 处、机房患者通道门外 1m 处	对控制区进行严格管理，禁止无关人员进入。控制区设置清晰可见的电离辐射警告标志。职业工作人员在控制区进行日常工作时候尽可能减少受照时间，介入手术人员必须穿戴防护用品，以减少不必要的照射。 监督区范围内应尽量限制无关人员进入。



图 10-1 本项目直线加速器机房 2 两区划分示意图



图 10-2 本项目介入治疗室 1 两区划分示意图

### 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，本项目电离辐射警告标识拟设于介入治疗室 1 的 4 扇铅门外、直线加速器机房 2 的 1 扇铅门外。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，如图 10-3 所示。

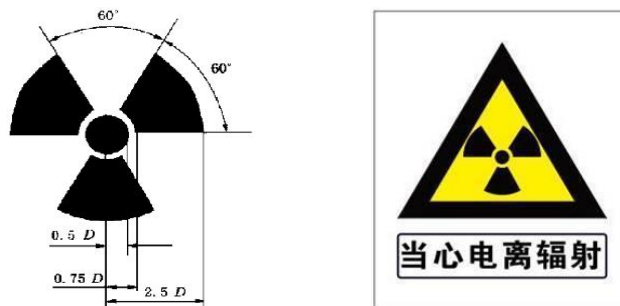


图 10-3 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

- ②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- ③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；
- ④在更衣室备有个人防护用品、工作服和被污染防护衣具的贮存柜；
- ⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

### 4、监督区防护手段与安全措施

①建设单位计划以黄线警示本项目监督区的边界；

②医院计划在本项目监督区的入口处的适当地点设立表明本项目监督区的标牌；

③医院计划定期检查本项目监督区的条件，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。

建设单位应严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，结合医院实际情况，加强控制区和监督区的监管。

## 二、辐射安全与防护措施

### （一）DSA

#### 1、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。

#### 2、设备固有安全性

本项目 DSA 购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，仪器本身采取了多种安全防护措施：

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过滤板，以消除软 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，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，利用此方法可以明显缩短总透视时间，以减少不必要的照射。

⑤正常情况下，必须按规定程序并经控制台确认验证设置无误时，才能由"启动"键启动照射；同时在操作台和床体上均设置有“紧急止动”按钮，一旦发现异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

⑥**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，人次如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑦**配备辅助防护设施**：配备铅屏风等辅助防护设施，则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。

### 3、屏蔽防护措施

#### (1) 主体结构屏蔽

根据医院提供防护设计资料，对照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录C查询，机房实体防护设施铅当量折合估算见表10-4，根据机器特性，在实际使用中不会使用到最大管电压125kV，但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍按照125kV下辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-4 铅、混凝土、实心砖对管电压（125kV）X 射线辐射衰减的有关的拟合参数

管电压	铅			实心砖			混凝土		
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
125 散	2.233	7.888	0.7295	——	——	——	0.0351	0.066	0.7832
125	2.219	7.923	0.5386	0.0287	0.067	1.346	0.03502	0.07113	0.6974

$$X = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right)$$

式中：

X—不同屏蔽物质的铅当量厚度；

$\alpha$ —不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ —不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

B—给定铅厚度的屏蔽减弱因子；

$\beta$ —不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数。

根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)附录 C 公式 C.1 和 C.2 进行计算，当管电压（有用线束）为 125kV 时，150mm 混凝土（密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>）计算结果约为 1.87mmPb；400mm 混凝土（密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>）计算结果约为 5.75mmPb；240mm 实心砖（密度为 1.65g/cm<sup>3</sup>）计算结果约为 2.28mmPb。

本项目介入治疗室防护施工拟使用硫酸钡密度为3.2g/cm<sup>3</sup>(400目沉淀硫酸钡（纯度99%）：水泥=4:1），混合后的密度为2.88g/cm<sup>3</sup>，根据《放射防护实用手册》（第六章，表6.14）密度为2.79g/cm<sup>3</sup>，保守取值管电压为150kV的钡水泥，厚度为30mm，保守估计折合为1.62mmPb；厚度为40mm，保守估计折合为2.07mmPb。

表 10-5 介入治疗室 1 的实体防护折合铅当量计算表

位置	实体结构	折合铅当量	总计
----	------	-------	----

介入治疗室 1	四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	约 2.28mmPb+1.62mmPb	约 3.9mmPb
	屏蔽门	3mm 铅当量铅门	3mmPb	3mmPb
	观察窗	3mm 铅当量铅玻璃	3mmPb	3mmPb
	屋顶	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	约 1.87mmPb+2.07mmPb	约 3.94mmPb
	地面	400mm 混凝土	约 5.75mmPb	约 5.75mmPb

表 10-6 介入治疗室 1 的实体防护设施对照表

机房		介入治疗室 1	放射诊断放射防护要求	备注
机房规格		77.67m <sup>2</sup> （最小单边长度 7.6m）	最小有效使用面积 20m <sup>2</sup> ， 最小单边长度 3.5m	满足要求
四周墙体	结构及厚度	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料（合约 3.9mmPb）	非有用线束 2mm 铅当量	满足要求
屏蔽门		3mm 铅当量铅门	非有用线束 2mm 铅当量	满足要求
观察窗		3mm 铅当量铅玻璃	非有用线束 2mm 铅当量	满足要求
屋顶		150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（合约 3.94mmPb）	有用线束 2mm 铅当量	满足要求
地面		400mm 混凝土（约 5.75mmPb）	非有用线束 2mm 铅当量	满足要求

注：表中实心砖密度为 1.65g/cm<sup>3</sup>，混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>，铅玻璃密度为 3.1g/cm<sup>3</sup>，硫酸钡涂料密度为 2.79g/cm<sup>3</sup>。当屏蔽体结构由多种材料构成，各材料折合的铅当量之和即为总的铅当量。

## （2）穿墙及防护门安装设计要求

本项目介入治疗室 1 的排风管道在机房东侧墙体上方穿墙；新风管道在机房南侧墙体上方穿墙；通排风管道及电缆穿墙采用 45° 斜穿的穿墙方式，另外，为防止辐射泄漏，通排风管道穿墙后采用 3mmPb 铅皮包裹，防护门与墙的重叠宽度应至少为空隙的 10 倍，门的底部与地面之间的重叠宽度至少为空隙的 10 倍。

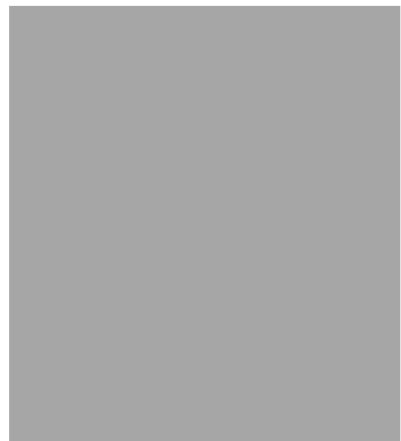


图 10-4 电缆穿墙示意图



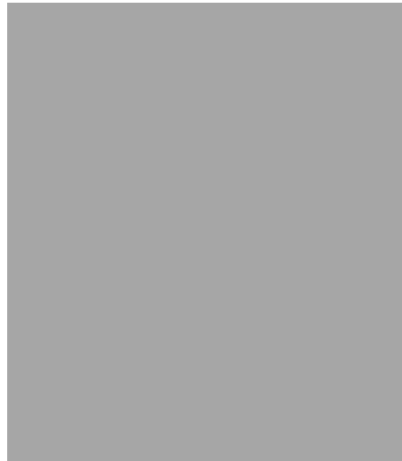


图 10-5 通排风管道穿墙示意图

#### 4、人员的安全与防护

人员主要指本项目辐射工作人员、受检者或患者、本次评价范围内公众。

##### (1) 辐射工作人员

为减少辐射工作人员的照射剂量，采取防护X射线的主要方法有屏蔽防护、时间防护和距离防护，三种防护联合运用、合理调节。

##### ①距离防护

介入治疗室1严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在介入治疗室1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。

##### ②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射时间，也避免病人受到额外剂量的照射。根据医院的实际情况，医院的 DSA 主要用于介入手术、血管造影等。

##### ③屏蔽防护

隔室操作：本项目辐射工作人员（放射影像技师）采取隔室操作方式。通过控制室1与介入治疗室1之间的墙体、铅门和铅玻璃窗屏蔽X射线，以减弱或消除射线对人体的危害，无需配置个人防护用品。

根据建设单位提供的关于本项目个人防护用品和辅助防护设施的配置计划，结合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中表4关于介入放射学操作的

个人防护用品和辅助防护设施的要求,可知本项目介入治疗室 1 拟配置的个人防护用品和辅助防护设施配置均符合《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)的要求。

本项目介入治疗室 1 拟配置的个人防护用品和辅助防护设施配置与标准要求对照见表 10-7。

**表10-7 介入治疗室1拟配备的个人防护用品和辅助防护设施与标准要求对照一览表**

机房名称	拟配备的个人防护用品和辅助防护设施				标准要求		评价
	种类	使用对象	数量	铅当量	种类	铅量	
介入治疗室 1	铅橡胶防护衣	工作人员	3 件	0.5mmPb	/	/	/
	铅橡胶围裙		3 件	0.5mmPb	铅橡胶围裙	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合
	铅橡胶颈套		3 个	0.5mmPb	铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合
	铅防护眼镜		3 副	0.5mmPb	铅防护眼镜	$\geq 0.25\text{mmPb}$	符合
	介入防护手套		3 双	0.025mmPb	介入防护手套	$\geq 0.025\text{mmPb}$	符合
	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘		1 个	0.5mmPb	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘	$\geq 0.25\text{mmPb}$	符合
	床侧防护帘/床侧防护屏		1 个	0.5mmPb	床侧防护帘/床侧防护屏	$\geq 0.25\text{mmPb}$	符合
	移动铅防护屏风		1 个	2mmPb	/	/	/
	成人铅橡胶性腺防护围裙	患者	1 件	0.5mmPb	成人铅橡胶性腺防护围裙	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合
	儿童铅橡胶性腺防护围裙		1 件	0.5mmPb	儿童铅橡胶性腺防护围裙	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合
	成人铅橡胶颈套		1 个	0.5mmPb	成人铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合
	儿童铅橡胶颈套		1 个	0.5mmPb	儿童铅橡胶颈套	$\geq 0.5\text{mmPb}$	符合

#### ④个人剂量检测

辐射工作人员均应配备个人剂量计: 根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019), 就本项目而言, 辐射主要来自前方, 剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置, 一般左胸前; 对于工作中穿戴铅衣的情况, 通常应根据佩带在铅衣里面躯干上的剂量计估算工作人员有效剂量, 且并要求上班期间必须佩带。

医院定期(每3个月一次)将个人剂量计送有资质单位进行检测, 检测结果存入个人剂量档案。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终身保存。

个人剂量检测报告(连续四个季度)应当连同年度监测报告一起作为《安全和

防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

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

## （2）受检者或患者的安全防护

医院应配有铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套，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。另外，在不影响工作质量的前提下，保持与射线装置尽可能大的距离。

## （3）介入治疗室1周边公众的安全防护

周边公众主要依托辐射工作场所的屏蔽墙体、防护门窗和楼板屏蔽射线。同时，辐射工作场所严格实行辐射防护“两区”管理，在介入手术室门外张贴电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱，禁止无关人员进入，以增加公众与射线装置之间的防护距离，避免受到不必要的照射，定期对辐射安全设施的进行维护，确保实时有效。

## 5、与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

本项目 DSA 与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析见下表：

表 10-8 项目与《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求符合性分析

放射检查类型	分项		《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求	本项目拟采取措施	符合性分析
介入放射学操作	工作人员	个人防护用品	铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套 选配：铅橡胶帽子	职业人员配备铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 3 套	符合
		辅助防护设施	铅悬挂防护屏/铅防护吊帘、床侧防护帘/床侧防护屏 选配：移动铅防护屏风	设备自带铅悬挂防护屏和床侧防护帘 1 套、移动铅防护屏风 1 个	符合
	患者和受检者	个人防护用品	铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套 选配：铅橡胶帽子	医院配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 2 套、铅橡胶颈套 2 套（成人和儿童各 1 套）	符合
X 射线设备	工作场所防护		6.4.1 机房应设有观察窗或摄像监控装置，其设置的位置	本项目介入治疗室 1 设有 3mm 铅当量铅玻璃的	符合

		应便于观察到受检者状态及防护门开闭情况。	观察窗，设置的位置便于观察受检者状态及防护门开闭情况。	
		6.4.3 机房应设置动力通风装置，并保持良好的通风。	本项目的介入治疗室 1 内设有通排风系统。	符合
		6.4.4 机房门外应有电离辐射警告标志：机房门上方应有醒目的工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”的可视警示语句；候诊区应设置放射防护注意事项告知栏。	本项目的介入治疗室 1 门外都设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯。	符合
		6.4.5 平开机房门应有自动闭门装置：推拉式机房门应设有曝光时关闭机房门的管理措施：工作状态指示灯能与机房门有效关联。	本项目的介入治疗室 1 设置 3 个平开门、1 个推拉门，并设置了相应的闭门装置及防夹装置，每扇门上的工作状态指示灯也与手术室的门能有效的进行关联。	符合
		6.4.6 电动推拉门宜设置防夹装置。		符合
		6.4.7 受检者不应在机房内候诊：非特殊情况，检查过程中陪检者不应留在机房内。	本项目的受检者候诊在缓冲间，一般情况下在检查过程中陪检者不在手术室内。	符合
	操作的防护安全要求	7.1.1 放射工作人员应熟练掌握业务技术，接受放射防护和有关法律培训，满足放射工作人员岗位要求。	本项目的放射工作人员接受了放射防护和有关法律培训，满足放射工作人员岗位要求。	符合
		7.1.3 合理选择各种操作参数，在确保达到预期诊断目标条件下，使受检者所受到的照射剂量最低。	本项目在曝光时会根据受检者的情况合理选择操作参数。	符合
		7.1.5 X 射线设备曝光时，应关闭与机房相通的门、窗。	本项目 DSA 设备在曝光时，会各自关闭与手术室相通的门和窗。	符合
		7.1.9 工作人员应在有屏蔽的防护设施内进行曝光操作，并应通过观察窗等密切观察受检者状态。	本项目在曝光时，医护人员会在控制室 1 内通过观察窗观察受检者的状态。	符合

## 6、安全措施

①工作状态指示灯及门灯联锁：介入手治疗室1门外顶部拟设置工作状态指示灯箱。防护门关闭时，指示灯为红色，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”

的可视警示语句，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。

②**有中文标识的紧急止动装置：**控制台上、床旁拟设置紧急止动按钮（各按钮分别与X线系统连接）。DSA系统的X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线系统出束。

③**操作警示装置：**DSA系统的X线系统出束时，控制台上的指示灯变色，同时蜂鸣器发出声音。

④**对讲装置：**在介入治疗室1与控制室1之间拟安装对讲装置，操作室的工作人员通过对讲机与介入治疗室1内的手术人员联系。

⑤**警告标志：**介入治疗室1防护门外的醒目位置，设置明显的电离辐射警告标志。

⑥**防夹装置与自动闭门装置：**介入治疗室1的电动推拉门设置防夹装置；介入治疗室1其余平开门设置自动闭门装置。



图 10-6 本项目介入治疗室 1 辐射安全防护措施图

## （二）医用电子直线加速器

### 1、源项控制

本项目医用电子直线加速器购置于正规厂家，有用线束内杂散辐射和泄漏辐射不会超过《放射治疗放射防护要求》（GBZ 121-2020）规定的限值，且物理医

师会根据肿瘤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医用直线加速器只有在开机状态时才有 X 射线产生，通过多叶准直器定向出来，其他方向的射线被自带屏蔽材料所屏蔽，断电停机即停止出束。

②控制台上有关辐射类型、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状况。

③条件显示联锁：医用直线加速器具有联锁装置，只有当射线能量、吸收剂量选值、照射方式和过滤器的规格等参数选定，并当治疗室与控制台等均满足预选条件后，照射才能进行。

④控制台上有关蜂鸣器，在医用直线加速器工作时发出声音以提醒人员防止误入。

⑤时间控制联锁：当预选照射时间选定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥控制超剂量联锁：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。

⑦急停按钮：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带 1 个急停按钮。急停开关应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认。当发现异常后，按下操作盒上此开关，机器将自动切断医用直线加速器主电源。

⑧医用直线加速器设置有密码，操作密码只有具体操作人员掌握，只有输入正确的密码后才可能进行操作和参数的修改。

⑨钥匙开关：医用直线加速器控制台上设电源钥匙开关，只有当医用直线加速器一切都处于安全状态，并且钥匙就位后，医用直线加速器才能启动工作，一旦钥匙被取走，医用直线加速器将无法启动工作。钥匙由专人使用和保管。

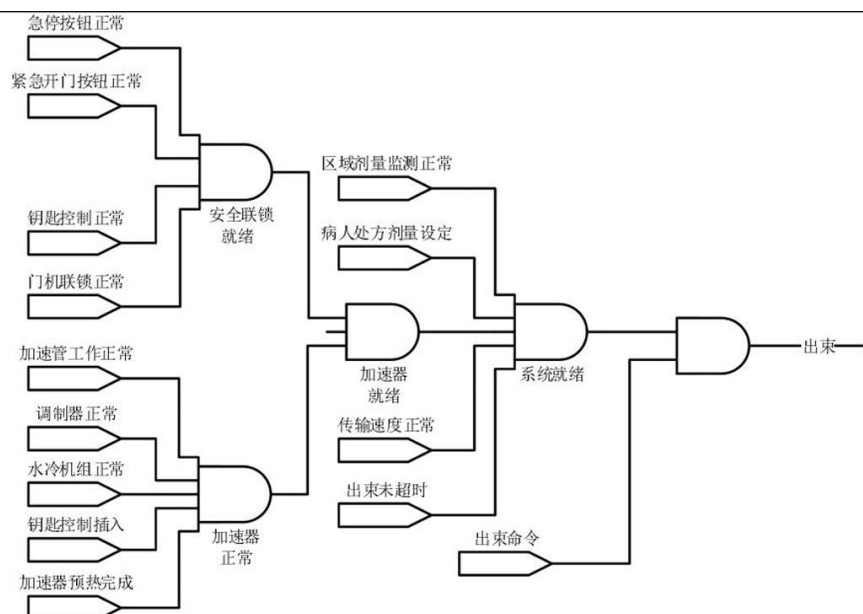


图 10-7 本项目医用直线加速器安全联锁逻辑图

### 3、屏蔽防护

本项目直线加速器机房 2 屏蔽设计如下：

表 10-9 本项目直线加速器机房 2 拟采取屏蔽防护设施一览表

机房	方位	屏蔽体	屏蔽材料及厚度
直线加速器机房 2	北侧	主屏蔽墙	2950mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	2100mm 混凝土
	南侧	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	1300mm 混凝土
	西侧（L 型迷路）	内墙	1300mm 厚混凝土
		外墙	1300mm 厚混凝土
	西侧	屏蔽门	18mm 铅当量铅钢防护门
	东侧	屏蔽墙	2100mm 厚混凝土
	顶部	主屏蔽墙	3000mm 混凝土，宽度 5600mm
		次屏蔽墙	1300mm 混凝土
机房面积	65.57m <sup>2</sup> （不含迷路）（长 8.3m、宽 7.9m）		

注：根据设计单位提供，混凝土密度为 2.35g/cm<sup>3</sup>。

本项目直线加速器机房 2 四周及屋顶修建相应的屏蔽体对射线进行有效的屏蔽，经后面章节的预测分析，本项目直线加速器机房的屏蔽防护满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）的要求。

### 4、机房屏蔽补偿

#### （1）电缆沟穿墙设计

本项目直线加速器机房2电缆均通过地下电缆沟走线，从安装加速器的地坑

出线后沿着侧屏蔽墙内侧走线，在主屏蔽墙的次屏蔽区穿墙至水冷机房2，然后再到控制室2。电缆沟深400mm，采用U型地沟穿墙，角度为45°，通过多次折返的电缆沟设计和下沉地面穿越屏蔽墙的设计，增加泄漏射线的散射次数和衰减，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果。电缆沟穿墙设计如图10-8所示。



图 10-8 本项目直线加速器机房 2 电缆沟穿墙示意图

#### （2）通排风管道穿墙设计

本项目加速器机房送风管道和排风管道均设计在机房防护门上方穿墙，处于非主射方向；穿墙高度为6.2m，穿墙部分管道采用不锈钢矩形方管（排风管尺寸为630mm×250mm，进风管尺寸为500mm×250mm），穿墙部分排风管道与送风管道均采用5mm厚铅皮包裹，同时采用“Z”型穿墙，增加通风管道中泄漏射线的散射次数和衰减，避免射线直接穿出墙外，从而保证不减弱屏蔽墙体的屏蔽效果，通排风管道穿墙设计合理。

本项目加速器机房2通排风管道穿墙设计如图10-9所示。



图 10-9 本项目直线加速器机房通排风管穿墙示意图



## 5、机房安全装置设计与布置

①**门机联锁装置**：医用直线加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，医用直线加速器机房不能出束；医用直线加速器工作期间屏蔽门不能打开。

②**“紧急止动”按钮及中文标识**：通常医用直线加速器床旁、控制台自带 1 个“紧急止动”按钮，本项目拟在图 10-10 位置，各设 1 个“紧急止动”按钮（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关，医用直线加速器停机。且该“紧急止动”按钮应为红色按钮，并带有中文标识，易于辨认，因此需为“紧急止动”按钮需增加中文标识。

③**电视监视、对讲装置**：直线加速器机房 2 和控制室 2 之间拟安装有电视监控、对讲装置，控制室 2 能通过电视监视治疗室内患者治疗的情况，并通过对讲机与治疗室内患者联系。

④**工作状态显示**：直线加速器机房 2 防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。医用直线加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当医用直线加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

⑤**警告标志和警示装置**：直线加速器机房 2 屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志；在直线加速器机房 2 墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在治疗室迷路外墙内侧上（靠近防护门），只要迷路内的剂量超过预置的剂量值，就会报警提示人员不能进入治疗室，以防误入受照。

⑥**固定式剂量报警仪**：固定式剂量报警装置探头安装在直线加速器机房 2 迷路外墙内侧（靠近防护门），其显示单元设置在机房门附近或控制室内，并应有异常情况下报警功能，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，蜂鸣器就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。

⑦**紧急开门按钮**：机房迷路外墙内侧（靠近防护门处）人员易接触的位置安装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷路内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。

⑧**防夹装置**：防护门应设置防夹伤功能，人员通过时，防止对人员造成误伤。

⑨**灭火器材、紧急照明装置**：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，因此建设单位需为医用直线加速器增设灭火器材，拟为机房增设紧急照明或独立通道照明系统，在紧急情况下，人员能快速离

开。

以上辐射安全措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。本项目直线加速器机房 2 辐射安全防护措施图见下图 10-10：



图 10-10 本项目直线加速器机房 2 辐射安全防护措施图

## 6、人员的安全与防护

人员包括辐射工作人员、患者及机房周边评价范围内的公众。在实施诊治之前，应事先告知患者辐射对健康的潜在影响；主要从以下几方面采取防护措施：

### （1）辐射工作人员的安全与防护

本项目辐射工作人员指从事医用电子直线加速器的医师、技师及物理师。本项目辐射工作人员采取隔室操作的方式，控制室2与直线加速器机房2之间以屏蔽墙体隔开，通过摄像头和对讲机与病人交流。

医院拟为每名辐射工作人员配备1套个人剂量计，每名辐射工作人员在上班期间必须正确佩戴个人剂量计。医院应定期（每季度一次）将辐射工作人员的个人剂量计送有资质单位进行检测，并将检测报告存档。医院承诺，在辐射工作人员上岗前，医院应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，在岗期间应按相关规定定期组织健康体检。

## （2）患者的安全与防护

### ①时间防护

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

### ②其他安全防护

放射治疗前实行病人告知制度，在放射治疗前应向病人告知放射治疗的方法、适应症、预期疗效、风险、费用构成及注意事项和可能对病人家属的辐射影响等，并请病人在说明书下方签字，由医患双方各执一份。

### ③距离防护

各工作场所将严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，且在机房的人员通道门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

## 三、工作场所辐射安全防护设施

根据《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（生态环境部（国家核安全局））和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）对II医用射线装置的要求，本次评价根据建设单位采取的辐射安全措施进行了对照分析，具体情况见表 10-10：

表 10-10 本项目辐射安全防护设施对照分析表

序号	项目	规定的措施和制度	落实情况	是否满足要求
介入治疗室 2				
1	场所设施	操作位局部屏蔽防护设施	设备自带铅悬挂防护屏和床侧防护帘、移动铅防护屏风	是
2		观察窗屏蔽	拟配备 1 扇铅窗，为 3mm 铅当量铅玻璃	是
3		防护门	拟配备 4 扇铅门，均为 3mm 铅当量铅门（患者通道为推拉门，其余 3 扇为平开门）	是
4		通风设施	配备 1 套通排风系统	是
5		紧急停机按钮	设备自带	是
6		门灯连锁	拟配备 4 套	是
7		对讲系统	拟配备 1 套	是

8		入口处电离辐射警告标志	拟配备 4 套	是
9		入口处机器工作状态指示灯	拟配备 4 套	是
10		防夹装置与自动闭门装置	拟配备防夹装置 1 套、自动闭门装置 3 套	是
11	监测设备	便携式辐射剂量监测仪	配备 1 台	是
12		个人剂量报警仪	配备 3 台	是
13		个人剂量计	配备 48 套	是
14	防护器材	医护人员个人防护	需配备铅衣 3 套、铅橡胶围裙 3 套、铅橡胶颈套 3 套、铅防护眼镜 3 副、介入防护手套 3 双	是
15		患者防护	需配备铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 2 套、铅橡胶颈套 2 套（成人和儿童各 1 套）	是

#### 直线加速器机房 2

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	是
2		控制台有紧急停机按钮	设备自带	是
3		电视监控与对讲系统	拟配备	是
4		治疗室门与束流联锁（门-机联锁）	拟配备	是
5		治疗室内准备出束音响提示	拟配备	是
6	警示装置	入口电离辐射警示标识	拟配备	是
7		入口有加速器工作状态显示（门-灯联锁）	拟配备	是
8	紧急设施	有中文标识的紧急开门按钮	拟配备	是
9		有中文标识的紧急停机按钮	拟配备	是
10	监测设备	固定式剂量报警仪	拟配备	是
11		个人剂量计	配备	是
		个人剂量报警仪	配备	是
12		便携式辐射剂量监测仪	配备	是

## 四、投资估算

本项目总投资 2500 万元，其中环保投资 59 万元，占总投资约 2.36%。具体环保设施及投资见下表 10-11。

表 10-11 环保设施及投资一览表

项目		设施	金额（万元）
介入治疗室 1	辐射屏蔽措施	铅防护门 4 扇（均为 3mm 铅当量）	3.0
		铅玻璃观察窗 1 扇（3mm 铅当量）	1.0
		四面墙体：240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料（新建）（合约 3.9mmPb）	3.5
		机房顶部为 150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料（新建）	

		(合约 3.94mmPb)	
		机房地面为 400mm 混凝土 (合约 5.75mmPb)	
安全装置		工作状态指示灯 4 个	2.0
		电离辐射警告标志 4 套	
		床下铅帘 1 副 (0.5mm 铅当量)	机器自带
		悬吊铅帘 1 副 (0.5mm 铅当量)	
		移动铅防护屏风 1 个 (2mm 铅当量)	3.0
		门灯联锁装置 4 套	
		紧急止动按钮 2 个 (1 个设备自带、1 个新增) 及标识	
		对讲装置 1 套	
		防夹装置 1 套与自动闭门装置 3 套	
监测仪器 和 个人防 护用品	个人剂量计 48 套	/	
	个人剂量报警仪 3 台	/	
	便携式辐射剂量监测仪 1 台	/	
	职业人员需配备铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 3 套	3.0	
	患者配备铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾 2 套 (成人和儿童各 1 套)		
其他	通排风设施	纳入主体工程范围	
直线 加速 器 机 房 2	辐射屏蔽 措施	医用电子直线加速器屏蔽机房	纳入主体工程范围
		防护门 1 扇	2.0
	安全装置	门-机联锁装置 1 套	1.0
		视频监控系统 1 套	4.0
		语音播报及对讲装置 1 套	1.0
		工作状态指示灯 (门-灯联锁) 1 套	1.0
		紧急开门装置 1 套	0.5
		紧急止动开关 1 套	0.5
		监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识 1 套	0.5
		监测仪器	个人剂量计 27 套
	便携式辐射剂量监测仪 1 台 (共用)		/
	个人剂量报警仪 (2 台)		1.0
	固定式剂量报警装置 1 套		2.0
	其他	通排风系统 1 套	纳入主体工程范围
综合管理	辐射工作人员、管理人员、应急人员的培训	30.0	
	辐射工作人员职业健康体检		
	规章制度上墙等		
合计			54.5
今后在实践中, 医院应根据辐射防护和管理要求, 结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善, 使之更能满足实际和相关管理要求。			

## 三废的治理

### 1、废气

#### 施工期废气：

废气：施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时产生的废气和装修材料中释放的废气，影响装修人员的身体健康，该废气的排放属无组织排放。因此在装修期间，应加强室内的通风换气，装修结束后，也应每天进行通风换气。因施工量小，装修周期较短，施工期对环境的影响较小。

扬尘：施工过程中产生的扬尘，主要是在主体工程建设过程中新砌墙体和装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过封闭施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

#### 运营期废气：

本项目直线加速器机房2以及介入治疗室1产生的废气主要为臭氧及少量氮氧化物，为有效清除臭氧及少量氮氧化物，各机房均设置有通排风系统，其通排风量见表10-12。其中，直线加速器机房2的换气次数为6次/小时，满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中规定的不低于4次/h的要求。

表 10-12 本项目废气治理措施一览表

序号	机房	排风量 (m³/h)	废气处理设施	去向
1	直线加速器机房 2	3000	机械排风，独立排风管道	换气次数为 6 次/小时，并设置独立排风管道引至住院综合楼东侧大楼转角处（排风井外）排放，排风口距离地面 2.5m
2	介入治疗室 1	1500	机械排风，独立排风管道	设置独立排风管道引至住院综合楼 1F 西北侧（阅片室外）排放，排风口距离地面 0.8m

### 2、废水

**施工期废水：**本项目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，依托医院已建的污水管道和污水处理站（处理规模：500m³/d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

#### 运营期废水：

本项目直线加速器在营运期间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。产生的生活污水经管道进入医院污水处理站处理达《医疗机构水污染物排放标准》(GB18446-2005)表 2 中预处理标准后经市政污水管网排入内江市第二再生水厂处理，达标后排入沱江。

DSA 在营运期间产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水及项目产生的医疗废水。产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模：500m<sup>3</sup>/d，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

### 3、固体废物

**施工期固废：**施工期产生的固体废物主要为装修垃圾、设备安装过程中产生的包装垃圾以及施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的装修垃圾，由施工方收集统一处理，运往政府指定地点堆存；施工人员产生的生活垃圾统一收集后由环卫部门定期清运。

#### 运营期固废：

本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物，工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

**废靶件：**医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件由厂家进行回收处理。

#### DSA 在营运期间产生的固废：

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，DSA 设备合计手术量为 600 台，则每年固体废物产生量约为 1200kg（1.2t）。本项目 DSA 产生的医疗废物在污物暂存间打包后与医院其他医疗废物一起在医院既有医疗废物暂存间内暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目 DSA 拟配置 48 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg，则每天生活垃圾产生量约 24kg（0.024t），每年生活垃圾产生量约 6t。工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

#### **4、噪声**

施工期噪声包括各类主体施工、装修产生的噪声和设备安装期间产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，项目通过合理布局，合理安排施工时间，通过建筑隔声及选用低噪声设备等措施后，施工噪声对周围环境的影响较小。

运营期产生的噪声主要为设备噪声，项目拟选用低噪声设备，隔声采取降噪措施，经建筑物墙体屏蔽及距离衰减后对周围噪声环境影响较小。

#### **5、射线装置报废处理**

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



表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程土建施工环境影响已在内江市生态环境局批复的《内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书》（批复文号：内市环审批〔2025〕4号）中进行了分析，本次评价不涉及机房的土建工程。

施工期主要评价内容为：机房的装修、其他防护设施、设备安装和调试的环境影响。

一、装修阶段环境影响分析

（一）大气环境影响分析

装修过程中采用“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。

（二）水环境影响分析

装修过程中施工废水经沉淀后循环使用，不外排；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。

（三）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。

（四）固体废物影响分析

本项目装修过程产生的固体废弃物主要是生活垃圾、装修垃圾等。

1、生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，应妥善处置，保持工区环境的洁净卫生。生活垃圾采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运。

2、装修垃圾

项目施工过程会产生一些建筑垃圾、包装袋、包装箱、碎木块、余料等。首先对其中可回收利用部分进行回收，其余不能回收部分作为建筑垃圾，由施工单

位集中收集，运送到指定的建筑垃圾堆放场处理。本项目装修工程工期较短，施工量小，在院方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。

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，在建设方的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，可使其对环境的影响降至最小程度。施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

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

## **二、设备安装调试期环境影响**

在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。院方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。

## **营运阶段对环境的影响**

### **一、DSA 机房辐射环境影响分析**

医院拟在介入治疗室 1 内新增使用 1 台 DSA，进行介入手术治疗的工作负荷约 600 台/年，DSA 主要用于介入手术。

根据原环境保护部和国家卫生计生委联合发布公告 2017 年第 66 号《射线装置分类》，DSA 属于 II 类射线装置，工作时不产生放射性废气、废水和固体废物。本机为数字成像设备，不使用显、定影液，其主要环境影响因素为工作时产生的 X 射线，出束方向由下向上。

DSA 在进行曝光时分为两种情况：

①造影拍片过程：技师采取隔室操作的方式，医生通过操作室铅玻璃观察窗

观察介入治疗室 1 内病人情况，并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中，医生位于操作室内。经介入治疗室 1 各屏蔽体屏蔽后，对介入治疗室 1 外（包括介入手术室楼上、楼下）的公众和工作人员影响较小。

## ②脉冲透视过程

为更清楚的了解病人情况，医生需进入介入治疗室 1，进行治疗时会有连续曝光，并采用连续脉冲透视，此时手术医生身着铅衣、铅帽、戴铅防护眼镜等在介入治疗室 1 内对病人进行手术操作。

本次分析采用理论预测方法对本项目 DSA 系统在正常运行期间对辐射工作人员及公众的辐射影响分析。

## 1、本项目关注点的辐射环境影响分析

根据医院实际诊疗情况，拍片时，DSA 的常用电压 60~100kV，常用电流为 100~320mA；透视时，DSA 常用管电压为 70~90kV，常用管电流为 6~15mA。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）“5.1 一般要求 c) 除牙科摄影和乳腺摄影用 X 射线设备外，X 射线有用线束中的所有物质形成的等效总滤过，应不小于 2.5mmAl”可知，设计要求 X 射线管/准直器的最低固有过滤当量是 2.5mmAl。为进行保守预计，本项目按照过滤材料为 2.5mmAl 进行计量估算。根据《辐射防护手册（第二分册）》辐射源与剂量估算，可知，当管电压为 80kV 时，可得  $2.5 \times 10^{-4} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、

$$K_a = X_0 \cdot (W/e) \cdot I \cdot 10^3$$

式中：

$K_a$ —距靶 1m 处的空气比释动能率， $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$ ；

$X_0$ —距靶 1m 处的照射量率， $\text{R}$  ( $1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C} \cdot \text{kg}^{-1}$ )（来源于：伦琴单位的定义和它在国际单位制（SI）中的换算关系）；

$I$ —管电流，mA；

$W/e$ —在空气中产生一对离子所需要的平均电离能量，取  $33.85 \text{J} \cdot \text{C}^{-1}$ （来源于：

物理学手册)。

在拍片管电压为100kV、管电流为320mA时，距靶1m处的剂量率 $K_a$ 计算如下：



计算结果见下表：

表 11-1 本项目 DSA 常用工况及源强取值

工作模式	
拍片	
透视	

本项目 DSA 投用后，手术过程中 DSA 机房四周、正下方的保护目标，均受到漏射射线和散射射线的影响，机房正上方受主射辐射的影响，机房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 DSA 机房最近关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。

本项目对介入治疗室 1 共布设 16 个预测点位。

①介入治疗室 1 内的医生（第一术者位）距离靶点 0.5m、距离病人 0.4m；

②介入治疗室 1 内的医生（第二术者位）距离靶点 1m、距离病人 0.9m；

③介入治疗室 1 内的护士距离靶点 1.5m、距离病人 1.4m；

④-1 介入治疗室 1 北侧保护目标（控制室 1 内的技师（铅窗外），屏蔽体外 30cm 处）距离靶点、病人最近距离均为 4.4m；

④-2 介入治疗室 1 北侧保护目标（控制室 1 内的技师（墙外），屏蔽体外 30cm 处）距离靶点、病人最近距离均为 4.8m；

④-3 介入治疗室 1 北侧保护目标（刷手准备室 1（墙外），屏蔽体外 30cm 处）距离靶点、病人最近距离均为 6.0m；

④-4 介入治疗室 1 北侧保护目标（刷手准备室 1（铅门外），屏蔽体外 30cm 处）距离靶点、病人最近距离均为 8.2m；

⑤-1 介入治疗室 1 东侧保护目标（患者走廊（墙外），屏蔽体外 30cm 处）距离靶点、病人最近距离均为 7.9m；

⑤-2 介入治疗室 1 东侧保护目标（患者走廊（铅门外），屏蔽体外 30cm 处）

距离靶点、病人最近距离均为 8.4m;

⑥-1 介入治疗室 1 南侧保护目标 (库房 (小), 屏蔽体外 30cm 处) 距离靶点、病人最近距离均为 5.7m;

⑥-2 介入治疗室 1 南侧保护目标 (库房 (大), 屏蔽体外 30cm 处) 距离靶点、病人最近距离均为 3.8m;

⑦-1 介入治疗室 1 西侧保护目标 (医护走廊, 屏蔽体外 30cm 处) 距离靶点、病人最近距离均为 2.9m;

⑦-2 介入治疗室 1 西侧保护目标 (污物走廊 (铅门外), 屏蔽体外 30cm 处) 距离靶点、病人最近距离均为 4.5m;

⑦-3 介入治疗室 1 西侧保护目标 (污物走廊 (墙外), 屏蔽体外 30cm 处) 距离靶点、病人最近距离均为 4.9m;

⑧介入治疗室 1 正上方保护目标 (消防车道, 顶部地面 100cm 处) 距离靶点 6.0m 处、距离病人 5.9m 处;

⑨介入治疗室 1 正下方保护目标 (停车场, 楼下地面 170cm 处) 距离靶点 3.3m 处、距离病人 3.4m 处。



图 11-1 本项目介入治疗室 1 靶点与周围预测点位示意图

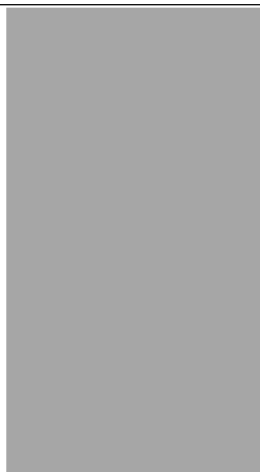


图 11-2 本项目介入治疗室 1 靶点与正上方和正下方预测点位示意图

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.1以及附录表C.2可知。

屏蔽减弱因子B:

$$B = \left[ \left( 1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha \gamma X} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}} \dots\dots\dots (式1)$$

式中:

- B—给定屏蔽材料厚度的屏蔽减弱因子;
- $\beta$ —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\alpha$ —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- $\gamma$ —给定屏蔽材料对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数;
- X—屏蔽材料厚度。

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式C.2，依据NCRP 147号报告中给出的不同管电压X射线辐射在其他屏蔽物质中衰减的 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 拟合值和a)中的B值，使用公式2计算出各屏蔽物质的铅当量厚度X:

$$X = \frac{1}{\alpha \gamma} \ln \left( \frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right) \dots\dots\dots (式2)$$

式中:

- X-不同屏蔽物质的铅当量厚度;
- B-给定铅厚度的屏蔽投射因子;
- $\alpha$ -不同屏蔽物质对不同管电压x射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\beta$ -不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数；

$\gamma$ -不同屏蔽物质对不同管电压X射线辐射衰减的有关的拟合参数。


散射线的减弱因子将根据实际情况，采用常用工况下散射线拟合参数进行计算；泄漏射线因和主射线能量一样，故采用常用工况下主射线拟合参数计算其减弱因子。

表 11-2 屏蔽材料对 X 射线的辐射衰减拟合参数

管电压90kV（透视）						
材料	$\alpha$		$\beta$		$\gamma$	
铅	3.067		18.83		0.7726	
管电压 100kV（拍片）						
材料	$\alpha$		$\beta$		$\gamma$	
	主束	散射	主束	散射	主束	散射
铅	2.500	2.507	15.28	15.33	0.7557	0.9124

根据计算，介入治疗室1不同防护措施对应的屏蔽减弱因子见表11-3。

表 11-3 介入治疗室 1 设计屏蔽参数及防护措施铅当量一览表

屏蔽方位	屏蔽材料与厚度	等效约合 铅当量	屏蔽减弱因 子（透视）	屏蔽减弱因子（拍片）	
				主束	散射
四周墙体	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护 涂料	3.9mmPb			
屏蔽门	3mm 铅当量铅门	3mmPb			
观察窗	3mm 铅当量铅玻璃窗	3mmPb			
屋顶	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂 料	3.94mmPb			
地面	400mm 混凝土	5.75mmPb			
手术医生 位	第一术者位：0.5mmPb铅衣 +0.5mmPb铅帘	1mmPb			
	第二术者位：0.5mmPb铅衣	0.5mmPb			
护士位	0.5mmPb铅衣	0.5mmPb			

### （1）主射线束方向影响分析

#### ①计算模式

本项目主射方向屏蔽防护采用《辐射防护手册》（第一分册）中计算公式如下：

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots\dots\dots \text{（式 3）}$$

式中：

Dr—预测点处辐射空气吸收剂量，mGy；

D<sub>I</sub>—X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率，拍片时为 2794.7mGy/min、透视时为 98.25mGy/min；

T—每年工作时间，为 7026min（包括透视 6852min 和拍片 174min）；

μ—利用因子，主射方向取 1；

η—对防护区的居留因子；

f—屏蔽材料对初级 X 射线束的减弱因子；

r—预测点距 X 射线源的距离，m。

## ②预测结果分析

根据 NCRP147 报告，患者和接收器对初始线束的减弱倍数为 10 到 100 倍，考虑最不利影响，患者和接收器对初始线束的减弱倍数取 10 倍，则主射方向照射量率取主射线束的 10%。

将相关参数带入（式 3）中，进行主射方向关注点年有效剂量预测，预测点年剂量估算结果见表 11-4：

表 11-4 主射方向预测点年有效剂量估算

预测点 保护目标	与出束 口直线 距离 (m)	屏蔽材料与厚度 及等效铅当量 (mm)	照射 类型	屏蔽透 射因子 (f)	利用 因子 (μ)	居留 因子 (η)	预测点年 辐射空气 吸收剂量 (mGy)	预测点辐 射空气吸 收剂量率 (mGy/h)	主射方向 辐射剂量 率 (μGy/h)
⑧介入治 疗室 1 正 上方保护 目标（消 防车道）	6.0	150mm 混凝土 +40mm 硫酸钡防 护涂料（约合 3.94mm 铅当量）	拍片	3.94E-06	1	1			
			透视	4.44E-07					

由上表 11-4 可知，主射方向辐射剂量率满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中规定的屏蔽体外辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的规定。

## （2）病人体表散射辐射剂量估算

根据李德平、潘自强主编《辐射防护手册》（第一分册）中公式(10.8)、(10.9)、(10.10)等公示演化而来，病人体表散射屏蔽估算公式如下式4。

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot s}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots\dots\dots \text{（式4）}$$

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， $\mu\text{Gy/h}$ ，本项目在拍片时距靶 1m 处的剂量率为  $1.68\text{E}+08\mu\text{Gy/h}$ 、在透视时距靶 1m 处的剂量率为  $5.90\text{E}+06\mu\text{Gy/h}$ ；

$a$ ——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 查表取得当  $400\text{cm}^2$  散射面积时， $a=1.3\times 10^{-3}$ ；故当  $1\text{cm}^2$  散射面积时， $a=3.25\times 10^{-6}$ （ $90^\circ$  散射）；

$s$ ——散射面积， $\text{cm}^2$ ，取  $100\text{cm}^2$ ；

$d_0$ ——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。

各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-5。

表 11-5 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果

关注点保护目标	病人(散射点)到关注点距离(m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量(mmPb)	照射类型	屏蔽减弱因子	散射辐射剂量率( $\mu\text{Gy/h}$ )
①介入治疗室 1 内的医生(第一术者位)	0.4	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视		
②介入治疗室 1 内的医生(第二术者位)	0.9	0.5mmPb 铅衣	0.5			
③介入治疗室 1 内的护士	1.4	0.5mmPb 铅衣	0.5			
④-1 控制室 1 内的技师(铅窗外)	4.4	3mm 铅当量铅玻璃窗	3	拍片 透视		
④-2 控制室 1 内的技师(墙外)	4.8	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
④-3 介入治疗室 1 北侧的刷手准备室 1(墙外)等区域	6.0	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
④-4 介入治疗室 1 北侧刷手准备室 1(铅门外)、排烟机房、设备间 1、铅衣间、污物走廊等区域	8.2	3mm 铅当量铅门	3	拍片 透视		
⑤-1 介入治疗室 1 东侧的患者走廊(墙外)等区域	7.9	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
⑤-2 介入治疗室 1 东侧的患	8.4	3mm 铅当量铅	3	拍片		

者走廊（铅门外）、介入治疗室 2、过道、污物电梯厅、消防控制室等区域		门		透视	
⑥-1 介入治疗室 1 南侧的库房（小）等区域	5.7	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视	
⑥-2 介入治疗室 1 南侧的库房（大）、麻醉苏醒室、医护走廊、谈话间、值班室、更衣沐浴、换鞋发放区、介入治疗大厅、停车场等区域	3.8	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视	
⑦-1 介入治疗室 1 西侧的医护走廊等区域	2.9	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视	
⑦-2 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（铅门外）等区域	4.5	3mm 铅当量铅门	3	拍片 透视	
⑦-3 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（墙外）、合前用室、消防电梯、水井、绿化、院内道路、直线加速器楼、办公楼等区域	4.9	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视	
⑧消防车道，绿化、其余楼层功能区等区域（正上方）	5.9	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	3.94	拍片 透视	
⑨停车场，-2F、-3F、-4F 其余功能用房等区域（正下方）	3.4	400mm 混凝土	5.75	拍片 透视	

注：散射点与射线源垂直。

### （3）泄漏辐射剂量估算

根据中国原子能出版社 2012 年出版的《实用辐射防护与剂量学》(应用篇)第 9 章“辐射防护屏蔽设计”，泄漏辐射剂量率按初级辐射束的 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 5）进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (式5)$$

式中：

H—预测点处的泄漏辐射剂量率，μGy/h；

f—泄漏射线比率，1‰；

H<sub>0</sub>—距靶点 1m 处的最大剂量率，μGy/h；

R—靶点距关注点的距离，m；

B——减弱因子，前文表 11-3 计算取得。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-6。

表 11-6 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果

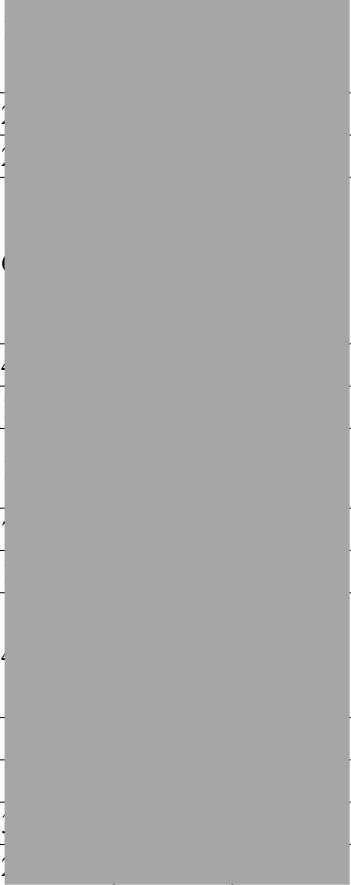
关注点保护目标	射线源(靶点)到关注点距离(m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量(mmPb)	照射类型	屏蔽减弱因子	泄漏辐射剂量率( $\mu\text{Gy/h}$ )
①介入治疗室 1 内的医生(第一术者位)	0.5	0.5mmPb 铅衣+0.5mmPb 铅帘	1	透视		
②介入治疗室 1 内的医生(第二术者位)	1.0	0.5mmPb 铅衣	0.5			
③介入治疗室 1 内的护士	1.5	0.5mmPb 铅衣	0.5			
④-1 控制室 1 内的技师(铅窗外)	4.4	3mm 铅当量铅玻璃窗	3	拍片 透视		
④-2 控制室 1 内的技师(墙外)	4.8	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
④-3 介入治疗室 1 北侧的刷手准备室 1(墙外)等区域	6.0	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
④-4 介入治疗室 1 北侧刷手准备室 1(铅门外)、排烟机房、设备间 1、铅衣间、污物走廊等区域	8.2	3mm 铅当量铅门	3	拍片 透视		
⑤-1 介入治疗室 1 东侧的患者走廊(墙外)等区域	7.9	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
⑤-2 介入治疗室 1 东侧的患者走廊(铅门外)、介入治疗室 2、过道、污物电梯厅、消防控制室等区域	8.4	3mm 铅当量铅门	3	拍片 透视		
⑥-1 介入治疗室 1 南侧的库房(小)等区域	5.7	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
⑥-2 介入治疗室 1 南侧的库房(大)、麻醉苏醒室、医护走廊、谈话间、值班室、更衣沐浴、换鞋发放区、介入治疗大厅、停车场等区域	3.8	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视		
⑦-1 介入治疗室 1 西侧的医	2.9	240mm 实心砖	3.9	拍片		

护走廊等区域		墙+30mm 硫酸钡防护涂料		透视	
⑦-2 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（铅门外）等区域	4.5	3mm 铅当量铅门	3	拍片 透视	
⑦-3 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（墙外）、合前用室、消防电梯、水井、绿化、院内道路、直线加速器楼、办公楼等区域	4.9	240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料	3.9	拍片 透视	
⑧消防车道，绿化、其余楼层功能区等区域（正上方）	6.0	150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料	3.94	拍片 透视	
⑨停车场，-2F、-3F、-4F 其余功能用房等区域（正下方）	3.3	400mm 混凝土	5.75	拍片 透视	

#### （4）关注点辐射剂量率综合分析

表11-7 本项目各预测点/保护目标最大辐射剂量率表

保护目标相对位置	关注点位/保护目标	照射类型	辐射剂量率				备注
			主射 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	漏射 ( $\mu\text{Gy/h}$ )	综合剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
介入治疗室 1 内	①介入治疗室 1 内的医生（第一术者位）	透视	/				职业
	②介入治疗室 1 内的医生（第二术者位）	透视	/				职业
	③介入治疗室 1 内的护士	透视	/				职业
介入治疗室 1 周围	④-1 控制室 1 内的技师（铅窗外）	拍片	/				职业
		透视					
	④-2 控制室 1 内的技师（墙外）	拍片	/				职业
		透视					
	④-3 介入治疗室 1 北侧的刷手准备室 1（墙外）等区域	拍片	/				公众
		透视					
	④-4 介入治疗室 1 北侧刷手准备室 1（铅门外）、排烟机房、设备间 1、铅衣间、污物走廊等区域	拍片	/				公众
		透视					
	⑤-1 介入治疗室 1 东侧的患者走廊（墙外）等区域	拍片	/				公众
		透视					
	⑤-2 介入治疗室 1 东侧的患者走廊（铅门外）、介入治疗室 2、过道、污物电梯厅、消防控制室等区域	拍片	/				公众
		透视					

⑥-1 介入治疗室 1 南侧的库房（小）等区域	拍片	/		公众
	透视	/		
⑥-2 介入治疗室 1 南侧的库房（大）、麻醉苏醒室、医护走廊、谈话间、值班室、更衣沐浴、换鞋发放区、介入治疗大厅、停车场等区域	拍片	/		公众
	透视	/		
⑦-1 介入治疗室 1 西侧的医护走廊等区域	拍片	/		公众
	透视	/		
⑦-2 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（铅门外）等区域	拍片	/		公众
	透视	/		
⑦-3 介入治疗室 1 西侧的污物走廊（墙外）、合前用室、消防电梯、水井、绿化、院内道路、直线加速器楼、办公楼等区域	拍片	/		公众
	透视	/		
⑧消防车道，绿化、其余楼层功能区等区域（正上方）	拍片			公众
	透视			
⑨停车场，-2F、-3F、-4F 其余功能用房等区域（正下方）	拍片	/		公众
	透视	/		

注:根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录 J (J4.7), 本项目的辐射权重因数取 1。

由表 11-7 可知, 介入治疗室 1 周围最大辐射剂量率为 1.84μSv/h (出现在⑧消防车道, 绿化、其余楼层功能区等区域 (正上方)), 低于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中规定的屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率不大于 2.5μSv/h 的规定。

#### (5) 关注点年辐射剂量分析

个人年最大有效剂量估算公式如下:

$$E = H \bullet t \bullet T \bullet 10^{-3} \quad (\text{式6})$$

式中:

$E$ —辐射外照射人均年有效剂量, mSv;

$H$ —辐射剂量率, μSv/h;

$t$ —年工作时间, h;

$T$ —居留因子, 经常有人员停留的地方取 1, 部分时间有人员驻留的地方取

1/4。

表 11-8 各预测点理论预测最大受照剂量统计表（公众）

保护 目标 相对 位置	关注点位保护目标	照射 类型	综合剂量 率(μSv/h)	年最大 受照时 间(h)	居留 因子	透视/拍片 总辐射剂 量(mSv/a)	年总辐射 剂量 (mSv/a)	备注
介入 治疗室 1 周围 公众	④-3 介入治疗室 1 北侧的 刷手准备室 1（墙外）等区 域	拍片						公众
		透视						
	④-4 介入治疗室 1 北侧刷 手准备室 1（铅门外）、排 烟机房、设备间 1、铅衣间、 污物走廊等区域	拍片						公众
		透视						
	⑤-1 介入治疗室 1 东侧的 患者走廊（墙外）等区域	拍片						公众
		透视						
	⑤-2 介入治疗室 1 东侧的 患者走廊（铅门外）、介入 治疗室 2、过道、污物电梯 厅、消防控制室等区域	拍片						公众
		透视						
	⑥-1 介入治疗室 1 南侧的 库房（小）等区域	拍片						公众
		透视						
	⑥-2 介入治疗室 1 南侧的 库房（大）、麻醉苏醒室、 医护走廊、谈话间、值班室、 更衣沐浴、换鞋发放区、介 入治疗大厅、停车场等区域	拍片						公众
		透视						
	⑦-1 介入治疗室 1 西侧的 医护走廊等区域	拍片						公众
		透视						
	⑦-2 介入治疗室 1 西侧的 污物走廊（铅门外）等区域	拍片						公众
		透视						
	⑦-3 介入治疗室 1 西侧的 污物走廊（墙外）、合前用 室、消防电梯、水井、绿化、 院内道路、直线加速器楼、 办公楼等区域	拍片						公众
		透视						
	⑧消防车道，绿化、其余楼 层功能区等区域（正上方）	拍片						公众
		透视						
	⑨停车场，-2F、-3F、-4F 其余功能用房等区域（正下 方）	拍片						公众
		透视						

注：本项目DSA年最大出束时间为117.1h（拍片2.9h，透视114.2h）。

由上表 11-8 可知，本项目公众所受年剂量最高为  $6.17\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，低于本次评价确定的公众  $0.1\text{mSv/a}$  的管理约束值，也低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众  $1\text{mSv/a}$  剂量限值。

手术时，介入治疗室 1 内医生 2 名、护士 1 名，控制室 1 内 1 名技师。本项目 DSA 共配置 48 名医护人员，所有医护人员会操作其他辐射设备，预计年手术台数 600 台，根据实际情况各科室手术医生存在时间分配，心内科 30.0h（4 组医生），肝胆外科 8.3h（2 组医生），神经内科 19.2h（3 组医生），神经外科 10.0h（1 组医生），康复科 9.2h（2 组医生），肿瘤中心/血管外科 20.0h（5 组医生），肾内科 17.5h（2 组医生），7 名护士与 3 名技师轮流工作，由于时间很难均匀分配，本次预测取医生、护士、技师工作时间不超过人均受照时间的 1.2 倍保守估计。各科室每名医生及护士技师的年剂量核算见下表 11-9。

表11-9 本项目每名职业人员年剂量核算表

科室	职务 人数	科室年 最大受 照时间 (h)	介入手术时 位置	综合剂量 率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	理论人 均年受 照时间 (h)	保守考虑 人均年受 照时间 (h)	本项目对每 名职业人员 最大年剂量 (mSv/a)	操作其他 辐射设备 年最大剂 量(mSv/a)	每名职业 人员最大 年剂量 (mSv/a)
心内 科	医生 8 名	30.0	第一术者位						
			第二术者位						
肝胆 外科	医生 4 名	8.3	第一术者位						
			第二术者位						
神经 内科	医生 6 名	19.2	第一术者位						
			第二术者位						
神经 外科	医生 2 名	10.0	第一术者位						
			第二术者位						
康复 科	医生 4 名	9.2	第一术者位						
			第二术者位						
肿瘤 中心/ 血管 外科	医生 10 名	20.0	第一术者位						
			第二术者位						
肾内 科	医生 4 名	17.5	第一术者位						
			第二术者位						
-	护士 7 名	114.2	介入治疗室 1 内						
-	技师 3 名	拍片 2.9	控制室 1 内						

		透 视	114. 2		透 视	3.21E -03				
--	--	--------	-----------	--	--------	--------------	--	--	--	--

注：本项目控制室 1 内技师保守取铅窗外技师综合剂量率。本项目的职业人员均为现有的辐射工作人员，会同时操作其他辐射设备，根据《2024 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》统计可知，该年度个人剂量心内科最大为 0.216mSv、肝胆外科最大为 0.118mSv、神经内科最大为 0.254mSv、神经外科最大为 0.064mSv、康复科最大为 0.102mSv、肿瘤中心/血管外科最大为 0.643mSv、肾内科最大为 0.162mSv，本次护士及技师受其他辐射设备年最大剂量取 0.643mSv。

由表 11-9 可知，手术医生最大有效剂量为 2.36mSv/a，护士最大有效剂量为 2.42mSv/a，技师最大有效剂量为 6.44E-01mSv/a，均低于本次评价确定的职业人员 5mSv/a 的管理约束值，也均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 剂量限值。

**建议：**医院每三个月对辐射工作人员个人剂量进行核查，若发现辐射工作人员有超过 1.25mSv 的情况，医院应立即采取有效的管控措施，暂停该辐射工作人员继续从事的放射诊疗作业，同时进行原因调查，调整岗位安排等。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离介入治疗室 1 最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在 DSA 运行后，实际工作中，常用管电压和管电流远低于预测工况，且项目运行产生的 X 射线经墙体、门窗屏蔽、距离衰减后，介入治疗室 1 周围环境保护目标受照剂量远低于预测剂量，对介入治疗室 1 周围公众影响更小。

#### （6）医生腕部皮肤受照剂量

手术医生和护士在手术室内进行介入手术时，会穿铅衣、戴介入防护手套、铅防护眼镜、铅橡胶颈套等防护用品，但是仍然有部分皮肤暴露在射线下受到照射，手术医生腕部距离辐射源（非主射束方向）最近，因 X 射线随着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皮肤照射年剂量。由于手术过程中医生随时在活动，其腕部不会一直处于受照位置不动，因此保守考虑，分以下两种情况预测：①预计在透视时有 1/5 时间医生在受照位置进行插入导管等操作，此时医生腕部受铅防护手套（0.025mmPb）保护；②预计在透视时有 4/5 时间医生在手术床侧其他位置，此时医生腕部未处于受照位置，腕部同时受到铅防护手套（0.025mmPb）和铅悬挂防护屏（0.5mmPb）的保护。

本项目采用理论预测分析介入医生腕部皮肤所受到的剂量，减弱因子参照



《放射诊断防护要求》(GBZ130-2020) 公式 C.1 以及附录表 C.2, 则手术医生腕部所受的最大辐射剂量见下表:

表 11-10 本项目介入手术医生腕部最大辐射剂量率表

关注点部位	射线源距离 (m)	屏蔽材料及厚度	屏蔽材料折合铅当量 (mmPb)	减弱因子	散射辐射剂量率 (μGy/h)	漏射辐射剂量率 (μGy/h)	综合剂量率 (μGy/h)
医生腕部	0.5	0.025mmPb 手套	0.025	6.26E-01			
		0.5mmPb 铅悬挂防护屏 +0.025mmPb 手套	0.525	2.27E-02			

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 复合手术室或 DSA 介入手术室人员年皮肤吸收剂量:

$$D_s = C_{ks} (\dot{k} \cdot t) \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{(式 7)}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}_{(10)}^*}{C_{KH}} \dots\dots\dots \text{(式 8)}$$

式中:  $D_s$ —皮肤吸收剂量, mGy;

$\dot{k}$ —X 辐射场的空气比释动能率, 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—人员累积受照时间, h;

$\dot{H}_{(10)}^*$ —X 辐射场的周围剂量当量率, μSv/h;

$C_{KH}$ —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数 (Sv/Gy)。

根据各科室介入手术工作量分配情况, 保守预测本项目肾内科手术医生人均受照时间最长, 即人均受照时间最长为 10.5h (该时长为保守考虑后人均年受照时间), 根据上述分析有如下两种情况: ①预计在透视时有 1/5 时间医生在受照位置进行插入导管等操作, 此时受照时间为 2.1h (10.5h×1/5), 根据表 11-16 分析, 腕部位置处, 腕部位置处的剂量当量率为 1.96E+04μGy/h; ②预计在透视时有 4/5 时间医生处于未受照位置, 此时受照时间为 8.4h (10.5h×4/5), 根据表 11-16 分析, 腕部位置处, 腕部位置处的剂量当量率为 7.10E+02μGy/h。

本项目 DSA 可近似地视为垂直入射，而且是 AP 入射方式。从表 A.9 可查得 X 辐射场空气比释动能到周围剂量当量的转化系数  $C_{KH}=1.72\text{Sv/Gy}$ ，由（公式 8）计算出手术医生在上述两种受照情况下辐射场的空气比释动能分别为  $1.14\text{E}+04\mu\text{Sv/h}$ 、 $4.13\text{E}+02\mu\text{Sv/h}$ 。从表 A.4 可查出空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数  $C_{KS}=1.134\text{mGy/mGy}$ 。根据式 7，手术医生在受照位置进行插入导管等操作时，医生手术时腕部皮肤受照当量剂量为： $27.15\text{mSv/a}$ ；手术医生在非受照位置进行手术操作时，医生手术时腕部皮肤受照当量剂量为： $3.93\text{mSv/a}$ ；则手术医生腕部皮肤受照当量剂量叠加共为  $31.08\text{mSv/a}$ ，满足《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，四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量不超过  $500\text{mSv}$ ，也满足本项目对于放射工作人员四肢（手和足）或皮肤当量剂量通常管理限值，即不超过  $125\text{mSv/a}$  的要求。

#### （7）介入治疗对医生和患者的辐射防护要求

介入治疗是一种解决临床疑难病的新方法，但介入治疗时 X 射线曝光量大，曝光时间长，距球管和散射体近，使介入治疗操作者受到大剂量的 X 射线照射。为了减少介入治疗时 X 射线对操作者和其他人员的影响，本评价提出以下几点要求：

介入治疗医生自身的辐射防护要求：①加强教育和培训工作，提高辐射安全文化素养，全面掌握辐射防护法规和技术知识；②结合诊疗项目实际情况，综合运用时间、距离与屏蔽防护措施；③在介入手术期间，必须穿戴个人防护用品，并佩戴个人剂量报警仪；④定期维护 DSA 系统设备，制定和执行介入治疗的质量保证计划。

患者的辐射防护要求：①严格执行 GB18871-2002 中规定的介入诊疗指导水平，保证患者的入射体表剂量率不超过  $100\text{mGy/min}$ ；②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；③采用剂量控制与分散措施，通过调整扫描架角度，移动扫描床等办法，分散患者的皮肤剂量，避免单一皮肤区域接受全部剂量；④作好患者非照射部位的保护工作。

#### （8）射线装置报废

射线装置在报废前，应采取去功能化的措施（如拆除电源和拆解加高压射线

管), 确保装置无法再次组装通电使用, 并按照国有资产和生态环境主管部门的要求, 履行相关报废手续。

## 二、直线加速器机房 2 辐射环境影响分析

本项目医用电子直线加速器在运行过程中产生的电离辐射为: 电子线、X 射线。

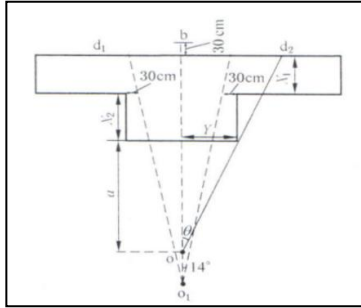
本项目医用电子直线加速器加速粒子均为电子, 加速器使用时会产生电子束。电子直线加速器加速的电子本身在物质中的射程很短, 很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止, 不会直接造成危害, 且电子线是随机器的开关而产生和消失的, 因此, 电子线对周围环境影响很小。

CBCT (锥体束 CT) 在加速器治疗前通过 X 射线扫描得到三维影像, 对照射位置和剂量进行校准, 最大管电压 150kV, 管电流 800mA。从 X 射线放射诊断场所的屏蔽方面考虑, 本项目直线加速器机房 2 采用现浇钢筋混凝土浇筑, 且最薄弱处也有 1300mm 钢筋混凝土, 防护门为 18mm 铅当量铅钢防护门, 远大于《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 中主射线束 2.5mmPb 的要求, 即射线装置在正常运行时可满足“周围剂量当量率控制目标值应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求, 射线装置工作时对机房外公众和辐射工作人员影响较小, 故主要考虑医用电子直线加速器治疗过程中的影响。

### (一) 直线加速器机房 2 主屏蔽区宽度校核

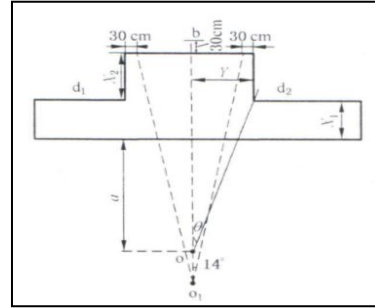
本项目直线加速器机房 2 主屏蔽区包括顶部、底部 (为土层)、南侧、北侧墙体的部分位置, 加速器主射线的最大出束角度为 28°。医用电子直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-3, 主屏蔽宽度校核结果见表 11-11。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 附录 D, 加速器主屏蔽区宽度计算分为以下两种情况, 对应的主屏蔽半宽度 Y 的计算公式如下:



主屏蔽区内凸

$$Y = (100 + a + X_2) \tan 14^\circ + 30$$



主屏蔽区外凸

$$Y = (100 + a + X_1 + X_2) \tan 14^\circ + 30$$

本项目直线加速器机房2北侧、顶部主屏蔽墙均为内凸，南侧墙体主屏蔽墙为外凸加内凸，保守以外凸进行宽度校核，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表11-11，医用电子直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图11-3。





图 11-3 本项目直线加速器机房 2 主射屏蔽范围计算示意图

表 11-11 本项目主屏蔽区宽度校核表

使用场所	焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
直线加速器机房 2	直线加速器机房 2 北侧距主屏蔽墙体 3.95m	$2 \times [(1+3.95+0.85)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.50$	5.6	满足要求
	直线加速器机房 2 南侧距主屏蔽墙体 3.95m	$2 \times [(1+3.95+1.3+0.85)\text{tg}14^\circ+0.3]=4.15$	5.6	满足要求
	直线加速器机房 2 顶部距主屏蔽墙体 3.555m	$2 \times [(1+3.555+1.7)\text{tg}14^\circ+0.3]=3.72$	5.6	满足要求

根据表 11-11 可知，本项目直线加速器机房主屏蔽墙宽度均满足要求，设备厂家和建设单位在进行医用电子直线加速器安装时，必须严格按照既定的方案进行安装，杜绝安装后主射束超出主屏蔽墙范围的情况。

## （二）直线加速器机房 2 关注点设立及剂量率参考水平

### 1、直线加速器机房 2 关注点设立

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T 201.2-2011）的要求，在本项目医用电子直线加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在医用电子直线加速器机房设计的尺寸厚度基础上，选取加速器最大工况运行（即“10MV，1 米处输出剂量率 24Gy/min”）并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目直线加速器机房 2 位于住院综合楼最底端地下负四层，下方无地下建筑，故机房地下不作为关注点。

本项目直线加速器机房 2 关注点设立及主要照射路径图见图 11-4、11-5。



图 11-4 本项目直线加速器机房 2 关注点及主要照射路径示意图（剖面）



图11-5 本项目直线加速器机房2关注点及主要照射路径示意图（平面）

## 2、剂量率参考控制水平

本项目直线加速器机房 2 边界周围剂量率控制水平参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021)及《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020)等相关标准要求,医用电子直线加速器机房屏蔽体外人员居留因子  $T > 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ , 人员居留因子  $T \leq 1/2$  的场所:  $\dot{H}_{c,max} \leq 10\mu\text{Sv/h}$ , 本项目综合考虑保守取  $\dot{H}_{c,max} \leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

建设单位在本项目直线加速器机房2完工投用后,不得擅自改变直线加速器机房2周围的功能用途。

### (三) 医用电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

#### ①主屏蔽墙体屏蔽效果预测(a点、b点和k点)

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

$$X_e = X / \cos \theta \dots\dots\dots (\text{式 } 9)$$

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

$X$ —屏蔽物质厚度, cm;

$X_e$ —有效厚度, cm;

$\theta$ —斜射角,入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角,主屏蔽墙  $0^\circ$  入射;

$B$ —辐射屏蔽透射因子;

$TVL_1$ 、 $TVL$ —为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度,当未指明  $TVL_1$  时,  $TVL_1 = TVL$ 。根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.2-2011)附录 B 表 B.1,本项目 10MV 医用电子直线加速器有用束  $TVL_1$  取 41,  $TVL$  取 37;  $90^\circ$  泄露辐射  $TVL_1$  取 35,  $TVL$  取 31;

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots (\text{式 } 11)$$

式中：

$\dot{H}_0$ ——加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶（以下简称靶）1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；本项目为  $1.44\text{E}+09\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率  $24\text{Gy}/\text{min}$ ）；

B——辐射屏蔽透射因子；

R——靶点至关注点的距离，m，本项目关注点为相应屏蔽体外 30cm；

f——对有用线束为 1，对泄漏辐射为泄漏辐射比率，0.1%。

将各参数代入公式计算，得到相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 H（ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ），辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-12。

表 11-12 主屏蔽区外参考点辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	北侧主屏蔽墙（a 点）	南侧主屏蔽墙（b 点）	屋顶主屏蔽墙（k 点）
射线路径			
射线类型			
砼厚度 X(cm)			
Xe (cm)			
TVL (cm)			
TVL <sub>1</sub> (cm)			
B			
R (m)			
$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )			
f			
$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )			
$\dot{H}_e$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )			
评价结果			

## ②侧屏蔽墙及迷道内墙屏蔽效果预测（l 点、i 点、g 点、e 点）

泄漏辐射估算方法类似主屏蔽区。TVL<sub>1</sub> 和 TVL 为附录 B 表 B.1 的泄漏辐射值。l 点、i 点、g 点、e 点辐射剂量率计算参数和结果见表 11-13。

表 11-13 侧屏蔽泄漏射线辐射率计算参数和计算结果

参数	西侧屏蔽墙（l 点）	西侧迷道屏蔽内墙（g 点）	西侧迷道屏蔽外墙（i 点）	东侧屏蔽墙（e 点，土层）
射线路径				
射线类型				
砼厚度 X (cm)				
斜射角 $\theta$ (°)				



Xe (cm)				
TVL (cm)				
TVL <sub>1</sub> (cm)				
B				
R (m)				
$\dot{H}_0$ (μSv.m <sup>2</sup> /h)				
f				
$\dot{H}$ (μSv/h)				
$\dot{H}_e$ (μSv/h)				
评价结果	满足	满足	满足	满足

注：1、迷道内墙关注点剂量率取（GBZ/T201.2-2011 附录 D 中“D.1.2.6a）当迷路入口以 2.5μSv/h 剂量率控制时，穿过迷路内墙在 g 点处的泄漏辐射剂量率应小于其 1/4，取为 0.625μSv/h”。

### ③与主屏蔽区相连的次屏蔽区的屏蔽效果预测（c<sub>1</sub>点、c<sub>2</sub>点、d<sub>1</sub>点、h<sub>1</sub>点、h<sub>2</sub>点、d<sub>2</sub>点）

根据图 11-4，h<sub>1</sub> 和 h<sub>2</sub> 两点对称；墙体屏蔽厚度、居留因子及到中心点的距离一样，因此简化估算关注点，只估算关注点 h<sub>1</sub>。

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

**2) 散射辐射屏蔽计算：**在给定的屏蔽物质厚度 X (cm) 时，首先计算或直接在结构图中量出该屏蔽墙的有效厚度 Xe (cm)，估算屏蔽物质的屏蔽透射因子 B（其中患者散射辐射在混凝土中的什值层，查表 B.4 可知，对于 10kV 射线，当散射角 30° 时，患者散射辐射在混凝土中什值层为 28cm），再按照公式 12 计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率。

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R_s^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 12)}$$

$\dot{H}$  —剂量率参考控制水平；

$\alpha_{ph}$  —患者 400cm<sup>2</sup> 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 400cm<sup>2</sup> 面积上的散射因子。根据散射线能量和考察点斜射角，查表(GBZ/T2012-2011)中表 B.2。

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率,  $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ; 本项目 10MV 医用电子直线加速器为  $1.44\text{E}+09\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$  (最高剂量率  $24\text{Gy}/\text{min}$ );

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

$R_s$ —患者 (位于等中心点) 至关注点的距离;

B—辐射屏蔽透射因子;

**3) 预测计算结果:** 叠加次屏蔽墙外泄漏辐射与患者一次散射辐射的瞬时剂量率值, 将其与本项目确定的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  相比, 判断机房屏蔽设计是否满足标准要求, 计算结果见表 11-14。

表 11-14 与主屏蔽相连的次屏蔽外参考点辐射剂量率核算值

参数		北侧次屏蔽墙 ( $c_1$ 点)	北侧次屏蔽墙 ( $c_2$ 点)	南侧次屏蔽墙 ( $d_1$ 点)	屋顶次屏蔽 墙 ( $h_1$ 点)	南侧次屏蔽墙 ( $d_2$ 点, 土层)
砼厚度 X (cm)						
斜射角 $\theta$ (°)						
Xe (cm)						
$\dot{H}_0$ (μSv.m <sup>2</sup> /h)						
泄 漏 辐 射	射线路径					
	TVL (cm)					
	TVL <sub>I</sub> (cm)					
	B					
	R (m)					
	f					
	$\dot{H}_{\text{漏}}$ (μSv/h)					
散 射 辐 射	射线路径					
	TVL (cm)					
	TVL <sub>I</sub> (cm)					
	R <sub>s</sub> (m)					
	$\alpha_{ph}$					
	B					
	F (cm <sup>2</sup> )					
	$\dot{H}_{\text{散}}$ (μSv/h)					
H(散射+漏射) (μSv/h)						
$\dot{H}_e$ (μSv/h)						

评价	满足	满足	满足	满足	满足
----	----	----	----	----	----

#### ④机房入口防护门屏蔽效果核算

根据（GBZ/T201.2-2011）4.3.2.5.1，加速器机房入口关注点处（g）的散射辐射剂量率  $\dot{H}_g$  计算公式如下：

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph}(F/400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A_1}{R_2^2} \cdot \frac{\alpha_3 \cdot A_2}{R_3^2} \dot{H}_0 \dots\dots\dots \text{(式 13)}$$

式中： $\dot{H}_0$ 、F 意义同前文；

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

$\alpha_{ph}$ —患者  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子，查 GBZ/T201.2-2011 附录 B.2 可得，通常取  $45^\circ$  散射角的值，本项目  $10\text{MV}$   $\alpha_{ph}$  散射取  $1.35\text{E}-03$ ；

$\alpha_2, \alpha_3$ —墙入射的患者散射辐射因子，患者一次散射角为  $45^\circ$ ，墙入射角为  $45^\circ$ ，墙散射角近似按  $0^\circ$  计算， $\alpha_2$  值查附录 B 表 B.6，通常使用其  $0.5\text{MeV}$  栏内的值，即  $\alpha_2=22.0\text{E}-03$ ；

$A_1$ —散射面积（A 为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积）， $\text{m}^2$ ；o 点与 f 点的共同可视面积， $A_1$  为  $(1.05+4.12)\text{m} \times 6.55\text{m}=33.86\text{m}^2$

$A_2$ —散射面积， $\text{m}^2$ ；e 点与 g 点的共同可视面积， $A_2$  为  $6.55\text{m}$ （高） $\times 2.3\text{m}$ （宽） $=15.07\text{m}^2$

$R_1$ —“o—e”之间的距离； $R_1=7.33\text{m}$ ；

$R_2$ —“e—f”之间的距离； $R_2=6.64\text{m}$ ；

$R_3$ —“f—g”之间的距离； $R_3=3.0\text{m}$ ；

$F$ —治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积， $\text{cm}^2$ ；本项目等中心处最大治疗野为  $40\text{cm} \times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ ；

g 点辐射剂量率计算参数和计算结果见表 11-15。

表 11-15 g 点处的散射辐射剂量率计算参数和计算结果

参数	防护门外 g 点
射线路径	O→e→f→g
射线类型	散射射线

$\dot{H}_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	
$\alpha_{ph}$	
F	
$\alpha_2$	
$R_1$ (m)	
$R_2$ (m)	
$R_3$ (m)	
$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	
$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	
g 点剂量率 (估算值)	

迷道入口防护门外 g 点的总辐射剂量率按公式 11-6 计算, 入口防护门外辐射量率计算参数和计算结果见表 11-16。

$$H_c = \dot{H}_g 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots (式 14)$$

式中:

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

$\dot{H}_{og}$ — $O_2$  位置穿过迷道内墙的泄露辐射在 g 处的剂量率;

X—防护门铅当量厚度, mm;

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

表 11-16 防护门外 g 点的辐射剂量率核算值

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

### ⑤汇总

综上所述, 直线加速器机房 2 墙、顶、门外理论估算结果汇总见表 11-17。

表 11-17 本项目直线加速器机房 2 墙、顶、门外理论估算结果汇总

关注点		剂量率估算值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	结论
直线 加速 器机 房 2	北侧主屏蔽墙 (a 点)		2.5	满足
	南侧主屏蔽墙 (b 点)		2.5	满足
	屋顶主屏蔽墙 (k 点)		2.5	满足
	西侧屏蔽墙 (l 点)		2.5	满足
	西侧迷道屏蔽内墙 (g 点)		0.625	满足
	西侧迷道屏蔽外墙 (i 点)		2.5	满足
	东侧屏蔽墙 (e 点, 土层)		2.5	满足
	北侧次屏蔽墙 (c <sub>1</sub> 点)		2.5	满足
	北侧次屏蔽墙 (c <sub>2</sub> 点)		2.5	满足
	南侧次屏蔽墙 (d <sub>1</sub> 点)		2.5	满足
	屋顶次屏蔽墙 (h <sub>1</sub> 点)		2.5	满足
	南侧次屏蔽墙 (d <sub>2</sub> 点, 土层)		2.5	满足
	防护门外 (g 点)		2.5	满足

综上所述, 本项目直线加速器机房 2 运行时, 其周围关注点处辐射剂量率低于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ , 满足《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ 1198-2021) 等相关标准要求。

#### (4) 医用电子直线加速器保护目标所受年有效剂量分析

$$E=H \times U \times T \times t \times 10^{-3} \times W_T \dots\dots\dots (\text{式 } 15)$$

式中: E—年有效剂量,  $\text{mSv/a}$ ;

H—辐射剂量率估算值,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

U—使用因子;

T—工作负荷,  $300\text{h/a}$ ;

t—居留因子, 本项目居留因子参考《放射治疗放射防护要求》GBZ121-2020) 附录 A 取值。

表 11-18 本项目医用电子加速器对周围环境保护目标的影响情况

关注点	相对直线加速器 机房 2 方位	辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	居留 因子	受照时间/h	年有效剂 量( $\text{mSv/a}$ )	剂量约 束值
控制室2	西侧 (l点)					职业: 5mSv/a
准备间2	西侧 (g点)					公众: 0.1mSv /a
机房2	西侧 (i点)					
强电井	北侧 (c1点)					
走廊	北侧 (c1点)					

水冷机房2	北侧 (a点)								
东侧 土层	东侧 (c点)								
直线加速器机房3	南侧 (b点)								
直线加速器机房 2 顶部上空 (停车场)	顶部 (k点)								

由表11-18结果可知，本项目医用电子直线加速器机房周围辐射工作人员的年附加有效剂量最大为 $2.59E-05\text{mSv}$ ，周围公众的年附加有效剂量最大为 $7.22E-02\text{mSv}$ 。因此本项目辐射工作人员年有效剂量低于 $5.0\text{mSv}$ ，周围公众年有效剂量低于 $0.1\text{mSv}$ 。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值的要求。

根据本项目确定的评价范围，本项目环境保护目标为医院辐射工作人员、医院内的其他医护人员、病患、陪同家属及院内外其他公众。

根据距离衰减后，保护目标剂量率见下表。

表 11-19 本项目医用直线加速器范围内其他保护目标年有效剂量

序号	保护目标名称	机房相对方位	距离(m)	居留因子	受照时间(h)	预测点位	参考点周围剂量当量率( $\mu\text{Gy/h}$ )	年有效剂量( $\text{mSv/a}$ )	剂量约束值( $\text{mSv/a}$ )
1	控制室 2 内的辐射工作人员	西侧	/	1	300	1 点			5.0
2	水冷机房 2、走廊、强电井、旧模室、铅模室、风井、走廊、前室、库房、楼梯、后装机房等区域的人员	北侧	/	1/4		a 点			0.1
3	水冷机房 2 上空、走廊上空、强电井、旧模室上空、铅模室上空、风井、走廊、前室上方、库房上方、楼梯、后装机房上方等区域的人员	北侧	/	1/4		a 点			0.1
4	人防工程内的人员	东南侧	10.2	1/4		d <sub>2</sub> 点			0.1
5	直线加速器机房 3、水冷机房 3、走廊、电井、排烟井、人防通道、送风井、楼梯、消防电梯、人防工程、患者电梯厅、医护电梯厅、步行医疗街等区域的人员	南侧	/	1		b 点			0.1
6	准备间 3、控制室 3、库房、机房 3、走廊、报警阀间、	西南侧	/	1/4		g 点			0.1

	步行医疗街、人防工程、休闲区、商业、卫生间、值班室等区域的人员								
7	走廊、生活水泵房、库房、机房 3、走廊、人防工程、停车场、室外活动平台等区域的人员	西南侧	/	1/4		g 点			0.1
8	机房 2、控制室 2、准备间 2、候诊区、抢救室、治疗室、放疗中心大厅、男/女更衣室、男/女卫生间、制模室、体模室、示教室、物理中心、男/女值班室、走廊、排烟机房、医患沟通室等区域的人员	西侧	/	1/4		i 点			0.1
9	绿地、院内道路、停车位等区域的人员	西侧	40.6	1/4		i 点			0.1
10	电井、风井、楼梯、走廊、3 间准备间、送风机房、3 间控制室、更衣室、库房、设备间、CT 模拟机房、后装机房、直线加速器机房 1、准备间 1、控制室 1、机房 1、水冷机房 1、合前用室、新风机房、水井等区域的人员	西北侧	/	1/4		c <sub>1</sub>			0.1
11	服务器机房、绿地、院内道路等区域的人员	西北侧	22.6	1/4		c <sub>1</sub>			0.1
12	停车场、住院综合楼其余楼层等区域的人员	上方	/	1/4		k			0.1

综上所述，直线加速器机房 2 周围 50m 内其他保护目标年有效剂量均远小于 0.1mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众人员受照剂量限值的要求，并满足本项目管理目标值：公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

### 三、大气环境影响分析

本项目在 DSA 运行过程中，主要大气污染因子为介入治疗室 1 内空气中氧受 X 射线电离而产生的臭氧，DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，本项目在介入治疗室 1 内配置通排风系统（新风量为 1500m<sup>3</sup>/h、排风量为 1500m<sup>3</sup>/h），介入治疗室 1 的室内排风口位介入治疗室 1 北侧吊顶处，产生臭氧接排风管道经室内预

留的排风口引至室外排放口（位于住院综合楼 1F 西北侧（阅片室外），离地高约 0.8m）排出，经自然分解和稀释，能满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（ $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ）的要求。

本项目直线加速器机房 2 配置有通排风系统，室内进风口位于机房东南侧，进风管（ $500\text{mm}\times 250\text{mm}$ ）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于直线加速器机房 2 南侧）；室内排风口（离地约 150mm）位于直线加速器机房 2 北侧，排风管（ $630\text{mm}\times 250\text{mm}$ ）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体进入机房内，再接入排风管道通向直线加速器机房 2 北侧的排风井，通过排风井进行排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为  $3000\text{m}^3/\text{h}$ 。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度  $0.16\text{mg}/\text{m}^3$  的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。

#### 四、水环境影响分析

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站（处理规模： $500\text{m}^3/\text{d}$ ，工艺为：“格栅+厌氧+好氧+沉淀+单过硫酸氢钾消毒”），处理达《医疗机构水污染物排放标准》（GB 18466-2005）表 2 中预处理标准后，通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后，排入沱江。

#### 五、固体废物影响分析

##### 医用电子直线加速器产生的固废：

本项目医用电子直线加速器治疗过程中，不产生医疗废物，工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾，生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理，并做好清运工作中的装载工作，防止垃圾在运输途中散落。

**废靶件：**医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生，废靶件属于放射性固体废物，废靶件由生产厂家进行回收处理。

##### DSA 产生的固废：

①本项目 DSA 采用数字成像，不打印胶片，因此不会有废胶片产生。



②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾，按每台手术产生约 2kg 的医疗废物，DSA 设备合计手术量为 600 台，则每年固体废物产生量约为 1200kg（1.2t）。本项目 DSA 产生的医疗废物在污物暂存间打包后与医院其他医疗废物一起在医院既有医疗废物暂存间内暂存，统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目 DSA 拟配置 48 名辐射工作人员，每人每天产生生活垃圾约 0.5kg，则每天生活垃圾产生量约 24kg（0.024t），每年生活垃圾产生量约 6t。工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置，不会对周围环境产生明显影响。

## 六、声环境影响分析

本项目所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

## 辐射事故分析

### 一、环境风险评价的目的

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

### 二、风险识别

#### 1、DSA

本项目使用的 DSA 属于 II 类射线装置，属中危险射线装置，事故时可使受照人员产生较严重的放射损伤，大剂量照射甚至可导致死亡。DSA 不运行时不可能发生放射性事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有当机器运行期间才会产生 X 射线等危害因素，而且最大可能的事故主要如下：

装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；手术过程中，人员误入或滞留在介入手术室内而造成非主射方向的误照射事故。

## 2、医用电子直线加速器

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

①辐射工作人员还未全部撤出医用电子直线加速器机房，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，医用电子直线加速器工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

## 三、源项分析及事故等级分析

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

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-20 中。

**表 11-20 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级**

事故等级	潜在危害
一般辐射事故	是指 IV、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。
较大辐射事故	是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
特别重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见表 11-21。

**表11-21 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值**

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
-------	----	-----------

骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	急重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	急重度	/
脑型急性放射病	轻度	>50.0Gy
	中度	
	重度	
	急重度	
	死亡	

## 四、后果计算

### （一）事故情景假设

#### 1、DSA

装置在运行时，介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作；由于安全联锁系统失效，手术过程中，人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射。

#### 2、医用电子直线加速器

①辐射工作人员还未全部撤出医用电子直线加速器机房，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，医用电子直线加速器工作时无关人员打开屏蔽门并误入，造成人员被误照射，引发辐射事故。

### （二）剂量估算

#### 1、DSA

介入手术人员在未采取任何防护的情况下位于非主射方向进行介入手术操作，公众进入机房受到非主射方向的照射的事故后果计算结果如下表所示：

表 11-22 事故状态下非主射方向不同停留时间和距离人员受照剂量表

关注点与射线装置的距离(m)	病人与关注点的距离 (m)	时间 (min)	散射所致剂量 (mSv)	漏射所致剂量 (mSv)	总剂量 (mSv)	受照类型
0.5	0.4	1.0	2.00E-01	3.93E-01	5.93E-01	职业照射/公众
		5	9.99E-01	1.97	2.97	
		10	2.0	3.93	5.93	

		12	2.40	4.72	7.12	照射
1	0.9	1.0	3.95E-02	9.83E-02	1.38E-01	
		5	1.97E-01	4.92E-01	6.89E-01	
		10	3.95E-01	9.83E-01	1.38	
		12	4.73E-01	1.18	1.65	
2	1.9	1.0	8.85E-03	2.46E-02	3.35E-02	
		5	4.43E-02	1.23E-01	1.67E-01	
		10	8.85E-02	2.46E-01	3.35E-01	
		12	1.06E-01	2.95E-01	4.01E-01	
3	2.9	1.0	3.80E-03	1.09E-02	1.47E-02	
		5	1.90E-02	5.46E-02	7.36E-02	
		10	3.80E-02	1.09E-01	1.47E-01	
		12	4.56E-02	1.31E-01	1.77E-01	
4	3.9	1.0	2.10E-03	6.15E-03	8.25E-03	
		5	1.05E-02	3.07E-02	4.12E-02	
		10	2.10E-02	6.15E-02	8.25E-02	
		12	2.52E-02	7.38E-02	9.90E-02	
5	4.9	1.0	1.33E-03	3.93E-03	5.26E-03	
		5	6.66E-03	1.97E-02	2.64E-02	
		10	1.33E-02	3.93E-02	5.26E-02	
		12	1.60E-02	4.72E-02	6.32E-02	
6	5.9	1.0	9.18E-04	2.73E-03	3.65E-03	
		5	4.59E-03	1.37E-02	1.83E-02	
		10	9.18E-03	2.73E-02	3.65E-02	
		12	1.10E-02	3.28E-02	4.38E-02	
7	6.9	1.0	6.71E-04	2.01E-03	2.68E-03	
		5	3.36E-03	1.00E-02	1.34E-02	
		10	6.71E-03	2.01E-02	2.68E-02	
		12	8.06E-03	2.41E-02	3.22E-02	
8	7.9	1.0	5.12E-04	1.54E-03	2.05E-03	
		5	2.56E-03	7.68E-03	1.02E-02	
		10	5.12E-03	1.54E-02	2.05E-02	
		12	6.14E-03	1.84E-02	2.45E-02	

根据上表可知，在未采取任何防护情况下，本项目介入手术人员随着时间的推移，非主射方向在距离 0.5m 处 12min 时的受照剂量最大，为 7.12mSv/次，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 的剂量限值；公众误入介入机房，非主射方向在距离 0.5m 处 12min 时的受照剂量最大，7.12mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的公众 1mSv/a 的剂量限值。

因此，介入手术人员或误入人员单次滞留在机房内而造成非主射方向的误照射，构成一般辐射事故。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理。

## 2、医用电子直线加速器

根据以上两种事故情况均为人员在机房内，被误照射。

本项目直线加速器在对病人开机治疗时，距靶点 1m 处 X 射线的最大吸收剂量率按 24Gy/min 计，则在与靶点不同距离上 X 射线剂量率可由下（式 16）估算。

$$H=H_0/R^2 \dots\dots\dots \text{（式 16）}$$

式中：H—距直线加速器焦点 R 处的 X 射线的吸收剂量率（Gy/min）；  
 $H_0$ —距直线加速器焦点 1m 处 X 射线的吸收剂量率，24Gy/min；  
 R—估算点与直线加速器焦点的距离，m。

$$E=H \cdot W_T \cdot W_R \dots\dots\dots \text{（式 17）}$$

式中：E—受照人员的有效剂量  
 $W_T$ —组织权重因数，本项目取 1；  
 $W_R$ —辐射权重因数，本项目取 1。

根据（式 16）和（式 17），将与直线加速器焦点不同距离的 X 射线吸收剂量的估算结果列于表 11-23。

表 11-23 事故情况下误入人员受到的吸收剂量率估算结果

风险因子 (X 射线)	与焦点距离 (m)	吸收剂量率 (Gy/min)
	1	24
	1.5	10.67
	2	6.00
	3	2.67
	5	0.96
	10	0.24

由上表可见，假设误入人员位于加速器照射头射束 1m 远处的主射方向。由于机房内和控制室均设置有“紧急停机”按钮且装有视频监控系统，只要有人员就可及时发现，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直线加速器 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，属于较大辐射事故。

## **五、事故防范与应急措施**

### **1、事故防范措施**

为了杜绝辐射事故的发生，建设方应严格执行以下风险预防措施：

（1）DSA 设备控制台及介入手术床旁、以及直线加速器安装“紧急止动”按钮等措施；

（2）DSA 和直线加速器设备采取工作状态指示灯与手术室门联锁等多重安全措施；

（3）严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，制定并严格遵守各项管理制度和辐射事故应急预案，定期对辐射安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查；

（4）所有从事放射诊疗类的工作人员须加强辐射安全与防护知识学习并持证上岗；

（5）按照个人剂量监测的相关规定，严格对工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案，配备个人剂量测量报警仪器，合理安排辐射工作人员操作时间，若发现辐射工作人员可能超过规定的年有效受照剂量限值要求时，应及时调整其工作安排；

（6）严格执行医院制定的辐射事故应急预案，全面做好医院辐射防护与安全的工作。

（7）医院辐射工作人员需严格按操作规程进行操作，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。

### **2、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“紧急止动开关”），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

一、辐射安全与环境保护管理领导小组

内江市第二人民医院于 2024 年 12 月 19 日关于调整辐射安全与环境保护管理领导小组的通知文件（见附件 4），文件明确了领导小组的职责要求，具体如下：

（一）领导小组组成及职责

组长：[redacted]  
副组长：[redacted]  
成员：[redacted]  
[redacted]

领导小组职责:负责核定辐射安全与防护管理方案、工作制度、职责及流程并监督执行;每季度召开辐射安全工作会议，研究决策辐射安全相关事宜;每季度组织辐射安全检查和评估;负责意外事故的紧急处置，分析发生意外事故的原因，提出整改措施。

领导小组办公室设在公共卫生科，办公室主任由蒋辉兼任，副主任由晏雷兼任，承担领导小组决议的有关事项传达与督办，工作会议的组织、相关事宜联络与协调，并做好资料收集与整理。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

（一）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

- 1、本项目拟配备辐射工作人员75名，均为医院现有辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。
- 2、射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。
- 3、医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

（二）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

1、对放射性同位素、放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

2、根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mec.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

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

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

## 辐射安全管理规章制度

### 一、档案管理分类

医院应将相关资料进行分类归档妥善放置，包括以下八大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”，并由专人进行管理。

### 二、辐射安全管理规章制度

根据《生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 年发布版）》和《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400 号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	检查项目		落实情况
医用电子直线加速器			
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2		辐射安全防护安全管理规定	已制定，需将本项目纳入
3		辐射安全和防护设施维护维修制度	已制定，需将本项目纳入



4	场所设施	医用电子直线加速器操作规程	已制定，需在操作场所上墙
5		场所分区管理规定	需制定
6	监测	辐射工作场所监测方案	已制定，需将本项目纳入
7		监测仪表使用与校验管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
8		校验源管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
9	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定，根据最新要求完善
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定
11		辐射工作人员岗位职责	已制定
12	应急	辐射事故/事件应急预案	将原有预案完善，将直线加速器各类事故纳入应急预案，并在操作场所上墙
DSA			
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件	已制定
2	场所设施	辐射安全管理规定	已制定
3		射线装置操作规程	已制定，需在操作场所上墙
4		辐射安全防护设施的维护与维修制度	已制定
5		场所分区管理规定	已制定
6		X 射线诊断中受检者防护规定	已制定
7		患者管理规定	已制定
8		安保管理制度	已制定
9	监测	监测方案	已制定，需将本项目纳入
10		监测仪表使用与校验管理制度	需根据本项目新增仪器仪表修订完善
11	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定，根据最新要求完善
12		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定，可沿用
13		辐射工作人员岗位职责	已制定，本项目相关场所将该制度上墙
14	应急	辐射事故应急预案	将原有预案完善，将新增介入手术场所纳入应急预案，并在操作场所上墙
建设单位需制定的其他制度			
1	其它	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定
2		射线装置台账管理制度	已制定
根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）的要求，建设单位应根据使用射线装置的情况，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。

医院应按照《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》(川环函〔2016〕1400号)的要求,将《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。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。

建设单位应根据规章制度内容认真组织实施,并且根据国家发布的新的相关法律法规内容,结合医院实际情况及时对各项规章制度补充修改,使之更能符合实际需要。

建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后,及时到相关单位申请办理相关业务。

### 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求,建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量监测仪器,同时配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)中的相关规定,本项目个人剂量监测、工作场所及周围环境监测要求如下:

#### (1) 个人剂量监测

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,个人剂量报警计应有足够的可靠性、灵敏度和准确度,对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。对于核医学放射药物分装与注射等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。在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时,工作人员应使用个人剂量报警仪。

每3个月每名辐射工作人员的个人剂量计需送有资质单位进行检测,并建立个人剂量档案,信息包括:个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料,建设单位应当将个人剂量档案终身保存。当出现个人剂量异常情况,核与辐射安全领导应及时组织调查,并进行相应的整改。

#### (2) 辐射工作场所及环境监测

①监测内容: X- $\gamma$ 辐射剂量率。

②监测布点及数据管理：监测布点应与验收监测布点一致，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- $\gamma$ 辐射剂量率，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：屏蔽墙、防护门、观察窗外以及楼上楼下区域和穿线孔洞外 X- $\gamma$ 辐射剂量率。

⑤监测设备：X- $\gamma$ 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 12-2 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	监测设备
自主监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	每月一次（记录监测数据存档）	X- $\gamma$ 辐射剂量率仪
委托监测	射线装置工作场所	X- $\gamma$ 剂量率	机房四周屏蔽体外、防护门外、观察窗外、穿线孔洞处	竣工环保验收监测；编制辐射防护年度评估报告（每年一次）	X- $\gamma$ 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

建设单位应于每年 1 月 31 日前将上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。建设单位应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函〔2016〕1400 号）规定的格式编写《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址：<http://rr.mee.gov.cn/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、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

#### （一）医院现有辐射事故应急预案内容

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

#### （二）本项目辐射事故应急预案可行性分析

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

- 1、增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。
- 2、增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- 3、增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。
- 4、增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。
- 5、辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态环境主管部门备案。
- 6、在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

### 二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

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

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

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

（四）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13 结论与建议

<div>结论</div> <div><div>一、项目概况</div><div>项目名称：内江市第二人民医院新增Ⅱ类医用射线装置应用项目</div><div>建设性质：新建</div><div>建设地点：内江市东兴区新江路 470 号内江市第二人民医院住院综合楼</div><div>建设内容及规模：<p>拟在住院综合楼负一楼介入治疗室 1 内新增使用 1 台 DSA 设备，拟新增的 DSA 设备型号待定，最大管电压 125kV，最大管电流 1000mA，出束方向由下而上，属于Ⅱ类射线装置，主要用于介入治疗、血管造影。本项目年诊疗病例约 600 台，年曝光时间累计约 117.1h（拍片 2.9h，透视 114.2h）。</p><p>拟在住院综合楼负四楼放疗中心的直线加速器机房 2 内配套使用 1 台 10MV 医用电子直线加速器（型号：待定，具备 CBCT 图像引导功能）用于肿瘤放射治疗，属于Ⅱ类射线装置。治疗时 X 射线最大能量为 10MV，X 射线 1m 处最大剂量率为 24Gy/min，电子线最大能量为 15MeV，电子线 1m 处最大剂量率为 30Gy/min。CBCT 最大管电压 150kV，最大管电流 800mA。拟在住院综合楼负四楼 CT 模拟机房，新增使用 1 台模拟定位 CT 机（Ⅲ类射线装置，建设单位需另行备案登记）。</p></div><div><div>二、本项目产业政策符合性分析</div><p>本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会修订发布《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日施行）的相关规定，本项目拟使用的医用电子直线加速器与数字减影血管造影装置为医院医疗基础建设内容，属指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 1 条“医疗服务设施建设”，均属于国家鼓励类产业，符合国家产业发展政策。</p></div><div><div>三、本项目选址合理性分析</div><p>本项目选址于内江市第二人民医院住院综合楼负四楼及负三楼、负一楼，该区域人流相对单一，住院综合楼三面被土质层环绕，最大程度减少了对周围环境的影响,降低了其他公众受照的可能性；辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和</p></div></div>
---

防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求，并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求。综上所述，从辐射防护安全 and 环境保护角度分析，本项目选址是合理的。

#### **四、工程所在地区环境质量现状**

本项目拟建地及周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率范围在 82nGy/h~92nGy/h 之间，与内江市生态环境局发布的《2024 内江市生态环境质量公报》电离辐射中，在内江市汉晨路站监测点测量的环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率（未扣除宇宙射线响应值）监测值为 62.8nGy/h~155.1nGy/h 基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

#### **五、环境影响评价分析结论**

##### **（一）施工期环境影响分析**

本项目拟在医院住院综合楼内的直线加速器机房 2、介入治疗室 1 内新增设备，土建施工已包含在内江市生态环境局《关于内江市第二人民医院住院综合楼及其附属工程建设项目环境影响报告书的批复》（批复文号：内市环审批（2025）4 号）中，本次评价不涉及机房的土建工程，施工期主要评价内容为：直线加速器机房 2、介入治疗室 1 的装修及设备安装和调试的环境影响，建设单位在落实报告表提出的各项污染防治措施后，对周围环境影响较小。

##### **（二）营运期环境影响分析**

##### **1、辐射环境影响**

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、其他环境影响**

##### **①声环境影响分析**

本项目所有设备选用低噪声设备，最大源强不超过 65dB（A），且均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间场界噪声可达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

##### **②水环境影响分析**

本项目产生的废水依托医院已建的污水管道、预处理池和污水处理站，处理

达《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466-2005)表 2 中预处理标准后,通过市政污水管网进入内江市第二再生水厂处理达标后,排入沱江。

### ③固体废物影响分析

#### 医用电子直线加速器产生的固废:

本项目医用电子直线加速器治疗过程中,不产生医疗废物,工作人员及病人将产生极少量的生活垃圾,生活垃圾经统一收集后由环卫部门统一清运处理,并做好清运工作中的装载工作,防止垃圾在运输途中散落。

**废靶件:**医用电子直线加速器的金属靶更换时会有废靶件产生,废靶件属于放射性固体废物,废靶件由生产厂家进行回收处理。

#### DSA 产生的固废:

①本项目 DSA 采用数字成像,不打印胶片,因此不会有废胶片产生。

②手术时产生一定量的医用器具和药棉、纱布、手套、废造影剂、废造影剂瓶等医用辅料及手术垃圾,按每台手术产生约 2kg 的医疗废物,DSA 设备合计手术量为 600 台,则每年固体废物产生量约为 1200kg (1.2t)。本项目 DSA 产生的医疗废物在污物暂存间打包后与医院其他医疗废物一起在医院既有医疗废物暂存间内暂存,统一交由有相应资质的单位收运处置。

③本项目 DSA 拟配置 48 名辐射工作人员,每人每天产生生活垃圾约 0.5kg,则每天生活垃圾产生量约 24kg (0.024t),每年生活垃圾产生量约 6t。工作人员产生的生活垃圾不属于医疗废物,医院按照当地管理部门要求,进行统一收集后由环卫部门统一定期清运。项目产生固废均得到合理处置,不会对周围环境产生明显影响。

### ④大气的环境影响分析

本项目在 DSA 运行过程中,主要大气污染因子为介入治疗室 1 内空气中氧受 X 射线电离而产生的臭氧,DSA 曝光过程中臭氧产生量很小,本项目在介入治疗室 1 内配置通排风系统(新风量为 1500m<sup>3</sup>/h、排风量为 1500m<sup>3</sup>/h),介入治疗室 1 的室内排风口位于介入治疗室 1 北侧吊顶处,产生臭氧接排风管道经室内预留的排风口引至室外排放口排出,经自然分解和稀释,能满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.2mg/m<sup>3</sup>)的要求。

本项目直线加速器机房 2 配置有通排风系统,室内进风口位于机房东南侧,

进风管（500mm×250mm）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体（送风井位于直线加速器机房 2 南侧）；室内排风口（离地约 150mm）位于直线加速器机房 2 北侧，排风管（630mm×250mm）穿墙高度约 6.2 米，以“Z”型管道穿过迷路门上方墙体进入机房内，再接入排风管道通向直线加速器机房 2 北侧的排风井，通过排风井进行排放，通风频率共计 6 次/小时，设计排风量为 3000m<sup>3</sup>/h。排风口位置应做好射线防护，增加铅板或者使用环保型辐射防护板，防止射线外漏。本项目产生的臭氧通过排风系统排入大气环境后，经自然分解和稀释，符合《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）臭氧最高允许浓度 0.16mg/m<sup>3</sup>的要求，亦符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（0.20mg/m<sup>3</sup>）要求。

## **六、事故风险与防范**

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

## **七、环保设施与保护目标**

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

## **八、医院辐射安全管理的综合能力**

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

## **九、项目环保可行性结论**

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



## 建议和承诺

### 一、要求

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、建设单位须重视控制区和监督区的管理。
- 3、医院应严格执行辐射工作人员学习考核制度，组织辐射工作人员、相关管理人员到生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中进行辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能继续上岗。
- 4、本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收。
- 5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前在核安全申报系统中进行报送，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育学习考核情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。
- 6、按照《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处理。
- 7、建设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、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

### 二、项目竣工验收检查内容

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，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1：

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目		设施
介入治疗室 1	辐射屏蔽措施	铅防护门 4 扇（均为 3mm 铅当量）
		铅玻璃观察窗 1 扇（3mm 铅当量）
		四面墙体：240mm 实心砖墙+30mm 硫酸钡防护涂料
		机房顶部为 150mm 混凝土+40mm 硫酸钡防护涂料
		机房地面为 400mm 混凝土
	安全装置	工作状态指示灯 4 个
		电离辐射警告标志 4 套
		床下铅帘 1 副（0.5mm 铅当量）
		悬吊铅帘 1 副（0.5mm 铅当量）
		移动铅防护屏风 1 个（2mm 铅当量）
		门灯联锁装置 4 套
		紧急制动按钮 2 个（1 个设备自带、1 个新增）及标识
		对讲装置 1 套
		防夹装置 1 套与自动闭门装置 3 套
	监测仪器和个人防护用品	个人剂量计 48 套
		个人剂量报警仪 3 台
		便携式辐射剂量监测仪 1 台
		职业人员需配备铅衣、铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套各 3 套
		患者配备铅橡胶颈套、铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾 2 套（成人和儿童各 1 套）
	其他	通排风设施
直线加速器机房 2	辐射屏蔽措施	医用电子直线加速器屏蔽机房
		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 套
		紧急制动开关 1 套
		监督区、控制区划定地标线及电离辐射警示标识 1 套
	监测仪器	个人剂量计 27 套
		个人剂量报警仪（2 台）
		便携式辐射剂量监测仪 1 台（共用）
		固定式剂量报警装置 1 套
	其他	通排风系统 1 套
综合管理		辐射工作人员、管理人员、应急人员的培训
		辐射工作人员职业健康体检
		规章制度上墙等
验收时依据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防		

治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、根据《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 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

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

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）规定：

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

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

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

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；②验收报告编制完成后 5 个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。

（5）建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（<http://114.251.10.205/#!/pub-message>）中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。