

核技术利用建设项目  
古蔺县人民医院  
新院区医用射线装置应用项目  
环境影响报告表  
(公示本)

古蔺县人民医院  
二〇二二年六月

生态环境部监制



表1 项目基本情况

建设项目名称	新院区医用射线装置应用项目				
建设单位	古蔺县人民医院				
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***
注册地址	四川省泸州市古蔺县东新街马厂头1号				
项目建设地点	四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村1组古蔺县人民医院内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	***	项目环保投资 (万元)	***	投资比例	***
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积	约 1682.24m <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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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 checked="" type="checkbox"/> III类			
其他	无				

## 项目概述

### 一、企业概况及项目由来

古蔺县人民医院(统一社会信用代码\*\*\*,后文简称“医院”)始建于1944年,其前身为古蔺县卫生院,1956年正式命名为古蔺县人民医院,是一所集医疗、急救、教学、科研、培训、预防保健、康复为一体的国家三级乙等综合医院。医院占地26108平方米(约39亩),编制床位500张,实际开放床位650张;设职能部门22个、临床科室26个、医技科室16个;建有党支部5个,党员136名;在岗职工882人,卫生专业技术人员705人,正高职称12人,副高职称53人,研究生9人;已建市级重点专科8个(神经外科、妇产科、骨科、心血管内科、泌尿外科、神经内科、呼吸内科、检验科)。目前,西区

占地105亩，建筑面积11万平方米，编制床位1000张的新医院正在建设中，计划2023年全面竣工投入使用。为更好的服务百姓，全面建成了“3+3+1”七个中心，暨医联体远程影像、心电、检验三个中心；胸痛、卒中、创伤急救三个中心及“最多跑一次 服务零距离”便民综合服务中心。

医院创新能力不断突破，医疗技术水平迅速提高，基本实现外科微创化，内科外科化。目前，能开展显微镜下颅内肿瘤切除，肝叶切除，肺癌根治，钬激光碎石取石，髋膝关节置换，急性心梗及脑梗死溶栓、拉栓、取栓治疗，心脏冠脉造影、支架植入、颅脑及外周血管等介入，临时心脏起搏器植入，血液透析，无痛纤支镜、胃肠镜，无痛分娩等技术。医院疑难重症疾病的救治能力大幅提升，大大提高了患者的舒适度，进一步满足了广大群众的就医需求。医院内涵建设不断提高，近年来医院医疗设备不断更新，现拥有美国GE1.5T超导核磁共振、DSA血管机、64排螺旋CT机、数字化胃肠机、数字化摄片机（DR）、多普勒超声诊断系统等影像设备，电子治疗纤支镜、胃镜、肠镜、胆道镜、经皮肾镜、4K高清腹腔镜、骨科关节镜系统、等离子体双极内窥镜系统（PK刀）、全自动生化仪、全自动免疫分析仪等检验仪器，血液透析机、连续性血液净化装置（CRRT）等大型医疗设备700余件，为疑难重症疾病的进一步诊治提供了可靠依据，为医院医疗技术的开展提供了有力保障。

### （一）任务由来

由于现有医院门诊楼面积狭小，没有科学规划和设置，随着诊疗人次的大幅度增加，医院目前的综合住院楼已经不能满足群众的需求。为满足医疗需求，解决古蔺县及周边群众就医困难的问题，向患者提供高质量的医疗服务，古蔺县人民医院在古蔺镇联合村1组进行异地重建，实施“古蔺县人民医院新建工程”，总建筑面积110954.95m<sup>2</sup>，新建1000张床位，包括1幢门急诊、医技、住院综合楼，1幢感染楼，1幢行政楼及相关配套用房和保障系统等内容建设，“古蔺县人民医院新建工程”建设已于2020年4月由泸州市生态环境局进行了批复（泸市环建函[2020]8号，附件3）；本项目拟使用的医用直线加速器（型号为XHA1400）于2021年2月由四川省生态环境厅进行了批复（川环审批【2021】14号，附件4），但未进行建设。

新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层设有放疗中心990.49m<sup>2</sup>，其中包含了直线加速器治疗室及其配套用房、模拟室及其配套用房；新建医技、门诊住院综合楼一层西部设有介入中心691.75m<sup>2</sup>，其中包含了DSA手术室1、DSA手术室2及其配套用

房。

医院拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内使用一台10MV 医用直线加速器（型号为 XHA1400），属于II类射线装置，用于全身肿瘤治疗；拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心东部的 CT 模拟室内新增使用1台模拟定位机（型号待定），属于III 类射线装置，用于直线加速器治疗前的模拟定位；拟将老院区（泸州市古蔺县东新街马厂头1号）医技楼一楼介入室内的1台 DSA（型号为 IGS330）搬迁至新建医技、门诊住院综合楼的一层介入中心西部 DSA 手术室1，拟在新建医技、门诊住院综合楼的一层介入中心西部 DSA 手术室2内新增使用1台 DSA，2台 DSA 均属于II类射线装置，并用于介入治疗。

## （二）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》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）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），本项目属于“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，并报四川省生态环境厅审查批准。因此，医院委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目环评报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，就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。

## 三、项目概况

### （一）项目名称、性质、地点

项目名称：新院区医用射线装置应用项目

建设性质：新建

建设地点：四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村1组古蔺县人民医院内

## （二）建设内容与规模

### 本项目建设内容：

**1、放疗中心：**新建医技、门诊住院综合楼裙楼（已建，地上3层，地下3层，高约21.3m）负三层设有放疗中心990.49m<sup>2</sup>，其中包含了直线加速器治疗室及其配套用房、模拟室及其配套用房。

**①直线加速器：**医院拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼（已建，地上3层，地下3层，高约21.3m）负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内使用一台10MV医用直线加速器（型号为XHA1400），用于全身肿瘤治疗，治疗时X射线最大能量为10MV，1m处剂量率为6Gy/min，电子束最大能量为12MeV，1m处剂量率为5Gy/min，属II类射线装置。

**出束时间：**直线加速器年诊疗人数最多300人，每人最多治疗25野次，平均每野次出束2min，年出束250h。

### 直线加速器治疗室墙体屏蔽方案：

直线加速器治疗室面积（含迷路）约99.345m<sup>2</sup>（L×B=11.1m×8.95m），其北部有准备间、控制室、电器机房、水冷机房。

加速器治疗室四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为2.35g/cm<sup>3</sup>的钢筋混凝土，主射朝向北部墙体、南部墙体、顶部、底部。加速器治疗室北部、南部主屏蔽墙厚2800mm、宽4000mm，次屏蔽墙体厚1500mm；西部次屏蔽墙厚1700mm；东部迷路为“L”型，其内屏蔽墙厚1400mm，外屏蔽墙厚1000mm；顶部主屏蔽墙厚2900mm、宽4200mm，次屏蔽墙厚1600mm；防护门为12mm铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。

**②CT模拟定位机：**拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心东部的CT模拟室内新增使用1台模拟定位机（型号待定），用于直线加速器治疗前的模拟定位，其额定管电压为140kV，额定管电流为800mA，属于III类射线装置。

**出束时间：**年最大曝光时间约40h。

### CT模拟室墙体屏蔽方案：

CT模拟室净空面积约44.5m<sup>2</sup>（L×B=8.15m×5.46m），四面墙体均采用厚为370mm实心砖，屋顶为200mm混凝土，铅窗为3mm铅当量，防护门为3mm铅当量含铅门。

**2、介入中心:** 新建医技、门诊住院综合楼(已建,地上13层,地下2层,高约52.2m)一层西部设有介入中心691.75m<sup>2</sup>,其中包含了DSA手术室1、DSA手术室2及其配套用房。

拟将老院区医技楼一楼介入室内的1台DSA(型号为IGS330)搬迁至新建医技、门诊住院综合楼(已建,地上13层,地下2层,高约52.2m)的一层介入中心西部DSA手术室1,其额定管电压为125kV,额定管电流为1000mA,出束方向由下向上,属于II类射线装置;拟在新建医技、门诊住院综合楼的一层介入中心西部DSA手术室2内新增使用1台DSA(型号待定),其额定管电压为125kV,额定管电流为1000mA,出束方向由下向上,属于II类射线装置,均用于介入治疗。

**DSA1的出束时间:** 年诊疗病例预计约为500例,单台手术最长出束时间约为15min,年累计最大曝光时间约为128h(其中透视125h,拍片3.0h)。

**DSA2的出束时间:** 年诊疗病例预计约为500例,单台手术最长出束时间约为15min,年累计最大曝光时间约为127.8h(其中透视125h,拍片2.8h)。

#### DSA手术室1、2墙体屏蔽方案:

**DSA手术室1、2**面积均约39.42m<sup>2</sup>(L×B=7.22m×5.46m),其配套功能用房为:控制室1、控制室2、刷手间1、刷手间2、设备间1、设备间2、导管室1、导管室2、阅片室、资料室、耗材储藏、更衣室1、更衣室2、缓冲间1、缓冲间2、术前准备室。

本项目DSA手术室四周墙体均采用370mm厚实心砖墙+内层2mm铅板,屋顶为200mm厚钢筋混凝土楼板+内层2mm铅板,地面为200mm厚钢筋混凝土楼板+内层2mm铅板,新增1扇铅玻璃观察窗厚3mmPb,新增3扇防护铅门厚3mmPb。

建设项目组成及主要的环境问题见表1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
		施工期	营运期		
主体 治疗 中心	直线 加速 器	设备、数量	10MV 直线加速器 1 台	X 射 线、电 子线、 臭氧、 噪声	
		设备型号	XHA1400		
		管理类别	II类		
		使用场所	新建医技、门诊住院综合楼裙楼(-2/3F)负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内		
		年曝光时间	250h		
		1m 处剂量率	X 射线: 6Gy/min		

主体工程	放疗中心	室	电子线: 5Gy/min	噪声、扬尘、固体废物、生活垃圾、生活污水	X射线、臭氧、噪声
			最大电子线能量 12MeV		
			最大 X 射线能量 10MV		
		CT模拟室	屏蔽体结构 (墙体、迷路和顶部均为混凝土)  加速器治疗室四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为 2.35g/cm <sup>3</sup> 的钢筋混凝土, 主射朝向北部墙体、南部墙体、顶部、底部。加速器治疗室北部、南部主屏蔽墙厚 2800mm、宽 4000mm, 次屏蔽墙体厚 1500mm; 西部次屏蔽墙厚 1700mm; 东部迷路为“L”型, 其内屏蔽墙厚 1400mm, 外屏蔽墙厚 1000mm; 顶部主屏蔽墙厚 2900mm、宽 4200mm, 次屏蔽墙厚 1600mm; 防护门为 12mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。		
			设备、数量 CT 模拟定位机 1 台		
			设备型号 待定		
			管理类别 III类		
			使用场所 新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心东部的 CT 模拟室内		
			年曝光时间 40h		
			电压/电流 140kV/800mA		
		DSA1、2机房	屏蔽体结构  四面墙体均采用厚为 370mm 实心砖, 屋顶为 200mm 混凝土, 铅窗为 3mm 铅当量, 防护门为 3mm 铅当量含铅门。		
			设备、数量 2 台 DSA		X射线、臭氧、噪声、医疗废物
			设备型号 DSA1 型号为 IGS330; DSA2 型号待定		
			管理类别 II类		
			使用场所  DSA1 使用场所为新建医技、门诊住院综合楼 (-2/13F) 的一层介入中心西部 DSA 手术室 1; DSA2 使用场所为新建医技、门诊住院综合楼 (-2/13F) 的一层介入中心西部 DSA 手术室 2		
			屏蔽体结构  本项目 DSA 手术室四周墙体均采用 370mm 厚实心砖墙+内层 2mm 铅板, 屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板, 地面为 200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板, 新增 1 扇铅玻璃观察窗厚 3mmPb, 新增 3 扇防护铅门厚 3mmPb。		
			年曝光时间  DSA1: 年诊疗病例预计约为 500 例, 单台手术最长出束时间约为 15min, 年累计最大曝光时间约为 128h (其中透视 125h, 拍片 3.0h); DSA2: 年诊疗病例预计约为 500 例, 单台手术最长出束时间约为 15min, 年累计最大曝光时间约为 127.8h (其中透视 125h, 拍片 2.8h)。		

		电压、电流	均为 125kV/1000mA			生活垃圾、生活污水	
辅助工程	直线加速器：准备间、控制室、电器机房、水冷机房。						
	DSA1、DSA2：控制室 1、控制室 2、刷手间 1、刷手间 2、设备间 1、设备间 2、导管室 1、导管室 2、阅片室、资料室、耗材储藏、更衣室 1、更衣室 2、缓冲间 1、缓冲间 2、术前准备室。						
办公及生活设施	医生办公室、公共卫生间等						
环保工程	依托医院污水处理站、医疗废物收集及暂存库等						

### (三) 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 1-2。

表 1-2 本项目射线装置参数表

装置名称	数量	生产厂家	型号	设备参数	管理类别	使用场所	备注
直线加速器	1 台	山东新华医疗器械股份有限公司	XHA 1400	最大 X 射线能量 10MV、最大电子束能量 12MeV	II 类	新建医技、门诊住院综合楼裙楼 (-2/3F) 负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内	已取得环评批复且未建设
CT 模拟定位机	1 台	待定	待定	140kV、800mA	III 类	新建医技、门诊住院综合楼裙楼 (-2/3F) 负三层放疗中心西部预留的 CT 模拟室内	拟购
DSA	1 台	GE	IGS330	125kV、1000mA	II 类	新建医技、门诊住院综合楼 (-2/13F) 一层介入中心西部 DSA 手术室 1	已上证拟搬迁
DSA	1 台	待定	待定	125kV、1000mA	II 类	新建医技、门诊住院综合楼 (-2/13F) 一层介入中心西部 DSA 手术室 2	拟购

表 1-3 本项目射线装置使用情况

设备	曝光方向	所在科室	常用拍片工况		常用透视工况	
			管电压	管电流	管电压	管电流
DSA1	由下向上	放射科	60~100kV	100~300mA	70~90kV	6~15mA
DSA2	由下向上	放射科	60~100kV	100~300mA	70~90kV	6~15mA

各科室介入手术工作量分配

使用科	设备	单台手术最长曝光时间	年手术台数	年最大出束时间
-----	----	------------	-------	---------

室		拍片 (min)	透视 (min)	(台)	拍片(h)	透视 (h)	小计(h)
放射介入科	DSA1	0.4	15	300	2.0	75.0	77.0
	DSA2	0.4	15	200	1.3	50.0	51.3
心血管内科	DSA1	0.3	15	200	1.0	50.0	51.0
	DSA2	0.3	15	300	1.5	75.0	76.5
合计	DSA1	/	/	500	3.0	125.0	128.0
	DSA2	/	/	500	2.8	125.0	127.8

#### (四) 工作人员配置情况

医院人员配备情况如下表所示：

表 1-4 本项目工作人员配置情况

场所	装置名称	配备人数	人员构成	备注
放疗中心	直线加速器	6	医师 2 人、技师 1 人、物理师 1 人、护士 2 人	均为新增辐射工作人员
	CT 模拟定位机	3	医师 1 人、技师 1 人、护士 1 人	均为新增辐射工作人员
介入中心	DSA1	10	医生 7 名、技师 1 名、护士 2 名	原有 3 人； 新增 17 人
	DSA2	10	医生 7 名、技师 1 名、护士 2 名	

直线加速器拟配备医生3名、技师1名、物理师2名、护士2名，从事本项目直线加速器后不承担其他辐射工作；CT模拟定位机拟配备医师1人、技师1人、护士1人，从事本项目CT模拟定位机后不承担其他辐射工作；DSA1、DSA2总手术量为1000台/年，拟配备医生共14名，每名医生每年最大手术量为90台，以后医院可根据设备数量，承担诊疗、教学科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

工作制度：医院实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天。

#### 四、依托可行性分析

本项目依托的医技、门诊住院综合楼已取得《泸州市生态环境局关于古蔺县人民医院新建工程环境影响报告书的批复》（泸市环建函【2020】8号，见附件3）。

本项目依托的主要环保设施有：

- (1) 本项目运营期间产生的污水依托医院新建的污水处理站处理；
- (2) 本项目产生的生活垃圾收集后交由市政环卫部门统一清运；
- (3) 本项目产生的医疗废物与医院其他项目产生的医疗废物分类收集后，统一交由有资质的单位处置。

#### 五、本项目外环境及选址合理性分析

## (一) 本项目外环境关系

本项目直线加速器位于古蔺县人民医院新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内；DSA1、DSA2 位于新建医技、门诊住院综合楼一层介入中心西部 DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 内。

根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

**直线加速器治疗室 50m 评价范围内外环境关系：**本项目直线加速器治疗室东部依次为放疗中心过道（8.5m）、CT 模拟室（13.2m）、模拟定位控制室（14.8m）、病人休息区（19m）、阅片会诊室（19.3m）、排风/排烟机房（22.2m）、岩土层（26m~50m）；南部依次为候诊大厅（5.9m）、诊断室（6.0m）、岩土层（10.5m~50m）；西部为岩土层（5.4m~50m）；北部依次为电器机房（6.2m）、控制室（6.3m）、水冷机房（6.7m）、准备间（7.9m）、补风空调机房（9.7m）、污物收集间（9.9m）、污物暂存间（10m）、过道（12m）、岩土层（18.1m~50m）；正上方为负一层监护室（5m~50m）；正下方为岩土层。（详见附图 3）

**DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 50m 评价范围内外环境关系：**本项目 DSA 手术室 1、2 东部依次为导管室 2（10m, 2.9m）、设备间 2（10.7m, 3.4m）、资料室（11.8m, 6.2m）、介入中心过道（14.2m, 6.5m）、净化机房（15.6m, 7.9m）、卫生间（15.6m, 9.3m）、等离子灭菌间等介入中心配套用房区域（16.3m~50m, 9.2m~50m）；南部依次为控制室 1（5.9m, 8.5m）、缓冲刷手间 1（6.2m, 8.4m）、缓冲刷手间 2（7.1m, 6.1m）、控制室 2（5.9m, 8.5m）、介入医生通道（8.9m, 8.6m）、卫生间及示教室等介入中心配套用房区域（12.6~23.5m, 12.4~25.6m）、人员通道及消防（31.6~50m, 32.3~50m）；西部依次为导管室 1（2.8m, 10.5m）、设备间 1（3.4m, 10.9m）、阅片室（7.6m, 12.3m）、人员通道（6.8m, 13.8m）、垃圾用房及医疗垃圾用房（30.6~50m, 37.6~50m）；北部依次为耗材储藏室（2.9m, 9.1m）、更衣缓冲室 1（4.6m, 4.7m）、更衣缓冲室 2（5.3m, 4.1m）、术前准备室（10.8m, 3.6m）、介入病患通道（6.7m, 8.2m）、处置室无菌库房等介入中心配套用房区域（7.6m~20.3m, 11.6m~19.1m）、通道（26.6m, 25.6m）、门诊裙楼一层血液肿瘤诊室（39.3~50m, 37.9~50m）；正上方依次为二层检验科（办公室、资料室、医生值及走廊）（4m）、日间手术室（8m）、不可上人屋面天井（50m）；正下方为负一层放射科 MRI 室（控制室）（3m）、负二层太平间（9m~50m）。（详见附图 10）

本项目外环境关系及总平面布置图详见附图 2。

## （二）选址合理性分析

本项目选址于四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村 1 组古蔺县人民医院内，医院已取得选址意见书（见附件 2），且本项目所在医技、门诊住院综合楼已取得《泸州市生态环境局关于古蔺县人民医院新建工程环境影响报告书的批复》（泸市环建函【2020】8 号，见附件 3）。

本项目在医院内建设，不新增用地，直线加速器治疗室及 DSA 手术室 1、2 均设有配套的功能性房间或是缓冲区域，极大程度减少了公众误入的几率，且均有良好的实体屏蔽设施和防护措施，能够确保本项目运行期间建筑物内辐射水平维持在当地天然本底范围，同时，医院将通过采取相应有效治理和屏蔽措施减小对周围的环境影响。

综上而言，院区选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其中配套建设内容，不新增用地，且辐射工作场所相对独立，具有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

## （三）实践正当性

本项目的运营可为古蔺县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，本项目具有放射性实践的正当性。

# 六、原有核技术利用情况

## （一）医院原有项目辐射安全许可情况

（1）目前，古蔺县人民医院已取得四川生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证[00739]，可见附件 4），许可的种类和范围：使用Ⅱ类、Ⅲ类射线装置。发证日期：2020 年 3 月 23 日，有效期至 2025 年 3 月 22 日。本项目在取得环评批复以后，须及时更换辐射安全许可证。

（2）古蔺县人民医院现有核技术利用项目的许可情况见表 1-5。该医院现有核技术利用项目环保措施和设施均运行正常；经现场踏勘，未发现有环境遗留问题。

表 1-5 古蔺县人民医院已获许可使用射线装置

序号	设备名称	规格型号	类别	数量	使用场所	备注
----	------	------	----	----	------	----

1	GE16 排螺旋 CT	MX4000Dual	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
2	数字化 X 射线摄影装置(DR)	岛津 DR	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
3	日本岛津数字化胃肠机	Uni-Vision	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
4	美国 GE64 排螺旋 CT	Optima CT680 Exptima	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
5	卡瓦北斗口腔三维影像系统	Kavo Panexam plus	III	1	门诊 3 楼	已上证 在用
6	高频移动式 C 型臂 X 射线机	Cios Select	III	1	综合楼 12 楼	已上证 在用
7	高频移动式手术 X 射线机	PLXI12C	III	1	综合楼 12 楼	已上证 在用
8	X 线骨密度测量仪	DEXXUMT	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
9	移动数字化 X 线机 (DR)	MUX-200D	III	1	门诊 2 楼	已上证 在用
10	数字减影血管造影装置 (DSA)	IGS330	II	1	介入室	已上证 在用 拟搬迁
11	直线加速器	XHA1400	II	1	/	已环评 未建设

在用医院射线装置为1台 II 类、9台 III 类射线装置，与辐射安全许可证一致。

医院拟于满足搬迁条件后将 DSA (型号为: IGS330) 从古蔺县人民医院老院区搬迁至新院区新建医技、门诊住院综合楼一层介入中心西部 DSA 手术室1，搬迁后再进行安装调试，根据医院安排，由设备厂家专业人员进行，医院不自行搬迁、安装及调试设备。设备搬迁之前和搬迁之后，均由原有科室进行日常管理和使用，其工作内容不变。

## (二) 是否发生过辐射安全事故

据了解，医院自取得辐射安全许可证以来，未发生过辐射安全事故。

## (三) 辐射工作人员培训情况

古蔺县人民医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院目前有96名辐射工作人员，其中95人均参加了辐射安全与防护培训班的学习并取得了《辐射安全培训合格证》，其余人员计划在2022年内完成网上学习及考试。

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学习平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年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，由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。

#### （四）年度评估报告

医院向生态环境主管部门提交了“2021 年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对 2021 年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了说明。

#### （五）辐射管理规章制度执行情况

根据相关文件的规定，结合医院实际情况，制定有相对完善的管理制度，包括《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全和防护设施维护维修制度》、《射线装置台账管理制度》、《辐射工作人员培训计划》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作场所和环境辐射水平监测方案》等。医院辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，在落实各项辐射安全规章制度后，可满足原有射线装置防护实际需要。对医院现有场所而言，医院也已具备辐射安全管理的综合能力。医院应本次项目内容补充完善，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对各项规章制度补充修改。

#### （六）小结

综上所述，古蔺县人民医院不存在原有辐射环境问题。

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
1	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—

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
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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	X 射线最大能量 (MV)	额定管电流 (mA)/剂量率 (Gy/min)	用途	工作场所	备注
1	10MV 直线加速器	II类	1	XHA1400	电子	治疗时 X 射线最大能量 10MV, 电子束最大能量为 12MeV。	X 射线治疗时 1m 处最大剂量率 6Gy/min, 电子束治疗时, 1m 处剂量率为 5Gy/min。	肿瘤治疗	新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内	已取得环评批复且未建设

(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	DSA1	II类	1 台	IGS330	125	1000	诊断治疗	新建医技、门诊住院综合楼一层介入中心西部 DSA 手术室 1 内		本次拟搬迁
2	DSA2	II类	1 台	待定	125	1000	诊断治疗	新建医技、门诊住院综合楼一层介入中心西部 DSA 手术室 2 内		本次新增
3	CT 模拟定位机	III类	1 台	待定	140	800	用于模拟定位	新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心西部预留的 CT 模拟室内		拟购

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 ( $\mu$ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	贮存	数量	

										(Bq)	方式		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
直线加速器治疗室	气态	O <sub>3</sub>	/	少量	少量	4.74E-03mg/m <sup>3</sup>	经过专用通排风系统排放	环境大气
CT 模拟定位机	气态	O <sub>3</sub>	/	少量	少量	/	经过专用通排风系统排放	环境大气
DSA 手术室 1、2	气态	O <sub>3</sub>	/	少量	少量	/	经过专用通排风系统排放	环境大气

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

2. 含有放射性的废物要注明其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1)《中华人民共和国环境保护法》, 2015 年 1 月 1 日实施;</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》, 2018 年 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)》(生态环境部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起施行);</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院第 449 号令, 根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订;</p> <p>(7)《四川省辐射污染防治条例》, 四川省第十二届人民代表大会常务委员会公告第 63 号, 2016 年 6 月 1 日实施;</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(中华人民共和国环境保护部令第 31 号, 2021 年 1 月 4 日修订);</p> <p>(9)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 原环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起实施;</p> <p>(10)《射线装置分类》(原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号);</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 公告 2019 年第 57 号;</p> <p>(14)《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 公告 2021</p>
------	--

	年 9 号。
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) 《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020);</p> <p>(8) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020);</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》(GBZ128-2019);</p> <p>(11) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012);</p> <p>(12) 《放射工作人员健康要求》(GBZ 98—2017);</p> <p>(13) 《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 医院提供的相关资料;</p> <p>(3)《辐射安全与防护监督检查技术程序》(生态环境部(国家核安全局), 2020 年);</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>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围								
保护目标								
根据本项目医用射线装置的特点和应用内容,按照《辐射环境管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)要求,确定辐射环境影响评价的范围:以直线加速器治疗室、DSA 手术室 1、2 建筑实体为边界外 50m 区域作为评价范围。								
根据本项目确定的评价范围,环境保护目标主要是医院辐射工作人员和周围停留的公众,由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减,因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析,具体环境保护目标见表 7-1。								
表 7-1 本项目环境保护目标一览表								
辐射环境	位置	与辐射源最近距离(m)	保护类别	人流量(人次/d)	照射类型	剂量约束值(mSv)		
放疗中心	直线加速器	放疗中心过道(东部)	8.5	公众	约 10	公众照射	0.1	
		CT 模拟室、模拟定位控制室(东部)	13.2~14.8	公众	约 3	公众照射	0.1	
		病人休息区、阅片会诊室(东部)	19.0~19.3	公众	约 4	公众照射	0.1	
		排风/排烟机房(东部)	22.2	公众	约 1	公众照射	0.1	
		候诊大厅、诊断室(南部)	5.9~6.0	公众	10	公众照射	0.1	
		电器机房、水冷机房(北部)	6.2~6.7	公众	约 1	公众照射	0.1	
		控制室(北部)	6.3	职业	1	职业照射	5.0	
		准备间(北部)	7.9	公众	约 1	公众照射	0.1	
		补风空调机房、污物收集间、污物暂存间、过道(北部)	9.7~50	公众	约 4	公众照射	0.1	
		负一层监护室(正上方)	5.0~50	公众	约 4	公众照射	0.1	
50m 评价范围内医技、门诊、住院综合楼人员、院内其他保护目标	50	公众	约 400	公众照射	0.1			
介入中心	DSA	DSA 手术室 1 内	医生	0.5	职业	7	职业照射	5.0
			护士	1.0		2	职业照射	5.0
		DSA 手术室 2 内	医生	0.5		7	职业照射	5.0
			护士	1.0		2	职业照射	5.0
		控制室 1(南部)	5.9, 8.5	1		职业照射	5.0	
		控制室 2(南部)	8.5, 5.9	1		职业照射	5.0	

辐 射 环 境		导管室 1 (西部)	2.8, 10.5		1	职业照射	5.0	
		导管室 2 (东部)	10, 2.9		1	职业照射	5.0	
		设备间 1 (西部)	3.4, 10.9		1	职业照射	5.0	
		设备间 2 (东部)	10.7, 3.4		1	职业照射	5.0	
		资料室、介入中心过道、净化机房、卫生间、等离子灭菌间等介入中心配套用房区域（东部）	11.8~50.0, 6.2~50.0	公众	约 20	公众照射	0.1	
		缓冲刷手间 1、缓冲刷手间 2、介入医生通道、卫生间、示教室等介入中心配套用房区域（南部）	6.2~23.5, 8.4~25.6	公众	约 20	公众照射	0.1	
		阅片室、人员通道、垃圾用房及医疗垃圾用房（西部）	7.6~50.0, 12.3~50.0	公众	约 10	公众照射	0.1	
		耗材储藏室、更衣缓冲室1、更衣缓冲室2、术前准备室、介入病患通道、处置室无菌库房等介入中心配套用房区域、通道、门诊裙楼一层血液肿瘤诊室（北部）	2.9~50.0, 9.1~50.0	公众	约 100	公众照射	0.1	
		二层检验科（办公室、资料室、医生值及走廊）、不可上人屋面天井（正上方）	4.5~50	公众	约 20	公众照射	0.1	
		负一层放射科 MRI 室（控制室）、负二层太平间（正下方）	3.0~50.0	公众	约 5	公众照射	0.1	
直加、 DSA1、2		50m 评价范围内医技、门诊、住院综合楼人员、院内其他保护目标	50	公众	约 400	公众照射	0.1	
		50m 评价范围内医技、门诊、住院综合楼人员、院内其他保护目标	50	公众	约 800	公众照射	0.1	

## 评价标准

### 一、环境质量及污染物排放的执行标准

#### （一）环境质量控制标准

- 1、环境空气质量执行国家《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 2、声环境质量执行国家《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类声功能区环境噪声限值；
- 3、地表水环境质量执行国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类标准。

## （二）污染物排放标准

- 1、废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准；
- 2、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、噪声执行 ①施工期:《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 标准; ②运营期:《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 2 类区域标准;
- 4、一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020); 医疗废物执行《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB39707-2020)。

## 二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

### （一）剂量限值和剂量约束值

- (1) 电离辐射执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。
- (2) 职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 第 4.3.2.1 条的规定, 对任何工作人员, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均) 20mSv。四肢(手和足) 或皮肤的年当量剂量不超过 500mSv。
- (3) 公众照射: 第 B1.2.1 条的规定, 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv。

本评价按上述标准中规定的职业照射年平均有效剂量的 1/4 执行, 即 5mSv, 四肢(手和足) 或皮肤的年当量剂量约束限值为 125mSv; 公众照射按照标准中规定的年有效剂量的 1/10 执行, 即 0.1mSv。

### （二）放射工作场所边界周围剂量率控制水平

放射治疗治疗室: 直线加速器工作场所边界周围剂量率控制水平参照《放射治疗放射防护要求》(GBZ 121-2020) 有关规定, 治疗机房墙和入口门外关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 6.3.1 中 a)、b)、c) 所确定的周围剂量当量率参考控制水平。同时加速器工作场所布局应符合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 3.3 中所确定的周围剂量当量率参考控制水平。

治疗机房墙和入口门外关注点的剂量率参考控制水平还应满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011) 4.2.1

所确定的周围剂量当量率参考控制水平，治疗机房顶应满足 4.2.2 的要求。

### 三、臭氧浓度限值

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

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

### 一、本项目地理位置

本项目选址于四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村 1 组古蔺县人民医院内，根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

**直线加速器治疗室 50m 评价范围内外环境关系：**本项目直线加速器治疗室东部依次为放疗中心过道、CT 模拟室、模拟定位控制室、病人体息区、阅片会诊室、排风/排烟机房、岩土层；南部依次为候诊大厅、诊断室、岩土层；西部为岩土层；北部依次为电器机房、控制室、水冷机房、准备间、补风空调机房、污物收集间、污物暂存间、过道、岩土层；正上方为负一层监护室；正下方为岩土层。

**DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 50m 评价范围内外环境关系：**本项目 DSA 手术室 1、2 东部依次为导管室 2、设备间 2、资料室、介入中心过道、净化机房、卫生间、等离子灭菌间等介入中心配套用房区域；南部依次为控制室 1、缓冲刷手间 1、缓冲刷手间 2、控制室 2、介入医生通道、卫生间及示教室等介入中心配套用房区域、人员通道及消防；西部依次为导管室 1、设备间 1、阅片室、人员通道、垃圾用房及医疗垃圾用房；北部依次为耗材储藏室、更衣缓冲室 1、更衣缓冲室 2、术前准备室、介入病患通道、处置室无菌库房等介入中心配套用房区域、通道、门诊裙楼一层血液肿瘤诊室；正上方依次为二层检验科（办公室、资料室、医生值及走廊）、日间手术室、不可上人屋面天井；正下方为负一层放射科 MRI 室（控制室）、负二层太平间。

项目建设位置及四周现状照片如下：



本项目所在医院现状



本项目所在医院现状



直线加速器治疗室所在位置



直线加速器治疗室所在位置



DSA 手术室 1 所在位置



DSA 手术室 2 所在位置

图 8-1 项目建设区域现状图

## 二、辐射环境现状监测及评价

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

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，四川省中栎环保科技有限公司委托四川省永坤环境监测有限公司于 2021 年 9 月 24 日对古蔺县人民医院新增医用直线加速器应用项目拟建场所及周边进行了 X- $\gamma$  辐射环境剂量率的布点监测，具体可见附件 7。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- $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

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	技术指标	检定情况	
X- $\gamma$ 辐射剂量率	RJ32-3602 型分体式多功能辐射剂量率仪 编号：YKJC/YQ-40	测量范围： 1nGy/h~1.2mGy/h 20keV~3.0MeV	检定/校准单位： 上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心 检定/校准有效期： 2022.01.07~2023.01.06 校准因子：1.06 (使用 $^{137}\text{Cs}$ 辐射源)	天气：晴 温度：31.6°C 湿度：48.5%

## 三、质量保证

本项目环境现状监测单位四川省永坤环境监测有限公司，通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

(1) 计量认证

从事监测的单位四川省永坤环境监测有限公司通过了原四川省质量技术监督局的计量认证（计量认证号：182312050067），有效期至 2024 年 1 月 28 日。

(2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

### (3) 记录与报告

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

## 四、环境现状监测与评价

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。

具体监测结果如下所述：

表 8-3 辐射工作场所 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

点位	监测位置	环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
<b>直线加速器治疗室</b>				
1	直线加速器治疗室中心	89	3.2	室内
2	控制室（北部）	79	3.0	室内
3	通道（南部）	80	4.2	室内
4	候诊大厅（南部）	83	3.4	室内
5	负二层地下车库（东侧）	76	2.2	室内
6	住院综合楼负二层太平间（南侧）	78	3.3	室内
7	非机动车场（西侧）	88	2.0	室外
8	蘭州大道支线（北侧）	86	2.3	室外
9	直线加速器治疗室正上方负一层监护室	90	4.2	室内
<b>DSA 手术室 1、2</b>				
1	DSA 手术室 1 中心	77	3.4	室内
2	DSA 手术室 2 中心	79	2.7	室内
3	DSA 手术室 1 控制室（南部）	80	3.1	室内
4	DSA 手术室 2 控制室（南部）	80	5.0	室内
5	DSA 手术室 2 设备间（东部）	85	3.2	室内
6	DSA 手术室 1 设备间（西部）	82	3.6	室内
7	DSA 手术室 1 更衣室（北部）	76	2.2	室内
8	DSA 手术室 2 更衣室（北部）	89	2.8	室内
9	无菌存放间（东侧）	88	2.0	室内
10	消防控制室（南侧）	87	2.7	室内
11	门诊、医技楼一层血液、肿瘤诊室（北侧）	78	2.2	室内
12	垃圾用房（西侧）	89	3.2	室外
13	蘭州大道支线（西侧）	92	3.4	室外
14	DSA 手术室 1 正上方走廊	84	3.8	室内

15	DSA 手术室 2 正上方二层检验科（办公室、资料室、医生值及走廊）	83	3.4	室内
16	DSA 手术室 1、2 正下方负一层放射科 MRI 室（控制室）	90	3.0	室内

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

由表 8-3 可知，本项目所在区域的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值为 76nGy/h ~92nGy/h，与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》（2021 年 6 月）中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果（67.5~121.3nGy/h）基本一致，属于当地正常天然本底辐射水平。

表9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 一、施工期工艺分析

#### (一) 施工流程及产污环节

本项目直线加速器治疗室、CT模拟定位机及DSA手术室1、2土建工程属于“古蔺县人民医院新建工程”配套建设内容，其施工期环境影响在《环境影响报告书》(泸市环建函[2020]8号)中进行了评价，但直线加速器治疗室、CT模拟定位机及DSA手术室1、2还需进行设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他环境防护设施的安装，DSA手术室1、2另外将进行铅板安装等，施工期将产生扬尘、噪声、生活污水。

施工期工艺流程及污染物产生环节见图9-1。

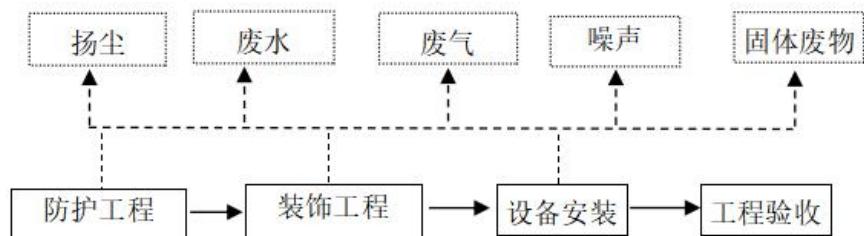


图9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分：一般原则》(GBZ201.1-2007)中相关要求，本项目加速器治疗室在施工期严格按照施工规范进行施工，治疗室的混凝土浇筑一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔。

#### 1、扬尘

##### (1) 施工期现场大气污染源分析

本项目在装修过程中产生扬尘，其扬尘量的大小与施工现场条件、管理水平、机械化程度及施工季节等诸多因素有关，是一个复杂、较难定量的问题。施工现场扬尘的主要来源：

- ①建筑材料的现场搬运及堆放扬尘；
- ②施工垃圾的清理及堆放扬尘；
- ③房屋装修过程中产生的扬尘；
- ④人、车来往造成的现场道路扬尘。

#### 2、噪声

### **施工期噪声源强分析**

由于本项目直线加速器治疗室及 DSA 手术室 1、2 主体工程施工期间已预留有管线沟槽，仅设备安装过程中会产生一定噪声，但由于施工范围小，施工期相对较短，施工噪声对周围环境的影响较小。

设备安装期内的施工作业主要是将设备安装到位，该时期内噪声源主要是运输车辆等，噪声级为 80dB (A)。

### **3、废水**

施工期少量废水主要来自于施工场地废水及施工人员的生活污水。

### **4、废气**

施工期的废气主要产生在装修过程中，在装修时喷涂等工序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。

### **5、固体废物**

施工过程中固体废物主要为废弃材料、装修垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的建筑垃圾等，按要求进行分类收集，统一处理；施工人员产生的生活垃圾统一收集后送城市环卫部门处理。

### **6、小结**

本项目施工期对环境最主要的影响因素是噪声和扬尘，采取有效的防治措施后，对环境的影响较小。施工期对环境的影响是短期、暂时的，将随施工的结束而消失。

## **二、设备安装调试期间的环境影响分析**

本项目直线加速器、DSA、CT 模拟定位机调试阶段，均会产生 X 射线，造成一定的电离辐射影响；产生少量的臭氧。

## **三、运营期**

### **(一) 工艺流程及产污环节分析**

#### **1、放疗中心**

##### **(1) 直线加速器工艺流程及产污环节分析**

### 1) 设备组成及工作原理

本项目 10MV 医用直线加速器属治疗类射线装置,主要用于肿瘤病人的放射性治疗,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,给予的每日剂量亦不同。

医用直线加速器的核心部位由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分组成，由于直线加速器结构简单、造价低、不使用放射源，目前已成为医院放射治疗的主要手段。本项目医院拟购买 10MV 直线加速器 1 台，属 II 类射线装置，其结构图见附图 9-2，具体参数见表 9-1。

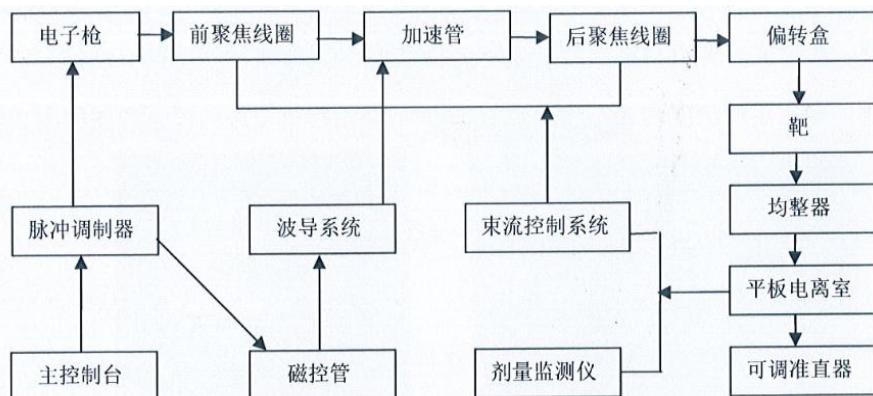


图 9-2 本项目 10MV 直线加速器结构示意图

表 9-1 10MV 医用直线加速器参数

厂家、型号	XHA1400
最大 X 射线能量	10MV
最大电子线能量	12MeV
X 射线泄漏率	≤0.1%
X 射线 1m 处最大剂量率	6Gy/min
电子束 1m 处最大剂量率	5Gy/min
治疗角	0-360°
正常治疗距离	100cm
主射线最大出束角度	28°
等中心高度	1.315m

最大照射野 (SSD=1 米)

40 cm×40cm, 多叶准直器最小厚度不大于 5mm

## 2) 项目流程及产污染环节

直线加速器治疗流程为：病人进行放射治疗的确诊并向患者告知可能受到辐射危害→职业人员佩戴个人剂量计，携带个人计量报警仪→使用 CT 模拟定位、进行体表标记→制定治疗计划、确定照射位置和剂量→病人进入加速器治疗室→关闭屏蔽门并开启安全联锁→加速器出束治疗、实施治疗→治疗完毕。本项目所使用的直线加速器治疗流程及产污位置见图 9-3。

通过分析可知，产污环节为：使用加速器治疗过程中产生的 X 射线、电子线、臭氧以及风机、水冷机房水泵产生的噪声。

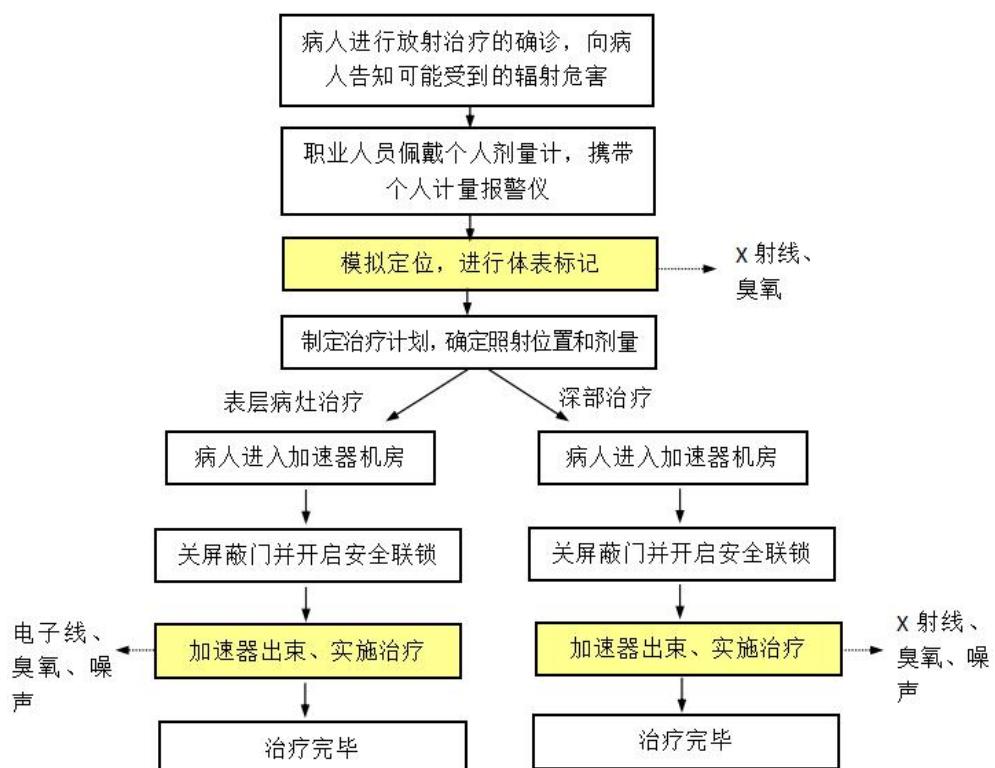


图 9-3 10MV 加速器治疗流程及产污环节示意图

## 3) 工作负荷

根据院方提供的资料，本项目 10MV 医用直线加速器的运营时间为每年 50 周，每周 5 天，每天治疗 30 野次，每野次出束时间 2min，年出束时间为 250h；每野治疗剂量为 1.5Gy，则每周工作负荷为 225Gy。

## 4) 医护人员和病人路径分析

医护人员路径：从控制室通过加速器治疗室防护门经迷路进入加速器治疗室，指

导病人摆位后沿原路返回控制室。

病人路径：先从候诊大厅进入 CT 模拟室进行定位，再通过加速器治疗室防护门经迷路进入加速器治疗室接受治疗，治疗完成后离开加速器治疗室，具体分流图可见下图 9-4，附图 7（直加）。

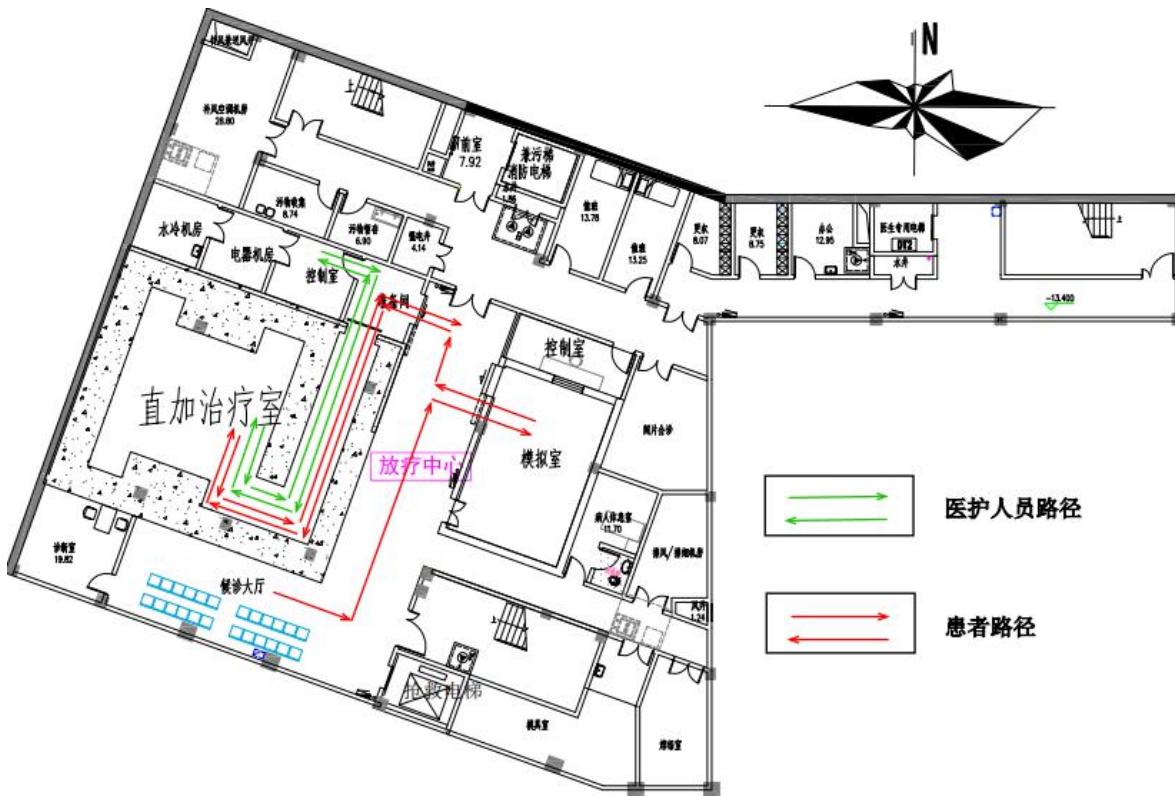


图9-4 本项目直线加速器治疗室医护人员和患者路径图

## (2) CT 模拟定位机工艺流程及产污环节分析

### 1) 设备组成

CT 设备主要有以下三部分：扫描部分由 X 线管、探测器和扫描架组成；计算机系统，将扫描收集到的信息数据进行贮存运算；图像显示和存储系统，将经计算机处理、重建的图像显示在电视屏上或用多幅照相机或激光照相机将图像摄下。

### 2) 工作原理

CT（计算机体层摄影 Computed Tomography）工作原理是根据人体不同组织对 X 射线的吸收与透过率的不同，应用灵敏度极高的仪器对人体进行检测，然后检测所获取的数据输入电子计算机，电子计算机对数据进行处理后，就可摄下人体被检查部位的断面或立体的图像，发现体内任何部位的细小变化。

其工作工程：X 射线束对人体某部一定厚度的层面扫描，由探测器接受被该层面

部分吸收的剩余 X 线；探测器将接收到的 X 线信号由光电转换器转变为电信号，再经模/数转换器转变为数字信号，传送到计算机的数据采集系统；计算机将采集的数字信息经运算处理，得出扫描层面各点的数字，排列成数字矩阵；数字矩阵可存储于硬盘或光盘中，再经数/模转换器将数字矩阵中的每个数字转化为由黑到白不同灰度的小方块，按矩阵排列，即构成 CT 图像，最后调节窗宽、窗位，经显示器或照相机输出，用于临床诊断。

### 3) 工作流程及产污节点分析

CT 的工作流程及产污环节示意图如图 9-5 所示。

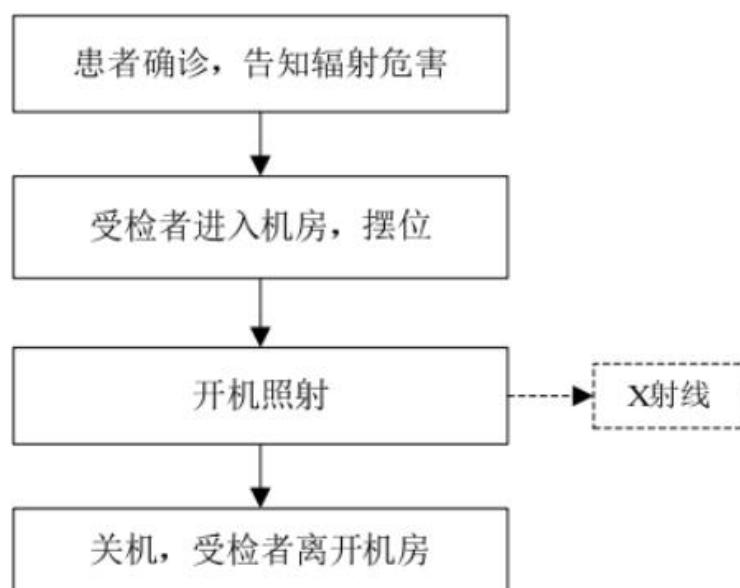


图 9-5 CT 工作流程与产污环节简图

①病人经医生诊断、诊断正当性判断后，确定需要 X 射线影像诊断的病人与放射科预约登记。

②受检者按约定时间在候诊区准备和等候。

③受检者进入检查室内，在放射科医生的指导下正确摆位。

④医生退出检查室，并关闭检查室屏蔽门。医生在操作区内进行隔室操作，开启设备，进行拍片/透视。

⑤检查结束，受检者离开检查室。

### 4) 污染因子

本项目CT机采用数字成像方式，激光打印胶片，不适用显（定）影液，不产生废显（定）影液。主要环境影响为开机时产生的X射线。

## 2、介入中心

### (1) DSA 工艺流程及产污环节分析

#### 1) 设备组成及工作原理

DSA 是影像增强器技术、电视技术和计算机科学技术相结合的产污，是应用最多的数字化 X 射线透视设备。DSA 主要由带有影像增强器电视系统的 X 射线诊断机、高压注射器、电子计算机图像处理系统、治疗床、操作台、磁盘或磁带机和多幅照相机组成。

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

#### 2) 治疗流程

DSA 在进行曝光时分为 DSA 检查和介入治疗两种情况，对应的治疗流程及产污图见图 9-5：

##### ①DSA 拍片检查

DSA 检查采用隔室操作方式，通过控制 DSA 的 X 射线系统曝光，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 射线球管、人体、影像增强器三者之间的距离，然后进入操作间，关好防护门。医生、操作人员通过操作间的电子计算机系统控制 DSA 的 X 系统曝光，采集造影部位图像。医生根据该图像确诊患者病变的范围、程度，选择治疗方案。

##### ②DSA 介入治疗

DSA 介入治疗采用近台同室操作方式。通过控制 DSA 的 X 射线系统曝光，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，距 DSA 的 X 射线管 0.5~1.0m 处，在非主射束方向，配备个人防护用品（如

铅衣、铅围脖、铅眼镜、铅手套等)。同时手术床旁设有屏蔽挂帘和移动式防护帘。介入治疗中,医生根据操作需求,踩动手术床下的脚踏开关启动 DSA 的 X 射线系统进行透视(DSA 的 X 射线系统连续发射 X 射线),通过悬挂显示屏上显示的连续画面,完成介入操作。

每台手术 DSA 系统的 X 射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,病人离开机房。

### 3) 产污环节

本项目 DSA 在开机状态下主要辐射为 X 射线,不开机状态不产生 X 射线;在曝光过程中将产生少量臭氧;辐射工作人员和患者将产生生活污水;介入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;空调设备将产生噪声。

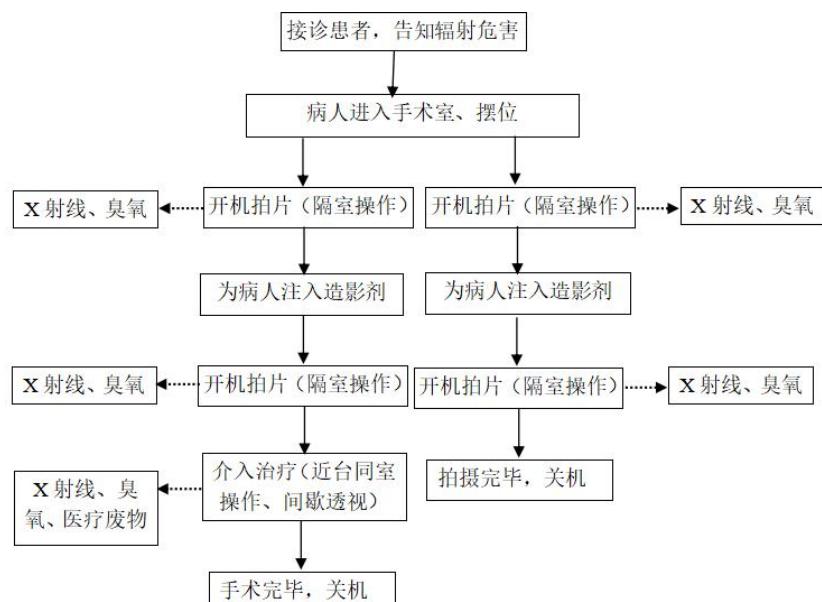


图 9-5 DSA 治疗流程及产污环节示意图

### 4) 本项目 DSA 医护人员、患者、污物路径分析

**医护人员路径:** 本项目医护人员从南侧介入人员出入口进入、经过内部工作通道再进入介入医生通道、进入控制室后再进入 DSA 手术室, 手术完成后原路返回。

**患者路径:** 患者从北侧集中候诊区经过缓冲区, 再进入 DSA 手术室 1、2, 手术完成后原路返回。

**污物路径：**手术过程中产生的医疗废物经过打包后运至去污区。



图9-6 本项目DSA手术室1、2人流、物流路径图

## 污染源项描述

### (一) 施工期及设备调试安装

#### 1、辐射污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，施工期主要是装修，工程量小，施工时间短，非放射性物质产生量较小。

射线装置的安装、调试须由设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止发生辐射事故。由于设备的安装和调试均在射线装置机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，医院方需及时回收包装材料及其它固体废物并作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

#### 2、其他环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

### (二) 运行期

#### 1、电离辐射

直线加速器在开机状态下产生的X射线、电子线；CT模拟定位机、DSA在开机状态下产生的X射线。

#### 2、废气

直线加速器、CT 模拟定位机、DSA 曝光过程中臭氧产生量很小，故对环境影响较小。

### **3、固体废物**

直线加速器及 CT 模拟定位机治疗过程中不产生固体废物；介入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，每年固体废物产生量约为 2000kg，医疗废物采用专门的容器收集转移至医疗废物暂存库后由医疗废物处理机构定期统一处理；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

### **4、废水**

本项目医疗废水、生活废水经预医院已建的污水处理站（850m<sup>3</sup>/d“二级处理+消毒”工艺）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入古蔺县污水处理厂处理达标后排放。

### **5、噪声**

本项目噪声源主要为风机噪声、空调噪声。医院拟采用低噪音风机，其噪声值不超过 65dB（A），且设备均处于室内，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、项目工作场所平面布置合理性分析**

本项目选址于四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村 1 组古蔺县人民医院内，根据现场踏勘，本项目外环境关系如下：

**直线加速器治疗室 50m 评价范围内外环境关系：**本项目直线加速器治疗室东部依次为放疗中心过道、CT 模拟室、模拟定位控制室、病人体息区、阅片会诊室、排风/排烟机房、岩土层；南部依次为候诊大厅、诊断室、岩土层；西部为岩土层；北部依次为电器机房、控制室、水冷机房、准备间、补风空调机房、污物收集间、污物暂存间、过道、岩土层；正上方为负一层监护室；正下方为岩土层。

**DSA 手术室 1、DSA 手术室 2 50m 评价范围内外环境关系：**本项目 DSA 手术室 1、2 东部依次为导管室 2、设备间 2、资料室、介入中心过道、净化机房、卫生间、等离子灭菌间等介入中心配套用房区域；南部依次为控制室 1、缓冲刷手间 1、缓冲刷手间 2、控制室 2、介入医生通道、卫生间及示教室等介入中心配套用房区域、人员通道及消防；西部依次为导管室 1、设备间 1、阅片室、人员通道、垃圾用房及医疗垃圾用房；北部依次为耗材储藏室、更衣缓冲室 1、更衣缓冲室 2、术前准备室、介入病患通道、处置室无菌库房等介入中心配套用房区域、通道、门诊裙楼一层血液肿瘤诊室；正上方依次为二层检验科（办公室、资料室、医生值及走廊）、日间手术室、不可上人屋面天井；正下方为负一层放射科 MRI 室（控制室）、负二层太平间。

由此布局可见，本项目场址相对独立，场所布局功能分区明确，与辐射工作场所相关的各类辅助用房紧密布置在治疗室周围，既便于病人就诊，又利于辐射防护。且各放射工作场所之间用墙体分隔，治疗室及手术室的墙体、屋顶及防护门、窗的屏蔽防护设计充分考虑了电离辐射效应，能有效降低电离辐射对工作人员和周边公众的辐射影响。

**二、辐射工作场所两区划分**

**（一）分区原则**

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范和管理工作，项目应当按照《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。

## (二) 控制区与监督区的划分

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1、图 10-1、附图 6(直加)、附图 12(DSA)。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况

项目	控制区	监督区
直线加速器	直线加速器治疗室 (含迷路)	直线加速器控制室、水冷机房、电器机房、准备间
CT 模拟定位机	模拟室	控制室
DSA1、DSA2	DSA 手术室 1、2 实体防护 内	控制室 1、控制室 2、导管室 1、导管室 2、设备间 1、设备间 2、资料室、耗材储藏室、更衣缓冲室 1、更衣缓冲室 2、术前准备室、阅片室、缓冲刷手间 1、缓冲刷手间 2

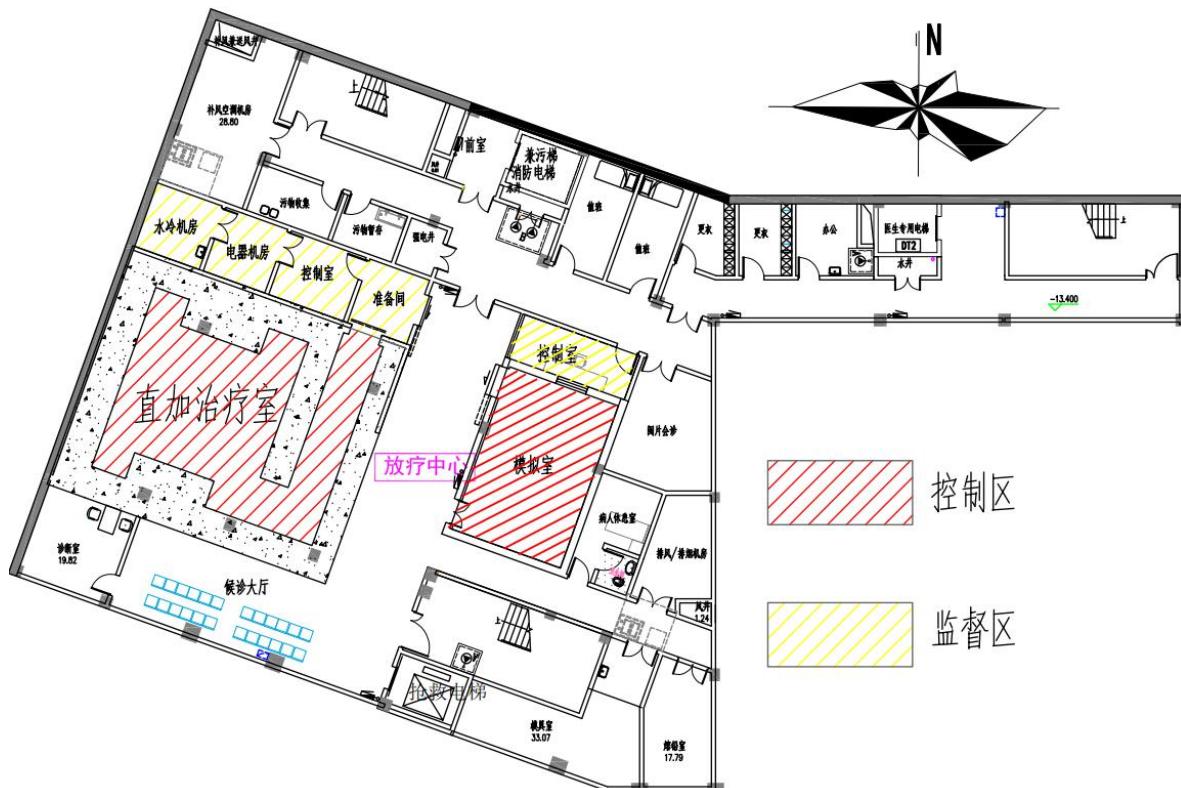


图 10-1 直线加速器治疗室两区划分图

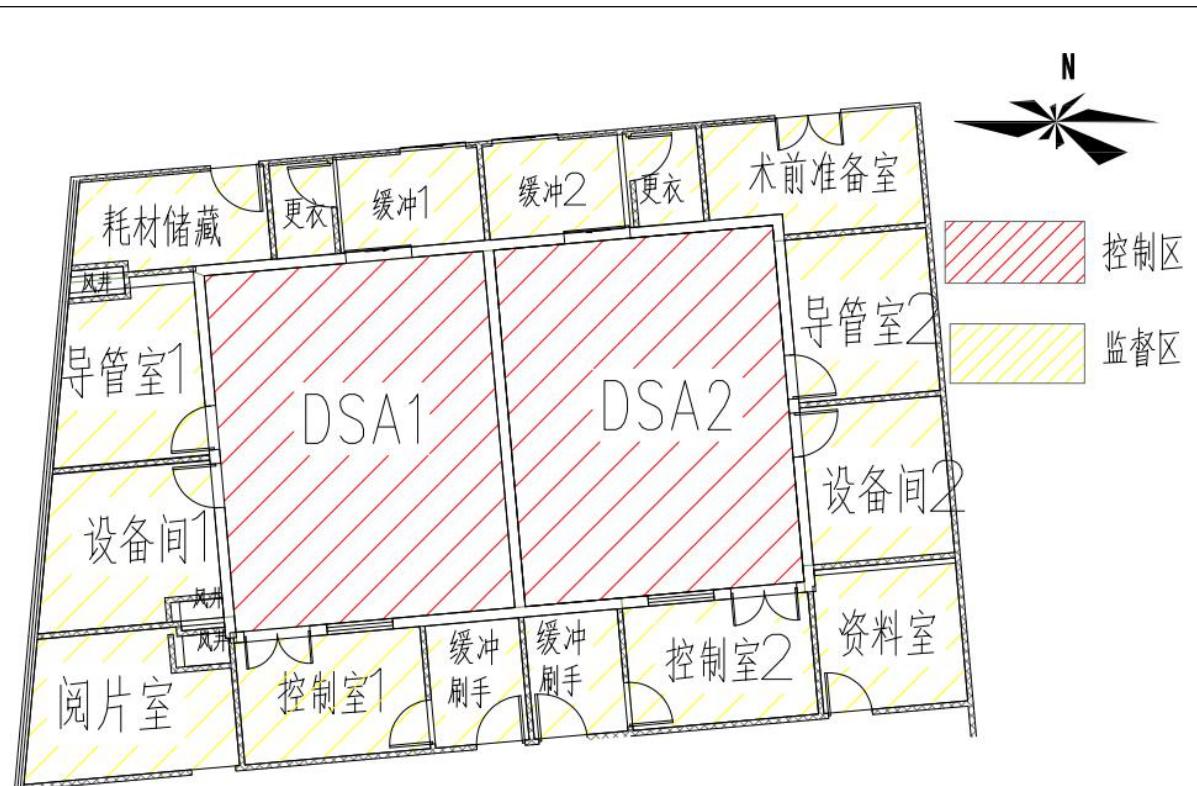


图 10-2 DSA 手术室两区划分图

### (三) 控制区防护手段与安全措施

1、控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志，见图 10-3；

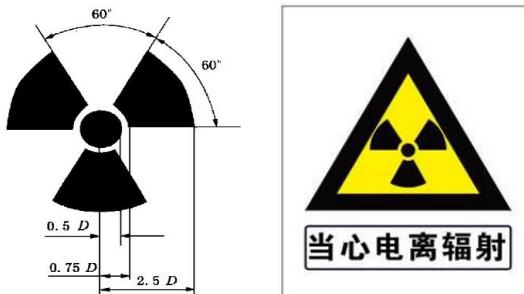


图 10-3 电离辐射标志和电离辐射警告标志

- 2、制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；
- 3、运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门禁）限制进出控制区；
- 4、在卫生通过区域配备个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜等；
- 5、定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全

措施。

#### （四）监督区防护手段与安全措施

- 1、以黄线警示监督区为边界；
- 2、在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；
- 3、定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

### 三、辐射安全与防护措施

#### （一）放疗中心医用直线加速器

##### 1、辐射屏蔽措施

根据古蔺县人民医院提供的资料，医院对直线加速器治疗室采取了实体屏蔽措施，对治疗室使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）进行校核，结果表明直线加速器治疗室实际使用面积为99.345m<sup>2</sup>，大于GBZ 126-2011要求的机房实际使用面积为45m<sup>2</sup>。治疗室墙体、迷路和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为15mm铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。对照《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），本项目直线加速器治疗室墙体屏蔽满足相关要求，具体如表10-2所示：

表 10-2 医用直线加速器工作场所实体防护设施表

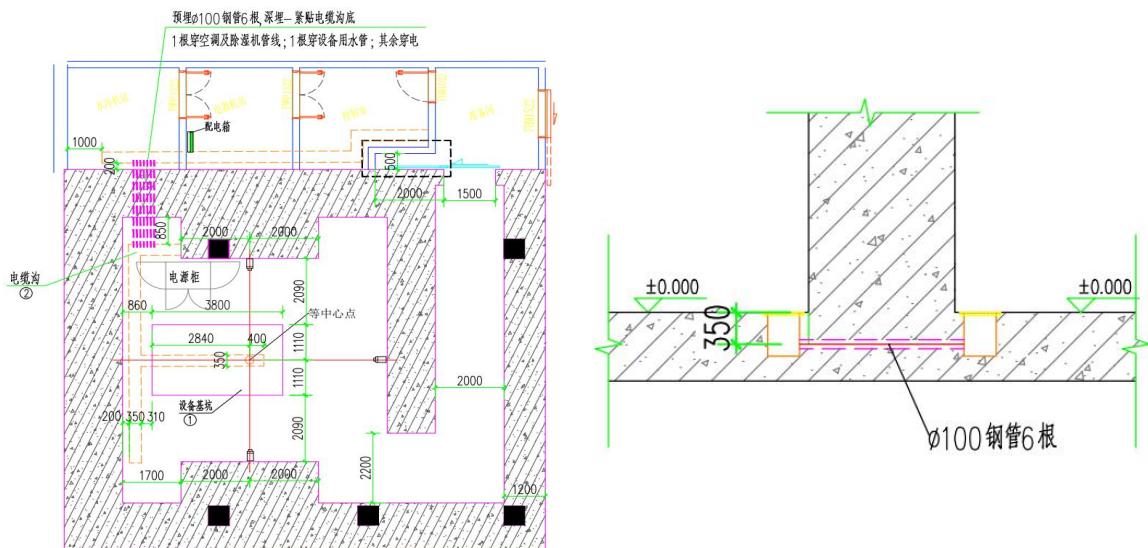
场所	治疗室 面积	墙体	防护门	顶部
		结构及厚度（混凝土）	结构及厚度	结构及厚度
直线加速器治疗室	99.345 m <sup>2</sup>	加速器治疗室北部、南部主屏蔽墙厚 2800mm、宽 4000mm，次屏蔽墙体厚 1500mm；西部次屏蔽墙厚 1700mm；东部迷路为“L”型，其内屏蔽墙厚 1400mm，外屏蔽墙厚 1000mm。	12mm 铅当量单扇电动推拉铅钢防护门	顶部主屏蔽墙厚 2900mm、宽 4200mm，次屏蔽墙厚 1600mm

备注：混凝土密度2.35g/cm<sup>3</sup>，铅的密度为11.3g/cm<sup>3</sup>。

##### 2、通风系统及管沟敷设情况

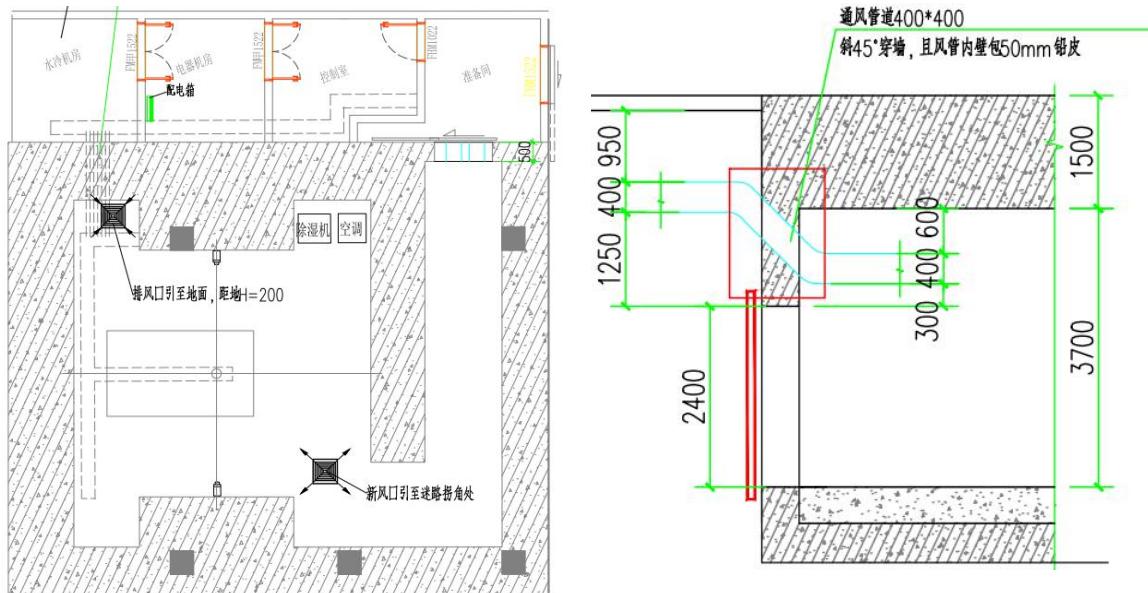
通排风系统：10MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在治疗室内北部左侧次屏蔽墙距地 200mm 处，排风管道（400mm×120mm）以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接排风系统，将臭氧抽出治疗室，排风量约 2700m<sup>3</sup>/h；进风口设置在迷路内墙顶部，新风管道（300mm×200mm）以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接新风

系统，将新风送入治疗室，送风量约  $3600\text{m}^3/\text{h}$ 。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《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准（ $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。



### 直加治疗室内预埋示意图

### 穿墙电缆沟节点大样图



### 直加治疗室内通排风口示意图

### 通风地沟节点大样图

图 10-4 风管电缆穿墙示意图

本项目不在主屏蔽墙处设穿墙管线，不影响墙体屏蔽效果，电缆沟以地埋方式穿出治疗室，风管线以斜角45°形式穿出治疗室，出束期间X射线经管道折射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏的影响可忽略不计。

项目建成后，对各个线缆进出口、新风口、排风口进行巡测，若出现超过标准的现象，应加强防护，防止射线泄漏。

### 3、直线加速器的辐射防治措施

#### （1）辐射防护措施

①操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与治疗室之间以墙体隔开，技师在控制室操作。

②操作台控制：防止非工作人员操作的锁定开关。

③联锁装置

**a.门-机联锁：**加速器治疗室铅门要与出束联锁，屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

**b.门-灯联锁：**加速器治疗室铅门与工作状态显示联锁，加速器治疗室防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。

④紧急止动装置和紧急开门按钮：除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急止动按钮外，治疗室内墙非主射线位置上、迷路门内外出口处均设置有中文标识的紧急停机开关，误入人员按动紧急停机开关就能使加速器停机；迷路出口处设置中文标识的紧急开门按钮。

⑤视频监控、对讲装置：治疗室内拟安装电视监控、对讲装置，控制室能通过电视监控观察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。治疗室内四周墙体（4个）、迷路内（1个）均安装有监控装置，保证治疗室内监控全覆盖，无监控死角，如附图5所示。

⑥工作状态显示及警示标识：加速器治疗室铅门上设置明显的电离辐射警告标志，出入口应有工作状态显示、声音、光电等警示措施。

⑦在加速器治疗室迷路内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内墙上，只要迷路内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警。

⑧时间防护：通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与治疗室的近距离接触时间。

⑨个人防护：加速器治疗室的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈

值的自动报警仪。

⑩加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

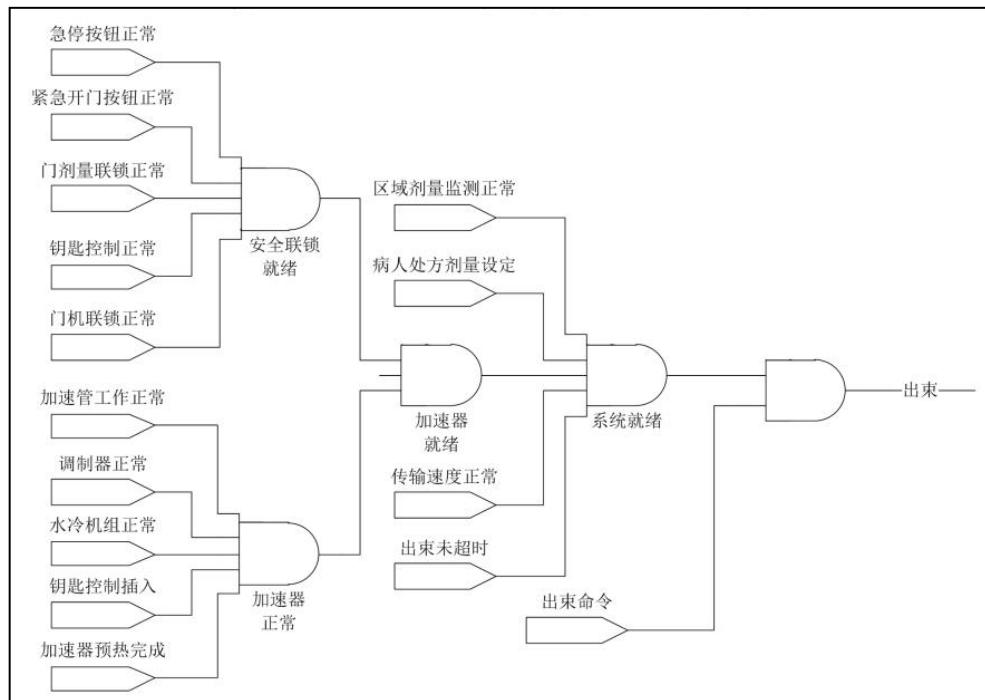


图 10-5 医用直线加速器工作场所安全联锁系统逻辑示意图

## （2）直线加速器设备固有安全性分析

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

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

③控制台上有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急止动按钮。

⑤有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

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

## （3）加速器治疗项目对患者的防护要求

在满足治疗和诊断要求前提下，根据治疗和诊断要求以及病人实际情况制定最优

化的治疗、诊断方案，减少工作人员所受剂量，也保护患者受到多余剂量的照射。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“医疗防护最优化”的要求，医院制定《治疗照射最优化方案》需要包括以下内容：

①医用放射性设备要求：医疗照射的系统应当可及时发现系统内单个部件的故障，以使对患者的任何非计划医疗照射减至最小，并有利于尽可能避免或减少人为失误。医院同时应在设备供货方的合作下，使设备时刻处于安全状态。

②操作要求：应按照电离辐射防护与辐射源安全基本标准(GB18871-2002)的要求完善对婴儿及孕妇的防护。

③医疗照射的质量保证：医院按要求在放射治疗中配备了相应的治疗医生、物理师、技师等，并制定了质量保证大纲(方案)。

**对病人的防护措施，应做到：**

a.根据临床检查结果，对患者肿瘤诊断和治疗方式利弊进行分析，选取最佳治疗方案，并制定最佳治疗计划。

b.在保证肿瘤得到足够精确致死剂量使其得以有效抑制或消除的前提下，按病变情况，采用适当技术措施，保护照射野以外的正常组织和器官，使受照剂量尽可能小，以获取尽可能大的治疗效果。

c.定期对治疗中患者进行检查和分析，根据病情变化需要，调整治疗计划，密切注意体外放疗中出现的放射反应和可能出现的放射损伤，采取必要的医疗保护措施。

d.在治疗过程中，医院应当为患者穿戴合适的防护用品(如铅衣、铅围裙)，采用体模或面膜固定病人，制作铅挡块，对敏感器官和组织进行屏蔽防护。

e.患者治疗过程中详细记录设备运行情况，发现异常，分析产生原因并及时修正。

f.照射过程中，通过电视监视病人，发现异常应立即停止照射，继续治疗时应重新设定。

g.严禁患者治疗完后在治疗场所逗留。

医院需制定《治疗照射最优化方案》，并严格按照该规程操作；在每次使用治疗之前，医院应告知病人本次治疗或诊断所受到的辐射剂量率水平，尊重患者及其家属享有的知情权。

## **(二) 放疗中心 CT 模拟定位机的安全与防护**

## 1、辐射屏蔽措施

本项目使用的 CT 模拟室屏蔽设计见下表。

表 10-3 CT 模拟室屏蔽防护设计

机房	面积 (m <sup>2</sup> )	四周墙体	屏蔽门	观察窗	楼顶	地面
		结构及厚度			结构及厚度	
CT 模拟室	44.5m <sup>2</sup> (最小单边长度 5.4m)	370mm 实心砖 (>4mm 铅当量)	3mm 铅当量铅门	3mm 铅当量铅玻璃	200mm 混凝土 (>3mm 铅当量)	机房地下位岩土层, 不考虑辐射防护设计
放射诊断 放射防护 要求	最小有效使用 面积 30m <sup>2</sup> , 最小 单边长度 4.5m			不低于 2.5mm Pb		
是否满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

## 2、辐射防治措施

### (1) 安全防护措施

- ①具有安全设备, 当设备出现错误或故障时, 能中断照射, 并有相应故障显示。
- ②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。
- ③紧急止动装置: 控制台设置紧急止动按钮 (各按钮分别与 X 射线系统连接)。X 射线系统出束过程中, 一旦出现异常, 按动紧急止动按钮, 可停止 X 射线系统出束。
- ④门灯联锁: 机房防护门外顶部设置工作状态指示灯。指示灯为红色, 以警示人员注意安全; 当防护门打开时, 指示灯灭。
- ⑤警告标志: 机房的防护门外的醒目位置, 设置明显的电离辐射警告标志。

### (2) 其他防护措施

- ①机房操作室上张贴相应的岗位规章制度、操作规程。
- ②机房门外应有电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯, 灯箱处应设警示语句; 装置应有"紧急止动"按钮, 机房门应有闭门装置, 工作状态指示灯与机房门联锁等安全设施。
- ③机房受检者出入口门外应设置黄色警戒线, 告诫无关人员请勿靠近。
- ④辐射工作人员必须配备个人剂量计。

## 四、介入中心

### (一) DSA 的安全与防护

#### 1、辐射屏蔽措施

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,在最大管电压125kV情况下,屏蔽体采用87mm厚混凝土相当于1mm铅当量;屏蔽体采用192mm厚混凝土相当于2.5mm铅当量;屏蔽体采用298mm厚实心砖相当于3mm铅当量,铅板采用2mm,混凝土密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ,铅玻璃密度为 $3.1\text{g}/\text{cm}^3$ ,实心砖密度为 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ 。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。因此,本项目实体防护折合铅当量计算见表10-3:

表 10-3 DSA 手术室的实体防护设施铅当量折合对照表

位置	实体结构	折合计算	折合铅当量
四周墙体	370mm厚实心砖墙+内层2mm铅板	$>3\text{mmPb}+2\text{mmPb}$	$>5\text{mmPb}$
屏蔽门	3 扇 3mm 铅当量铅门	/	3mmPb
观察窗	1 扇 3mm 铅当量铅玻璃	/	3mmPb
屋顶	屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板	$>2.5\text{mmPb}+2\text{mmPb}$	$>4.5\text{mmPb}$
地面	200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板	$>2.5\text{mmPb}+2\text{mmPb}$	$>4.5\text{mmPb}$

根据医院提供的防护设计资料,参照《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020),本项目机房与标准屏蔽措施对照情况见表 10-4。

表 10-4 DSA 手术室的实体防护设施对照表

名称	面积 ( $\text{m}^2$ )	四周墙体	屏蔽门	观察窗	屋顶	地板
DSA 手术室	39.42 (最小单边长度 5.46m)	DSA 手术室四周墙体均厚 370mm 厚实心砖墙+内层 2mm 铅板 ( $>5\text{mmPb}$ )	3mm 铅当量铅门 (3 扇)	3mm 铅当量厚铅玻璃 (1 扇)	200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板 ( $>4.5\text{mmPb}$ )	200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板 ( $>4.5\text{mmPb}$ )
放射诊断放射防护要求	最小有效使用面积 $20\text{m}^2$ , 机房内最小单边长度 3.5m	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	非有用线束 2mm 铅当量	有用线束 2mm 铅当量
备注	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求	满足要求

## 2、通风系统

本项目 DSA 手术室 1、2 的排气口（160×160mm）均设置在手术室内北部顶部，产生的臭氧通过机械排风系统经过北侧的排风机房至楼顶（高约 52.2m）排放；进气口均设置在手术室内南部顶部。进、排气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。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《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、辐射防治措施

### （1）DSA 固有安全性

本项目配备的 DSA 已采取如下技术措施：

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

②采用光谱过滤技术：在 X 射线管头或影像增强器的窗口处放置合适铝过滤板，以消除软 X 射线以及减少二次散射，优化有用 X 射线谱。设备提供适应不同应用时所可以选用的各种形状与规格的准直器隔板和铝过滤板。

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

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

⑤配备相应的表征剂量指示装置：配备能在线监测表征输出剂量的指示装置，例如剂量面积乘积（DAP）仪等。

⑥配备辅助防护设施：DSA 配备床下铅帘（0.5mm 铅当量）和悬吊铅帘(0.5mm 铅当量)、铅屏风等辅助防护用品与设施，则在设备运行中可用于加强对有关人员采取放射防护与安全措施。

⑦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“紧急止动”按钮，一旦发生异常情况，工作人员可立即按下此按钮来停止照射。

## **(2) 辐射工作场所防治措施**

- ①DSA 手术室采取屏蔽措施。
- ②介入手术室防护门外设有电离辐射警示标志和工作指示灯。
- ③配有铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套（选配：铅橡胶帽子）等防护措施。
- ④门灯联锁：DSA 手术室防护门外顶部设置工作状态指示灯。防护灯为红色，以警示人员注意安全；当防护门打开时，指示灯灭。
- ⑤紧急止动装置：控制台上、介入手术床旁设置紧急止动按钮。DSA 系统的 X 射线系统出束过程中，一旦出现异常，按下任一个紧急止动按钮，均可停止 X 射线系统出束。

## **(3) 诊疗项目对医生及患者的污染防治措施**

**在介入诊疗中，手术医生必须认真做好自身的防护工作，具体要求是：**

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

**同时，医院在实施介入治疗时还须采取以下防护措施：**

①时间防护：熟悉机器性能和介入操作技术，尽量减少照射和采集时间。特别避免未操作时仍踩脚闸；通过制定最优化的治疗、诊断方案尽量减少射线装置的照射时间。尽量减少人员与机房的近距离接触时间。

②距离防护：操作人员采取隔室操作方式，控制室与机房之间以墙体隔开，通过对观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

③缩小照射野：在不影响操作的前提下尽量缩小照射野。

④缩短物片距：尽量让影像增强器或平板靠近患者，减少散射线。

⑤充分利用各种防护器材。

a.介入手术中手术室内操作者需配有铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套（选配：铅橡胶帽子）等防护措施。

b.使用铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘（选配：移动铅防护屏风）（防护

厚度均为 0.5mm 铅当量)。

⑥在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

**同时，在介入诊疗中必须做好患者的防护工作：**

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

②将 X 射线球管尽量远离患者，而将影像增强器尽量靠近患者。

③作好患者非投照部位的保护工作，需配有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)

④定期维护介入设备；制定和执行介入诊疗中的质量保证计划。

## 五、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-5 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	要求新增措施
<b>直线加速器</b>			
实体 防护	四周墙体+迷路	与大楼主体 同时建成	/
	铅防护门(治疗室门防夹人装置)	本次新建	/
控制台及 安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	仪器自带	/
	控制台上应具备紧急停机按钮	仪器自带	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	仪器自带	/
	监控、对讲装置	本次新增	保证机房全覆盖
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	本次新增	/
警示装置	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	本次新增	/
	入口有加速器工作状态显示	本次新增	/
	机房内准备出束音响提示	仪器自带	/
	控制台上蜂鸣器	仪器自带	/
紧急设施	治疗室及治疗床有中文标识的紧急开门按钮	本次新增	机房内非主射方向 墙上有按钮，高度 1.3m
	中文标识的紧急开门按钮	本次新增	迷路出口处的铅门 内侧墙上，按钮高 度 1.3m
	紧急照明或独立通道照明系统	本次新增	/

监测设备	便携式辐射监测仪器（与 DSA 共用）	本次新增	/
	个人剂量报警仪	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
	治疗室内固定式剂量报警仪	本次新增	迷路出口处 内侧墙上
防护设施	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	本次新增	铅橡胶铅衣、铅手套、铅围裙等
其他	通风系统	本次新增	/
<b>CT 模拟定位机</b>			
场所设施	墙体、观察窗、铅防护门（带闭门装置）	已设计	/
	入口处机器工作状态指示灯	已设计	/
	入口处电离辐射警示标志	已设计	/
	候诊位设置	已设计	/
防护设施	防护用品和辅助防护设施	计划配备	/
其他	监测仪表	计划配备	/
	个人剂量计	计划配备	/
<b>DSA1、DSA2</b>			
场所设施	四周墙体	与大楼主体 同时建成	/
	四周、屋顶、地面屏蔽，铅防护门（带闭门装置）	本次新增	/
	观察窗屏蔽	本次新增	/
	通风设施	本次新增	/
	中文标识的紧急停机按钮	本次新增	/
	门灯联锁	本次新增	/
警示装置	对讲系统	本次新增	/
	入口处电离辐射警告标志	本次新增	/
	入口处机器工作状态显示	本次新增	/
监测设备	操作警示装置	本次新增	/
	便携式辐射监测仪（与直加共用）	本次新增	/
	个人剂量计	本次新增	/
防护设施	个人剂量报警仪	本次新增	/
	医护人员个人防护（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）	本次新增	/
	患者防护（铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套）	本次新增	/

## 六、环保设施及投资分析

本项目总投资\*\*\*万元，其中环保投资\*\*\*万元，占总投资约\*\*\*。具体环保设施及投资见下表。

表 10-6 环保设施及投资一览表

项目	设施与器材	数量	投资（万元）/备注
<b>直线加速器</b>			
实体 防护	铅防护门（治疗室门防夹人装置）	1 套	与大楼主体同时建成
	防止非工作人员操作的锁定开关	1 扇	***
控制台及安 全联锁	控制台上应具备紧急停机按钮	设备 自带	/
	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联 锁	设备 自带	/
	监控、对讲装置	1 套	***
警示装置	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	1 套	***
	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	1 套	***
	入口有加速器工作状态显示	1 个	
	机房内准备出束音响提示	设备 自带	/
紧急设施	控制台上蜂鸣器	设备 自带	/
	治疗室及治疗床有中文标识的紧急开门按钮	5 个	***
	中文标识的紧急开门按钮	1 套	
监测设备	紧急照明或独立通道照明系统	2 个	
	便携式辐射监测仪	1 个	***
	机房内固定式剂量报警仪	1 个	***
	个人剂量报警仪	3 个	***
防护器材	个人剂量计	3 套	***
	通风系统	1 套	***
	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1 套	***
<b>CT 模拟定位机</b>			
场所 设施	墙体	1 套	与大楼主体同时建成
	观察窗、铅防护门（带闭门装置）、入口处机器工作 状态指示灯	1 套	***
	入口处电离辐射警示标志	1 套	***
	候诊位设置	1 套	***
	防护用品和辅助防护设施	1 套	***
	监测仪表	1 套	***
其他	个人剂量计	1 套/人	***

DSA1、2

场所设施	四周墙体	2 套	与大楼主体同时建成
	四周、屋顶、地面屏蔽, 铅防护门 (带闭门装置)	2 套	***
	机房防护门	8 扇	***
	操作位局部屏蔽防护设施	2 套	***
	观察窗屏蔽	2 套	***
	有中文标识的紧急停机按钮	2 套	***
	对讲系统	2 套	***
警示装置	入口处电离辐射警告标志	2 套	***
	入口处机器工作状态显示	2 套	
	操作警示装置	2 套	
监测设备	便携式辐射监测仪	1 个	与直加共用
	个人剂量计	10 套	***
	个人剂量报警仪	10 个	***
防护设施	医护人员个人防护 (铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套)	6 套	***
	患者防护 (铅橡胶性腺防护围裙 (方形) 或方巾、铅橡胶颈套)	2 套	***
	通风系统	2 套	***
合计		/	***

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

### 三废的治理

#### 一、废气

施工期产生的废气主要是施工扬尘, 过对施工范围、施工时间段的控制以及施工现场管理等手段, 降低对环境的影响。

**直线加速器通排风系统:** 10MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在治疗室内北部左侧次屏蔽墙距地 200mm 处, 排风管道 (400mm×120mm) 以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接排风系统, 将臭氧抽出治疗室, 排风量约 2700m<sup>3</sup>/h; 进风口设置在迷路内墙顶部, 新风管道 (300mm×200mm) 以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接新风系统, 将新风送入治疗室, 送风量约 3600m<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《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准 (0.20mg/m<sup>3</sup>) 要求。

**DSA 手术室 1、2 通排风系统:** 本项目 DSA 手术室 1、2 的排气口 (160×160mm) 均设置在手术室内北部顶部, 产生的臭氧通过机械排风系统经过北侧的排风机房至楼顶 (高约 52.2m) 排放; 进气口均设置在手术室内南部顶部。进、排气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。本项目产生的臭氧排入大气环境后, 经自然分解和稀释, 远低于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 的二级标准 (0.2mg/m<sup>3</sup>) 的要求。

## 二、固废

施工装修过程中产生的废弃包装物部分回收利用, 部分与生活垃圾一同依托医院垃圾收集设施收集, 最终由市政环卫统一清运。

本项目直线加速器及 CT 模拟定位机运营时不产生固体废物; 介入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, 每年固体废物产生量约为 2000kg, 医疗废物采用专门的容器收集转移至医疗废物暂存库后由医疗废物处理机构定期统一处理; 辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

## 三、废水

施工期生活污水依托医院已建污水处理设施处理后排入市政污水管网。

本项目营运期产生的医疗废水、生活废水经预医院已建的污水处理站 (850m<sup>3</sup>/d “二级处理+消毒”工艺) 处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005) 表 2 中预处理标准限值后排入市政污水管网, 进入古蔺县污水处理厂处理达标后排放。

表 11 环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目直线加速器治疗室及 DSA 手术室 1、2 土建工程属于“古蔺县人民医院新建工程”配套建设内容，其施工期环境影响在《环境影响报告书》(泸市环建函[2020]8 号) 中进行了评价，但直线加速器治疗室及 DSA 手术室 1、2 还需进行设备安装、管线敷设、铅玻璃窗、铅防护门及其他环境防护设施的安装，DSA 手术室 1、2 另外将进行铅板安装等，施工期将产生扬尘、噪声、生活污水。

对于本项目施工期将产生扬尘、噪声、生活污水及固体废物，提出以下施工要求：

#### 1、施工期的大气污染防治对策措施

严格落实大气污染物防治措施。施工期，通过加强施工管理，减少建筑材料露天堆放，修建围挡或围栏，定期洒水降尘硬化施工场地，控制车速，车辆密闭运输等措施，减少施工扬尘对周围环境影响；装修阶段采用绿色环保装修材料，防治装修废气影响。

#### 2、施工期的噪声污染防治对策措施

严格落实噪声污染防治措施。施工期，通过合理布局，合理安排施工时间，优化运输路线，文明施工及选用低噪声设备等措施，减轻施工噪声对周围环境的影响。

#### 3、施工期固体废物处置及管理

施工过程中固体废物主要为废弃材料、装修垃圾、施工人员产生的生活垃圾等。施工过程中产生的建筑材料、建筑垃圾等，按要求进行分类收集，统一处理；施工人员产生的生活垃圾统一收集后送城市环卫部门处理。

#### 4、施工期地表水污染防治措施

严格落实水污染物防治措施。按照“雨污分流”原则，优化管网系统设置，防止废水进入雨水排放系统。施工期，施工废水经沉淀处理后回用。

#### 5、防辐射泄漏施工要求

根据施工单位提供的资料：本项目直线加速器治疗室四面墙体、迷路、顶部和底部均是密度为 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ 的钢筋混凝土，主射朝向北部墙体、南部墙体、顶部、底部。加速器治疗室北部、南部主屏蔽墙厚 2800mm、宽 4000mm，次屏蔽墙体厚 1500mm；

西部次屏蔽墙厚1700mm；东部迷路为“L”型，其内屏蔽墙厚1400mm，外屏蔽墙厚1000mm；顶部主屏蔽墙厚2900mm、宽4200mm，次屏蔽墙厚1600mm；防护门为12mm铅当量单扇电动推拉铅钢防护门。

CT模拟室四面墙体均采用厚为370mm实心砖，屋顶为200mm混凝土，铅窗为3mm铅当量，防护门为3mm铅当量含铅门。

本项目 DSA 手术室四周墙体均采用370mm 厚实心砖墙+内层2mm 铅板，屋顶为200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层2mm 铅板，地面为200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层2mm 铅板，新增1扇铅玻璃观察窗厚3mmPb，新增3扇防护铅门厚3mmPb。

①结合《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011) 和《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)，本项目治疗室在施工期间需做到，治疗室墙体应进行整体浇筑，使用满足要求的混凝土，强度等级应不低于 C50、S8，混凝土密度 $2.35\text{g/cm}^3$ ；穿过加速器治疗室墙体的各种管道、电缆、进、排风口在主屏蔽墙以外的墙体贯穿，贯穿口采用斜穿方式，并进行相应的屏蔽补偿。

②结合《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分：一般原则》(GBZ/T201.1-2007) 4.8.8：防护门结构应考虑因自身重量而发生形变，频繁开关门的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因，其宽于门洞的部分需大于“门—墙”间隙的 10 倍。

③穿过治疗室墙体的各种管道、电缆不影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，开孔处需做铅屏蔽补充措施，且不得正对工作人员经常停留的地点。

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。

## 运行阶段对环境的影响

### 一、放疗中心诊疗项目环境影响分析

本项目拟购的 1 台医用直线加速器 X 射线能量为 10MV。医用直线加速器属于II类射线装置，在营运中的主要危害有 X 射线、电子线。治疗室内的空气还会受 X 射线作用电离而产生臭氧和氮氧化物，氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一，故本报告表中不对其进行评述。此外，采用专用排风系统强制换气，产生噪声。

以下就 10MV 直线加速器运营中产生的 X 射线、电子线、臭氧和噪声的影响进

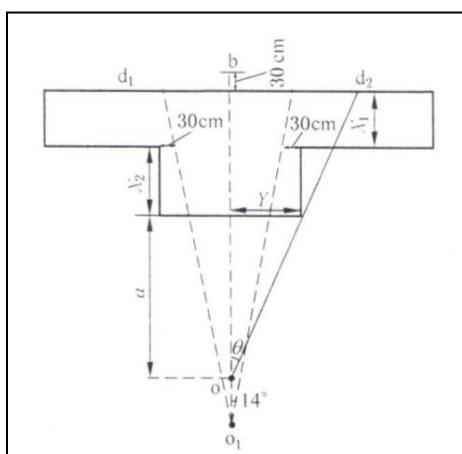
行预测评价。

## （一）10MV 加速器 X 射线环境影响分析

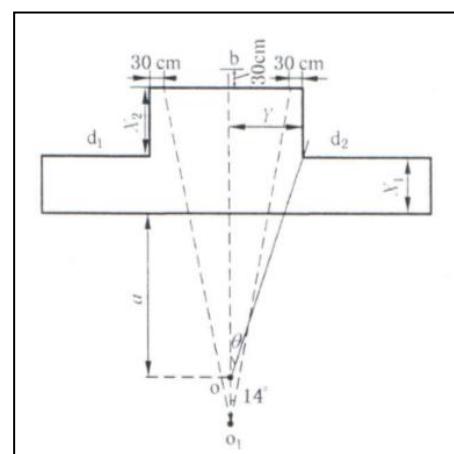
### 1、加速器治疗室主屏蔽区宽度校核

10MV 直线加速器治疗室，主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置，加速器主射线的最大出束角度为  $28^\circ$ 。10MV 直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图 11-1，主屏蔽宽度校核结果见表 11-1。

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011）附录 D，加速器主屏蔽区宽度计算仅为以下一种情况，对应的主屏蔽半宽度  $Y$  的计算公式如下：



主屏蔽区内凸



主屏蔽区外凸

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

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

本项目治疗室主屏蔽墙体均为内凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表 11-1。

表 11-1 本项目 10MV 加速器治疗室主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	主屏蔽区宽度设计值(m)	结论
距北部主屏蔽墙体 3.2	$2 \times [(1+3.2+0.5) \operatorname{tg} 14^\circ + 0.3] = 3.34$	4.0	满足要求
距南部主屏蔽墙体 3.2	$2 \times [(1+3.2+1.5) \operatorname{tg} 14^\circ + 0.3] = 3.34$	4.0	
距顶部主屏蔽墙体 2.38	$2 \times [(1+2.38+1.6+1.3) \operatorname{tg} 14^\circ + 0.3] = 4.14$	4.2	

设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的摆位方式进行安装，防止安装后主射方向超出主屏蔽范围的情况出现。

### 2、10MV 加速器治疗室关注点设立及剂量率参考水平

#### （1）加速器治疗室关注点设立

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/T201.2-2011)，本项目直线加速器治疗室建在负二层，无地下室，故治疗室地下不作为关注点，需对医用直线加速器治疗室四周和顶部的关注点给予考虑。

本项目加速器治疗室关注点设立及主要照射路径图见图 11-1、11-2。

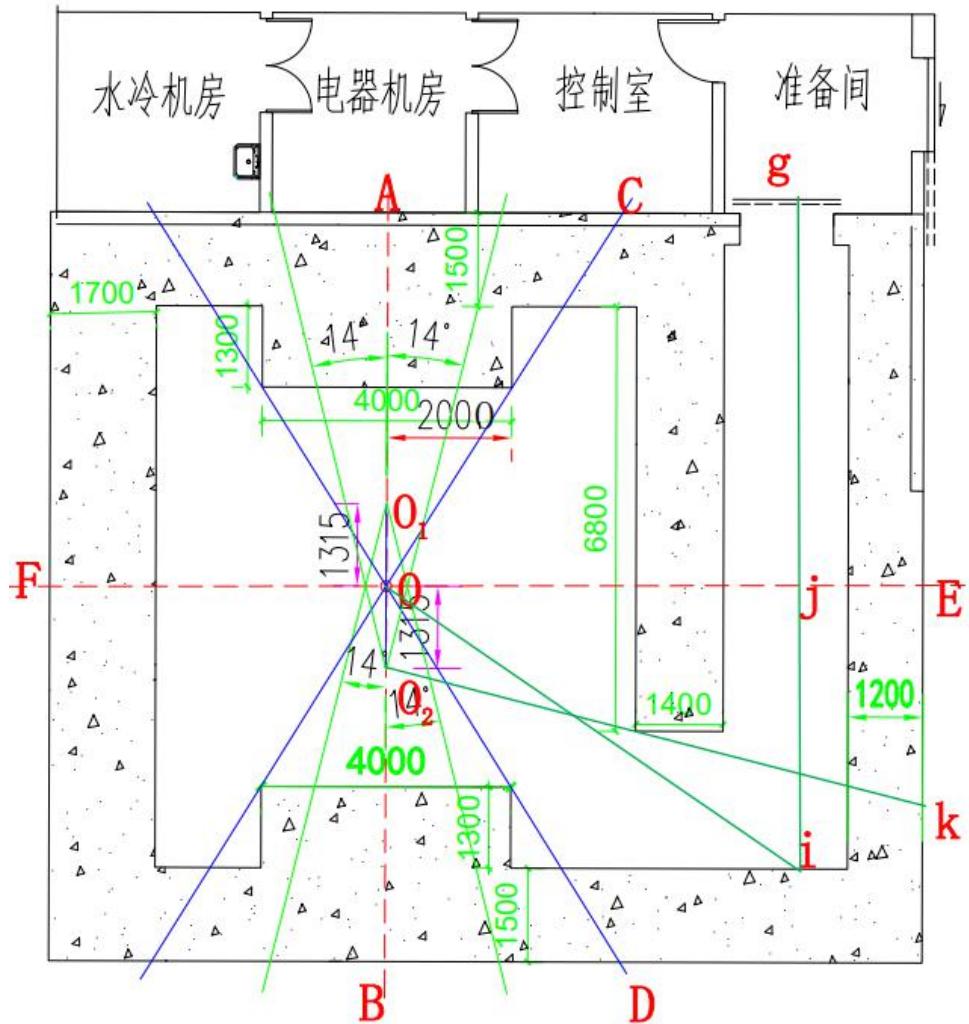


图 11-1 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（平面）

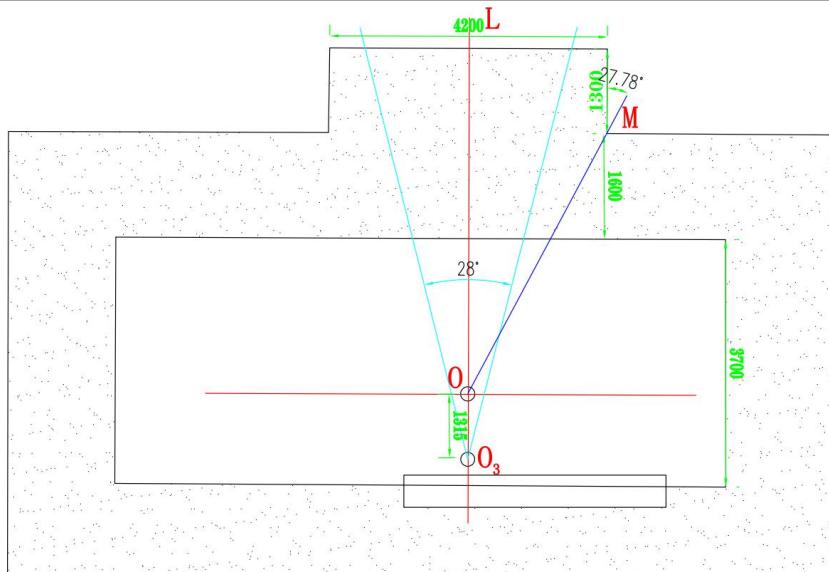


图 11-2 本项目加速器治疗室关注点及主要照射路径示意图（剖面）

表 11-2 治疗室外关注点布置

点位编号	位置	照射途径	受照类型
A	北部墙外 30cm 处（电器机房）	有用线束	公众
B	南部墙外 30cm 处（候诊大厅）	有用线束	公众
C	北部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处（控制室）	泄漏辐射、散射辐射束	职业
D	南部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处（候诊大厅）	泄漏辐射、散射辐射束	公众
E	东部迷路外墙 30cm 处（走道）	泄漏辐射束	公众
F	西部次屏蔽墙外 30cm 处（岩土层）	泄漏辐射束	/
g	迷路防护门外 30cm 处（准备间）	泄漏辐射、散射辐射束	公众
L	顶部主屏蔽墙外 30cm 处（负一层监护室）	有用线束	公众
M	顶部与主屏蔽区相连的次屏蔽墙外 30cm 处 (负一层监护室)	泄漏辐射、散射辐射束	公众

## (2) 剂量率参考水平

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)，机房外各关注点的剂量率参考控制水平  $H_c$  由以下方法确定：

① 使用放射治疗周工作负荷、关注点位置的使用因子和居留因子，可以依照附录 A，由式中周剂量参考水平 ( $H_c$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

a. 有用线束：  $H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$  .....(式 11-1)

式中：

$H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$H_c$ —周剂量参考控制水平, 放射治疗机房外控制区的工作人员:  $H_c \leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ; 放射治疗机房外非控制区的人员:  $H_c \leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ;

U—关注位置方向照射的使用因子;

T—人员在相应关注点驻留的居留因子;

t—周治疗照射时间, h。

b. 单一泄漏辐射:  $H_{c,d} = H_c / (N \cdot t \cdot T)$  .....(式11-2)

式中:

N—调强治疗时用于泄漏辐射的调强因子, 通常 N=5。

②关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$ :

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

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

③取①、②中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )。

保守考虑, 本次评价各关注点(除迷路门外  $H_{c,max}$  取  $0.625\mu\text{Sv}/\text{h}$ )的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  均取  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 根据 4.3.2.5.2c), 迷路门外关注点(g 点)的最高剂量率应为参考控制水平的一个分数(应小于  $1/4$ ), 因此取  $0.625\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

由此确定的各关注点的剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束见下表。

表 11-3 治疗室外各关注点剂量率参考控制水平

关注点	受照类型	照射途径	居留因子	$H_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	关注点的最高剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	本项目剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )
A	公众	有用线束	1/4	16	2.5	2.5
B	公众	有用线束	1/4	16	2.5	2.5
C	职业	泄漏辐射、 散射辐射束	1	20	2.5	2.5
D	公众	泄漏辐射、 散射辐射束	1/4	4	2.5	2.5
E	公众	泄漏辐射束	1/4	4	2.5	2.5
F	公众	泄漏辐射束	1/4	4	2.5	2.5
g	公众	泄漏辐射、 散射辐射束	1/4	4	0.625	0.625
L	公众	有用线束	1/4	16	2.5	2.5
M	公众	泄漏辐射、 散射辐射束	1/4	4	2.5	2.5

注 1: 本项目医用电子直线加速器主射束方向朝向北部、南部、顶部。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/T201.1-2011), 偏安全考虑, 有用线束方向使用因子  $U$  保守取  $1/4$ , 仅涉及泄漏辐射的方向  $U$  取 1; 项目不涉及调强治疗, 故泄漏辐射关注点处  $N$  取 1。

### 3、10MV 加速器治疗室屏蔽体厚度校核

#### (1) 主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核

利用 GBZ/201.2-2011 的相关公式对主屏蔽区、迷路外墙、迷路内墙进行厚度核算。屏蔽所需要的屏蔽透射因子  $B$  按下式进行计算。

$$B = \frac{H_e}{H_0} \bullet \frac{R^2}{f} \quad \text{(式 11-3)}$$

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

$$X_1 = X_e \cos \theta \quad \text{(式 11-5)}$$

式中:

$B$ —屏蔽透射因子;

$H_e$ —剂量率参考控制水平,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;

$H_0$ —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,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ;  
本项目为  $3.6 \times 10^8 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{h}$  (最高剂量率为 6Gy/min);

$R$ —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离,  $\text{m}$ ;

$f$ —有用束为 1; 泄漏辐射为主射射线比率 (0.1%);

$\theta$ —斜射角, 即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角;

$TVL_1$  ( $\text{cm}$ ) 和  $TVL$  ( $\text{cm}$ ) —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, 本项目  $TVL_1$ 、 $TVL$  取值见下表 11-4;

$X_e$ —墙体有效屏蔽厚度,  $\text{cm}$ ;

$X_1$ —墙体屏蔽厚度,  $\text{cm}$ 。

表 11-4 加速器治疗室主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核

#### (2) 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011, 对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用, 分别计算其所需屏蔽厚度, 取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-3~11-5 进行计算, 散射辐射的透射因子按式 11-4~11-6 进行计算 ( $TVL_1$  ( $\text{cm}$ ) 和  $TVL$  ( $\text{cm}$ ) 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)。

$$B_1 = \frac{H_c \times R^2}{H_0 \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots \dots \dots \text{式(11-6)}$$

式中： $\alpha_{ph}$ —患者  $400\text{cm}^2$  面积上垂直入射 X 射线散射至距其  $1\text{m}$  (关注点方向) 处的剂量比例，又称  $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子，查 GBZ/T201.2-2011 附录 B.2 可得；

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

**表 11-5 加速器治疗室与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射、散射辐射屏蔽厚度核算**

备注：①对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区漏射辐射、散射辐射所需屏蔽厚度核算时，剂量率参考控制水平取主屏蔽方向的一半；②当未说明  $TVL_1$  时， $TVL_1=TVL$ 。

### (3) 防护门铅厚度 (X) 校核

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)，防护门铅厚度校核公式为：

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

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

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

式中：

X—防护门铅当量厚度， $\text{mm}$ ；

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

B—辐射屏蔽透射因子；

$H_c$ —关注点处的剂量率参考控制水平；根据 GBZ/T201.2-2011 中 5.2.6.2，有用线束向迷路照射，有用线束边缘距  $g$  处可能较近，并且还存在迷路内墙的杂散辐射，建议增加 2 倍安全系数。因此本项目  $H_c$  取值为  $5.73E-02\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$H_{og}$ — $O_1$  位置穿过迷路内墙的泄漏辐射在  $G$  处的控制剂量率， $7.69E-03\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

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

$\alpha_{ph}$ — $400\text{cm}^2$  面积上的散射因子，取  $45^\circ$  散射角的值  $1.35E-03$ ；

$\alpha_2$ —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，查得混凝土墙  $45^\circ$  入射、 $0^\circ$  散射、 $1\text{m}^2$  的散射因子  $\alpha_2=5.1E-03$  (查附录 B 表 B.6)；

A—散射面积， $\text{m}^2$ ；经计算本项目为  $8.00\text{m}^2$ ；

<p><math>R_1</math>—第一次散射路径; <math>R_1 = 7.49\text{m}</math>;</p> <p><math>R_2</math>—第二次散射路径; <math>R_2 = 10.65\text{m}</math>;</p> <p><math>F</math>—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积, <math>\text{cm}^2</math>; 本项目等中心处最大治疗野为 <math>40\text{cm} \times 40\text{cm} = 1600\text{ cm}^2</math>;</p> <p>经计算: <math>H_g = 12.46\mu\text{Sv/h}</math>, <math>B = 3.95\text{E-02}</math></p> <p><b>最终得到防护门的铅当量厚度为:</b></p> <p><b><math>X = TVL \cdot \log B^{-1} = 7.01\text{mm}</math>。</b></p> <p>由理论计算可知, 治疗室入口铅钢防护门屏蔽厚度为 <math>7.01\text{mm}</math>, 实际设计为 <math>12\text{mm}</math>, 可满足屏蔽要求。</p> <p><b>小结:</b> 经过对治疗室主屏蔽体宽度校核, 直线加速器治疗室墙体厚度、迷路厚度、顶部厚度和防护门厚度均满足要求。</p>
<h4>4、电子直线加速器对关注点产生的剂量估算</h4> <p>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), 本项目医用电子直线加速器在运行过程中对关注点处人员产生的最大剂量可根据以下公式进行计算:</p> <p>主射线束和泄漏辐射剂量估算 (式中各符号含义同前文):</p> $H = \frac{H_0 \cdot f}{R^2} \cdot B \quad \text{(式 11-10)}$ $B = 10^{\frac{-(X_e + TVL - TVL_1)}{TVL}} \quad \text{(式 11-11)}$ $X_e = X / \cos \theta \quad \text{(式 11-12)}$ <p>患者一次散射辐射剂量估算</p> $H_{\text{散}} = \frac{H_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F / 400)}{R^2} \cdot B \quad \text{(式 11-13)}$ <p>治疗室迷路入口处 <math>X</math> 射线散射辐射剂量率 <math>H_g</math></p> $H_g = \frac{\alpha_{ph} (F / 400)}{R_1^2} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot A}{R_2^2} \cdot H_0 \quad \text{(式 11-14)}$ $H_c = H_g 10^{-(X / TVL)} + H_{\text{og}} \quad \text{(式 11-15)}$ <p>由式 11-14 估算各关注点的年剂量:</p>

式中：

H—关注点的剂量当量 (( $\mu$ Sv/h);

E—关注点的年剂量 (mSv/a);

h—工作负荷 (h/a);

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取  $1/4$ ，偶然有人员经过的地方取  $1/16$ ；

W<sub>T</sub>—组织权重因数，全身为1。

由此估算的主射线束和泄漏辐射对各关注点产生的剂量见表 11-6, 由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-7, 治疗室迷路入口处由散射辐射产生的剂量见表 11-8。

表 11-6 加速器主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

表 11-7 加速器治疗室患者一次散射对关注点的剂量估算表

表 11-8 加速器治疗室迷路入口处由散射辐射产生的剂量估算表

由于墙体 C 点、D 点和顶部 M 点既要受 X 射线漏射影响，亦要受治疗室患者一次散射影响，通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示：

表 11-9 C、D、M 关注点剂量叠加结果

通过表 11-5 至 11-9 可知, 通过直线加速器治疗室的实体防护后, 所致关注点职业人员受年附加有效剂量最大为 **5.49E-03mSv**, 所致关注点公众受年附加有效剂量最大为 **5.51E-02mSv**, 分别低于 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束。

## 5、直加保护目标辐射影响综合分析

本项目直线加速器治疗室周围保护目标最大年附加有效剂量如下表所示：

表 11-10 项目保护目标辐射影响分析

备注：环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值。

由上表可知，本项目保护目标为职业人员所受年附加有效剂量最大为 **5.49E-03mSv**；保护目标为公众所受年附加有效剂量最大为 **5.51E-02mSv**，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律,距离直线加速器治疗室最近的

关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在直线加速器投入运营后，产生的 X 射线经墙体、铅门屏蔽和距离衰减后，治疗室周围环境保护目标年受照剂量远低于预测剂量，对治疗室周围公众影响更小。

## 6、电子线的环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \bullet E_{\beta_{\max}} \dots \quad \text{(式 11-17)}$$

式中:  $d$ —最大射程, cm;

$\rho$ —防护材料的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$E_{\beta\max}$ —电子最大能量, MeV。

本项目 10MV 直线加速器以电子档工作时最大电子线能量为 12MeV, 射程为 2.55cm, 而本项目屏蔽体厚度最小的亦为 120cm 混凝土, 对电子线能产生完全屏蔽, 可不再作特殊的防护要求, 可不再考虑对电子模式产生的 X 射线的屏蔽。

## 7、臭氧环境影响分析

1、本项目医用电子直线加速器在开机出束期间，产生的电子束、X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧(O<sub>3</sub>)，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979 - 2018)附录B中臭氧计算方法，仅考虑电子束产生的臭氧，其产生率和浓度可用下面两个公式分别计算：

### ①机房内臭氧产生率计算公式:

$$P=45 \bullet d \bullet I \bullet G$$

式中：

P——单位时间电子束产生臭氧的质量, mg/h;

I——电子束流强度, mA; 取值0.01;

d——电子在空中的行程, cm; 本项目直加取值2.55cm;

G——空气每吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数, 保守值取10。

## ②臭氧浓度

通风系统换气设计为每小时换气10次,换气一次所需时间远小于臭氧的有效化学分解时间(约50分钟),室内臭氧浓度由下式计算:

$$C = \frac{P \cdot T_v}{V} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_v}} \right)$$

式中：

C——在t时刻室内的臭氧浓度, mg/m<sup>3</sup>; 考虑到单人单次最长受照时间约2min, 因此t取值为2min。

T<sub>v</sub>——臭氧有效清除时间, h;

V——机房空间体积, m<sup>3</sup>; 取值246.4 m<sup>3</sup>

$$\text{其中, } T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a}$$

式中：

t<sub>v</sub>——每次换气时间, h; 换气一次时间0.116h;

t<sub>a</sub>——臭氧分解时间, h; 臭氧有效化学分解时间 0.83h。

本项目 10MV 直线加速器治疗室每小时通风频率约 10 次/小时, 每次换气时间均为 7min, 则加速器治疗室内臭氧浓度为 **4.74E-03**mg/m<sup>3</sup>, 低于《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。

**通排风系统：**10MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在治疗室内北部左侧次屏蔽墙距地 200mm 处, 排风管道 (400mm×120mm) 以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接排风系统, 将臭氧抽出治疗室, 排风量约 2700m<sup>3</sup>/h; 进风口设置在迷路内墙顶部, 新风管道 (300mm×200mm) 以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接新风系统, 将新风送入治疗室, 送风量约 3600m<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《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 二级标准 (0.20mg/m<sup>3</sup>) 要求。

## (二) CT 模拟定位机辐射环境影响分析

拟在放疗中心内使用 1 台 CT 模拟定位机, 用于直线加速器模拟定位, 属于III类射线装置。本项目所用 CT 模拟定位机为数字成像, 无废显定影液及废胶片产生, 其主要影响为设备工作时产生 X 射线。

1、屏蔽体校核：根据医院提供资料, 本项目 CT 模拟定位机每年累计曝光时间

不超过 40 小时。CT 模拟定位机室四周墙体为 370mm 厚混凝土, 屏蔽门为 3mm 铅门, 屏蔽铅窗为 3mm 铅当量, 楼顶为 200mm 混凝土。根据《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020) 表 3, 结合附录 C 中表 C.7 可知, CT 模拟室周围屏蔽防护能够满足 3mmPb 的要求。

2、臭氧: CT 模拟定位机曝光时产生的臭氧量很少, 经室内通风系统换气后室内的臭氧浓度很低, 对机房周边大气环境影响可忽略。

## 二、介入中心

### (一) DSA 的辐射环境影响分析

本项目涉及的 2 台 DSA 管电压、管电流、过滤板取值均一致, 年工作量最大均为 500 人次/年, 均主要用于透视和拍片。

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《射线装置分类办法》, 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, 其主要危害因素为射线装置工作时产生的 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: 操作人员采取隔室操作的方式, 医生通过操作间铅玻璃观察窗 DSA 手术室 1、2 内病人情况, 并通过对讲系统与病人交流。在拍片过程中, 医生位于操作间内, 经 DSA 手术室 1、2 各屏蔽体屏蔽后, 对 DSA 手术室 1、2 外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 DSA 手术室 1、2 进行手术治疗时会有连续曝光, 并采用连续脉冲透视, 此时操作医师身着铅衣、戴铅眼镜等在 DSA 手术室 1、2 内对病人进行直接的手术操作。

本环评采用预测方法分析本项目 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。

### 1、本项目关注点的辐射环境影响分析

本项目 DSA 手术室 1、2 四周墙体均采用 370mm 厚实心砖墙+内层 2mm 铅板, 屋顶为 200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板, 地面为 200mm 厚钢筋混凝土楼

板+内层 2mm 铅板，新增的 1 扇铅玻璃观察窗及 3 扇防护铅门均厚 3mmPb。

拍片时，DSA1、2 的常用电压均为 60~100kV，常用电流均为 100~300mA；透视时，DSA 常用管电压均为 70~90kV，常用管电流均为 10~15mA。本项目 DSA1、2 过滤板采用 2.5mmAl，保守考虑采用 2mmAl 的过滤板取值，根据图 4.4c 查得，当管电压为 90kV 时，查得  $v_{r0} = 0.9R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ ；当管电压为 100kV 时，查得  $v_{r0} = 1.0R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ 。经计算后，在透视时管电压为 90kV、管电流为 15mA 时，距靶 1m 处的剂量率  $H_0$  为  $117.86mGy \cdot min^{-1}$ ；在拍片管电压为 100kV、管电流为 300mA 时，距靶 1m 处的剂量率  $H_I$  为  $2619mGy \cdot min^{-1}$ 。见下表：

表 11-11 本项目 DSA1、2 常用工况及源强取值

工作模式	常用最大管电压	常用最大管电流	$v_{r0}$	$H_0$
透视	70~90kV	10~15mA	$0.9R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$	$117.86mGy \cdot min^{-1}$
拍片	60~100kV	100~300mA	$1.0R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$	$2619mGy \cdot min^{-1}$

本项目 DSA 运行后，手术过程中 DSA 手术室 1、2 四周的保护目标，均受到漏射线和散射射线的影响，保守考虑，DSA 手术室 1、2 上方同时受到散射和主射辐射的影响。DSA 手术室 1、2 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 手术室 1、2 最近关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。

本项目 DSA 手术室 1、2 共布设 13 个预测点位，DSA 手术室 1、2 辐射场所分布图及预测关注点位见图 11-1。



图11-3 本项目DSA手术室1、2点位示意图

## 1) 主射线束方向保护目标的影响

### ①计算模式

主射束的屏蔽防护采用《辐射防护手册》(第一分册)中计算公式如下:

$$D_r = D_1 \cdot \mu \cdot \eta \cdot f \cdot T / r^2 \dots \dots \dots \text{(式 1)}$$

式中:  $D_r$ —预测点处辐射空气吸收剂量, Gy/a;

$D_1$ —X 射线在 1m 处的辐射空气吸收剂量率, mGy/min, 本项目 DSA1、2 过滤板均采用 2.5mmAl, 保守考虑采用 2mmAl 的过滤板取值, 根据图 4.4c 查得, 透视及拍片时  $\nu_{r0}=0.9R \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$ , 按照透视常用最大管电流 15mA 换算后, 距靶 1m 处的剂量率为 117.86mGy/min, 按照拍片常用最大管电流 300mA 换算后, 距靶 1m 处的剂量率为 2619mGy/min;

$T$ —每年工作时间, DSA1 拍片 180min、透视 7500min; DSA2 拍片 170min、透视 7500min;

$\mu$ —利用因子, 监测点位的占用因子均取 1;

$\eta$ —对防护区的占用因子(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。

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。屏蔽透射因子 B:

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

式中:

$B$ —给定铅厚度的屏蔽透射因子;

$\beta$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\alpha$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$\gamma$ —铅对不同管电压 X 射线辐射衰减的有关的拟合参数;

$X$ —铅厚度。

散射线的透射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透射因子。

表 11-12 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, DSA手术室1、2不同防护措施对应的屏蔽透射因子见表11-3。

表 11-13 DSA 手术室 1、2 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	等效铅当量	屏蔽透射因子(透视)	屏蔽透射因子(拍片)	
				主束	散射
四周墙体	370mm厚实心砖墙+内层2mm铅板	>5mmPb	1.72E-08	2.78E-07	4.19E-07
正上方	200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板	>4.5mmPb	7.96E-08	9.70E-07	1.47E-06
地面	200mm 厚钢筋混凝土楼板+内层 2mm 铅板	>4.5mmPb	7.96E-08	9.70E-07	1.47E-06
防护门	3mm铅当量铅门	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
防护窗	3mm铅当量的铅玻璃	3mmPb	7.93E-06	4.14E-05	6.31E-05
手术医生、护士位	0.5mmPb铅衣+0.5mmPb铅帘	1mmPb	4.08E-03	7.36E-03	1.05E-02

## ②预测结果分析

本项目 DSA1、2 手术医生共配备 14 名, 年手术量共有 1000 台, 保守考虑, 本项目 DSA1、2 每位医生均按 90 台/年、透视时间按最大 15min/台来校核。

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束的 10%, 将相关参数带入 (式 1) 中, 进行各关注点年有效剂量预测, 预测点年剂量估算结果见表 11-14:

表 11-14 主射方向预测点年有效剂量估算

## 2) 病人体表散射辐射剂量估算

$$H_s = \frac{H_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot (s/400)}{(d_0 \cdot d_s)^2} \dots \dots \dots \text{ (式3)}$$

式中:

$H_s$ ——预测点处的散射剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$H_0$ ——距靶 1m 处的剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$\alpha$ ——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,  $1.3 \times 10^{-3}$ ;

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

$d_0$ ——源与病人的距离,  $\text{m}$ , 取  $1\text{m}$ ;

$d_s$ ——病人与预测点的距离,  $\text{m}$ ;

$B$ ——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11-15。

**表 11-15 散射辐射各预测点散射辐射剂量率计算参数及结果**

### 3) 泄漏辐射剂量估算

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 3)进行计算。

$$H = \frac{H_0 \cdot f \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots \text{(式4)}$$

式中:

$H$ ——预测点处的泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ;

$f$ ——泄漏射线比率,  $1\%$ ;

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

$R$ ——靶点距关注点的距离,  $\text{m}$ ;

$B$ ——减弱因子。

各预测点泄漏辐射剂量率计算参数及结果见下表 11-16。

**表 11-16 各预测点的泄漏辐射剂量率计算参数及结果**

### 4) DSA环境保护目标处剂量估算

**表11-17 本项目各预测点保护目标理论预测最大受照剂量**

从上表可知, 本项目DSA1、2手术医生所受年附加有效剂量最大值均为 $3.44\text{mSv}$ , 护士所受年附加有效剂量最大均为 $2.39\text{mSv}$ , DSA1技师所受年附加有效剂量最大为 $3.34\text{E-}04\text{mSv}$ , DSA2技师所受年附加有效剂量最大为 $3.34\text{E-}04\text{mSv}$ , 均低于 $5.0\text{mSv/a}$ 的剂量约束值; 本项目DSA1所致关注点公众受年附加有效剂量最大为 $8.99\text{E-}06\text{mSv}$ , DSA2所致关注点公众受年附加有效剂量最大为 $7.42\text{E-}06\text{mSv}$ , 均远小于本次评价确定的 $0.1\text{mSv/a}$ 的剂量约束值。

由于介入中心辐射场所布置相对集中, 本项目操作人员和公众同时受 2 台 DSA 的影响, 具体情况如下表所示:

表 11-18 项目保护目标辐射影响分析

由上表可知，本项目 DSA1、2 保护目标为职业人员所受年附加叠加有效剂量最大值 **3.44mSv/a**，低于 5.0mSv/a 的剂量约束值；保护目标为公众所受年附加叠加有效剂量最大值 **1.01E-03mSv/a**，低于 0.1mSv/a 的剂量约束值。

### 5) 医生腕部皮肤受照剂量

介入治疗时，医生通常站立于介入治疗病床侧面，面对病患，受到散射射束照射的几何条件为前后入射（AP，即垂直于人体长轴/Z 轴，从人体正面的入射），本项目采用理论预测分析介入手术医生所受到的皮肤剂量。

预测模式：计算模式采用《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017），X 射线所致皮肤损伤的辐射剂量可按下式估算：

$$D_s = C_{ks} (k \cdot t) \times 10^{-3} \quad \text{.....(式 5)}$$

$$\dot{k} = \frac{\dot{H}_{(10)}^*}{C_{kh}} \quad \text{.....(式6)}$$

式中：  $D_s$ ：皮肤吸收剂量（mGy）；

$k$ ：X- $\gamma$ 辐射场的空气比释动能率（ $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ）；

$C_{ks}$ ：空气比释动能到皮肤吸收剂量的转换系数（Gy/Gy）；

$t$ ：人员累积受照时间，单位为小时（h）；

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

$C_{kh}$  —空气比释动能到周围剂量当量的转化系数（Sv/Gy）。

按照常用最大电流换算后，距靶 1m 处的剂量率为 117.86mGy/min，医生操作时腕部距辐射源（非主射方向）的距离取 0.5m，且考虑受到铅手套（0.025mmPb）屏蔽防护，根据上式，本项目手术时腕部位置处的空气吸收剂量通过计算可得到辐射剂量当量为  $7.86E+04\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。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  $C_{kh}=1.72\text{Sv}/\text{Gy}$ ，由（公式 6）计算出辐射场的空气比释动能为  $4.57E+04\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。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  $C_{ks}=1.134\text{mGy}/\text{mGy}$ 。本项目 DSA1、2 每位医生腕部皮肤受到当量剂量均为  $116.55\text{mSv}/\text{a}$ ，均满足《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 500mSv，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 125mSv/a 的要求。

医院应严格落实辐射安全防护的各项规章制度，所有手术过程中 DSA 手术室 1、2 内的医护人员均应按辐射工作人员进行管理，手术时医护人员穿戴好防护用品并严格遵守操作规程。对病人病灶进行照射时，应将病人病灶以外的部位用铅橡胶布进行遮盖或穿着铅服，以避免病人受到不必要的照射。

## 2、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严格执行国家标准 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 100mGy/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。

## 3、臭氧环境影响分析

本项目在运行过程中，主要污染为 DSA 手术室 1、2 内空气中氧受 X 射线电离而产生的臭氧，本项目 DSA 手术室 1、2 的排气口（160×160mm）均设置在手术室内北部顶部，产生的臭氧通过机械排风系统经过北侧的排风机房至楼顶（高约 52.2m）排放；进气口均设置在手术室内南部顶部。进、排气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。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《环境空气质量标准》（GB3095-2012）的二级标准（0.2mg/m<sup>3</sup>）的要求。

## 三、水环境影响分析

本项目营运期产生的医疗废水、生活废水经预医院已建的污水处理站（850m<sup>3</sup>/d“二级处理+消毒”工艺）处理达到《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入古蔺县污水处理厂处理达标后排放。

#### 四、固体废物环境影响分析

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，每年固体废物产生量约为 2000kg。这些医疗废物经分类收集打包好后暂存于污物暂存间，为减少恶臭气体及病原体的产生，要求医疗废物日产日清，交由有相关资质的公司收运处置。

③工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾不属于医疗废物，医院按照当地管理部门要求，办公、生活垃圾经袋装收集后暂存于生活垃圾暂存间，为防止蚊蝇滋生，要求生活垃圾暂存间日产日清，交由环卫部门清运处理。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。

#### 五、声环境影响分析

本项目 10MV 直线加速器风机工作时将产生一定的噪声，本项目 10MV 直线加速器采用 1 台风机，其排风量为 2700m<sup>3</sup>/h、噪声源强为 65dB (A)，由于风机经距离衰减与墙体隔声后，厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

本项目 DSA 手术室 1、2 所用风机和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强均低于 65dB (A)，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后经距离衰减，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2 类标准要求。

#### 六、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。

## 环境影响风险分析

### 一、环境风险评价的目的

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

### 二、风险识别

直线加速器不运行时不存在放射性事故,也不存在影响辐射环境质量的事故,直线加速器运行时会产生X射线、臭氧,臭氧经通风设施换气、稀释,对大气环境基本无影响,故医用直线加速器可能发生的风险事故中,其风险因子主要为X射线。

只有当加速器运行期间才会产生X射线等危害因素,而且最大可能的事故主要有两种:

- ①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器治疗室;
- ②检修时,检修人员触动直线加速器开关,造成检修人员超剂量照射。

### 三、源项分析及事故等级分析

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11-19中。

表 11-19 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

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

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)急性放射

病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（表 11-20）：

表 11-20 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

## 四、后果计算

### （一）事故情景假设

#### 1、放疗中心

##### （1）直线加速器事故情景假设

①在对病人进行治疗时，10MV直线加速器主射束1m处剂量率最大值为6Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束1m处的非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的0.1%，每次误入照射时间为2分钟（单次照射最长时间）。

②在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器照射头射束0.5m处的直射方向，10MV直线加速器主射束1m处剂量率为最大值6Gy/min，检修人员被误照射开始至听报警仪报警关闭加速器停止出束时间为40秒。

##### （2）CT模拟定位机事故情景假设

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

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

③在机房内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成人员误照射。

## 2、介入中心

### （1）DSA事故情景假设

由于本项目 DSA 型号、功率、出束时间均基本一致，故本次事故仅分析一台 DSA 作为代表：

①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，公众人员在未采取任何防护的情况下误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射。

②设备维护人员在维护 DSA X 线机射线管或测量探测器时，维护人员未佩戴个人剂量报警仪或报警仪剂量阈值设置错误的情况下，射线管处于出束状态，维修人员处于主射方向。

### （二）后果计算与分析

#### 1、放疗中心

##### （1）直线加速器后果计算与分析

表 11-21 医用直线加速器事故状态下非主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

距离 (m) \ 时间 (s)	10	60	120
0.5	4	24	48
1	1	6	12
2	0.25	1.5	3
5	0.04	0.24	0.48

表 11-22 事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表（mSv）

距离 (m) \ 时间 (s)	1	10	40
0.5	400	4000	16000
1	100	1000	4000
2	25	250	1000
4	6.3	62.5	250

①通过计算，在以上假设事故情景下，人员误入 2 分钟，受到直线加速器非主射方向 0.5m 处的辐射影响，其有效剂量为 48mSv，超过人员年剂量限值（20mSv），为一般辐射事故。

②通过计算，在以上假设事故情景下，维修人员在 0.5m 处受到直线加速器主射

方向 10 秒钟的照射，其有效剂量为 4Sv/次；在 1m 处受到直线加速器主射方向 40 秒钟的照射，其有效剂量为 4Sv/次。根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为 4.0~6.0Gy”，结合表 11-20，上述事故后果均为较大辐射事故。

## （2）CT 模拟定位机后果分析

本项目模拟定位机属于III类射线装置，为低危险射线装置。根据其工作原理，当设备关机时不产生 X 射线，不存在辐射事故。

本项目模拟定位机控制台安装有紧急停机开关，此外，在进行诊断时，医生严格按照操作规范进行操作，可避免辐射事故发生。

综上，医院在诊断过程中应注意对被检者的防护，在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，定期检查 CT 机房门机联锁等辐射安全设施，以避免辐射事故发生。

## 2、介入中心

### （1）DSA 后果计算与分析

①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，受到非主射方向的照射事故后果计算结果及公众人员误入或滞留在机房内而造成非主射方向的误照射计算结果如下表所示：

表 11-23 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)	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	0.5	1.70E-02	5.24E-05	1.71E-02	职业照射
	1	2.04E-01	6.29E-04	2.05E-01	职业照射
	5	1.02	3.14E-03	1.02	职业照射
	15	3.06	7.54E-03	<b>3.07</b>	职业照射
1	0.5	4.26E-03	1.31E-05	4.27E-03	职业照射
	1	5.11E-02	1.57E-04	5.13E-02	职业照射
	5	2.55E-04	7.86E-04	1.04E-03	职业照射
	15	7.66E-04	1.89E-03	2.65E-03	职业照射
2	0.5	1.06E-03	3.27E-06	1.06E-03	公众照射
	1	1.28E-02	3.93E-05	1.28E-02	公众照射
	5	6.38E-02	1.96E-04	<b>6.40E-02</b>	公众照射

②事故状态下，维修人员处于主射方向不同时间和距离所受剂量预测结果如下表所示：

表 11-24 事故状态下主射方向不同停留时间和距离维修人员受照剂量表

剂量(mSv) 时间(s)	距离	1	1.5	2
0.5		1.0	0.4	0.2
1		2.0	0.9	0.5
5		9.8	4.4	2.5
30		58.9	26.2	14.7
60		117.9	52.4	2.5

### (3) 事故后果

①根据表 11-23 可知，本项目介入手术人员在不同位置随着时间的推移，非主射方向上最大可能受照剂量为 **3.07mSv/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；本项目公众人员在非主射方向上最大可能受照剂量为 **6.40E-02mSv/次**，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 1mSv/a 的剂量限值。

②根据表 11-24 可知，维修人员在不同位置随着时间的推移，最大可能受照剂量为 **117.9 mSv/次**，高于《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，为一般辐射事故。

## 五、事故后果综述

综上所述，若本项目发生辐射事故，最大可能为较大辐射事故。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。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，杜绝此类事故发生。

## 六、事故情况下射线装置事故防范措施

设备运行时，误入人员或机房内滞留人员受到不必要的照射

应对措施：射线装置自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；加速器安装有剂量监测系统，可单独终止照射；有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动；严格实施辐射“两区”管理，开展放疗、介入手术前，应对治疗机房进行清场，禁止无关人员入内；医院应定期检查门机联锁装置，若发现问题应及时维护，确保安全联锁装置正常运行。

医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射

应对措施：操作人员应严格遵守设备操作规程。操作控制台上有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时

了解设备运行情况。若发生辐射事故，操作人员应立即启动紧急停止按钮，切断设备电源。

对于从事 DSA 介入手术的医务人员未正确穿戴防护用品，导致受到超剂量照射或受其它的额外照射

应对措施：医院应加强对辐射工作人员的培训与管理，强化辐射安全防护意识。从事介入手术的相关操作人员应严格遵守设备操作规程和辐射安全管理规定，在床旁透视手术期间必须正确穿戴个人防护用品，佩戴个人剂量计。

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

## 七、事故综合防范应对措施

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

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

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

备应对可能发生的各种事故和突发事件。

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

## 表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理

#### 一、辐射防护安全和应急救援工作领导小组

古蔺县人民医院于 2021 年 7 月对医院辐射安全与环境保护管理机构领导小组进行了调整（古人医[2021]142 号，附件 6），负责全院的辐射安全管理工作。

领导小组文件已包含小组成员及职责分公，但还需补充以下内容：

- ①贯彻执行《放射诊疗管理规定》，并组织落实。
- ②定期检查医院辐射工作人员执行各项规章制度和技术操作规程情况，保证辐射防护、安全与诊疗质量。
- ③定期委托有资质的单位对放射诊疗场所和防护设施进行检测，保证辐射水平符合有关规定。
- ④按照国家对辐射防护的有关规定和标准，定期对医院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康体检。
- ⑤定期进行专业及防护知识培训，并督促辐射工作人员建立个人剂量、职业健康管理和教育培训档案；建立辐射防护的相关资料并存档；督促制定年度工作计划，并完成工作总结。
- ⑥负责组织应急准备工作，调度人员，指挥辐射事故应急救援行动，负责向上级行政主管部门报告辐射污染事件应急救援情况。

#### 二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

##### （1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

###### ①人员配置

本项目辐射工作人员配置情况：直线加速器拟配备医生3名、技师1名、物理师2名、护士2名，从事本项目直线加速器后不承担其他辐射工作；CT 模拟定位机拟配备医师1人、技师1人、护士1人，从事本项目 CT 模拟定位机后不承担其他辐射工作；DSA1、DSA2拟配备医生各7名、技师各1名、护士各2名，以后可根据设备数量，承担诊疗、教学科研任务，开展的项目和工作量等实际情况适当增减人员编制。

②射线装置操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

③建设单位应组织辐射工作人员在网上参加辐射安全与防护培训学习，网址为：<http://fushe.mee.gov.cn>。

④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，辐射工作人员个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

①对医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培训。

②建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。

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。

## 辐射安全档案资料管理和规章制度

### 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，包括以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”。

### 二、辐射安全管理规章制度

根据医院实际情况，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	备注
1	医院辐射防护安全责任制度	已制定，包含但不限于“三废”管理制度、X 线诊断中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射安全操作规章制度	已制定，并挂于墙上
3	辐射工作人员管理规章制度	已制定，并悬挂于新增的辐射工作场所墙上
4	医院剂量监测规章制度	已制定，但需新增辐射工作场所的监测制度
5	辐射安全装置定期检查与维护规章制度	已制定
6	场所分区管理规定	已制定，但需新增本项目对应的区域管理
7	辐射事故处理、应急处置规章制度	已制定
8	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	已制定
9	辐射工作人员培训计划	已制定
10	辐射工作设备操作规程	已制定，但需新增本项目射线装置的操作规程

11	辐射工作人员岗位职责	已制定, 内容悬挂于辐射工作场所墙上
12	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	已制定, 监测方案需新增本项目辐射监测内容
13	质量保证大纲和质量控制检测计划	已制定

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》要求,《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促,认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性,字体醒目,尺寸大小应不小于 **400mm×600mm**。

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

## 辐射监测

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

### 一、工作场所监测

年度监测:委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测,监测周期为1次/年;年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

古蔺县人民医院委托有资质的公司开展了2021年年度辐射环境现状监测,主要对放射诊疗工作场所和防护设施进行放射防护和辐射环境现状进行了布点监测。在监测结果中,未发现屏蔽体外0.3m处超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的情况。

### 二、个人剂量监测

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

医院应按以下要求做好个人剂量档案的管理:

(1)当单个季度个人剂量超过 $1.25\text{mSv}$ 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 $5\text{mSv}$ 时,建设单位需进行原因调查,并最终形成正式调查报告,经本人签

字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

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

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

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

古蔺县人民医院委托有资质的单位完成个人剂量检测工作，医院辐射工作人员最近连续四个季度的个人剂量检测结果统计可见附件7。

结果表明：医院按要求对辐射工作人员进行个人剂量检测，在最近连续4个季度的个人剂量统计表中，辐射工作人员连续4个季度最大个人剂量之和为1.02mSv，且无单季度超过1.25mSv的情况。

### 三、医院自我监测

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

### 四、监测内容和要求

(1) 监测内容：X射线。

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

表 12-2 本项目监测布点方案表

场所或设备	监测内容	监测布点位置
直线加速器	X- $\gamma$ 空气吸收剂量率	墙体四周内侧、控制室操作位、防护门外、迷路门外、治疗室外敏感点，正上方护士台。
CT 模拟定位机		铅窗、控制室操作位、防护门、与机房相邻的房间或过道
DSA1		墙体四周外侧、1扇铅窗、控制室 1、设备间等配套房间、4扇铅门门缝、正上方走廊、正下方放射科拍片室，评价范围内保护目标处等。

DSA2		墙体四周外侧、1扇铅窗、控制室2、设备间等配套房间、4扇铅门门缝、正上方实习值、正下方放射科拍片室，评价范围内保护目标处等。
		<p>(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境</p> <p>(4) 监测质量保证</p> <p>a、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；</p> <p>b、采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；</p> <p>c、制定辐射环境监测管理制度。</p> <p>此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。</p>
		<h2>五、年度评估报告情况</h2> <p>医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <a href="http://rr.mee.gov.cn">http://rr.mee.gov.cn</a>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。</p>
		<h2>辐射事故应急</h2> <h3>1、事故应急预案内容</h3> <p>为了应对放射诊疗中的事故和突发事件，医院应制订辐射事故应急预案，应包含以下内容。</p> <p>(1) 应急机构和职责分工，应急和救助的装备、资金、物资准备，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</p>

故的调查、预案管理。

- (2) 应急组织体系和职责、应急处理程序、上报电话。
- (3) 应急人员的培训;
- (4) 环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容;
- (5) 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;
- (6) 发生辐射事故时,应当立即启动应急预案,采取应急措施,并按规定向所在地县级地方人民政府及其生态环境局、公安、卫健委等部门报告。

## 2、应急措施

若本项目发生了辐射事故,项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施:

- (1) 发现误照射事故时,工作人员应立即切断电源,将病人撤出治疗室,关闭治疗室门,同时向医院主管领导报告。
- (2) 医院根据估算的超剂量值,尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治;对可能受放射损伤的人员,应立即采取暂时隔离和应急救援措施。
- (3) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》,向生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的,还应同时向当地卫健委报告。
- (4) 最后查清事故原因,分清责任,消除事故隐患。

## 3、其他要求

- (1) 辐射事故风险评估和辐射事故应急预案,应报送所在县级地方人民政府生态环境主管部门备案。
- (2) 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。

### 表 13 结论与建议

#### 结论

##### 一、项目概况

项目名称：新院区医用射线装置应用项目

建设性质：新建

建设地点：四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村 1 组古蔺县人民医院内

本次具体建设内容及规模为：

###### 1、放疗中心：

①直线加速器：医院拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼（已建，地上3层，地下3层，高约21.3m）负三层放疗中心西部预留的直线加速器治疗室内使用一台10MV 医用直线加速器（型号为 XHA1400），用于全身肿瘤治疗，治疗时 X 射线最大能量为10MV，1m 处剂量率为6Gy/min，电子束最大能量为12MeV，1m 处剂量率为5Gy/min，属II类射线装置。

②模拟定位机：拟在新建医技、门诊住院综合楼裙楼负三层放疗中心东部的 CT 模拟室内新增使用1台模拟定位机（型号待定），用于直线加速器治疗前的模拟定位，其额定管电压为140kV，额定管电流为800mA，属于III类射线装置。

###### 2、介入中心：

拟将老院区医技楼一楼介入室内的 1 台 DSA（型号为 IGS330）搬迁至新建医技、门诊住院综合楼（已建，地上 13 层，地下 2 层，高约 52.2m）的一层介入中心西部 DSA 手术室 1，其额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下向上，属于II类射线装置；拟在新建医技、门诊住院综合楼的一层介入中心西部 DSA 手术室 2 内新增使用 1 台 DSA（型号待定），其额定管电压为 125kV，额定管电流为 1000mA，出束方向由下向上，属于II类射线装置，均用于介入治疗。

##### 二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核和辐射技术用于医学领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（中华人

共和国国家发展和改革委员会第 29 号令, 2020 年 1 月 1 日起施行)、《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019 年本)>的决定》(中华人民共和国国家发展和改革委员会第 49 号, 2021 年 12 月 30 日实施) 相关规定, 本项目使用医用直线加速器、数字减影血管造影装置( DSA )、III类射线装置均为医院医疗基础建设内容, 属该指导目录中第三十七项“卫生健康”中第 5 款“医疗卫生服务设施建设”, 属于国家鼓励类产业, 符合国家产业政策。

本项目的运营可为古蔺县及周边病人提供诊疗服务, 是提高人民群众生活质量, 提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容, 本项目具有放射性实践的正当性。

### 三、本项目选址合理性分析

本项目位于四川省泸州市古蔺县古蔺镇联合村 1 组古蔺县人民医院内, 本项目所在医技、门诊住院综合楼已取得《泸州市生态环境局关于古蔺县人民医院新建工程环境影响报告书的批复》(泸市环建函【2020】8 号, 见附件 2)。

本项目在医院内建设, 不新增用地, 直线加速器治疗室及 DSA 手术室 1、2 均设有配套的功能性房间或是缓冲区域, 极大程度减少了公众误入的几率, 且均有良好的实体屏蔽设施和防护措施, 能够确保本项目运行期间建筑物内辐射水平维持在当地天然本底范围, 同时, 医院将通过采取相应有效治理和屏蔽措施减小对周围的环境影响。

综上而言, 院区选址合理性已在相关环评报告中进行了论述, 本项目仅为其中配套建设内容, 不新增用地, 且辐射工作场所相对独立, 具有良好的实体屏蔽设施和防护措施, 产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求, 从辐射安全防护的角度分析, 本项目选址是合理的。

### 四、工程所在地区环境质量现状

本项目所在区域的 X- $\gamma$  辐射空气吸收剂量率背景值为 76nGy/h ~92nGy/h, 与中华人民共和国生态环境部《2020 年全国辐射环境质量报告》(2021 年 6 月) 中四川省自动站空气吸收剂量率监测结果(67.5~121.3nGy/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

本项目施工周期短，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) 营运期环境影响分析

#### 1、辐射环境影响分析

##### ①直线加速器环境影响分析

本项直线加速器治疗室的实体防护后，保护目标为职业人员所受年附加有效剂量最大为 **5.49E-03mSv**；保护目标为公众所受年附加有效剂量最大为 **5.51E-02mSv**，分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

##### ②DSA1、2 环境影响分析

本项目 DSA1、2 保护目标为职业人员所受年附加叠加有效剂量最大值 **3.44mSv/a**，低于 5.0mSv/a 的剂量约束值；保护目标为公众所受年附加叠加有效剂量最大值 **1.01E-03mSv/a**，低于 0.1mSv/a 的剂量约束值。

从上述预测结果可以看出，本项目辐射工作场所的墙体、门窗满足辐射防护的要求。

#### 2、大气的环境影响分析

##### ①直线加速器环境影响分析

本项目 10MV 直线加速器治疗室每小时通风频率约 10 次/小时，每次换气时间均为 7min，则加速器治疗室内臭氧浓度为 **4.74E-03mg/m<sup>3</sup>**，低于《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。

通排风系统：10MV 直线加速器治疗室配置有通排风系统。排风口设置在治疗室内北部左侧次屏蔽墙距地 200mm 处，排风管道 (400mm×120mm) 以斜角 45°形式穿过迷路门顶部连接排风系统，将臭氧抽出治疗室，排风量约 2700m<sup>3</sup>/h；进风口设置在迷路内墙顶部，新风管道 (300mm×200mm) 以斜角 45°

形式穿过迷路门顶部连接新风系统，将新风送入治疗室，送风量约  $3600\text{m}^3/\text{h}$ 。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《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准( $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ )要求。

## ②CT 模拟定位机环境影响分析

本项目 CT 模拟室所用风机和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强均低于  $65\text{dB}(\text{A})$ ，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后经距离衰减，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 2类标准要求。

## ③DSA1、2 环境影响分析

**DSA 手术室 1、2 通排风系统：**本项目 DSA 手术室 1、2 的排气口( $160\times160\text{mm}$ )均设置在手术室内北部顶部，产生的臭氧通过机械排风系统经过北侧的排风机房至楼顶(高约  $52.2\text{m}$ )排放；进气口均设置在手术室内南部顶部。进、排气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。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，远低于《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。

## 3、声环境影响分析

本项目噪声源主要为空调噪声，所有设备选用低噪声设备，均处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，运行期间厂界噪声可达到《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-2008) 2类标准要求。

## 4、水环境影响分析

本项目医疗废水、生活废水经预医院已建的污水处理站( $850\text{m}^3/\text{d}$ “二级处理+消毒”工艺)处理达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中预处理标准限值后排入市政污水管网，进入古蔺县污水处理厂处理达标后排放。

## 5、固体废物影响分析

直线加速器、CT 模拟定位机运行时不产生固体废物；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

介入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，每年固体废物产生量约为 2000kg，医疗废物采用专门的容器收集转移至医疗废物暂存库后由医疗废物处理机构定期统一处理；辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

## 六、事故风险与防范

医院制定的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，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

医院现有环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的所有保护目标，所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

## 八、医院辐射安全管理的综合能力

医院严格落实本报告提出的规章制度、环保措施，具备辐射安全管理的综合能力。

## 九、环境影响评价报告信息公开

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位在环境影响评价信息公示平台上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

## 十、项目环保可行性结论

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

## 十一、项目环保竣工验收检查内容

表 13-1 项目环保竣工验收检查一览表

项目	设施与器材	数量
直线加速器		
实体 防护	铅防护门（治疗室门防夹人装置）	1 套
	防止非工作人员操作的锁定开关	1 扇
控制台及安全 联锁	控制台上应具备紧急停机按钮	设备 自带

	条件显示联锁、控制超剂量的联锁装置、时间控制联锁	设备自带
	监控、对讲装置	1套
	门机联锁、门剂联锁、门灯联锁	1套
警示装置	入口电离辐射警示标志、工作场所分区及标识	1套
	入口有加速器工作状态显示	1个
	机房内准备出束音响提示	设备自带
	控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	治疗室及治疗床有中文标识的紧急开门按钮	5个
	中文标识的紧急开门按钮	1套
	紧急照明或独立通道照明系统	2个
监测设备	便携式辐射监测仪	1个
	机房内固定式剂量报警仪	1个
	个人剂量报警仪	3个
	个人剂量计	3套
防护器材	通风系统	1套
	病人未受照部位防护设施、陪护人员防护设施	1套
<b>CT 模拟定位机</b>		
场所设施	墙体	1套
	观察窗、铅防护门（带闭门装置）、入口处机器工作状态指示灯	1套
	入口处电离辐射警示标志	1套
	候诊位设置	1套
	防护用品和辅助防护设施	1套
	监测仪表	1套
其他	个人剂量计	1套/人
<b>DSA1、2</b>		
场所设施	四周墙体	2套
	四周、屋顶、地面屏蔽，铅防护门（带闭门装置）	2套
	机房防护门	8扇
	操作位局部屏蔽防护设施	2套
	观察窗屏蔽	2套
	有中文标识的紧急停机按钮	2套
	对讲系统	2套
警示装置	入口处电离辐射警告标志	2套
	入口处机器工作状态显示	2套
	操作警示装置	2套
监测设备	便携式辐射监测仪	1个
	个人剂量计	10套
	个人剂量报警仪	10个

防护设施	医护人员个人防护（铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅防护眼镜、介入防护手套）	6 套
	患者防护（铅橡胶性腺防护围裙（方形）或方巾、铅橡胶颈套）	2 套
	通风系统	2 套

## 建议和承诺

- 1、建设单位应加强与周边公众的沟通，做好解释协调工作。
- 2、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。
- 3、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训与考核，证书有效期满前，应组织复训。
- 4、每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果报送省生态环境厅和当地生态环境部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《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》固定的格式进行编制；并且年度评估报告的电子档还应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>）。
- 5、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。
- 6、医院须重视控制区和监督区的管理。
- 7、现有射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。
- 8、医院在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。
- 9、本次环评仅涉及射线装置及其工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。
- 10、加速器退役时，应对加速器部件的放射性进行一次调查，测定辐射水平，高于豁免值的部件应作为放射性固体废物进行处理。
- 11、根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4 号）规定：
  - (1) 建设单位可登陆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://www.mee.gov.cn/>）。

(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（调查）报告。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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本项目配套建设的环境保护设施竣工后，公开竣工日期；

②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开调试的起止日期；

③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。

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