

核技术利用建设项目  
广元市中医医院扩建医用直线加速器  
及数字减影血管造影机（DSA）项目  
环境影响报告表  
(公示本)



生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 广元市中医医院扩建医用直线加速器 及数字减影血管造影机（DSA）项目

### 环境影响报告表

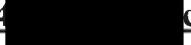


建设单位名称： 广元市中医医院

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址： 广元市利州区建设路 133 号

邮政编码： 628099 联系人： 汤木

电子邮箱： 6904 com 联系电话： 15 71

# 编制单位和编制人员情况表

项目编号	h019ej		
建设项目名称	广元市中医医院扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机(DSA)项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称(盖章)	广元市中医医院		
统一社会信用代码	12510700451266238N		
法定代表人(签章)	周骥		
主要负责人(签字)	陈兵		
直接负责的主管人员(签字)	汤杰		

## 二、编制单位情况

单位名称(盖章)	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		

## 三、编制人员情况

<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵凌宇	201905035320000015	BH020792	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵凌宇	表9、项目工程分析与源项表10、辐射安全与防护表11、环境影响分析表12、辐射安全管理表13、结论与建议	BH020792	
陈佳慧	表1、项目基本情况表2、放射源表3、非密封放射性物质表4、射线装置表5、废弃物(重点是放射性废弃物)表6、评价依据表7、保护目标与评价标准表8、环境质量和辐射现状	BH056315	

编制单位诚信档案信息

江苏睿源环境科技有限公司

最新动态

0

2024-01-16 10:29

基本信息

报告书

报告表

单位名称：江苏睿源环境科技有限公司  
统一社会信用代码：91320106MA20BXME57  
住所：江苏省南京市雨花台区荷花池石榴大道23号5号楼513室

近三年编制的环境影响报告书（表）情况

近三年编制的环境影响报告书（表）共计 276 本  
报告书 0 本  
报告表 275 本

其中，涉及你的环境影响报告书（表）共计 4 本  
报告书 0 本  
报告表 4 本

序号	建设项目名称	项目编号	环评文件类型	项目类别	建设单位名称	编制单位名称	编制主持人	主要编制人
1	广元市中医医院...	h019ej	报告表	55-172核技术利用建设项目	广元市中医医院	江苏睿源环境科技	赵凌宇	陈兵,汤杰

### 编制环境影响报告书（表）基本信息

项目编号：h019ej

建设项目名称：广元市中医医院扩建医疗直线加速器及数字减影血管造影机(DSA)项目

项目类别：55-172核技术利用建设项目

环评文件类型：报告表

建设地点：四川省-广元市

编制方式：接受委托为建设单位编制环境影响报告书(表)

**一、建设单位情况**

建设单位名称：广元市中医医院

建设单位社会信用代码：12510700451266238N

建设单位法定代表人：周骥

建设单位主要负责人：陈兵

建设单位直接负责的主管人员：汤杰

**二、编制单位情况**

编制单位名称：江苏睿源环境科技有限公司

编制单位社会信用代码：91320106MA20BXME57

**三、编制人员情况**

姓名	职业资格证书管理号	信用编号
赵凌宇	201905035320000015	BH020792

姓名	主要编写内容	信用编号
赵凌宇	表9、项目工程分析与源项 表10、辐射安全与防护 表11、环境影响分析 表12、辐射安...	BH020792
陈佳慧	表1、项目基本情况 表2、放射源 表3、非密封放射性物质 表4、射线装置 表5、废弃物...	BH056315



# 营业执照

(副本)

统一社会信用代码  
91320106MA20BXME57 (1/1)



名 称 江邦泰环境科技有限公司  
类 型 有限责任公司(自然人投资或控股)  
法定代表人 肖大华

经营范 围 环境技术研发、技术服务、技术咨询、技术转让；环境影响评价；环境监测与评价；水土保持方案设计。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

注 册 资 本 1000万元整  
成 立 日 期 2019年11月04日  
营 业 期 限 2019年11月04日至\*\*\*\*\*  
住 所 南京市雨花台区花神大道23号5号楼513室



2020年05月15日

登记机关

国家企业信用公示系统网址：<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用公示系统报送年度报告。

国家市场监督管理总局监制

编 号 320114000202005150230

扫描二维码登录“国家企业信用公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息。



环评项目负责人职业资格证书(复印件)

环境影响评价工程师  
Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，  
表明持证人通过国家统一组织的考试，  
具有环境影响评价工程师的职业水平和  
能力。



姓 名：赵凌宇

证件号码：[REDACTED]

性 别：女

出生年月：1990年12月

批准日期：2019年05月19日

管 理 号：[REDACTED]

中华人名共和国 中华人民环境部  
人力资源和社会保障部 生态环境部





## 江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

参保单位名称：江苏资源环境科技有限公司

现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57

查询时间：202305-202307

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数		22	22	22
序号	姓名	公民身份证号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	赵凌宇	[REDACTED]	202305 - 202307	3
2	陈佳慧	[REDACTED]	202306 - 202307	3

说明：

- 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
- 本权益单为打印时参保情况。
- 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
- 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。



## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	16
表 3 非密封放射性物质 .....	16
表 4 射线装置 .....	17
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	18
表 6 评价依据 .....	19
表 7 保护目标与评价标准 .....	22
表 8 环境质量和辐射现状 .....	38
表 9 项目工程分析与源项 .....	37
表 10 辐射安全与防护 .....	50
表 11 环境影响分析 .....	68
表 12 辐射安全管理 .....	107
表 13 结论与建议 .....	115
表 14 审批 .....	122

表1 项目基本情况

建设项目名称	广元市中医医院 扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目					
建设单位	广元市中医医院					
法人代表	*****	联系人	*****	联系电话	*****	
注册地址	广元市利州区建设路 133 号					
建设项目地点	广元市利州区建设路 133 号广元市中医医院门诊住院综合楼					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资（万元）	*****	项目环保投资（万元）	*****	投资比例（环保投资/总投资）	*****	
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	512	
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	/					
<b>1. 项目概述：</b> <p><b>1.1 建设单位基本情况</b></p> <p>广元市中医医院建于 1959 年，是国家三级甲等综合性中医医院、国家级中医住院医师规范化培训基地、成都中医药大学附属医院，是省政府建设的四川省中医医疗区域中心，是国家中医药管理局、国家发改委、国家卫健委“十四五”期间在全国重点建设的 120 个省级区域医疗中心之一。医院现在岗职工 800 余人，高级专家 105 人，针灸科、骨科、肛肠科、老年疾病科为“省级重点专科”和“省级名科”。</p> <p>医院沿建设路两侧分布，分为南侧院区和北侧院区。南侧院区有编制床位</p>						

800 张，主要设置门诊部、第一住院楼、第二住院楼、感染科、医院污水处理站、医废暂存间、生活垃圾收集房等功能性建筑，于 2017 年 6 月 16 日通过了环保竣工验收。

北侧院区现设有 3 栋功能性建筑：门诊住院综合楼（本项目所在楼，1 栋，地下 1 层，地上主楼最高 22 层，楼高 96.5m，裙楼最高 8 层，楼高 39.1m）、康复大楼（1 栋，地下 1 层，地上 16 层）、行政楼（后拟改为智能停车库，1 栋，地上最高 6 层），北侧院区内有篮球场，后拟改为高压氧舱。另为北院区新建一座污水处理站和医疗废物暂存间。北侧院区建成后，医院拟从北侧院区门诊住院综合楼 2 层位置修建架空层通道至南侧院区第一住院楼 2 楼，以此通道连接南北两侧院区，该架空层通道经过本项目医用直线加速器机房拟建址上方，距离医用直线加速器拟建址顶部约 2m。

广元市中医医院现已取得辐射安全许可证，编号为“\*\*\*\*\*”，种类和范围为“使用 II、III 类射线装置”，有效期至：2024 年 01 月 06 日。医院的原辐射安全许可证正副本复印件见附件 4。

## 1.2 项目由来

广元市中医医院南侧院区目前已有 1 台数字减影血管造影机（DSA）正在使用中，由于医院的诊疗量日益增大，目前使用的数字减影血管造影机无法满足医院现在的诊疗需求，因此，医院在北侧院区内的门诊住院综合楼七层手术室区域计划修建 2 间介入手术室及其辅房，并在 2 间介入手术室内各新增 1 台数字减影血管造影机（DSA），用于开展心血管内科、神经内科及外周血管的介入手术。

同时医院为拓展医疗服务能力，提高自身业务水平，拟在门诊住院综合楼负 1 楼西南侧角落修建 1 间直线加速器机房，并在该机房内使用 1 台医用直线加速器，用以开展肿瘤放射治疗项目。

根据《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》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受广元市中医医院的委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场查勘、现场监测（委托成都中辐环境监测测控技术有限公司，

资质编号：172312050418）、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

### 1.3 项目概况

#### 1.3.1 项目名称、性质、建设地点

(1) 项目名称：广元市中医医院扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目

(2) 建设单位：广元市中医医院

(3) 建设性质：扩建

(4) 建设地点：广元市利州区建设路 133 号广元市中医医院门诊住院综合楼

项目地理位置见附图 1。

#### 1.3.2 项目建设内容与建设规模

##### 医用直线加速器

医院拟在门诊住院综合楼(1 栋, 地下 1 层, 地上主楼最高 22 层, 楼高 96.5m, 褶楼最高 8 层, 楼高 39.1m) 负 1 楼新增 1 台医用直线加速器（II类射线装置，型号未定，根据院方采购意向，预计 X 射线最大能量：10MV，电子线最大能量：15MeV，X 射线最大空气吸收剂量率：2400cGy/min，电子线最大空气吸收剂量率：1000cGy/min）。项目开展后，医用直线加速器预计每天治疗约 40 人次，每次治疗时间最多 2min，每年工作 250 天，年治疗 10000 人次，则加速器每年出束治疗时间最长约 333.33h。

本项目放射治疗工作前期依托的模拟定位机房（使用 1 台 CT 机，III类射线装置）位于加速器机房北侧，建设单位拟在项目运行前对其在建设项目环境影响登记表备案系统中进行备案登记。

加速器机房有效使用面积为 56.0m<sup>2</sup>（不包含迷道，长 8.0m×宽 7.0m），吊顶高度 3.0m。加速器机房配套用房为加速器机房控制室（14.75m<sup>2</sup>）、电气辅助机房/水冷机房（13.60m<sup>2</sup>）、更衣室（9.36m<sup>2</sup>）、主任办公室（14.56m<sup>2</sup>）、计划治疗室（22.09m<sup>2</sup>）、办公室（13.33m<sup>2</sup>）、模拟 CT 定位室（39.04m<sup>2</sup>）及其控制室（14.04m<sup>2</sup>）、制模室（17.37m<sup>2</sup>）、模库（15.69m<sup>2</sup>）、服务器机房（13.44m<sup>2</sup>）。

本项目加速器机房主射线方向：南面、北面、顶部、地面。加速器机房屏蔽

设计条件：加速器机房整体采用不低于  $2.35\text{t}/\text{m}^3$  的钢筋混凝土连续浇筑，东侧迷道长 9.4m，宽 2.0m，迷道内墙为 1200mm 混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土；南侧主屏蔽墙体为 2700mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；西侧屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；北侧主屏蔽墙体为 2700mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；屋顶主屏蔽墙体为 3000mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1800mm 混凝土。加速器机房防护大门为 15mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无房间，不考虑地面防护。

### 数字减影血管造影机（DSA）

医院拟在门诊住院综合楼（1 栋，地下 1 层，地上主楼最高 22 层，楼高 96.5m，裙楼最高 8 层，楼高 39.1m）7 楼手术室区域介入手术室 1（位于门诊住院综合楼裙楼）和介入手术室 2（位于门诊住院综合楼主楼）内各安装使用 1 台数字减影血管造影机（DSA，II 类射线装置，型号未定，据院方采购意向，预计额定管电压为 150kV，额定管电流为 1000mA），主射方向由下向上。

项目建成后，2 间介入手术室将用于开展心血管内科、神经内科及外周血管的介入手术。根据院方提供资料，2 间介入手术室共计年手术台数约 700 台，其中心血管内科 300 台，神经内科及外周血管介入各 200 台，单台手术均参考心血管内科复杂手术透视 30min，拍片 1min 保守预计，共计 2 间介入手术室年总照射时间为 361.67h。

介入手术室 1 有效使用面积为  $60.9\text{m}^2$ （长  $8.7\text{m} \times$  宽  $7.0\text{m}$ ），层高 4.5m，吊顶高 2.8m。介入手术室 1 配套功能用房为 1 间控制室（ $18.3\text{m}^2$ ）及 1 间设备间（ $12.48\text{m}^2$ ）。介入手术室 2 有效使用面积为  $49.4\text{m}^2$ （长  $7.6\text{m} \times$  宽  $6.5\text{m}$ ），层高 4.5m，吊顶高 2.8m。介入手术室 2 配套功能用房为 1 间控制室（ $15.05\text{m}^2$ ）。

介入手术室 1 屏蔽设计：在机房四周搭设钢结构龙骨架，而后用自攻螺丝在钢龙骨架上安装 3mm 铅板，最后采用铝塑板进行表面装修工作；顶部及地面均在 120mm 混凝土楼板的基础上涂抹 30mm 硫酸钡防护涂层；机房设有 1 扇 15mm 厚铅玻璃（3mmPb）的观察窗，均离地 900mm；设有 3 扇铅防护门，均内嵌 3mm 铅板。

介入手术室 2 屏蔽设计：在机房四周搭设钢结构龙骨架，而后用自攻螺丝在

钢龙骨架上安装 3mm 铅板，最后采用铝塑板进行表面装修工作；顶部及地面均为 260mm 混凝土楼板；机房设有 1 扇 15mm 厚铅玻璃（3mmPb）的观察窗，离地 900mm；设有 3 扇铅防护门，均内嵌 3mm 铅板。

### 1.3.3 项目组成及主要环境影响

项目组成及主要环境影响见表 1-1。

表 1-1 项目组成及主要的环境影响一览表

名称	建设内容及规模			可能产生的环境影响	
				施工期	运营期
<b>医用直线加速器</b>					
主体工程	医用直线加速器	作业类型	放射治疗		
		型号	型号未定		
		数量	1 台		
		主要技术参数	最大射线能量 10MV 最大电子线能量 15MeV X 射线最大空气吸收剂量率 2400cGy/min 电子线最大空气吸收剂量率 1000cGy/min		
		工作地点	广元市中医医院门诊住院综合楼负 1 楼加速器机房		
		管理类别	II类射线装置		
		有效使用面积	56.0m <sup>2</sup> (长 8.0m×宽 7.0m)		
		主屏蔽墙	南侧、北侧主屏蔽墙：2.7m 混凝土 屋顶主屏蔽墙：3.0m 混凝土		
		次屏蔽墙	南侧、北侧次屏蔽墙：1.5m 混凝土 屋顶次屏蔽墙 1.8m 混凝土		
		侧屏蔽墙	西侧屏蔽墙：1.5m 混凝土		
辅助工程		迷路内墙	1.2m 混凝土		
		迷路外墙	1.5m 混凝土		
		迷路	长：9.3m；宽 2.0m		
		屏蔽门 (1 扇)	15mm 铅板		
		主屏蔽体 宽度	南侧、北侧、屋顶：4.0m		
		控制室 (14.75m <sup>2</sup> )、电气辅助机房/水冷机房 (13.60m <sup>2</sup> )、更衣室 (9.36m <sup>2</sup> )、主任办公室 (14.56m <sup>2</sup> )、计划治疗室 (22.09m <sup>2</sup> )、办公室 (13.33m <sup>2</sup> )、模拟 CT 定位室 (39.04m <sup>2</sup> ) 及其控制室 (14.04m <sup>2</sup> )、制模室 (17.37m <sup>2</sup> )、模库 (15.69m <sup>2</sup> )、服务器机房 (13.44m <sup>2</sup> )。			
		公用工程	给排水、配电、供电和通讯系统等。		
办公及生活设施		依靠负 1 楼拟建的更衣室、办公室、卫生间等配套用房			生活废物
		<b>数字减影血管造影机 (DSA)</b>			
主	介入手	作业类型	介入手术		

体 工 程	术室 1、 介入手 术室 2	型号	型号未定		施工噪声、 施工废水、 建筑粉尘、 建筑废渣以 及施工人员 产生的生活 废水与生活 垃圾	X 射线、 臭氧及氮 氧化物、 噪声、医 疗废物						
		额定管电压	150kV									
		额定管电流	1000mA									
		工作地点	门诊住院综合楼 7 楼手术室区域介入 手术室 1、介入手术室 2									
		管理类型	II类射线装置									
介入手 术室 1	建设后 屏蔽结 构	有效使用面积	60.9m <sup>2</sup>		安装调试阶 段 X 射线、 臭氧及氮 氧化物、噪 声	X 射线、 臭氧及氮 氧化物、 噪声、医 疗废物						
		最小单边长度	7.0m									
		四周墙体	3mm 铅板									
		顶部、地面	120mm 混凝土+30mm 硫酸 钡防护涂层									
		防护门(3 扇)	3mm 铅板									
	建设后 屏蔽结 构	观察窗	15mm 铅玻璃 (3mmPb)									
		有效使用面积	49.4m <sup>2</sup>									
		最小单边长度	6.5m									
		四周墙体	3mm 铅板									
		顶部、地面	260mm 混凝土									
辅房	介入手 术室 1	防护门(3 扇)	3mm 铅板		施工噪声、 施工废水、 建筑粉尘、 建筑废渣以 及施工人员 产生的生活 废水与生活 垃圾	生活垃圾、 生活 废水						
		观察窗	15mm 铅玻璃 (3mmPb)									
	介入手 术室 2	介入手术室 1	控制室 (18.3m <sup>2</sup> ) 及设备间 (12.48m <sup>2</sup> )									
	介入手 术室 2	介入手术室 2	控制室 (15.05m <sup>2</sup> )									
共用工程		给排水、配电、供电和通讯系统等。										
办公及生活设 施		依靠七层手术室区域拟建的更衣室、办公室、值班 室、卫生间等配套用房										

#### 加速器机房、介入手术室 1、介入手术室 2

环 保 工 程	污水处理设施	废水处理依靠医院拟建的污水处理系统。	施工噪声、 施工废水、 建筑粉尘、 建筑废渣以 及施工人员 产生的生活 废水与生活 垃圾	生活污 水、医疗 废水
	废气处理设施	废气处理依靠加速器机房、介入手术室 1、介入手 术室 2 拟建的通排风系统。		
	固废处理设施	医疗废物依托院区拟建医疗固废收集系统进行处 理；办公、生活垃圾依托院区拟建生活垃圾收集系 统进行处理。		

#### 1.3.4 主要原辅材料

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表1-2 本项目主要原辅材料及能耗情况

加速器机房					
类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	4500kW·h/a	城市电网	机房用电	/
水	生活用水	1000m <sup>3</sup> /a	城市生活用水管网	生活用水	/
介入手术室					
类别	名称	数量	来源	用途	备注
能源	电	1200kW·h/a	城市电网	机房用电	/
水	生活用水	1000m <sup>3</sup> /a	城市生活用水管网	生活用水	/

手术耗材	碘克沙醇注射液	100ml/瓶 700瓶/a	每年供应商招标	造影剂	320mg I/ml
手术耗材	手套	160kg/a	每年供应商招标	介入手术	/
手术耗材	纱布	80kg/a	每年供应商招标	介入手术	/
手术耗材	药棉	160kg/a	每年供应商招标	介入手术	/

碘克沙醇注射液：分子式  $C_{35}H_{44}I_6N_6O_{15}$ ，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，渗透压为 290mosm/kg·H<sub>2</sub>O (37°C)，粘度为 11.4mPa · s (37°C)，pH 值为 6.8-7.6。本品为无色或淡黄色的澄明液体。活性成分为碘克沙醇，辅料为氯化钙、氯化钠、氨丁三醇、依地酸钙钠，包装为中性硼硅玻璃输液瓶。因此本项目投运后将产生残留有少量造影剂的输液瓶。

### 1.3.5 主要设备配置及主要技术参数

#### 医用直线加速器

医院拟在院区负 1 楼新增 1 台医用直线加速器，根据院方采购意向，拟采购 X 射线最大能量为 10MV，电子线最大能量为 15MeV，X 射线最大空气吸收剂量率为 2400cGy/min，电子线最大空气吸收剂量率为 1000cGy/min，为 II 类射线装置。

项目开展后，加速器按预计每天治疗约 40 人，每次治疗时间最多 2min，每年工作 250 天，则加速器每年出束治疗时间最长约 333.33h。本项目射线装置主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 直线加速器主要设备配置及主要技术参数

设备参数					
设备名称	型号	数量	类别	主要技术参数	
				最大能量	1m 处最大输出剂量率
医用直线加速器	型号未定	1台	II类	X 射线：10MV 电子线：15MeV	X 射线最大空气吸收剂量率 2400cGy/min 电子线最大空气吸收剂量率 1000cGy/min
设备使用及出束情况					
使用场所	使用科室	单次治疗使用时长	周治疗量	年治疗量	年照射时长
加速器机房	肿瘤科	2min	200 人	10000 人	333.33h

#### 介入手术室

医院拟在门诊住院综合楼七层介入手术室 1、介入手术室 2 内安装使用 2 台数字减影血管造影机，为 II 类射线装置，型号未定，据院方采购意向，预计额定管电压为 150kV，额定管电流为 1000mA。根据院方提供的资料，项目运行后，介入手术室 1 与介入手术室 2 共同开展心血管内科（年手术台数约 300 台）、神

经内科（年手术台数约 200 台）及外周血管的介入手术（年手术台数约 200 台），因此 2 间介入手术室均参考心血管内科复杂手术按照 1 台手术/检查平均透视 30min，平均拍片 1min 进行保守考虑。

### 1.3.6 工作人员及工作制度

建设单位拟为加速器机房配备 4 名辐射工作人员：技师 1 名，医师 1 名，物理师 1 名，护师 1 名；拟为介入手术室 1、介入手术室 2 配备 20 名辐射工作人员：4 名心血管内科医生、4 名神经内科医生、4 名外周血管介入医生、6 名护师、2 名技师，其中 2 名医生搭配 1 名护师共同完成手术，2 名技师固定在各自介入手术室，其余医生护师根据当天手术排班从而决定在哪间手术室内开展工作。以上本项目拟配备的辐射工作人员除操作本项目医用直线加速器及 2 台 DSA 射线装置外均不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。如有麻醉需求，或由医护人员自行完成局部麻醉，或由麻醉师完成麻醉离开手术室后再进行手术。

表 1-4 本项目介入手术室辐射工作人员及公众受影响情况一览表

手术室	使用科室	医疗小组	年总手术台数(台)	对象	年透视时间(h)	年拍片时间(h)		
介入手术室 1、介入手术室 2	心血管内科	2 个	300	平均每位医师	75	2.5		
				平均每位护师	75	2.5		
	神经内科	2 个	200	平均每位医师	50	1.67		
				平均每位护师	50	1.67		
	外周血管介入	2 个	200	平均每位医师	50	1.67		
				平均每位护师	50	1.67		
/			平均每位技师		175	5.84		
/			六面紧邻周围公众		175	5.84		
			50m 范围内其他保护目标		350h	11.67h		

本项目投入运营后，针对所有新增辐射工作人员，医院承诺要求其在上岗前通过辐射安全与防护考核，并为其建立职业健康档案以及个人剂量监测档案。届时若有非以上辐射工作人员的其他科室医生需参与放射治疗或介入手术，同样要求其取得辐射安全与防护考核合格证明，并为其建立剂量监测档案以及职业健康档案。

### 1.3.7 产业政策符合性

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2019 年本）》

（2021 年修改，国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号）中第十三项“医药”中第 5 条的“新型医用诊断设备和试剂、数字化医学影像设备，人工智能辅助医疗设备，高端放射治疗设备、电子内窥镜、手术机器人等高端外科设备，新型支架、假体等高端植入介入设备与材料及增材制造技术开发与应用，危重病用生命支持设备，移动与远程诊疗设备，新型基因、蛋白和细胞诊断设备”项目，属于国家鼓励类产业，其建设符合国家现行产业政策。

## 1.4 项目选址合理性、外环境关系及实践正当性分析

### 1.4.1 外环境关系分析

#### 加速器机房

本项目加速器机房拟建设于门诊住院综合楼负 1 楼西南侧。加速器机房东侧 0m-50m 范围为门诊住院综合楼及院区道路；南侧 0m-10m 范围为院区道路，10m-50m 范围为自建居民房；西侧 0m-9m 范围为院区道路，9m-37m 范围为建设路，37m-50m 范围内为居民区；北侧 0m-50m 范围为门诊住院综合楼。

#### 介入手术室 1、介入手术室 2

本项目介入手术室 1 和介入手术室 2 拟设建设于门诊住院综合楼 7 层手术室区域内。介入手术室 1 东侧 0m-11m 范围内为门诊住院综合楼，11m-29m 范围内为院区道路，29m-50m 范围内为山坡（无建筑，均为绿化植被）；南侧 0m-48m 范围内为门诊住院综合楼，48m-50m 范围内为院区道路；西侧 0m-50m 范围内为门诊住院综合楼；介入手术室 1 西北侧 0m-18m 范围内为门诊住院综合楼，18m-29m 范围内为院区道路，29m-50m 范围内为康复大楼；介入手术室 1 北侧 0m-9m 范围内为门诊住院综合楼，9m-13m 范围为院区道路，13m-50m 范围为篮球场（后拟改为高压氧舱）。

介入手术室 2 东侧 0m-16m 范围内为门诊住院综合楼，16m-23m 范围内为医疗废物暂存间，23m-35m 范围内为院区道路，35m-50m 范围内为山坡（无建筑，均为绿化植被）；南侧 0m-14m 范围内为门诊住院综合楼，14m-37m 范围内为院区道路，37m-50m 范围内为自建居民房；西侧 0m-47m 范围为门诊住院综合楼，47m-50m 范围为院区道路；北侧 0m-45m 范围内为门诊住院综合楼，45m-50m 范围内为院区道路。

### 1.4.2 项目选址合理性分析

本项目所在院区已获得广元市国土资源局颁发的不动产权证书，院区用地属于“医疗卫生用地”，因此本项目建设符合院区总体规划要求。所在院区已获得广元市生态环境局《关于广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书的批复》。医院周围就医需求量大，项目选址城市基础配套设施完善，给排水等市政管网完善，电力电缆等埋设齐全，为项目建设提供良好条件。

本项目加速器机房拟设置于门诊住院综合楼负1楼西南侧角落，南侧及西侧均为土质层，负1楼除了放射治疗场所之外没有其他常驻人员场所，位置相对独立且周围公众较少；2间介入手术室位于门诊住院综合楼7楼内，7楼为专用的手术楼层，手术所需设备药品等齐全，非医护人员和病患其他无关人员不得入内，人员流动相对较少，有效降低了公众受照的可能性。本项目机房及配套房间占地范围位于院区红线内，不涉及新增占地，拟建设的辐射工作场所按照相关规范要求建有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小。另外，医院也将通过采取严格的管理措施减小对周围的环境影响。因此，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

#### 1.4.3 与周边环境的兼容性分析

本项目运行后，不会产生放射性废水，废水主要为辐射工作人员、患者、患者家属的生活污水以及介入手术室内产生的医疗废水。根据已经获得批复的《广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书》：医疗废水、生活污水经管道收集后进入新建污水处理站，经污水处理站处理后出水水质达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中预处理标准及《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表1中B级标准，经市政污水管道进入广元大一污水处理厂处理后，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准后排入嘉陵江。

本项目加速器机房运营后，金属靶件更换时会有废靶产生，废靶属于放射性废物，委托有资质的单位进行回收处置。除此之外，会产生辐射工作人员和患者的少量生活垃圾，由环卫部门进行统一清运，对周围环境产生的影响较小。

介入手术时产生的药棉、纱布、手套和废造影剂瓶（造影剂为碘克沙醇，分子式  $C_{35}H_{44}I_6N_6O_{15}$ ，分子量 1550.20，浓度为 320mg I/ml，容器为输液瓶。造影剂具有一定毒性，不能被人体吸收也不能被人体分解，参考《关于在医疗机构推

进生活垃圾分类管理的通知》（国卫办医发〔2017〕30号）残留有一定造影剂的输液瓶属于《医疗废物分类目录》中的药物性废物（医疗废物），各类废物采用专门的收集容器集中收集后，转移至门诊住院综合楼东侧医疗废物暂存间内暂存，定期按照医疗废物执行转移联单制度，委托当地有资质单位定期处置。

本项目产噪设备不多（主要为通风系统），声级较小，噪声影响不大。且风机等设备均位于设备房内，噪声源通过使用合理布局、使用低噪声设备、安装减震垫、建筑物隔声等措施降噪，对周围环境影响较小。

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

#### 1.4.4 实践正当性分析

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。

医院在放射治疗和介入治疗过程中，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在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。

### 1.5 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

#### 1.5.1 辐射安全许可证及主体建筑环评审批情况

目前，建设单位已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》，编号为“\*\*\*\*\*”，种类和范围为“使用II、III类射线装置”，有效期至：2024年01月06日。医院的原辐射安全许可证正副本复印件见附件4。

本项目所在的主体建筑所在院区已获得广元市生态环境局《关于广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书的批复》。在已审批的院区整体环评中，有严格的污染控制措施要求以及完善的处理设施。本项目将依托院区已建的污染控制处理措施的处理系统。

#### 1.5.2 原有核技术利用项目

建设单位许可使用13台III类射线装置，1台II类射线装置（DSA），该台DSA于2018年6月1日取得相应环评批复，并于2019年3月21日完成竣工环保验收（见附件6）。经核查建设单位《2022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》，同时，经建设单位证实，医院开展放射诊断工作截至目前未发生过辐射安全事故。建设单位待本项目获得批复后重新申领辐射安全许可证时将根据环评批复调整辐射安全许可证。

### 1.5.3 原有辐射场所环境监测

根据医院2022年度例行委托有资质单位进行的场所防护检测报告可知，目前各院区各辐射场所辐射控制水平符合国家标准的剂量率要求，机器符合仪器相关质控评价标准。建设单位已配备有便携式辐射监测仪及足够数量的个人剂量报警仪和个人剂量计。

### 1.5.4 原有辐射工作人员职业健康体检及个人剂量监测情况

建设单位登记在册的辐射工作人员104名，建设单位对于所有入职、在职和离职人员均组织了岗前、在岗和离岗职业健康体检并分档管理，目前在岗的辐射工作人员的职业健康体检结果均合格。所有辐射工作人员最近4个季度的个人剂量监测结果未有超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值情况。部分人员非全年在岗或已离岗或为新增人员，故无部分季度剂量监测。根据建设单位提供资料数据核查，原有辐射工作人员职业健康体检及个人剂量监测情况均无遗留问题。

### 1.5.5 辐射安全与防护培训证书

建设单位目前登记辐射工作人员104名，现有19名辐射工作人员从事II类射线装置的操作，其中2名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护培训证书，其余17名辐射工作人员辐射安全与防护培训证书已过期，目前正在积极学习，准备参加7月的辐射安全与防护考核考试。剩余从事III类射线装置的辐射工作人员建设单位均已进行自主考核，且考核结果均已存档。

### 1.5.6 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《2022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/rsmsreq/login.jsp>在单位信息维护界面完成了年度报告上传工作）。

现医院辐射安全管理情况如下：

- (1) 现单位名称、地址，法人代表未发生改变；
- (2) 辐射安全许可证所规定的活动种类和范围未发生改变；
- (3) 辐射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应急处理措施均满足相应规定要求。
- (4) 医院自从事放射诊疗和放射治疗工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

## 1.6 环境影响评价信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境部主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：医院在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息。

**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)	年最大操作量(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》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II	1	型号未定	电子	X 射线： 10MV 电子线： 15MeV	X 射线最大空气吸收剂量率 2400cGy/min，电子线最大空气吸收剂量率 1000cGy/min	放射治疗	广元市中医医院门诊住院综合楼负 1 楼加速器机房	本次扩建
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1	型号待定	150	1000	放射诊断/介入治疗	广元市中医医院门诊住院综合楼 7 楼 介入手术室 1			本次扩建
2	数字减影血管造影机 (DSA)	II	1	型号待定	150	1000	放射诊断/介入治疗	广元市中医医院门诊住院综合楼 7 楼 介入手术室 2			本次扩建
/	/	/	/	/	/	/	/	/			/

(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 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	进入大气，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气
废靶件	固态	/	/	/	/	/	不暂存	交由有废靶件收贮资质的单位回收处置
医疗废物	固态	/	/	/	含少量废造影剂的输液瓶(77kg/a)、废药棉(160kg/a)、废纱布(80kg/a)、废手套(160kg/a)	/	暂存至院区东侧医疗废物暂存间	委托有资质单位定期处置
生活垃圾	固态	/	/	少量	少量	/	不暂存	由医院进行统一集中收集后，由当地环卫部门统一清运
医疗废水、生活废水	液态	/	/	少量	合计共计 1000m <sup>3</sup> /a	/	不暂存	依靠院区在建的污水处理站处理

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>，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，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》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修正本)，中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</p> <p>4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行；</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10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》（2019 年修正本），中华人民共和国 2019 年国务院令第 709 号，自 2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>8) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2020年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>11) 《国家危险废物名录》（2021年版），生态环境部令第15号，2020年11月5日通过，自2021年1月1日起施行；</p> <p>12) 《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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>13) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员</p>
------	---

	<p>会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>14) 《建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）》，中华人民共和国环境保护部环办〔2013〕103号，2014年1月1日试行</p> <p>15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>16) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>17) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行；</p> <p>18) 《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>19) 《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012年3月发布实施；</p> <p>20) 《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》（NNSA/HQ-08-JD-PP-020）辐射源安全监管司核技术利用处于2017年9月26日发布实施；</p> <p>21) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函〔2016〕1400号。</p>
技术标准	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）；</p> <p>4) 《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）；</p> <p>5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>7) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>8) 《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）；</p> <p>9) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>10) 《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T244-2017）；</p> <p>11) 《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）；</p> <p>12) 《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>

	13) 《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)。
其他	<p><b>参考资料：</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>1) 《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编；</li><li>2) 《辐射防护导论》，方杰主编；</li><li>3) 《X 射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》（郝海鹰、刘容、王玉海编著）；</li><li>4) 《X 射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》（张大薇编著）；</li><li>5) 《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010）；</li><li>6) 《2022 年全国辐射环境质量报告》中华人民共和国生态环境部，2023 年 7 月 13 日发布；</li><li>7) 《STRUCTURAL SHIELDING DESIGN FOR MEDICAL X-RAY IMAGING FACILITIES》NCRP REPORT NO.147；</li></ul>

**表 7 保护目标与评价标准****评价范围**

本项目为使用II类射线装置项目，根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为加速器机房、介入手术室1、介入手术室2实体屏蔽边界外50m区域。具体50m范围区域见附图2。

**保护目标**

本项目加速器机房、介入手术室1、介入手术室2拟建址周围50m范围内环境保护目标为：

1. 本项目加速器机房、介入手术室1、介入手术室2操作及相关的辐射工作人员；
2. 本项目所在门诊住院综合楼内医患人员，陪同家属及院内公众；加速器机房、介入手术室1、介入手术室2周围50m范围内康复大楼、篮球场（后拟改为高压氧舱）、山坡、建设路、自建居民房、居民区的周围公众。

本项目的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、医院辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目50m内环境保护目标见表7-1。

表7-1本项目环境保护目标情况一览表

保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量限值 (mSv/a)
加速器机房周围及内部				
加速器机房内	/	1名	辐射工作人员	5.0
控制室	东侧 紧邻	2名	辐射工作人员	5.0
电气辅助机房/水冷机房	东侧 紧邻	预计2人/天	周围公众	0.1
患者等候区	东侧 紧邻	预计40人/天	周围公众	0.1
服务器机房	北侧 紧邻	预计2人/天	周围公众	0.1
走道	北侧 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
模拟定位CT室	北侧 紧邻	预计50人/天	周围公众	0.1
架空层通道	上方 约2.0m	预计300人/天	周围公众	0.1
介入手术室1周围及内部				
机房内	/	共计20名，日常室内通常3名/天	辐射工作人员	5.0
污物通道2	东侧 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
走道	南侧 紧邻	预计15人/天	周围公众	0.1
介入手术室1设备间	南侧 紧邻	预计2人/天	周围公众	0.1
患者/医护通道	西侧 紧邻	预计40人/天	周围公众	0.1

控制室	西侧 紧邻	1名	辐射工作 人员	5.0
污物通道1	北侧 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
裙楼8楼屋面	楼上 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
去污区/蒸汽发生间	楼下 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
介入手术室2周围及内部				
机房内	/	共计20名，日常室内通 常3名/天	辐射工作 人员	5.0
走道	东侧 紧邻	预计15人/天	周围公众	0.1
患者/医护走道	南侧 紧邻	预计40人/天	周围公众	0.1
控制室	西侧 紧邻	1名	辐射工作 人员	5.0
缓冲室	西侧 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
污物通道	北侧 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
审核室、抗生素药物 配置室、走道	楼上 紧邻	预计10人/天	周围公众	0.1
护士站、库房、治疗 准备室、血气分析 室、走道	楼下 紧邻	预计50人/天	周围公众	0.1
50m范围				
保护目标	方位与最近距离	规模	类型	剂量限值 (mSv/a)
门诊住院综合楼 (项目所在建筑)	/	1栋，最高22层，地下1 层，H=96.5m 50m范围内预计1000人/ 天	周围公众	0.1
院区道路	东、南、西、北侧 北侧最近约9m	1栋，最高5层，地下3 层，H=22.95m 进入50m范围的预计80 人/天	周围公众	0.1
山坡	西侧 最近约29m	进入50m范围的预计10 人/天	周围公众	0.1
自建居民房	南侧 最近约10m	进入50m范围的预计30 人/天	周围公众	0.1
建设路	西侧 最近约9m	进入50m范围的预计 2000人/天	周围公众	0.1
居民区	西侧 最近约37m	进入50m范围的预计60 人/天	周围公众	0.1
康复大楼	北侧 最近约29m	1栋，最高16层，地下1 层，楼高60m 50m范围内预计800人/ 天	周围公众	0.1
篮球场(后拟改为高 压氧舱)	北侧 最近约13m	预计50人/天	周围公众	0.1
<b>评价标准</b>				
1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)				

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

	剂量限值
职业照射 剂量限值	<p>工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；</li> <li>②任何一年中的有效剂量，50mSv；</li> <li>③眼晶体的年当量剂量：150mSv；</li> <li>④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量：500mSv。</li> </ul>
公众照射 剂量限值	<p>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①年有效剂量，1mSv；</li> <li>②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv。</li> </ul>

**本项目管理目标：**

医院综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）、《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）、《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021），结合开展诊疗项目后预计收治病人量，从而确定本项目的管理目标，职业人员年有效剂量按上述标准中规定的约束限值的1/4执行：职业人员年有效剂量不超过**5mSv**；四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量约束值为**125mSv**；眼晶体的年当量剂量约束值为**37.5mSv**。公众年有效剂量约束限值按照上述标准的1/10执行，即不超过**0.1mSv**。

**辐射场所剂量率控制水平：**

加速器机房周围30cm处剂量率不超过 $2.50\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

介入手术室1、介入手术室2周围30cm处的周围剂量当量率不超过 $2.50\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

**辐射剂量约束水平：**

辐射工作人员年剂量约束值不超过**5mSv**

介入治疗工作的辐射工作人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值为**125mSv**

辐射工作人员单季度剂量约束值为**1.25mSv**

辐射工作人员眼晶体的年当量剂量为**37.5mSv**

公众剂量约束值不超过**0.1mSv**

**2) 《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）****6.3 屏蔽要求**

6.3.1 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

6.3.1.1 治疗机房(不包括移动式电子加速器治疗机房)墙和入口门外30cm处(关注点)的周围剂量当量率应不大于下述a)、b)和c)所确定的周围剂量当量率参考控制水平:

a) 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，由周剂量参考控制水平求得关注点的周围剂量当量率参考控制水平，见式(1)：

$$H_c = H_e / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中：

$H_c$ ——周围剂量当量率参考控制水平，单位为微希沃特每小时( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )；

$H_e$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希沃特每周( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )，其值按如下方式取值：放射治疗机房外控制区的工作人员： $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；放射治疗机房外非控制区的人员： $\leq 5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

$t$ ——设备周最大累积照射的小时数，单位为小时每周(h/周)；

$U$ ——治疗设备向关注点位置的方向照射的使用因子；

$T$ ——人员在关注点位置的居留因子。

b)按照关注点人员居留因子的不同，分别确定关注点的最高周围剂量当量率参考控制水平  $H_c, \text{max}$ :

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

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

c)由上述a)中的导出周围剂量当量率参考控制水平  $H_c$  和 b)中的最高周围剂量当量率参考控制水平  $H_c, \text{max}$ ，选择其中较小者作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平  $H_c$ 。

### 3) 《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)

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

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

$\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) :

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

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

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  $\dot{H}_c, \max$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ) :

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

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

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  $30\text{cm}$  处的剂量率参考控制水平可按  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$  加以控制(可在相应位置处设置辐射告示牌)。

#### 4) 《放射诊断放射防护要求》(GBZ130-2020)

##### 5.1 一般要求

5.1.5 在随机文件中关于滤过的部分, 应符合:

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  $2.5\text{mmAl}$ ;

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, 其最小有效面积、最小单边长度要求见表 7-3。

表 7-3 不同类型 X 射线设备机房的使用面积及单边长度要求

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 $\text{m}$
单管头 X 射线机	20	3.5

6.2.2 X 射线设备机房屏蔽防护应满足如下要求:

a) 不同类型 X 射线设备机房的屏蔽防护铅当量厚度要求见表 7-4。

表 7-4 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	有用线束方向铅当量 $\text{mmPb}$	非有用线束方向铅当量 $\text{mmPb}$
C 形臂 X 射线设备机房	2.0	2.0

6.3.1 机房辐射屏蔽防护, 应满足下列要求:

a)具有透视功能的 X 射线机在透视条件下检测时, 周围剂量当量率控制目标值应不大于  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ; 测量时, X 射线机连续出束时间应大于仪器响应时间。

5) 根据已获得批复广环审〔2021〕19号的《广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书》，结合现行最新国家标准，本项目应执行的非放环境保护标准如下：

#### 1.环境质量标准

- 2.1 大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；
- 2.2 水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中III类水质标准；
- 2.3 声环境质量标准执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的2类标准。

#### 2.污染物排放标准

- 3.1 废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准；
- 3.2 废水：医疗废水执行《医疗机构水污染物排放标准》（GB18466-2005）表2中预处理标准、《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表1中B级标准；
- 3.3 噪声：运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求；
- 3.4 固体废物：医疗废物的贮存和处理执行《医疗废物管理条例》（国务院令380号，2011年修订本）《医疗废物处理处置污染控制标准》(GB 39707-2020)和《医疗废物集中处置技术规范》环发[2003]206号。

**表 8 环境质量和辐射现状****环境质量和辐射现状****1.项目地理和场所位置**

广元市中医医院位于广元市利州区建设路 133 号，医院沿建设路两侧分布，分为南院区和北院区，本项目均在北侧院区内实施。北侧院区竣工后，建设单位拟修建一条架空通道连接南侧院区与北侧院区。北侧院区东侧为山坡；南侧为自建居民房；西侧为建设路；北侧为规划道路。

本项目三间机房拟建址均位于广元市中医医院门诊住院综合楼，门诊住院综合楼拟建址东侧为院区道路、医疗废物暂存间；南侧为院区道路，隔院区道路为自建居民房；西侧为院区道路，隔院区道路为建设路；北侧为院区道路，隔院区道路为康复大楼和篮球场（后拟改为高压氧舱）。

加速器机房拟建址东侧由北向南依次为患者等候区、控制室、电气辅助机房/水冷机房；南侧和西侧均为土质层；北侧由西向东依次为服务器机房、走道、模拟 CT 定位室；加速器机房上方为架空通道（距离约 2m）；下方为土质层。

介入手术室 1 东侧为污物通道 2；南侧为走道和介入手术室 1 设备间；西侧为患者/医护走道和控制室；北侧为污物通道 1。介入手术室 1 楼上为裙楼 8 楼屋面；楼下为去污区/蒸汽发生间。

介入手术室 2 东侧为走道；南侧为患者/医护走道；西侧为控制室和缓冲室；北侧为污物通道。介入手术室 2 楼上为审核室、抗生素药物配置室、走道，楼下为护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道。

**2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位**

- 评价对象：本项目扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目拟建址周围辐射环境。
- 监测因子：本项目扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目拟建址周围天然贯穿辐射剂量率。
- 监测点位：在加速器机房、介入手术室 1、介入手术室 2 拟建址及周围均匀布置监测点位，共计 25 个监测点位。在 50m 范围内建筑周围布置监测点位，共计 7 个监测点位。
- 布点原则：由于门诊住院综合楼正在修建，加速器机房已随大楼完成混凝土

浇筑，楼内承重柱均已修建完成，因此根据承重柱确定项目位置，再在其周围房间拟建址布点。在建筑物内测量，考虑建筑物的类型与层次，在室内中央距地面1m高度处进行，另在保护目标处设置监测点位。

### 3. 监测方案、质量保证措施

- 监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在手术室周围及手术室内布设监测点位，测量手术室周围及手术室内天然贯穿辐射剂量率。
- 质量保证措施：委托的检测单位已通过CMA计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威机构组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行多级审核。

### 4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：成都中辐环境监测测控技术有限公司

成都中辐环境监测测控技术有限公司是经成都市工商行政管理局注册核准成立具有独立法人地位的民营公司，成立于2008年6月。在2014年8月通过了四川省质量技术监督局实验室资质认定评审，取得CMA资质证书，2014年12月通过了四川省环境保护厅“社会环境监测机构业务能力认证”。公司主要承接环境辐射检测，涉及医疗机构、石油、化工、煤炭、地质、机械制造、电力、通讯等行业部门的电离、电磁辐射检测和噪声检测等环境检测相关业务。

表8-2 监测仪器及监测环境

监测项目	仪器名称	仪器参数	校准证书编号	校准有效期	校准单位
监测仪器 γ辐射剂量率	环境 $\gamma$ 剂量率仪 (型号：MAFC-N2) (编号： 403065500002)	1) 能量响应范围： 30keV~3MeV 2) 测量范围： 0.01 $\mu$ Sv/h~100 $\mu$ Sv/h 3) 校准系数： $C_F=0.98$ 4) 相对固有误差： 2.8% 5) 重复性： 0.5% 6) 不确定度： $U_{rel}=4.3\%, \quad (k=2)$	220628163	2022-6-28 至 2023-6-27	深圳市计量质量检测研究院

温湿度	多功能气象仪 (型号: Kestrel 5500) (编号: 2330618) 温度监测部分	1) 测量范围: -29.0°C~70.0°C 2) 不确定度: $U=0.5^{\circ}\text{C}$ , ( $k=2$ )	230327155	2023-3-27 至 2024-3-26	深圳市计量质量检测研究院
	多功能气象仪 (型号: Kestrel 5500) (编号: 2330618) 湿度监测部分	1) 测量范围: 0.0%~100.0% 2) 不确定度: $U=1\%$ , ( $k=2$ )			
	风速	1) 检出上限: 60.0m/s 2) 不确定度: $U=0.4\text{m/s}$ , ( $k=2$ )			
监测环境	日期	天气	温度 (°C)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)
	2023.6.9	晴	21.6~24.1	58.2~59.1	0.0~0.9

监测结果：本项目扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目拟建址周围 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 8-3。

表 8-3 本项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测结果 单位:  $\mu\text{Sv/h}$

编号	监测位置	$\gamma$ 辐射剂量率		备注
		测量值	标准差	
加速器机房拟建址				
1	加速器机房拟建址中部	0.12	0.01	室内
2	加速器机房北侧服务器机房拟建址	0.12	0.01	
3	加速器机房北侧走道拟建址	0.12	0.01	
4	加速器机房北侧模拟 CT 定位室拟建址	0.14	0.01	
5	加速器机房东侧患者等候区拟建址	0.13	0.01	
6	加速器机房东侧控制室拟建址	0.13	0.01	
7	加速器机房东侧电气辅助机房、水冷机房拟建址	0.13	0.01	
8	加速器机房拟建址上方	0.13	0.01	室外
介入手术室 1 拟建址				
1	介入手术室 1 拟建址机头位置	0.11	0.01	室内
2	介入手术室 1 西侧控制室拟建址	0.13	0.01	
3	介入手术室 1 北侧污物通道 1 拟建址	0.12	0.01	
4	介入手术室 1 东侧污物通道 2 拟建址	0.12	0.01	
5	介入手术室 1 南侧走道拟建址	0.11	0.01	

6	介入手术室 1 南侧介入手术室 1 设备间拟建址	0.12	0.01	
7	介入手术室 1 西侧患者/医护走道拟建址	0.13	0.01	
8	介入手术室 1 楼下去污区	0.11	0.01	
9	介入手术室 1 楼上屋面	0.11	0.01	室外
介入手术室 2 拟建址				
1	介入手术室 2 拟建址机头位置	0.12	0.01	室内
2	介入手术室 2 西侧控制室拟建址	0.12	0.01	
3	介入手术室 2 西侧缓冲室拟建址	0.13	0.01	
4	介入手术室 2 北侧污物通道拟建址	0.11	0.01	
5	介入手术室 2 东侧走道拟建址	0.12	0.01	
6	介入手术室 2 南侧患者/医护走道拟建址	0.12	0.01	
7	介入手术室 2 楼下护士站	0.11	0.01	
8	介入手术室 2 楼上抗生素药物配置区	0.12	0.01	
50m 范围内保护目标				
1	门诊住院综合楼北侧康复大楼楼前	0.14	0.01	室外
2	门诊住院综合楼北侧高压氧舱拟建址	0.13	0.01	室外
3	门诊住院综合楼东侧院区道路	0.13	0.01	道路
4	院区外东侧山坡	0.14	0.01	室外
5	院区外南侧自建居民房楼前	0.16	0.01	室外
6	院区外西南侧建设路	0.15	0.01	道路
7	院区外西南侧居民区楼前	0.15	0.01	室外

注：以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。监测仪器探头距地100cm。

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）中 5.5 计算结果：使用 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{60}\text{Co}$  作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20Sv/Gy 和 1.16Sv/Gy，由监测单位提供资料，本项目监测仪器使用的检定/校准参考辐射源为  $^{137}\text{Cs}$ ，因此测量值与研究报告中辐射剂量率单位换算比值为 1.20Sv/Gy。

根据中华人民共和国生态环境部《2022 年全国辐射环境质量报告》中四川省环境 X- $\gamma$ 空气吸收剂量率为  $61.9\text{nGy/h} \sim 151.8\text{nGy/h}$ 。由表 8-3 监测结果可知：在当前检测工况下（本底检测），广元市中医医院扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目拟建址及周围环境 X- $\gamma$ 辐射剂量率为  $0.11\mu\text{Sv/h} \sim 0.16\mu\text{Sv/h}$ （单位换算后为  $91.7\text{nGy/h} \sim 133.3\text{nGy/h}$ ），与四川省环境电离辐射水平基本一致，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、工程设备**

本项目医用直线加速器相关场所由加速器机房、控制室、电气辅助机房/水冷机房、更衣室、主任办公室、计划治疗室、办公室、模拟 CT 定位室及其控制室、制模室、模库、服务器机房构成。设备组成：本项目加速器以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。

本项目 DSA 相关的辐射工作场所由介入手术室 1 及其控制室、介入手术室 1 设备间、介入手术室 2 及其控制室构成。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，和图像检测系统，包括光栅、影像增强器和平板探测器、光学系统、线束支架、检查床、输出系统等部件组成。

**二、工艺分析****1 施工期工作流程及产污环节分析**

通过现场勘查核实可知，本项目所在门诊住院综合楼目前正在修建中，加速器机房一随大楼完成混凝土浇筑，介入手术室 1 和介入手术室 2 隔墙均为修建。门诊住院综合楼建筑工程在已获得批复的《广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书》中已进行分析。本项目施工期主要为机房主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和电路铺设，因此本次评价对于施工期仅进行简要分析。施工期环境影响示意图见图 9-1。

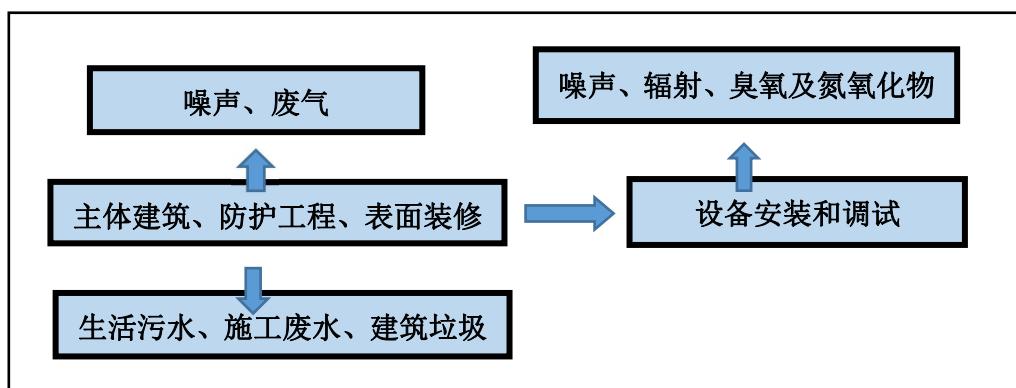


图9-1本项目核技术利用项目施工期环境影响示意图

## 加速器机房

本项目加速器机房内拟配置的医用直线加速器的X射线能量最大能量为10MV，使用普通混凝土作为施工材料，但密度不得低于 $2.35\text{g/cm}^3$ ，且需连续浇筑，一次成型。为防止射线泄漏，加速器机房排风管道采用 $75^\circ$ “V”字型穿墙，电缆布设于电缆沟内，电缆沟采取U型穿墙方式。

## 介入手术室

**四周墙体：**本项目2间介入手术室四周墙体均采用3mm铅板进行防护，在机房四周搭设钢结构龙骨架，内框架焊接成“田”字形状，随后利用自攻螺丝固定3mm铅板。一整块铅板分为尺寸大小一样的小铅板，每块小铅板的尺寸为 $600\text{mm}\times 700\text{mm}$ ，小铅板与小铅板之间搭接厚度不低于10mm。最后采用铝塑板进行表面装修工作。

**顶部：**介入手术室1顶部在120mm混凝土楼板的基础上涂抹30mm硫酸钡防护涂层，介入手术室2顶部为260mm混凝土楼板，最后均采用铝扣天花板进行表面装修工作。

**地面：**介入手术室1地面在120mm混凝土楼板的基础上涂抹30mm硫酸钡防护涂层，介入手术室2地面为260mm混凝土楼板，均采用3mm自流平加2mm医用洁净同质透心PVC卷材做表面装修工作。

本项目电缆布设于电缆沟内，电缆沟采取U型穿墙方式，因此电缆沟的布设方式不影响屏蔽墙体的屏蔽效果。排风管道在穿铅板位置采用3mm铅当量作为屏蔽补偿。另外，为防止辐射泄漏，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。所有防护门窗均在施工单位处定制组装完成后送现场安装至预留门洞和窗洞。

施工过程以施工机械噪声、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有废气、建筑垃圾、噪声和废水，会对周围声环境质量产生一定影响。以上污染因素将随建设期的结束而消除。

本项目设备的安装和调试阶段会产生一定的辐射影响，本项目射线装置的运输、安装和调试阶段均由设备厂家安排的专业人员进行。在射线装置运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，人员离开时，运输设备和机房

上锁并派人看守。在设备的调试过程中，设备开关钥匙应安排专人看管，或由操作人员随身携带，并在机房入口等处设置醒目的警示牌，工作结束后，确认各安全联锁装置正常后才能启用射线装置。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 营运期工作流程及产污环节分析**

### **2.1 医用直线加速器**

#### **2.1.1 医用直线加速器工作原理**

医用直线加速器是使电子在高真空中受磁场力控制、电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或X射线的设备。电子从电子枪发射出来，以一定的初始速度进入加速管，由磁控管或速调管来的微波电磁场同时输入到加速。电子在微波电场作用下，得到不断加速。加速后的电子经过偏转磁铁或消色差偏转磁铁，射向金属靶，当高能电子束与靶物质相互作用时产生韧致辐射，即X射线。X射线经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。加速器按电子束治疗时，被加速的电子不被引导到X射线转换靶转换成X射线，而是被引导到散射箔，然后通过电离室、准直器、照射筒射向患者的病灶部位，达到治愈疾病的目的。

#### **2.1.2 医用直线加速器结构**

医用直线加速器是以磁控管为微波功率源的驻波型直线加速器，它的结构单元为：加速管、微波系统、调制器、束流传输系统、准直系统、真空系统、恒温水冷系统和控制保护系统。电子枪产生的电子由行波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，通过2cm左右的空气射到金属钨靶，产生大量高能X线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的X线束，再通过监测电离室和二次准直器限束，最后到达患者病灶实现治疗目的。

#### **2.1.3 诊疗流程**

本项目放射治疗流程如下所示：

（1）根据医生指导意见，需要接受治疗的病人提前预约登记，以确定治疗时间，候诊准备。

（2）进行定位：先采用加速器机房北侧的模拟定位机对病变部位进行详细检

查，然后确定照射的方向、角度和视野大小，拍片定位；

**产污：**模拟定位机开机过程中将产生X射线；X射线电离空气产生臭氧和氮氧化物；

（3）制定治疗计划：根据患者所患疾病的性质、部位和大小确定照射剂量和照射时间，在加速器机房北侧计划治疗室内完成，物理师采用模具验证治疗计划；

（4）固定患者体位：利用医用直线加速器进行治疗时，医师指导护士对患者进行定位、标记、调整照射角度和照射野。

（5）医师离开加速器机房回到控制室内，技师关上铅门，技师在控制室设置参数，开机治疗（本项目加速器拟设两种治疗模式，一种是电子治疗模式，一般用于浅表部位病灶照射；一种是X射线治疗模式，用于深部病灶照射），医师在控制室内通过监控观察。

**产污：**加速器治疗过程中将产生X射线和电子线；X射线和电子束电离空气产生臭氧和氮氧化物。

（6）治疗完毕，停止出束，患者离开机房。

#### 2.1.4 工作负荷

根据相关文献调查，其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%，接受电子线治疗者占7%。因放疗剂量大，所以保守评价以开展X射线深部曝光治疗进行分析。结合院方预估数据，预计本项目加速器运营时间为每周运行5天，每年工作250天，每天治疗40人，每人治疗2min，则单台加速器每周照射治疗时间为6.7h，年出束治疗时间最大约333.33h。

### 3 本项目医用直线加速器人流物流规划

#### 人流：

医护人员：医师、技师、物理师每日可通过加速器机房北侧的医护电梯进入门诊住院综合楼负1楼，物理师更衣完成后进入计划治疗室开展TPS计划工作；技师更衣完成后经患者等候区进入控制室进行治疗前的准备操作；医师更衣完成后经走道进入患者等候区，带领患者进入加速器机房内，准备开始放疗工作。本项目模拟定位工作依托于门诊住院综合楼负1楼模拟定位机进行。

患者：患者通常由加速器机房北侧的住院电梯厅进入门诊住院综合楼负1楼，通

过走道到达患者等候区。患者先在模库中拿取带有自己名字的模具，进入模拟定位CT室对病变部位进行定位，当物理师制定完成放疗计划后，患者每日拿取模具在患者等候区由医护人员引领开始诊疗环节，结束后原路离开门诊住院综合楼负1楼。

### **物流：**

本项目加速器机房运营后产生辐射工作人员和患者的少量生活垃圾在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，运至医院的生活垃圾房内，交由环卫部门进行统一清运。

## **2.2 数字减影血管造影机（DSA）**

### **2.2.1.DSA工作原理**

数字减影血管造影技术（Digital Subtraction Angiography，简称DSA）是常规血管造影术和电子计算机图像处理技术相结合的产物。DSA的成像基本原理为：将受检部位没有注入透明的造影剂和注入透明的造影剂（含有有机化合物，在X射线照射下会显影）后的血管造影X射线荧光图像，分别经影像增强器增益后，再用高分辨率的电视摄像管扫描，将图像分割成许多的小方格，做成矩阵化，形成由小方格中的像素所组成的视频图像，经对数增幅和模/数转换为不同数值的数字，形成数字图像并分别存储起来，然后输入电子计算机处理并将两幅图像的数字信息相减，获得的不同数值的差值信号，再经对比度增强和数/模转换成普通的模拟信号，获得了去除骨骼、肌肉和其他软组织，只留下单纯血管影像的减影图像，通过显示器显示出来。通过DSA处理的图像，可以看到含有造影剂的血液流动顺序以及血管充盈情况，从而了解血管的生理和解剖的变化，并以造影剂排出的路径及快慢推断有无异常通道和血液动力学的改变，因此进行介入手术时更为安全。

### **2.2.2.DSA结构**

DSA因其整体结构像大写的“C”，因此也称作 C 型臂。成像系统按功能和结构划分，主要由五部分构成：X 线发生系统、影像检测和显示系统、影像处理和系统控制部分、机架系统和导管床、影像存储和传输系统。

（1）X 线发射装置主要包括 X 线球管、高压发生器和 X 线遮光器。

介入治疗需要连续发射 X 射线，要求有较高的球管热容量和散射率，因此 C 型臂必须具有阳极热容量在 1MHU 以上、具有大小焦点的 X 线球管。此外，还需具有一

个能产生高千伏、短脉冲和恒定输出的高压发生器、X线遮光器用来限制X线照射视野，避免患者接受不必要的辐射。

（2）影像检测和显示系统，用于将X线信息影像转换成可见影像。

目前数字成像系统共有两种：影像增强器和平板探测器。平板探测器分为间接转换平板探测器和直接转换平板探测器。间接转换平板探测器由碘化铯等闪烁晶体涂层与非晶硅薄膜晶体管TFT构成。间接转换平板探测器的工作过程一般分为两步：闪烁晶体涂层将X射线的能量转换为可见光，其次非晶体硅TFT将可见光转换为电信号。直接转换平板探测器主要由非晶硒TFT构成：入射的X射线是硒层产生电子空穴对，在外加偏压电场作用下，电子和空穴向相反的方向移动形成电流，电流在薄膜晶体管中形成电信号。现代大型DSA设备普遍使用平板探测器，其转换环节少，减少了噪声，使X线光子信号的损失降到了最低限度，大大提高了光电转换效率。不但保证了优质的图像质量，而且降低了射线剂量。影像增强器由附有磷光体的真空玻璃管组成，输入荧光面将X射线转换为可见光，进而转换为电子，这些电子被加速至第二片磷光面即输出磷光面，它将电子转化为强度更高的可见光，输出磷光面的可见光影像经摄像机转换为电子图像，再经A/D转换成数字图像。

（3）影像处理和系统控制。

影像被数字化后，则需进行各种算术逻辑运算，并对减影的图像进行各种后处理。计算机系统是C型臂的关键部件，具有快速处理能力，主要对数字影像进行对数变换处理、时间滤波处理和对比度增强处理。系统控制部分具有多种接口，用于协调X线机、机架、计算机处理器和外设联动等。

（4）机架系统和导管床机架有悬吊式和落地式两种，各有利弊，可根据工作特点和手术室情况选择。导管检查床具有手术床和透视诊断床两种功能，多采用高强度、低衰减系统的碳素纤维床面，减少对X线的吸收。

（5）影像存储和传输系统（PACS），采用在线存储和近线存储两种存储方式，充分利用网络技术实现影像资料的共享，方便随时调阅，更加高效的交流和管理C型臂影像信息。

### 2.2.3 .介入治疗

介入治疗是在医学影像设备的引导下，通过置入体内的各种导管（约1.5-2毫米

粗）的体外操作和独特的处理方法，对体内病变进行治疗。介入治疗具有不开刀、创伤小、恢复快、效果好的特点，目前，基于数字血管造影系统指导的介入治疗医生已能把导管或其他器械，介入到人体几乎所有的血管分支和其他管腔结构（消化道、胆道、气管、鼻管、心脏等），以及某些特定部位，对许多疾病实施局限性治疗。

### **心血管介入**

动脉导管未闭（PDA）是主动脉和肺动脉之间的一种先天性异常通道，多位于主动脉峡部和左肺动脉根部之间，约占先心病的20%左右，采用封堵术进行治疗。术前准备：完善各项术前检查，如心电图、胸片、超声心动图及相关化验监测，必要时配血备用，准备好必要的抢救要求并签署知情同意书。诊断性心导管术：局麻或全麻下穿刺股静脉，静脉推注肝素100U/kg，行右心导管监测。穿刺股动脉行降主动脉造影，通常选择左侧位，测量PDA直径，了解其形体和位置。计算肺循环血流量、肺循环阻力等，合并肺动脉高压者判断其病变程度及行政，必要时行急性血管反应试验及堵闭试验。封堵操作：Amplatzer主动脉导管封堵器及国产类似形状封堵器：将所选封堵器安装于输送钢缆顶端，透视下沿输送鞘管将其送至降主动脉。待封堵器盘面完全张开后，将输送鞘管及输送钢缆一起回撤至PDA主动脉侧。然后固定输送钢丝，仅回撤输送鞘管至PDA肺动脉侧，使封堵器腰部固定于PDA内。5-10min后重复主动脉弓降部造影。若证实封堵位置合适、形状满意，无或仅有微量残余分流，且听诊无心脏杂音时，可操纵旋转柄将封堵器释放。

### **外周血管介入：**

外周血管造影术是一种介入检查方法，即将显影剂注入血管内，利用X光无法穿透显影剂的特点来诊断血管病变。它可以清楚显示血管本身的形态改变，如狭窄、梗塞、畸形、扩张、痉挛和出血等，对诊断下肢血管的病变具有特殊的意义。从足背浅静脉针推造影剂，造影时病人取30°斜立位，检查侧肢体必须完全处于不负重的松弛状态。造影时在踝部扎一止血带，以阻断浅静脉回流迫使造影剂进入深静脉系统，有利于显示深静脉。同时可阻断或减少浅静脉的充盈，从而减少深、浅静脉间的重叠。

### **神经内科介入：**

神经内科的脑血管狭窄手术是指医生利用DSA透视功能，通过股动脉穿刺，导管放置于狭窄部位，根据狭窄血管不同可预先于狭窄动脉处的远端置入脑保护伞，然后将球囊放置狭窄部位扩张，之后支架植入狭窄动脉内，支撑狭窄部位，使血流通畅，改善脑组织供血。

#### 2.2.4 .诊疗流程

本项目介入诊疗流程如下所示：

（1）病人候诊、准备、检查：由主管医生写介入诊疗申请单；介入接诊医师检查是否有介入诊疗的适应症，在排除禁忌症后完善术前检查和预约诊疗时间。

（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疗的方法、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。

（3）设置参数，病人进入机房、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；引导病人进入机房并进行摆位。

（4）根据不同的治疗方案，医师及护士密切配合，完成介入手术或检查；

**产污：射线装置开机过程中将产生X射线；X射线电离空气将产生臭氧及氮氧化物；**

（5）治疗完毕关机：手术医师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，手术医师应在 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。

**产污：手术过程中的耗材将转化为医疗废物。**

具体操作流程为：诊疗时，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/检查过程中，操作人员必须在床旁并在 X 射线导视下进行。

进行曝光时分两种情况：

第一种情况（拍片）：本项目两间手术室拍片均采用隔室操作，及即在控制室内对病人进行曝光，辐射工作人员通过铅玻璃观察窗观察手术室内病人情况，并通

通过对讲系统与病人交流。

第二种情况（透视）：医生需要进行手术治疗时，为更清楚地了解病人情况时会有连续曝光，并采取连续脉冲透视，此时操作医师位于铅吊屏和床侧铅帘后身着铅服、戴铅眼镜等在手术室内对病人进行直接的手术操作。

### 2.2.5 工作负荷

根据院方提供资料，项目运行后，介入手术室 1 与介入手术室 2 共同开展心血管内科（年手术台数约 300 台）、神经内科（年手术台数约 200 台）及外周血管的介入手术（年手术台数约 200 台）。建设单位拟为介入手术室 1、介入手术室 2 配备 20 名辐射工作人员：4 名心血管内科医生、4 名神经内科医生、4 名外周血管介入医生、6 名护师、2 名技师，其中 2 名医生搭配 1 名护师共同完成手术，2 名技师固定在各自介入手术室。

## 3 本项目DSA人流物流规划

### 人流：

医护人员：每日手术前医护人员由门诊住院综合楼西南侧医护电梯进入门诊住院综合楼七楼，技师由换鞋室进入更衣室，更衣完成后由患者/医护通道进入各自控制室，进行机器的预热；医师、护师由换鞋室进入更衣室，更衣完成后由患者/医护通道进入控制室、在控制室内佩戴防护用品，穿戴完成后最后经控制室进入介入手术室 1 和介入手术室 2。手术结束后，护师和护工将协作送病人回到住院病房，医师、技师原路返回离开。

患者：手术开展前，患者由门诊住院综合楼西南侧住院电梯厅进入七楼，护师和护工带领病人在换床室换床后，通过患者/医护通道进入介入手术室 1 和介入手术室 2。手术结束后，患者由护士和护工将协作送回到住院病房。

### 污物：

每台手术结束后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至介入手术室 1 东侧的污物打包间，一天的手术结束后，打包间内的医疗废物由清洁人员通过介入手术室 1 南侧的污梯运送至门诊住院综合楼东侧的医疗废物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

本项目介入手术室 1、介入手术室 2 人流物流示意图见附图 12。

#### 4.原有工艺不足和改进情况

建设单位原有数字减影血管造影机（DSA）辐射工作场所均已履行环评手续及竣工验收手续。由最近一次各DSA辐射工作场所年检报告可知，原有手术室满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中对于C型臂X射线机房有效使用面积、最小单边长度、屏蔽体铅当量要求，且各场所辐射防护措施及相关制度齐全。同时根据设备性能检测报告可知其符合仪器相关质控评价标准。经过确认，原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果中没有出现超标情况，调查结果见附件11，均已定期参与职业健康体检（结果为可继续原放射工作）；建设单位目前登记辐射工作人员104名，现有19名辐射工作人员从事II类射线装置的操作，其中2名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护培训证书，其余17名辐射工作人员辐射安全与防护培训证书已过期，目前正在积极学习，准备参加7月的辐射安全与防护考核考试，其余人员医院均已组织自主考核，考核结果已存档。

综上所述，本项目原有工艺不存在不足和改进情况。考虑广元市中医医院现接诊量大、南侧院区用地范围狭窄受限，因此对北侧院区进行改造，修建门诊住院综合楼，同时拟建设本项目加速器机房和2间介入手术室。

#### 污染源项描述

##### 一、辐射污染源分析

###### 1、加速器机房

由医用直线加速器工作原理可知，本项目医用直线加速器可以提供2种射线（X射线和电子线）用于肿瘤治疗，X射线最大能量10MV，电子线最大能量15MeV，对于浅表肿瘤用电子线进行治疗，对于人体深层肿瘤则需X射线进行治疗。因此加速器在开机时，用X射线治疗时主要污染物为X射线，用电子线治疗时主要污染物为电子。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿力远弱于X射线，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器电子束治疗时间时，电子线对周围环境辐射影响小于X射线治疗。

**废靶件：**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，废靶件应由有收贮废靶件辐射安全许可证的单位现场回收，不在医院储存。

###### 2、介入手术室1、介入手术室2

由 DSA 工作原理可知，DSA 只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，DSA 在开机期间，X 射线是项目主要污染物。利用 X 射线束对病人进行诊断和手术的同时，射线装置产生的主射线、泄漏射线及散射射线也可能会穿透介入手术室的屏蔽墙、观察窗、防护门等对介入手术室外的职业人员产生辐射影响。一次血管造影检查需要时间很短，因此血管造影检查的辐射影响较小；而介入手术则需要长时间的透视和大量的摄片，对患者和医护人员有一定的附加辐射剂量。

介入放射学主要辐射危害因素可分为两个类别初级辐射和次级辐射。次级辐射为两项：散射辐射和泄漏辐射。初级辐射是从 X 射线管遮光器出射的，是在与受检者、床和影像接收器作用前的辐射，受检者及影像接收器对初级辐射有很大衰减。典型的入射到受检者体表剂量到 mGy 数量级，及到达影像接收器的剂量为  $\mu\text{Gy}$  数量级。同时，根据 IAEA 官网在“Radiation protection of medical staff in interventional fluoroscopy”（介入荧光透视领域医护医护人员的辐射防护）环节的介绍，入射到病人的射线只有 1%~5% 会穿出人体。散射辐射取决于受检者受照范围、初级辐射能量和受照角度。电子作用于靶向各方向发射 X 射线，泄漏辐射是从含有铅屏蔽防护的管套透射出的射线。

## 二、非辐射污染源分析

**废气：** 医用直线加速器、DSA 在工作过程中会使周围空气电离并产生极少的臭氧和氮氧化物。

**废水：** 本项目不产生放射性废水，项目运行后，介入手术过程中会产生一定量的医疗废水，医护人员、患者及患者家属会产生极少量的生活污水。

**固体废物：** 本项目不产生放射性固体废物，加速器机房的固体废物主要为辐射工作人员、患者产生的生活垃圾；DSA 采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理。本项目介入手术时会产生少量的医疗废物（废药棉、废纱布、废手套、废造影剂瓶等）。

**噪声：** 本项目医用直线加速器、DSA 噪声主要来自通排风系统、进出医院的机动车辆产生的交通噪声及就诊病人及家属产生的人群活动噪声。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施			
1.工作场所布局及分区			
1.1 工作场所布局			
<p>加速器机房拟建址东侧由北向南依次为患者等候区、控制室、电气辅助机房/水冷机房；南侧和西侧均为土质层；北侧由西向东依次为服务器机房、走道、模拟 CT 定位室；加速器机房上方为架空通道（距离约 2m）；下方为土质层。</p> <p>介入手术室 1 东侧为污物通道 2；南侧为走道和介入手术室 1 设备间；西侧为患者/医护走道和控制室；北侧为污物通道 1。介入手术室 1 楼上为裙楼 8 楼屋面；楼下为去污区/蒸汽发生间。</p> <p>介入手术室 2 东侧为走道；南侧为患者/医护走道；西侧为控制室和缓冲室；北侧为污物通道。介入手术室 2 楼上为审核室、抗生素药物配置室、走道，楼下为护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道。</p>			
1.2 布局合理性分析			
加速器机房			
表10-1 本项目加速器机房布局对照分析表			
对照依据		建设内容	是否满足标准要求
《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）	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。	本项目加速器机房设置在门诊住院综合楼负1楼西南侧角落，该区域楼下无地下建筑。	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。	加速器机房配套功能用房设计有：控制室、电气辅助机房/水冷机房等，控制室、电气辅助机房/水冷机房均设置于加速器机房外，位于加速器机房东侧。	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。	本项目加速器机房控制室位于加速器机房东侧，有用线束朝向加速器机房北侧、南侧、顶部和地面，避开被有用线束直接照射。	满足
	6.1.6 X 射线管治疗设备的治疗机房、术中放射治疗手术室可不设迷路；γ刀治疗设备的治疗机房，根据场所空间和环境条件，确定是否选用迷路；其他治疗机房均应设置迷路。	本项目加速器机房设置有迷道。	满足
	6.1.7 使用移动式电子加速器的手术室	本项目加速器治疗场所设置有	满足

	应设在医院手术区的一端，并和相关工作用房(如控制室或专用于加速器调试、维修的储存室)形成一个相对独立区域，移动式电子加速器的控制台应与移动式电子加速器机房分离，实行隔室操作。	独立的控制室，能够使控制台与加速器机房分离，实行隔室操作。	
《放射治疗辐射安全与防护要求》 （HJ119-2021）	5.1.1 放射治疗场所的选址应充分考虑其对周边环境的辐射影响，不得设置在民居、写字楼和商住两用的建筑物内。	本项目加速器机房拟建址位于门诊住院综合楼负1楼，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。	本项目加速器机房设置于门诊住院综合楼负1楼西南侧角落，该区域楼下无地下建筑，负1楼除加速器治疗场所外为停车场等非人员密集区域；加速器机房上方为架空层通道，无儿科病房、产房等场所。	满足
	5.1.3 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。	本项目加速器机房采用混凝土浇筑，有良好的屏蔽防护，设置有控制室、电气辅助机房/水冷机房，均是独立区域，与加速器机房分离，实行隔室操作。	满足
<b>介入手术室1、介入手术室2：</b>			
<p>(1) 介入手术室1辐射工作场所由介入手术室1、控制室、设备间构成，介入手术室2辐射工作场所由介入手术室2、控制室构成，且所在楼层为手术层，基本能够满足介入手术的开展。</p> <p>(2) 2间介入手术室位于门诊住院综合楼七楼，该楼层为手术层，用于运输病人的整个通道宽敞，且便于手术的开展以及管理。门诊住院综合楼七楼设有无菌库、麻醉药品库、一次性用品库、导管存放室、更衣区、值班室等，因此医护人员能就近参与诊疗工作，手术需要相应的器材药物方便取用。手术区除患者和医护人员外其他无关人员禁止进入，减少了公众误入的可能性因此。</p> <p>(3) 从附图12来看，介入手术室1、介入手术室2整体实现了医护人员、患者、医疗废物的路线分流。人流和物流时间严格错开，实现了路线不交叉。</p> <p>(4) 本项目介入手术室1、介入手术室2有效使用面积均达到40m<sup>2</sup>以上，能够满足介入手术开展所需面积。</p> <p>(5) 本项目介入手术室1、介入手术室2的修建不影响消防通道，且不占用消防设施等任何公共安全设施。</p>			

综上所述，本项目辐射工作场所外设有专用的候诊区域，就诊通道。且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。

综上所述，本项目辐射工作场所的布局是合理的。

### 1.3 控制区监督区分区

#### 1.3.1 分区原则

**医用直线加速器辐射工作场所分区原则：**

根据《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）中的分区原则：5.2.1 放射治疗场所应划分控制区和监督区。一般情况下，控制区包括加速器大厅、治疗室（含迷路）等场所，如质子/重离子加速器大厅、束流输运通道和治疗室，加速器机房、含源装置的治疗室、放射性废物暂存区域等。开展术中放射治疗时，术中放射治疗室应确定为临时控制区。5.2.2 与控制区相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域划定为监督区（如直线加速器治疗室相邻的控制室及与机房相邻区域等）。

**介入手术室辐射工作场所分区原则：**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射工作场所的分区原则：6.4.1.1 注册者和许可证持有者应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。6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中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。

#### 1.3.2 辐射工作场所两区划分

**医用直线加速器辐射工作场所**

本项目加速器机房（含迷路）作为本项目医用直线加速器的辐射工作场所控制区，而控制室、电气辅助机房/水冷机房及加速器机房门外门宽×1m区域与加速器机房相邻的、不需要采取专门防护手段和安全控制措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域，因此属《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ1198-2021）定义的监督区。

**介入手术室辐射工作场所分区**

本项目介入手术室 1、介入手术室 2 作为本项目 DSA 的辐射工作场所控制区，而介入手术室 1 设备间、介入手术室 1 控制室、介入手术室 2 控制室有辐射工作人员停留的可能性，均属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）定义的监督区。同时部分防护门朝向公共通道，为起警示作用，在各朝向公共通道的防护门外以门宽×1m 范围在地上划出警戒范围作为监督区。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。具体控制区和监督区划分表和示意图见表 10-2。

表10-2 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区	备注
医用直线加速器辐射工作场所	加速器机房 (含迷道)	加速器机房控制室、电气辅助机房/水冷机房、机房门外门宽×1m 区域	控制区内禁止外来人员进入，职业工作人员在进行日常工作时候尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射。
介入手术室辐射工作场所分区	介入手术室 1、介入手术室 2	介入手术室 1 设备间及控制室、介入手术室 2 控制室、各朝向公共通道的防护门外门宽×1m 区域	监督区范围内应限制无关人员进入。

#### 控制区和监督区管理要求：

**控制区：**在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志和工作状态指示灯并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

## 2. 工作场所污染防治措施

### 医用直线加速器辐射工作场所

#### （一）设备固有安全防护措施

① 加速器只有在开机状态时才有 X 射线或电子线产生，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：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控制台上有蜂鸣器，在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后，定时器能独立地使照射停止。

⑥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。

⑦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。

⑧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，机器将自动切断加速器主电源。

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

## （二）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，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。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直线加速器的医师、护师、技师及物理师。

本项目拟购所有防护用品和辅助防护设施的铅当量为 $0.5\text{mmPb}$ 。考虑到可能有行动不便的极少数患者需要陪护或者事故状态，以及病人非病患部位的防护需求，医院拟为医用直线加速器项目配备1套医护防护用品。

医院拟为医用直线加速器项目配备2个个人剂量报警仪；每名医师、护师、技师、物理师各配备1个个人剂量计，并要求上班期间必须正确佩戴。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，在岗期间按相关规定定期组织健康体检。

## 2.患者的安全与防护

①医师会根据肿瘤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，选择能达到诊疗要求最低的射线照射参数，使射线强度最小化，尽量避免不必要的照射，有效进行源项控制。

②时间防护：在满足放射诊疗要求的前提下，制定最优化的诊疗方案，使照射时间最小化。

③其他安全防护：

a) 放射治疗前实行病人告知制度：在放疗诊断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。

b) 医院拟为患者配置1套0.5mm铅当量的防护用品。建设单位应确保今后若本项目增加室内人员，应在实施相应诊疗工作前增加足够套数防护用品。

## 3.机房周边公众的安全与防护

主要依托医用直线加速器机房墙体、楼顶和防护门等屏蔽实体屏蔽射线。同时，该场所严格实行辐射防护“两区”管理，在机房防护门外张贴电离辐射警告标志和安装工作状态指示灯，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

### （三）机房辐射防护屏蔽设计

本项目医用直线加速器机房设计的屏蔽参数见表 10-3。

表 10-3 本项目加速器机房屏蔽参数一览表

机房	方位	屏蔽材料及厚度
加速器机房	主屏蔽墙	南侧、北侧主屏蔽墙：2.7m 混凝土 屋顶主屏蔽墙：3.0m 混凝土 主屏蔽宽度为 4.0m
	次屏蔽墙	南侧、北侧次屏蔽墙：1.5m 混凝土 屋顶次屏蔽墙：1.8m 混凝土
	侧屏蔽墙	西侧屏蔽墙：1.5m 混凝土
	迷路内墙	迷路内墙：1.2m 混凝土
	迷路外墙	迷路外墙：1.5m 混凝土
	防护门（1扇）	15mmPb

### （四）辐射安全与防护措施

（1）门-机联锁：正常情况下，医用直线加速器在关机状态时才能打开机房防护

门；防护门未完全关闭到位时，无法启动加速器进行治疗。

（2）门-灯联锁、出束音响提示：加速器机房防护门外顶部设置1个工作状态指示灯箱与出束音响提示装置。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，灯箱醒目显示“禁止入内”，同时出束音响提示装置工作，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。治疗室门要与工作状态显示联锁（门-灯联锁）。

（3）固定式剂量报警仪：在加速器机房墙上安装固定式剂量报警装置（带剂量显示功能），探头安装在机房迷道内，只要室内的剂量超过预设的剂量阈值，就会报警提示人员不能进入机房，以防人员误入。另在机房内和机房门口设有出束音响提示装置，以警示患者和机房外候诊人员。

（4）紧急开门按钮：加速器机房迷道内墙人员易接触的位置（距离地面1.2m高处）装有紧急开门按钮，在事故状态下工作人员逃逸至迷道内可通过该按钮开启防护门，实现紧急逃逸。拟安装的机房门有防挤压功能，人员通过时，防止对人员造成误伤。

（5）急停开关：医用直线加速器设备操作台和床体上均自带1个急停开关。拟为加速器机房各墙体（拟设4个）及迷道外墙上（拟设1个）设置急停开关（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令加速器停机。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，机器将自动切断加速器主电源。

（6）视频监控、对讲装置：加速器机房和控制室之间安装有视频监控，控制室能通过视频监视加速器机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与室内人员联系，以便医师在操作时观测患者在加速器机房内的状况，及时处理意外情况。

（7）警示标识：在控制区入口处设置电离辐射警告标志及中文警示标志；在监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线；在机房防护门外1米范围地上划出警戒范围。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。

（8）便携式辐射监测仪器：医院拟为北侧院区配一台便携式X-γ剂量监测仪用于院区射线装置使用期间定期巡检，拟为本项目医用直线加速器辐射工作人员配备足够的个人剂量计及个人剂量报警仪。

（9）管理机构：医院已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构。

(10) 管理制度：本项目建设单位涉及使用II类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）“第十六条”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），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表12-3，建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院，本项目开展前应制定放射治疗相关岗位职责以及医用直线加速器操作规范，并完善原有制度。拟在辐射工作场所内合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。

(11) 防护用品：建设单位拟为加速器机房配备3套防护用品（2套医护人员防护用品和1套患者防护用品）。

(12) 废靶件处理：医用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，废靶件应由有收贮废靶件辐射安全许可证的单位现场回收，不在医院储存。

## 介入手术室辐射工作场所

### (一) 设备固有安全防护措施

本项目2台DSA均拟购置于正规厂家，保障设备各项安全措施齐全，仪器本身应采取多种安全防护措施：

①采用栅控技术：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。设备提供适应DSA不同应用时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，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），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配备有相应的表征剂量的指示装置，当曝光室内出现超剂量照射时会出现报警。

⑥本项目设备在床体和操作台自带1个急停按钮，在机器故障时可按下，避免

意外照射。

⑦本项目设备在床旁设置有铅悬挂防护屏与床侧防护屏，均为0.5mm铅当量，为第一手术位及护师位的辐射工作人员减少机头泄漏辐射的剂量受照。

⑧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。有用线束主要为从下往上，不会直接照射门、窗和管线口位置。同时，也要求建设单位定期按照规章制度对于设备进行维护检修。

## （二）对医生及患者的辐射防护措施

在实施诊治之前，应事先告知患者或被检查者辐射对健康的潜在影响；应注意对陪护者的防护，使其在陪护患者的全程诊治中，所受的辐射剂量做到最小化。

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，佩戴好个人防护用具。

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，医生在为患者实施介入治疗时还须采取以下防护措施：

①时间防护：在满足诊断要求的前提下，在每次使用射线装置 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。

②距离防护：对患者非投照部位做好保护工作，在不影响工作质量的前提下，尽可能加大患者与射线装置的距离。操作人员采取隔室操作方式，控制室与机房之间以墙体隔开，通过观察窗观察病人情况，通过对讲机与病人交流。

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在不影响图像质量和诊疗需要的前提下，尽量使用低剂量。

⑥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。

医院拟为本项目医护人员和患者共配置3套防护用品。根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》，医院需完善原有《射线装置操作规程》，并严格按照该

规程操作。在该规程中明确规定：医生必须佩戴个人剂量计、铅防护用品，在介入诊疗中必须认真做好自身的防护工作，同时介入诊疗中必须做好患者的防护工作。

### （三）机房辐射防护屏蔽设计

本项目 DSA 机房设计的屏蔽参数见表 10-4。

表 10-4 本项目屏蔽材料一览表

场所	屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度
介入手术室 1	四面墙体	3mm 铅板
	楼板	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层
	地面	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层
	防护门（3 扇）	内嵌 3mm 铅板
	防护窗（1 扇）	15mm 厚铅玻璃, 3mmPb
介入手术室 2	四面墙体	3mm 铅板
	楼板	260mm 现浇混凝土
	地面	260mm 现浇混凝土
	防护门（3 扇）	内嵌 3mm 铅板
	防护窗（1 扇）	15mm 厚铅玻璃, 3mmPb

根据医院采购意向，本项目 DSA 管电压不超过 150kV。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录 C.1.2 可计算不同管电压下不同材料厚度等同的铅当量。根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）公式 C.2 以及附录表 C.2 可知：

铅当量厚度 X：

\*\*\*\*\*

虽然根据机器特性，针对 DSA 主要考虑散射线和泄漏射线影响，本项目 DSA 在实际使用中不会使用到最大管电压 150kV，但保守估计，在折合屏蔽体铅当量时，仍按照 150kV 下主射线辐射衰减拟合参数进行铅当量折算。

表 10-5 不同屏蔽材料对不同管电压的 X 射线（主束）辐射衰减拟合参数

管电压 150kV			
材料	$\alpha$ (mm <sup>-1</sup> )	$\beta$ (mm <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (mm <sup>-1</sup> )
混凝土	****	****	****
铅	****	****	****

表 10-6 不同屏蔽材料对不同管电压的 X 射线（散射）辐射衰减拟合参数

管电压 125kV			
材料	$\alpha$ (mm <sup>-1</sup> )	$\beta$ (mm <sup>-1</sup> )	$\gamma$ (mm <sup>-1</sup> )
混凝土	****	****	****
铅	****	****	****

本项目使用的铅板密度为  $11.4\text{g/cm}^3$ ，铅玻璃密度为  $6.22\text{g/cm}^3$ 。标准硫酸钡防护涂层密度为  $3.2\text{g/cm}^3$ ，本项目硫酸钡防护涂层密度为  $2.88\text{g/cm}^3$ ，根据密度折算出，本项目  $30\text{mm}$  硫酸钡防护涂层相当于  $27\text{mm}$  标准硫酸钡防护涂层。

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*。根据公式 1、2 将各屏蔽材料折算成对应管电压下等效屏蔽铅当量，结果见表 10-6。

表 10-6 本项目手术室屏蔽、尺寸参数及防护措施铅当量合规评价

屏蔽方位	设计屏蔽材料及屏蔽厚度	等效屏蔽效果	屏蔽要求	评价
<b>介入手术室 1</b>				
四周墙体	3mm 铅板	<b>3mm 铅当量</b>	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 $2\text{mm}$ ，非有用线束方向铅当量 $2\text{mm}$ 。	满足
楼板	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层	<b>1.15mm+2.35mm 铅当量=3.5mm 铅当量</b>		满足
地面	120mm 混凝土+30mm 硫酸钡防护涂层	<b>1.15mm+2.35mm 铅当量=3.5mm 铅当量</b>		满足
观察窗（1 扇）	15mm 厚的观察窗	<b>3mm 铅当量</b>		满足
防护门（3 扇）	3mm 铅板	<b>3mm 铅当量</b>		满足
手术室尺寸	有效使用面积 $60.9\text{m}^2$ 最小单边长度为 $7.0\text{m}$		机房内最小有效使用面积为 $20\text{m}^2$ ，机房内最小单边长度为 $3.5\text{m}$	满足
<b>介入手术室 2</b>				
四周墙体	3mm 铅板	<b>3mm 铅当量</b>	介入 X 射线设备机房屏蔽防护铅当量厚度要求：有用线束方向铅当量 $2\text{mm}$ ，非有用线束方向铅当量 $2\text{mm}$ 。	满足
顶棚	260mm 混凝土	<b>3.1mm 铅当量</b>		满足
地坪	260mm 混凝土	<b>3.1mm 铅当量</b>		满足
观察窗（1 扇）	15mm 厚的观察窗	<b>3mm 铅当量</b>		满足
防护门（3 扇）	3mm 铅板	<b>3mm 铅当量</b>		满足
手术室尺寸	有效使用面积 $49.4\text{m}^2$ 最小单边长度为 $6.5\text{m}$		机房内最小有效使用面积为 $20\text{m}^2$ ，机房内最小单边长度为 $3.5\text{m}$	满足

#### （四）辐射安全与防护措施

（1）警示标志及设施：介入手术室各防护门表面上均要求设置有电离辐射警告标志及中文警示标志以及工作状态指示灯，灯箱上应设置如“射线有害、灯亮勿入”

的可视警示语句。同时，在作为监督区入口的控制室门及设备间上设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线。

（2）**闭门装置：**建设单位拟为介入手术室平开机房门设置自动闭门装置；推拉式机房门拟制定曝光时关闭机房门的管理措施；电动推拉门宜设置防夹装置。

（3）**急停按钮：**本项目设备通常在床体和操作台自带1个急停按钮，建设单位拟在2间介入手术室墙面各增设1个急停按钮，在机器故障时可摁下，避免意外照射。

（4）**开门按钮：**拟在2间介入手术室内侧靠近机房大门位置设置开门按钮，如有事故发生时，能够按下按钮从内部离开介入手术室。

（5）**门灯联锁：**拟在介入手术室各防护门上各安装1个工作状态指示灯，且所有防护门拟设置工作状态指示灯且能与机房有效关联。

（6）**对讲装置：**开机时操作间和介入手术室内拟设置对讲装置，便于医师在操作室知晓患者在机房内的状况、及时处理意外情况。

（7）**防护用品：**根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中相关要求，应为介入放射学操作辐射工作人员、患者和受检者配备个人防护用品，包括铅橡胶围裙、铅橡胶颈套、铅橡胶帽子、铅防护眼镜；应为辐射工作人员配备辐射防护设施，包括铅悬挂防护屏、铅防护吊帘、床侧防护帘、床侧防护屏；应为患者配备辐射防护用品；应建立相关的操作规程、安全使用制度、人员培训制度和放射事故应急制度。本项目所有拟配备的防护用品和辅助防护设施的铅当量达到0.25mmPb以上。按照医院目前运行日常，手术室内常规只会有3名医护人员和1名患者，故医院拟为辐射工作人员和患者配备8套防护用品。

（8）**监测仪器：**医院拟为北侧院区配一台便携式X-γ剂量监测仪（与加速器机房共用），用于数字血管造影机（DSA）使用期间定期巡检。医院拟为DSA项目第一手术位、第二手术位各配备1个个人剂量报警仪，辐射工作人员应配备足量的个人剂量计，并定期送检。

（9）**防夹措施：**所有的电动推拉门将设置防夹装置。

（10）**管理机构：**建设单位已建立以院领导为代表的第一责任人的安全管理机构。

（11）**管理制度：**本项目建设单位涉及使用II类射线装置，应根据《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）要求，建立相关辐射安全管理制度。建设单位已按照要求制定所有制度并下发至全院，本项目开展前应完善相关制度。拟在辐射工作场所内合适的墙上张贴相应的辐射工作制度、操作规程、岗位职责等。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。

（11）**灭火器材：**根据《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》《核技术利用辐射安全和防护监督监测大纲》（NNSA/HQ-08-JD-PP-020）《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400号）要求，将为2间介入手术室配备灭火器材。

## 三废的治理

### 1.施工期三废治理

#### 1.1 废气

施工过程中产生的废气，属于无组织排放，主要通过施工管理和采取洒水等措施来进行控制。

#### 1.2 噪声

施工期噪声包括铺设电路时机器碰撞以及装修产生的噪声，由于施工范围小，施工期较短，施工噪声对周围环境的影响较小。且禁止夜间施工，也尽可能选用噪音较小的施工设备。

#### 1.3 废水

施工期产生的废水主要包括施工废水和施工人员的生活污水，施工废水沉淀处理后回用，生活污水产量较小，依托南侧院区原污水处理设施处理。

#### 1.4 固体废物

施工中固体废物主要为建筑废料、装修过程中产生的装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾，建筑垃圾运至指定的建筑垃圾处置点堆放，生活垃圾由医院统一收集并移交环卫部门清运。

### 2. 运营期三废治理

#### 2.1. 废水

本项目运行后，废水主要为辐射工作人员和患者产生的生活污水、医疗废水。根据已经获得批复的《广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书》：

医疗废水、生活污水经管道收集后进入新建污水处理站，经污水处理站处理后出水水质达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中预处理标准及《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表1中B级标准，经市政污水管道进入广元大一污水处理厂处理后，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准后排入嘉陵江。

## 2.2 废气

### 加速器机房

本项目加速器机房拟设通排风系统。加速器机房内共设置1个新风口，位于机房顶部东南侧中部；共设置2个排风口，分别位于机房底部（距离地面20cm）西北侧与西南侧。新风量设计 $1300\text{m}^3/\text{h}$ ，排风量设计 $1600\text{m}^3/\text{h}$ 。加速器机房体积为 $168\text{m}^3$ ，有效换气次数可达9次/h。为防止射线泄漏，加速器排风管道采用 $75^\circ$ “V”字穿墙方式。加速器机房产生的臭氧及氮氧化物经拟建的排风系统引至负一楼风井，最终引至院区东侧医疗废物暂存间上方排放，排口朝向院区东侧山坡方向，排口离地约8m。

本项目加速器排口设计、排风量大小及排口位置均符合《放射治疗放射防护要求》(GBZ121-2020)中“放射治疗机房应设置强制排风系统，进风口应设在放射治疗机房上部，排风口应设在治疗机房下部，进风口与排风口位置应对角设置，以确保室内空气充分交换；通风换气次数应不小于4次/h”与《放射治疗辐射安全与防护要求》(HJ1198-2021)中“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、窗或人流较大的过道等位置。”的要求。

本项目医用直线加速器工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，医用直线加速器运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

### 数字减影血管造影机（DSA）

本项目介入手术室1与介入手术室2均为洁净手术室，排风口均位于手术室南侧中部，新风口均位于手术室西北侧。2间介入手术室拟设计排风量为 $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，拟设计新风量为 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，介入手术室1体积为 $208.2\text{m}^3$ ，有效换气次数可达5次/h；介入手术室2体积为 $177.4\text{m}^3$ ，有效换气次数可达6次/h。因此2间介入手术室所采

用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。为防止射线泄漏，2间介入手术室排风管道在穿铅板位置采用3mm铅当量作为屏蔽补偿。

介入手术室1产生的废气经排风管道引至介入手术室1东侧同层楼外排放，排口距地面高度约37m；介入手术室2的废气经排风管道引至介入手术室2南侧同层楼外排放，排口距地面高度约37m。本项目DSA工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，DSA运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

### 2.3 固体废物

本项目加速器机房运营后，金属靶件更换时会有废靶产生，废靶属于放射性废物，委托有资质的单位进行回收处置。除此之外，还会产生辐射工作人员、患者的生活垃圾，在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，运至医院的生活垃圾房内，交由环卫部门进行统一清运。

DSA采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理。本项目介入手术时会产生少量的医疗废物（废药棉、废纱布、废手套、废造影剂瓶等）。每台手术结束后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至介入手术室1东侧的污物打包间，一天的手术结束后，打包间内的医疗废物由清洁人员通过介入手术室1南侧的污梯运送至门诊住院综合楼东侧的医疗废物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

### 2.4 噪声

本项目运行后噪声声源主要为排风系统，所有设备均选用低噪声设备，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《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

## 4. 射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》：射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

环评要求：本项目使用医用直线加速器和数字减影血管造影机（DSA）在进行报废处理时，将该射线装置的高压射线管进行拆解和去功能化，同时将射线装置的主机电源线绞断，使射线装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 环保设施及投资

本项目总投资\*\*\*\*万元，其中环保投资\*\*\*\*万元，占总投资约\*\*\*\*%。本项目为医用直线加速器配备4名辐射工作人员，其中包括：技师1名、医师1名、物理师1名，护师1名；拟为介入手术室1、介入手术室2配备20名辐射工作人员：4名心血管内科医生、4名神经内科医生、4名外周血管介入医生、6名护师、2名技师，其中2名医生搭配1名护师共同完成手术，2名技师固定在各自介入手术室，其余医护根据当天手术排班从而决定在哪间手术室内开展工作。

建设单位拟为以上辐射工作人员配备足够的个人剂量计、个人剂量报警仪以及对应数量的医护、患者防护用品，拟为加速器机房配备固定式剂量报警仪，拟为北侧院区新增1台便携式X-γ剂量监测仪。

表 10-7 本项目环保投资一览表

项目	环保措施		投资（万元）
加速器机房	辐射屏蔽措施	主体工程、防护工程、表面装修	****
		铅防护门1扇	
	通排风系统	通排风系统1套	
		门-机联锁1套（机房防护门）	
	安全措施	门-灯联锁（含工作状态指示灯）1套（机房防护门）	
		固定式剂量报警仪1套（机房防护门）	
		钥匙开关1套	
		出束音响提示装置1套	
		紧急开门按钮1个（机房防护门）	
		急停开关共7个（附有中文标识）	
		（自带：操作台、床旁各自带1个；增设：四面墙拟各设1个、迷道外墙上拟设1个）	
		防夹装置1个	
		监控系统1套	
		对讲系统1套	
		放射防护注意事项告知栏和制度牌1套	
	警示标志	控制区出入口	
		电离辐射警告标志及中文警示说明	
		监督区出入口	警戒线及中文警示标志
	灭火装置1套		
	火灾报警仪		
	防护用品	医护人员防护用品2套	
		患者防护用品1套	
	监测用品	个人剂量报警仪2个	
		个人剂量计4个	
介入	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修	
		2间介入手术室共计铅防护门6扇	

手 术 室 1  介 入 手 术 室 2	安全措施	2间介入手术室共计铅玻璃2扇		
		2套通排风系统		
		2间介入手术室共计门-灯联锁（含工作状态指示灯）6套		
		2间介入手术室共计闭门装置3个		
		2间介入手术室共计防夹装置3个		
		2间介入手术室共计急停按钮6个 床旁和控制室内各自带1个，拟在2间介入手术室内墙面各增设1个		
		2间介入手术室共计增设开门按钮2个		
		2间介入手术室共计对讲系统2套		
		放射防护注意事项告知栏和制度牌2套		
		警示 标志	控制区出入口	电离辐射警告标志及中文警示说明
			监督区出入口	警戒线及中文警示标志
院 区	防护用品	2间介入手术室共计灭火装置2套		
		2间介入手术室共计医护人员防护用品6套		
	监测用品	2间介入手术室共计患者防护用品2套		
		2间介入手术室共计个人剂量报警仪4个		
	监测用品	2间介入手术室共计个人剂量计38个  便携式X-γ剂量监测仪 南侧院区已有1台，北侧院区新增1台		
	其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试		
合计				

**表 11 环境影响分析****建设阶段对环境的影响**

本项目所在建筑为建设单位北侧院区的门诊住院综合楼，该楼已获得广元市生态环境局《关于广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书的批复》，项目所在主体建筑的施工期阶段环境影响已在院区环评中详细描述。

本项目施工期主要为主体建筑的修筑、防护工程、表面装修、射线装置安装和调试，可能的污染因素主要为常规环境要素（施工废水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。医用直线加速器和 DSA 安装时不通电源，因此不会对周围环境产生辐射污染，但在调试时将产生一定辐射污染，设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

**1、施工期对环境产生如下影响：****（1）施工期大气环境影响分析**

建设阶段的大气污染源主要为装修阶段产生的扬尘，但影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染已采取以下措施：

- a) 及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；
- b) 车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；
- c) 施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

**（2）施工期废水环境影响分析**

施工期间，有一定量含有泥浆的建筑装修废水产生，项目施工期施工人员污水产生量较少。施工人员产生的少量生活废水进入建设单位南侧院区原有的污水处理系统处理后进入城市污水管网，项目施工期废水对外环境影响较小。

**（3）施工期噪声环境影响分析**

施工期的噪声污染源主要为电锤、电钻等设备产生，项目已加强管理，且在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）的标准规定，将噪声降低到最低水平；禁止夜间施工。影响将随着施工期结束消除。

**（4）施工期固体废物影响分析**

施工期的固体废物主要是装修垃圾和生活垃圾。建设单位已在施工场地出入口设置临时垃圾桶，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。拆除建筑垃圾可回收利用部分重新利

用，不可回收利用及剩余的建筑垃圾集中收集，由建设单位外运至市政部门指定的垃圾堆放场。故项目施工期间产生的固废对周边环境产生影响较小。

## 2、安装调试期对环境产生如下影响：

安装调试期对于环境主要影响为X射线辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目射线装置安装与调试均要求在项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，避免发生辐射事故。

由于设备的安装和调试均在各机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置。

总之，建设项目施工期和安装调试期对环境产生的上述影响均为短期的，建设项目建成后，影响即自行消除。建设单位和施工单位在施工过程中应切实落实对施工产生的三废及噪声的管理和控制措施，严格落实施工现场的“十必须”、“十不准”，施工期的环境影响将得到有效控制，**建设项目施工期对周围环境影响较小。**

## 运行阶段对环境的影响

### 一、加速器机房防护条件评估

#### 1、加速器机房屏蔽体厚度合理性分析

根据相关文献调查，其中接受X射线治疗患者占总放疗患者的93%，接受电子线治疗者占7%，且根据GBZ/T201.2-2011 4.3.1：“治疗机房屏蔽设计与评价，应估算的辐射束为治疗装置在X射线治疗时可达到的最高MV条件下的有用线束、泄漏线束和其产生的散射辐射”。因此为保守估计，本项目评价均以开展X射线深部曝光治疗进行分析。结合建设单位提供资料，加速器按预计每天治疗约40人，每次治疗时间最多2min，每年工作250天，则加速器每年出束治疗时间最长约333.33h。

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），在本项目加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。由于本项目加速器机房下方为土质层，因此不考虑加速器地面防护。由于机房南北侧屏蔽设计一致，因而只选取北侧进行屏蔽厚度的校核，根据GBZ/T201.2-2011，本项目加速器机房关注点示意图见图11-1和图11-2。

图11-1 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（平面图）

图11-2 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图（剖面图）

### 1.1 剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )

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：

a) 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，由以下周剂量参考控制水平 ( $H_c$ ) 求得关注点的导出剂量率参考控制水平  $H_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )：

对于主射线束：\*\*\*\*..... (公式 11-1)

对于泄漏辐射：\*\*\*\*..... (公式 11-2)

式中：\*\*\*\*；

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

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

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

c) 取 a)、b) 中较小者作为关注的剂量率参考控制水平 ( $H_c$ )。

为了确保辐射安全，本次环评各关注点的最高剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  均取  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。为校核机房侧屏蔽是否满足要求，因此特在机房西侧土质层位置设置点位 e，该点剂量率参考控制水平  $H_{c,max}$  保守按取  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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表11-1。

表11-1 机房外各关注点剂量率参考控制水平和主要考虑的辐射束

关注点位	保护目标	居留因子	剂量率参考控制水平 ( $H_c$ ) $\mu\text{Sv}/\text{h}$			主要考虑的辐射束	射线路径
			$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	$H_c$		
a (走道)	辐射工作人员	1/5	74.63	2.50	2.50	主射线	$O_2 \rightarrow a$
b (服务器机房)	辐射工作人员	1/20	298.51	2.50	2.50	主射线	$O_2 \rightarrow b$
d (模拟定位 CT室)	辐射工作人员	1/2	5.49	2.50	2.50	泄漏辐射	$O_2 \rightarrow d$
						人体的一次散	$O_2 \rightarrow O \rightarrow d$

						射辐射	
e (土质层)	/	/	/	2.50	2.50	泄漏辐射	O <sub>3</sub> →e
f (控制室)	辐射工作人员	1	2.99	2.50	2.50	泄漏辐射	O <sub>3</sub> →f
k(电气辅助机房/水冷机房)	辐射工作人员	1/20	59.70	2.50	2.50	泄漏辐射	O <sub>2</sub> →e
g (机房门外)	周围公众	1/5	2.87	2.50	2.5	泄漏辐射	O <sub>1</sub> →g
						人体的一次散射辐射	O <sub>1</sub> →O→B→P→g
l (架空层通道, 离机房顶部约2m)	周围公众	1/5	3.73	2.50	2.5	主射线	O <sub>3</sub> →l
m (架空层通道, 离机房顶部约2m)	周围公众	1/5	2.87	2.50	2.5	泄漏辐射	O <sub>3</sub> →m
						人体的一次散射辐射	O <sub>3</sub> →O→m

## 1.2 主射线束主屏蔽区宽度计算

使用《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）的相关公式计算有用线束主屏蔽区的宽度。

$$Y_p = 2[(a + SAD) \cdot \tan \theta + 0.3] \dots\dots \text{公式 11-3}$$

式中, Y<sub>p</sub>—机房有用束主屏蔽区的宽度, m;

SAD—源轴距, m;

θ—治疗束的最大张角（相对束中的轴线）, 即射线最大出射角的一半;

a—等中心点至“墙”的距离, m。当主屏蔽区向机房内凸时, “墙”指与主屏蔽墙相连接的次屏蔽墙（或顶）的内表面；当主屏蔽区向机房外凸时, “墙”指主屏蔽区墙（或顶）的外表面。

本项目设计的加速器机房, 主屏蔽区包括屋顶及墙体的部分位置, 加速器主射线的最大出束角度为28°, 有用线束主屏蔽区示意图见图11-1、11-2, 主屏蔽宽度计算结果见表11-2。

表11-2 加速器机房主屏蔽范围计算表

参数	取值		
	南墙主屏蔽	北墙主屏蔽	屋顶主屏蔽
a (m)	4.7	4.7	5.7
SAD (m)	1	1	1
θ(°)	14	14	14
计算宽度 Y <sub>p</sub> (m)	3.442	3.442	3.941
设计宽度 (m)	4	4	4

评价	满足	满足	满足
----	----	----	----

### 1.3 主屏蔽墙、侧屏蔽墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011相关公式，对有用线束主屏蔽墙体厚度及侧屏蔽墙体厚度进行理论计算。按公式11-4计算所需的屏蔽透射因子B，按式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度X<sub>e</sub>，再按照公式11-6获得屏蔽厚度X，计算结果及分析比较见表11-3。

\*\*\*\*.....公式11-4

\*\*\*\*.....公式11-5

\*\*\*\*.....公式11-6

式中： \*\*\*\*

表11-3 加速器机房主屏蔽区和侧屏蔽区墙厚度核算结果

参数	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	备注
	a	b	l	e	k (迷路外墙)	f (迷路内墙+外墙)	
剂量率参考控制水平Hc ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
R (m)	6.5	6.9	7.0	5.5	11.0	9.3	
H0 ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	****						
f	1	1	1	0.001	0.001	0.001	加速器机房下方为土质层，人员不可达
透射因子B	7.34E-08	8.27E-08	8.51E-08	5.25E-05	2.10E-04	1.50E-04	
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35	
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31	
有效屏蔽厚度Xe (cm)	268	266	266	137	118	123	
屏蔽厚度X (cm)	268	266	266	137	102	123	
设计厚度 (cm)	270	270	300	150	150	270	
是否满足屏蔽要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

#### 1.4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据GBZ/T201.1-2007 4.3.6次级辐射屏蔽可能包含泄漏辐射和散射辐射的复合作用。通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当他们的屏蔽厚度相差一个半值层（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽；当相差不足一个TVL时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层（HVL）厚度。根据NCRP33号取得10MV医用电子加速器的半值层为11.7cm。

泄漏辐射按式11-4计算所需的屏蔽透射因子B，按式11-5估算所需要的有效屏蔽厚度X<sub>e</sub>，再按照式11-6获得屏蔽厚度X；散射辐射首先根据公式11-7计算墙的屏蔽透射因子B，再按照公式11-5和公式11-6估算墙的有效屏蔽厚度X<sub>e</sub>和X。患者散射角度取30°保守估算，查GBZ/T201.2-2011附表B.4，患者散射辐射（患者散射角均接近30°，以30°考虑）；

\*\*\*\*.....公式11-7

式中： \*\*\*\*

表11-4 与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

参数	d		m	
主要考虑的辐射束	泄漏辐射	散射辐射	泄漏辐射	散射辐射
射线路径	O <sub>2</sub> →d	O <sub>2</sub> →O→d	O <sub>3</sub> →m	O <sub>3</sub> →O→m
R (m)	8.3	7.6	6.3	5.3
H <sub>c</sub> ( $\mu$ Sv/h)	2.50	2.50	2.5	2.5
H <sub>0</sub> ( $\mu$ Sv·m <sup>2</sup> /h)	****			
$\alpha_{ph}$	/	3.18E-03	/	3.18E-03
F (cm <sup>2</sup> )	/	1600	/	1600
f	0.001	/	0.001	/
斜射角	****			
透射因子 B	1.20E-04	7.88E-06	6.89E-05	3.83E-06
TVL1 (cm)	35	28	35	28
TVL (cm)	31	28	31	28
理论有效厚度 X <sub>e</sub> (cm)	126	143	133	152
屏蔽厚度 (cm)	109	124	115	131
散射辐射与泄漏辐射所需屏蔽厚度差值 (cm)	15		16	
HVL (cm)	11.7		11.7	
散射和泄漏辐射复合作用所需屏蔽厚度 (cm)	124		131	

设计厚度 (cm)	150	180
是否满足要求	满足	满足

### 1.5 迷道内墙厚度核算

根据GBZ/T201.2-2011, 4.3.2.5.1条b) 款, 迷路入口g点处对应的迷道内墙厚度应当满足“泄漏辐射在迷路入口g点处的H<sub>c</sub>应小于限值2.5μSv/h的1/4”的条件, 评价取值0.625μSv/h作为核算依据。

表11-5 迷道内墙泄漏屏蔽厚度核算结果

点位	主要考虑的辐射束	射线路径	R(m)	H <sub>c</sub> (μSv/h)	TVL <sub>1</sub> (cm)	TVL (cm)	有效屏蔽厚度 X <sub>e</sub> (cm)	屏蔽厚度	设计厚度(cm)	是否满足要求
g点	泄漏辐射	O <sub>1</sub> →g	10.5m	0.625	35	31	138	119	120	满足

注: 由于O<sub>2</sub>→g点的路径更远且穿过的屏蔽更厚, 因此取最大的O<sub>1</sub>→g路径进行屏蔽核算

### 1.6 机房防护门屏蔽厚度核算 (泄漏辐射和散射线复合作用)

机房入口关注点处 (g点) 的散射辐射剂量率H计算公式如下:

$$\text{****.....公式 11-8}$$

式中: \*\*\*\*

所需铅屏蔽透射因子B计算公式如下:

$$\text{****.....公式11-9}$$

表11-6 机房防护门屏蔽厚度核算

加速器机房			
散射辐射 (O <sub>1</sub> →O→B→P→g)		泄漏辐射 (O <sub>1</sub> →g)	
$H_0$ (μSv/h)			1.44E+09
$\alpha_{ph}$	1.35E-03	透射因子 B	4.79E-05
$\alpha_2$	2.2E-02		
$\alpha_3$	2.2E-02		
$R_1$ (m)	7.5	R (m)	10.5
$R_2$ (m)	7.0		
$R_3$ (m)	2.8		
$A_1$ (m <sup>2</sup> )	15.73	f	0.001
$A_2$ (m <sup>2</sup> )	24.97		
$H$ (μSv/h)	68.41	$H_{od}$ (μSv/h)	0.625
B	1.20E-02		
TVL (mm)	5		
理论计算值 (mm)	9.34		

经计算, 当机头出束点在O<sub>1</sub>处时, 机房入口屏蔽前的散射辐射剂量率为68.41μSv/h, 泄漏辐射剂量率为0.625μSv/h。经计算, B为1.20E-02, 在机房入口处的散射辐射能量约0.2MeV, 铅中的TVL为5.0mm, 求出所需屏蔽为9.34mmPb, 设计加

速器机房防护门厚度为15mmPb，满足屏蔽要求。

小结：本项目加速器机房理论厚度及实际设计参数见表11-7。

表11-7 加速器机房各屏蔽体理论计算值与设计值综合汇总表

	方位	理论计算值	实际设计值	是否满足
加速器机房	主屏蔽墙	南侧主屏蔽 2.68m	南侧主屏蔽 2.70m	满足
		北侧主屏蔽 2.68m	北侧主屏蔽 2.70m	
		屋顶主屏蔽 2.66m	屋顶主屏蔽 3.00m	
	次屏蔽墙	南侧次屏蔽区 1.35m	南侧次屏蔽区 1.50m	满足
		北侧次屏蔽区 1.35m	北侧次屏蔽区 1.50m	
		屋顶次屏蔽区 1.43m	屋顶次屏蔽区 1.80m	
	侧屏蔽墙	西侧屏蔽 1.37m	西侧屏蔽 1.50m	满足
	迷路内墙	1.19m	1.20m	满足
	迷路内墙+外墙	1.23m	1.2m+1.5m=2.70m	满足
	防护门	9.34mmPb	15mmPb	满足

## 1.7 电子辐射环境影响分析

本项目医用直线加速器在运行过程中产生的电离辐射包括有：电子、X射线。

由于电子在物质中的射程是有限的，屏蔽比较容易，只要所选择的物质厚度大于带电粒子在该物质的射程，就可以将其完全吸收。根据《放射卫生学》（章仲侯主编，P171）其中电子在介质中的射程可根据公式11-10近似计算：

.....公式11-10

式中：\*\*\*\*

表11-8 电子在不同介质中射程估算表

粒子	电子
能量 (MeV)	****
混凝土密度 (g/cm <sup>3</sup> )	****
混凝土中的射程 (cm)	3.15

根据表11-8，电子在混凝土中射程为3.15cm，加速器机房墙体最小屏蔽厚度为170cm，所以本项目加速器机房设计结构和屏蔽厚度足以屏蔽电子线，因此加速器在运行中电子线对周围辐射环境影响很小。

## 2. 理论预测分析

根据GBZ/T201.2-2011, X射线治疗时, 各预测点人员可能受到的剂量按以下公式计算:

.....\*\*\*\*..... (公式11-11)

.....\*\*\*\*..... (公式11-12)

#### 主束和泄漏辐射剂量估算：

.....\*\*\*\*..... (公式11-13)

#### 患者一次散射辐射剂量估算：

.....\*\*\*\*..... (公式11-14)

穿过患者或迷路内墙的有用线束再屏蔽墙的一次散射辐射剂量估算：

\*\*\*\*..... (公式11-15)

泄漏一次散射辐射剂量估算

..... \*\*\*\* (公式11-16)

估算的主屏蔽区和侧屏蔽区对各关注点剂量见表11-9,与主屏蔽区相连的次屏蔽区对各关注点产生的剂量见表11-10。

表11-9 主射线束和泄漏辐射对关注点的剂量估算表

参数	主屏蔽墙	主屏蔽墙	主屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙	侧屏蔽墙
	a	b	l	e	k (迷路外墙)	f(迷路内墙+外墙)
X (cm)	270	270	300	150	150	270
Xe (cm)	270	270	300	150	173	270
TVL1 (cm)	41	41	41	35	35	35
TVL (cm)	37	37	37	31	31	31
B	6.47E-08	6.47E-08	1.00E-08	1.95E-05	1.95E-05	2.63E-09
R (m)	6.5	6.9	7	5.5	11	9.3
H <sub>0</sub> μSv·m <sup>2</sup> /h	****					
f	1	1	1	0.001	0.001	0.001
H μSv/h	2.20	1.96	0.25	0.93	0.23	4.37E-05
$\dot{H}_c$ μSv/h 剂量率参考控制水平	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

表11-10 泄漏辐射和患者一次散射对关注点的剂量估算表

关注点参数		次屏蔽区	次屏蔽区
设计厚度	X (cm)	d 点	m 点
	Xe (cm)	150	180
泄漏辐射	TVL1 (cm)	173	208
	TVL (cm)	35	35
	R (m)	31	31
		8.3	6.3

	$B_L$	3.48E-06	2.66E-07
	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	****	****
	$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	7.28E-02	9.64E-03
散射辐射	$X_e$ (cm)	173	208
	TVL1 (cm)	28	28
	TVL (cm)	28	28
	$R_s$ (m)	7.6	5.3
	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ )	****	****
	$\alpha_{ph}$	1.35E-03	1.35E-03
	$B_s$	6.52E-07	3.78E-08
	$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	8.77E-02	1.05E-02
泄漏辐射和散射辐射的复合作用( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		1.61E-01	2.01E-02
剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		2.50	2.50
评价结果		满足	满足

### 加速器机房入口防护门屏蔽计算 (g点)

本项目有用线束不向迷路内墙照射，根据GBZ/T201.2-2011，考虑的辐射照射见4.3.2.5.1，a) 入射至迷道内墙的辐射散射至H点处的辐射中，迷道内墙的入射辐射可能来自：

- 1) 泄漏辐射 ( $O_1 \rightarrow g$ )；
- 2) 散射辐射 ( $O_1 \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g$ )；

表11-11 泄漏辐射和患者一次散射对关注点g的剂量估算表

散射辐射 ( $O_1 \rightarrow O \rightarrow B \rightarrow P \rightarrow g$ )		泄漏辐射 ( $O_1 \rightarrow g$ )	
$H_0$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )		****	
$\alpha_{ph}$	1.35E-03	主射线透射因子 B	4.79E-05
$\alpha_2/\alpha_3$	2.20E-02		
$R_1$ (m)	7.5		
$R_2$ (m)	7.0		10.5
$R_3$ (m)	2.8		
$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	15.73		
$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	24.97		0.001
$H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	68.41	$H_{od}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	0.625
泄漏辐射和散射辐射的复合作用( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	69.04		

表11-12 机房入口由泄漏辐射和散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	机房入口g点
机房入口关注点处的剂量率H ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	69.04
屏蔽厚度 (mm)	15
TVL (mm)	5
B	1.00E-03
剂量当量 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	6.90E-02

剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	2.50
评价结果	满足

**3.年有效剂量评估**

.....\*\*\*\*..... (公式11-17)

式中：\*\*\*\*

由此估算加速器机房周围各关注点的年附加有效剂量见表11-13。

表11-13 加速器机房各关注点辐射影响理论估算结果汇总表

加速器机房周围							
关注点	居留因子	使用因子	剂量率值( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考控制水平( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年剂量估算值(mSv/a)	剂量管理值(mSv/a)	评价结论
a (走道)	1	1	2.20	2.50	7.33E-01	5.0	满足
b (服务器机房)	1/20	1	1.96	2.50	6.53E-01	5.0	
d (模拟定位CT室)	1/2	1	1.61E-01	2.50	5.37E-02	5.0	
e (土质层)	/	/	/	2.50	/	/	
f (控制室)	1	1	4.37E-05	2.50	1.46E-05	5.0	
g (机房门外)	1/5	1	6.90E-02	2.50	2.30E-02	0.1	
k (电气辅助机房/水冷机房)	1/20	1	0.23	2.50	7.67E-02	5.0	
l (架空层通道, 离机房顶部约 2m)	1/5	1	0.25/2/2=0.0625	2.50	2.08E-02	0.1	
50m 范围内其他保护目标							
关注点	方位、最近距离	参考点位	参考点剂量率	居留因子	年剂量估算值(mSv/a)	剂量管理值(mSv/a)	评价结论
门诊住院综合楼/院区道路	加速器所在楼	g 点	6.90E-02	1	2.30E-02	0.1	满足
建设路	西侧 最近 9m	e 点	0.93	1	3.83E-03	0.1	
自建居民房	南侧 最近 10m	参考北侧走道a点	2.2	1	7.33E-03	0.1	
居民区	西侧 最近 37m	e 点	0.93	1	2.26E-04	0.1	
拟建污水处理站	西南侧 最近 33m	e 点	0.93	1	2.85E-04	0.1	

从表11-13可以看出，保守估算加速器机房正常运行辐射工作人员最大年有效剂量为0.733mSv/a，所致公众人员最大年有效剂量为0.023mSv/a。为保守估计，以加速器机房各保护目标均选择最大剂量率值所在点作为剂量率参考点，根据距离衰减可计算出加速器机房周围50m内保护目标年有效剂量最大为0.023mSv/a。均满足《放射治疗辐射安全与防护要求》（HJ 1198-2021）中的相关要求：工作人员的剂量管理限值5mSv/a，公众人员的剂量管理限值0.1mSv/a。

## 二、介入手术室理论预测分析

### 1、辐射种类和计算方法

据原中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年第66号公告《射线装置分类》，数字减影血管造影机（DSA）属于II类射线装置。DSA工作时主要环境影响因素为工作时产生的X射线，包含主射线、散射线和泄漏射线。主射线方向从下往上。

由本项目引用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）进行理论预估。《辐射防护手册》由核工业部安全防护卫生局和原子能出版社共同组织编写，涉及范围广泛，主要讨论了环境辐射标准、环境监测、剂量计算和三废治理等，应用于我国核能事业及辐射和放射性同位素在工业、农业及医学等多个领域，能很好地满足从事辐射防护工作的广大科技人员的实际需要。

本项目理论预测采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算方式10.8和10.10演变可得。

### 2、计算条件

#### （1）评估参数选取

**主射线：**本项目2间介入手术室根据《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\*\*\*\*，结合评估工况里的电流参数，从而可知DSA透视时距离机头1m处空气比释动能率为 $1.37E+07\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，拍片时距离机头1m处空气比释动能率为 $2.74E+08\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

**泄漏射线：**根据《\*\*\*\*》（GB 9706.12-1997）中“29.204.3 加载状态下的泄漏辐射X射线管组件和X射线源组件在加载状态下的泄漏辐射。当其相当于规定的1h最大输入能量加载条件下以标称X射线管电压运行时，距焦点1m处，在任意100cm<sup>2</sup>区域内平均空气比释动能，应符合下列要求：对于其他各种X射线管组件及X射线源组件，应不超过1.0mGy/h。因此综合考虑，本项目射线装置在1m处泄漏射线的空气比释动能率保守取1.00E+03μGy/h。

## （2）散射线能量

由于屏蔽体透射因子的取值与射线的能量有关，根据\*\*\*\*中可知，射线经过散射后，其能量由公式3推导，单位为kV。光子散射后的能量E为(θ为散射角)：

\*\*\*\*\*-----公式11-18

根据上式计算得出，本项目射线装置在管电压为100kV时，θ=90°时的散射线能量约为84kV。

## （3）透射因子

根据《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）附录文献可得不同管电压下不同材质的拟合参数，见表 11-15。

表 11-15 铅、混凝土对不同管电压的 X 射线辐射衰减拟合参数

铅/混凝土对不同管电压的 X 射线（主束/泄漏）辐射衰减拟合参数			
铅（100kV）	****	****	****
混凝土（100kV）	****	****	****
铅/混凝土对不同管电压的 X 射线（散射）辐射衰减拟合参数			
铅（100kV）	****	****	****
混凝土（100kV）	****	****	****

参考《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020），评价结果见表11-16。

表 11-16 2 间介入手术室当前屏蔽参数一览表

场所	屏蔽方位	实际屏蔽材料及 屏蔽厚度	透射因子	
			主射线/泄漏 射线	散射线
介入手术 室 1	四面墙体	3mm 铅板	4.14E-05	6.31E-05
	楼顶	120mm 混凝土楼板+30mm 硫酸钡水泥涂层	1.48E-08	3.40E-08
	地面	120mm 混凝土楼板+30mm 硫酸钡水泥涂层	1.48E-08	3.40E-08
	观察窗	15mm 厚铅玻璃	4.14E-05	6.31E-05
	防护门	3mmPb 铅门	4.14E-05	6.31E-05

介入手术室 2	四面墙体	3mm 铅板	4.14E-05	6.31E-05
	楼顶	260mm 混凝土楼板	2.51E-06	3.80E-06
	地面	260mm 混凝土楼板	2.51E-06	3.80E-06
	观察窗	15mm 厚铅玻璃	4.14E-05	6.31E-05
	防护门	3mmPb 铅门	4.14E-05	6.31E-05
防护用品	吊屏/铅帘	0.5mm 铅当量	3.66E-02	4.72E-02
	铅手套	0.025mm 铅当量	6.76E-01	6.82E-01
	铅眼镜	0.25mm 铅当量	1.10E-01	1.29E-01
	铅衣	0.5mm 铅当量	3.66E-02	4.72E-02
设备自带	设备硬件设施	0.85mm 铅当量	1.14E-02	1.60E-02

注: \*\*\*\*

#### (4) 利用因子和居留因子

计算时按照射线装置机头拟放置位置确定到达关注点距离，根据《放射医学中的辐射防护》（Radiation Protection in Medical Radiography, Mary Alice Statkiewicz Sherer, 6th Edition. Mosby, 032010,p300）对于利用因子一律取1。另根据NCRP147号报告P31的表4.1 医疗场所居留因子建议值对本项目保护目标所在场所的居留因子进行取值。

### 3 计算公式与计算结果

#### (1) 主射线辐射影响计算公式

本项目手术室上方主要考虑主射线影响，四周主要考虑散射线和泄漏射线影响。采用《辐射防护手册》（第一分册，李德平、潘自强主编）中10.3对于X射线机的屏蔽计算公式10.8进行推导：

$$**** \text{-----} \text{公式 11-19}$$

式中：\*\*\*\*。

#### (2) 散射线辐射影响计算公式

散射线在关注点的造成的空气比释动能率计算，可参照《辐射防护手册》（第一分册）公式10.10采用以下公式：

$$\text{****} \text{-----} \text{公式 11-20}$$

#### (3) 泄漏射线

泄漏射线对于屏蔽体外关注点的辐射影响计算公式为：

$$\text{****} \text{-----} \text{公式 11-21}$$

式中： \*\*\*\*

根据上述公式计算DSA手术室周围关注点和医生手术位在开机时的散射线和泄漏射线产生的瞬时剂量率，结果见表11-21、表11-22、表11-23。

\*\*\*\*\*

表11-17 本项目介入手术室1、介入手术室2周围主射线方向剂量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	透射因子	利用因子	空气比释动能率(μGy/h)	周围剂量当量率(μSv/h)
1-11	楼上 褶楼8楼屋面	透视	4.3m	120mm 混凝土板+30mm 硫酸钡水泥涂层+0.85mmPb 设备硬件设施	5.44E-10	1	4.02E-04	6.64E-04
		拍片					8.05E-03	1.33E-02
2-9	楼上 抗生素药物配置	透视	4.3m	260mm 混凝土楼板+0.85mmPb 设备硬件设施	6.08E-08	1	4.50E-02	7.42E-02
		拍片					9.00E-01	1.48E+00

注: \*\*\*\*。

表11-18 不同介入诊疗条件下介入手术室周围剂量率估算结果

介入手术室1										
关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	散射线		泄漏射线		空气比释动能率(μGy/h)	周围剂量当量率(μSv/h)
					透射因子	空气比释动能率(μGy/h)	透射因子	空气比释动能率(μGy/h)		
1-1	北侧墙外30cm处 (污物通道1)	透视	4.2	3mm铅板	6.31E-05	2.54E-03	4.14E-05	2.35E-03	4.89E-03	4.42E-03
		拍片			6.31E-05	5.09E-02	4.14E-05	2.35E-03	5.32E-02	8.71E-02
1-2	北侧门外30cm处 (污物通道1)	透视	5.0	3mm铅板	6.31E-05	1.80E-03	4.14E-05	1.66E-03	3.45E-03	3.14E-03
		拍片			6.31E-05	3.59E-02	4.14E-05	1.66E-03	3.76E-02	6.15E-02
1-3	东侧墙外30cm处 (污物通道2)	透视	4.3	3mm铅板	6.31E-05	2.43E-03	4.14E-05	2.24E-03	4.67E-03	4.22E-03
		拍片			6.31E-05	4.86E-02	4.14E-05	2.24E-03	5.08E-02	8.31E-02
1-4	南侧墙外30cm处 (走道)	透视	6.6	3mm 铅板	6.31E-05	1.03E-03	4.14E-05	9.50E-04	1.98E-03	1.83E-03
		拍片			6.31E-05	2.06E-02	4.14E-05	9.50E-04	2.16E-02	3.53E-02
1-5	南侧墙外30cm处 (介入手术室1设备间)	透视	6.7	3mm 铅板	6.31E-05	1.00E-03	4.14E-05	9.22E-04	1.92E-03	1.78E-03
		拍片			6.31E-05	2.00E-02	4.14E-05	9.22E-04	2.09E-02	3.43E-02
1-6	西侧墙外30cm处	透视	6.6	3mm 铅板	6.31E-05	1.03E-03	4.14E-05	9.50E-04	1.98E-03	1.83E-03

	(患者/医护走道)	拍片			6.31E-05	2.06E-02	4.14E-05	9.50E-04	2.16E-02	3.53E-02
1-7	西侧门外30cm处 (患者/医护走道)	透视	5.6	3mm铅板	6.31E-05	1.43E-03	4.14E-05	1.32E-03	2.75E-03	2.52E-03
		拍片			6.31E-05	2.86E-02	4.14E-05	1.32E-03	2.99E-02	4.90E-02
1-8	西侧窗外30cm处 (控制室)	透视	4.6	15mm厚铅玻璃	6.31E-05	2.12E-03	4.14E-05	1.96E-03	4.08E-03	3.70E-03
		拍片			6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.26E-02
1-9	西侧墙外30cm处 (控制室)	透视	4.7	3mm铅板	6.31E-05	2.03E-03	4.14E-05	1.87E-03	3.91E-03	3.54E-03
		拍片			6.31E-05	4.06E-02	4.14E-05	1.87E-03	4.25E-02	6.96E-02
1-10	西侧门外30cm处 (控制室)	透视	5.1	3mm铅板	6.31E-05	1.73E-03	4.14E-05	1.59E-03	3.32E-03	3.02E-03
		拍片			6.31E-05	3.45E-02	4.14E-05	1.59E-03	3.61E-02	5.91E-02
1-12	楼下 (楼板30cm处)	透视	0.56	120mm混凝土板+30mm硫酸钡水泥涂层	3.40E-08	7.71E-05	1.48E-08	4.72E-05	1.24E-04	1.32E-04
		拍片			3.40E-08	1.54E-03	1.48E-08	4.72E-05	1.59E-03	2.64E-03
	楼下 (距地1.7m处,去污区)	透视	3.3	120mm混凝土板+30mm硫酸钡水泥涂层	3.40E-08	2.22E-06	1.48E-08	1.36E-06	3.58E-06	3.82E-06
		拍片			3.40E-08	4.44E-05	1.48E-08	1.36E-06	4.58E-05	7.60E-05
<b>介入手术室2</b>										
2-1	北侧墙外30cm处 (污物通道)	透视	3.8	3mm铅板	6.31E-05	3.11E-03	4.14E-05	2.87E-03	5.98E-03	5.38E-03
		拍片			6.31E-05	6.22E-02	4.14E-05	2.87E-03	6.50E-02	1.06E-01
2-2	北侧门外30cm处 (污物通道)	透视	4.4	3mm铅板	6.31E-05	2.32E-03	4.14E-05	2.14E-03	4.46E-03	4.03E-03
		拍片			6.31E-05	4.64E-02	4.14E-05	2.14E-03	4.85E-02	7.94E-02
2-3	东侧墙外30cm处 (走道)	透视	4.6	3mm铅板	6.31E-05	2.12E-03	4.14E-05	1.96E-03	4.08E-03	3.70E-03
		拍片			6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.26E-02
2-4	南侧墙外30cm处 (患者/医护走道)	透视	5.6	3mm铅板	6.31E-05	1.43E-03	4.14E-05	1.32E-03	2.75E-03	2.52E-03
		拍片			6.31E-05	2.86E-02	4.14E-05	1.32E-03	2.99E-02	4.90E-02
2-5	南侧门外30cm处 (患者/医护走道)	透视	5.7	3mm铅板	6.31E-05	1.38E-03	4.14E-05	1.27E-03	2.66E-03	2.43E-03
		拍片			6.31E-05	2.76E-02	4.14E-05	1.27E-03	2.89E-02	4.73E-02
2-6	西侧门外30cm处	透视	6.3	3mm铅板	6.31E-05	1.13E-03	4.14E-05	1.04E-03	2.17E-03	2.00E-03

	(控制室)	拍片			6.31E-05	2.26E-02	4.14E-05	1.04E-03	2.37E-02	3.87E-02
2-7	西侧窗外30cm处 (控制室)	透视	5.0	15mm厚铅玻璃	6.31E-05	1.80E-03	4.14E-05	1.66E-03	3.45E-03	3.14E-03
		拍片			6.31E-05	3.59E-02	4.14E-05	1.66E-03	3.76E-02	6.15E-02
2-8	西侧墙外30cm处 (缓冲室)	透视	4.6	3mm铅板	6.31E-05	2.12E-03	4.14E-05	1.96E-03	4.08E-03	3.70E-03
		拍片			6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.26E-02
2-10	楼下 (楼板30cm处)	透视	0.56	260mm混凝土 楼板	3.80E-06	8.62E-03	2.51E-06	8.00E-03	1.66E-02	1.47E-02
		拍片			3.80E-06	1.72E-01	2.51E-06	8.00E-03	1.80E-01	2.95E-01
	楼下 (距地1.7m处，护士站)	透视	3.3	260mm混凝土 楼板	3.80E-06	2.48E-04	2.51E-06	2.30E-04	4.79E-04	4.29E-04
		拍片			3.80E-06	4.96E-03	2.51E-06	2.30E-04	5.19E-03	8.49E-03

注：由《用于光子外照射放射防护的剂量转换系数》（GBZ/T 144-2002）表B1中100kV下，K=1.65,80kV和100kV插值获得84kV下空气比释动能到周围剂量当量的转换系数为1.71。

\*\*\*\*\*。

表11-19 医护人员剂量率估算结果

关注点	预测点	模式	距离(m)	屏蔽材料	利用因子	散射线		泄漏射线		合计瞬时剂量率(μGy/h)	周围剂量当量率(μSv/h)
						屏蔽透射因子	瞬时剂量率(μGy/h)	屏蔽透射因子	瞬时剂量率(μGy/h)		
1-13、 2-11	第一术者位	透视	0.45	0.5mmPb铅屏	1	4.72E-02	1.66E+02	3.66E-02	1.81E+02	3.47E+02	5.72E+02
				0.5mmPb铅衣 +0.5mmPb铅屏		2.23E-03	1.57E+02	1.34E-03	6.62E+00	1.63E+02	2.69E+02
		拍片	4.6	15mm厚铅玻璃		6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.32E-02
1-14、 2-12	第二术者位	透视	0.75	0.5mmPb铅屏	1	4.72E-02	5.97E+01	3.66E-02	6.51E+01	1.25E+02	2.06E+02
				0.5mmPb铅衣 +0.5mmPb铅屏		2.23E-03	5.63E+01	1.34E-03	2.38E+00	5.87E+01	9.69E+01

		拍片	4.6	15mm厚铅玻璃		6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.32E-02
1-15、 2-13	护师位	透视	1.00	0.5mmPb铅屏	1	4.72E-02	3.36E+01	3.66E-02	3.66E+01	7.02E+01	1.16E+02
				0.5mmPb铅衣 +0.5mmPb铅屏		2.23E-03	3.17E+01	1.34E-03	1.34E+00	3.30E+01	5.45E+01
		拍片	4.6	15mm厚铅玻璃		6.31E-05	4.24E-02	4.14E-05	1.96E-03	4.44E-02	7.32E-02

注: \*\*\*\*。

根据表11-17、表11-18可知，介入手术室屏蔽体外表面0.3m外的辐射剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中要求。

#### 4. 辐射工作人员及周围公众年有效剂量评估

##### 4.1 人员所受年有效剂量估算

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）2000年报告附录A公式计算机房周围各关注点辐射工作人员和公众受到的X射线产生的外照射人均年有效剂量：

\*\*\*\*\*

-----公式11-22

根据公式 11-22 可得辐射工作人员及公众年有效剂量预测结果见表 11-20。

表11-20 本项目介入手术室辐射工作人员及公众年有效附加剂量一览表

序号	位置	空气吸收剂量率 ( $\mu\text{Gy}/\text{h}$ )		居留因子	年照射时间	保护目标	年有效剂量(mSv/a)	
介入手术室1								
1	北侧 污物通道 1	透视	4.42E-03	1/5	透视： 175h；拍片：5.84h	周围公众	2.56E-04	
		拍片	8.71E-02			周围公众	2.45E-04	
2	东侧 污物通道 2	透视	4.22E-03	1/5		周围公众	1.05E-04	
		拍片	8.31E-02			辐射工作人员	2.56E-05	
3	南侧 走道	透视	1.83E-03	1/5		周围公众	1.45E-04	
		拍片	3.53E-02			辐射工作人员	1.07E-03	
4	南侧 介入手术室 1 设备间	透视	1.78E-03	1/20		周围公众	5.56E-07	
		拍片	3.43E-02			周围公众	9.69E-06	
5	西侧 患者/医护走道	透视	2.52E-03	1/5		辐射工作人员	2.14E-04	
		拍片	4.90E-02			周围公众	1.25E-04	
6	西侧 控制室 (技师)	透视	3.70E-03	1		辐射工作人员	9.08E-04	
		拍片	7.26E-02			周围公众	2.16E-02	
7	楼下 去污区	透视	3.82E-06	1/2		周围公众	3.13E-04	
		拍片	7.60E-05			周围公众	2.14E-04	
8	楼上 褶楼8楼 屋面	透视	6.64E-04	1/40		辐射工作人员	2.14E-04	
		拍片	1.33E-02			周围公众	1.25E-04	
介入手术室 2								
1	北侧 污物通道	透视	5.38E-03	1/5	透视： 175h；拍片：5.84h	周围公众	2.14E-04	
		拍片	1.06E-01			周围公众	1.45E-04	
2	东侧 走道	透视	3.70E-03	1/5		辐射工作人员	9.08E-04	
		拍片	7.26E-02			周围公众	2.16E-02	
3	南侧 患者/医护走道	透视	2.52E-03	1/5		辐射工作人员	2.14E-04	
		拍片	4.90E-02			周围公众	1.25E-04	
4	东侧 控制室 (技师)	透视	3.14E-03	1		周围公众	3.13E-04	
		拍片	6.15E-02			周围公众	2.14E-04	
5	东侧 缓冲室	透视	3.70E-03	1/5		辐射工作人员	2.14E-04	
		拍片	7.26E-02			周围公众	1.25E-04	
9	楼下 护士站	透视	4.29E-04	1		辐射工作人员	2.14E-04	
		拍片	8.49E-03			周围公众	1.25E-04	
10	楼上 抗生素药物配置室	透视	7.42E-02	1		周围公众	3.13E-04	
		拍片	1.48E+00			周围公众	2.14E-04	
医护人员								

1	第一术者位	透视 (铅衣外)	4.71E+02	1	透视时间： 75h, 拍片 时间2.5h	辐射工作人 员	2.97		
		透视 (铅衣内)	1.97E+01				1.89E-04		
		拍片	7.58E-02				1.56		
2	第二术者位	透视 (铅衣外)	1.84E+02	1			1.89E-04		
		透视 (铅衣内)	7.69E+00				0.74		
		拍片	7.58E-02				1.89E-04		
3	护师位	透视 (铅衣外)	1.18E+02	1			0.74		
		透视 (铅衣内)	4.92E+00				1.89E-04		
		拍片	7.58E-02				1.89E-04		

备注：①根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019），介入放射工作人员有效剂量： $E=0.79H_u+0.051H_o$ 。  
( $H_u$ : 铅围裙内剂量； $H_o$ : 铅围裙外颈部剂量)。

由表11-20可知，本项目介入手术室辐射工作人员年有效剂量最大为**2.97mSv**，周  
围公众年有效剂量最大为**2.16E-02mSv**。

#### 4.2 医生腕部皮肤受照剂量

医生腕部皮肤受照剂量计算模式参考《电离辐射所致皮肤剂量估算方法》（GBZ/T 244-2017）4.3，用下式进行估算：

\*\*\*\*-----公式 23

\*\*\*\*\*

根据以上公式计算得术者位在导管插入操作时，腕部所受剂量为 60.30mGy/a，  
\*\*\*\*，单位转换后腕部所受总剂量为 99.50mSv/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 500mSv，也满足本项目对于辐射工作人员四肢（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。

#### 4.3 术者位眼晶体年当量剂量估算：

医生眼晶体受照剂量计算模式参考《电离辐射所致眼晶状体剂量估算方法》  
(GBZ/T 301-2017)，用下式进行估算：

\*\*\*\* ----- 公式 24

根据以上公式计算得术者位使用 DSA 时眼晶体所受剂量预计最大为 4.41mGy/a，  
\*\*\*\*，单位转换后为 7.28mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》  
(GB18871-2002) 中的相关规定，职业人员眼晶体的年当量剂量不超过 37.5mSv。

## 5、50m 范围内其他保护目标年有效剂量估算

本项目2间介入手术室边界外50m范围内除门诊住院综合楼外还包括康复大楼、自建居民房、篮球场、山坡、院区道路、医疗废物暂存间。以介入手术室1北侧污物通道1墙外30cm处作为康复大楼、篮球场、院区道路剂量率参考点；以介入手术室1东侧污物通道2墙外30cm处作为山坡剂量率参考点；以介入手术室2南侧患者/医护走道墙外30cm处作为自建居民房剂量率参考点；以介入手术室2东侧走道墙外30cm处作为医疗废物暂存间剂量率参考点；以介入手术室2楼上30cm处作为门诊住院综合楼剂量率参考点。根据距离衰减可计算出其他保护目标年有效剂量，计算结果见下表。

表 11-21 本项目介入手术室周围50m范围内其他保护目标年有效剂量一览表

序号	保护目标名称	距离及方位(m)	居留因子	受照时间(h)	参考点周围剂量当量率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	年有效剂量(mSv/a)
1	门诊住院综合楼	/	1	透视: 350h; 拍片: 11.67h	透视 7.42E-02	4.32E-02
2	康复大楼	北侧 最近29m	1		拍片 1.48E+00	
3	篮球场	北侧 最近13m	1/5		透视 4.42E-03	3.05E-06
4	院区道路	北侧 最近9m	1/5		拍片 8.71E-02	
5	医疗废物暂存间	东侧 最近16m	1		透视 4.42E-03	7.85E-06
6	山坡	东侧 最近29m	1/8		拍片 8.71E-02	
7	自建居民房	南侧 最近37m	1		透视 3.70E-03	1.64E-05
					拍片 7.26E-02	
					透视 4.22E-03	8.37E-06
					拍片 8.31E-02	
					透视 2.52E-03	1.50E-06
					拍片 4.90E-02	

综上所述，本项目DSA相关辐射工作人员的年有效剂量最大为2.97mSv(不含天然本底)，周围公众的年有效剂量最大为2.16E-02mSv(不含天然本底)，辐射工作人员腕部年有效剂量最大为**99.50mSv(不含天然本底)**，辐射工作人员眼晶体年有效剂量最大为**7.28mSv(不含天然本底)**，手术室周围50m内其他保护目标年有效剂量均小于0.1mSv。

### 三、加速器与介入手术室对50m范围内共同保护目标进行叠加计算

根据附图2，本项目加速器机房和介入手术室50m范围共同的保护目标为院区道路、门诊住院综合楼、自建居民房，对该3处保护目标进行剂量率和年有效剂量的叠加。

表11-22 叠加计算结果一览表

点位	加速器对该点位的剂量率值( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	DSA对该点位的剂量率值( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	同时开机时的叠加剂量率( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	加速器对该点位的年剂量估算值(mSv/a)	DSA对该点位的年剂量估算值(mSv/a)	同时开机时的叠加剂量(mSv/a)	是否满足相关要求
门诊住院综合楼	6.90E-02	1.55	1.62E+00	2.30E-02	4.32E-02	6.62E-02	满足
院区道路	6.90E-02	1.13E-03	7.01E-02	2.30E-02	1.64E-05	2.30E-02	满足
自建居民房	0.022	5.15E-02	7.35E-02	7.33E-03	1.06E-06	7.33E-03	满足

由上表可知，经过叠加计算过后，院区道路、门诊住院综合楼、自建居民房3处周围公众的剂量率及年有效剂量均是满足相关标准要求。

#### 四、臭氧环境影响分析

##### 1、加速器机房臭氧环境影响分析

###### 1.1、电子束产生的臭氧

根据《辐射防护手册》（第三分册）“4.6.1 臭氧章节”，直线加速器电子束所致臭氧浓度由下式计算：

\*\*\*\*\*.....公式11-25

经计算，加速器机房运行期间，机房内臭氧浓度（重量比）为2.09ppm，即0.975mg/m<sup>3</sup>。

###### 1.2、X射线产生的臭氧

加速器机房空气中氧受X射线电离而产生臭氧，本次评价根据文献《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进等，中华放射医学与防护杂志，1994年4月第14卷第2期）中给出的方法和公式估算臭氧产额：

\*\*\*\*\*.....公式11-26

经理论计算，P<sub>1</sub>有用线束的臭氧产额为36.74mg/h。

考虑加速器机房运行时的连续排风和臭氧分解，机房内空气中臭氧平均浓度由下式计算：

\*\*\*\*\*.....公式11-27

经理论计算，机房内臭氧的平均浓度为2.12E-02mg/m<sup>3</sup>。

本项目加速器机房拟设通排风系统。排风系统风量设计为1600m<sup>3</sup>/h，机房体积为168m<sup>3</sup>，风机换气量每小时9次，满足《放射治疗放射防护要求》（GBZ121-2020）

中通风换气次数应不小于 4 次/h 的要求。加速器机房产生的臭氧及氮氧化物经拟建的排风系统引至负一楼风井，最终引至院区东侧医疗废物暂存间上方排放，排口朝向院区东侧山坡方向，排口离地约 8m。经计算，加速器机房内臭氧浓度为  $2.12E-02\text{mg}/\text{m}^3$ ，满足《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）中臭氧 1 小时均值 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$  的标准限值，机房内臭氧对人体危害不大产生的  $O_3$  通过离心风机抽排至大气环境中。本项目产生的臭氧排入大气环境后，经自然分解和稀释，其排放后最大浓度远低于《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。

## 2、DSA 臭氧环境影响分析

本项目 DSA 工作时会使周围空气电离产生极少量臭氧和氮氧化物，本项目介入手术室 1 与介入手术室 2 均拟设置通排风系统，排风口均位于手术室南侧中部，新风口均位于手术室西北侧。2 间介入手术室拟设计排风量为  $1200\text{m}^3/\text{h}$ ，拟设计新风量为  $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，介入手术室 1 体积为  $208.2\text{m}^3$ ，有效换气次数可达 5 次/h；介入手术室 2 体积为  $177.4\text{m}^3$ ，有效换气次数可达 6 次/h。因此 2 间介入手术室所采用的通排风措施符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）中“机房应设置动力排风装置，并保持良好的通风”的要求。介入手术室 1 产生的废气经排风管道引至介入手术室 1 东侧同层楼外排放，排口距地面高度约 37m；介入手术室 2 的废气经排风管道引至介入手术室 2 南侧同层楼外排放，排口距地面高度约 37m。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气，DSA 运行过程中产生的少量臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。

## （五）水环境影响分析

本项目运行后，不会产生放射性废水，废水主要为辐射工作人员、患者、患者家属的生活污水以及介入手术室内产生的医疗废水。根据已经获得批复（广环审（2021）19 号）的《广元市中医医院门诊住院综合楼建设项目环境影响报告书》：医疗废水、生活污水经管道收集后进入新建污水处理站，经污水处理站处理后出水水质达到《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表 2 中预处理标准及《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)表 1 中 B 级标准，经市政污水管道进入广元大一污水处理厂处理后，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后排入嘉陵江。

## （六）固体废物环境影响分析

本项目加速器机房运营后，金属靶件更换时会有废靶产生，废靶属于放射性废物，委托有资质的单位进行回收处置。除此之外，还会产生辐射工作人员、患者的生活垃圾，在一天的工作结束后，由清洁人员统一收集，运至医院的生活垃圾房内，交由环卫部门进行统一清运。

DSA 采用数字成像，它根据病人的需要打印胶片，打印出来的胶片由病人带走自行处理。本项目介入手术时会产生少量的医疗废物（废药棉、废纱布、废手套、废造影剂瓶等）。每台手术结束后，所有的医疗废物将由护师经污物通道送至介入手术室 1 东侧的污物打包间，一天的手术结束后，打包间内的医疗废物由清洁人员通过介入手术室 1 南侧的污梯运送至门诊住院综合楼东侧的医疗废物暂存间内暂存，定期委托有资质单位外运处置。

## （七）声环境影响分析

本项目运行后噪声声源主要为排风系统，所有设备均选用低噪声设备，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《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求，噪声影响不大。

## 环境影响风险分析

### 1. 环境风险评价的目的

环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危害和有害因素，以及项目在建设、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。

### 2. 风险识别

#### 2.1 直线加速器

本项目加速器机房为II类射线装置，在装置操作过程中，如果不被安全管理或可靠保护，可能对接触的人员造成放射性损伤和环境污染。

主要事故风险：

事故工况环境影响考虑可能发生的最大辐射事故，即：

- 1) 装置正常工作时，非辐射工作人员误留、误入机房，导致发生误照射；
- 2) 射线装置调试、检修、维护过程，工作人员误操作或者曝光参数设置错误，

造成人员被误照射，引发辐射事故。

## 2.2 数字减影血管造影机（DSA）

- 1) 防护门未关闭或射线装置工作时防护门被误开启，造成周围公众成员的误照射。
- 2) DSA 射线装置控制系统失灵，发生误照射；
- 3) DSA 射线装置检修维护等过程中，检修维护人员误操作，造成有关人员误照射。

## 3. 源项分析及事故等级分析

本项目主要的环境风险因子为射线装置工作时产生的 X 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》对于事故的分级原则，现将事故等级列于表 11-23 中。

表 11-23 辐射事故等级一览表

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

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见下表），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故。另按照死亡率 99% 的辐射剂量 5.5Gy 界定是否会发生重大辐射事故和特别重大辐射事故。

表 11-24 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

#### 4.风险事故情形设定

##### 4.1 医用直线加速器

本项目加速器属于II类射线装置，当设备关机时不会产生X射线，不存在辐射事故，只有当设备开机时，才会产生X射线。本次评价事故工况下可能发生的最大辐射事故，即加速器运行时、检修维护时工作人员误操作和人员误留、误入造成有关人员被误照。

###### 事故假设：

###### （1）装置正常工作时，非辐射工作人员误留、误入机房，导致发生误照射；

假设误留、误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下进入机房内，在位于机房内迷道口时发现设备处于开机状态，立即撤至迷道内；鉴于机房迷道内设急停开关，只要按下此按钮就可以停机。最大误照射时间为2min（一次完整的治疗照射时间）。

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

假设检修人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于加速器照射头0.5m之外的主射束方向。在发现设备处于开机状态，立即撤至机房迷道内；鉴于机房内四周墙壁和治疗床上均设有急停开关，只要按下此按钮就可以停机，停止事故照射。

###### 剂量估算：

\*\*\*\*。

表 11-25 事故假设1情况下室内误留、误入公众受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量（Gy）					
	5s	10s	30s	60s	90s	120s
0.3m	1.42E-01	2.84E-01	8.53E-01	1.71E+00	2.56E+00	3.41E+00
0.6m	1.01E-03	7.11E-02	2.13E-01	4.27E-01	6.40E-01	8.53E-01
0.9m	4.49E-04	3.16E-02	9.48E-02	1.90E-01	2.84E-01	3.79E-01
1.2m	2.53E-04	1.78E-02	5.33E-02	1.07E-01	1.60E-01	2.13E-01
1.5m	1.62E-04	1.14E-02	3.41E-02	6.83E-02	1.02E-01	1.37E-01
总结	实际情况下，公众难以误入走到距机头0.3m-0.9m很近的位置，控制室内人员能够通过室内监控发现误入人员及时停机并通过对讲装置提醒室内人员离开，同时加速器工作时，出束时声音提示系统将发出提示音，在听到声音提示后误入公众应能在10s内及时离开机房。因此针对公众，处于离机头0.3m-0.9m的时候可能会发生较大辐射事故，但该概率较小，实际上难以发生较大辐射事故，有小概率发生一般辐射事故。					

表11-26 事故假设2情况下检修人员受到的累计剂量

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (Gy)					
	2s	4s	6s	8s	10s	15s
机头上方0.5m	3.20E+00	6.40E+00	9.60E+00	1.28E+01	1.60E+01	2.40E+01
机头上方1.0m	8.00E-01	1.60E+00	2.40E+00	3.20E+00	4.00E+00	6.00E+00
站立区0.3m	5.69E-02	1.14E-01	1.71E-01	2.28E-01	2.84E-01	4.27E-01
站立区0.6m	1.42E-02	2.84E-02	4.27E-02	5.69E-02	7.11E-02	1.07E-01
站立区0.9m	6.32E-03	1.26E-02	1.90E-02	2.53E-02	3.16E-02	4.74E-02
站立区1.2m	3.56E-03	7.11E-03	1.07E-02	1.42E-02	1.78E-02	2.67E-02
站立区1.5m	2.28E-03	4.55E-03	6.83E-03	9.10E-03	1.14E-02	1.71E-02
总结	<p>处于机头上方的检修人员，如果停留超过4s可能会发生较大辐射事故，因一般检修机头时会佩戴个人剂量报警仪，因此在个人剂量报警仪响起时，检修人员应能在短时间内及时离开主射线范围，发生较大辐射事故的可能性较小。</p> <p>由于机房内和治疗床上安装有急停开关，只要按下此按钮就可以停机，且出束时有声音提示装置，在听到声音提示后检修人员应能在10s内摁下停机按钮或离开机房，因此针对站立区检修人员，可能会发生一般辐射事故。</p>					

**事故后果：**

对于本项目医用直线加速器，最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故建设单位需进行超标原因调查，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。发生较大辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，将受照人员及时送医，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，还应同时向当地卫生行政部门报告。

**4.2 数字减影血管造影机（DSA）****事故假设：****（1）防护门未关闭或射线装置工作时防护门被误开启，造成周围公众误照射。**

在透视情况下，防护门闭门装置失效导致防护门关闭不到位，或在DSA射线装置工作时，防护门被误开启，公众误入，对周围公众造成误照射。

**（2）DSA射线装置控制系统失灵，发生误照射；**

医护人员结束手术后脱下铅衣清理现场时，此时DSA射线装置控制系统失灵持续拍片，同时防护门处于开启状态，对手术室内清理的辐射工作人员及周围公众造成误照射。

**（3）维修射线装置时，人员受意外照射。**

设备维护人员在维护DSA射线装置射线管或测量探测器时，射线管正处于出束状态，DSA射线装置上的指示灯和声音装置均失效。此时维护人员位于X射线主射

束方向或散射站立区，无任何屏蔽措施。

### 剂量估算：

(1) 本项目DSA射线装置在透视工况下1m处无铅衣铅屏风遮挡的情况下周围剂量当量率为\*\*\*\*，此时防护门意外打开，周围公众误入：

表11-27 事故情形1下的计算结果

距机头距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (mSv)					
	30s	1min	2min	3min	4min	5min
2.0m	5.97E-03	1.19E-02	2.39E-02	3.58E-02	4.78E-02	5.97E-02
2.5m	3.82E-03	7.64E-03	1.53E-02	2.29E-02	3.06E-02	3.82E-02
3.0m	2.65E-03	5.31E-03	1.06E-02	1.59E-02	2.12E-02	2.65E-02
3.5m	1.95E-03	3.90E-03	7.80E-03	1.17E-02	1.56E-02	1.95E-02
4.0m	1.49E-03	2.99E-03	5.97E-03	8.96E-03	1.19E-02	1.49E-02
总结	由计算结果可知，在该事故情形下，难以发生辐射事故。若发生该类事故，室内和控制室内辐射工作人员应立即按下急停按钮。					

(2) 按照本项目 DSA 射线装置在拍片工况下 1m 处无铅衣铅屏风遮挡的情况下空气比释动能率为\*\*\*\* $\mu\text{Gy}/\text{h}$ ，计算结果如下：

表11-28 事故情形2下的计算结果

距离机头的距离 (m)	各时段的射线所致辐射剂量 (mSv)					
	2s	4s	6s	8s	10s	15s
0.5m	5.77E-02	1.15E-01	1.73E-01	2.31E-01	2.89E-01	4.33E-01
0.8m	5.64E-02	1.13E-01	1.69E-01	2.26E-01	2.82E-01	3.38E-01
1.0m	3.61E-02	7.22E-02	1.08E-01	1.44E-01	1.80E-01	2.16E-01
2m	9.02E-03	1.80E-02	2.71E-02	3.61E-02	4.51E-02	5.41E-02
3m	4.01E-03	8.02E-03	1.20E-02	1.60E-02	2.00E-02	2.41E-02
4m	8.73E-05	1.75E-04	2.62E-04	3.49E-04	4.37E-04	5.24E-04
总结	实际上拍片时医护都退出手术室，此时亦有技师能够隔窗观察室内情况。在拍片过程中，技师设定好参数后，拍片持续时间通常以 ms 计。因此即使以极端情况考虑，拍一张片需要 2ms，若公众处于机头 0.5m 处 4s 左右，才可能构成一般辐射事故。					

### (3) 维修射线装置时，人员受意外照射

假设 1 名设备维修人员在维护射线管或平板探测器时，射线管正处于出束状态，DSA 射线装置上的指示灯和声音装置均失效，室内还有另一名维修人员站在床旁，此时两位辐射工作人员均未采取防护措施。入射体表剂量率参考值 100mGy/min (GBZ130-2020 表 E.4) 估算。

表11-29 事故情形3下的计算结果

距离	各时段的射线所致辐射剂量 (mGy)					
	5s	10s	30s	1min	3min	5min
主射线方向0.3m处	9.26E-02	1.85E-01	5.56E-01	1.11E+00	3.33E+00	5.56E+00
主射线方向0.5m处	3.33E-02	6.67E-02	2.00E-01	4.00E-01	1.20E+00	2.00E+00
主射线方向1.0m处	8.33E-03	1.67E-02	5.00E-02	1.00E-01	3.00E-01	5.00E-01
站立区0.5m	5.59E-03	1.12E-02	3.35E-02	6.71E-02	2.01E-01	3.35E-01
站立区0.8m	2.18E-03	4.37E-03	1.31E-02	2.62E-02	7.86E-02	1.31E-01

站立区1.0m	1.40E-03	2.79E-03	8.38E-03	1.68E-02	5.03E-02	8.38E-02
站立区2m	1.55E-04	3.10E-04	9.31E-04	1.86E-03	5.59E-03	9.31E-03
总结	处于站立区的检修人员受到的剂量通常不会超标，但主射线方向的检修人员如果在出束状态下停留过久可能发生一般辐射事故，因此检修人员应注意携带个人剂量报警仪并穿戴防护用品。					

### 事故后果：

对于本项目 DSA 射线装置最大可信事故为一般辐射事故。针对辐射事故建设单位需进行超标原因调查，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。

## 5. 事故处理方法及预防措施

### 事故处理方法

针对以上可能发生的事故风险，该医院拟根据可能发生辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围完善辐射事故应急方案。

与此同时，医院应加强辐射安全管理，在项目运行时严格遵循已制定的相关操作规程和辐射安全管理制度，并在实际工作中不断对其完善；医院应定期对加速器、DSA 射线装置进行检查、维护，发现问题及时维修，并应定期监测加速器、DSA 机房周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

根据《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）规定，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内向所在地生态环境部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

### 预防措施

医院严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，拟采取的事故防范措施主要包括辐射安全管理和设备固有安全设施两方面。

#### （1）辐射安全管理措施

①医院已成立辐射安全与放射防护管理委员会，负责全院辐射防护监督与检查工作。医院应继续完善各种辐射安全防护制度、防护工作计划、辐射事故应急预案并定期组织演练；全面贯彻落实辐射防护法律法规、行政规章和卫生行业标准，确保临床放射诊疗质量和医疗安全，推进放射诊疗工作的科学化、规范化、标准化、制度化、流程化管理；完善辐射安全和放射防护相关职责、制度、流程、操作技术规范及相关

质量控制方案；定期检查各种制度、防护措施的贯彻落实情况；组织实施辐射工作人员和领导小组一起定期在国家培训平台上学习关于辐射安全与防护相关的法律法规及防护知识；定期组织对辐射工作场所、射线装置的防护效果检测，检查辐射工作人员是否按照有关规定佩戴个人剂量计并定期进行个人剂量监测结果存档，组织本院辐射工作人员进行上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，并分别建立辐射工作人员个人剂量监测、职业健康管理、培训管理档案。

②医院需根据法律法规继续完善辐射事故预防措施及应急处理预案，包括应急机构的设置与职责及联系电话、应急响应程序、紧急响应措施、条件保障等。

③医院需根据法律法规继续完善辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、设备使用登记制度、操作规程等。本项目的安全管理科室为放射科。

#### **建设方严格执行以下风险预防措施：**

①定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，完善各项管理制度并严格按要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②建设单位拟制定加速器辐射工作设备操作规程并完善原有 DSA 辐射工作设备操作规程。凡涉及对射线装置进行操作，必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

③定期对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，并建立射线装置维护、维修台账；

④建设单位所有辐射工作人员需在系统学习后，报名参加生态环境部组织的辐射安全与防护考试，均需持证上岗；

⑤项目所涉及的射线装置纳入应急适用范围，增加医院内部应急领导小组成员电话。

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。

#### **6. 其他风险的防范**

外购的造影剂均应单独密闭保存，存放于不锈钢药品柜以避免药品受到污染或药品污染周围环境；未使用完和过期的造影剂均作为医废处理；在进行介入手术时，使用带托盘的不锈钢推车进行运送，便于清除手术污染以预防院感。

## 表 12 辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置、Ⅲ类放射源的单位应设有专门的辐射安全与生态环境管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与生态环境管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

广元市中医医院已根据核技术应用现状，按《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立了辐射安全管理领导小组负责相关辐射安全监督管理工作，领导小组职责明确，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。该领导小组的组成涵盖了现有核技术应用所涉及的相关部门和科室，在框架上基本符合要求。

### 辐射安全管理规章制度

- 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位应制定辐射安全管理规章制度，制度清单及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求见表12-1，建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性。
- 根据四川省生态环境厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于400mm×600mm。建设单位原有手术室已张贴符合规范的制度，本项目拟在新增的机房控制室内墙上显著位置补充张贴大小和字体都足够醒目的以上相应制度，并于毗邻通道墙上张贴《放射防护注意事项告知栏》。

本项目医院涉及使用Ⅱ类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”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），医院需具备的辐射安全管理要求见表12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
----	--------	------	--------

1	从事生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	已落实， 许可证在有效期内	待本项目环评工作完成，项目建设完成后向发证机关提交重新申领辐射安全许可证的申请材料
2	辐射工作人员应参加专业培训机构辐射安全知识和法规的培训并持证上岗	建设单位目前有2名辐射工作人员持有有效期内的辐射安全与防护培训证书，其余17名辐射工作人员辐射安全与防护培训证书已过期，目前正在积极学习，准备参加7月的辐射安全与防护考核考试。	本项目新增辐射工作人员，需通过考试后持证上岗
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	已落实，并设置人员专职管理院区核技术利用项目	增加加速器机房管理人员
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	南侧院区已落实	北侧院区需增购个人剂量报警仪、便携式X-γ剂量监测仪
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	原有核技术利用项目已落实	需将本项目装置纳入管辖范围
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	已建立	需将本项目装置纳入管辖范围
7	辐射工作单位应做好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	原有辐射工作人员已落实	新增辐射工作人员应在上岗前一并落实
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警告标志	原有辐射工作场所均已落实	新增辐射工作场所投运前应落实
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	每年均委托有资质单位完成场所环境监测	需增加核技术利用项目（新建、改建、扩建和退役）情况和存在的安全隐患及其整改情况，按照规范格式编制评估报告，并每年按时提交至发证机关
10	辐射信息网络	原有项目已落实	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 <a href="http://rr.mep.gov.cn/">http://rr.mep.gov.cn/</a> )中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台账，放射性同位素与射线装置应做到账物相符，并及	原有项目已落实	需将本项目装置纳入台账管理范围

		时更新。				
<b>表12-3 医院辐射安全防护设施对照分析表</b>						
项目	环保措施		落实情况	应增加的措施		
加速器机房	辐射屏蔽措施	主体工程、防护工程、表面装修	/	拟建设		
		铅防护门	/	拟增设 1 扇		
	通排风系统	通排风系统	/	拟设置		
		门-机联锁	/	拟设置 1 套		
	安全措施	门-灯联锁（含工作状态指示灯）	/	拟设置 1 套		
		固定式剂量报警仪	/	拟设置 1 套		
		钥匙开关	设备自带	/		
		出束音响提示装置	/	拟设置 1 套		
		紧急开门按钮	/	拟设置 1 套		
		急停开关	设备自带 2 个	拟设置 5 套		
		防夹装置	/	拟设置 1 个		
		监控系统	/	拟设置 1 套		
		对讲系统	/	拟设置 1 套		
		放射防护注意事项告知栏和制度牌	/	拟设置 1 套		
		警示标志	控制区出入口	电离辐射警告标志及中文警示说明	/	拟设置
			监督区出入口	警戒线及中文警示标志	/	拟设置
		灭火装置	/	拟配备 1 套		
		火灾报警仪	/	拟设置		
		防护用品	医护人员防护用品	/	拟配备 2 套	
			患者防护用品	/	拟配备 1 套	
监测用品		个人剂量报警仪	/	拟配备 2 个		
		个人剂量计	/	拟配备 4 个		
介入手术室 1 介入手术室 2	辐射屏蔽措施	主体建筑、防护工程、表面装修	/	拟建设		
		铅防护门	/	2 间介入手术室拟设置 6 扇		
		铅玻璃	/	2 间介入手术室拟设置 2 扇		
	排风系统	通排风系统	/	拟设置 2 套		
		安全措施	门-灯联锁（含工作状态指示灯）	/	2 间介入手术室拟设置 6 套	
			闭门装置	/	2 间介入手术室拟设置 3 个	
			防夹装置	/	2 间介入手术室拟设置 3 个	
			急停按钮	床旁和控制室内各自带 1 个	2 间介入手术室拟在墙面各增设 1 个	
		开门按钮		/	2 间介入手术室拟设置 2 个	

		对讲系统		/	2间介入手术室拟设置2套
		放射防护注意事项告知栏和制度牌		/	拟设置2套
		警示标志	控制区出入口	电离辐射警告标志及中文警示说明	/ 拟设置
			监督区出入口	警戒线及中文警示标志	/ 拟设置
		灭火装置		/	2间介入手术室拟设置2套
		防护用品	医护人员防护用品		/ 2间介入手术室拟设置6套
			患者防护用品		/ 2间介入手术室拟设置2套
		监测用品	个人剂量报警仪		/ 2间介入手术室拟设置4个
			个人剂量计		/ 2间介入手术室拟设置38个
院区	监测用品	便携式X-γ剂量监测仪		南侧院区已有1台	北侧院区拟新增1台

表12-4 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	《广元市中医医院关于调整辐射安全与环境保护管理委员会成员的通知》	需完善人员
2	辐射安全管理规定(综合性文件)	《辐射安全管理规定》	需补充本项目管理规定
3	辐射工作设备操作规程	已制定辐射安全许可证内已有射线装置的操作规程。	应根据相关要求完善辐射工作场所操作规程并增加本项目所涉及的辐射工作设备相关操作规程
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	《辐射安全和防护设施维护维修制度》	将本项目装置纳入
5	辐射工作人员岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	将本项目辐射工作人员装置纳入
6	放射源与射线装置台帐管理制度	《射线装置台帐管理制度》	将本项目装置纳入
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	《辐射工作场所和环境水平监测方案》	需将本项目纳入监测方案中
8	监测仪表使用与校验管理制度	《监测仪表使用与校验管理制度》	需完善
9	辐射工作人员培训制度(或培训计划)	《辐射工作人员培训制度》	需将本项目辐射工作人员纳入人员培训制度中
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	《辐射工作人员个人剂量管理制度》	/
11	辐射事故应急预案	《辐射事故应急预案》	将本项目装置纳入应急范围
12	质量保证大纲和质量控制检测计划(使用放射性	《质量保证大纲和质量控制检测计划》	需完善

	同位素和射线装置开展 诊断和治疗的单位)		
13	其他	/	需制定放射防护注 意事项告知栏

## 辐射监测

### 1. 监测方案

- 1) 请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，每年1~2次。
- 2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，第一、第二术者位佩戴个人剂量报警仪。个人剂量计定期（根据《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2019规定，常规监测周期最长不应超过3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；
- 3) 定期自行开展辐射监测，制定定期监测制度，监测数据存档，建议监测周期为1次/月。

### 2. 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II类射线装置的单位应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，包括个人剂量测量报警仪、辐射监测等仪器。拟为本项目加速器机房增配2台个人剂量报警仪，拟为本项目2间介入手术室增配4台个人剂量报警仪。拟为北侧院区配备1台便携式X-γ剂量监测仪，项目运行后医院应定期对加速器机房、2间介入手术室周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

拟为本项目新增所有辐射工作人员配备足够的个人剂量计。对于佩戴于不同部位的个人剂量计，请发放剂量计的检测单位提供不同颜色的剂量计用于区分，并用佩戴人的姓名进行文字标签标记。建议医院建立个人剂量计收发档案，第一术者位医生负责监督手术前所有人员佩戴剂量计并签字。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）中8.2.2要求，职业照射个人监测档案应终生保存。保证每名辐射工作人员的个人剂量计专人专用，每个季度及时送检。

根据《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）要求，应加强医护人员个人剂量的监督检查，对每季度检测数据超过1.25mSv的医院要求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，建设单位需进行超标原因调查，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；当连续5年的平均个人剂量超过20mSv或单年个人剂量超过50mSv时，建设单位应展开调查查明原因，确定为辐射安全事故发生时，应启动辐射事故应急预案。

### 3. 监测内容和要求

- (1) 监测内容：X-γ辐射剂量率
- (2) 监测范围：工作场所周围、楼上、楼下
- (3) 监测点位和数据管理：选择距墙体、门、窗表面30cm；顶棚上方（楼上）距顶棚地面100cm，手术室地面下方（楼下）距楼下地面170cm。委托监测每年至少1次，自行监测每月至少1次，本项目监测数据应当存档。建议监测点位见表12-4。

表12-4 辐射环境监测一览表

工作场所	监测项目	监测范围	监测频次	
			委托检测	自行检测
加速器机房	环境 X-γ 辐射剂量率	控制室	委托监测每年至少 1 次	建议自行监测周期为 1 次/月
		电气辅助机房/水冷机房		
		患者等候区		
		服务器机房		
		走道		
		模拟定位CT室		
		架空层通道		
		机房防护门及四周缝隙处		
		工作人员操作位		
		管线洞口		
介入手术室1	环境 X-γ 辐射剂量率	污物通道2	委托监测每年至少 1 次	建议自行监测周期为 1 次/月
		走道		
		介入手术室1设备间		
		患者/医护通道		
		控制室		
		污物通道1		
		裙楼8楼屋面		
		去污区/蒸汽发生间		
		手术室所有防护门及其四周缝隙处		
		管线洞口		
		工作人员操作位		
		所有铅玻璃及其四周缝隙处		
介入手术室2	环境 X-γ 辐射剂量率	走道	委托监测每年至少 1 次	建议自行监测周期为 1 次/月
		患者/医护走道		
		控制室		
		缓冲室		
		污物通道		
		审核室、抗生素药物配置室、走道		

	<table border="1"> <tr><td>护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道</td></tr> <tr><td>手术室所有防护门及其四周缝隙处</td></tr> <tr><td>管线洞口</td></tr> <tr><td>工作人员操作位</td></tr> <tr><td>铅玻璃及其四周缝隙处</td></tr> </table>	护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道	手术室所有防护门及其四周缝隙处	管线洞口	工作人员操作位	铅玻璃及其四周缝隙处		
护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道								
手术室所有防护门及其四周缝隙处								
管线洞口								
工作人员操作位								
铅玻璃及其四周缝隙处								

(4) 监测质保：确保执行已制定的《监测仪表使用与检验管理制度》，并利用委托监测获得的监测数据进行比对并建立比对档案。监测须采用国家颁布的标准方法或推荐方法并制定辐射环境监测管理制度。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器以及实施的监测方案能够满足相关管理要求。项目投运前，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护措施进行验收。验收报告编制完成后应依法向社会公示验收报告。

在开始运营本项目手术室后，应密切注意辐射工作人员个人剂量数值，根据累积剂量及时调整工作量，防止个人剂量超标。

### 辐射事故应急

广元市中医医院针对可能产生的辐射事故情况已制定事故应急预案，应急预案内容包括有：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

实施本项目的广元市中医医院应依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《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号文)要求，发生辐射事故时，医院应立即启动医院内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内向所在地生态环境部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后医院应积极配合生态环境部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。从而保证一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。

## 表 13 结论与建议

### 结论

#### 1. 实践正当性

核技术在医学上的应用在我国是一门成熟的技术，在医学诊断、治疗方面有其他技术无法替代的特点，对保障健康、拯救生命起到了十分重要的作用。广元市中医医院扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机(DSA)项目符合广元市医疗服务需要。因此该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

#### 2. 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录》（2021年修订，国家发展改革委2021年第49号令）中的“鼓励类”第三十六条“教育、文化、卫生、体育服务业”第29款“医疗卫生服务设施建设”，其建设符合国家现行产业政策。

#### 3. 选址、布局

##### 项目地理和场所位置

广元市中医医院位于广元市利州区建设路133号，医院沿建设路两侧分布，分为南院区和北院区，本项目均在北侧院区内实施。北侧院区竣工后，建设单位拟修建一条架空通道连接南侧院区与北侧院区。北侧院区东侧为山坡；南侧为自建居民房；西侧为建设路；北侧为规划道路。

本项目机房拟建址均位于广元市中医医院门诊住院综合楼，门诊住院综合楼拟建址东侧为院区道路、医疗废物暂存间；南侧为院区道路，隔院区道路为自建居民房；西侧为院区道路，隔院区道路为建设路；北侧为院区道路，隔院区道路为康复大楼和篮球场（后拟改为高压氧舱）。

加速器机房拟建址东侧由北向南依次为患者等候区、控制室、电气辅助机房/水冷机房；南侧和西侧均为土质层；北侧由西向东依次为服务器机房、走道、模拟CT定位室；加速器机房上方为架空通道（距离约2m）；下方为土质层。

介入手术室1东侧为污物通道2；南侧为走道和介入手术室1设备间；西侧为患者/医护走道和控制室；北侧为污物通道1。介入手术室1楼上为裙楼8楼屋面；楼下为去污区/蒸汽发生间。

介入手术室2东侧为走道；南侧为患者/医护走道；西侧为控制室和缓冲室；北

侧为污物通道。介入手术室 2 楼上为审核室、抗生素药物配置室、走道，楼下为护士站、库房、治疗准备室、血气分析室、走道。

本项目医用直线加速器相关场所由加速器机房、控制室、电气辅助机房/水冷机房、更衣室、主任办公室、计划治疗室、办公室、模拟 CT 定位室及其控制室、制模室、模库、服务器机房构成。本项目将加速器机房（含迷路）作为辐射工作场所的控制区，将加速器机房控制室、电气辅助机房/水冷机房、机房门外门宽×1m 区域划分为辐射工作场所的监督区。

本项目DSA相关的辐射工作场所由介入手术室1及其控制室、介入手术室1设备间、介入手术室2及其控制室构成。本项目将介入手术室1、介入手术室2划本项目DSA的辐射工作场所控制区，设介入手术室1设备间及控制室、介入手术室2控制室、各朝向公共通道的防护门外门宽×1m区域划分为辐射工作场所的监督区。

#### 4. 辐射屏蔽能力分析

本项目加速器机房主射线方向：南面、北面、顶部、地面。加速器机房屏蔽设计条件：加速器机房整体采用不低于  $2.35t/m^3$  的钢筋混凝土连续浇筑，东侧迷道长 9.3m，宽 2.0m，迷道内墙为 1200mm 混凝土，迷道外墙为 1500mm 混凝土；南侧主屏蔽墙体为 2700mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；西侧屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；北侧主屏蔽墙体为 2700mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1500mm 混凝土；屋顶主屏蔽墙体为 3000mm 混凝土，主屏蔽墙体宽度为 4.0m，与主屏蔽相连的次屏蔽墙体为 1800mm 混凝土。加速器机房防护大门为 15mmPb 的铅钢防护门。机房楼下无房间，不考虑地面防护。

介入手术室 1 屏蔽设计：四周墙体为 3mm 铅板；顶部及地面均在 120mm 混凝土楼板的基础上涂抹 30mm 硫酸钡防护涂层；机房设有 1 扇 15mm 厚铅玻璃（3mmPb）的观察窗，离地 900mm；设有 3 扇铅防护门，均内嵌 3mm 铅板。

介入手术室 2 屏蔽设计：四周墙体为 3mm 铅板；顶部及地面均为 260mm 混凝土楼板；机房设有 1 扇 15mm 厚铅玻璃（3mmPb）的观察窗，离地 900mm；设有 3 扇铅防护门，均内嵌 3mm 铅板。

据理论计算，加速器机房、2 间介入手术室四周墙体、铅防护门、观察窗、楼顶和地面的屏蔽条件均能满足辐射屏蔽的要求，即透视和拍片时在设计或已有的防护条

件下，屏蔽体外表面 0.3m 外的周围剂量当量率均满足《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。

## 5. 保护目标年有效剂量

本项目辐射工作人员、周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv；职业人员四肢（手和足）或皮肤年当量剂量约束值为 125mSv；职业人员眼晶体的年当量剂量为 37.5mSv；职业人员单季度剂量约束值为 1.25mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

## 6. 辐射安全措施

### 医用直线加速器

本项目运行后，辐射工作人员应按国家有关要求佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪；在加速器机房内拟设置固定式辐射报警仪；拟在辐射工作场所门口设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，工作状态指示灯和机房相通的门能有效联动；加速器机房设有门-机联锁和门-灯联锁及门-剂量联锁，要求规格符合有关法律法规的规定；拟在控制区入口均要求设置有电离辐射警告标志、中文警示说明；同时，在作为监督区入口设置中文警示标志，并在地面张贴警戒线；医用直线加速器设备操作台和床体自带 1 个急停开关，拟在加速器机房各墙体及迷道外墙上设置急停开关（位于人员易接触的位置），以使机房内的人员按动急停开关就能令加速器停机；机房和控制室之间拟设置对讲系统和监控系统，以便医师在操作时观测患者在治疗室的状况，及时处理意外情况；本项目医护人员和患者拟配备防护用品，要求规格符合有关法律法规的规定。

### 介入手术室 1、介入手术室 2

本项目运行后，所有辐射工作人员将按国家有关要求佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。介入手术室各防护门的门口拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，且工作状态指示灯和介入手术室相通的门能有效联动。控制室和介入手术室拟设置对讲装置，各防护门拟对应设定闭门装置和防夹装置。除射线装置自带的紧急停机按钮外，建设单位将在介入手术室墙上增设急停按钮。介入手术室防护门室内设有开门按钮方便逃生。本项目医护人员和患者拟

配备辐射防护用品及设备局部防护用品要求规格均符合《放射诊断放射防护要求》（GBZ130-2020）要求。此外，本项目辐射工作场所周围及内部拟张贴放射防护注意事项告知栏和制度板；控制区和监督区入口将张贴电离辐射警告标志或警戒线；同时，建设单位将确保各介入手术室周围配套有灭火器材。

## 7. 辐射环境管理

- 1)拟委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2)建设单位南侧院区已有 1 台便携式 X- $\gamma$ 巡测仪，拟为北侧院区增配 1 台便携式 X- $\gamma$ 巡测仪，定期对工作场所辐射水平进行检测，拟配备 6 个个人剂量报警仪；
- 3)医院拟委托有资质的公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员要求佩戴个人剂量计，为机房内医护人员增加相应个人剂量计数量。医院应及时跟监测单位核实数据原因，及时发现、解决问题。医院拟根据现有核技术应用情况完善辐射环境监测方案。

广元市中医医院拟为本项目配备辐射工作人员共计 24 名，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射工作人员职业健康管理规定》的要求，为保护辐射工作人员身体健康，医院拟将定期委托单位对 24 名新增辐射工作人员进行职业健康体检。医院将在本项目开展前再对相关辐射工作人员进行岗前体检，再次确认是否适合从事放射性工作。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》以及《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》的要求，广元市中医医院应不断完善相关管理制度。

## 8. 辐射安全许可证重新申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》“有下列情形之一的，持证单位应当按照原申请程序，重新申请领取许可证：改变所从事活动的种类或者范围的；新建或者改建、扩建生产、销售、使用设施或者场所的。前款规定之外的单位的许可证，由省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门审批颁发。”

在本项目环境影响评价文件取得成都市生态环境局批复后，建设单位需准备相应文件并提交审管部门（四川省生态环境厅核发），重新申领辐射安全许可证。

办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达

表 13-1 辐射安全许可证重新申领材料

序号	材料名称	材料形式		材料类型	纸质 材料 规格	材料 必要 性	来源 渠道 说明	受理 标准	填报 须知
		纸质	电子						
1	《辐射安全许可证申请表》1份	1份	1份	原件和复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章
2	企业法人营业执照正、副本或事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证件原件及其复印件，机构代码证复印件，营业执照（统一社会信用代码）复印件，审验后留存复印件	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章，逐页盖章
3	1、满足《射线同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条和第二十三条相应规定的证明材料：1、使用III类放射源的设立专门辐射安全与环境保护管理机构文件；2、辐射工作人员应获得辐射安全与防护考核合格证明3、辐射相关管理制度，包括：①辐射工作设备操作规程②辐射设备维护、维修制度③辐射防护和安全保卫制度	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章

## 9. 项目环保竣工验收检查内容

根据《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》，工程建设执行污染治理设施应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。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

表 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

项目		环保措施		
加速器机房	辐射屏蔽措施	主体工程、防护工程、表面装修		
		铅防护门 1 扇		
	安全措施	通排风系统 1 套		
		门-机联锁 1 套（机房防护门）		
		门-灯联锁（含工作状态指示灯）1 套（机房防护门）		
		含固定式剂量报警仪 1 套（机房防护门）		
		钥匙开关 1 套		
		出束音响提示装置 1 套		
		紧急开门按钮 1 个（机房防护门）		
		急停开关共 7 个（附有中文标识） （自带：操作台、床旁各自带 1 个；增设：四面墙拟各设 1 个、迷道外墙上拟设 1 个）		
介入手术室 1 介入手术室 2	安全措施	防夹装置 1 个		
		监控系统 1 套		
		对讲系统 1 套		
		放射防护注意事项告知栏和制度牌 1 套		
		警示标志	控制区出入口	电离辐射警告标志及中文警示说明
			监督区出入口	警戒线及中文警示标志
		灭火装置 1 套		
		火灾报警仪		
		医护人员防护用品 2 套		
		患者防护用品 1 套		
介入手术室 1 介入手术室 2	防护用品	个人剂量报警仪 2 个		
		个人剂量计 4 个		
		辐射屏蔽措施		主体建筑、防护工程、表面装修
		2 间介入手术室共计铅防护门 6 扇		
		2 间介入手术室共计铅玻璃 2 扇		
		排风系统		2 套通排风系统
		2 间介入手术室共计门-灯联锁（含工作状态指示灯）6 套		
		2 间介入手术室共计闭门装置 3 个		
		2 间介入手术室共计防夹装置 3 个		
		2 间介入手术室共计急停按钮 6 个 床旁和控制室内各自带 1 个，拟在 2 间介入手术室内墙面各增设 1 个		
介入手术室 1 介入手术室 2	安全措施	2 间介入手术室共计增设开门按钮 2 个		
		2 间介入手术室共计对讲系统 2 套		
		放射防护注意事项告知栏和制度牌 2 套		
		警示 标志	控制区出入口	电离辐射警告标志及中文警示说明
			监督区出入口	警戒线及中文警示标志
		2 间介入手术室共计灭火装置 2 套		
		防护用品		2 间介入手术室共计医护人员防护用品 6 套
		2 间介入手术室共计患者防护用品 2 套		
		监测用品		2 间介入手术室共计个人剂量报警仪 4 个
		2 间介入手术室共计个人剂量计 38 个		

院区	监测用品	便携式 X-γ剂量监测仪 南侧院区已有 1 台，北侧院区新增 1 台
	其他	辐射工作人员、管理人员及应急人员的考试

综上所述，广元市中医医院扩建医用直线加速器及数字减影血管造影机（DSA）项目符合实践正当化原则，（已）拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，医院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

#### 建议和承诺

- 1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- 3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，如发现监测结果超过管理限值，应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。
- 4) 加强对辐射工作人员个人剂量的管理，若发现季度监测数据超过1.25mSv，应及时进行调查、查找原因，并采取相应的干预管理措施；定期将辐射监测设备送至有检定资质的单位进行检定，保证监测设备监测数据的有效性；个人防护用品使用达到五年期限时，应及时更新。
- 5) 医院应当对本单位的放射源和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。
- 6) 本项目环评审批、建设完成后，医院应及时到四川省生态环境厅重新申领《辐射安全许可证》，办理前应登录“全国核技术利用辐射安全申报系统”中实施重新申领登记。根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应按规范进行项目竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日