

# 核技术利用建设项目

## 传染病区新增 6MV 直线加速器应用项目环境影响报告表 (公示本)

蓬溪县人民医院  
二〇二一年六月

生态环境部监制



# 核技术利用建设项目

## 传染病大楼新增 6MV 直线加速器 应用项目环境影响报告表

建设单位：蓬溪县人民医院

建设单位法人代表（签名或签章）：\*\*\*

通讯地址：蓬溪县赤城镇普安大道 6 号

邮政编码：\*\*\*

联系人：\*\*\*

电子邮件：\*\*\*

联系电话：\*\*\*



# 目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	8
表 3	非密封放射性物质.....	8
表 4	射线装置.....	9
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	10
表 6	评价依据.....	11
表 7	保护目标与评价标准.....	13
表 8	环境质量和辐射现状.....	16
表 9	项目工程分析与源项.....	19
表 10	辐射安全与防护.....	24
表 11	环境影响分析.....	31
表 12	辐射安全管理.....	48
表 13	结论与建议.....	55



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		传染病区新增 6MV 直线加速器应用项目			
建设单位		蓬溪县人民医院			
法人代表		***	联系人	***	联系电话
注册地址		蓬溪县赤城镇普安大道 6 号			
项目建设地点		遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院 传染病区染病大楼负一层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		***	项目环保投资 (万元)	***	投资比例
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 m <sup>2</sup>
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input checked="" type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	无			
	<b>项目概述</b>				
<b>一、企业概况及项目由来</b>					
<p>蓬溪县人民医院（统一社会信用代码代码：***）前身是蓬溪县卫生所，建于 1941 年，1956 年更名为蓬溪县人民医院。为国家二级甲等综合医院，国际爱婴医院，四川省二星数字化医院,遂宁市 120 急救网络医院，绵阳医科学校及南充卫校临床实习基地医院、蓬溪县全科医师临床实践培训基地。被列为全国“县级公立医院改革试点”单位及全国首批 500 家全面提升综合能力建设的县级医院之一。</p> <p>医院总占地面积 66667 平方米，总资产超 3.8 亿元，总建筑面积 67664 平方米，编</p>					

制床位 500 张，可开放病床 700 张。医院设有 16 个行政职能及后勤科室、27 个临床医技科室。设内科病区 5 个，外科病区 4 个，儿科、新生儿病区 1 个，妇产科病区 1 个，康复科病区 1 个及重症医学科 1 个。建有胸痛中心、卒中中心、肛肠中心、康复中心、影像诊断中心、医学检验中心、超声诊断中心、消化内镜中心、眼视光中心，健康管理中心、消毒供应中心等 11 个中心和心血管介入中心治疗室。

为了适应医疗保健事业和医院的发展需求，提高医疗服务质量，满足患者的治疗需要，医院拟在传染病大楼负一层放疗中心内使用 1 台 6MV 医用直线加速器（II 类射线装置）。

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原国家环保部令 18 号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部 部令 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表，报四川省生态环境厅审查批准。

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

## 二、产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据国家改革和发展委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019）》（2020 年 1 月 1 日施行）的相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。本项目的运营可为蓬溪县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，具有辐射项目实践的正当性。



### 三、本项目建设内容

#### (一) 项目名称、性质、地点

项目名称：传染病区新增 6MV 直线加速器应用项目

建设性质：新建

建设地点：遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院传染病区染病大楼负一层

投资金额：2800万元

#### (二) 建设内容与规模

医院拟在传染病大楼（在建，地上五层，地下一层，高约 32m）负一层放疗中心内使用 1 台 6MV 医用直线加速器（型号均为 Halcyon、属 II 类射线装置）。

本项目拟在直线加速器机房内新增使用 1 台 6MV 医用直线加速器（型号为 Halcyon、属 II 类射线装置），治疗时 X 射线最大能量为 6MV，X 射线 1m 处剂量率为 4Gy/min，本项目直线加速器无电子束治疗。

本项目加速器机房东南部设有控制室、水冷机房、病人等候区等配套房间。加速器机房有效面积均约 82.56m<sup>2</sup>（净空尺寸：长 9.6m×宽 8.6m×高 4.4m），机房四周墙体结构均为钢筋混凝土，加速器主射方向均朝向西部、东部、顶部、底部。加速器机房西南部均设有“Z”型迷路，迷路内墙、外墙均厚 1300mm；西部、东部主屏蔽墙均厚 2700mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1600mm；顶部厚 2700mm、宽 5300mm，次屏蔽墙厚 1500mm；北部屏蔽墙厚 1600mm；防护门均为 15mm 铅当量。

建设项目组成及主要的环境问题见表1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

名称	科室	场所	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
					施工期	营运期
主体工程	放疗中心	直线加速器机房	屏蔽体结构（墙体、迷路和顶部均为混凝土）	加速器机房西南部均设有“Z”型迷路，迷路内墙、外墙均厚 1300mm；西部、东部主屏蔽墙均厚 2700mm、宽 4500mm，次屏蔽墙厚 1600mm；顶部厚 2700mm、宽 5300mm，次屏蔽墙厚 1500mm；北部屏蔽墙厚 1600mm；防护门均为 15mm 铅当量。	噪声、扬尘、废水、固体废物。	/
			设备、数量	新增使用 1 台 6MV 直线加速器		
			设备型号	型号均为 Halcyon		
			管理类别	II类		

		使用场所	放疗中心直线加速器机房		X射线、 臭氧、噪声
		年曝光时间	180h/台		
		6MV 直线 加速器	X射线 1m 处剂量率为 4Gy/min		
		主射方向	西部、东部、顶部、底部		
辅助工程	控制室、水冷机房等				生活垃圾、生活 污水
公用工程	病人等候区、过道				
依托工程	模拟定位	依托 CT 模拟定位机机房内 CT (III类射线装置) 进行模拟定位。			
	办公及生活 设施	依托医生办公室、公共卫生间、污水处理站等			
环保工程	废水经预处理后进入医院污水处理站处理达标后排入市政管网，进入城市污水处理厂进一步处理；办公、生活垃圾交由市政环卫部门统一清运。				//

### (三) 本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目为医用直线加速器应用于肿瘤治疗，不涉及原辅材料的使用。项目所用自来水、电等均由当地市政网提供，项目能耗见表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量	来源
能源	电	2000kW·h/a	市政电网
	水	70m <sup>3</sup>	市政管网

### (四) 本项目所涉及的医用射线装置

本项目涉及医用射线装置的情况见表 1-3。

表 1-3 本项目射线装置清单

序号	装置名称	型号	生产厂家	设备参数	管理类别	年曝光时间	使用场所	备注
1	直线加速器 1	Halc yon	瓦里安	X射线 6MV	II 类	180h	负一层 直线加速器机房	拟购

### (五) 工作制度、诊疗规模和劳动定员

工作制度：医院实行 8 小时工作制度，周工作日为 5 天，每年工作约 250 天。

诊疗规模：根据院方提供的资料，本项目直线加速器的运营时间为每年 48 周，每周 5 天，每天治疗 20 人，每人治疗 5 野次，每人平均治疗剂量为 2Gy，则加速器每周工作负荷为 200Gy，每野次出束治疗时间最多为 0.5min (不含摆位时间)，年曝

光时间为 180h。

劳动定员：本项目拟配备辐射工作人员 6 名（包括医师 2 人、技师 2 人、物理师 1 人、护士 1 人），均为新增辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。

#### 四、依托可行性分析

本项目依托的模拟定位机（CT）为利旧，目前已经完成备案，模拟定位机机房依托可行；本项目位于地下负一层，相对医、患人数较少，医院设有专用的医生办公和候诊区域，因此公共和办公设施均能够满足要求；本项目产生的固体废物主要为办公生活垃圾，办公生活垃圾依托医院现有的固体垃圾临时堆放点收集后，交由环卫部门处理；本项目产生的废水主要为生活污水，产生量较少，依托医院的污水管网进入医院污水处理站处理。

#### 五、本项目外环境及选址合理性分析

##### （一）本项目外环境关系

本项目位于传染病大楼负一层放疗中心内，其地上为绿化带、无地下负二层。

加速器机房北部、西部、东部 50m 范围内均为负一层地下停车场及天然土层；南部 50m 范围内为患者缓冲区、控制室、检查大厅、物理室、模具室等用房；楼上 50m 范围内为消防通道及绿化带，楼下 50m 范围内为天然土层（医院总平面布置及外环境关系见附图 2）。本项目用地区域均在医院用地红线范围内，医院及本项目外环境相对简单，不存在明显环境制约因素。

##### （二）选址合理性分析

本项目选址于遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院传传染病区染病大楼负一层，医院用地性质为医疗卫生用地。此外，医院已取得了原四川省环保局《关于蓬溪县人民医院整体迁建建设项目环境影响报告书的审查批复》（川环审批〔2017〕142 号）（具体见附件 2），本项目仅为其中配套建设内容，不新增用地，且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求，从辐射安全防护的角度

分析，本项目选址是合理的。

## 六、原有核技术利用情况

### (一) 医院原有核技术利用项目环保手续履行情况

蓬溪县人民医院已取得辐射安全许可证，其许可证证书编号为川环辐证[00168]号，许可的种类和范围为：使用Ⅱ、Ⅲ类射线装置，发证日期：2020年03月23日，有效期至2025年03月22日。具体许可项目见表1-4。

表 1-4 医用射线装置使用情况

序号	名称	类别	数量	型号	工作场所	备注
1	数字化医用 x 射线摄影系统	Ⅲ	1 台	Ysio	放射科	在用
2	全身 x 射线计算机体层螺旋扫描装置	Ⅲ	1 台	SOMATOM Emotion16-slice configuration	放射科	在用
3	万东 x 线胃肠机	Ⅲ	1 台	HF51-3C	放射科	在用
4	高频移动式手术 x 线机	Ⅲ	1 台	PLX112b	手麻科	在用
5	移动式 c 形臂 x 射线机	Ⅲ	1 台	Ziehm8000	手麻科	在用
6	x 射线计算机体层摄影设备	Ⅲ	1 台	Ingenity Core 128	放射科	在用
7	数字化医用 x 射线摄影系统	Ⅲ	1 台	uDR 596i	放射科	在用
8	口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	Ⅲ	1 台	PHT-35	口腔科	在用
9	数字减影血管造影装置	Ⅱ	1 台	GEOptinq IGS 330	放射科介入室	在用

### (二) 辐射工作人员持证情况

蓬溪县人民医院严格按照国家相关规定执行辐射工作人员持证上岗制度。医院目前有43名辐射工作人员。本项目所涉及的6名人员均为新增辐射工作人员。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。辐射安全与防护培训成绩合格单有效期为五年。

根据生态环境部《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（公告2021年第9号）的相关规定，仅从事Ⅲ类射线装置销售、使用活动的辐射工作人员无需参加集中考核，有核技术利用单位自行组织考核，已参加集中考核并取得成绩报告单的，原成绩报告

单继续有效，自行考核结果有效期五年，有效期届满的，应当由核技术利用单位组织再培训和考核。

### **（三）是否发生过辐射安全事故**

据了解，医院自取得《辐射安全许可证》以来，未发生过辐射安全事故。

### **（四）年度评估报告**

医院在全国核技术利用辐射安全申报系统（rr.mee.gov.cn）中提交了“2020年度四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告”，医院对2020年度的辐射场所的安全和防护状况以及辐射管理情况进行了评估说明。

### **（五）辐射管理规章制度执行情况**

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

**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
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

**表 3 非密封放射性物质**

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

**表 4 射线装置**

(一) 加速器，包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	额定电流 (mA)/剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	医用直线加速器	II 类射线装置	1	Halcyon	电子	X 射线: 6MV	X 射线治疗时 1m 处最大剂量率 4Gy/min	放射治疗	拟在传染病大楼地下负一层直线加速器机房内	拟购

(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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状态	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
O <sub>3</sub>	气体	—	1.66×10 <sup>-3</sup>	经过专用通排风 系统排放	环境大气

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



**表 6 评价依据**

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

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容与格式》(HJ10.1-2016);</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(3) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 1 部分: 一般原则》(GBZ/T201.1-2007);</p> <p>(6) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第 2 部分: 电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011);</p> <p>(7) 《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011);</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p> <p>(9) 《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012);</p> <p>(10) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001) 及 2013 年修改单;《危险废物污染贮存控制标准》(GB18597-2001) 及 2013 年修改单;</p> <p>(11)《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2)《辐射安全与防护监督检查技术程序》(原环保部, 2012 年 3 月);</p> <p>(3) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函[2016]1400 号);</p> <p>(4) 建设单位提供的其他相关资料文件。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

根据本项目医用射线装置的特点和应用内容,按照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)要求,确定辐射环境影响评价的范围:以直线加速器机房建筑实体外边界 50m 区域作为评价范围。

### 保护目标

根据本项目确定的评价范围,环境保护目标主要是辐射工作人员和周围公众,由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减,因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析,具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

		位置	与辐射源距离(m)	保护对象	人流量(人次/d)	照射类型	剂量约束值(mSv)
辐射环境	放疗中心	控制室(加速器机房南部)	9.4	职业人员	6	职业照射	5.0
		水冷机房(加速器机房南部)	10.9	公众	6	公众照射	0.1
		病患准备区(加速器机房南部)	10.7	公众	2	公众照射	0.1
		检查大厅、物理室(加速器机房南部)	15.4	公众	20	公众照射	0.1
		模具室等用房(加速器机房南部)	21	公众	3	公众照射	0.1
		负一层地下停车场(加速器机房北部、西部、东部)	7.3~40	公众	100	公众照射	0.1
		消防通道及绿化带(加速器机房正上方)	6.6	公众	100	公众照射	0.1

### 评价标准

#### 一、环境质量及污染物排放的执行标准

##### 1、环境质量控制标准

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

噪声限值。

## 2、污染物排放标准

废气执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2二级标准;

医疗废水排放执行《医疗机构水污染物排放标准》(GB18466-2005)表2中的预处理排放标准;

噪声执行 ①施工期:《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)标准; ②运营期:《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)表1中2类区域标准。

固废:一般固废执行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)及原环保部公告[2013]第36号修改单。

## 二、电离辐射剂量限值和剂量约束值

职业照射:根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)第4.3.3.1条的规定,对任何工作人员,由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯平均)20mSv。本项目环评取上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的1/4(即5mSv/a)作为职业人员年剂量约束值。

公众照射:第B1.2.1条的规定,实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量1mSv。本项目环评取上述标准中规定的公众年有效剂量限值的1/10(即0.1mSv/a)作为公众的年剂量约束值。

## 三、辐射工作场所边界周围剂量率控制水平

本项目参照《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011),加速器迷路门处、控制室和加速器机房墙体外30cm处,周围剂量当量率不大于2.5 $\mu$ Sv h。有用线束不向迷路内墙照射时,加速器的泄漏辐射在迷路入口处控制水平小于应参考控制水平1/4(即0.625 $\mu$ Sv h)。

## 四、臭氧浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》(GBZ2.1-2019)室内臭氧最高允许浓度0.30mg/m<sup>3</sup>;根据《环境空气质量标准》(GB3095-2012)室外臭氧小时平均浓度符合二级标准(0.20mg/m<sup>3</sup>)的要求。

## 五、其他要求

1、确保施工扬尘满足《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)中“拆除工程/土方开挖/土方回填阶段 $\leq 600\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其他工程阶段 $\leq 250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”的要求；

2、机房使用面积满足《电子加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ 126-2011)规定的机房最小实际使用面积  $45\text{m}^2$ ；

3、机房满足《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011)中“主屏蔽区 $\geq 2000\text{mm}$ 混凝土、次屏蔽区 $\geq 1000\text{mm}$ 混凝土”的相关规定。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

**一、项目地理和场所位置**

本项目位于遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院传染病区染病大楼负一层，周围布置情况如下所述：

加速器机房北部、西部、东部 50m 范围内均为负一层地下停车场及天然土层；南部 50m 范围内为患者缓冲区、控制室、检查大厅、物理室、模具室等用房；楼上 50m 范围内为消防通道及绿化带，楼下 50m 范围内为天然土层。本项目用地区域均在医院用地红线范围内，医院及本项目外环境相对简单，50m 范围内无居民住宅等敏感点分布，项目现场图见图 8-1。



**图8-1 项目拟建区域现状图**

**二、监测方法及仪器**

为掌握项目所在地的辐射环境现状，本次评价过程中，四川采科环保科技有限公司委托四川世阳卫生技术服务有限公司监测有限公司于 2021 年 5 月 15 日对本次评价的辐射工作场所进行了现场监测，其监测项目、分析方法及来源见表 8-1。

**表 8-1 监测项目、方法及方法来源表**

项目	监测方法	方法来源
环境 X-γ 辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》	HJ 1157-2021
	《辐射环境监测技术规范》	HJ 61-2021

监测使用仪器及环境条件见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测所使用设备信息	设备名称：X、 $\gamma$ 剂量率仪
	设备型号：AT1123
	设备编号：SCSY0162
	校准证书编号：DLjl2020-08478
	校准日期：2020 年 11 月 3 日
	校准因子 $k_1$ ：0.96
	效率因子 $k_2$ ：1
技术指标	测量范围：50nSv/h-10Sv/h
监测的环境条件	温度：23.5℃
	相对湿度：46.9%RH
	气压：96.8kPa
监测地点	拟建直线加速器机房

### 三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的校准合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川世阳卫生技术服务有限公司质量管理体系：

#### (1) 计量认证

四川世阳卫生技术服务有限公司于 2015 年 10 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：152318100110，有效期至 2021 年 10 月 22 日，在有效期内。

#### (2) 仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

#### (3) 记录与报告

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

### 四、环境现状监测与评价

拟建辐射工作场所周围环境 $\gamma$ 辐射剂量监测结果见表 8-2。

表 8-3 拟建机房周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	测量值±标准差 (μGy/h)	备注
1	拟建直线加速器机房中心（负一层）	0.113±0.002	室外
2	拟建直线加速器机房西部（负一层）	0.112±0.001	室外
3	拟建直线加速器机房北部（负一层）	0.101±0.002	室外
4	拟建直线加速器机房东部（负一层）	0.110±0.002	室外
5	拟建直线加速器机房南部（负一层）	0.120±0.002	室外
6	拟建直线加速器机房上方（地面一层）	0.102±0.002	室外

注：测量值未扣除宇宙射线响应值。

由表 8-3 得出结论：医院本次涉及辐射工作场所周围γ辐射剂量率背景值为 0.101~0.120μSv/h，在普通生活环境状态下，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则γ辐射剂量率背景值为 101nGy/h~120nGy/h，与《四川省生态环境状况公报 2019 年》中四川省电离辐射环境监测自动站测得的γ辐射空气吸收剂量率（76.8nGy/h~163nGy/h）处在同一水平，属于当地天然本底涨落范围内。



表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 一、施工期

本项目需进行基础开挖、土建施工、墙体整体浇筑、设备安装、管线敷设、铅玻璃窗和铅防护门及其他环境保护设施的安装，施工期将产生扬尘、噪声、生活污水及固体废物。施工期工艺流程及污染物产生环节见图 9-1。

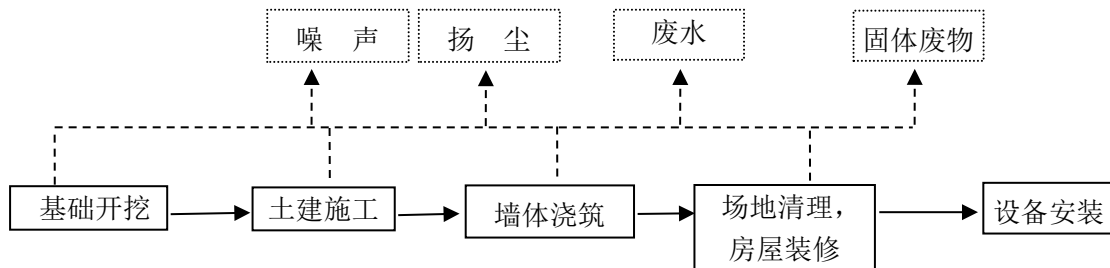


图 9-1 施工期工艺流程及污染物产生环节图

#### 1、扬尘

本项目施工过程中产生的扬尘，主要是在主体工程施工过程中地基建设、墙体整体浇筑和装修过程中产生的扬尘，属于无组织排放，主要通过封闭施工管理和采取及时洒水等措施来进行控制。

#### 2、噪声

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

#### 3、废水

本项目施工期废水主要为施工人员的生活污水，依托医院的污水管道和污水处理站处理后排入城市污水管网。

#### 4、固体废物

建渣垃圾清运至指定的建渣堆放场；设备安装及管线敷设和辐射防护设施安装过程中产生的装修垃圾和施工人员产生的生活垃圾可依托市政垃圾收运系统收集处理。

### 二、设备安装调试阶段工艺分析

本项目直线加速器在安装调试阶段会产生 X 射线。在设备安装调试完后，现场

会有少量的废包装材料产生。

直线加速器的运输、安装和调试均由设备厂家安排的专业人员进行。在设备安装调试期间，医院应配合设备厂家专业人员加强安装调试现场的辐射安全管理，保证在此期间内放射工作场所设置的各类辐射安全防护措施正常运行。设备安装好后，应先启动安全联锁装置，并经确认系统正常后才可启动射线装置。在射线装置进行调试期间，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管；安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

为确保加速器机房工程屏蔽防护设施满足设计要求和辐射防护安全，提出以下施工管理要求：

①加速器机房的土建施工必须符合其建设设计要求，机房混凝土施工过程中，对混凝土剪力墙及屋面屏蔽墙混凝土浇注应连续整体灌注，避免间断性施工作业，不留施工缝，防止屏蔽墙出现缝隙和气泡等现象，以防出现射线外泄；机房地面也要为混凝土地平；穿过屏蔽体的各种管道、电缆应采取适当的屏蔽防护措施，不得影响屏蔽体的屏蔽防护效果，其预留孔洞不得正对工作人员经常停留的地点。

②凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

③在设备安装及调试阶段，应加强辐射防护管理，应关闭机房防护门，在门外设置醒目的电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近；射线源开关钥匙应安排专人看管。安装人员离开机房期间，机房必须关闭上锁，钥匙交由专人看管或安排专人看守。

### 三、运营期

#### 1、直线加速器工艺流程及产污环节分析

##### (1) 工作原理

本项目 6MV 医用直线加速器属治疗类射线装置，主要用于肿瘤病人的放射性治疗，其治疗机理是根据肿瘤的不同情况通过模拟定位，采用 X 射线束（深部治疗）进行照射，使细胞分裂和代谢遭到破坏，杀死或者抑制细胞的繁殖生长，从而达到治疗的目的。物理师对肿瘤病人治疗计划设计时，严格按照相关标准，为病人的正常组织和医务人员的受照剂量进行计算-复核-模拟检测-实施中监测和健康监护等，并做好照射记录。根据病灶位置与性质及目的不同，给予的照射总剂量有所不同；治疗方法不

同，给予的每日剂量亦不同。

### (2) 设备组成

医用直线加速器的核心部位由电子枪、加速管和束流控制三个主要部分组成，由于直线加速器结构简单、造价低、不使用放射源，目前已成为医院放射治疗的主要手段。本项目医院拟购买 6MV 直线加速器 1 台，属 II 类射线装置，其结构图见附图 9-2，具体参数见表 9-1。

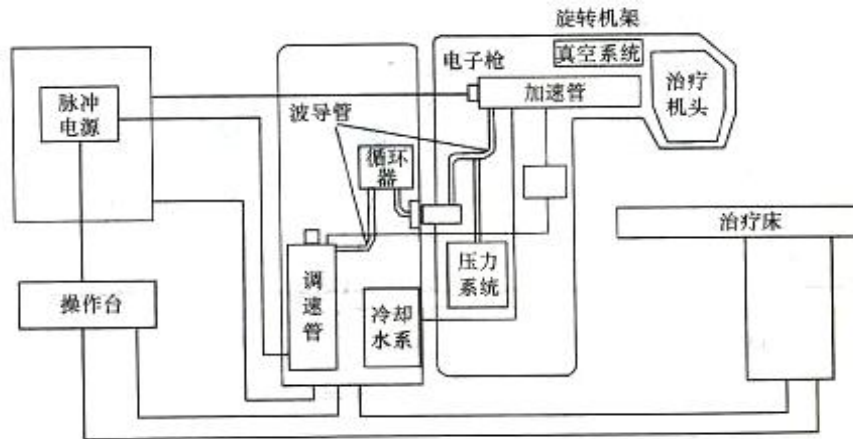


图 9-2 本项目直线加速器结构示意图

表 9-1 医用直线加速器参数

厂家、型号	Halcyon
最大 X 射线能量	6MV
最大电子线能量	/
X 射线泄漏率	≤0.1%
X 射线 1m 处最大剂量率	4Gy/min
电子线 1m 处剂量率	/
治疗角	0-360°
正常治疗距离	最大等中心到治疗机头净空间距离为 100cm
主射线最大出束角度	28°
等中心高度	110cm
最大照射野 (SSD=1 米)	24cm×24cm

### (3) 治疗流程及产污染环节

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

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

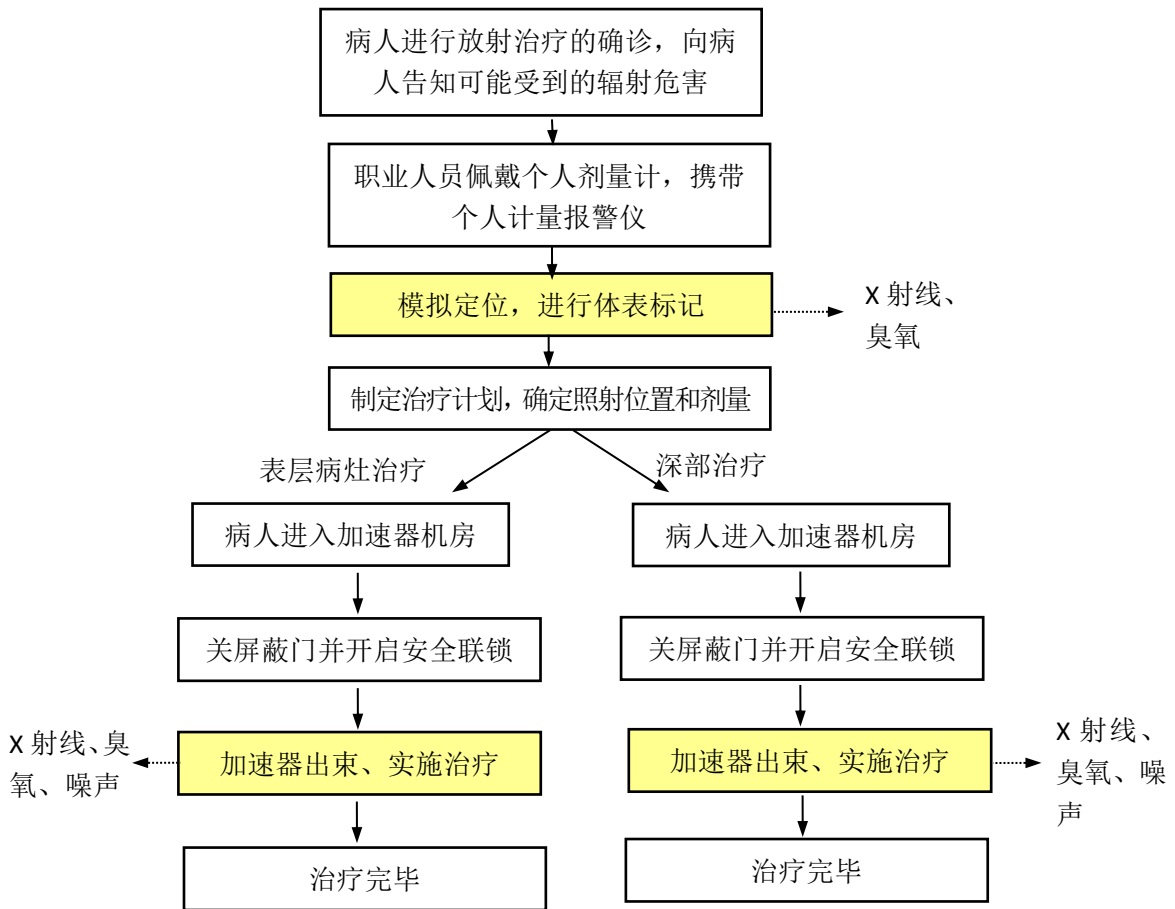


图 9-3 本项目加速器治疗流程及产污环节示意图

#### (4) 医护人员和病人路径分析

医护人员路径：从控制室通过加速器机房防护门经迷路进入加速器机房，指导病人摆位后沿原路返回控制室。

病人路径：从候诊区通过加速器机房防护门经迷路进入加速器机房接受治疗，治疗完成后离开加速器机房。

#### (5) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目直线加速器的运营时间为每年 48 周，每周 5 天，每天治疗 20 人，每人治疗 5 野次，每人平均治疗剂量为 2Gy，则加速器每周工作负荷为 200Gy，每野次出束治疗时间最多为 0.5min（不含摆位时间），年曝光时间为 180h。

## 污染源项描述

### 一、施工期及设备调试安装

#### 1、污染源项

本项目施工期没有辐射污染源项，直线加速器在开机调试产生 X 射线。

#### 2、非放环境影响因子

施工期非放环境影响因子主要是：废气、废水、噪声和固体废物。

### 二、运行期

#### 1、电离辐射

6MV 直线加速器在开机状态下产生的 X 射线。加速器开机期间，X 射线为主要辐射环境污染因素，辐射途径为外照射。

#### 2、废气

直线加速器开机运行时产生的 X 与空气中的氧气相互作用产生少量氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 和臭氧 ( $\text{O}_3$ )，相比之下臭氧的产额高，臭氧危害性较氮氧化物大，氮氧化物的影可忽略。

#### 3、固体废物

辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

#### 4、废水

工作人员和患者产生的生活污水。

#### 5、噪声

本项目噪声源主要为风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声。

**表 10 辐射安全与防护**

## 项目安全设施

### 一、工作场所布局与分区

本项目位于遂宁市赤城镇普安大道6号蓬溪县人民医院传染病区染病大楼负一层，周围布置情况如下所述：

加速器机房北部、西部、东部50m范围内均为负一层地下停车场及天然土层；南部50m范围内为患者缓冲区、控制室、检查大厅、物理室、模具室等用房；西南部50m范围内为报警阀间及负一层地下停车场；楼上50m范围内为消防通道及绿化带，楼下50m范围内为天然土层。

本项目各辐射工作场所设有专用的候诊区域，就诊通道，医生用房独立成区，病人、医生流线尽量互不交叉。医院总图布置时已考虑了项目特点和周围环境对本项目可能存在的影响，使各科室病人能够就近诊疗，这样既方便了诊疗，又使辐射工作场所相对集中，以便于医院对辐射工作场所的集中统一管理。因此，本评价认为本项目总平面布置是合理的。

### 二、辐射工作场所两区划分

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

**控制区：**在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

**监督区：**未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标志；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。

结合项目诊治、辐射防护和环境情况特点，将辐射工作场所划分为控制区，而设

备的控制室（控制室）及其它相关工作场所等均划为监督区。其项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在附图 13、附图 14 上进行了标识。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况表

科室名称	控制区	监督区
放疗中心	直线加速器机房（含迷路）	控制室、水冷机房

### 1、控制区防护手段与安全措施

①控制区进出口及其它适当位置处设立醒目的警告标志（图 10-1）；

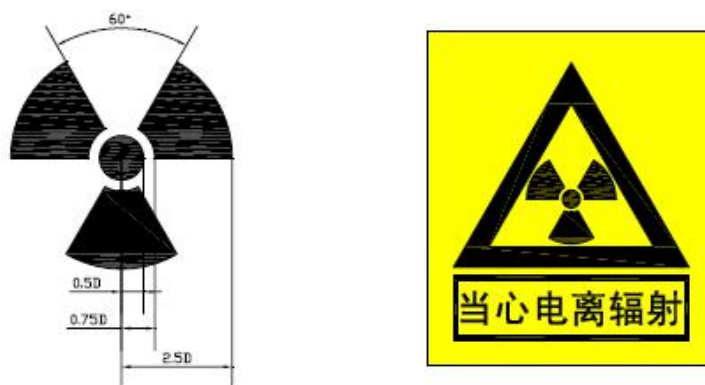


图 10-1 电离辐射标志和电离辐射警告标志图

②制定职业防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

③运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

④在更衣室备有个人防护用品、工作服、污染监测仪和被污染防护衣具的贮存柜；

⑤定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。

### 2、监督区防护手段与安全措施

①以黄线警示监督区为边界；

②在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

③定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

## 三、直线加速器的安全与防护

### （一）场所辐射防护屏蔽设计

#### 1、医用直线加速器

医院对加速器机房采取了实体屏蔽措施，对机房使用面积按照《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ 126-2011）进行校核，加速器机房实际使用面积为82.56m<sup>2</sup>，大于GBZ 126-2011要求的机房实际使用面积为45m<sup>2</sup>。加速器机房墙体、迷路和顶部均采用混凝土作为防护，防护门为15mm铅当量单扇电动推拉门。本项目直线加速器机房屏蔽情况具体如表10-2所示：

**表 10-2 放疗中心医用直线加速器工作场所实体防护设施表**

场所名称	辐射防护设计情况
加速器机房	机房四周墙体结构均为钢筋混凝土，加速器主射方向均朝向西部、东部、顶部、底部。加速器机房西南部均设有“Z”型迷路，迷路内墙、外墙均厚1300mm；西部、东部主屏蔽墙均厚2700mm、宽4500mm，次屏蔽墙厚1600mm；顶部厚2700mm、宽5300mm，次屏蔽墙厚1500mm；北部屏蔽墙厚1600mm；防护门均为15mm铅当量。
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》	主屏蔽区≥2000mm 混凝土；次屏蔽区≥1000mm 混凝土。

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

## 2、通风系统

加速器机房排风系统采用轴流风机排风，进风管道在机房门上方穿墙进入加速器机房；加速器机房排气管道穿过加速器机房迷路外墙接至西南部排风井，经管道引至传染病大楼楼顶（5F）排放，排风管道采用镀锌钢管道。加速器机房排风系统每小时换气约12次，排风量最大约4359m<sup>3</sup>/h。

## 3、直线加速器的辐射防治措施

### （1）辐射防护措施

①操作人员隔室操作：本项目直线加速器控制室与机房之间以墙体和过道隔开，机房内拟安装电视监控、对讲装置，应确保控制室通过电视监控观察到机房内患者治疗的情况，并通过对讲机与机房内患者沟通。

②门机联锁装置：加速器与屏蔽门之间拟设联锁装置。屏蔽门未关好，加速器不能出束；加速器工作期间屏蔽门不能打开。

③紧急停机装置和紧急开门按钮：除了加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上自带的紧急停机按钮外，机房内墙非主射线位置上设置有紧急停机按钮，以使误入人员按动紧急停机按钮就能使加速器停机；迷路出口处设置了紧急开门按钮，按下开



门按钮，能够实现立即开门。

④工作状态显示及警示标识：加速器机房防护门外顶部拟设置工作状态指示灯。加速器处于出束状态时，指示灯为红色，以警示人员注意安全；当加速器处于非出束状态，指示灯为绿色。加速器机房屏蔽门上设置明显的电离辐射警告标志。

⑤固定式剂量报警仪（带剂量显示功能），探头安装在机房迷路内墙上（靠近防护门），只要迷路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。

⑥直线加速器机房配备有电视监控对讲装置，机房内墙体交叉口、迷路口处设计有监控装置，应确保机房内监控全覆盖。

⑦个人防护：加速器机房的辐射工作人员每人佩戴个人剂量计和预定剂量率阈值自动报警仪。

⑧加速器将由生产厂家进行质保维修，医院设备科人员仅对加速器进行日常维护（如电路、开关、机电等维护）。

以上辐射防护措施合理可行，能够有效防止本项目对外环境的影响。

## （2）直线加速器设备固有安全性分析

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

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

③控制台上设有蜂鸣器，在加速器工作时发出声音以警示人员防止误入。

④治疗床旁、加速器主机和控制台上安装紧急制动按钮。

⑤有时间控制联锁，当预选照射时间定时，定时器能独立地使照射停止。

⑥有防止非工作人员操作的锁定开关。

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

## 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”。本项目医用电子直线加速器在进行报

废处理时，应将射线装置的高压射线管进行拆卸，使其丧失功能。同时将装置主机的电源线绞断，使其不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

#### 四、其他辐射安全与防护措施

##### 1、源项控制

本项目加速器购置于正规厂家，有用线束杂散辐射和泄漏辐射不会超过《电子加速器放射治疗放射防护要求》（GBZ126-2011）规定的限值。

##### 2、距离防护

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

##### 3、时间防护

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

#### 五、辐射安全防护设施对照分析

综上所述辐射安全防护分析及措施，医院需对下表所列设施进行配置：

表 10-4 本项目辐射安全防护设施对照分析表

项目	应具备条件	落实情况	是否满足要求
<b>直线加速器</b>			
场所实体设施	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	已设计	满足
	铅防护门	已设计	满足
	通风系统	已设计	满足
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	满足
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	满足
	条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带	满足
	门机联锁	已设计	满足
警示装置	入口电离辐射警示标志	已设计	满足
	入口加速器工作状态显示	已设计	满足
	机房内准备出束音响提示	设备自带	满足
	控制台上蜂鸣器	设备自带	满足
紧急设施	机房内有紧急停机按钮	已设计	满足。机房内非主射面

			墙上有按钮，高度约1.2m
	机房电视监控对讲装置	已设计	满足。保证机房全覆盖
	有中文标识的紧急开门按钮	已设计	满足。迷路出口处的铅门墙上，按钮高度约1.2m
监测设备	固定式剂量报警仪	计划配备	满足
	便携式辐射监测仪	已配备	满足
	个人剂量报警仪	计划配备	满足
	个人剂量计	计划配备	满足

## 六、环保设施及投资分析

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

表 10-5 环保设施及投资一览表

项目	应具备条件	数量	投资(万元)
场所实体设施	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	1套	***
	铅防护门	1扇	***
	通风系统	1套	***
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带	/
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带	/
	条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带	/
	门机联锁	1套	***
警示装置	入口电离辐射警示标志	1套	***
	入口加速器工作状态显示	1套	***
	机房内准备出束音响提示	设备自带	/
	控制台上蜂鸣器	设备自带	/
紧急设施	机房内有紧急停机按钮	3个	***
	电视监控对讲装置	1套	***
	有中文标识的紧急开门按钮	1套	***
监测设备	加速器机房内固定式剂量报警仪	1套	***
	便携式辐射监测仪	1台	***
	个人剂量报警仪	6个	***
	个人剂量计	6套	***
合计		/	***

今后在实践中，医院应根据辐射防护和管理要求，结合自身实际情况对环保设施做相应补充完善，使之更能满足实际和相关管理要求。

## **三废治理**

### **1、废气治理**

加速器机房排风系统采用轴流风机排风，排风管（采用镀锌钢管道）通过机房东北部 U 型穿墙后，通过专用排风道至楼顶排放。

### **2、废水治理**

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。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

### **3、固体废物处置**

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

**表 11 环境影响分析**

### 建设阶段对环境的影响

本项目拟在医院传染病大楼负一层新建 1 间直线加速器机房。

本项目施工期包含直线加速器机房基础开挖、土建施工、设备安装、管线敷设、铅防护门及其他辐射防护设施的安装。对于施工期将产生的土方、扬尘、噪声、生活污水及固体废物，提出了以下防治措施。

#### 1、施工期的大气污染防治对策措施

本工程施工期对大气的的环境影响主要为施工扬尘和施工机械尾气污染。车辆运输等产生的扬尘在短期内将使局部区域空气中的 TSP 增加；施工机械（运输车辆）产生的尾气在一定程度上影响空气质量状况，主要污染物为 CO、NO<sub>x</sub>。本环评针对扬尘提出以下控制措施：

①施工前须制定控制工地扬尘方案，施工期间接受城管部门的监督检查；

②施工现场合理布局，对堆料场地和工地道路要硬化，对易扬尘物料加盖苫布；施工现场封闭作业，施工现场出入口设置喷淋、冲洗等设施，避免车身、车轮带泥上路。施工作业停止后，对裸置场地和临时堆放的建筑垃圾采用密闭式防尘网进行遮盖或者实施绿化覆盖；

③土方施工，当风力达到 4 级时停止作业；

④严格落实施工现场管理，全面督察建设工地现场管理“六必须”、“六不准”执行情况，确保达到《四川省施工场地扬尘排放标准》要求；严格落实《成都市人民政府关于划定高排放非道路移动机械禁止使用区的通告》、《成都市 2020 年大气污染防治工作行动方案》对施工机械和运输车辆的管理要求；根据《成都市人民政府办公厅关于印发成都市重污染天气应急预案（2020 年修订）的通知》（成办法[2020]27 号），落实重污染天气状况下的应急措施；

⑤若成都市发布雾霾一级红色预警，全市范围内均禁止土石方开挖、路面整修等作业；全市各类工地、料场、堆场应严格落实扬尘防治措施，做好洒水降尘工作。

通过采取上述措施后，确保施工扬尘满足《四川省施工场地扬尘排放标准》（DB51/2682-2020）中“拆除工程/土方开挖/土方回填阶段 $\leq 600\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其他工程阶段 $\leq 250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ”的要求，因工程施工期较短，因此本工程的建设对工程区域大气环境的

影响可在短期内恢复，不会对区域大气环境产生明显影响。

## 2、施工期的噪声污染防治对策措施

严格落实噪声污染防治措施，医院通过选用低噪声设备，按操作规范操作机械设备，尽量减少碰撞噪声，对工人进行环保方面的教育，合理安排施工时间午间和夜间休息时间、合理布局、确保施工期间不扰民等措施后，对周围环境影响较小。

## 3、施工期固体废物处置及管理

①为减少回填土的堆放时间和堆放量，应精心组织施工，先后有序，后序施工点开挖的土方应作为先期施工点的回填土方，既减少了对环境的污染，又可节约工时和资金。

②回填方场周围应加护墙护板，防止雨水冲刷造成水土流失及堵塞排水管。

③主体工程施工和装饰工程施工产生的废弃物料等建筑垃圾应及时清运至市政指定的堆放场。施工单位应按照国家有关规定的有关建筑垃圾和工程渣土处置管理规定，与接纳单位签定环境卫生责任书，确保运输过程中保持路面整洁，施工单位应有专人负责，对建筑垃圾的处置实施现场管理。

④施工人员产生的生活垃圾均由市政环卫部门清运统一处置。

⑤在工程竣工以后，施工单位应同时拆除各种临时施工设施，并负责将工地的剩余建筑垃圾、工程渣土处理干净，做到“工完、料尽、场地清”。建设单位应负责督促施工单位的固体废物处置清理工作。

⑥不占用或者短时间内不占用地表应进行覆盖，防治水土流失；施工完成后应当及时进行绿化或硬化，尽快完成施工后场地恢复。

## 4、施工期地表水污染防治措施

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

为了减小施工期间废水对周围环境的影响，还需采取以下措施：

①严格按照施工方案进行围栏施工，施工场地进行打围作业；

②施工期间严禁泥沙、施工废水等进入地表水，施工废渣应当运至市政指定的废渣堆放场进行处置，不得随意倾倒，确保不对表水水体产生污染；

③施工生产废水须集中收集，经沉淀池处理，可回用于车轮冲洗、设备清洗、抑尘用水等，不得外排，采取上述措施后对区域内的地表水不会产生显著影响。

## 5、防辐射泄露施工要求

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

②根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范 第1部分:一般原则》(GBZ/T201.1-2007)4.8.8:防护门结构应考虑因自身重量而发生形变,频繁开关时的振动连接松动、屏蔽体老化龟裂等原因,其宽于门洞的部分应大于“门—墙”间隙的十倍。

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

## 营运阶段对环境的影响

本项目拟购医用直线加速器最大X射线能量为6MV,属于II类射线装置,在营运中的主要为害为X射线。机房内的空气还会受X射线作用电离而产生臭氧和氮氧化物,氮氧化物的产量仅为臭氧的十分之一,故本报告表中不对其进行评述。此外,采用排风机强制换气,产生噪声。

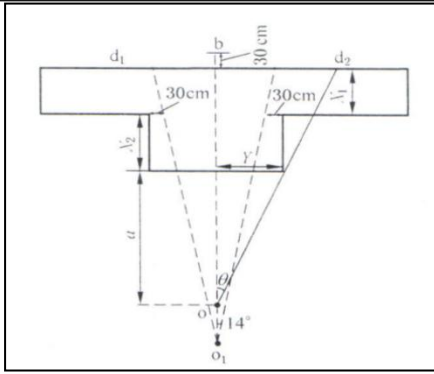
下面就6MV直线加速器运营中产生的X射线、臭氧对环境的影响进行预测评价。

### 1、6MV 直线加速器辐射环境影响分析

#### (1) 加速器机房主屏蔽区宽度校核

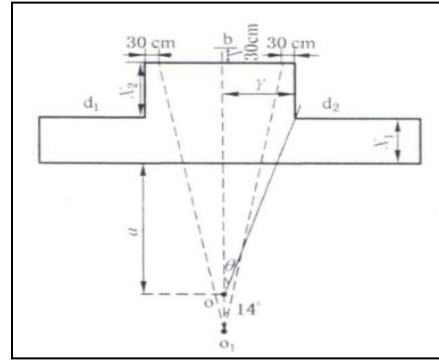
6MV直线加速器机房,主屏蔽区包括顶部、底部及墙体的部分位置,加速器主射线的最大出束角度为 $28^\circ$ 。6MV直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图11-1,主屏蔽宽度校核结果见表11-1。

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



主屏蔽区内凸

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



主屏蔽区外凸

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

本项目中，西部和东部的屏蔽墙体均为内凸，顶部屏蔽为外凸，因此对应的主屏蔽区宽度校核见表11-1。6MV直线加速器主射线束主屏蔽区示意图见图11-1，主屏蔽宽度校核结果见表11-1。

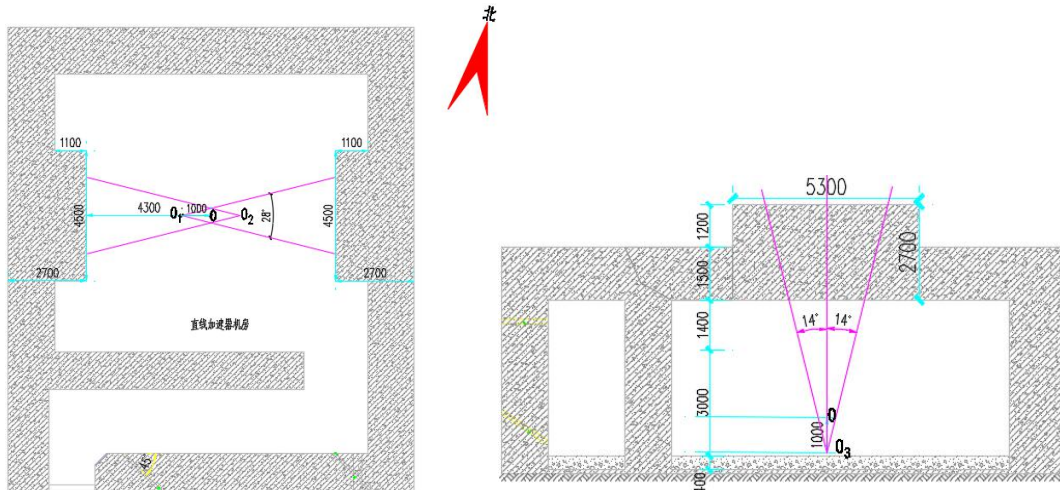


图 11-1 本项目加速器机房主射屏蔽范围计算示意图

表 11-1 本项目主屏蔽区宽度校核表

焦点距主屏蔽区距离(m)	主屏蔽区宽度计算值(m)	宽度设计(m)	结论
加速器机房西部、 东部距主屏蔽墙体 4.5	$2 \times [(1+4.5+1.1) \text{tg}14^\circ + 0.3] = 3.89$	4.50	满足 要求
加速器机房 距顶部主屏蔽墙体 4.4	$2 \times [(1+4.4+1.5+1.2) \text{tg}14^\circ + 0.3] = 4.98$	5.30	满足 要求

根据表 11-1 可知，本项目加速器机房主屏蔽宽度均满足要求，设备厂家和建设单位在进行直线加速器安装时，必须严格按照既定的方案进行安装，杜绝安装后主射线束超出主屏蔽范围的情况出现。

## (2) 6MV 直线加速器机房关注点设立及剂量率参考水平

### ① 加速器机房关注点设立



根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第2部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011),本项目加速器机房建在地下负一层。

本项目加速器机房关注点设立及主要照射路径图见图 11-2、11-3。

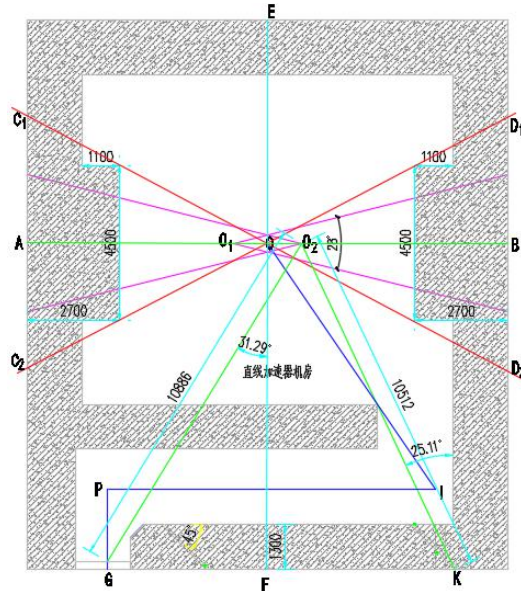


图 11-2 本项目关注点及主要照射路径示意图 (平面)

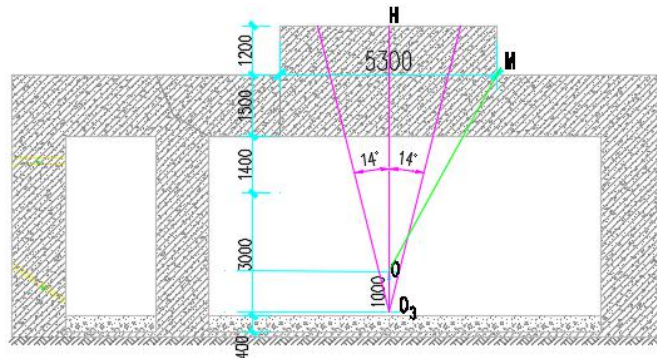


图 11-3 本项目加速器机房关注点及主要照射路径示意图 (剖面)

### ②剂量率参考控制水平

根据《电子直线加速器放射治疗放射防护要求》(GBZ126-2011),加速器迷路门处、控制室和加速器机房墙体外 30cm 处,周围剂量当量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ;加速器的泄漏辐射在迷路入口处控制水平小于应参考控制水平 1/4 (即  $0.625\mu\text{Sv/h}$ )。对于与主屏蔽直接连接的次屏蔽区,取控制水平的 1/2 (即  $1.25\mu\text{Sv/h}$ )。

建设单位在本项目加速器机房完工投用后,不得擅自改变加速器机房周围的功能用途。

### (3) 6MV 直线加速器机房屏蔽体厚度校核

**①主屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核**

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

$$B = \frac{\dot{H}_c}{\dot{H}_0} \times \frac{R^2}{f} \dots\dots\dots(式 11-1)$$

$$Xe = TVL \times \log B^{-1} + (TVL_1 - TVL) \dots\dots\dots(式 11-2)$$

$$X_1 = Xe \cos \theta \dots\dots\dots(式 11-3)$$

式中：

B—屏蔽透射因子；

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

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距产生治疗 X 射线束的靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

本项目为  $2.40 \times 10^8 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ （最高剂量率为  $4\text{Gy}/\text{min}$ ）；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

f—有用束为 1；泄漏辐射为主射射线比率（0.1%）

$\theta$ —斜射角，即入射线与屏蔽物质平面的垂直线之间的夹角；

$TVL_1$ （cm）和 TVL（cm）—辐射在屏蔽物质中的第一个半值层厚度和平衡半值层厚度；

Xe—墙体有效屏蔽厚度，cm；

$X_1$ —墙体屏蔽厚度，cm。

**表 11-2 加速器机房屏蔽区、迷路内墙和外墙厚度校核**

参数	主屏蔽区			迷路外墙 (K 点)	迷路入口 (G 点)
	墙体 A 点	墙体 B 点	顶部 H 点		
He ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	2.5	2.5	2.5	2.5	0.625
R (m)	7.2	7.2	7.1	10.5	10.8
$\dot{H}_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h})$	$2.40 \times 10^8$				
f	1	1	1	$10^{-3}$	$10^{-3}$
B	$5.40 \times 10^{-7}$	$5.40 \times 10^{-7}$	$5.25 \times 10^{-7}$	$1.15 \times 10^{-3}$	$3.04 \times 10^{-4}$
$TVL_1$ (cm)	37	37	37	34	34
TVL (cm)	33	33	33	29	29
Xe (cm)	210.8	210.8	211.2	90.3	107
斜射角 $\theta$ ( $^\circ$ )	0	0	0	25.1	31.2
$X_1$ (cm)	210.8	210.8	211.2	81.7	91.5
设计厚度 (cm)	270	270	270	130	130
是否满足要求	满足	满足	满足	满足	满足

### ②与主屏蔽区相连的次屏蔽区屏蔽厚度核算

根据 GBZ/201.2-2011，对于与主屏蔽区相连的次屏蔽区应考虑泄漏辐射和患者的一次散射辐射的复合作用，分别计算其所需屏蔽厚度，取较厚者。泄漏辐射所需厚度按照式 11-1、11-2、11-3 进行计算，散射辐射的透射因子按式 11-2、11-3、11-4 进行计算（ $TVL_1$ （cm）和 TVL（cm）为辐射在屏蔽物质中的第一个什值层厚度和平衡什值层厚度。

$$B = \frac{\dot{H}_c \times R_s^2}{\dot{H}_0 \times \alpha_{ph} \times (F / 400)} \dots\dots\dots \text{式(11-4)}$$

式中： $\alpha_{ph}$ —患者 400cm<sup>2</sup> 面积上垂直入射 X 射线散射至距其 1m（关注点方向）处的剂量比例，又称 400cm<sup>2</sup> 面积上的散射因子；

F—治疗装置有用束在等中心处的最大治疗野面积，cm<sup>2</sup>。

表 11-3 加速器机房与主屏蔽区相连的次屏蔽区、侧屏蔽墙辐射屏蔽厚度核算

参数	墙体 D <sub>1</sub> 点		墙体 C <sub>1</sub> 点		顶部 M 点	
	漏射	散射	漏射	散射	漏射	散射
He(μSv/h)	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
R (m)	7.9	7.9	7.9	7.9	5.4	5.4
H <sub>0</sub> (μSv·m <sup>2</sup> /h)	2.40×10 <sup>8</sup>					
f/α <sub>ph</sub>	10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>
B	3.25×10 <sup>-4</sup>	2.93×10 <sup>-5</sup>	3.25×10 <sup>-4</sup>	2.93×10 <sup>-5</sup>	1.52×10 <sup>-4</sup>	1.37×10 <sup>-5</sup>
TVL <sub>1</sub> (cm)	34	27	34	27	34	27
TVL (cm)	29	27	29	27	29	27
Xe (cm)	106.2	122.3	106.2	122.3	115.7	131.3
斜射角θ°	27	27	27	27	28.7	28.7
X <sub>1</sub> (cm)	94.5	109	94.5	109	101.5	115.2
设计屏蔽厚度 (cm)	160	160	160	160	150	150
设计是否满足 要求	满足	满足	满足	满足	满足	满足

### ③防护门铅厚度（X）校核

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分：电子直线加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.2-2011），防护门铅厚度校核公式为：

$$X = TVL \cdot \log B^{-1} \dots\dots\dots \text{（式 11-5）}$$

$$B = \frac{\dot{H}_c - \dot{H}_{og}}{\dot{H}_g} \dots\dots\dots (\text{式 11-6})$$

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \times (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times \dot{H}_0 \dots\dots\dots (\text{式 11-7})$$

式中：

X—防护门铅当量厚度，mm；

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

B—辐射屏蔽透射因子。

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

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

$\dot{H}_0$ —加速器有用线束中心轴上距靶 1m 处的常用最高剂量率， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}$ ；

$\dot{H}_{og}$ —O<sub>2</sub> 位置穿过迷路内墙的泄露辐射在 G 处的剂量率，根据公式 11-8、公式 11-9 计算而得；

$\alpha_{ph}$ —患者 400cm<sup>2</sup> 面积上的散射因子，通常取 45° 散射角的值（本项目取  $1.39 \times 10^{-3}$ ）；

$\alpha_2$ —砼墙入射的患者散射辐射的散射因子，通常取 i 处的入射角为 45°，墙入射角为 45°，查得混凝土墙 45° 入射、0° 散射、1m<sup>2</sup> 的散射因子  $\alpha_2 = 6.40 \times 10^{-3}$ （查附录 B 表 B.6）；

A—I 处的散射面积，m<sup>2</sup>；经计算本项目约为 10m<sup>2</sup>；

R<sub>1</sub>—“O—I”之间的距离；R<sub>1</sub>=8.7m；

R<sub>2</sub>—“I—G”之间的距离；R<sub>2</sub>=11.8m；

F—治疗装置有用线束在等中心处的最大治疗野面积，cm<sup>2</sup>；本项目等中心处最大治疗野为 40cm×40cm=1600cm<sup>2</sup>；

经计算： $H_{og} = 1.74 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ， $H_g = 16.14 \mu\text{Sv/h}$ ， $B = 3.76 \times 10^{-2}$

最终得到防护门的铅当量厚度为： $X = \text{TVL} \cdot \log B^{-1} = 7.1\text{mm}$ 。

由理论计算可知，机房入口铅防护门屏蔽厚度为 7.1mm，实际设计为 15mm，可满足屏蔽要求。

**小结：**经过对机房屏蔽校核，直线加速器机房墙体厚度、迷路厚度、顶部厚度

和防护门厚度均满足要求。

#### (4) 电子直线加速器对关注点产生的剂量估算

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 2 部分:电子直线加速器放射治疗机房》(GBZ/T201.2-2011),本项目医用直线加速器在运行过程中对关注点处人员受到的最大剂量可根据以下公式进行计算:

主射线束和泄露辐射剂量估算(式中各符号含义同前文):

$$H = \frac{H_0 \times f}{R^2} \times B \dots\dots\dots \text{(式 11-8)}$$

$$B = 10^{-\frac{(Xe+TVL1-TVL)}{TVL}} \dots\dots\dots \text{(式 11-9)}$$

$$Xe = X / \cos \theta \dots\dots\dots \text{(式 11-10)}$$

患者一次散射辐射剂量估算:

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot \alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R^2} \cdot B \dots\dots\dots \text{(式 11-11)}$$

机房迷路入口处 X 射线散射辐射剂量率  $\dot{H}_g$ , 迷路入口处综合剂量率  $\dot{H}$  :

$$\dot{H}_g = \frac{\alpha_{ph} \cdot (F/400)}{R_1^2} \times \frac{\alpha_2 \times A}{R_2^2} \times H_0 \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

$$\dot{H} = \dot{H}_g \cdot 10^{-(X/TVL)} + \dot{H}_{og} \dots\dots\dots \text{(式 11-13)}$$

由式 11-14 估算各关注点的年剂量:

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{(式 11-14)}$$

式中:

H—关注点的剂量当量 ( $\mu\text{Sv/h}$ );

E—关注点的年剂量 ( $\text{mSv/a}$ );

h—工作负荷 ( $\text{h/a}$ );

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

$W_T$ —组织权重因数,全身为 1。

由此估算的主射线束和泄露辐射对各关注点产生的剂量见表 11-5,由患者一次散射对各关注点产生的剂量见表 11-6,机房迷路入口处由散射辐射产生的剂量见表

11-7。

表 11-5 加速器主射线束和泄露辐射对关注点的剂量估算表

计算参数	主屏蔽区 (A 点)	主屏蔽区 (B 点)	主屏蔽区 (H 点)	迷路外墙 (K 点)	迷路入口 (G 点)	墙体 (D <sub>1</sub> 点)	墙体 (C <sub>1</sub> 点)	顶部 (M 点)	墙体 (E 点)
设计厚度 X (cm)	270	270	270	130	130	160	160	150	160
斜射角θ	0°	0°	0°	25.1°	31.2°	27°	27°	28.7°	0°
X <sub>e</sub> (cm)	270	270	270	143.5	131.9	179.5	179.5	171	160
TVL <sub>1</sub> (cm)	37	37	37	34	34	34	34	34	34
TVL (cm)	33	33	33	29	29	29	29	29	29
B	8.70×10 <sup>-9</sup>	8.70×10 <sup>-9</sup>	8.70×10 <sup>-9</sup>	1.67×10 <sup>-5</sup>	8.54×10 <sup>-6</sup>	9.56×10 <sup>-7</sup>	9.56×10 <sup>-7</sup>	1.89×10 <sup>-6</sup>	4.52×10 <sup>-6</sup>
H <sub>0</sub> (μSv.m <sup>2</sup> /h)	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>
f	1	1	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>
R (m)	7.2	7.2	7.1	10.5	10.8	7.9	7.9	5.4	6.5
剂量率 H(μSv/h)	4.03×10 <sup>-2</sup>	4.03×10 <sup>-2</sup>	4.14×10 <sup>-2</sup>	3.63×10 <sup>-2</sup>	1.76×10 <sup>-2</sup>	3.67×10 <sup>-3</sup>	3.67×10 <sup>-3</sup>	1.55×10 <sup>-2</sup>	2.57×10 <sup>-2</sup>
工作负荷 (h)	180	180	180	180	180	180	180	180	180
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4	1/4	1/16	1/4	1/4	1/4	1/4
年剂量 E(mSv/a)	1.81×10 <sup>-3</sup>	1.81×10 <sup>-3</sup>	1.86×10 <sup>-3</sup>	1.63×10 <sup>-3</sup>	1.98×10 <sup>-4</sup>	1.65×10 <sup>-4</sup>	1.65×10 <sup>-4</sup>	6.99×10 <sup>-4</sup>	1.16×10 <sup>-3</sup>
受照类型	公众	公众	公众	职业	公众	公众	公众	公众	公众

表 11-6 加速器机房患者一次散射对关注点的剂量估算表

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区			非主射屏蔽区
	墙体 D <sub>1</sub> 点	墙体 C <sub>1</sub> 点	顶部 M 点	墙体 E 点
屏蔽厚度 X (cm)	160	160	150	160
斜射角θ	27°	27°	28.7°	0°
X <sub>e</sub> (cm)	179.5	179.5	171	160
TVL (cm)	26	26	26	26
透射因子 B	1.23×10 <sup>-7</sup>	1.23×10 <sup>-7</sup>	2.64×10 <sup>-7</sup>	7.02×10 <sup>-7</sup>
H <sub>0</sub> (μSv.m <sup>2</sup> /h)	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>	2.40×10 <sup>8</sup>
α <sub>ph</sub>	2.77×10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>	2.77×10 <sup>-3</sup>
F(cm <sup>2</sup> )	40×40	40×40	40×40	40×40
R (m)	6.54	6.54	6.22	6.5
剂量当量 H(μSv/h)	7.71×10 <sup>-3</sup>	7.71×10 <sup>-3</sup>	1.82×10 <sup>-2</sup>	4.42×10 <sup>-2</sup>
工作负荷 (h)	180	180	180	180
居留因子 (q)	1/4	1/4	1/4	1/4

年剂量 E(mSv/a)	$3.47 \times 10^{-4}$	$3.47 \times 10^{-4}$	$8.19 \times 10^{-4}$	$1.99 \times 10^{-3}$
受照类型	公众	公众	公众	公众

表 11-7 加速器机房迷路入口处由散射辐射产生的剂量估算表

计算参数	迷路入口处（防护门外、关注点 G）
机房入口处的散射辐射剂量率 Hg ( $\mu\text{Sv/h}$ )	16.14
屏蔽厚度 X (mm)	15
TVL (mm)	5
剂量当量 Hc( $\mu\text{Sv/h}$ )	$3.35 \times 10^{-2}$
工作负荷 (h)	180
居留因子 (m)	1/4
关注点年剂量(mSv/a)	$1.51 \times 10^{-3}$

对于墙体 D<sub>1</sub> 点、C<sub>1</sub> 点、顶部 M 点既要受 X 射线漏射影响，亦要受机房患者一次散射影响，通过剂量叠加得到上述关注点的最终年剂量如下表所示：

表 11-8 关注 D<sub>1</sub>、C<sub>1</sub>、M 点剂量叠加结果

计算参数	与主屏蔽区相连的次屏蔽区			非主射屏蔽区
	墙体 D <sub>1</sub> 点	墙体 C <sub>1</sub> 点	顶部 M 点	墙体 E 点
漏射影响(mSv/a)	$1.65 \times 10^{-4}$	$1.65 \times 10^{-4}$	$6.99 \times 10^{-4}$	$1.16 \times 10^{-3}$
散射影响(mSv/a)	$3.47 \times 10^{-4}$	$3.47 \times 10^{-4}$	$8.19 \times 10^{-4}$	$1.99 \times 10^{-3}$
年剂量(mSv/a)	$5.12 \times 10^{-4}$	$5.12 \times 10^{-4}$	$1.52 \times 10^{-3}$	$3.15 \times 10^{-3}$
受照类型	公众	公众	公众	公众

从表 11-5 和 11-8 可知，关注点处职业人员受年附加有效剂量最大为  $1.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，公众受年附加有效剂量最大为  $3.15 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，分别低于本次评价确定的  $5.0 \text{mSv}$  和  $0.1 \text{mSv}$  的剂量约束值。

### (5) 保护目标辐射影响综合分析

本项目加速器机房周围保护目标最大年附加有效剂量如下表所示：

表 11-9 项目保护目标辐射影响分析

保护目标	对应点位	与射线束最近距离 (m)	照射类型	最大年有效剂量 (mSv/a)
控制室（加速器机房南部）	F	9.4	职业照射	$7.87 \times 10^{-7}$
水冷机房（加速器机房南部）	K	10.9	职业照射	$1.63 \times 10^{-3}$
病患准备区（加速器机房南部）	G	10.7	公众	$1.98 \times 10^{-4}$

检查大厅、物理室、模具室等用房（加速器机房南部）	G	15.4	照射 公众 照射	$3.89 \times 10^{-4}$
负一层地下停车场（加速器机房北部、西部、东部）	E	7.3~40	公众 照射	$9.16 \times 10^{-4}$
消防通道及绿化带（加速器机房正上方）	H	6.6	公众 照射	$2.16 \times 10^{-3}$

备注：上述环境保护目标所受年剂量均为附加剂量值。

由上表可知，本项直线加速器机房的实体防护后，保护目标为职业人员受年附加有效剂量最大为  $1.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，公众受年附加有效剂量最大为  $2.16 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，分别低于职业人员  $5.0 \text{mSv/a}$  和公众  $0.1 \text{mSv/a}$  的剂量约束值，远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员  $20 \text{mSv/a}$  和公众  $1 \text{mSv/a}$  的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律，距离直线加速器机房最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在直线加速器投入运营后，产生的X射线经墙体、铅门屏蔽和距离衰减后，机房周围环境保护目标年受照剂量远低于预测剂量，对机房周围公众影响更小。

## 2、臭氧环境影响分析

由于本项目使用 6MV 直线加速器机房内空气中的氧受 X 射线电离而产生的臭氧，其产率和浓度可用下面两个公式分别计算。

$$Q_0 = 6.5 \times 10^{-3} \cdot G \cdot S_0 \cdot R \cdot g \dots\dots\dots \text{式 (11-15)}$$

式中：

$Q_0$ —臭氧产率 mg/h；

$G$ —射束在距离源点 1m 处的剂量率  $\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{h}$ ，6MV 直线加速器取 360；

$S_0$ —射束在距离源点 1m 处的照射面积  $\text{m}^2$ ，本项目取 0.16；

$R$ —射束径迹长度 m，取 1；

$g$ —空气每吸收 100eV 辐射能量产生  $\text{O}_3$  的分子数，本项目取 10。

经计算，6MV 直线加速器机房臭氧产额为  $3.74 \text{mg/h}$ 。

本项目直线加速器机房采用专用排风系统，排风量最大约  $4359 \text{m}^3/\text{h}$ ，机房体积按照  $363.25 \text{m}^3$  进行计算，则每小时换气次数为 12 次，满足《电子加速器放射治疗放



射防护要求》(GBZ126-2011)中“治疗室通风换气次数应不小于4次/h”的相关规定。

室内臭氧饱和浓度由下式计算:

$$C = Q_0 \cdot T_v / V \dots\dots\dots\text{式 (11-16)}$$

式中:

C—室内臭氧浓度, mg/m<sup>3</sup>;

Q<sub>0</sub>—臭氧产额 mg/h;

T<sub>v</sub>—臭气有效清除时间, h;

V—机房空间体积, 6MV 直线加速器机房体积 363.25m<sup>3</sup>;

$$T_v = \frac{t_v \cdot t_a}{t_v + t_a} \dots\dots\dots\text{式 (11-17)}$$

t<sub>v</sub>—每次换气时间, 0.2h;

t<sub>a</sub>—臭氧分解时间, 取值为 0.83h。

6MV 直线加速器机房臭氧产额为 3.74mg/h, 则 6MV 直线加速器机房内的臭氧平衡浓度为 1.66×10<sup>-3</sup>mg/m<sup>3</sup>, 满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中规定的臭氧最高允许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup>的要求。本项目产生的臭氧采用换气系统排入环境大气后, 经自然分解和稀释, 符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级标准(0.20mg/m<sup>3</sup>)的要求。

根据设计方案得知, 加速器机房排风系统采用轴流风机排风, 进风管道在机房门上方穿墙进入加速器机房; 加速器机房排气管道穿过加速器机房迷路外墙接至西南部排风井, 经管道引至传染病大楼楼顶(5F)排放, 排风管道采用镀锌钢管道。加速器机房排风系统每小时换气约 12 次, 排风量最大约 4359m<sup>3</sup>/h。

### 3、噪声环境影响分析

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

### 4、水环境影响分析

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和冷水机房废

水。处理措施：生活污水依托医院既有污水处理设施处理后排入市政污水管网；本项目加速器冷却系统采用蒸馏水，内循环使用不外排。

### 5、固体废物影响分析

本项目运营期主要固体废物为辐射工作人员生活垃圾及办公垃圾，均由市政环卫统一清运。

## 环境影响风险分析

### 一、环境风险评价的目的

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

### 二、风险识别

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

- ①医用直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房；
- ②检修时，检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员受误照射，引发辐射事故。

### 三、源项分析及事故等级分析

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

按照国务院 449 号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的环境风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-10 中。

表 11-10 项目的环境风险因子、潜在危害及事故等级

事故等级	潜在危害
一般辐射事故	是指 IV、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。
较大辐射事故	是指 III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
特别重大辐射事故	是指 I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。

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

表 11-11 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

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

## 四、后果计算

### 1、直线加速器事故的后果计算

本次评价以 X 射线能量较高的 6MV 直线加速器进行事故分析，在其治疗过程中，其它无关人员误入或滞留机房内为例进行事故后果计算。

#### （1）事故情景假设

①在对病人进行治疗时，6MV 直线加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 4Gy/min，假设考虑安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器非主射方向，受到散射和漏射的影响，加速器散射束和漏射束的空气比释动能率均取主射束方向的 0.1%。

②在维修人员进行检修时，检修人员必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪，假设触动直线加速器开关，造成维修人员在无其它屏蔽的情况下处于加速器主射方向，6MV 直线加速器主射束 1m 处剂量率为最大值 4Gy/min。

#### （2）后果计算与分析

根据上述假设的情景下，随着时间的推移，最大可能受到的辐射剂量见下表：

表 11-12 直线加速器事故状态下非主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间 (s) \ 距离 (m)	5	10	20	60	120
0.5	1.32	2.64	5.28	<b>15.8</b>	<b>31.6</b>
1	$3.30 \times 10^{-1}$	$6.60 \times 10^{-1}$	1.32	3.96	7.92
1.5	$2.93 \times 10^{-2}$	$2.93 \times 10^{-2}$	$5.86 \times 10^{-1}$	1.76	3.51
4	$2.06 \times 10^{-2}$	$4.12 \times 10^{-2}$	$8.25 \times 10^{-2}$	$2.47 \times 10^{-1}$	$4.95 \times 10^{-1}$

由表 11-12 可知，在以上假设事故情景下，人员误入 120 秒受到直线加速器非主射方向 0.5m 处的辐射影响，其有效剂量为 31.6mSv/次，超过人员年剂量限值 (20mSv)，为一般辐射事故。

表 11-13 直线加速器事故状态下主射方向不同时间、距离处有效剂量情况表 (mSv)

时间 (s) \ 距离 (m)	5	10	20	30	40
0.5	1320	2640	5280	7920	10560
1	330	660	1320	1980	<b>2640</b>
1.5	146.52	293.04	586.74	87.78	1174.8
2	82.5	165	330	495	660
4	20.658	41.25	82.5	124.08	165

由表 11-18 可知，在以上假设事故情景下，维修人员受到直线加速器主射方向 1m 处 40 秒的辐射影响，其有效剂量为 2.64Sv/次。根据表 11-11 可知，引起人员死亡的概率大于 10%；此外，根据《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104 -2017) 表 1 所述：“骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值范围为 4.0~6.0Gy”。因此，随着时间的推移，维修人员在主射方向上，直线加速器出束会导致人员发生急性重度放射病、局部器官残疾，参照表 11-10，本项目可造成一般辐射事故。

## 五、事故情况下的环境影响分析与防范应对措施

①直线加速器运行时其它无关人员误入或滞留于加速器机房，医务人员误操作，导致病人受超剂量照射或受其它的额外照射。

应对措施：加速器自身有多种安全防护措施，如辐射启动装置与控制台上显示的辐射参数预选值联锁，选择参数前辐照不能启动；安装有两套独立的剂量监测系统，每套皆可单独终止照射；有门机安全联锁，机房门关闭后辐射才能启动。

②检修人员触动直线加速器开关，造成检修人员受误照射，引发辐射事故。

应对措施：加速器的控制台上显示有辐射类型、标称能量、照射时间、吸收剂量、治

疗方式等参数的显示装置，操作人员可随时了解设备运行情况；在加速器机房墙体和加速器上，均设有紧急停机按钮。

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

## 六、事故综合防范应对措施

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

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

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

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

**表 12 辐射安全管理**

## 辐射安全与环境保护管理机构

### 一、辐射防护安全和应急救援工作领导小组

蓬溪县人民医院发布了关于成立辐射安全委员会及辐射应急救护领导小组的通知文件（蓬人医[2019]10号），明确了管理人员职责。其职责包括：

① 制订本院辐射安全的计划和总结；对辐射安全控制效果进行评议；研究部署全院突发性核事故与辐射事故应急工作，制定和组织实施医院突发性核事故与辐射事故应急预案，并定期修订；

② 定期召开辐射安全工作会议，定期对委员会成员进行调整；讨论辐射安全工作、放射人员职业危害控制等事宜；

③ 负责对全院辐射安全工作进行监督。检查各种制度以及防护措施的贯彻落实情况；负责本院放射人员的健康档案管理；组织实施放射人员关于辐射安全相关的法律法规及防护知识的培训工作；

④ 负责组织、协调和指挥全院辐射安全事故应急处置工作；

⑤ 向上级主管部门报告医院突发性辐射安全事故相关情况；

⑥ 统一对外发布医院辐射安全事故有关信息；

⑦ 会同上级有关部门按有关规定调查和处理辐射安全事故，并对有关责任人员提出处理意见。

### 二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

#### （1）辐射工作岗位人员配置和能力现状分析

① 本项目拟配备辐射工作人员6名，均为新增辐射工作人员，根据设备数量、承担诊疗和教学科研任务量等实际情况逐步增加。

② 核素和射线操作人员均需取得射线装置操作证书，熟悉专业技术。

③ 医院应定期委托有资质的单位对辐射工作人员个人剂量进行检测，且应建立辐射工作人员个人剂量档案管理。

#### （2）辐射工作人员能力培养方面还需从以下几个方面加强

① 对放射性同位素、放射源、医用射线装置，应加强操作人员对其安全操作的培

训。

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

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

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

## 辐射安全管理规章制度

### 一、档案管理分类

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

### 二、辐射安全管理规章制度

根据医院实际情况，医院辐射安全管理规章制度落实情况见下表。

表 12-1 本项目辐射管理制度汇总对照分析表

序号	制度名称	备注
1	辐射防护安全责任制度	需根据新增项目完善，应包含但不限于“三废”管理制度、直线加速器中受检者、陪护人员的防护规定
2	辐射工作人员岗位职责	需根据新增项目完善，需悬挂于辐射工作场所墙上
3	辐射工作场所安全管理要求	需根据新增项目完善，需悬挂于辐射工作场所墙上
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	需根据新增项目完善
5	放射源与射线装置台账管理制度	需根据新增项目完善
6	场所分区管理规定	需根据新增项目完善，应包含但不限于人流、物流图，患者管理规定

7	放射源管理规定	需根据新增项目完善,应包含但不限于换源程序及要求
8	定期剂量检测和剂量仪的校准制度	需根据新增项目完善
9	辐射工作人员培训计划	需根据新增项目完善,内容应至少包括参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核的要求及频次
10	辐射工作设备操作规程	需根据新增项目完善,挂于辐射工作场所墙上,应包含每种射线装置的操作规程和去污操作规程
11	辐射工作人员个人剂量管理制度	需根据新增项目完善
12	辐射事故处理、应急处置规章制度	需根据新增项目完善,预案中“辐射事故应急响应程序”应悬挂于辐射工作场所墙上
13	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需根据新增项目完善,监测方案参考本章辐射监测内容
14	质量保证大纲和质量控制检测计划	需根据新增项目完善,内容应至少包括受检者非照射部位所采取的辐射防护措施

根据原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。医院对于各项制度在日常工作中要加强检查督促,认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性,字体醒目,尺寸大小应不小于400mm×600mm。

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

## 辐射监测

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

### 1、工作场所监测

年度监测:委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测,监测周期为1次/年;年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

### 2、个人监测

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

(1)当单个季度个人剂量超过1.25mSv时,建设单位要对该辐射工作人员进行干



预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查。

(2) 个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

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

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

### 3、医院自我监测

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

### 4、监测内容和要求

(1) 监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

(2) 监测布点及数据管理：本项目监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-3）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 本项目监测布点方案表

设备名称	监测项目	监测周期	监测点位
直线加速器	X-γ空气吸收剂量率	委托有资质的单位进行监测，频率为 1 次/年；验收监测 1 次；自行开展辐射监测。	墙体四周内侧、操作人员操作位、防护门外、迷路内墙外、机房正上方消防通道及绿化带等

(3) 监测范围：控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①落实监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测单位的监测数据与医院监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；或委托有资质的单位对监测仪器进

行检定/校核；

②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；

③完善辐射工作场所环境监测管理制度。

此外，医院需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

## 5、年度监测报告情况

医院应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。医院应按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400号）规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。医院必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <http://rr.mee.gov.cn>）中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

## 6、开展辐射监测的情况

### （1）个人剂量检测

医院所有辐射工作人员均佩戴了个人剂量计，每季度对个人剂量计进行检测，并按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令18号）要求建立个人剂量档案，医院有专人负责个人剂量检测管理工作。

医院须严格按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求配发个人剂量计，要求辐射工作人员正确配戴个人剂量计，每季度由专人负责回收后交由有资质的检测单位进行检测，按照要求建立个人剂量档案，并将个人剂量档案终生保存。对于每季度检测数值超过1.25mSv的，医院要及时进行干预，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认，采取防护措施减少或者避免过量照射；若全年个人剂量检测数值超过5mSv，医院应当立即暂停该辐射工作人员继续从事放射诊疗

作业，同时进行原因调查，撰写正式调查报告，经本人签字确认后通过年度评估报告上报发证机关；当单次个人累积剂量检测数值超过 20mSv，应立即开展调查并报告辐射安全许可证发证机关，启动辐射事故处置程序。个人剂量检测报告及有关调查报告均应存档备查。

据调查，医院委托了有检测资质的公司开展个人剂量计的检测，佩戴周期为 2020 年 1 月 01 日至 2020 年 12 月 31 日连续四个季度个人剂量检测报告（附件 4），辐射工作人员年剂量值均未超过 5mSv，且无单季度个人剂量超过 1.25mSv 的情况，符合管理要求。

医院应进一步加强个人剂量管理，加强人员的培训指导，并随时对个人剂量进行监控，对遗失个人剂量计的职业人员采取相应的处理措施。若医院未查找到个人剂量超过 1.25mSv 的原因，应将个人剂量计委托第三方进行校正检测。

## 辐射事故应急

### 1、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，医院制订了辐射事故应急预案。

#### （1）医院现有辐射事故应急预案内容

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

#### （2）本项目辐射事故应急预案可行性分析

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

- ①增加应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备和应急演练。
- ②增加环境风险因子、潜在危害、事故等级等内容。
- ③增加应急机构和职责分工，辐射事故调查、报告和处理程序中相关负责人员及联系电话。
- ④增加发生辐射事故时，应当立即启动应急预案，采取应急措施，并按规定向所在地市级地方人民政府及其生态环境、公安、卫健等部门报告。
- ⑤辐射事故风险评估和辐射事故应急预案，应报送所在地县级地方人民政府生态

环境主管部门备案。

⑥在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合医院实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

## 2、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

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

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

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

(4) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

**表 13 结论与建议**

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**传染病区新增 6MV 直线加速器应用项目

**建设性质：**新建

**建设地点：**遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院传传染病区染病大楼负一层

**投资金额：**2800 万元

**建设内容及规模：**医院拟在传染病大楼（在建，地上五层，地下一层，高约 32m）负一层放疗中心内使用 1 台 6MV 医用直线加速器（型号均为 Halcyon、属 II 类射线装置）。

本项目拟在直线加速器机房内新增使用 1 台 6MV 医用直线加速器（型号为 Halcyon、属 II 类射线装置），治疗时 X 射线最大能量为 6MV，X 射线 1m 处剂量率为 4Gy/min，本项目直线加速器无电子束治疗。

### 二、本项目产业政策符合性分析

本项目系核技术应用项目在医学领域内的运用，属高新技术。根据国家改革和发展委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019）》（2020 年 1 月 1 日施行）的相关规定，本项目属于鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。本项目的运营可为蓬溪县及周边病人提供诊疗服务，是提高人民群众生活质量，提高全县医疗卫生水平和建设小康社会的重要内容，具有辐射项目实践的正当性。

### 三、本项目选址合理性分析

本项目选址于遂宁市赤城镇普安大道 6 号蓬溪县人民医院传传染病区染病大楼负一层，医院用地性质为医疗卫生用地。此外，医院已取得了《原成都市环境保护局关于蓬溪县人民医院犀浦院区项目环境影响报告书的审查批复》（成环建评【2017】3 号），本项目仅为其中配套建设内容，不新增用地，且拟建的各辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对辐射工作人员和公众的照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)中的剂量限值要求并满足报告表确定的剂量管理约束值的要求,从辐射安全防护的角度分析,本项目选址是合理的。

#### 四、工程所在地区环境质量现状

根据监测报告,项目所在地的 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率背景值属于当地天然本底涨落范围内。

#### 五、环境影响评价分析结论

##### 1、施工期环境影响分析

本项目产生的固废,通过集中收集,定时清运到指定地点处理后,对环境的影响较小;施工机械冲洗废水通过沉淀后循环使用,生活污水产量较小,依拖医院现有生活污水处理设施处理;扬尘、废气通过封闭施工、湿法作业等措施有效减小扬尘、废气对环境的影响;噪声通过选用低噪声设备,规范操作,合理安排施工时间等措施后对环境的影响较小。本项目施工工程量小,时间短,施工结束后影响即可消除,对周围环境影响较小。

##### 2、营运期环境影响分析

###### (1) 辐射环境影响

###### ①关注点

本项目 6MV 直线加速器运行工作时,职业人员受年附加有效剂量最大为  $1.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ,公众受年附加有效剂量最大为  $3.15 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ,分别低于本次评价确定的 5.0mSv 和 0.1mSv 的剂量约束值。

###### ②保护目标

本项直线加速器机房的实体防护后,保护目标为职业人员受年附加有效剂量最大为  $1.63 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ,公众受年附加有效剂量最大为  $2.16 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ,分别低于职业人员 5.0mSv/a 和公众 0.1mSv/a 的剂量约束值,远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 的剂量限值。

根据电离辐射水平随着距离的增加而衰减的规律,距离直线加速器机房最近的关注点可以代表最大可能辐射有效剂量。在直线加速器投入运营后,产生的 X 射线经墙体、铅门屏蔽和距离衰减后,机房周围环境保护目标年受照剂量远低于预测剂量,对机房周围公众影响更小。

## **(2) 其他环境影响**

### **①声环境影响分析**

本项目所用风机、水冷机房水泵和空调产生的噪声，所有设备选用低噪声设备，通过建筑墙体隔声及距离衰减后经距离衰减，运行期间厂界噪声可满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）2类标准要求。

### **②水环境影响分析**

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。生活废水依托医院污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，经污水处理厂处理达标后排放。

### **③固体废物影响分析**

本项目辐射工作人员会产生少量的生活垃圾及办公垃圾由环卫部门统一定期清运。

## **六、事故风险与防范**

医院制订的辐射事故应急预案和安全规章制度内容较全面、措施可行，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

## **七、环保设施与保护目标**

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

## **八、医院辐射安全管理的综合能力**

医院严格落实本报告提出的相关管理要求和环保设施及措施后，具备辐射安全管理的综合能力。

## **九、环境影响评价报告信息公开**

在本项目环境影响报告表送审前，建设单位蓬溪县人民医院网站上进行了公示，截至报告送审前，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

## **十、项目环保可行性结论**

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

## **十一、项目竣工验收检查内容**

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表开展验收。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程环保验收一览表见表13-1。

**表13-1 项目环保验收检查一览表**

项目	应具备条件	数量
场所实体设施	四周墙体+迷路+屋顶屏蔽	1套
	铅防护门	1扇
	通风系统	1套
控制台及安全联锁	防止非工作人员操作的锁定开关	设备自带
	加速器治疗床、加速器主机上以及控制台上应具备紧急停机按钮	设备自带
	条件显示联锁、时间控制联锁	设备自带
	门机联锁	1套
警示装置	入口电离辐射警示标志	1套
	入口加速器工作状态显示	1套
	机房内准备出束音响提示	设备自带
	控制台上蜂鸣器	设备自带
紧急设施	机房内有紧急停机按钮	3个
	电视监控对讲装置	1套
	有中文标识的紧急开门按钮	1套
监测设备	加速器机房内固定式剂量报警仪	2套
	便携式辐射监测仪	1台
	个人剂量报警仪	6个
	个人剂量计	6套



## 要求与建议

(1) 凡涉及射线装置的安装调试、维修的技术服务单位，必须是持有辐射安全许可证的单位。

(2) 落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制，严格落实。

(3) 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。

(4) 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。

(5) 项目在建设和运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求。

(6) 每月对射线装置的安全联锁系统和安全设施进行检查、维护，定期对机房防护门闭合处进行检查，防止产生缝隙，导致射线从缝隙泄漏。

(7) 每年要对射线装置使用情况进行年度评估，每年 1 月 31 日前将评估结果通过全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）上报生态环境主管部门。

(8) 医院在申请辐射安全许可证变更前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

(9) 本次环评仅对本项目工作场所进行评价，日后如有变化，应另作环境影响评价。

(10) 射线装置在报废处置时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化。

(11) 根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施）文件第十七条规定：

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

②建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项

目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

③除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

(12) 根据原环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)规定：

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

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

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

④除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：

a.本项目配套建设的环境保护设施竣工后，及时办理《辐射安全许可证》，并在取得《辐射安全许可证》3个月内完成本项目自主验收；b.对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的起止日期；c.验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台 (<http://114.251.10.205/#/pub-message>) 中备案，且向项目所在地生态环境主管部门报送相关信息，并接受监督检查。