

核技术利用建设项目  
重庆三峡电线电缆科技股份有限公司  
电子加速器项目  
环境影响报告表

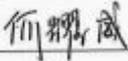
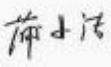
建设单位：重庆三峡电线电缆科技股份有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

2022年11月

生态环境部监制

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	s5u06k		
建设项目名称	重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目		
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)	重庆三峡电线电缆科技股份有限公司		
统一社会信用代码	91500116078836617G		
法定代表人 (签章)	何耀威 		
主要负责人 (签字)	王文 		
直接负责的主管人员 (签字)	王文 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称 (盖章)	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004662		
<b>三、编制人员情况</b>			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
罗定福	2014035550350000003510550235	BH004103	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
蒲小洁	项目基本情况、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论及建议	BH001011	

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目				
建设单位		重庆三峡电线电缆科技股份有限公司				
法人代表	何耀威	联系人	王文	联系电话	18*****85	
注册地址		重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号				
项目建设地点		重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司厂区内				
立项审批部门		重庆市江津区经济和信息化委员会		批准文号	2207-500116-04-02-149825	
建设项目总投资 (万元)		1000	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	2%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m <sup>2</sup> )	约 285
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						
<p><b>项目概述 (建设单位的简要情况、占地面积、规模和任务的由来)</b></p> <p><b>1.1 建设单位简介</b></p> <p>重庆三峡电线电缆科技股份有限公司成立于 2013 年, 原名为重庆联邦中北电缆股份有限公司, 2017 年更名为重庆三峡电线电缆科技股份有限公司, 是重庆三峡电缆(集团)有限公司下属控股公司, 是集电线电缆研发、开发、生产、销售与一体的中型骨干企业。公司经营范围包括生产、销售电线电缆; 加工、销售高低压成套开关设备; 货物及技术进出口业务; 本企业自有房屋租赁; 仓储服务。</p> <p><b>1.2 项目由来</b></p> <p>电子加速器辐照改性后的电线电缆具有耐高温、耐高压、耐腐蚀、阻燃、机械强度高、抗氧化等优良性能, 更能满足市场的需求。为了适应市场对辐照改性电线电缆的需求, 重庆三峡电线电缆科技股份有限公司拟在重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司</p>						

**续表 1 项目基本情况**

2 号厂房内建设“重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目”，该项目建设 2 座加速器辐照室，新购置 2 台电子加速器（2.0MeV）用于电线电缆的辐照改性，提高电线电缆性能。

根据《射线装置分类》（原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）可知，工业辐照用加速器属于 II 类射线装置。射线装置使用时将会对周围环境产生一定的电离辐射影响，根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，“重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目”应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号）的分类管理要求，本项目属于“五十五 核与辐射 172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了《重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目环境影响报告表》。

**1.3 建设规模及工程内容**

**1.3.1 项目组成**

拟建项目位于重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部，建设 2 座加速器辐照室、新购置 2 台电子加速器。项目总占地面积约为 285m<sup>2</sup>，总建筑面积约 285m<sup>2</sup>，总投资约 1000 万元，施工期长约 12 个月，项目组成见表 1-1。

**表 1-1 项目组成一览表**

序号	类别	项目名称	建设内容	备注
1	主体工程	加速器辐照室	2座辐照室位于公司2号厂房内西侧中部并排布置，1#辐照室与2#辐照室以南北轴镜面对称布置，均为单层混凝土结构，2间辐照室内净空均为：长7.4m、宽5.9m、高2.55m，辐照室出入口设置迷道，有效使用面积约43.66m <sup>2</sup> （不含迷道），人员进出门洞宽0.9m、高2m。在各辐照室迷道内墙和外墙上设置电缆进出孔洞，孔洞尺寸为0.1m×2.5m，辐照线缆从迷道外墙以夹角31°斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角34°斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，形似U形，可避免射线直接照射）。	新建
		设备区	电子加速器主要部件安装在辐照室顶棚上方，因本项	

续表 1 项目基本情况

			目拟购置半自屏蔽设备，因此未设置独立主机室，设备安装区域四周使用围栏（1.8m）封闭。	
		设备	新购2台卧式高频高压型电子加速器（电子束能量2.0MeV、电子束流强50mA、扫描宽度1800mm），属于II类射线装置。该电子加速器为半自屏蔽式，设备主机部分安装在辐照室顶棚上方。加速器组件外壳采用钢、铅等屏蔽材料，束流加速组件穿过顶棚区域使用420mm厚铁作为局部屏蔽体，尺寸为2160mm×2160mm，该屏蔽件为设备自屏蔽组件，用于阻挡辐照室内电子与物质发生韧致辐射产生的X射线直接穿过加速器组件穿墙孔洞。钛窗出口到束下传输带（吸收板）距离约35cm。	新建
2	辅助工程	控制室	设置2个控制室，分别位于1#辐照室西南侧和2#辐照室东南侧，单个面积约9.6m <sup>2</sup> 。	新建
3	储运工程	电线传输系统	需辐照交联电线通过自动传输系统，传送至辐照室内进行辐照。（自动传输系统拟布置在已建2号厂房内）	新建
4	公用工程	供配电系统	依托厂区供配电系统，用电来源于市政供电	依托
		给水系统	依托厂区给水系统，来源于市政供水	依托
		排水系统	辐射工作人员生活污水依托厂区生化池处理达标后排入市政污水管网。加速器均自带冷却水循环系统，除束下喷淋冷却水外其余冷却水均循环利用，不外排，单台循环水量约1.5m <sup>3</sup> /h，束下喷淋冷却水经地漏和集水沟收集，经管道引至厂房外，接入厂区污水管网，两台总排水量约6m <sup>3</sup> /d。排水管道穿墙位置设置在地坪下方，整体呈U型。	新建
		通风系统	辐照室内设置1个排风口，辐照室地坪下方设置“U”型风管，经预埋混凝土预制通风管道引至室外（2号厂房外）经15m高不锈钢排气筒高空排放。	新建
5	环保工程	污水处理	辐射工作人员生活污水依托厂区2#生化池处理，2#生化池位于厂区西侧，处理能力为50m <sup>3</sup> /d。	依托
		废气处理	辐照室设置机械排风系统，将辐照室内产生的臭氧、氮氧化物等废气引至室外经15m高不锈钢排气筒高空排放，各辐照室分别设置1台风量约7500m <sup>3</sup> /h的风机，以保证以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足GBZ2.1的规定。	新建
		屏蔽防护	设置足够厚度的混凝土屏蔽墙体、迷道以及钢防护门对本项目电子加速器产生的电离辐射进行屏蔽防护。设备自屏蔽材料采用钢、铅等。	新建
6	其他	辐射环境管理	公司拟建立辐射防护管理机构，拟设置专人管理辐射环境，拟制定相应的管理制度和应急预案。	新建

### 1.3.2 屏蔽防护设计

本项目辐照室的设计情况如下表 1-2 所示。

续表 1 项目基本情况

表 1-2 辐照室屏蔽设计情况一览表						
项目	2.0MeV 1#和 2#辐照室					
长×宽×高	内空尺寸：7.4m×5.9m×2.55m（不含迷道）					
四周屏蔽墙厚度	1#、2#北墙，1#东墙，2#西墙：1500mm 混凝土 北墙设备吊装口在设备安装后，用1500mm混凝土进行封堵 1#、2#南墙：900mm 混凝土（内）+1000mm 混凝土（外） 1#西墙、2#东墙：1400mm 混凝土（内）+800mm 混凝土（外） 迷道：迷道宽度 0.9m，迷道高 3.05m					
顶棚厚度	1500mm 混凝土（迷道顶棚 1000mm 混凝土）					
防护门	门洞尺寸：0.9×2m 门尺寸：1.3×2.2m 门材质：钢 门厚度：40 mm钢板					
设备自屏蔽	加速钢管筒筒体采用内层 12mm 钢板，中间夹层 40mm 铅版，外层 3mm 钢板屏蔽 加速管钢管人孔法兰采用 65mm 钢板屏蔽+45mm 钢板屏蔽 顶盖采用 20mm 钢板+60mm 铅板+90mm 钢板屏蔽 连接接管采用内层 10mm 钢板，中间夹层 30mm 铅板，外层 3mm 钢板屏蔽 加速器电源钢管筒采用 14mm 钢板屏蔽 加速管钢管底座采用厚度80mm钢板+组件穿墙孔处的420mm铁屏蔽					
备注：①1#辐照室与 2#辐照室以南北轴镜面对称布置，即西墙和东墙方位互换，机房尺寸及其他屏蔽方案设计相同； ②混凝土（2.35g/cm <sup>3</sup> ），铅（11.3g/cm <sup>3</sup> ），钢（7.4g/cm <sup>3</sup> ），铁（7.85g/cm <sup>3</sup> ）。						
<b>1.3.3 相关设备配置</b>						
本项目设备清单见表1-3。						
表 1-3 项目设备一览表						
序号	名称	数量	规格型号	用途	参数	放置位置
1	高频高压型电子加速器	2 套	DDLH2.0/50-1800	电线辐照交联	II 类射线装置 电子束能量2.0MeV、 电子束流强50mA、扫描宽度1800mm 半自屏蔽式	设备主要组件安装在辐照室顶棚平台，电子束流加速部分穿过顶棚，下接束流引出组件
2	线束下传输系统	2 套	/	电线自动传输	加速器配套系统	电线收发器设置在辐照室外
3	冷却水循环系统	2 套	/	加速器各组件冷却		设备区

续表 1 项目基本情况

4	风冷系统	2套	/	主要用于束流引出系统钛窗组件冷却		设备区
5	风机	2个	/	辐照室排风	风量 7500m <sup>3</sup> /h	1#辐照室外东南侧、2#辐照室外西南侧

### 1.3.4 工作负荷

根据建设单位提供的资料可知，在满足电子加速器及束下传输系统限制的条件下，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司生产的电线电缆均可根据客户需求进行辐照改性，故全年进行辐照改性的电线电缆类型、规格大小等均会因市场环境发生变化，存在不确定性。根据建设单位提供的资料，本项目两台电子加速器平分工作量，单台电子加速器年工作 300 天，每天最多运行 24h，年工作时间约为 7200h。

### 1.3.5 劳动定员

建设单位拟配置辐照工作人员 12 人（三班倒、每班 4 人），从事本项目电线电缆辐照工作，包括加速器操作人员、维修人员、线缆传输操作区工作人员等。拟配置辐照工作人员均在公司内部调配培养，不新增总劳动定员，目前具体人员待定。

### 1.4 项目外环境概况

本项目位于重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部。2 号厂房分为 3 个部分，西侧和东侧为 3F（高 17.9m）库房，中部为 1F（高 12.5m）厂房。其中 1F（高 12.5m）厂房北侧为公司厂房，南侧租给顾家家俱厂作为厂房。

根据厂区布局，项目所在 2 号厂房北侧约 24m 为 3 号厂房；南侧紧邻顾家家俱厂，约 24m 为 1 号厂房；西侧紧邻厂内道路，之外约 40m 为马南大道，约 70m 为重庆嘉海纸制品有限公司办公楼；东侧紧邻厂内道路，之外为厂内绿化，约 60m 为中兴大道，约 110m 为科林包装办公楼。项目所在厂房外环境关系见表 1-4 所示。

表 1-4 项目所在厂房周围外环境关系一览表

序号	名称	方位	最近距离 (m)	高差 (m)	环境特征
1	3 号厂房	北侧	约 24m	0m	厂内建筑，1F-3F
2	顾家家俱厂	南侧	紧邻	0m	生产车间，1F
	1 号厂房		约 24m	0m	厂内建筑，1F-3F，由重庆欧伯尔新材料有限公司进行

**续表 1 项目基本情况**

3	厂内道路	西侧	紧邻	0m	厂内道路
	马南大道		约 40m	0m	市政道路
	重庆嘉海纸制品有限公司办公楼		约 70m	0m	办公楼, 3F
4	厂内道路和绿化	东侧	紧邻	0m	厂内道路和绿化
	中兴大道		约 60m	0m	市政道路
	科林包装办公楼		约 110m	0m	办公楼, 3F

本项目环境保护目标为辐照室周围 50m 范围内的辐射工作人员和公众成员。

### 1.5 项目选址可行性

项目位于重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部，辐照室周边区域主要为公司厂房生产设备和库房等，公司实行封闭式管理，公众成员未经允许不得入内，且辐照室远离公司办公人员活动区域，因此，辐照室周围活动人员较少，有利于减少 X 射线对公众成员的影响。项目位于 2 号厂房内，便于整个生产过程的进行。

因此，项目选址是可行的。

### 1.6 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

重庆三峡电线电缆科技股份有限公司为首次开展核技术利用工作，根据现场监测，拟建址的环境 $\gamma$ 辐射剂量率与重庆市的环境 $\gamma$ 辐射剂量率无明显差异。因此，拟建址不存在与本项目有关的环境污染情况和环境问题。

### 1.7 项目所在厂区环保手续情况

重庆三峡电线电缆科技股份有限公司在重庆市江津区珞璜镇建设“电力装备高科技产业基地项目”用于公司产品的生产，该项目分阶段建设、分阶段验收，目前建设成一阶段，主要包括 3 栋厂房（联合 1、2、3 号厂房），形成年产 12 万公里特种电力电缆。公司于 2015 年完成了《电力装备高科技产业基地项目环境影响报告表》，并于 2015 年 3 月取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝(津)环准[2015]044 号），该项目一阶段于 2019 年 4 月 17 日通过了竣工环保验收，形成了《电力装备高科技产业基地项目（一阶段）竣工环境保护验收意见》。

### 1.8 本项目依托情况

本项目主要依托厂区给排水及供配电工程、生化池、劳动定员，依托情况详见表 1-4。根据分析可知，本项目所在的厂区进行了环境影响评价并取得了《重庆市建设项目环境

**续表 1 项目基本情况**

影响评价文件批准书》，各项环保设施均已建成投用，并通过了竣工环保验收，本项目依托是可行的。

**表 1-4 项目依托可行性分析**

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水	厂区的供电电网、供水管网完善，本项目依托可行。	可行
环保工程	污水处理	本项目辐射工作人员由公司现有工作人员调配而来，不新增生活污水产生量，仅新增少量束下喷淋冷却水（主要含 SS）约 6m <sup>3</sup> /d，依托厂区 2#生化池处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。2#生化池位于厂区西侧，处理能力为 50m <sup>3</sup> /d，目前尚有余量。根据重庆开创环境监测有限公司出具的竣工环境保护验收检测报告可知，2#生化池外排废水均能达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。因此本项目依托生化池可行。	可行
	固废处理	本项目产生的少量生活垃圾依托现有的生活垃圾收运系统，最终交环卫部门处理，依托可行。	可行
劳动定员	辐射工作人员	项目劳动定员 12 人，均在公司内部调配，不新增公司总劳动定员。因此，本次依托可行。	可行

**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
本项目不涉及。								

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

**表3 非密封放射性物质**

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

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	电子加速器	II类	1	DDLH2.0/50-1800	电子	2MeV	50mA	电缆电线 辐照改良	新建加速器 1#辐照室	拟购
2	电子加速器	II类	1	DDLH2.0/50-1800	电子	2MeV	50mA	电缆电线 辐照改良	新建加速器 2#辐照室	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
本项目不涉及。									

(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 (mA)	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	
本项目不涉及。													



表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</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 日施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 21 日施行，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 653 号，2014 年 7 月 29 日修订实施；国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日修订实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局令第 31 号，2021 年 1 月 4 日修订实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(10) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令第 338 号），2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(11) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(12) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号。</p>
----------	---

表 6 评价依据

<p>技术标准</p>	<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 环境影响文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；</p> <p>(4) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979 - 2018)；</p> <p>(5) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010)；</p> <p>(6) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85)；</p> <p>(7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019)；</p> <p>(10) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012)；</p> <p>(11) 《大气污染物综合排放标准》(DB 50/418-2016)；</p> <p>(12) 《核应急管理导则——放射源和辐射技术应用应急准备与响应》国防委、卫生部，2003 年 2 月 21 日；</p> <p>(13) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书（支撑材料附件 1）；</p> <p>(2) 项目备案证（支撑材料附件 2）；</p> <p>(3) 电力装备高科技产业基地项目环评批准书（支撑材料附件 3）；</p> <p>(4) 电力装备高科技产业基地项目环评验收意见（支撑材料附件 4）；</p> <p>(5) 项目辐射环境监测报告（支撑材料附件 5）；</p> <p>(6) 项目设计等相关资料（支撑材料附件 6）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据本项目射线装置为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的相关规定，确定以加速器辐照室为边界外 50m 区域作为本项目辐射环境影响评价的范围。

### 7.2 环境保护目标

本项目拟建址位于重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部。

项目加速器辐照室北侧约 45m 为电线挤塑机，南侧约 3m 为顾家家具厂厂房，西侧约 27m 为 2 号厂房电缆库房，东侧约 43m 为 2 号厂房内束线机，东北侧约 22m 为 2 号厂房内云母带绕包机，东北侧约 40m 为 2 号厂房内柜绞机。本项目收放线区分别在辐照室西侧和东侧布置，线缆收放操作区域最近的操作位距离辐照室约 8m。辐照室周围 2# 厂房内有线缆传输操作区工作人员、运送线缆的工作人员和其操作他生产设备的工作人员。本项目辐照室与北面厂界的最近距离约 400m，与南面厂界的最近距离约 290m，与西面厂界的最近距离约 60m，与东面厂界的最近距离约 280m。本项目为单层建筑，顶上和地下均无建筑。

项目地理位置图见附图 1，项目周围环境概况见附图 2，加速器辐照室周围环境保护目标见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

序号	名称	方位	距离	高差	影响人群	基本情况	主要影响因素	控制目标	
1	1#控制室	1#辐照室西南	紧邻	0	辐射工作人员	本项目辅助用房, 每班 4 人	电离辐射	年剂量约束值: 5mSv	
2	2#控制室	2#辐照室东南	紧邻	0	辐射工作人员	本项目辅助用房, 每班 4 人		年剂量约束值: 5mSv	
3	项目所在 2 号厂房内	电线挤塑机	北	约 45m	非辐射工作人员、公众	厂房内设备操作位, 约 2 人		年剂量约束值: 0.1mSv	
		束线机	东	约 43m		约 0			厂房内设备操作位, 约 2 人
		云母带绕包机	东北	约 22m		约 0			厂房内设备操作位, 约 2 人
		柜绞机	东北	约 40m		约 0	厂房内设备操作位, 约 2 人		
4	顾家家具厂厂房	南	约 3m	0	公众	生产车间, 约 30 人			
5	2 号厂房电缆库房	西	约 27m	0	公众	2 号厂房库房, 约 3 人			

### 7.3 评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款, 应对个人受到的正常照射加以限制, 以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外, 由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B (标准的附录 B) 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

#### B1 剂量限值 (标准的附录 B)

第 B1.1.1.1 款, 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

a) 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), 以 20mSv 作为职业工作人员的剂量约束限值;

续表 7 保护目标与评价标准

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值 1mSv。

(2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)

本标准适用于辐射加工用能量不高于 10MeV 的电子束辐照装置和能量不高于 5MeV 的 X 射线辐照装置。自屏蔽辐照装置不适用于本标准。

第 4.2.1 款 辐射防护原则 (3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中, 辐射防护的剂量约束值规定为:

- a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv;
- b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

第 4.2.2 款 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。如屏蔽体外为社会公众区域, 屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

(3) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985)

本规定适用于加速粒子的单核能量低于 100 MeV 的粒子加速器 (不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移动加速器) 设施。

第 2 条 剂量当量限值

第 2.8 条 从事加速器工作的全体放射性工作人员, 年人均剂量当量应低于 5mSv。

第 2.10 条 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等, 对关键居民组中的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv。

第 E.2.1 加速器设施内应有良好的通风, 以保证臭氧的浓度低于  $0.3\text{mg/m}^3$ 。

(4) 《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)

本标准适用于各种类型的 $\gamma$ 源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。

续表 7 保护目标与评价标准

第 3.2 条 电子束辐照装置

按人员可接近辐照装置的情况分为：

II 类 安装在屏蔽室（辐照室）内的辐射装置，运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照室。

5.1.4 II、IV 类  $\gamma$  射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测

5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下：

① 距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。

② 对于单层建筑的辐照装置，过辐射源中心垂直于辐照室屏蔽墙的任一垂线上，自屏蔽墙外表面至距其 20m 范围内人员可以到达的区域。

③ 对于单层建筑的辐照装置，当距其 50m 内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时，在辐照装置室顶和（或）相应的建筑物高层测量。

5.1.4.3 测量结果应符合 GB17279 第 5 条（对于监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于  $2.5 \times 10^{-3} \text{mGy/h}$ ）。

(5) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

第 8.1.3 条 辐射防护安全要求

a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于 C20，密度不应低于  $2.35 \text{g/cm}^3$ ；

c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2002 及 GB5172-1985 中职业照射剂量限值要求，在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv。

(6) 《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）

室内：臭氧浓度的接触限值： $0.3 \text{mg/m}^3$ ；氮氧化物的接触限值： $5 \text{mg/m}^3$ 。

(7) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为  $200 \mu\text{g/m}^3$  ( $0.2 \text{mg/m}^3$ )；二氧化氮 1 小时平均限值为  $200 \mu\text{g/m}^3$  ( $0.2 \text{mg/m}^3$ )。

(8) 《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）

4 污染物排放控制要求

续表 7 保护目标与评价标准

大气污染物最高允许排放浓度：氮氧化物限值为 200mg/m<sup>3</sup>（主城区）。

5.3 所有排气筒高度应按环境影响评价要求执行，至少不低于 15m。

(9) 评价标准及相关参数值

本环评主要是评价和分析电子加速器辐照工作中产生的电离辐射影响，相关评价标准及要求见表 7-2 所示。

表 7-2 辐射评价标准及相关参数汇总表

年有效剂量控制			执行依据
执行对象	辐射工作人员	公众成员	
标准限值	20mSv/a	1mSv/a	GB18871-2002
剂量约束值	5mSv/a	0.1mSv/a	HJ979-2018 等
环境剂量控制			执行依据
电子加速器辐照装置	电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 ≤ 2.5 μSv/h		HJ979-2018 等
通风要求			执行依据
加速器辐照室	室内臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m <sup>3</sup>	室内氮氧化物的接触限值：5mg/m <sup>3</sup>	GBZ2.1-2019

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

拟建项目位于重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部，项目地理位置图见附图 1 所示。

### 8.2 环境质量和辐射现状

为掌握本项目所在位置的辐射环境背景水平，重庆泓天环境监测有限公司于 2022 年 10 月 11 日对本项目拟建场址的环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测，监测报告编号为：渝辐(监)[2022]1273 号。

#### 8.2.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 8.2.2 监测方案

(1) 监测方法和依据：

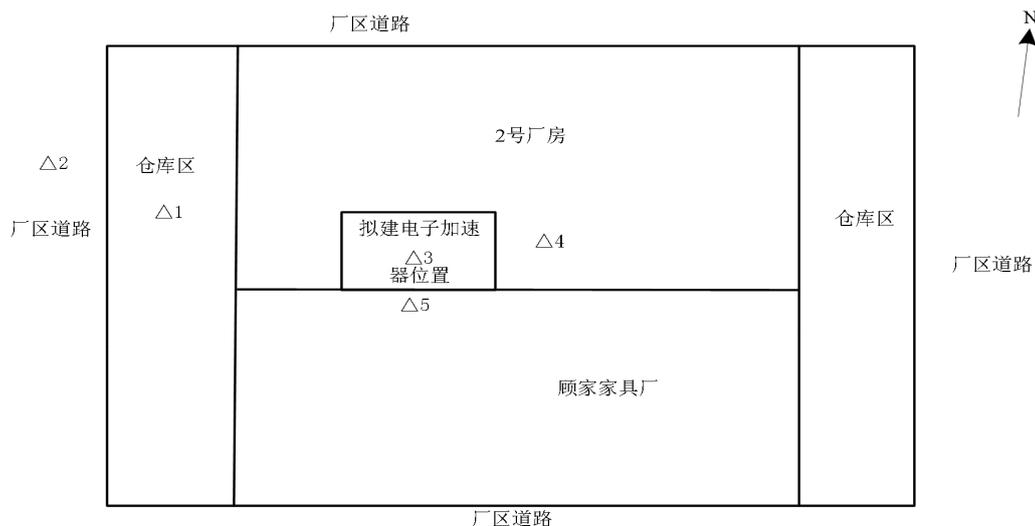
监测方法和依据见表 8-1。

表 8-1 监测方法和依据

监测方法	监测依据
仪器法	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

(2) 监测点位选取及合理性

共设 5 个点，具体监测布点见图 8-1。



备注：△为环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测点位，监测高度距地面 1.0m。

图 8-1 监测布点图

**续表 8 环境质量和辐射现状**

根据监测布点情况，本次监测在本项目拟建址、2号厂房内、库房、顾家家具厂、2号厂房室外均布设了监测点位，各监测点位的布设能够反映本项目所在位置辐射环境水平及邻近环境 $\gamma$ 辐射水平。因此，项目监测布点合理可行。

**(3) 测定方式**

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

**8.2.3 质量保证措施**

本项目委托有资质的单位重庆泓天环境监测有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表 8-2。

**表 8-2 监测仪器情况**

仪器名称及型号	仪器编号	计量检定/校准证书编号	有效期至	校准因子
环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率 JB4010	09031	HT20160801	20220426 03435	2023.5.4

**8.2.4 监测人员及报告审核制度**

监测单位具备所监测项目的资质；合理布设监测点位；监测方法采用国家有关部门颁布的标准；监测人员经过培训后上岗，监测仪器每年送剂量部门检定合格后在有效期内使用；每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；监测时由专业人员按操作规程操作仪器，获取足够的数量，并做好记录；监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核、审定，最后由授权签字人签发。

**8.2.5 监测结果**

监测结果统计见表 8-3。

**表 8-3 本项目本底监测结果统计**

监测点位	监测点位描述	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)
△1	2号厂房仓库区	52
△2	2号厂房外厂区道路	50
△3	拟建电子加速器位置	52
△4	2号厂房	51
△5	顾家家具厂	59

根据监测统计结果可知，本项目建设位置及周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在

50nGy/h~59nGy/h 之间（未扣除宇宙射线）。根据《二〇二一年重庆市生态环境状况公报》（重庆市生态环境局），2021 年重庆市多个点位的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值为 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。项目场址及邻近环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率与重庆市多个点位的 2021 年环境地表 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值结果相比无明显差异。

表9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 9.1 施工期污染工序及污染物产生情况

本项目施工期主要为加速器辐照室建设和电子辐照加速器设备安装等施工内容，其工艺流程及产污环节见图 9-1。

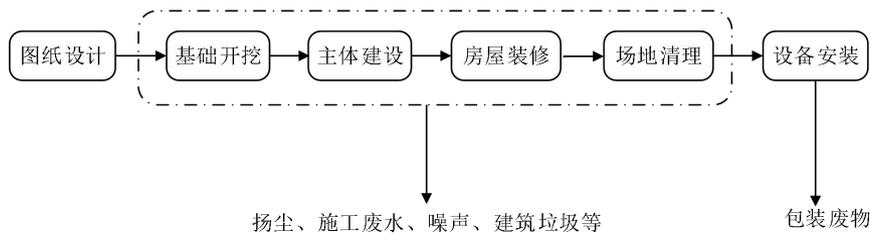


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图可知，本项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：主要为加速器辐照室建设和装修时产生的扬尘，本项目工程量小，扬尘产量很少；

噪声：主要来自于加速器辐照室建设和装修时施工机械等产生的噪声，本项目工程量小，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小；

废水：主要为加速器辐照室建设和装修时的施工废水以及施工人员产生的少量生活污水，本项目工程量小，废水产生量也很少；

固体废物：主要为加速器辐照室建设过程中基础开挖产生的少量挖方和装修过程产生的少量建筑垃圾以及施工人员产生的少量生活垃圾。本项目工程量小，预计弃方量约 200m<sup>3</sup>，建筑垃圾共产生约 2t。

### 9.2 营运期工艺流程及产污环节

#### 9.2.1 工作原理

电线电缆辐照交联的工作原理：辐照交联又称为物理交联，是利用电子加速器产生的高能电子束流，轰击绝缘层，将聚乙烯高分子链打断，被打断的每一个断点称为自由基。自由基不稳定，相互之间要重新组合，重新组合后由原来的链状分子结构变成三维网状的分子结构，形成致密层。电线电缆绝缘辐射交联的改性是由其交联密度决定的，调整辐照剂量可控制绝缘的交联密度，进一步控制材料的改性和提高。主要导致的性能变化：辐射交联导致材料机械强度增加，冷流和抗蠕变性能提高，弹性模量增大；辐射

## 续表9 项目工程分析与源项

导致绝缘重要的变化是耐热性、耐溶剂性的变化，耐开裂性的变化和提高了。

电子加速器工作原理：由钢筒外高频振荡管和钢筒内的高频变压器、高频电极及其对钢筒、倍压芯柱之间形成的分布电容组成一个高频振荡器，它在两个高频电极之间产生高频电压，这一高频电压通过高频并激倍加电路在高压电极上产生负极性直流高压，在此负极性电压作用下通过加速管时得到加速，然后穿出钛窗对产品进行辐照加工，高压气筒内充以 SF<sub>6</sub> 气体以保证加速器的高电位梯度。

### 9.2.2 设备情况

重庆三峡电线电缆科技股份有限公司拟配置 2 台 DDLH2.0/50-1800 型高频高压型电子加速器，用于电线电缆的辐照交联。

#### (1) 电子加速器设备参数

DDLH2.0/50-1800 型高频高压型电子加速器设备参数信息见表 9-1。

表9-1 电子加速器主要性能参数

型号	DDLH2.0/50-1800
电子束能量	2MeV
电子束能量可调范围	1.5—2MeV
电子束流强	50mA
电子束流强可调范围	0.5—50mA
扫描宽度	1800mm
最大束流功率	100kW
工作方式	可长时间满功率运行
设备结构	卧式半自屏蔽

#### (2) 电子加速器结构

辐照用电子加速器主要组成部分包括：直流高压发生器、束流加速系统、扫描引出系统、引出扫描系统、真空抽气系统、绝缘气体处理系统、冷却水循环系统、控制系统组成。高频高压型加速器按主体结构形式可分为直立型和角尺型（卧式），本项目拟购置的电子加速器主体结构为卧式半自屏蔽，其结构特性如下：采用高压电源和电子加速器系统相分离的结构，前者为卧式，后者垂直安放。两者通过高压同轴圆管连接。其特点是：

续表 9 项目工程分析与源项

- a) 采用角尺形设计，只需对加速器部分及束流引出部分进行屏蔽，而高频高压电源部分一般不需要屏蔽；
- b) 由于电源部分卧置，设备高度大大降低，节省厂房建造成本；
- c) 躺下后的卧式高压电源筒内的倍压柱更便于检修；
- d) 加速管置于独立的钢筒内，减弱了与倍压柱之间的相互干扰。检修调试时更便于判断故障点所在；
- e) 当加速器能量不是很高时，辐射防护可以采用半自屏蔽设计。即以铁和铅构成紧凑的局部屏蔽。拟购加速器设备自屏蔽包括束流加速器组件和高压电源组件外壳屏蔽材料和嵌入顶棚处加速器管穿墙区域的铁屏蔽件。加速器组件穿顶棚处孔洞空隙屏蔽材料为 42cm 铁，用于封堵设备组件穿墙空隙，阻挡辐照室内射线通过设备周边空隙直接泄露至辐射顶棚设备区，该铁屏蔽区作为辐射室顶棚屏蔽的一部分。加速器组件自屏蔽结构见报告附图 7。

本项目拟购加速器的结构如图 9-2 所示。

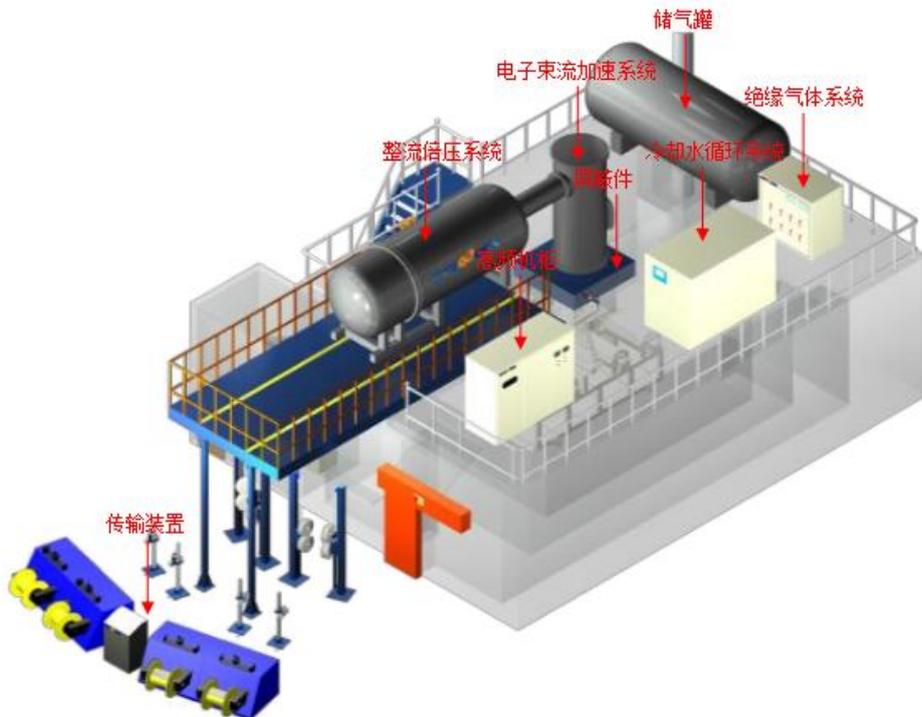


图9-2 卧式半自屏蔽电子加速器结构示意图

①直流高压发生器

## 续表 9 项目工程分析与源项

由高频振荡器、高频变压器和整流倍压系统组成，高频变压器为高频振荡器的关键部件。高频振荡器的作用是把电网的电能由工频转化为高频，再经倍压电路转换为加速器的直流高压，其性能决定着最大束功和束功转化效率。整流倍压系统是以两块垂直固定在钢筒底板上的绝缘板为骨架，在两块绝缘板上间隔均匀地从下至上各安装一排硅堆，两排硅堆彼此依次联接组成一条螺旋上升的硅堆整流链。

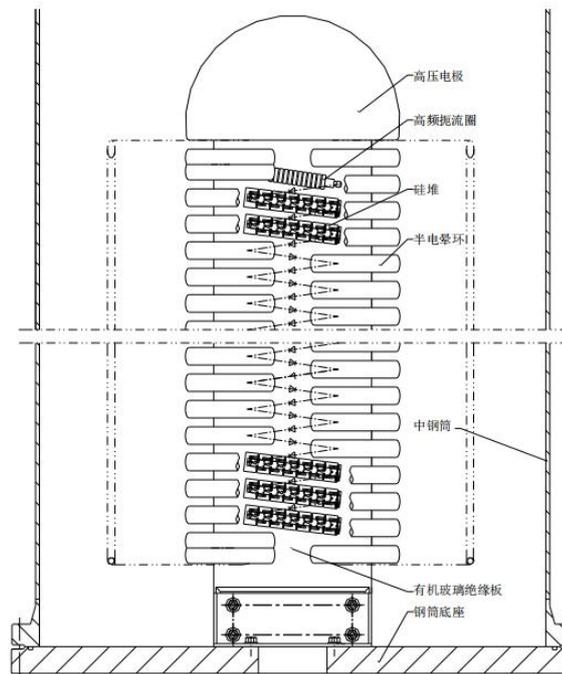


图9-3 整流倍压系统示意图

### ②束流加速系统。

由加速管和电子枪组成。加速管属于等电压梯度、高压型加速管，电子枪由置于高压球帽内的发电机供电。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过根绝缘轴带动。改变变频电机的工作频率，即可方便快速地改变发电机的转速从而改变电子枪的加热电流，达到调节束流的目的。

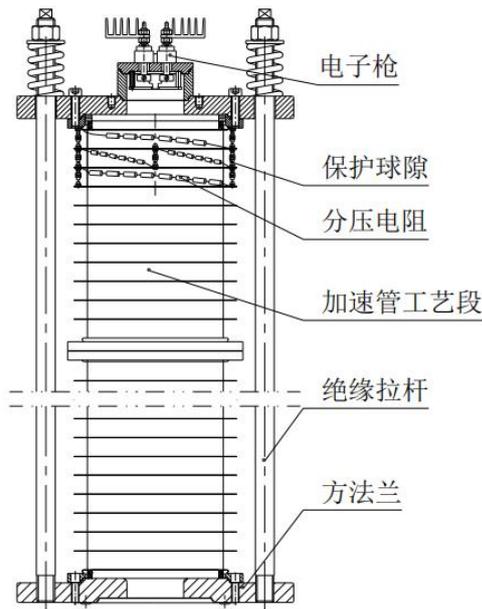


图9-4 束流加速系统示意图

③扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照室。穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描。最后经长条形的钛箔引出。钛箔的厚度既要有足够的强度以抵抗真空压力，又要尽量减少电子束在穿越时的能量损耗。钛箔上的会有一定的能量损失，需要沿钛箔安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。



图9-5 束流引出系统示意图

续表 9 项目工程分析与源项

④控制系统

计算机控制系统的主要功能是：监控加速器的正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合。

⑤真空抽气系统

真空抽气系统安装在主厅钢筒底座下面的四通管两侧，由涡轮分子泵和机械泵机组组成。工作时先启动前级旋片真空泵机组，等到前级真空度达到 5Pa 左右时可启动分子泵机组。真空测量采用 ZDF—V 型系列电阻/电离复合数显式真空计，ZJ-52T 型电阻规用来测量前级真空管路中的低真空度，ZJ-14 型冷规用来测量高真空管路中的真空度，真空计可向控制台输出联锁信号，以实现与真空度有关的联锁控制。

⑥SF6 绝缘气体处理系统

绝缘气体处理系统的功能主要为加速器检修时回收气体和通过气体的循环去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物。

⑦加速器冷却水循环装置

加速器水冷却/恒温系统是用于冷却/恒温 DD 型电子加速器工作时关键零部件温度的专用设备。全程采用 PLC 加控制面板方式实现自动控制。并与主控制界面建立通讯，同时能在加速器主控制界面上实现显示、控制及故障报警。本装置主要由二只水箱（常温水箱和低温水箱）、压缩机、冷凝器、蒸发器、水泵、若干阀门、管道、机架和控制系统组成。低温水箱主要冷却加速器钢筒内部和高频机柜内部，常温水箱主要冷却高频机电极管和束流吸收板。

续表 9 项目工程分析与源项

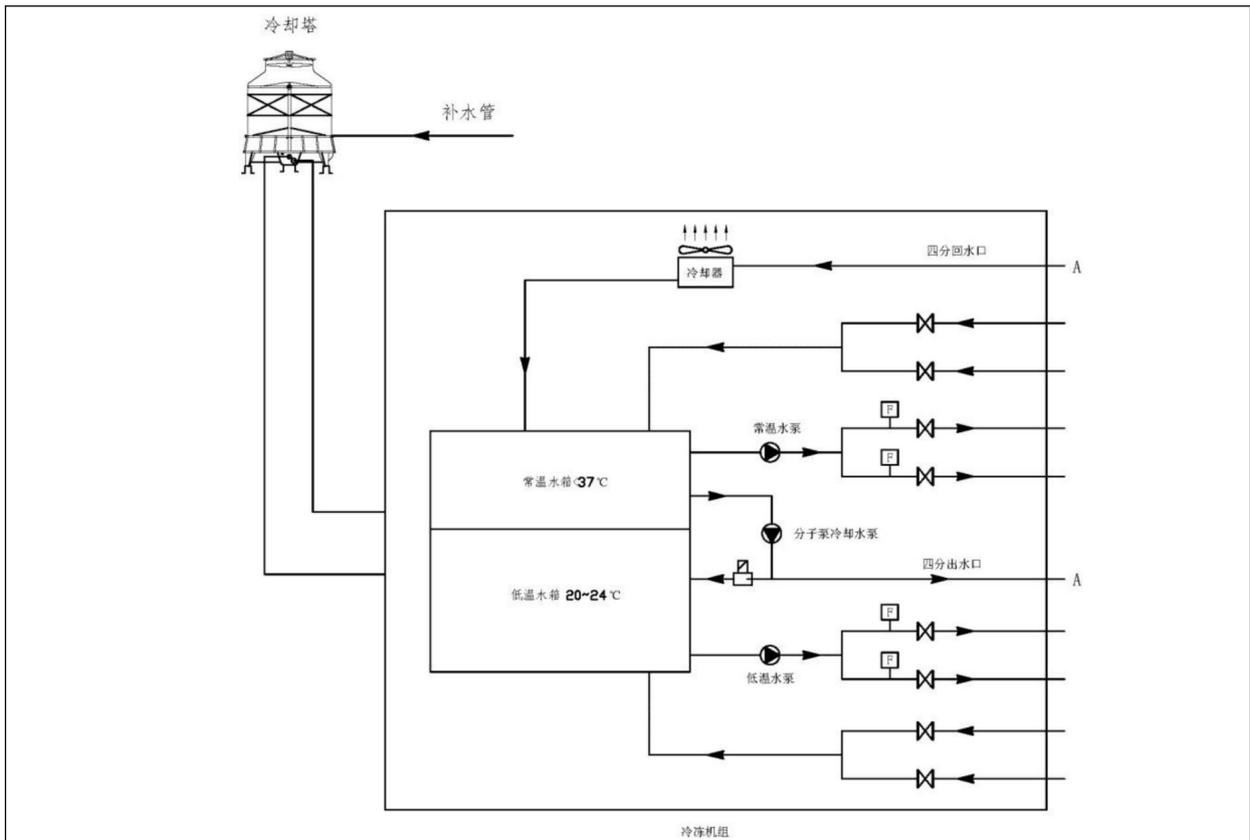


图9-6 冷却流程示意图

⑧束下传输系统

电子束流从窗膜射出后，辐照被加工的产品。辐照加工时为避免辐射对人员的伤害，人员是被限制进入辐照区的，所以需加工的产品运输必须由一套传输设备来完成，这套系统通称为束下传输系统。

本项目 2 台 DDLH2.0/50-1800 型高频高压型电子加速器配置束下传输系统 2 套。由放线机、放线夹线器、放线张力（储线）架、过线轮组、束下驱动辊筒装置、收卷张力架、收卷夹线机和收线机组成。采用四进四出辐照形式，整机生产线采用先进的计算机控制系统，自动化程度高。拟辐照的电缆放到待辐照区，连接放线机，电缆通过牵引机由产品走线穿墙进入辐照室，缠绕到束下辊筒，经电子束辐照后由产品走线穿墙出辐照室，然后收到收线机上。

续表 9 项目工程分析与源项

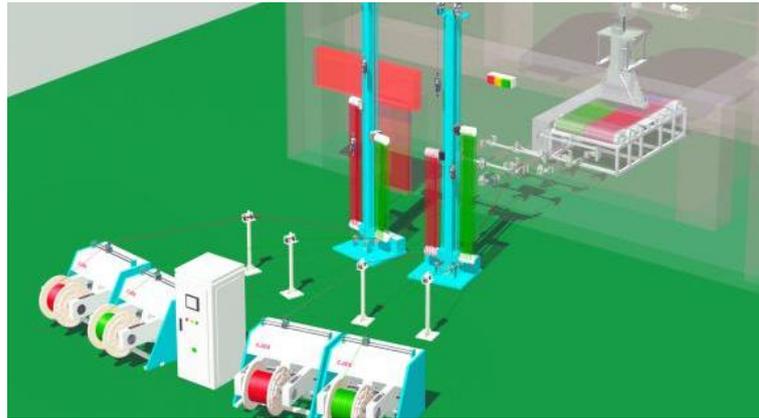


图9-7 束下传输系统示意图

9.2.3 工艺流程及产污环节

电线电缆辐照工艺流程图见图 9-9、图 9-10。

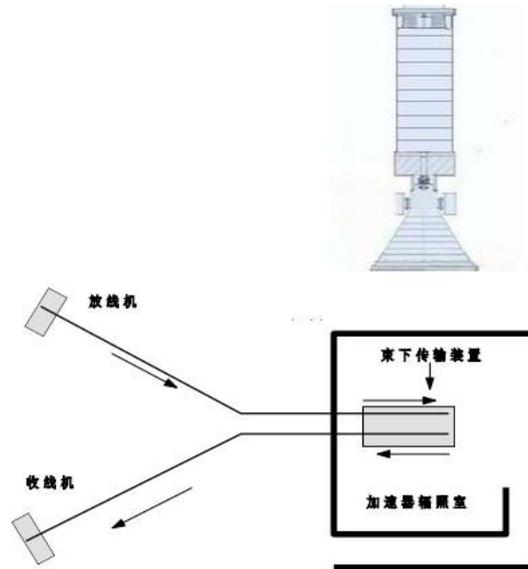


图 9-8 电缆辐照交联工艺示意图

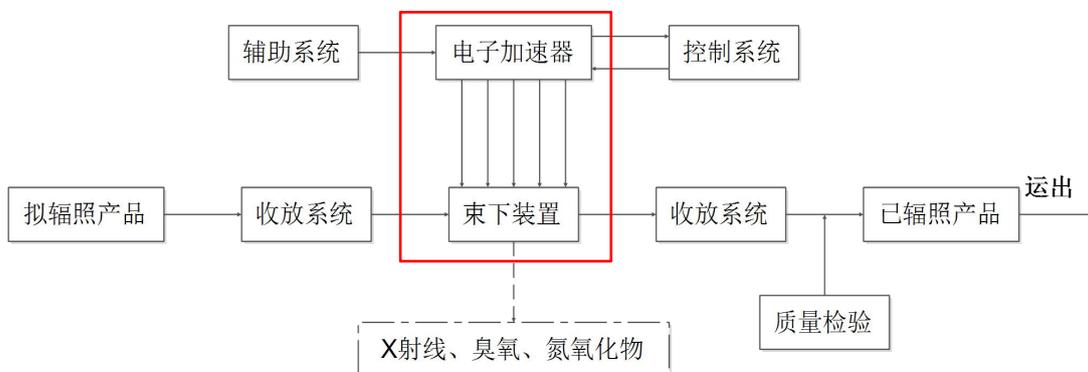


图 9-9 辐照工艺流程示意图

续表 9 项目工程分析与源项

①开机前准备

A、真空优于  $2.0 \times 10^{-4} \text{Pa}$ ，高压锻炼不小于 30min；

B、开启臭氧风机、空气压缩机；

C、退下锻炼高压，将高压选择旋钮打到自动挡位上；设定高压值和束流值；

在收放线区将待辐照的电线电缆装于放线机上，通过预设的导轮和孔洞传送到辐照室内部的四轮同步主滚筒上，在主滚筒上多次绕线，而后通过导轮传送到收线机上。放线机作用是将线缆从线盘上由动力放出，束下传输装置用于牵引线缆，并保证牵引线速度与加速器束流的匹配及稳定，生产中电线电缆绕线采用变形式辐照，绕线方法见图 9-10。

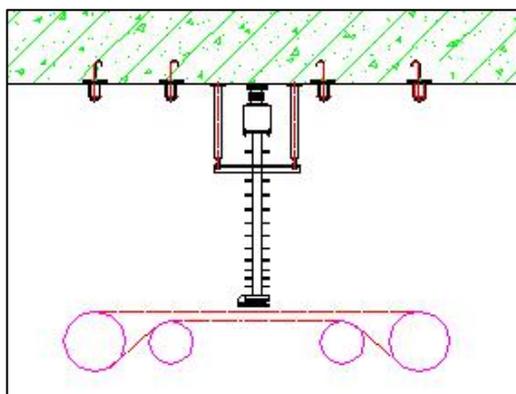


图 9-10 辐照室内电线电缆绕线示意图

D、每日电子加速器第一次启动前，工作人员进入辐照室检查各设备情况，并按巡检流程依次按下巡检按钮，该工作时间约 5~10 分钟。

②确保辐照室内无人员滞留，防护门正确关闭的前提下开启束下传动系统开关，在人机界面中的控制面板上设定辐照剂量、线径和线速度等参数。然后启动整个辐照生产线，束下传输装置开始牵引，运转到设定的线速度。电子加速器正常运作，电子束作用于电线电缆进行辐照改性，实现产品的辐照交联。

③当一盘产品交联完成后，进行下盘的操作，完成了产品的交联工序。本项目电子加速器配置的束下传输系统相同，当一盘产品交联完成后操作下盘产品时仅需在收放线区域将电线电缆装于放线机上，无需进入辐照室进行操作。

④辐照结束关闭电子加速器、束下传输装置，而后持续通风（根据后文核算排风时

## 续表 9 项目工程分析与源项

间不少于 9min)，待室内臭氧浓度满足相关标准后关闭臭氧风机等，工作人员方可进入。

综上所述，工作人员仅在辐照工作前的准备工作、辐照工作结束后的收尾工作时需进入辐照室。其中，准备工作于加速器开机工作前进行，其主要检查各设备情况，该工作时间在 5~10 分钟之间；辐照工作结束后，工作人员进入辐照室进行各设备检查，确保各设备处于正确状态，该工作时间在 5~10 分钟之间。此外，每次进入辐照室的工作人员不得少于 2 人，尽可能避免因室内监控盲区造成的人员误照射。

### 9.3 路径规划

辐射工作人员巡检路径：在单个辐照室不同位置设有 6 个巡检按钮，辐射工作人员从防护门进入，依次分别按下或拨起每个巡检按钮，然后原路退出加速器辐照室。

电缆进出辐照室路径：拟辐照的电缆放到待辐照区，连接放线机，电缆通过牵引机由产品走线穿墙进入辐照室，缠绕到束下辊筒，经电子束辐照后由产品走线穿墙出辐照室，然后收到收线机上。

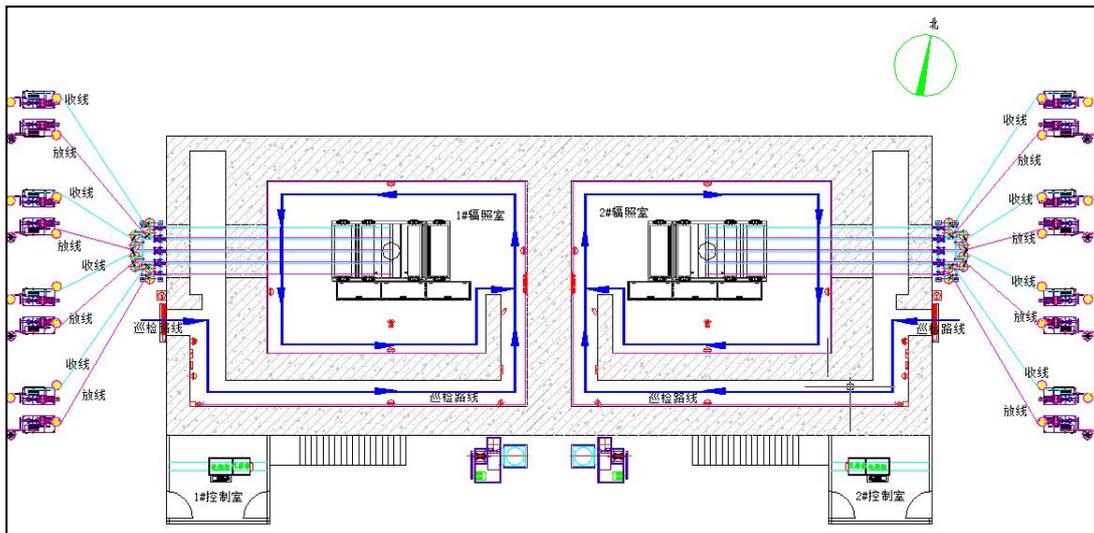


图9-11 项目路径示意图

### 9.4 污染源项描述

#### 9.4.1 电离辐射

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经过加速管加速并经过扫描扩展成为均匀的一定宽度的电子束。电子运动中受到加速器部件、作为辐照对象的电缆等材料的阻

续表 9 项目工程分析与源项

挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线）。本项目电子加速器电子束能量为 2MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中表 A.1 可知，2MeV 入射电子在距高 Z（原子序数  $Z > 73$ ）厚靶 1 米处侧向  $90^\circ$  的 X 射线发射率为  $1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。本项目辐照装置最高能量为 2MeV，尚达不到  $(\gamma, n)$  的反应阈值，不会产生中子，不会产生光核反应和感生放射性。因而，不存在加速器结构材料、冷却水和空气的感生放射性以及中子等相应的防护问题。所以，加速器开机辐照期间，X 射线为项目主要污染因子。

#### 9.4.2 “三废”产生量

##### (1) 废气

空气在辐射照射下产生臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 和氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ )，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 B.4 可知，在辐射加工中，只有仅利用 X 射线的厂房，需要考虑 X 射线产生的臭氧。而电子束和 X 射线同时使用的厂房，只计算电子束产生臭氧就足够了。因此，本项目只需要计算电子束产生臭氧。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 B.1 可知，平行电子束所致  $\text{O}_3$  的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad (9-1)$$

式中：

P——单位时间电子束产生  $\text{O}_3$  的质量 (mg/h)；

I——电子束流强度 (mA)；

d——电子在空气中的行程 (cm)，应结合电子在空气中的线阻止本领  $s=2.5\text{keV/cm}$  和辐照室尺寸选取，本项目钛窗出口到束下传输带（吸收板）距离约 35cm，因此，可以确定本项目电子在空气中的行程约 35 cm；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的  $\text{O}_3$  分子数，保守值可取为 10。

各参数的取值和计算结果见表 9-2。

表 9-2 直线加速器的  $\text{O}_3$  产额的计算参数和计算结果表

机房	I (mA)	d (cm)	G	P (mg/h)
单个辐照室	50	35	10	$7.88 \times 10^5$

## 续表 9 项目工程分析与源项

根据表 9-2 可知,本项目 2.0MeV 电子辐照加速器所致 O<sub>3</sub> 的产生率为 7.88×10<sup>5</sup>mg/h。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录 B 可知,氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一,因此本项目 2.0MeV 电子辐照加速器所致氮氧化物的产生率为 2.63×10<sup>5</sup>mg/h。

### (2) 废水

本项目加速器冷却水循环装置使用去离子水,对加速器零部件进行循环冷却,不外排,只需定期补加。本项目束下传输系统冷却方式采用喷淋水冷却方式,根据建设单位提供的资料,束下传输系统喷淋冷却水产生量约 6m<sup>3</sup>/d,喷淋水采用自来水。本项目喷淋冷却对象为被辐照的电线电缆产品,电线电缆生产车间为无尘车间,电线电缆产品表面较干净,喷淋冷却水喷淋电线电缆后几乎未被污染,因此喷淋冷却水中污染物浓度极低,喷淋冷却水经收集后排入厂区污水管网。本项目辐射工作人员依托公司已有工作人员,故不新增生活污水产生量。

### (3) 固废

本项目营运期各生产工艺环节均无固体废物产生,本项目辐射工作人员拟在公司内部调配,不新增总劳动定员,故不新增生活垃圾产生量。

### (4) 噪声

本项目噪声设备主要为风机,根据设计资料,本项目拟选用低噪声设备,设备噪声均不超过 65dB(A),安装于 1#辐照室东南侧和 2#辐照室西南侧外排气筒旁地面上,距离厂界最近距离约 60m。

根据以上分析可知,本项目产生的污染因子情况见表 9-3 所示。

续表 9 项目工程分析与源项

污染物	污染因子	备注
电离辐射	X 射线	2MeV 电子辐照加速器 X 射线发射率为 $1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
废气	$\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$	2MeV 电子辐照加速器所致 $\text{O}_3$ 的产生率为 $7.88\times 10^5\text{mg/h}$ 2MeV 电子辐照加速器所致 $\text{NO}_x$ 的产生率为 $2.63\times 10^5\text{mg/h}$
喷淋废水	SS	$6\text{m}^3/\text{d}$
生活污水	COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$	不新增，少量
固体废物	生活垃圾	不新增，少量
噪声	噪声	低噪声设备， $\leq 65\text{dB (A)}$

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 项目安全设施**

**10.1.1 布局合理性**

本项目辐照室均为单层混凝土结构，下方为实土层，上方区域为电子加速器设备区，人员活动少，有利于辐射防护。设 2 个辐照室（2.0MeV）和 2 个控制室，各辐照室内均设置迷路，能有效减轻迷道出口处的屏蔽压力，控制室紧邻辐照室设置，加速器设备主体和水冷等辅助系统放置在辐照室顶棚上。需辐照电缆通过自动传输系统进行收发，线缆传输操作区域位于辐照室西侧和东侧，最近的操作位距离辐照室约 8m 处，辐照室人员出入口采用迷路设计，电缆传输进入辐照室采取专用电缆穿线孔，穿线孔位置分别设置在迷路内外墙。辐照室的整体设计能达到良好的屏蔽防护效果，便于辐照交联工作的开展。

综上所述，项目整体布局合理。

**10.1.2 分区原则**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：这种区域未被确定为控制区，通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979 - 2018）的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；

监督区，如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

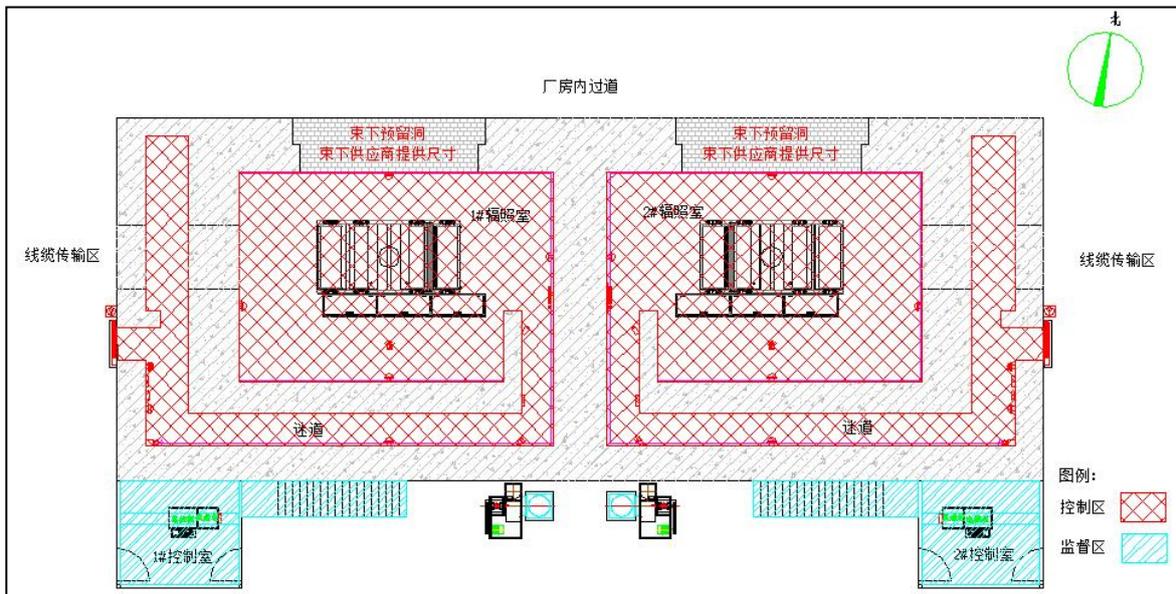
**10.1.3 项目区域划分情况**

**续表 10 辐射安全与防护**

为了加强管理，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司拟将本项目工作场所按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等规定划分为控制区和监督区，具体分区情况如下表 10-1，分区布局示意图见图 10-1。

**表 10-1 本项目控制区、监督区划分表**

分区类型	划分区域
控制区范围	1#辐照室（包括迷道）、2#辐照室（包括迷道）、辐照室顶设备区
监督区范围	1#控制室、2#控制室、楼梯以及与加速器辐照室相邻区域（如本项目收放线区、辐照室外过道区域等）



**图 10-1 (1) 加速器辐照室一层分区示意图**

## 续表 10 辐射安全与防护

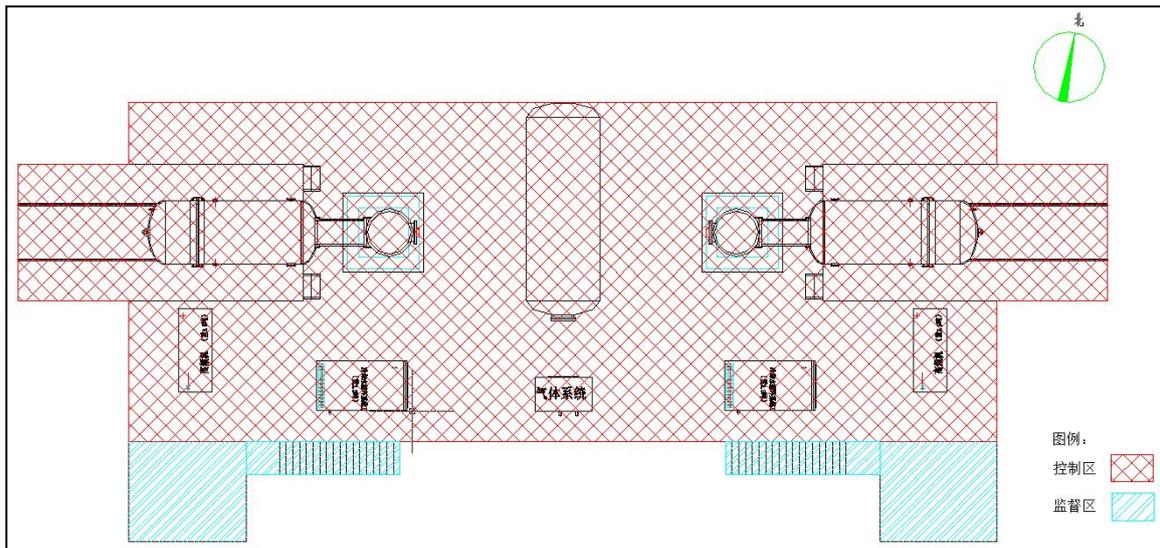


图 10-1 (2) 加速器辐照室楼顶分区示意图

本项目拟购置带半自屏蔽结构的电子加速器设备，仅需对辐照区域采取屏蔽防护，因此项目设置单独辐照室，加速器主机部分安装在辐照室顶棚上方平台，并使用围栏封闭，本项目将辐照室和设备区作为控制区，相邻区域作为监督区，分区满足要求。

拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。在出入口和其他必要的地方设置电离辐射警示标识。在设备区四周设置围栏（高1.8m），入口设置隔离门并按照标准要求设置门机联锁、声光报警装置等。辐照室入口处拟设置工作状态指示灯并带声音报警装置。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，控制室为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。

③在控制区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

### 10.2 项目工作场所辐射防护屏蔽设计

#### 10.2.1 加速器辐照室辐射防护屏蔽设计

项目拟购2台电子加速器均为半自屏蔽，加速器组件采用钢和铅屏蔽，钢板厚度为3~80mm，铅厚度为30~60mm，顶棚加速器组件穿墙区域，使用42cm铁作为局部屏蔽区，尺寸为2160mm×2160mm。根据建设单位提供的资料，2个辐照室以南北轴对称布置，辐照室四周墙体、顶棚、防护门采用了混凝土、铁等作为屏蔽体，混凝土厚度为800~1500mm，辐照室入口设置迷道，降低了入口区域的辐射剂量。经后文核算，辐照

## 续表 10 辐射安全与防护

室屏蔽体外周围剂量当量率均满足标准限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

### 10.2.2 其他辐射防护屏蔽设计

#### 1、设备预留洞辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计方案可知，本项目各辐照室北墙有设备预留洞，预留洞尺寸为 $5400$ （宽） $\times 2000$ （高），待设备进入辐照室后再浇筑混凝土封堵，预留洞四周错缝设计，防止射线泄漏。

#### 2、辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计

辐照线缆进出通过束下传输系统实现机械化操作，西侧和东侧操作工人距离辐照室外墙最近距离约 $8\text{m}$ ，根据辐照室平面布置图及剖面图可知，辐照线缆进出口在同一侧墙体，辐照线缆从迷道外墙以夹角 $31^\circ$ 斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角 $34^\circ$ 斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，形似U形，可避免射线直接照射），穿墙管线对出线口侧屏蔽体的屏蔽能力最大削减约 $379\text{mm}$ 厚混凝土。辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计见图10-2。

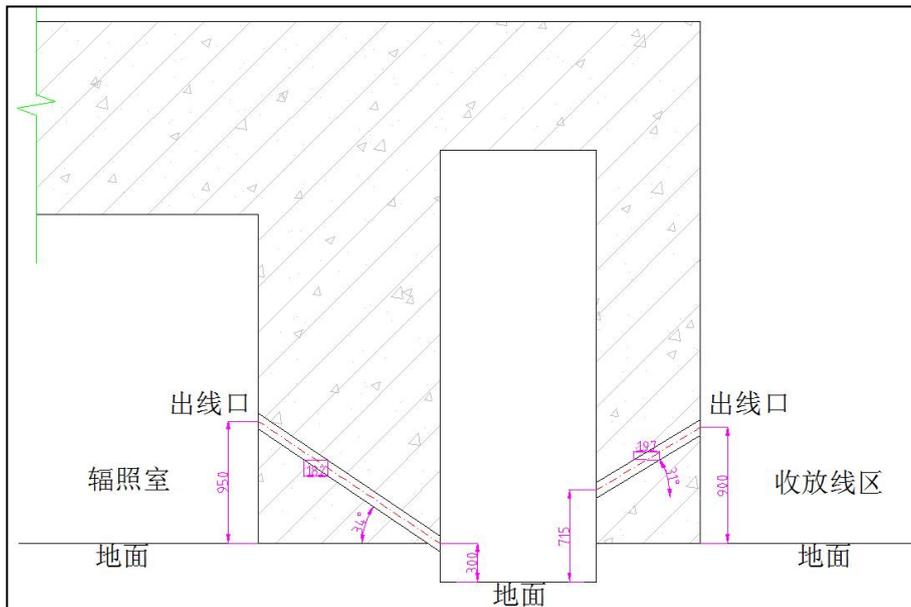


图 10-2 辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计示意图

#### 3、穿墙管线辐射防护屏蔽设计

##### (1) 穿线管、水管等辐射防护屏蔽设计

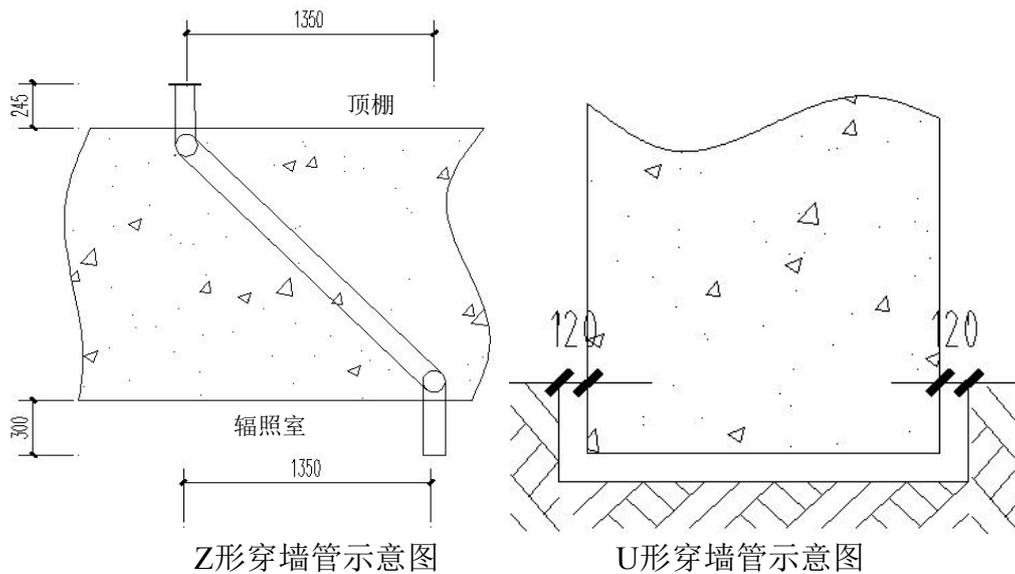
喷淋水经排水沟收集后，通过排水管引至辐照室外接入污水管网。围绕辐照室1、2内四周地面上分别设置排水沟（ $60\text{mm}\times 60\text{mm}$ ），然后在辐照室1西北角和辐照室2东北角的集水沟下方分别设置排水管道（直径为 $60\text{mm}$ ），管道埋设在地坪下方，由辐照室

## 续表 10 辐射安全与防护

呈U形穿过屏蔽墙，然后接入室外厂区污水管网。管道埋设在辐照室地坪下方，整体呈U形结构，不影响辐照室屏蔽墙体防护效果。

辐照室内水冷系统进水管由辐照室顶棚角落呈Z形穿过楼板，接入辐照室内，管道直径为32mm。

辐照室内急停按钮线路等穿线管均采用U形埋设在地坪下方，管线孔径最大为120mm。



### (2) 排风风道辐射防护屏蔽设计

本项目按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的规定拟设置机械排风系统，各辐照室地面设置1个臭氧排风口，排风管道为预制混凝土管，排风管道由辐照室内地面向下以“U”型穿越，风道直径为600mm，引至辐照室外后，再沿地面设置长约3m的不锈钢风管，引致角落设置风机处，由风机抽排，经约15米高的不锈钢排气筒高空排放。排风风道辐射防护屏蔽设计见图10-3。

续表 10 辐射安全与防护

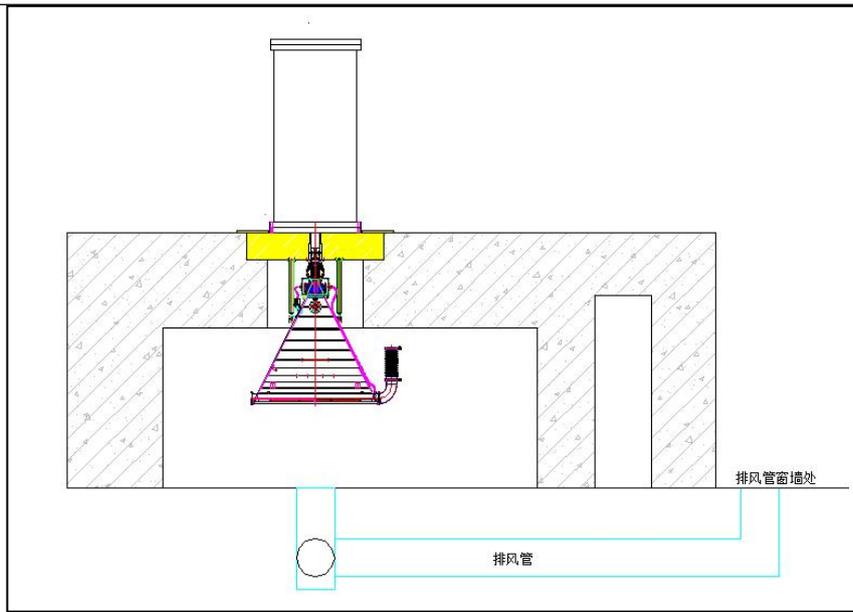


图 10-3 排风风道辐射防护屏蔽设计示意图

### 10.3 辐射安全与防护设施

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979 - 2018）的规定，在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

本项目电子辐照加速器采取了相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），充分体现了冗余性、多元性、独立性的安全原则，辐射安全与防护设施设计包括联锁系统、急停系统等内容，具体如下：

（1）钥匙控制。加速器的主控钥匙开关和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

（2）门机联锁。辐照室和设备区的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室、设备区门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机。

（3）束下装置联锁。电子加速器的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下停止或故障后，通过联锁电路立即停止加速器，或当设定的产品剂量超出一定的误差范围，立即停止加速器。

## 续表 10 辐射安全与防护

(4) 信号警示装置。在迷道进出口防护门外上方、辐照室内、设备区入口门处均拟设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照室内人员的警示。在辐照室进出口上方悬挂“开机、关机、准备”工作状态显示器，工作状态显示器与电子加速器联锁。

(5) 巡检按钮。辐照室设置巡检系统，巡检系统设置如下：

①在单个辐照室不同位置设有 6 个巡检按钮（具体见图 10-5），只有每个巡检按钮分别被按下和拨起，安全联锁系统才能被建立，安全系统无法建立时，加速器无法启动，整个巡检系统采用 PLC 控制，必须按照程序设定流程进行巡检，各输入点具有自诊断功能，各输出连锁点具有防短接检测功能。

②巡检操作时，巡检人员拿下钥匙开关的钥匙，拿下钥匙后安全系统就被破坏，巡检完成后，巡检人员回到辐照室外，插入钥匙，才能启动安全系统；钥匙上相连一台有效的剂量报警仪。

③当开始巡检时，警铃开始报警，当安全联锁系统建立好后，警铃声消失，红色警灯开始闪烁；加速器开机时，有开机声音警示。

(6) 防人误入装置。在迷道内安装光电开关，单个辐照室内共 3 处（具体见图 10-5），其中 2 道安装距离地面 1.3 米高，另 1 道安装距离地面 0.5 米高，有人员经过时，安全联锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。另外，设备区进出口门处安装 1 道光电开关。

(7) 急停装置。在加速器控制柜上设有急停按钮和中文标识，在辐照室迷道出口处设置一个急停拉线开关，拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即停机。另外，设备区进出口门处设置 1 个急停按钮。

(8) 剂量联锁。在过道入口处和控制室安装有固定式辐射监测仪（单个辐射室共 2 个探头，迷道口 1 个，控制室 1 个）联锁，当剂量超标，并有人员经过时，安全联锁系统动作，切断加速器主接触器电源，加速器停机；当剂量报警装置未打开时，加速器无法启动；且如果辐照室内辐射水平高于仪器设定阈值时，辐照室的门无法打开；

(9) 通风联锁。辐照室的通风装置与控制系统进行了联锁，风机不开，加速器无法启动；当加速器停机后，只有达到预设的时间，辐照室的门才能打开，以保证臭氧浓

## 续表 10 辐射安全与防护

度降到允许值才能入内，同时与门口的工作状态显示器进行联锁。

(10) 烟雾报警。在臭氧风排风管上设有烟雾报警装置，发生火灾时，加速器立即停机，并停止通风。

(11) 监控系统：在加速器辐照室内及周边安装摄像头，监控人员进入情况。两个辐照室各设置一套监控系统，每套监控系统设主机一个，摄像头四路，具备录像功能。摄像头分别监控辐照室门口、辐照室内、控制室及收放线现场及设备区。

(12) 应急照明系统。在加速器辐照室内及其控制室、设备区均拟设置一套应急照明系统。

安全保护系统见图 10-4 所示，辐射安全与防护设施布置见图 10-5。

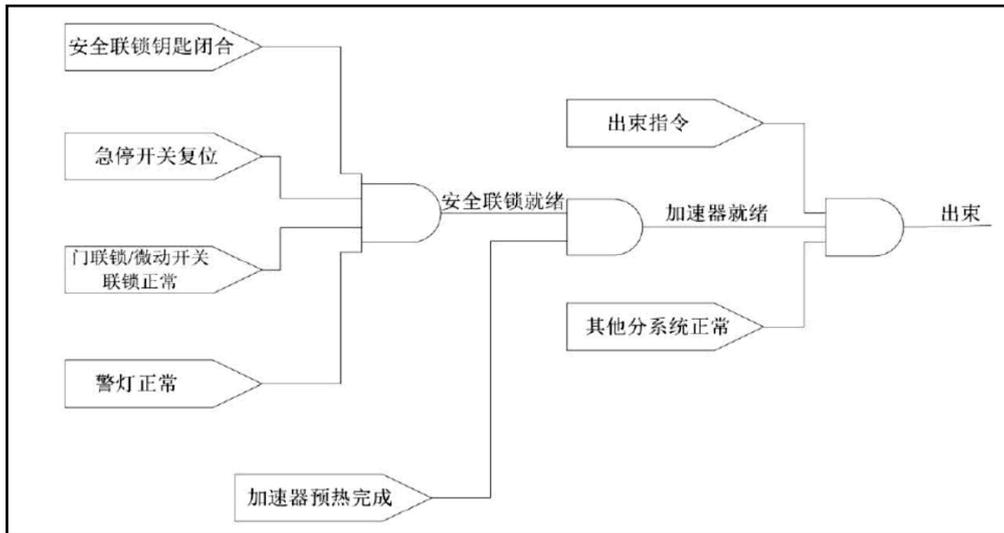


图 10-4 安全联锁设施逻辑示意图

续表 10 辐射安全与防护

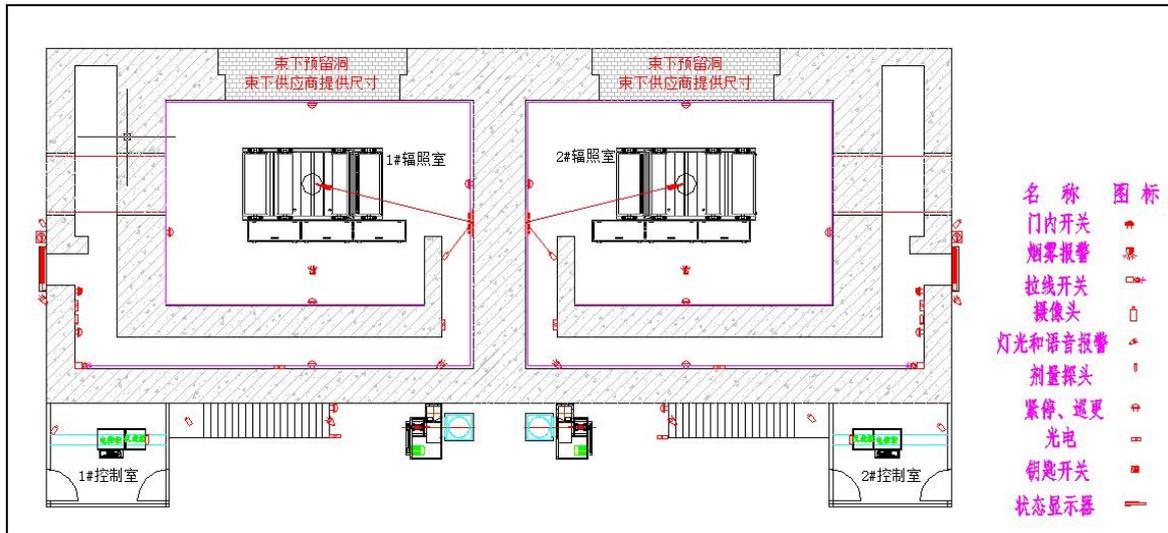


图 10-5 辐射安全与防护设施布置示意图

根据图 10-4，只有在所有安全联锁装置正常的情况下，加速器才能启动，同理，加速器运行过程中，如果任何一个联锁装置出现问题，加速器会立即停止运行。

#### 10.4 安全操作及管理措施

(1) 拟制定各项规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙，严格按照相关制度进行管理。

(2) 公司拟配置相应的管理人员及操作技术人员，上述工作人员经过考核合格后方可上岗。对辐射工作人员进行管理，定期开展辐射防护知识培训、个人剂量监测和职业健康体检。辐射工作人员需正确佩戴个人剂量计。

(3) 公司拟配置固定式剂量报警仪和便携式剂量报警仪，进行辐射环境日常监测。

(4) 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(5) 在辐照完成后，利用剂量报警仪对辐照室进行检测，再次确定加速器是否处于非照射状态，同时加强对剂量报警仪的维护。

#### 10.5 防护用品

根据重庆三峡电线电缆科技股份有限公司提供的资料可知，公司拟配备相关辐射防护用品及辐射防护措施，详见表 10-2。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-2 公司拟配备防护用品及防护措施清单一览表

说明	防护用品名称	单位	数量
拟配备监测仪器	固定式剂量率报警仪	套	2
	个人剂量计	个	辐射工作人员每人 1 个
	个人剂量报警仪	个	4
	X-γ剂量监测仪	台	1
拟配备防护措施	辐射警示标志	张	若干
	巡检/急停按钮	个	14 个（单台设备 7 个，包括辐照室内 6 个、设备区入口 1 个）
	拉线开关	个	2 个
	光电开关	套	2 套（单台设备 4 道，包括迷道内 3 道、设备区入口 1 道）
	声音报警装置	个	6 个（单台设备 3 个，包括防护门外上方 1 个、辐照室内 1 个、设备区入口 1 个）
	开关机状态显示器	个	2 个（两个防护门外上方各 1 个）
	灯光和语音报警（信号警示装置）	个	4 个（单台设备 2 个，包括防护门外上方 1 个、迷道内 1 个）
	监控系统	套	2（单个辐照室 4 路摄像头）

### 10.6 三废的治理

本项目电子辐照加速器在工作过程中不产生放射性三废。

### 10.7 项目措施与相关要求的符合性分析

项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表10-3所示。

因该项目拟购置的电子加速器为半自屏蔽式，根据厂家提供的设备说明书和设计图纸，该项目加速器主机部分外壳采用钢、铅等材料作为屏蔽材料，加速器组件穿辐照室顶棚部分使用42cm铁进行局部屏蔽，因此，本项目设备区仅在四周使用围栏隔断，未设置独立全封闭式主机室。本项目仅考虑辐照室辐射防护措施与标准符合性。

根据表10-3可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《辐射加工用电子加速器工程通用规范》GB/T25306-2010、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》HJ979-2018的要求。

表 10-3 项目辐射安全与防护设施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况
《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)	6.1 联锁要求	在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。	本项目拟购置的电子加速器辐照装置设计了满足要求的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门（辐照室的出入口门、设备区的出入口门）、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时能自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置无旁路，制定维修制度，要求维修后必须恢复原状。
	6.2 安全设施	(1) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；	本项目不设置主机室，加速器的主控钥匙开关和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机。该钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。
		(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；	辐照室的门拟与束流控制和加速器高压联锁。辐照室及设备区门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机。
		(3) 束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机；	电子加速器的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，通过联锁电路立即停止加速器，或当设定的产品剂量超出一定的误差范围，立即停止加速器。
		(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；	在各辐照室防护门外上方、辐照室内部、设备区出入口均设置灯光和声音报警装置，巡检启动时，通过语音告知室内人员离开”，工作状态显示器与电子加速器联锁。
		(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	各辐照室设置巡检系统，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。
		(6) 防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；	本项目不设置主机室。单台设备设置 4 道光电开关，包括在辐照室迷道内安装光电开关 3 处，设备区出入口 1 处，安装距离地面 1.3 米高和 0.5 米高，有人员经过时，安全联锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。

		(7) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区；	在加速器控制柜上设有急停按钮，拟在辐照室内设有急停拉线开关一个，拉线沿辐照室内部墙体四周布置覆盖全部区域。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即停机。
		(8) 剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开；	辐照室内迷路处安装固定式剂量报警仪探头，并与入口门联锁，显示面板安装在控制室，到达设定阈值后，入口门无法打开。
		(9) 通风联锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值；	辐照室的通风装置与控制系统进行了联锁，风机不开，加速器无法启动；当加速器停机后，只有达到预设的时间辐照室的门才能打开，以保证臭氧浓度降到允许值才能入内，同时与门口的“关机”工作状态显示器进行联锁；
		(10) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。	在臭氧风排风管上设有烟雾报警器，发生火灾时，加速器立即停机，并停止通风。
	6.3.3通风系统	主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足GBZ2.1的规定。有害气体的排放应满足GB3095的规定。	辐照室拟设置机械通风系统，经过估算，臭氧等气体经过通风系统处理后，室内浓度和排放满足要求
		辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。	辐照室内排风口拟设置在扫描窗下方位置，满足要求
		排风口的高度应根据GB3095的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。	排风管道最终排放口位于辐照室所在2号厂房顶上方，离地高度约15m
		辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查(检验)每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。	运行前，拟制定加速器检修制度，定期对设备进行检测和维护
	6.3.4防火系统	辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	辐照室内安装烟雾报警器，辐照室墙体采用混凝土材料，耐火等级满足要求，发生火灾时使用厂房内配备的消防栓、灭火器等设施
《辐射加工用电子	8.1.3辐射防护安全	辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于C20，密度不应低于2.35g/cm <sup>3</sup> ；	辐照室墙体拟采用标准混凝土浇筑，强度不低于C20，密度不低于2.35g/cm <sup>3</sup>

<p>加速器工程通用规范》 GB/T25306-2010</p>	<p>要求</p>	<p>屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据；</p>	<p>辐照室的整体设计按照厂家提供的要求进行</p>
		<p>监督区的辐射剂量水平应符合GB18871-2001和GB5172-1985中的职业照射剂量限值的要求；在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量为5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为0.1mSv；</p>	<p>根据后文核算，本项目辐照室外周围剂量当量率和工作人员、公众年受照剂量均满足标准规定的要求</p>
		<p>控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设施；</p>	<p>辐照室拟设置门机连锁、急停开关、监控等安全装置，在入口处（入口门内）设置强制开门按钮，同时设备自带多重安全联锁系统（与辐照室大门、冷却系统、抽风系统、传输系统、真空系统等均连锁）</p>
		<p>控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志</p>	<p>辐照室入口处拟设置加速器工作状态显示器和电离辐射警示标志</p>
		<p>剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备</p>	<p>拟配置个人剂量报警仪、固定式报警仪、剂量巡测仪等设备并为辐射工作人员配备个人剂量计，定期进行个人剂量监测</p>

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为加速器辐照室建设和电子辐照加速器设备安装等施工内容，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

本项目工程量小，施工过程中的施工扬尘产量很少，施工场地位于现有厂区范围内，主要采取塑料布围封施工区域，洒水抑尘等措施，减少扬尘的扩散，施工扬尘对周围环境影响小。

本项目位于工业园区内且施工场地位于现有厂区范围内，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施后施工噪声对周围环境影响较小。

本项目工程量小，废水产生量也很少，少量施工废水用于施工场地洒水抑尘，施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，废水对周围环境影响较小。

固体废物：本项目加速器辐照室建设过程中基础开挖产生的少量土方运至园区指定弃土场，少量建筑垃圾运至建筑垃圾消纳场处置，少量生活垃圾由市政环卫部门收运处理，固体废物均能得到妥善处置，对周围环境影响小。

综上所述，本项目工程量小，施工范围位于现有厂区范围内，周围环境保护目标少，项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的开始而消失，环境可以接受。

### 11.2 运行阶段辐射环境影响评价

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979 - 2018）附录 A 可知，电子辐照加速器运行中电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线是电子加速器辐照装置辐射防护中的主要辐射源，电子束影响较小。

#### 11.2.1 电子束环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》（P123）可知，电子在物质中最大射程可由公式（11-1）估算：

$$d = \frac{1}{2\rho} E_{\beta\max} \quad (11-1)$$

续表 11 环境影响分析

式中：

$d$ —最大射程，cm；

$\rho$ —防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；

$E_{\beta\text{MAX}}$ —电子最大能量，MeV；

本项目电子加速器电子束最大能量约为 2.0MeV，由 11-1 式计算得出电子线在混凝土（密度取 2.35 g/cm<sup>3</sup>）中最大穿透厚度约为 0.43cm，本项目 2 间辐照室有效的墙体厚度至少为 100cm，完全可以屏蔽 2.0MeV 及以下的电子，而且电子束方向朝向地面，因此，电子束对辐照室外环境的影响可以忽略不计。

### 11.2.2 韧致辐射（X 射线）环境影响分析

本项目加速器为卧式半自屏蔽，电子束通过加速管引向一楼的辐照室内。由于加速器电子束朝下，不直射向四周屏蔽墙，因此辐照室内韧致辐射主要为与电子束入射方向成 90°的 X 射线。本项目两个辐照室以南北轴镜面对称布置（即两辐照室西墙和东墙方位互换），辐照室外对称屏蔽体的剂量率控制要求一致，因此，本次仅以 1#辐照室作为代表进行核算，以此代表两个辐照室的屏蔽效能核算。

#### （1）辐照室四周墙体直射 X 射线屏蔽计算

##### ①预测公式

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979 - 2018）附录 A 中公式 A-1、A-2、A-3 和 A-4 可以推导得出本次计算相关公式如下：

##### ①X 射线透射至墙外参考点处当量剂量率

$$H_M = 1 \times 10^6 \times \frac{D_{10}}{d^2} B_x T \quad (11-2)$$

式中：

$H_M$ —屏蔽体外关注点的剂量率，μSv/h；

$d$ —X 源与参考点的距离，m；

$T$ —居留因子。当参考点位置为人员全居留时取值 1，部分居留时可取 1/4，偶然居留时可取 1/16。

$D_{10}$ —辐射源距离标准参考点 1m 远处的吸收剂量率，Gy/h；

续表 11 环境影响分析

$$D_{10}=60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (11-3)$$

式中：

Q—X 射线发射率 ( $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )；

I—电子束流强度 (mA)；

$f_e$ —X 射线发射率修正系数。

$B_x$ —屏蔽墙对 X 射线的透射系数，用下式计算：

$$B_x = 10^{-[(S+T_e-T_1)/T_e]} \quad (11-4)$$

式中：

S—屏蔽墙的厚度，cm；

$T_1$ —第一个什值层厚度，cm；

$T_e$ —随后的 1/10 屏蔽值层厚度。

### ②参数选取

查《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979 - 2018) 附录A中表A.1 可知，2MeV 电子束入射到高Z厚靶材料上侧向 90° 距靶点 1m 处的韧致辐射 X 射线发射率为  $1.6 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

X 射线的发射率与靶元素的原子序数相关，本项目加速器运行时，电子束照射方向朝地面，为了避免电子束向下直射到地面，本项目在束下被辐照线缆与地面之间设置有一块不锈钢板，高度离地约 1m。因此，在辐照室内电子束可能轰击的物质有电线电缆、束下传输装置、不锈钢板等。当被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90 度方向上修正系数为 0.5，当被辐照材料为“铝、混凝土”时，90 度方向上的修正系数为 0.3，本次选择最不利修正系数来计算 X 射线的发射率，及 X 射线发射率修正系数 90° 方向取值 0.5。

根据公式 11-3 可计算出本项目 2.0MeV 电子束 90° 方向距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率为 2400Gy/h。

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979 - 2018) 附录A表A.4，2.0MeV 电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量为 1.3MeV。

综上所述，本项目辐照室相关计算参数见表 11-1。本项目辐照室辐射计算点见图 11-1、图 11-2。

续表 11 环境影响分析

表 11-1 X 射线照射时相关参数					
参数	数值			来源	
设备基础参数	电子束能量 2MeV, 电流 50mA			建设单位拟定	
Q (Gy·m <sup>2</sup> /mA·min)	1.6			HJ979-2018	
X 射线发射率修正系数	0.5			HJ979-2018	
等效电子线能量	1.3MeV				
90° 方向距靶 1m 处的吸收剂量率 D <sub>10</sub>	2400Gy/h			计算	
什值层 (TVL) cm	1.3MeV				HJ979-2018 (1.3MeV 数据 通过内插法计算)
	类别	铁	混凝土	铅	
	T <sub>1</sub>	6.28	19.64	2.16	
	Te	5.72	16.98	3.23	

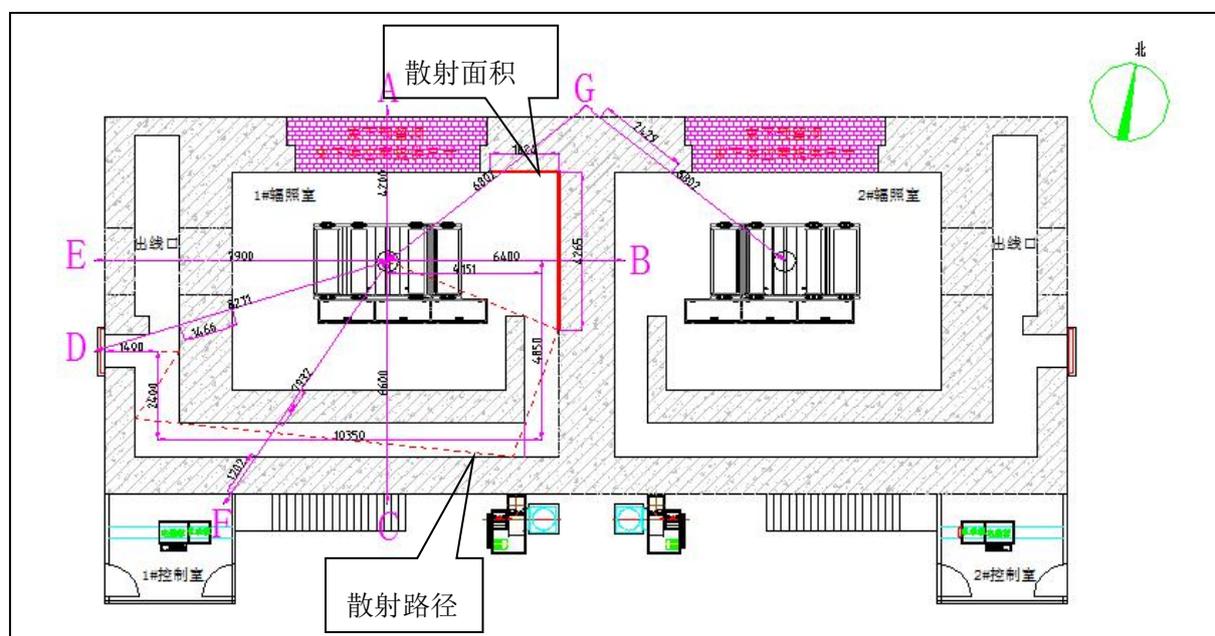


图 11-1 辐照室平面核算示意图

续表 11 环境影响分析

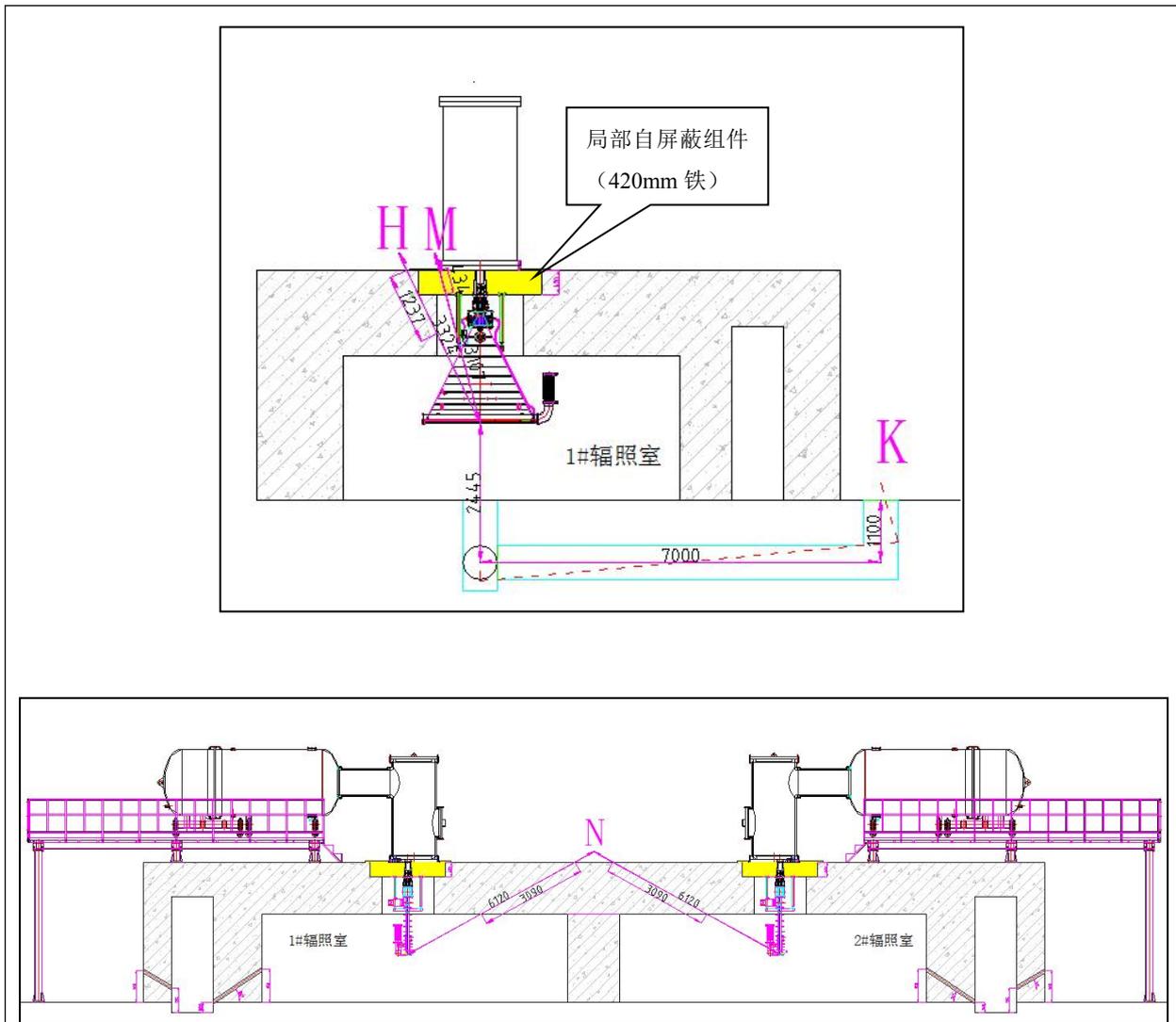


图 11-2 辐照室剖面核算示意图

### ③ 计算结果

按照公式 11-2 和 11-4 以及加速器辐照室现有屏蔽防护设计方案可以计算出 1#辐照室直射辐射计算点处的剂量率如下表 11-2。

表 11-2 1#辐照室直射 X 射线各计算点核算结果

计算点	位置	距离 (m)	居留因子	设计厚度 (cm)	设计厚度下计算点的剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	标准值 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	是否达标
A	1#辐照北侧室外 (过道)	4.2	1/4	150	0.07	$\leq 2.5$	是
B	1#辐照东侧室外 (2#辐照室内)	6.4	1/16	150	$7.7 \times 10^{-3}$	$\leq 2.5$	是
C	1#辐照南侧室外 (上设备区楼梯)	6.6	1/4	90 (内) +100 (外)	$1.28 \times 10^{-4}$	$\leq 2.5$	是

续表 11 环境影响分析

	等)						
D	1#辐照室防护门外	8.3	1/4	(147) (未考虑 门防护)	0.03	≤2.5	是
E	1#辐照西侧室外 (收发线区域)	7.9	1	121.8 (内) +60.3 (外)(扣 除穿墙管 线)	$1.04 \times 10^{-3}$	≤2.5	是
F	1#控制室内	7.9	1	(108) (内) + (120) (外)	$2.06 \times 10^{-6}$	≤2.5	是
G	北侧外 1#辐照室和 2#辐照室共同影响 点	6.8	1/4	(243)	$9.1 \times 10^{-8}$ (叠加值约 为 $1.82 \times 10^{-7}$ )	≤2.5	是
H	1#辐照室顶棚设备 区	3.3	1/16	(124)	0.98	≤2.5	是
M	1#辐照室顶棚铁屏 蔽件外	3.1	1/16	(43 铁)	0.59	≤2.5	是
N	1#辐照室和 2#辐照 室顶棚共同影响点	6.1	1/16	(309)	$3.67 \times 10^{-12}$ (叠加值 约为 $7.34 \times 10^{-12}$ )	≤2.5	是

备注：①表中厚度未注明材质的均为混凝土厚度。

②辐照室顶棚屏蔽体由两部分组成，一部分为 1500mm 厚的混凝土屋顶，另外一部分为 420mm 厚的铁屏蔽件，根据射线穿透位置，顶棚区域的 X 射线直射有一定倾斜角，计算取最小实际穿透距离。

③垂直向上的 X 射线经过钛窗上方设备各结构、束流加速系统等加速器钢筒内结构及加速钢筒筒顶屏蔽，射出的 X 射线极少且能量很小，因此未计算。

④地板下为泥土层，不进行核算；所有计算点距屏蔽体外表面距离为 30cm。

⑤ ( ) 里面的数值为斜线屏蔽厚度。

⑥居留因子依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A，当参考点位置为人员全居留时取值 1，部分居留时可取 1/4，偶然居留时可取 1/16。

⑦垂直向上的 X 射线经过钛窗上方设备各结构、束流加速系统等加速器钢筒内结构及加速钢筒筒顶屏蔽，射出的 X 射线极少且能量很小，因此未计算。

根据表 11-2 计算，1#辐照室按照屏蔽方案建设，辐照室的屏蔽能力能满足评价标准要求。2#辐照室与 1#辐照室呈南北轴对称布置，其屏蔽能力也能满足标准要求。同时，考虑到 2 台加速器同时运行时的共同影响情况，北侧外的共同影响结果为  $1.82 \times 10^{-7} \mu\text{Sv/h}$ ，顶棚上方的共同影响结果为  $7.34 \times 10^{-12} \mu\text{Sv/h}$ ，均满足标准限值要求。

因此，在现有设计条件下，2 个加速器辐照室屏蔽体外周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)等标准中周围剂量当量率不能超过  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  的要求。

续表 11 环境影响分析

### (2) 天空散射的核算

同时，1#辐照室顶部外 0.3m 处的周围剂量当量率最大值为 0.98  $\mu\text{Sv/h}$ ，低于评价限值 2.5  $\mu\text{Sv/h}$ ，不存在屏蔽薄弱的区域，对外环境影响小。因此，本次评价不再考虑天空反射影响。

### (3) 辐照室散射辐射屏蔽计算

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A.3 可知，在加速器装置的屏蔽设计中，有三种情况必须考虑散射辐射：迷道和防护门、天空反散射、孔道。由于本项目屏蔽设计中对所有经过屏蔽体的孔道均采用“Z”或“U”型穿越，不影响屏蔽体的屏蔽能力，而加速器辐照室顶部设计较保守，根据核算本项目加速器辐照室顶棚外的剂量率均低于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，且辐照室位于 2 号厂房内，侧向无高于辐照室的建筑，经天空散射后在地面上的贡献值非常低，可忽略不计，因此辐照室散射辐射主要考虑迷道和防护门。

为防止电子在迷道入口处的照射，最简单的屏蔽方法是使迷道路径长度大于电子在空气中的射程，这个长度可以是迷道的直线距离，或者是迷道中最短的各个中间距离之和，根据辐照室迷道设计尺寸，迷道中最短的各个中间距离之和为约 19m，远大于电子在空气中的射程。

#### ①预测公式

防护 X 射线的迷道，可按《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录中式 A-5 即式 11-5 估算迷道外入口的剂量率：

$$H_m = \frac{D_{10} \times \alpha_1 A_1 \times (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (11-5)$$

式中：

$D_{10}$ —X 射线源 1m 处的吸收剂量率指数（Gy/h）；

$\alpha_1$ —入射到第一个散射体的 X 射线散射系数；（查附录 A 取  $5 \times 10^{-3}$ ）

$\alpha_2$ —从随后屏蔽材料层散射出来的 X 射线散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；（查附录 A 取  $2 \times 10^{-2}$ ）

$A_1$ —从 X 射线入射到第一散射物质的散射面积， $\text{m}^2$ ；

$A_2$ —迷道的截面积（ $\text{m}^2$ ，假设整个迷道截面积近似常数，高宽比在 1~2 之间）；

续表 11 环境影响分析

$d_1$ —X 射线源与第一散射物质的距离, m;  
 $d_{r1}, d_{r2}, d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离,  $d_{rj}/A_2^{1/2}$  应在 1~6 之间;  
 $j$ —表示第  $j$  次反射过程。

②计算参数及计算结果

本项目辐照室内韧致射线至少经过 4 次散射方可到达迷道入口。本项目排风管穿过墙体后, 由地面管道引至风机处, 因此散射线能量最大处为穿墙孔洞处, 辐照室内韧致射线至少经过 2 次散射方可到风管穿墙孔洞处。

由于加速器电子束朝下, 计算排风管穿墙处散射时, 考虑辐照室内韧致辐射主要为与电子束入射方向成  $0^\circ$  的 X 射线。2.0MeV 电子束入射到高 Z 厚靶材料上侧向  $0^\circ$  距靶点 1m 处的韧致辐射 X 射线发射率为  $3.3\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ; 当被辐照的靶材料为“铁、铜”时,  $0$  度方向上修正系数为 0.7, 当被辐照材料为“铝、混凝土”时,  $0$  度方向上的修正系数为 0.5, 本次选择最不利修正系数来计算 X 射线的发射率, 及 X 射线发射率修正系数  $0^\circ$  方向取值 0.7; 根据公式 11-3 可计算出本项目 2.0MeV 电子束  $0^\circ$  方向距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率为  $6930\text{Gy/h}$ 。

根据预测公式可知, 迷道入口处的 X 射线剂量率与散射面积、路径长短密切相关, 计算结果较保守, 本次计算辐照室散射路径示意图见图 11-1, 具体参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 1#辐照室迷道散射计算参数表

参考点	位置	散射次数	$D_{10}$ (Gy/h)	$A_1$ ( $\text{m}^2$ )	$d_1$ (m)	$A_2$ ( $\text{m}^2$ )	散射路径 ( $d_{r1}d_{r2}d_{r3}d_{r4}$ )	屏蔽条件 (cm)	辐射剂量率 ( $\mu\text{Gy/h}$ )
D	迷道出口	4	2400	15.8	4.2	2.75	4.9/10.4/2.4/1.4	/	$6.1\times 10^{-8}$
K	排风管穿墙处	2	6930	0.3	2.4	0.3	7/1.1	/	$1.83\times 10^{-4}$

根据表 11-3 计算可知, 1#辐照室 X 射线经迷道散射至迷道出口处的剂量率很小, 结合表 11-2 计算结果, 本项目 1#辐照室迷道防护门处直射 X 射线和散射 X 射线叠加后的周围剂量当量率也能满足评价标准不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求, 无需额外屏蔽防护, 本项目辐照室拟设置迷道门防止人员误入。排风管穿墙处周围剂量当量率也能满足评价标准不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求。2#辐照室与 1#辐照室呈南北轴对称布置, 其迷道防护门处和排风管穿墙处周围剂量当量率也能满足评价标准不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求。

(4) 顶棚设备区

续表 11 环境影响分析

顶棚设备区的辐射场由三部分叠加：

第一部分为辐照室内电子束经过辐照室屋顶屏蔽的辐射场，同前文H、M计算。

第二部分为尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失产生的束流损失辐射场。

第三部分为辐照室内的 $0^\circ$ 方向上产生的韧致辐射初级X射线，经地面 $180^\circ$ 方向散射后的次级X射线，通过辐照室屋顶上的设备安装孔洞直接照射入设备区的形成的散射辐射场。由于沿与电子束入射方向成 $180^\circ$ 方向的次级X射线能量较低，同时，受到加速器钢材料屏蔽，最终散射出的次级X射线极少，可忽略不计。

综上所述，设备区辐射防护屏蔽评价，仅考虑设备区内加速器束流损失产生的X射线对设备区各屏蔽体外的直射辐射影响和辐照室X射线源对外参考点的辐射影响，即初级X射线经屏蔽体屏蔽后对参考点的影响。根据设计资料，本项目加速器束流损失均为1%（即电子束流强度分别为0.5mA），加速器强度损失均为10%（即电子束能量分别为0.2MeV），顶棚设备区束流损失在设备外30cm处的剂量率很小。

根据附件6厂家提供的电子加速器自屏蔽效能说明，在设备使用调试模式运行时（调试模式为设备最大运行能量条件，其设备能量高于正常辐照使用的条件），加速器组件外壳表面（包括四周、顶部和底部）周围剂量当量率均低于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，因此说明本项目顶棚设备区设备外30cm处的周围剂量当量率也能满足评价标准不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

#### （5）屏蔽效核综合结论

综上所述，建设单位按照2间辐照室各防护体设计厚度建设时，保证施工质量，屏蔽体有足够的屏蔽能力，可以保证屏蔽体外表面30cm处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准要求。

#### （6）类比分析

为了解同类型的产品在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行。类比对象选取参数相近的同类型半自屏蔽式电子加速器，具有很好的可比性。本环评通过引用重庆市宇邦线缆有限公司目前使用的DD2.0MeV-50mA/1400型电子加速器的验收监测结果进行类比分析，项目可比性对照情况见表11-4。

续表 11 环境影响分析

表 11-4 类比项目可比性分析一览表				
序号	类比	本项目	类比项目	评价
1	设备厂家	中广核达胜加速器技术有限公司	江苏达胜	/
2	设备型号	DDLH2.0/60-1800	DD2.0-50/1400	同系列
3	束流能量	2.0MeV	2.0MeV	相同
4	束流强度	50mA	50mA	相同
5	扫描宽度	1800mm	1400mm	类比项目略低于本项目
6	90° 方向距靶 1m 处的吸收剂量率	2400Gy/h	2400Gy/h	相同
7	设备类型	半自屏蔽式	半自屏蔽式	相同
8	辐照室屏蔽	1#、2#北墙，1#东墙，2#西墙：1.5m 混凝土； 1#、2#南墙：0.9m 混凝土（内）+1m 混凝土（外），迷道宽度 0.9m； 1#西墙、2#东墙：1.4m 混凝土（内）+0.8m 混凝土（外）； 顶棚：1.5m 混凝土，迷道顶棚 1m 混凝土。	西墙：内迷道混凝土厚 0.8m，外迷道混凝土厚 1.0m，迷道宽度 0.9m； 北墙：混凝土厚 1.5m； 东墙：1.5m 厚混凝土； 南墙 1：1.5m 厚混凝土； 南墙 2：0.5m 厚混凝土； 顶棚：1.5m 混凝土，迷道顶棚 0.5m 混凝土。	本项目略大于类比项目
9	辐照室内空间	7.4m×5.9m×2.55m	7.73m×5.7m×2.07m	整体空间相差不大
10	自屏蔽情况	加速钢管筒筒体采用内层 12mm 钢板，中间夹层 40mm 铅版，外层 3mm 钢板屏蔽 加速管钢筒人孔法兰采用 65mm 钢板屏蔽+45mm 钢板屏蔽 顶盖采用 20mm 钢板+60mm 铅板+90mm 钢板屏蔽 连接接管采用内层 10mm 钢板，中间夹层 30mm 铅板，外层 3mm 钢板屏蔽 加速器电源钢筒采用 14mm 钢板屏蔽 加速管钢筒底座采用厚度 80mm 钢板+组件穿墙孔处的 420mm 铁屏蔽	加速钢管筒筒体采用内层 12mm 钢板，中间夹层 40mm 铅版，外层 2mm 钢板屏蔽 加速管钢筒人孔法兰采用厚度 65mm 钢板+20mm 铅板屏蔽，顶盖采用厚度 90mm 钢板+60mm 铅板+20mm 钢板屏蔽 连接接管采用内层 10mm 钢板，中间夹层 30mm 铅板，外层 2mm 钢板屏蔽 加速器电源钢筒采用 16mm 钢板屏蔽 加速管钢筒底座采用厚度 420mm 钢板屏蔽	加速钢管筒筒体和连接接管的内层、中间夹层厚度和屏蔽材料相同，外层钢板本项目略大于类比项目；加速管钢筒人孔法兰屏蔽材料及厚度相差不大；加速器电源钢筒厚度和屏蔽材料本项目略小于类比项目；顶盖屏蔽材料及厚度相同。总的来说，屏蔽材料及厚度相差不大。

根据类比项目各项参数可知，类比项目从设备能量、辐照室屏蔽体材料及厚度、辐照室内空间尺寸等方面均与本项目相差不大，因此具有一定可比性。

重庆泓天环境监测有限公司对重庆宇邦线缆的电子辐照加速器进行了验收监测，根

**续表 11 环境影响分析**

据渝泓环(监)[2019]632号监测结果表明：辐照室防护门、四周墙体、电缆进出口外30cm处和顶棚上的空气比释动能率在 $0.10 \sim 0.16 \mu\text{Gy/h}$ 之间（监测报告见附件6）。远低于标准规定的辐照室外剂量率限值的要求，因此可以推断，在本项目按照设计要求进行建设的情况下，其工作场所辐射防护屏蔽效果能满足标准的要求。

**11.2.3 剂量估算**

(1) 估算公式

工作人员和公众人员受到的X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量按公式 11-6 进行计算。

$$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^3 \quad (11-6)$$

式中：

$H_{Er}$ ：X 或 $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或 $\gamma$ 射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t：X 或 $\gamma$ 射线照射时间，小时。

(2) 估算结果

根据上述原则，本项目加速器辐照室的控制室居留因子取 1；辐照室西侧和东侧均为收放线区域，辐射工作人员居留因子取 1，公众部分停留，居留因子取 1/4；辐照室北侧过道，南侧为进入设备区的楼梯，以上区域均为部分居留区域，居留因子取 1/4；加速器辐照室二楼设备平台为控制区，加速器运行时不允许人员进入。拟配置 2 台加速器承担的辐照工作相同，工作负荷一致，单台加速器年有效运行时间约 7200h/a。

本项目所致的年剂量估算结果见表 11-5

**表 11-5 辐照室外辐射工作人员受照剂量估算**

人员种类	关注点	照射时间 (h/a)	居留因子	对应区域最大辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年有效剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	1#控制室 (F 点)	7200	1	$2.06 \times 10^{-6}$	$1.48 \times 10^{-5}$
	2#控制室 (参考 F 点)	7200	1	$2.06 \times 10^{-6}$	$1.48 \times 10^{-5}$
	西侧收放线区域 (E 点)	7200	1	$1.04 \times 10^{-3}$	$7.49 \times 10^{-3}$
	东侧收放线区域 (参考 E 点)	7200	1	$1.04 \times 10^{-3}$	$7.49 \times 10^{-3}$

续表 11 环境影响分析

表 11-6 福照室外公众成员年有效剂量估算表								
序号	环境保护目标	方位	最小距离	关注点最大周围剂量当量率 (μSv/h)	照射时间 (h/a)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	
1	项目所在厂房内	过道区域	北侧	紧邻	0.07	2400	1/4	0.42
2		电线挤塑机工人操作位	北侧	约 45m	$5.25 \times 10^{-4}$	2400	1	$1.26 \times 10^{-3}$
3		进入设备区的 1#福照室楼梯	南侧	紧邻	$1.28 \times 10^{-4}$	7200	1/4	$2.3 \times 10^{-4}$
4		进入设备区的 2#福照室楼梯	南侧	紧邻	$1.28 \times 10^{-4}$	7200	1/4	$2.3 \times 10^{-4}$
5		云母带绕包机工人操作位	东北侧	约 22m	$1.84 \times 10^{-3}$	2400	1	$3.33 \times 10^{-3}$
6		柜绞机工作操作位	东北侧	约 40m	$6.46 \times 10^{-4}$	2400	1	$1.55 \times 10^{-3}$
7		收放线区域	西侧	紧邻	$1.04 \times 10^{-3}$	7200	1/4	$1.87 \times 10^{-3}$
8		侧收放线区域	东侧	紧邻	$1.04 \times 10^{-3}$	7200	1/4	$1.87 \times 10^{-3}$
9		束线机工人操作位	东侧	约 43m	$2.51 \times 10^{-5}$	2400	1	$6.03 \times 10^{-5}$
10	顾家家具厂	南侧	约 3m	$6.03 \times 10^{-5}$	7200	1	$4.34 \times 10^{-4}$	
11	电缆库房	西侧	约 27m	$5.33 \times 10^{-5}$	7200	1/4	$3.84 \times 10^{-4}$	

备注：①居留因子依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A。  
 ②除北侧过道考虑受到两台加速器的共同影响外，其余均考虑最近辐照室的单独影响。  
 ③2号厂房内其他非辐射工作人员也是三班道，照射时间按 1/3 考虑。其余均按单台设备的年运行时间考虑。

根据估算可知，本项目所致辐射工作人员总的年有效剂量最大为  $7.49 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，若考虑本项目实际工作分三班倒，则本项目所致辐射工作人员的年有效剂量远小于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准规定的年剂量约束值  $5 \text{mSv/a}$ ，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。本项目所致公众的年有效剂量远小于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准规定的年剂量约束值  $0.1 \text{mSv/a}$ ，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值要求。

## 续表 11 环境影响分析

### 11.2.4 环境保护目标影响分析

辐照室各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线衰减规律，辐射影响与距离的平方进行衰减，即距离辐射源越远，受到的影响越小。根据表 11-6 结果可知，本项目周围环境保护目标处周围剂量当量率均处于较低的水平，且估算结果只考虑了距离的衰减，实际上 X 射线在传播过程中有墙体、楼板等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目辐照室外 50m 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

### 11.2.5 其他影响分析

#### (1) 废气

##### ① 臭氧

根据工程分析可知，单台 2.0MeV 电子辐照加速器所致 O<sub>3</sub> 的产生率为 7.88×10<sup>5</sup>mg/h。本项目每间辐照室各设计一台风量 7500m<sup>3</sup>/h 的风机，单个辐照室换气一次所需最长时间约 0.026h，远小于臭氧的有效化学分解时间 T<sub>d</sub>（约 50 分钟），根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)附录 B 可知，当辐照室换气一次所需时间 T<sub>v</sub><<T<sub>d</sub> 时，对臭氧的有效清除时间 T<sub>e</sub>≈T<sub>v</sub>，此时辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (11-7)$$

根据式 11-7 及本项目辐照室通风设计，本项目辐照室内臭氧平衡浓度为计算结果见表 11-7：

表 11-7 辐照室内臭氧平衡浓度计算结果

辐照室	臭氧产额	辐照室容积 (含迷道)	设计风量	臭氧平衡浓度
2.0MeV	7.88×10 <sup>5</sup> mg/h	约 193m <sup>3</sup>	7500m <sup>3</sup> /h	105.1mg/m <sup>3</sup>

加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，根据表 11-5 可知，该浓度大大高于 GBZ2.1 所规定的工作场所最高容许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup>。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (11-8)$$

式中：

续表 11 环境影响分析

$C_0$ ——GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度， $C_0 = 0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

T——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间 (h)。

根据式 11-8 及本项目辐照室通风设计，本项目关闭加速器后风机运行的持续时间计算结果见表 11-8：

表 11-8 关闭加速器后风机运行的持续时间计算结果

辐照室	臭氧平衡浓度	臭氧的最高容许浓度	臭氧的有效清除时间	所需时间
2.0MeV	105.1mg/m <sup>3</sup>	0.3mg/m <sup>3</sup>	0.026h	约 0.15h

根据表 11-6 可知，关闭加速器后风机运行的持续时间约为 0.15h，即约 9min 后，辐照室内的臭氧浓度能满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的臭氧浓度限值要求。

实际上臭氧很不稳定，在常温下不断转化成氧气，或与其他材料和空气中的杂质产生化学反应，因此其浓度降低速度也将大大加快。为保险起见，建设单位要求在停机 9min 后操作人员方可被允许进入加速器辐照室内。因此，辐射工作人员在允许条件下进入辐照室是安全的。

本项目拟设机械排风，排风量为 7500m<sup>3</sup>/h，排风管道直径为 600mm，出风口位于辐照室外，排风管高度约 15m，辐照室内臭氧被引至排风管道内，最终引至 2 号厂房顶排放，经过大气的稀释和扩散作用浓度迅速降低，另一部分臭氧通过自然分解，对周围大气环境影响可接受。

②氮氧化物

根据工程分析可知，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，根据估算，关闭加速器后风机运行的持续时间约为 7min 后，辐照室内的氮氧化物就能满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的氮氧化物浓度限值（5mg/m<sup>3</sup>）要求。因此，按照臭氧要求在关闭加速器后风机持续运行 9min，辐照室内的氮氧化物浓度将远小于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的氮氧化物浓度限值要求，氮氧化物产生和排放对工作场所大气环境的影响很小。

氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，因此，氮氧化物的排放浓度约为臭氧的三分之一，根据臭氧平衡浓度可知，2.0MeV 辐照室内氮氧化物的浓度约为 35.1mg/m<sup>3</sup>，满足重庆市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）中主城区的排放浓度

## 续表 11 环境影响分析

限值 200mg/m<sup>3</sup> 要求。

综上所述，本项目运行时所产生的有害气体不会对公众人员造成影响，对周边环境空气影响很小。

### (2) 废水环境影响

项目不新增生活污水产生量，工作人员原生活污水依托现有 2#生化池处理后达标排放。束下喷淋冷却水产生量很小，喷淋冷却对象为被辐照的电线电缆产品，电线电缆生产车间为无尘车间，电线电缆产品表面较干净，喷淋冷却水喷淋电线电缆后几乎未被污染，因此喷淋冷却水中污染物浓度极低，经收集后排入厂区污水管网，对周围水环境影响很小。

### (3) 噪声影响

本项目拟使用的风机为低噪声设备，其噪声值一般低于 65dB(A)，噪声源强较小，本项目风机拟安装位置距离厂界最近距离约 60m，根据噪声距离衰减模式估算本项目 2 台风机对厂界的贡献值约 32dB(A)，设备噪声对厂界噪声的贡献微小，对项目所在区域声环境影响轻微。

### (4) 固废环境影响

本项目不新增生活垃圾产生量，生活垃圾交市政环卫部门统一收集处理，对周围环境影响很小。

## 11.3 产业政策符合性分析

本项目的建设是为了开展工业辐照以改善电缆电线的化学稳定性和热稳定性，提高产品质量。公司使用辐照装置满足相关国家法律、法规和标准的要求，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

## 11.4 实践正当性分析

本项目使用辐照装置的目的是为了增强电缆电线性能，提高热老化性能，目的明确、理由正当，通过本环评的分析、预测和评价可知该项目实施后对周围环境的影响均远低于国家相关标准，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，有利于发展社会经济，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本环评认为该项目的实施是正当可行的。

## 续表 11 环境影响分析

### 11.5 事故影响分析

#### 11.5.1 电离辐射引起生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-9 所示。

表 11-9 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量 (Gy)	类型		初期症状和损伤程度
<0.25			不明显和不易察觉的病变
0.25~0.5	/		可恢复的机能变化，可能有血液学的变化
0.5~1			机能变化，血液变化，但不伴有临床症状
1~2	骨髓型 急性 放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退
2~3.5		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，呕吐，白细胞短暂上升后下降
3.5~5.5		重度	多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降
5.5~10		极重度	多次呕吐，腹泻，休克，白细胞急剧下降
10~50	肠型急性放射病		频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高
>50	脑型急性放射病		频繁呕吐，腹泻，休克，共济失调，肌张力增高，震颤，抽搐，昏睡，定向和判断力减退

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）。

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表11-10。

续表 11 环境影响分析

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	20
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

### 11.5.2 电子加速器辐照室事故风险、后果及预防措施分析

电子加速器是种将电能转换成高能电子束的设备，电子束受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此断电状态下是安全的。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

#### (1) 人员误照射风险

①由于管理不善或安全连锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众成员误入辐射防护区，给上述工作人员或公众成员造成不必要的照射。

②如果在系统工作前有人进入辐照室，而操作人员又没有仔细巡检就开始操作加速器出束则有可能造成人员的误照射。

#### (2) 臭氧事故风险

①由于管理不善或安全连锁失效，辐照室内通风速度或通风时间不够导致加速器停机后，工作人员进入臭氧浓度超标的辐照室造成意外。

②如果加速器工作期间通风系统出现故障导致通风速度降低或停止工作则有可能导致经排气筒排入大气的臭氧浓度升高，同时也可能导致停机后即使等待足够的时间辐照室内的臭氧浓度仍然高于限值水平，从而使进入辐照室的人员吸入过量的臭氧。

#### (3) 误照射剂量核算

根据上述分析，因各种原因导致电子加速器发生误照射辐射事故，本评价对电子加速器发生误照射剂量进行统一核算和影响分析。

根据前文分析，辐射事故主要是在电子加速器出束过程中无关人员在辐照室内受到误照射。相较之下，工作人员或其他人员（如维修人员）在辐照室内时，距离电子加速

## 续表 11 环境影响分析

器最近，受到的误照射最大。本项目在辐照室内墙四周均设置有拉线，在加速器控制柜上也设有急停按钮，事故时受照人员拉下急停开关的反应时间按 5-20s 计算，则根据电子加速器相关参数，则工作人员或其他人员（如维修人员）受到的误照射剂量见表 11-11 所示。

表 11-11 误照射人员所受辐射剂量情况表

事故情况	距靶1m处的吸收剂量率	受照时间	受到的有效剂量当量
人员误入	2400Gy/h	5s	3.33Gy
		10s	6.66Gy
		20s	13.32Gy

根据上表核算，电子加速器运行时，无关人员受到误照射，单次照射最大 20s 下受到照射剂量最大约为 13.32Gy。对比表 11-9 可知，最严重可能导致肠型急性放射病，受照射后出现频繁呕吐，腹泻严重，腹疼，血红蛋白升高等症状。对比表 11-10 可知，该情况有 99%以上几率导致人员死亡，属于重大辐射事故。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的事故等级划分可知，本项目可能发生的最严重辐射事故等级为“重大辐射事故”。

### （4）辐照室臭氧超标事故

臭氧的强氧化性对人体健康有危害作用，一般认为臭氧吸入体内后，能迅速转化为活性很强的自由基-超氧基，主要使不饱和脂肪酸氧化，从而造成细胞损伤。臭氧可使人的呼吸道上皮细胞脂质过氧化过程中花生四烯酸增多，进而引起上呼吸道的炎症病变，研究表明接触 0.09ppm 臭氧 2 小时后肺活量、用力肺活量和第一秒用力肺活量显著下降；浓度达 0.15ppm 时，80%以上的人感到眼和鼻粘膜刺激，100%出现头疼和胸部不适。由于臭氧能引起上呼吸道炎症、损伤终末细支气管上皮纤毛，从而削弱了上呼吸道的防御功能，因此长期接触一定浓度的臭氧易于继发上呼吸道感染。臭氧浓度在 2ppm 时，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

根据前文预测模式，加速器辐照结束后若不继续通风则辐照室内的臭氧浓度为最大为 105.1mg/m<sup>3</sup>（1ppm≈1.96mg/m<sup>3</sup>），如果工作人员立即进入辐照室，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

### （5）风险防范措施

#### ①人员误照射

通过技术手段要求操作人员在启动加速器前必须巡视辐照室，同时通过规范的操作

## 续表 11 环境影响分析

制度要求操作员在启动加速器前以及加速器工作工程中通过监控系统实时查看辐照室内的情况，要求工作人员每次上班时首先要检查安全联锁装置和急停开关是否正常；如果联锁装置和急停开关失灵，应立即修复，并严格按照电子加速器操作程序进行生产作业。此外，工作人员进出辐照室必须携带个人剂量报警仪。加强辐照室出入口的管理并加强员工安全教育和培训，尽可能避免人员误照射事故的发生。

### ②臭氧事故

加速器工作前必须检查臭氧通风系统能否正常工作，若不能正常工作则不能开展电缆辐照加工工作，待维修能正常工作后方可开展。辐照室停机后分别继续排风 9min 后辐照室内臭氧浓度可降至要求的  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$  以下。实际工作中，工作人员必须在加速器停机后分别继续排风 9min 后方可进入辐照室。

## 11.7 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 20 万，占总投资 2%，具体情况见表 11-12。

表 11-12 项目环保投资一览表

序号	项目	环境保护（辐射防护）措施	投资（万元）
1	辐射安全管理	管理制度建立、修订等，制度上墙，各处标识标牌、警示标志等	1
2	人员	辐射安全与防护培训与考核	2
3	监测仪器和防护用品	固定式剂量报警仪、个人剂量报警仪、X- $\gamma$ 剂量监测仪、个人剂量计等	2
4	辐射防护与安全措施	辐照室安装多重联锁装置、紧急停机按钮、警示灯等	5
5	废气治理措施	排气筒、处置	2
6	噪声治理设施	风机减振基座、消声设施等	1
7	辐射防护设施工程	辐照室墙体屏蔽、防护门	计入工程投资
8	环境影响评价、竣工验收、辐射安全许可证办理等		7
合计			20

**表 12 辐射安全管理**

### **12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

重庆三峡电线电缆科技股份有限公司原未开展过核技术利用项目，还未配置辐射防护与安全管理人員。建设单位承诺待项目建成后，拟按照上述要求成立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人从事辐射环境管理工作。管理主要涉及到以下几个方面：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。

### **12.2 辐射工作人员及培训**

本项目拟从公司员工中培养 12 名辐射工作人员，包含在公司总劳动定员内。

#### **①配置数量合理可行性**

根据本项目辐照室加速器的操作需求，至少应保证每台加速器 2 名工作人员同时在场。因此，项目拟配置 12 名辐射工作人员是可行的。

#### **②辐射安全培训**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位从事辐射工作的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。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识，并参加考核。

根据建设单位资料，本项目拟配备的 12 名辐射人员，拟在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。辐射工作人员拟定期复训，并建立培训档案。

### **12.3 辐射安全管理制度、档案等**

#### **（1）规章制度**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人

**表 12 安全管理（续）**

员意外照射事故的发生。为此，公司应按照规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线置装使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。各制度应健全，内容齐全。且在项目运营前，拟将操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位拟在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

### **（2）个人剂量管理**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量片相互传借，不允许将个人剂量片带出项目建设单位。

本项目的辐射工作人员尚未确定，在本项目运行前，公司也拟按照管理要求为每名辐射工作人员配置个人剂量计，并按照要求进行剂量监测，建立个人剂量档案。

### **（3）职业健康体检**

放射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，放射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位应建立和保存放射工作人员的健康档案。

从事辐射工作期间，辐射工作人员拟定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，拟脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位拟建立和保存辐射工作人员的健康档案。

### **（4）年度评估**

**表 12 安全管理（续）**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：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。

建设单位拟建立年度评估制度，对射线装置的运行和辐射防护等进行总结，编制《放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告》，并于每年 1 月 31 日前向生态环境主管部门提交。

#### **（5） 档案管理**

辐射安全与防护管理档案资料分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”。

建设单位拟按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

### **12.4 核安全文化建设**

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任感，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事单位核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。

公司拟建立辐射环境安全管理体系，明确公司各层次人员的职责、不断识别公司内部核安全文化的薄弱处并加以纠正，落实两个“零容忍”，即对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”，拟将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①公司拟组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；

②公司拟建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

### **12.5 辐射活动能力评价**

**表 12 安全管理（续）**

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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（第七条）的相关规定，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司从事辐射活动能力评价见表 12-1。

**表 12-1 从事辐射活动能力评价**

应具备条件	落实情况
使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，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环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作。	辐射专职管理人员尚未定员。建设单位将按要求定员定岗。
从事辐射工作的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。	项目所有辐射工作人员尚未到岗，尚未参加培训并考核合格。
放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目拟设置警示标志，安装多重联锁装置、安装工作状态指示灯、急停按钮等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
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、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位拟配备固定式剂量率报警仪、X-γ剂量监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计等监测仪器。
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等制度。
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位拟制定辐射事故应急措施。

从表 12-1 可知，因建设单位尚未开展过核技术利用项目，尚无相应的辐射安全与防护管理机构，辐射工作人员和管理人员尚未到位，因此，尚未形成相应的辐射环境管理体系，因此，目前尚不具备从事辐射活动的的能力。待建设单位全部落实上述各项要求后，方具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。

**12.6 辐射环境监测**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测，开展常规的防护监测工作。

公司拟配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐照室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

**(1) 个人剂量监测**

**表 12 安全管理（续）**

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**（2）工作场所环境监测**

为保证项目辐射工作场所的安全，项目建成后的监测包括验收监测、例行监测和日常监测。

①验收监测：验收时监测一次，委托有资质单位监测。监测结果交生态环境主管部门存档。

②例行监测：每一年监测一次，委托有资质单位监测。监测结果纳入年度评估报告提交生态环境主管部门。

③日常监测：按照监测计划开展日常监测，日常监测由建设单位自行监测。设备大修后应委托有资质单位进行监测。做好监测记录，存档备查，发现问题及时整改。

监测因子及执行标准限值如下表所示。

**表 12-2 项目监测及检查内容一览表**

监测地点	监测项目	日常监测频率	限值要求
辐照室屏蔽体外	周围剂量当量率	每年一次 (涉及设备大修应进行监测)	≤2.5μSv/h

备注：上述监测中，监测点位主要布置在四周屏蔽体外和防护门外 0.3m 处、门缝搭接、穿墙管线等屏蔽相对薄弱处。

**12.7 辐射事故应急**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

**12.7.1 事故分级**

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

**表 12 安全管理（续）**

根据本报告表 11 分析，加速器运行在极端事故情况下，人员可能受到较大剂量的照射，导致严重辐射损伤甚至死亡的重大辐射事故。

### **12.7.2 事故应急方案与措施**

#### **（1）事故报告程序和电话**

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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向重庆市生态环境局、江津区生态环境局等部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

报告联系电话如下：

公司 24 小时值班电话：023-81222683

政务服务便民热线：12345

重庆市卫健委电话：023-67706707

江津区生态环境局：023-47522457

江津区卫生健康委员会电话：023-47562859

#### **（2）辐射事故应急措施**

①本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，迅速控制事故发展，消除事故源。

②辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量。造成或可能造成人员超剂量照射的，应及时将人员送往指定医院救治。

③负责迅速组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共卫生事件。

#### **（3）放射性事故应急处理程序**

①事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，并及时上报；

②应急管理领导小组召集相关专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

③事故处理必须在单位负责人的领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

#### **（4）其他事项**

除上述工作外，防护检测人员还应进行以下几项工作：

**表 12 安全管理（续）**

①应尽可能记录现场有关情况，对工作人员和公众成员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员和公众成员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

②事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

③加强辐射工作场所的检查和管理工作，认真做好事故预防措施，杜绝其他辐射工作场所辐射事故的发生。

④后续还应进行辐射事故应急演练，并做好记录，加强相关人员的辐射应急处置能力，减少辐射事故扩大影响的几率。

**12.8 竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应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，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

**表 12-3 本项目环保设施竣工验收要求一览表**

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	剂量控制	辐射工作人员年有效剂量≤5mSv 公众成员年有效剂量≤0.1mSv	GB18871-2002 HJ 979-2018 等
3	人员要求	培训合格上岗，定期复训。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
4	剂量率控制	屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率≤2.5 μSv/h	HJ 979-2018 等
5	建设内容	2 台 2.0MeV 电子辐照加速器（II 类射线装置）。	不发生重大变动
6	辐射安全防护措施	警示标志、工作状态指示灯设置位置合理，正常工作；安全联锁（门机联锁、通风联锁、束下装置联锁）、急停开关、巡检按钮、信号警示装置、剂量报警装置、语音报警装置、视频监控装置、烟雾报警装置等正常运行。	
7	通风要求	设置通风系统以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定	
8	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	

**表 13 结论及建议**

为满足生产发展的需要，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司拟在重庆市江津区珞璜镇中兴大道 16 号公司 2 号厂房内西侧中部建设重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目，该项目建设 2 座加速器辐照室，新购置 2 台电子辐照加速器（2.0MeV）用于电线电缆的辐照改性，提高产能。通过开展本项目的分析、对周围环境质量现状调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出以下结论。

### **13.1 产业政策符合性分析**

本项目的建设是为了开展工业辐照以改善电缆电线的化学稳定性和热稳定性，提高产品质量。公司使用辐照装置满足相关国家法律、法规和标准的要求，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

### **13.2 实践正当性分析**

本项目使用辐照装置的目的是为了增强电缆电线性能，提高热老化性能，目的明确、理由正当，通过本环评的分析、预测和评价可知该项目实施后对周围环境的影响均远远低于国家相关标准，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，有利于发展社会经济，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本环评认为该项目的实施是正当可行的。

### **13.3 环境质量现状**

根据监测可知，本项目拟建位置及周围的环境 $\gamma$ 辐射剂量率的监测值在 50nGy/h~59nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），与重庆市多个点位的环境地表伽玛空气吸收剂量率平均值 94.0nGy/h（未扣除宇宙射线）相比无明显差异。

### **13.4 选址可行性分析**

加速器辐照室设置在公司厂区内，生产车间生产的电线电缆可直接利用传送装置进入加速器辐照室进行辐照；本项目所在的厂区实行封闭式管理，除本公司职工外的公众成员一般不能到达本项目工作场所，本项目 50m 范围内的周围环境保护目标主要为公司用房，周围环境不敏感。综上所述，本评价从环保角度来看，该项目的选址是可行的。

### **13.5 布局合理性分析**

### 续表 13 结论及建议

本项目辐照室均为单层混凝土结构，下方为实土层，上方区域为电子加速器设备区，人员活动少，有利于辐射防护。设 2 个辐照室（2.0MeV）和 2 个控制室，各辐照室内均设置迷路，能有效减轻迷道出口处的屏蔽压力，控制室紧邻辐照室设置，加速器设备主体和水冷等辅助系统放置在辐照室顶棚上。需辐照电缆通过自动传输系统进行收发，线缆传输操作区域位于辐照室西侧和东侧，最近的操作位距离辐照室约 8m 处，辐照室人员出入口采用迷路设计，电缆传输进入辐照室采取专用电缆穿线孔，穿线孔位置分别设置在迷路内外墙。辐照室的整体设计能达到良好的屏蔽防护效果，便于辐照交联工作的开展。

综上所述，项目整体布局合理。

#### 13.6 辐射防护与安全措施

加速器辐照室四周墙体、顶棚、底板均设置足够厚的屏蔽体进行屏蔽防护，并设置迷道及各种辐射安全与防护设施，在严格按照设计厚度和辐射安全与防护设施建设的情况下，并以既定的 2.0MeV 电子加速器进行运行，加速器辐照室的各屏蔽体均能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，所有穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）均采用了特殊处理。

建设单位拟对本项目工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为辐照室（包括迷道）、顶棚设备区，监督区范围为辐照室外的控制室、室外过道等与加速器辐照室相邻区域。

本项目电子辐照加速器设备自带有多种固有安全性，由计算机控制系统管理，监控加速器的正常运行，实施安全连锁，并与束下装置联动配合。只有当连锁系统正常，真空度和设备温度达标的情况下，加速器才能正常启动。辐照室内外安装紧急停机按钮和急停拉线，设置门机连锁装置、灯机连锁装置、声光警示装置、视频监控系统，安装安全巡检按钮、强制开门按钮、光电开关、拉线开关，烟雾报警器等，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

#### 13.7 环境影响分析

##### （1）剂量估算结果

通过核算，本项目辐射工作人员和公众成员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量

### 续表 13 结论及建议

管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）及《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）相关标准的要求。

#### （2）环境保护目标影响

根据预测，拟建加速器辐照室周围环境保护目处的周围剂量当量率均不大于 2.5  $\mu$  Sv/h，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的要求。

#### （3）废气影响

本项目加速器工作时会产生臭氧和氮氧化物等有害气体，辐照室设计有 U 型地下通风管道，工作期间应保证机械通风系统的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。此外，工作人员应在电子辐照加速器停机后继续排风约 9min 后方可进入辐照室。臭氧和氮氧化物等有害气体通过排风机引至辐照室外经 15m 高排气筒高空排放，对周围环境影响可接受。

#### （4）废水影响

本项目不新增生活污水产生量，工作人员原生活污水依托现有生化池处理后达标排入市政污水管网。束下喷淋冷却水产生量很小，污染物浓度极低，经收集后排入厂区污水管网，对周围环境影响很小。

#### （5）噪声影响

本项目拟使用的风机为低噪声设备，噪声源强较小，经距离衰减后设备噪声对厂界噪声的贡献微小，对项目所在区域声环境影响轻微。

#### （6）固废环境影响

本项目不新增生活垃圾产生量，工作人员生活垃圾交市政环卫部门统一收集处理，对周围环境影响很小。

### 13.8 辐射与环境保护管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员持证上岗，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管

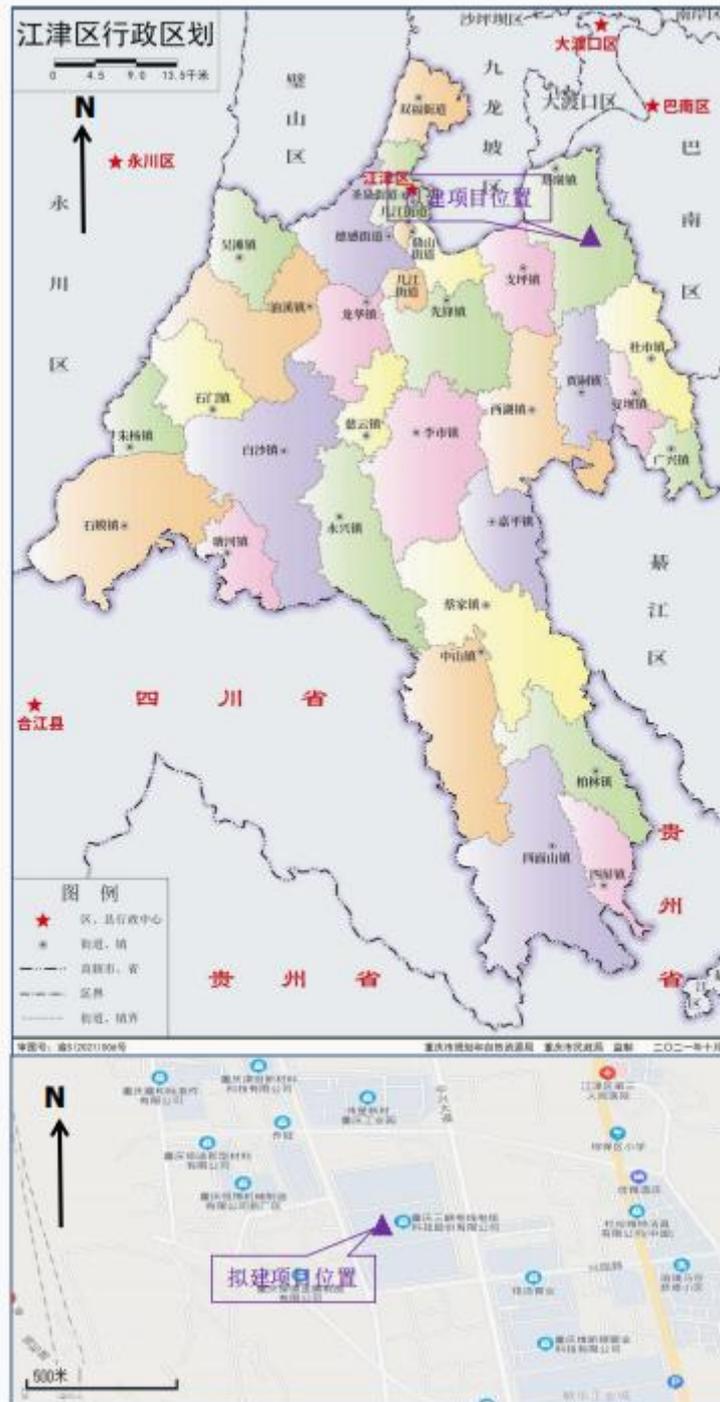
### 续表 13 结论及建议

理能力，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆三峡电线电缆科技股份有限公司拟开展的“重庆三峡电线电缆科技股份有限公司电子加速器项目”在严格按照环评要求进行建设后，电子加速器运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目对环境的辐射影响是可接受的。重庆三峡电线电缆科技股份有限公司在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

附图

附图 1 项目地理位置图



附图 1 项目地理位置图