

# 核技术利用建设项目

## 四川九洲线缆有限责任公司 高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设 环境影响报告表

(公示本)



四川九洲线缆有限责任公司

2025年9月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 四川九洲线缆有限责任公司 高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设 环境影响报告表



建设单位名称：四川九洲线缆有限责任公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段89号

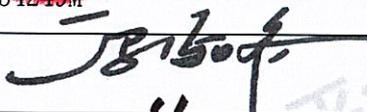
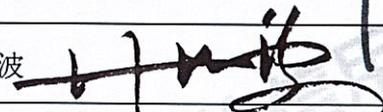
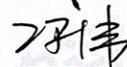
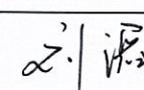
邮政编码：621000

联系人：王宜舵飞

电子邮箱：/

联系电话：15181642220

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	d8fn36		
建设项目名称	高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设		
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）	四川九洲线缆有限责任公司		
统一社会信用代码	91510700727454249M		
法定代表人（签章）	冯雪峰 		
主要负责人（签字）	王洪波 		
直接负责的主管人员（签字）	冯伟 		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	四川同佳检测有限责任公司		
统一社会信用代码	91510600660266939R		
<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
王健旭	2016035510350000003510510108	BH026585	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘滔	全文编制	BH061298	



# 营业执照

(副本) 副本编号: 1-1

统一社会信用代码 91510600660266939R

名称 四川同佳检测有限责任公司  
类型 有限责任公司(自然人投资或控股)  
住所 四川省德阳市经济技术开发区金沙江西路706号

法定代表人 潘强  
注册资本 壹仟柒佰玖拾壹万肆仟壹佰元整

成立日期 2007年04月03日  
营业期限 2007年04月03日至 长期

经营范围 环境检测(含电磁、电离辐射检测), 农产品检测, 职业卫生检测, 医疗场所卫生及仪器性能检测, 计量器具检测, 公共场所卫生检测, 工作场所卫生检测, 食品卫生检测, 机械无损检测, 检测技术咨询。 (依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)



请于每年1月1日至6月30日年报。  
公司出资、股权变更、企业行政许可、  
企业行政处罚等信息产生后  
应在20个工作日内公示。

登记机关



2019年1月8日

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security  
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection  
The People's Republic of China

编号: HP 00019467  
No.



王健旭 00019467



姓名: 王健旭  
Full Name

性别: 男  
Sex

出生年月: 1983年05月  
Date of Birth

专业类别:  
Professional Type

批准日期: 二〇一六年九月二十五日  
Approval Date

持证人签名:

Signature of the Bearer

2016035510350000003510510108

管理号:  
File No.

签发单位盖章  
Issued by

签发日期: 2016年10月08日  
Issued on



请妥善保管，遗失、损毁、冒用、复制无效。

# 四川省社会保险个人参保证明

参保人姓名：王健旭

性别：男

社会保障号码：510182198305264813



险种	当前缴费状态	累计月数(个)	查询专用章
企业职工基本养老保险	参保缴费	231	
失业保险	参保缴费	196	
工伤保险	参保缴费	196	
工伤保险	参保缴费(中断)	196	

2023年08月至2025年07月的参保缴费明细										单位：元	
缴费月份	参保单位编号	类型	养老保险			失业保险			工伤保险		
			缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳
202308	5000866419	企业养老	5000	800	400	3000	30	20	5000	42	
202309	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	德阳市市本级
202310	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	德阳市市本级
202311	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	德阳市市本级
202312	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	德阳市市本级
202401	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202402	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202403	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202404	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202405	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202406	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202407	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202408	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202409	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202410	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202411	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202412	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202501	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	16.8	德阳市市本级
202502	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级
202503	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级
202504	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级
202505	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级
202506	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级
202507	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	21	德阳市市本级

说明：1. 表中“单位编号”对应的单位名称为：5000866419:四川同佳检测有限责任公司  
 2. 本证明采用电子验证方式验证，如需验证，请登陆<https://www.schrs.org.cn/scgfw/cbzmyz/toPage.do>，凭验证码 8 j s r 7 E t n B c 3 3 9 g r k P 3 E Q 验证，验证码的有效期至2025年10月31日(有效期三个月)。扫描左上二维码也可验证。

打印时间：2025年07月18日



- 3. 该表(一)历年参保基本情况中的“累计月数”不含视同缴费月数;若存在视同缴费月数或重复缴费月数情形的,以办理退休手续时核定的月数为准;
- 4. 该表(二)2023年08月至2025年07月的参保缴费明细,显示的是所选择时段的实缴到账明细,不含异地转入的基本养老保险缴费信息,未实缴到账的显示为空。
- 5. 2024年1月1日起,由税务部门征收社会保险费,缴费记录可能存在滞后。



本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)



本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得  
 篡改,否则将追究法律责任。(02507311559-920000021)

## 人员信息查看

当前记分周期内失信记分

0

2024-03-04~2025-03-03

信用记录



基本情况变更



变更记录



信用记录

从业单位名称:

四川同佳检测有限责任公司

证件号码:

510182198305264813

取得职业资格证书时间:

2016-09-25

全职情况材料:

王健旭社保证明.pdf

环境影响报告书(表)情况 (单位:本)

近三年编制环境影响报告书(表)累计 **91** 本

报告书 9

报告表 82

其中,经批准的环境影响报告书(表)累计 **16** 本

报告书 0

报告表 16

邮箱: 45782512@qq.com

# 目 录

表 1 项目基本情况 .....	- 1 -
表 2 放射源 .....	- 10 -
表 3 非密封放射性物质 .....	- 10 -
表 4 射线装置 .....	- 10 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	- 11 -
表 6 评价依据 .....	- 12 -
表 7 保护目标与评价标准 .....	- 14 -
表 8 环境质量和辐射现状 .....	- 17 -
表 9 项目工程分析与源项 .....	- 23 -
表 10 辐射安全与防护 .....	- 38 -
表 11 环境影响分析 .....	- 60 -
表 12 辐射安全管理 .....	- 86 -
表 13 结论与建议 .....	- 94 -

## 附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 项目外环境关系图

附图 3 项目电子加速器所在 105 厂区平面布置图

附图 4-1 电子加速器一层平面（辐照室）

附图 4-2 电子加速器二层平面（主机室）

附图 4-3 电子加速器三层平面（平台）

附图 5-1 电子加速器机房剖面图（A-A）

附图 5-2 电子加速器机房剖面图（B-B）

## 附件

附件 1 环评委托书

附件 2 建设项目备案表

附件 3 厂区土地使用证

附件 4 现状监测报告

附件 5 项目所在厂区已有的环保文件

附件 6 建设单位成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		四川九洲线缆有限责任公司高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设			
建设单位		四川九洲线缆有限责任公司			
法人代表	冯雪峰	联系人	王宜舵飞	联系电话	15181642220
注册地址		四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号			
项目建设地点		四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	800	项目环保总投资 (万元)	126.0	投资比例 (环保投资/总投资)	15.75%
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> )	/
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</b></p> <p><b>一、建设单位简介</b></p> <p>四川九洲线缆有限责任公司 (统一社会信用代码: 91510700727454249M, 以下简称“公司”) 始建于 1970 年, 是四川九洲投资控股集团成员企业, 宇航级高可靠元器件科研生产单位、轨道交通线缆引领者, 专业从事光电线缆及电气互联产品研发、制造、服务的国家高新技术企业, 拥有防务装备线缆、电气装备线缆、输配电线缆、通信线缆、电气互联产品及材料等大类产品, 广泛应用于航空航天、军事电子、电力能源、轨道交通、石化矿业、装备制造和通信等领域。掌握双层超薄壁含氟聚合物绝缘一次性成型、低驻波稳相射频同轴电缆、新能源汽车大功率充电电缆、轨道交通数</p>				

字信号及网络数据电缆、27.5KV 机车动力电缆、-196℃深冷光电复合缆、60 万次弯折 40GHz 稳相电缆、特高压架空绞线、低烟无卤等电力电缆、铝合金等特种电缆、超低故障率复杂电缆网等核心技术产品。本次拟建设的电子加速器项目主要用于辐照芯线线径范围 20mm 及以下，成品外径 25mm 及以下辐照交联产品的绝缘和护套生产。适用导体包括但不限于第一、二、五、六导体。辐照厚度最大厚度：3.0mm。辐照材料包括但不限于交联聚烯烃、交联氟塑料、橡胶材料等。

## 二、项目由来

四川九洲线缆有限责任公司位于四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号，公司为提高生产的电线、电缆品质，提升电线、电缆绝缘层的性能，拟在 105 厂房内西南侧建设 1 座工业电子加速器机房，并在机房内新增 1 台 AB2.0-50 型工业电子加速器（卧式结构，电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA），属于 II 类射线装置，主要用于辐照交联产品的绝缘和护套生产。



图 1-1 四川九洲线缆有限责任公司高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设所在地区外环境情况

## 三、编制目的

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，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》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设方四川九

洲线缆有限责任公司需对该项目进行环境影响评价。

根据《射线装置分类》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号公告）对射线装置的分类，本次新增 1 台工业电子加速器型号为：AB2.0-50（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构），属于“工业辐照用加速器”，属于 II 类射线装置。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行）的规定，本项目属于“第 172 条 核技术利用建设项目”中“**使用 II 类射线装置的；**”应编制环境影响报告表。

为此，四川九洲线缆有限责任公司委托四川同佳检测有限责任公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书见附件 1）。四川同佳检测有限责任公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合监测单位现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

四川九洲线缆有限责任公司高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设环境影响评价报告表的评价内容与目的：

- 1、对新增射线装置使用项目施工期和运行期的环境影响进行评价分析。
- 2、对项目拟建地址进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平，并对项目进行环境影响预测评价。
- 3、提出污染防治措施，使辐射影响降低到“可合理达到的尽可能低水平”。
- 4、满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定的要求，为项目的环境管理提供科学依据。

#### **四、项目概况**

**项目名称：**四川九洲线缆有限责任公司高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设

**项目性质：**新建

**建设单位：**四川九洲线缆有限责任公司

**建设地点：**四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内

##### **（一）建设内容与规模**

四川九洲线缆有限责任公司拟在 105 厂房内西南角建设 1 座工业电子加速器机房，机房呈西北向东南布置，于机房内配备 1 台由无锡爱邦辐射技术有限公司生产的

AB2.0-50 型工业电子加速器，其最大电子线能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，为卧式结构，扫描盒宽度为 1600mm，最大束流功率为 100kW，该型工业电子加速器为单束机头，电子束照射方向为竖直向下，属于 II 类射线装置。根据建设单位初步规划，本项目工业电子加速器年最大出束时间约为 3750h，主要用于对电线/电缆绝缘层、护套等材料交联改性。

本次拟新建的工业电子加速器机房主要由一层辐照室和二层主机室组成，主机室和辐照室通过楼梯连接。

工业电子加速器机房辐照室室内有效使用面积约为 41.8m<sup>2</sup>(不含迷道),长 7.60m×宽 5.5m×高 2.6m，辐照室西南侧、西北侧及东南侧墙体均为 1600mm 厚现浇混凝土；西南侧“L”字形迷道内墙为 1500mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 800mm~1500mm 厚现浇混凝土，迷道门为不锈钢防盗门，辐照室顶部为 600mm 厚现浇混凝土。

主机室位于辐照室楼上二层，室内有效使用面积约为 24.44m<sup>2</sup>（不含迷道），长 5.75m×宽 4.25m×高 2.1m，四周墙体均为 650mm 厚现浇混凝土；迷道位于西北侧，迷道内墙及外墙为 400m~650mm 厚现浇混凝土，迷道门为不锈钢防盗门，主机室顶部为 500mm 厚现浇混凝土。

辐照室东侧设置收放线系统（双收双放系统），待辐照的电线电缆由收放线装置自动运行，由辐照室南侧进出辐照室。

公司拟在 105 厂房内工业电子加速器机房附近配套建设双收双放辐照生产线、辐照产品存放区、待检区、备品库等。

## （二）项目组成内容及环境问题

本项目主要组成内容及可能产生的环境问题见表 1-1。

表 1-1 项目组成内容及主要环境问题

名称	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	运营期
主体工程	工业电子加速器	辐照室	施工废气、施工噪声、施工废水、固体废物、生活污水、生活垃圾	X 射线、电子线、噪声、臭氧及氮氧化物、生活污水、生活垃圾
		主机室		

		2.1m, 四周墙体均为 650mm 厚现浇混凝土; 迷道位于西北侧, 迷道内墙及外墙为 400m~650mm 厚现浇混凝土, 迷道门为不锈钢防盗门, 主机室顶部为 500mm 厚现浇混凝土。	
	射线装置	工业电子加速器型号为 AB2.0-50 型, 为卧式结构, 其主要参数为: 电子线最大能量为 2.0MV, 最大束流为 50mA, 扫描盒宽度为 1600mm, 功率为 100kW, 该型工业电子加速器为单束机头, 电子束照射方向为竖直向下。	
辅助工程		工业电子加速器机房控制区、收放线缆装置、水冷装置、产品存放区、待检区、备品库等	\
环保工程		<p>废水治理: 冷却循环水循环使用, 每年排放 1 次, 排放时与生活污水一起依托现有厂区内污水处理设施处理后排入市政污水管网。</p> <p>废气治理: 拟设置机械送排风系统 1 套, 排风机(排风风量为 15796m<sup>3</sup>/h) 置于 105 厂房外, 臭氧经排风系统抽取后引至 105 厂房楼顶地面 15m 高度排放。</p> <p>噪声治理: 选取低噪声设备; 利用建筑隔声; 设置减振等降噪措施。</p> <p>固废处理: 工作人员日常办公垃圾定点袋装收集, 依托厂区内已有的生活垃圾收集措施收集, 定期交由环卫部门清运处置。不合格产品进行重新辐照后仍然不合格的, 作为一般固体废物处理。</p>	臭氧、氮氧化物、噪声、生活垃圾、生活污水
公用工程		依托厂区建设的给水、供电、通风等配套设施。	
办公生活设施		办公区依托厂区内建设的办公生活设施	

### (三) 主要原辅材料及能耗情况

主要原辅材料季能耗详见下表 1-2。

表 1-2 主要原辅材料及能耗情况表

类别	名称	年耗量	来源	主要成分	用途
能源	电	40 万度	城市电网	/	加速器用电
冷却水	加速器冷却水	1.365m <sup>3</sup>	外购纯水	H <sub>2</sub> O	加速器及配套设备间接冷却水
生活用水	水	260m <sup>3</sup> /a	自来水	H <sub>2</sub> O	生活用水

注: 冷却水系统为内循环, 属于密封装置, 每年损耗量极少。冷却水循环系统内部循环水量约为 1.3m<sup>3</sup>, 年合计补充损耗量约为 0.065m<sup>3</sup>。预计每年更换 1 次。

本项目建成后工业电子加速器机房 (AB2.0-50 型) 辐照种类及出束时间详见表 1-3。

表 1-3 工业电子加速器机房 (AB2.0-50 型) 辐照种类及出束时间一览表

序号	束下系统	辐照产品类别	参数	辐照产品总量	辐照出束时间
1	收放	光伏电缆	1、截面: 0.75mm <sup>2</sup> ~35mm <sup>2</sup>	10080km	约 750h

	线系 系统		2、工作温度范围通常为-40°C 至 120°C 3、电压等级：DC1500V		
2		布电线	1、截面：0.75mm <sup>2</sup> ~35mm <sup>2</sup> 2、工作温度范围通常为-40°C 至 120°C 3、电压等级：300/500、450/750	10080km	约 750h
3		橡套电缆	1、截面：0.75mm <sup>2</sup> ~35mm <sup>2</sup> 2、工作温度范围通常为-40°C 至 65°C 3、电压等级：300/500、450/750	10080km	约 750h
4		新能源充 电电缆	1、截面：0.75mm <sup>2</sup> ~35mm <sup>2</sup> 2、工作温度范围通常为-40°C 至 125°C 3、电压等级：AC1000V	10080km	约 750h
5		航空电线	1、截面：0.75mm <sup>2</sup> ~35mm <sup>2</sup> 2、工作温度范围通常为-65°C 至 250°C 3、电压等级：AC600V	10080km	约 750h
合计				50400km	约 3750h

#### (四) 本项目涉及的射线装置

本次拟申请新增的射线装置具体情况详见下表 1-4。

表 1-4 四川九州线缆有限责任公司新建项目情况一览表

射线装 置名称	装置型号	最大电子 束能量	最大束 流强度	射线装 置类别	加速 粒子	活动 种类	主束 方向	使用场所
工业电 子加速 器	AB2.0/50-1400	2.0MeV	50mA	II	电子	使用	垂直 向下	105 厂房内 工业加速 器机房

#### (五) 项目依托设施

1、依托办公设施：办公区依托厂区内建设的办公生活设施。

2、依托环保设施：本项目循环冷却水更换时与工作人员产生的生活污水一起依托项目所在地厂区已建设的污水处理设施处理；本项目产生的生活垃圾依托项目所在地厂区已建设的生活垃圾收集设施处理，运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的产品，作为一般固体废物处理。

#### (六) 工作制度及人员配置

工作制度：本项目负责操作加速器的人员两班配置，每班工作 7.5 小时（白班 8：30~17：30，晚班 17：30~23：30），年工作时间为 250 天。加速器年出束时间最大为 3750h。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 8 人，其中包含 1 名辐射安全管理人员，均为新增辐射工作人员，计划分为 2 组实施轮岗制，每组 4 名辐射工作人员。后期建

设单位也计划持续引进技术熟练的辐射工作人员。

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》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘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。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目新增的 9 名辐射工作人员（其中包含 2 名辐射安全管理人员）须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。辐射安全培训合格证书到期的人员仍需通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’进行再学习考核。

### 五、项目周边保护目标以及场址选址情况

四川九洲线缆有限责任公司位于四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号 105 厂房，根据建设单位提供的不动产权证书（川（2023）绵阳市不动产权第 0017786 号），说明项目所在厂区用土地性质为工业用地（详见附件 3）。

项目拟新建的工业电子加速器机房位于 105 厂房西南侧，机房 50m 范围内西北侧 15m~45m 为四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房开停机线停放区（3F，高度为 18.4m），45m~50m 为厂区绿化及道路；东北侧 1m~16.2m 为 105 厂房内本项目配套的辐照产品双收双放生产设备，16.2m~50m 为 105 厂房导线堆放区、近期用成缆材料堆放区、挤塑机；东南侧 0~19m 为厂区道路和绿化，19m~50m 为 106 风电电缆厂房；西南侧 0m~15m 为厂区道路及绿化，15m~21m 为四川九洲线缆有限责任公司锅炉房，21m~50m 为厂区绿化及市政道路创新大道。

本项目厂区平面布局示意及外环境关系示意图详见附图 2，105 厂房平面布局示意图见附图 3。

根据建设单位四川九洲线缆有限责任公司厂区内已建项目环保手续落实情况如下表：

表 1-5 建设单位厂区内环保手续落实情况一览表

序号	项目名称	批准文号	建设内容	验收情况
1	通信光缆及组件生产能力建设项目	绵环审批（2012）238 号	主要建设（一）主体工程：电缆组件大楼/航空航天高温特种电缆厂房；光缆厂房；通信电缆厂房。（二）辅助工程：接待、洽谈室；生产调度中心；卸货平台；冷却塔。（三）办公及生活设施：研发中心；	已完成建设，并完成验收（绵环验（2017）

			综合楼；食堂。（四）公用工程：供水、供电等。 （五）环保工程：隔油池；预处理池；生产废物暂存间；危废暂存间。建成后年产航空航天高温特种电缆 19000km，特种光纤光缆 1600000km，特种光电缆组件 5000000 套，特种射频电缆 82000km。	164 号）。
2	装备用线缆生产能力建设项目	绵环审批（2012）243 号	主要建设：裸线车间、中低压厂房、建筑预留备用厂房，项目配套建设供电、给排水、消防系统等公用工程；调度中心及配套业务管理用房。设计年产特种变频电缆 10000km，汽车用特种电线电缆 200000km。	已完成建设，并完成验收（绵环验（2017）163 号）
3	智能电网用电缆生产能力建设项目	绵环审批（2012）244 号	主要建设：108#厂房，形成年产特种光纤复合低压电缆 10000km 和年产特种光纤复合地线 10000km 的产品规模。	已完成建设，并完成验收（绵环验（2017）165 号）
4	110kV 环保型聚合物绝缘平滑铝护套大长度高压电力电缆项目	绵环审批（2025）102 号	主要建设内容为：新建厂房，购置设施、设备，设置生产区（配置拉丝机、绞线机、挤出机、悬链线、护套机、外护套挤出机等）、检测区、仓储工程（原料库房、辅料库、成品堆放区）、配套建设废气处理工程，依托已建预处理池、固废及危废间等公辅设施。建成后，年产 110kV 环保型聚合物绝缘平滑铝护套大长度高压电力电缆生产线 600km（海上用）。	正在建设中

本项目电子加速器仅为厂区内已建项目的配套项目，目前该工程尚未建设，不存在与本项目相关的原有污染问题。

项目建设地点为规划许可项目厂区内，从周边外环境关系可知，厂区周边规划为工业园区及市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。拟建辐射工作场有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽防护及采取相应的治理措施后对辐射工作人员及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）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

综上所述，项目的建设符合所在区域总体规划，项目的选址合理可行。

## 六、项目产业政策符合性

本项目系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第六项“核能”的第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，是目前国家

鼓励发展的新技术应用项目。本项目辐照加工过程中产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求。因此，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和当前产业政策。

### **七、实践正当性与利益代价分析**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性的。

本项目的开展，在给企业带来利益同时，对工作人员和公众的外照射引起的年有效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值，在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”要求。

### **八、项目单位核技术应用现状**

本项目为四川九洲线缆有限责任公司新增核技术利用项目，此前无核技术利用项目。因此，四川九洲线缆有限责任公司须完善本项目的环评及相关手续后，及时向四川省生态环境厅申请辐射安全许可证。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) /剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	工业电子加速器	II	1台	AB2.0-50	电子	2.0MeV	50mA	辐照加工	加速器机房	本次环评
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小
氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，对环境影响较小

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

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，1989年12月26日发布施行；2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《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1日起施行；2019年修正，国务院令709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，（2017年修订版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》，生态环境部第16号令，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(8) 《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日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会2017年 第66号公告，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告2019年第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(11) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施。</p>
<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评价文件的内容和格式》（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) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(6) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p>

	<p>(7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）；</p> <p>(8) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）；</p> <p>(9) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）；</p> <p>(10) 《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）。</p>
其他	<p>(1) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(2) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部，公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>(3) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》生态环境部公告2019年第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(5) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部，公告2019年第39号，2019年11月1日起启用；</p> <p>(6) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第7号）2024年2月1日起施行；</p> <p>(7) 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）》的通知，川环函[2016]1400号。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

根据本项目的特点并参照《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）中“核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的选取原则：放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定为四川九洲线缆有限责任公司本次新建工业电子加速器机房实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内作为评价范围，详见附件 2。

**保护目标**

本项目 50m 评价范围除东北侧位于四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内，其余方向西北侧、西南侧及东南侧部分区域均位于 105 厂房外，但 50m 评价范围内无居民区、无学校等其他环境敏感点。因此，本项目辐射环境保护目标为公司辐射工作人员、105 厂房内的其他工作人员及 105 厂房外公众，详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

保护目标		方位	最近距离	规模	照射类型
工业电子加速器	职业人员	控制区、收放线缆区域	/	8 人	职业
	厂区内公众	西北侧 105 厂房外道路	约 1~10m	约 5 人	公众
		西北侧 105 厂房外绿化区域	约 1~10m		
		西北侧 104 裸线厂房生产区域	约 10~50m	约 10 人	
		东北侧收放线缆区域、已辐照产品待检区、安全通道、已辐照产品暂存区及 105 厂房其他区域（暂未规划）	约 1~50m	约 10 人	
		东南侧 105 厂房外绿化区域	约 1~10m	约 5 人	
		东南侧 106 厂房生产区域。	约 1~50m	约 10 人	
		西南侧 105 厂房外道路及绿化	约 1~15m	约 5 人	
		西南侧锅炉房	约 15m~21m	约 2 人	
	厂区外公众	西南侧创新大道	约 21m~50m	/	

**评价标准**

**一、执行标准**

本项目执行标准如下：

**（一）环境质量标准**

地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中的Ⅲ类水域标准；

大气环境：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）及其修改单中的二级标准；  
声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的 3 类标准。

## （二）污染物排放标准

废水：执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准。

废气：执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准，营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

固体废物：参考《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）及其修改单相关标准。

## （三）辐射防护标准

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的相关规定。

## 二、辐射环境影响评价标准

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

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

辐射工作场所的分区：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：**注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

**监督区：**注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

### （二）《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

#### 重点引用：

#### 1、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：

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

## 2、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到达区域屏蔽体外表面 30cm 处以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ 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、通风系统

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解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。

(2) 臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。

(3) 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。

(4) 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空气与气象资料计算确定。

## 三、辐射环境评价标准限值

### 1、个人剂量约束值

(1) **职业照射：**根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 条的规定，对任何工作人员，由来自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。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 中规定辐射工作人员个人年有效剂量约束值为 5mSv/a。

(2) **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。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 中规定公众成员个人年有效剂量约束值为 0.1mSv/a。

### 2、工作场所内外控制剂量率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h。

### 3、工作场所臭氧控制水平

根据《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）附录要求：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 0.3mg/m<sup>3</sup>。

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

四川九洲线缆有限责任公司位于四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号（本项目地理位置图详见附图 1）。

本项目位于四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内，其西北侧为四川九洲线缆有限责任公司 104 厂房（裸线厂房）；北侧为四川九洲线缆有限责任公司 101 电缆组件大楼/航空航天高温特种电缆厂房；东北侧为四川九洲线缆有限责任公司 107 光缆分厂；西侧为 202 铝合金线厂房；东南侧为 106 风电电缆厂房；西南侧为锅炉房及创新大道。

本次拟建的 1 座工业电子加速器机房位于四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房西南角，机房呈西北向东南布置，50m 范围内西北侧 15m~45m 为四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房开停机线停放区（3F，高度为 18.4m），45m~50m 为厂区绿化及道路；东北侧 1m~16.2m 为 105 厂房内本项目配套的辐照产品双收双放生产设备，16.2m~50m 为 105 厂房导线堆放区、近期用成缆材料堆放区、挤塑机；东南侧 0~19m 为厂区道路和绿化，19m~50m 为 106 风电电缆厂房；西南侧 0m~15m 为厂区道路及绿化，15m~21m 为四川九洲线缆有限责任公司锅炉房，21m~50m 为厂区绿化及市政道路创新大道。

平面布局示意及外环境关系示意图详见附图 2。

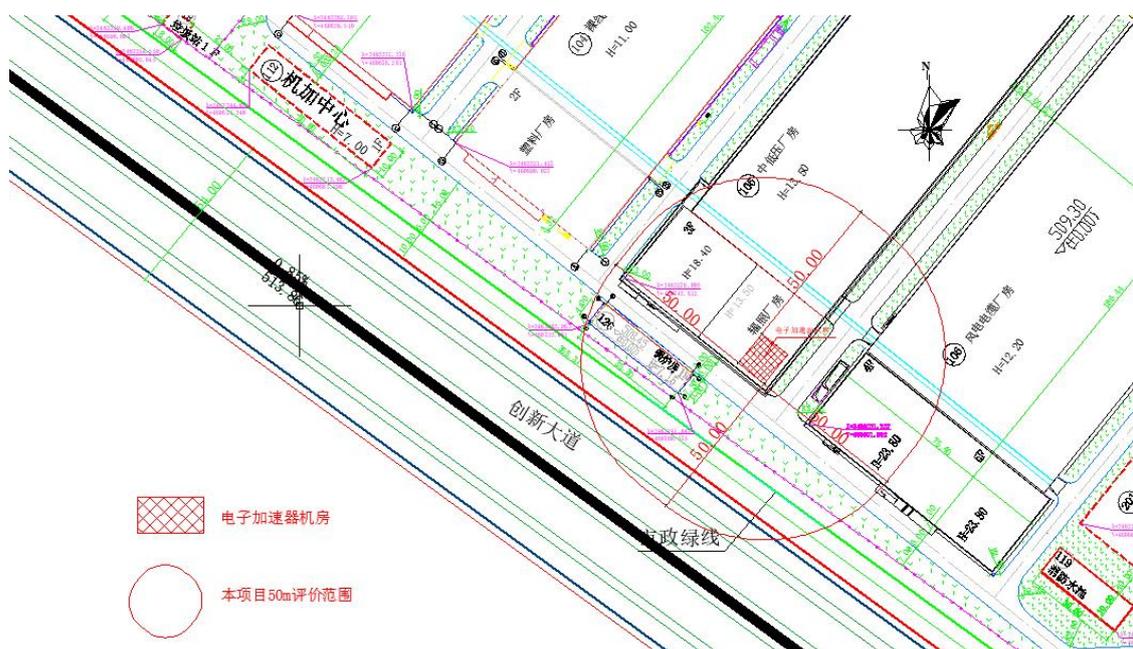


图 8-1 公司 105 厂房所在厂区平面布局示意及外环境关系示意图

本项目拟建址及其周围环境现状见图 8-2 至图 8-6。



图 8-2 本项目拟建址区域



图 8-3 本项目西北侧现场情况



图 8-4 本项目东北侧现场情况



图 8-5 本项目东南侧现场情况



图 8-6 本项目西南侧现场情况

## 二、辐射环境现状评价

为掌握项目所在地的辐射环境现状，四川同佳检测有限责任公司于 2025 年 5 月 9 日按照标准规范对本次拟建址及周边环境进行了环境 $\gamma$ 辐射剂量率的布点监测，监测报告详见附件 4。

### 1、监测因子

本项目为工业电子加速器使用项目，根据工程分析项目主要污染因子为工业电子加速器运行时产生的韧致辐射（X 射线）。为了更好反映实际情况，本项目的环境监测选取为环境 $\gamma$ 辐射剂量率作为监测因子。

### 2、监测内容

对拟建项目周围环境水平进行本底调查。

### 3、监测方案

#### (1) 监测项目、方法及方法来源表

表 8-1 监测项目、方法及方法来源表

监测项目	监测方法	备注
环境 $\gamma$ 辐射剂量率	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021)	探测限为本次测量使用方法和仪器的综合技术指标

#### (2) 监测布点

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的方法布设监测点，根据本次

新建项目拟建址及其周围环境现状，监测点位的选取覆盖新建项目拟建区域及周围50m 公众人员区域。

根据上述布点原则与方法，本项目监测点位布置见图 8-7。

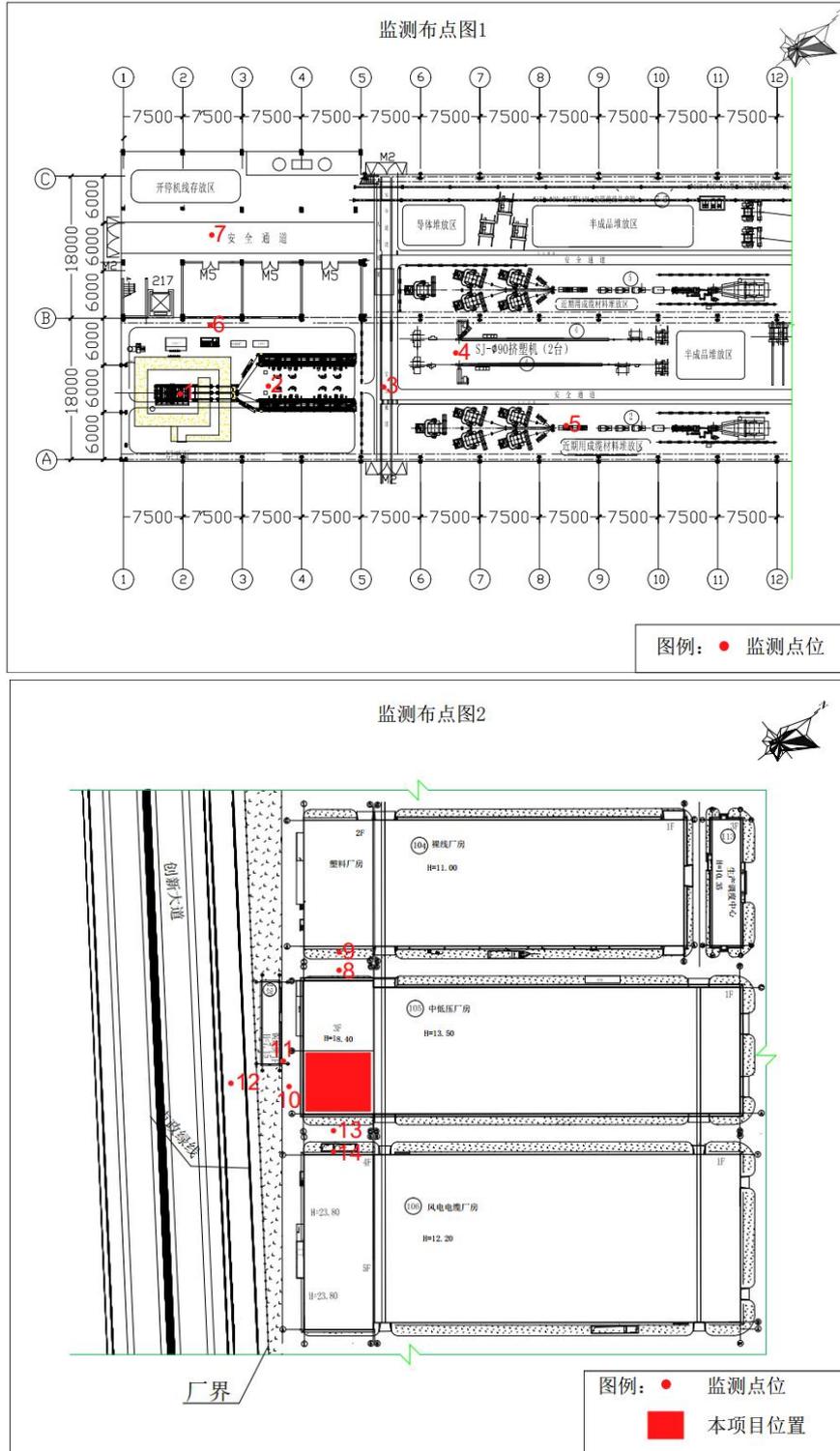


图 8-7 本项目拟建址监测点位示意图

### (3) 监测仪器

监测使用仪器见表 8-2。

表 8-2 监测使用仪器表

监测项目	监测设备		
	仪器名称	仪器编号	设备参数及检定情况
X- $\gamma$ 辐射剂量率	环境监测用 X- $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪(型号: NT6101)	TJHJ2021-4 9	能量范围: 48KeV~3MeV 剂量率范围: 10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h 检定证书编号: 2024H21-20-5549830001 校准有效期: 2024 年 10 月 17 日-2025 年 10 月 16 日

#### 4、质量保证措施

人员培训: 监测人员经考核并持有合格证书上岗。

仪器刻度: 监测仪器定期经计量部门检定, 每次监测必须在有效期内。

自检: 每次测量前、后均检查仪器的工作状态。

数据记录及处理: 开机预热, 手持仪器。一般保持仪器探头中心距离地面(基础面)为 1m。仪器读数稳定后, 每个点位读取 10 个数据, 读取间隔不小于 10s。每组数据计算每个点位的平均值并计算标准差。空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021), 使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定/校准参考辐射源时, 换算系数分别取 1.20Sv/Gy。

数据复核: 监测报告实行三级审核制度, 经校对审核后由授权签字人审定签发。

#### 5、比较标准

项目所在地环境天然贯穿辐射水平参考绵阳市生态环境局《2024 年绵阳市生态环境状况公报》中绵阳市环境  $\gamma$  辐射剂量率年均值范围: (73.1~143.9) nGy/h。

#### 6、环境现状监测与评价

监测所用仪器已由计量部门年检, 且在有效期内; 测量方法按国家标准方法实施; 测量数据处理符合统计学要求; 布点合理, 结果可信, 能够反映出辐射工作场所的客观辐射水平, 可以作为本次评价的科学依据。具体监测结果如下:

表 8-3 工业电子加速器机房拟建址及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率监测结果

测点编号	点位描述	测量结果(nGy/h)	备注
1	拟建加速器机房位置	98 $\pm$ 2	室内
2	拟建加速器机房东北侧收放线操作区	103 $\pm$ 2	室内
3	拟建加速器机房东北侧车间安全通道	95 $\pm$ 3	室内
4	拟建加速器机房东北侧挤塑机操作区	87 $\pm$ 1	室内
5	拟建加速器机房东北侧成缆工作区	101 $\pm$ 2	室内
6	拟建加速器机房西北侧工装模具间外	105 $\pm$ 2	室外
7	拟建加速器机房西北侧车间安全通道	94 $\pm$ 2	室内
8	拟建加速器机房西北侧车间外厂区道路	88 $\pm$ 3	室外

9	拟建加速器机房西北侧裸线厂房外	84±2	室外
10	拟建加速器机房西南侧车间外厂区道路	88±2	室外
11	拟建加速器机房西南侧锅炉房外	90±2	室外
12	拟建加速器机房西南侧创新大道	96±2	室外
13	拟建加速器机房东南侧车间外厂区道路	93±2	室外
14	拟建加速器机房东南侧风电电缆厂房外	96±2	室外

注：测量结果未扣除宇宙射线响应值。

由表 8-3 可知，本项目工业电子加速器机房拟建址及周围 X- $\gamma$  辐射剂量率为 84nGy/h~105nGy/h 之间，与绵阳市生态环境局《2024 年绵阳市生态环境状况公报》中绵阳市环境 $\gamma$ 辐射剂量率年均值范围：（73.1~143.9）nGy/h 相较，本项目拟建址及其周围辐射环境监测值与绵阳市天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备与工艺分析

#### 一、施工期工艺分析

##### (一) 土建、装修施工的工艺分析

本项目利用厂区内 105 厂房一角建设，不新增用地，原有 105 厂房已在《四川九洲线缆有限责任公司装备用线缆生产能力建设项目环境影响报告表》中进行了评价。本次将新增 2MeV 工业电子加速器，需要完成主体工程及屏蔽体土建施工和装修工程。

屏蔽体采用混凝土连续浇筑，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝和气泡产生，在辐照室西侧墙体预留宽 3m 高 2m 的通道待设备进入后对该通道进行二次浇筑，然后进行装修（如表面粉刷等）。施工期会产生施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾、生活污水和生活垃圾、废弃的装修材料等。施工期工艺流程及产污环节见下图：

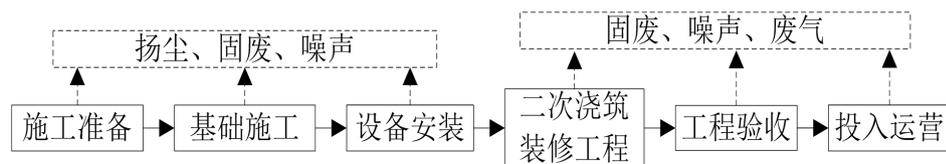


图 9-1 施工期工艺流程图

##### (二) 设备安装调试期间的分析

本项目加速器安装调试阶段，会产生 X 射线、电子线和少量臭氧，造成一定的辐射环境影响。设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。

#### 三、营运期工艺分析

##### (一) 工程设备

四川九洲线缆有限责任公司拟在 105 厂房内西南角建设 1 座工业电子加速器机房，于机房内配备 1 台工业电子加速器，本次拟新增的工业电子加速器型号为：AB2.0/50-1400（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构，无锡爱邦辐射技术有限公司），属于 II 类射线装置。

本项目拟使用的工业电子加速器技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目拟配备的工业电子直线加速器技术参数一览表

型号	AB2.0/50-1400
工作场所	工业电子加速器机房
最大电子线能量	2.0MeV
最大束流强度	50mA

最大束流功率	100kW
束流损失点的能量	0.2MeV
束流损失率	0.5%
X 射线发射率(未修正)	90° 方向方向 $1.6\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
主射束方向	0°方向 $3.0\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
能量不稳定性	小于 5%
束流不稳定性	小于 5%
电子扫描宽度	1600mm
工作方式	连续

## (二) 设备组成

工业电子加速器主要组成部分包括：高压系统、高频振荡器、加速管、电子枪、引出扫描系统、真空系统、气体处理系统、水冷系统、辐射防护监测及控制系统等。

工业电子加速器主体结构示意图 9-2。

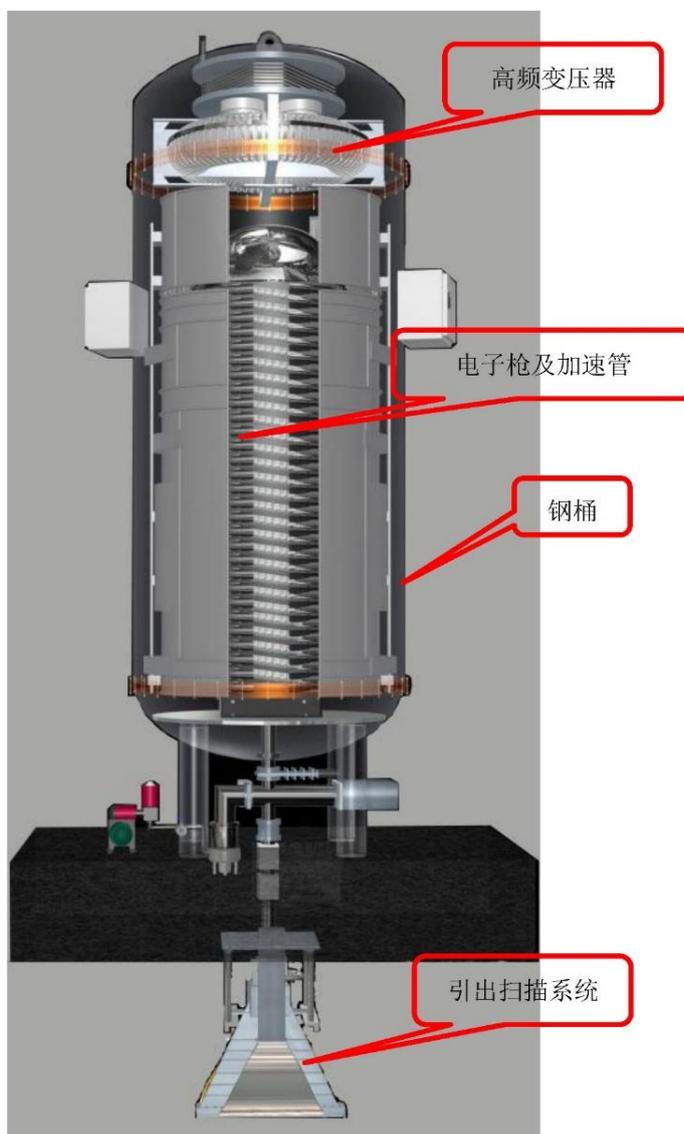


图 9-2 工业电子加速器主体结构示意图

## 1、直流高压发生器

直流高压发生器由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。

高频振荡器：作用是把电网的电能为工频转换为 120KHz 左右的高频，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。

振荡器的基本元件是振荡管。振荡管的供电采用阴极接直流负高压，阳极接直流地电位的模式，从而简化了振荡管的冷却回路。谐振回路由钢筒内的环形自耦变压器（构成回路的电感 L）和半圆筒高频电极与钢筒内壁和倍压芯柱之间的分布电容（构成回路的电容 C）组成。振荡管阳极与环形变压器初级之间通过高频电缆连接。栅极所需的正反馈电压则通过置于钢筒与高频电极之间的耦合电容板取得。

环形变压器是高频振荡器的关键部件，它需要在高频、高压和大功率负荷的条件下工作，要求漏磁小、Q 值高，结构牢固，制作和安装的工艺都要求较高。环形变压器的损耗仅次于振荡管，在相当程度上决定了加速器的束功转换效率。钢筒顶端安装有热交换器和风冷系统，把变压器散发的热量带走，并对钢筒内的其他部件进行冷却。

振荡管的直流负高压由可控硅直流稳压电源供电，它由一个工频三相升压变压器和一个三相桥式整流滤波单元组成，可输出 0~18kV、0~25A 的直流负高压。可控硅调节单元置于变压器初级回路中，用来改变初级进线电压从而调节振荡管的直流工作参数，以达到调节加速器端电压和束功的目的。可控硅调节单元还从加速器高压测量单元取得信号，通过计算机控制来稳定加速器的能量。



图 9-3 高频变压器示意图

整流倍压系统：是以两块垂直地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。在每个硅堆的连接点上水平地安装一个半电晕环，两列上下整齐排列的半电晕环，构成了整流倍压系统的圆柱外观，并把硅堆屏蔽在其中（参见图 9-4）。对称的两列半电晕环正好与固定在钢筒内壁的两个对称的半圆筒高频电极同轴对应，每个半电

晕环与高频电极之间即构成了分布电容  $C_{se}$ 。半电晕环和高频电极之间的尺寸配合精确，其表面平滑光亮。这种几何结构与静电加速器非常相似，其几何设计，必须既满足高频耦合参数的要求，也必须符合高压静电场的场形设计。

硅堆是加速器的关键部件之一。它由整流芯子和带保护球隙的金属屏蔽盒组成，每个硅堆的平均输出电压为 50kV。整流芯子由数百只硅二极管串联而成，其电路设计采取了均压和限流措施。

所有高频高压和直流高压的部件都安装在压力钢筒内，充以氮气干燥绝缘气体，使得加速器具有足够安全的绝缘强度。

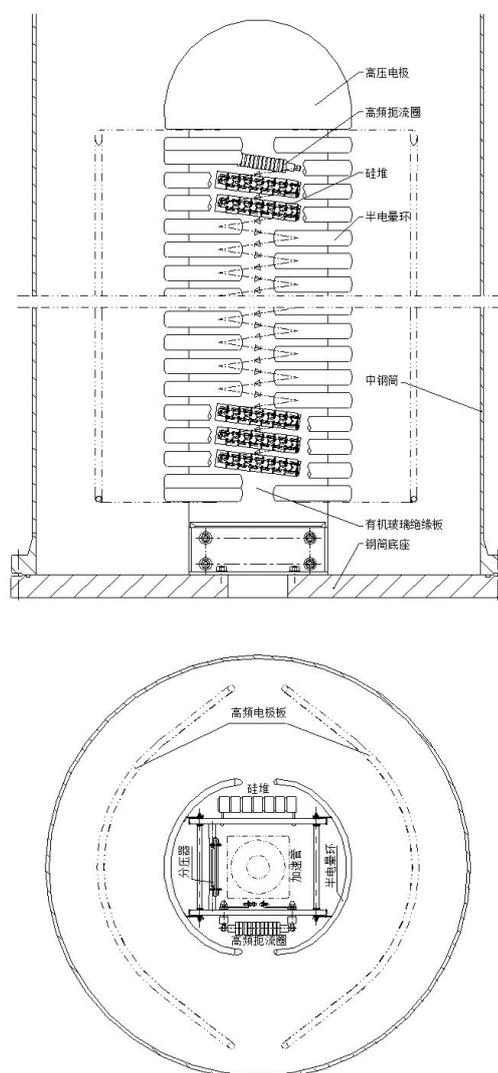


图 9-4 倍压整流芯柱示意图

## 2、束流加速系统

束流加速系统由加速器管和电子枪组成。

加速器管：是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空中（ $10^{-5}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ）稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场（ $0\sim 20\text{kV/cm}$ ）。由于真空中的击穿放

电机制复杂，至今还不十分清楚，因此，加速管成为加速器里最脆弱的环节，是各类高压型加速器提高端电压的主要限制。在制造、运输、安装和运行时均须小心谨慎。

加速管的基本单元是长约 300mm 的工艺段，采用先进的金属陶瓷焊接工艺制成。整根加速管由一定数量的工艺段组装而成。由于在制造和装配过程中排除了有机污染，每个焊缝都经过严格的处理和检测，因此这种加速管比用有机胶粘接方法制造的加速管机械强度高，真空性能好，电性能优越，使用寿命也 longer。

加速管安装在整流芯柱的中心，顶端与高压球帽相接，底端接地。其电位分布大体与整流柱中的电位分布一致。加速管外侧装有均压电阻链，使其具有独立分压，每个绝缘环还装有保护放电球隙，以防止过电压冲击。加速器主体见图 9-5。

电子枪：加速管的顶端安装电子枪，电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径 0~0.8mm。阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极（也称吸极）引出成束进入加速管加速。为了在钛窗处获得所需要的束斑尺寸，电子枪和引出区以及整根加速管的电场要合理配置，经计算确定。

电子枪的供电功率由置于高压球帽内的发电机提供。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过一根绝缘轴带动。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。这样的供电方式，束流和频率单一对应，跟随快，便于和束下装置联动，有利于提高工作效率和辐照产品的质量。电子枪和加速管见图 9-6。

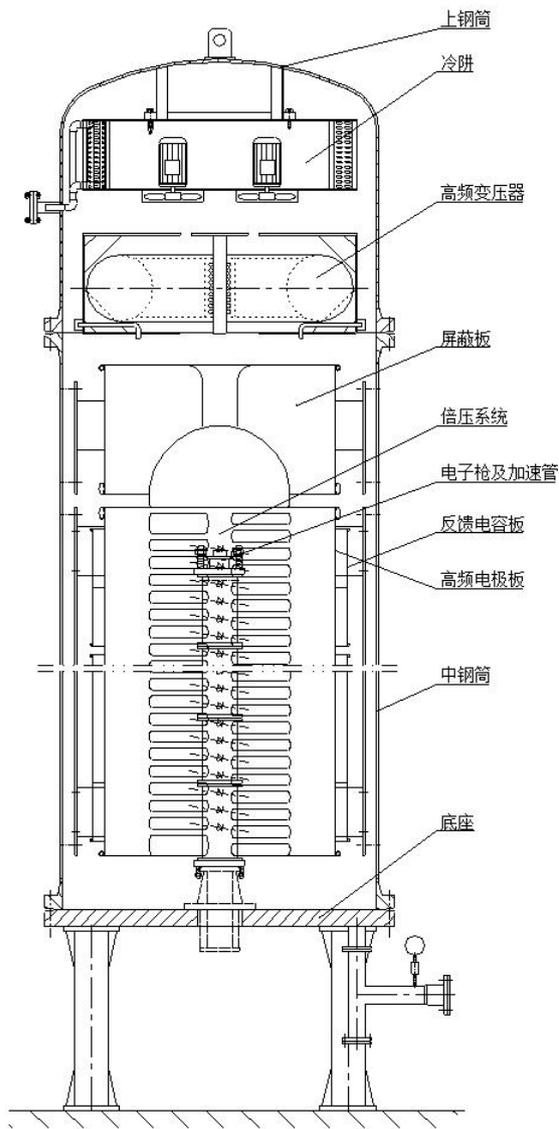


图 9-5 加速器主体示意图

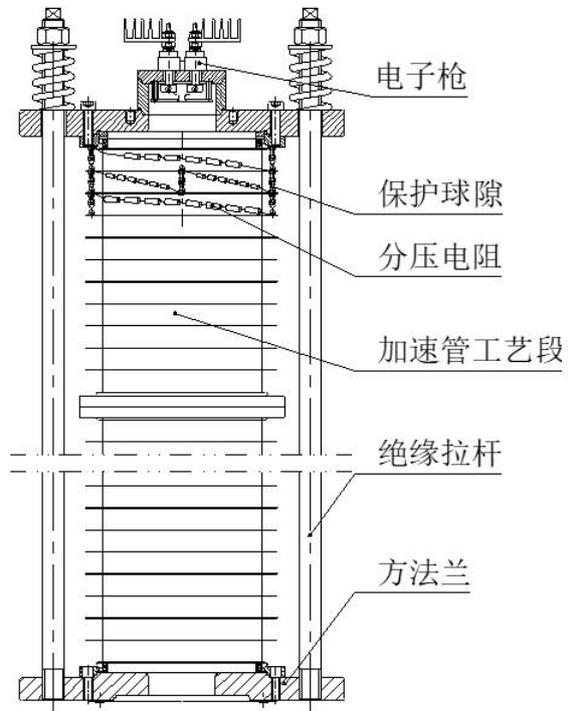
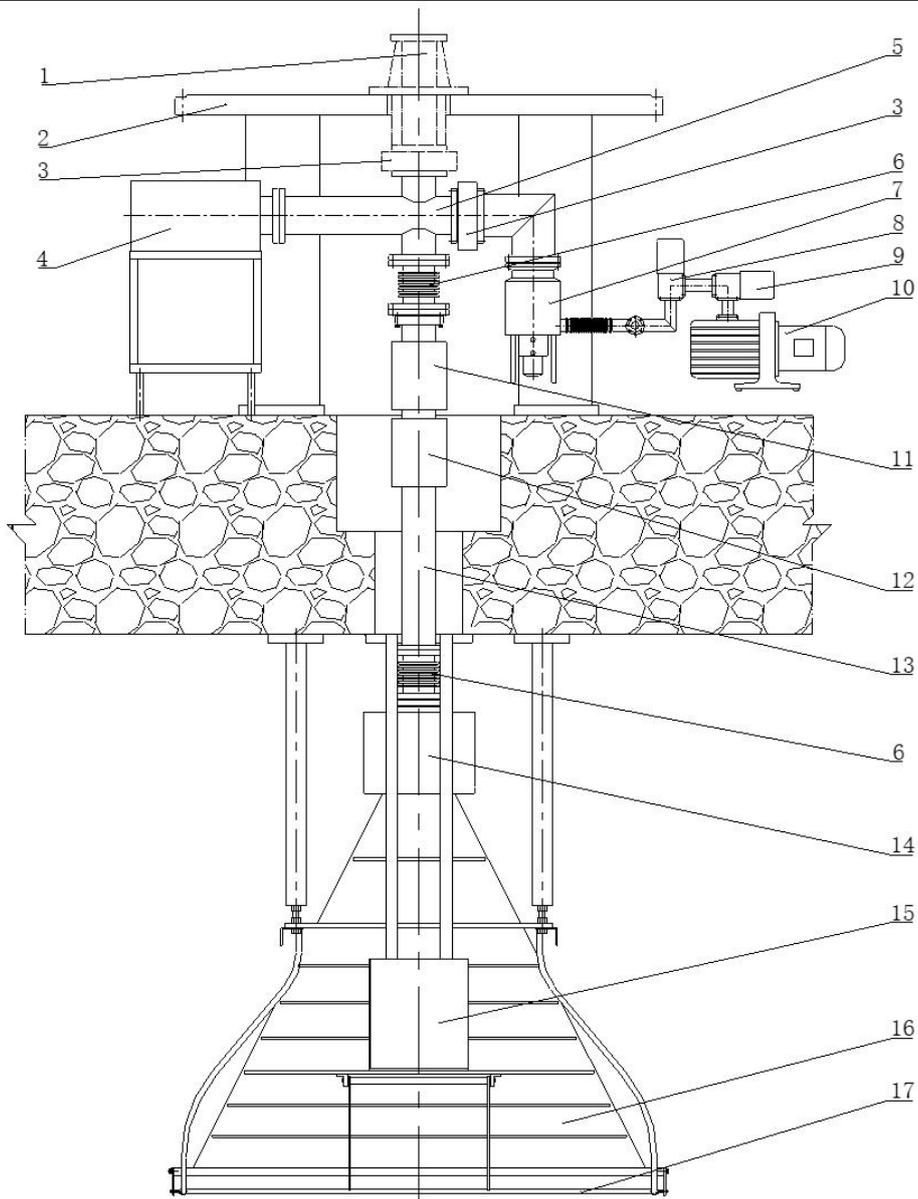


图 9-6 电子枪和加速管示意图

### 3、扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照厅。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。最后经长条形的钛窗引出。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。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此沿钛窗安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。

另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。真空抽气与引出扫描系统示意图详见图 9-7。



1、加速管支架 2、钢筒底座 3、插板阀 4、溅射离子泵 5、四通 6、波纹管 7、分子泵 8、电磁真空截至阀 9、电磁真空带充气阀 10、机械泵 11、聚焦线圈 12、导向线圈 13、漂移管 14、芯管及扫描线圈 15、气动箱 16、扫描盒 17、束流挡板

图 9-7 真空抽气与引出扫描系统

#### 4、绝缘气体处理系统

绝缘气体处理系统的功能：1) 加速器检修时回收气体，2) 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。

该系统的主要部件如下：

- (1) 储气筒，为加速器检修时储存氮气干燥绝缘气体用。
- (2) 压缩机机组，由无油压缩机、干燥塔、过滤器及相应的管道部件组成，用于将气体向加速器钢筒或向储气筒进行压缩。
- (3) 真空泵机组

由真空泵、油过滤器及相应的管道部件组成，用于对钢筒和储气筒抽气。

在加速器检修打开钢筒前，它必须把钢筒内的氮气或干燥空气抽尽并输送到压缩机的入口以便压入储气筒；在加速器检修完毕灌气之前，它必须将钢筒内的空气抽尽，以保证纯度。

上述各部件被紧凑地集成在一个带有控制面板的机箱中，整个系统采用电动执行元件和程序控制，通过面板上的按钮操作，即可按规定自动完成相应的流程步骤，避免误动作。

## 5、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，实施安全连锁，并与束下装置联动配合。

### (1) 加速器启动运行的前提条件

①冷却系统工作正常；②辐照室通风系统工作正常；③辐照室防护门关闭；④高频机柜门关闭；⑤钢筒温度、高频机柜温度和振荡管冷却水温度达标；⑥一般要求真空度好于  $7.5 \times 10^{-5} \text{Pa}$  等。

### (2) 与多个运行参数发生连锁关系

工业电子加速器在运行过程中与多个运行参数发生连锁关系，如：钢筒内发生弧放电，钢筒温度超标，高频机内部出现过热和过流，工业电子加速器出现过电压等等，当上述参数异常时计算机控制系统将自动封闭高频。

### (3) 实时显示

工业电子加速器运行时，在控制屏上显示的主要参数有：能量、流强、加速管电压电流，高频振荡参数（电子管阳极电压和阳极电流）、扫描线圈电流、聚焦线圈电流、导向线圈电流等。当发生故障时，控制屏上将立刻显示故障状态和发生故障部位。

## 6、收放线系统

公司拟在辐照室东北侧外设收放线区，配置有线缆放线装置和收线装置，辐照前的电线电缆在辐照室外通过过线机进入辐照室，在辐照室辐照区内电线电缆经过照射后，按照原路径通过收线装置返回到绕线机。

### 工业电子加速器拟设置的束下系统如下：

辐照室东侧设置收放线缆系统，待辐照的电线电缆由收放线装置自动运行，由辐照室东侧进出辐照室，循环往复自动运行。

电子加速器需要建设工业辐照专用的加速器机房，以屏蔽加速器装置运行时的辐射影响，保证加速器机房外工作人员的安全。加速器工作时，设备操作人员位于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况。加速器出束时，主机室及辐照室内均无人员停留。

### （三）工作原理

工业电子加速器工作原理为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；再将此升压的高频电压加在空间耦合容器上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束，电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场将成束的电子扫开成一定的宽度，从金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物体进行辐照。

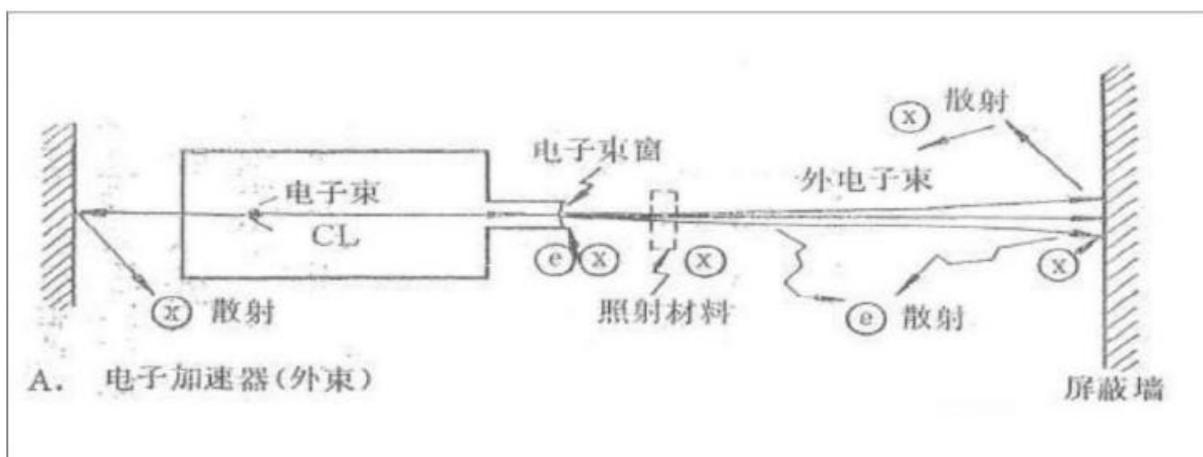


图 9-8 电子加速器产生带电粒子束及 X 射线原理图

工业电子加速器利用其产生的电子束对物体进行辐照加工，利用电子束辐照高分子材料发生辐射交联反应可改变材料性质，如电线电缆被辐照后，其绝缘性、耐高温性、抗张强度等均提高，进而提高其整体技术指标。

### （四）线缆辐照工艺流程及产污环节

1、辐射工作人员做开机前准备，对现场和辐照装置进行安全检查。确认所有的连锁系统、警告灯、剂量仪表是否正常；辐照室、主机室及周边进行清场，确认无人后对通道进行管理；场所内所有的工作人员，按照要求正确佩戴个人剂量计和携带个人剂量报警仪。

2、辐射工作人员调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

3、将电线电缆放置传输系统上，调整收、放系统的位置；

4、开启防护门，辐射工作人员车间内巡视加速器周边、放卷处等处，主要由电线电缆传输系统开始巡视，再进入加速器室内进行巡视，巡视确定辐照室及加速器室内无人且观察加速器室外视频装置确定无人后按下加速器室及辐照室内巡视按钮，再启动加速器；加速器操作人员与巡视人员为同一人，操作人员按照规章制度进行巡视可确保加速器启动前巡视工作安全。

5、辐射工作人员现场检查各项安全措施无异常，并通过视频装置再次查看室内情况，确保无人逗留，确认相关辅助系统运行正常并再次确认无异常情况，设置运行参数。

6、启动辐照装置，通过传输装置从加速器辐照室货物进口输送进入加速器辐照室，辐照对象通过束下传输装置从加速器辐照室产品进出口传送出，收卷系统进行产品收放。出束时警示灯一直闪烁，示意出束期间人员不可靠近。辐照过程中会产生 X 射线、臭氧及氮氧化物。

7、整个辐照工艺流程流水线自动操作，辐射工作人员在电子加速器机房外监控操作界面操作加速器，辐照室可为辐射工作人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入辐照室。另有普通工作人员在辐照室外线缆收放区对产品进行收放。

8、辐照工作完成后，将束流和能量均降为零，然后在监控界面，完成关机操作。

本项目正常情况下，工业电子加速器每日最多开关机两次，主要为白班和夜班换岗期间，工作人员进入辐照室内进行巡查，建设单位的辐射工作人员在工作时，均应携带处于开启状态下的个人剂量报警仪并佩戴个人剂量计。在对产品进行辐照过程中，辐射工作人员只需在监控界面密切关注相关仪表的参数，无需进入辐照室进行任何操作。

在工业电子加速器开机出束对产品进行辐照的过程中，电子束辐照产品会产生韧致辐射，发出 X 射线，电子束和 X 射线电离空气产生臭氧及氮氧化物等有害气体，设备运行过程中产生的噪声。

本项目工业电子加速器辐照加工工作流程和主要产污环节如图 9-9 所示。

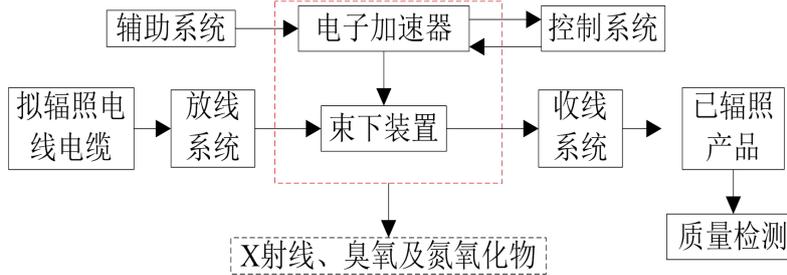


图 9-9 工业电子加速器辐照产品的工作流程和主要产污环节示意图

由图 9-9 可知，本项目所使用工业电子加速器在运营中产生的主要污染为出束辐照加工过程中产生的电子束、韧致辐射产生的 X 射线和臭氧、氮氧化物、真空系统及排风机等产生的噪声。

#### （五）设备工况及人员配置

##### 1、设备运行工况

本次拟新增的工业电子加速器型号为：AB2.0/50-1400（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构）1 台，属于 II 类射线装置，为单束机头且电子束照射方向为竖直向下。

##### 2、人员配置

本项目拟配 8 名辐射工作人员（其中包含 1 名辐射安全管理人员），每班配置 4 人。在日常工作中，设备每天运行约 15h，7.5h/班，全年运行约 250 天。

#### （六）项目人员流动路径规划

**1、工作人员路径：**本项目辐射工作人员在开机运行前，先对收放线缆装置进行检查，然后取出控制区主控台上的钥匙，打开辐照室防护门，沿迷道进入辐照室，并依次按下巡检按钮，确保辐照室内无人员逗留。巡检过程中，迷道入口处设光电装置可防止人员跟随，巡检过程中，如果有其他人员误入，巡检失效，辐射工作人员需要清场，并重新巡检。巡检结束后进入控制室完成相关操作。

**2、物流路径：**本项目工业电子加速器辐照电缆从未辐照产品存放区运至对应的电线电缆收放装置区域，被辐照的产品由收放线装置自动运行，辐照室内无人员进出。辐照过后的产品运送至相应的已辐照产品待检区，进行质量检测，合格后的产品通过安全通道运送出 105 厂房，不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，作为一般固体废物处理。

辐射工作人员路径和物流路径详见图 9-10 及图 9-11。



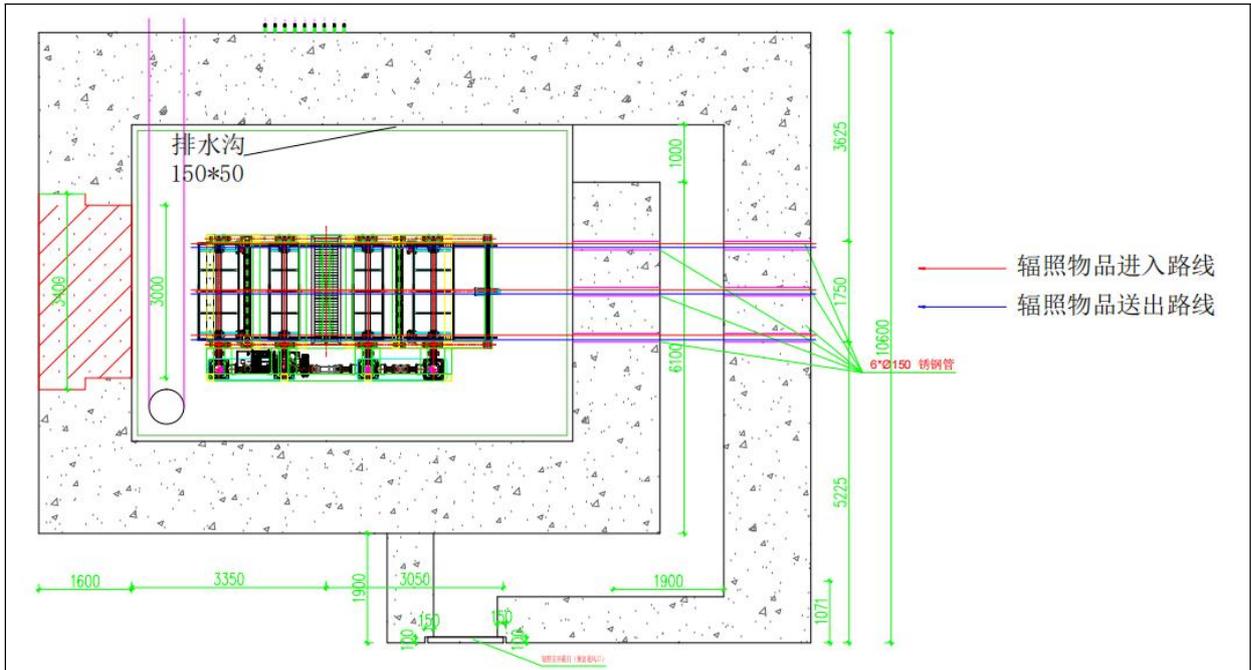


图 9-11.1 项目货物传送平面示意图

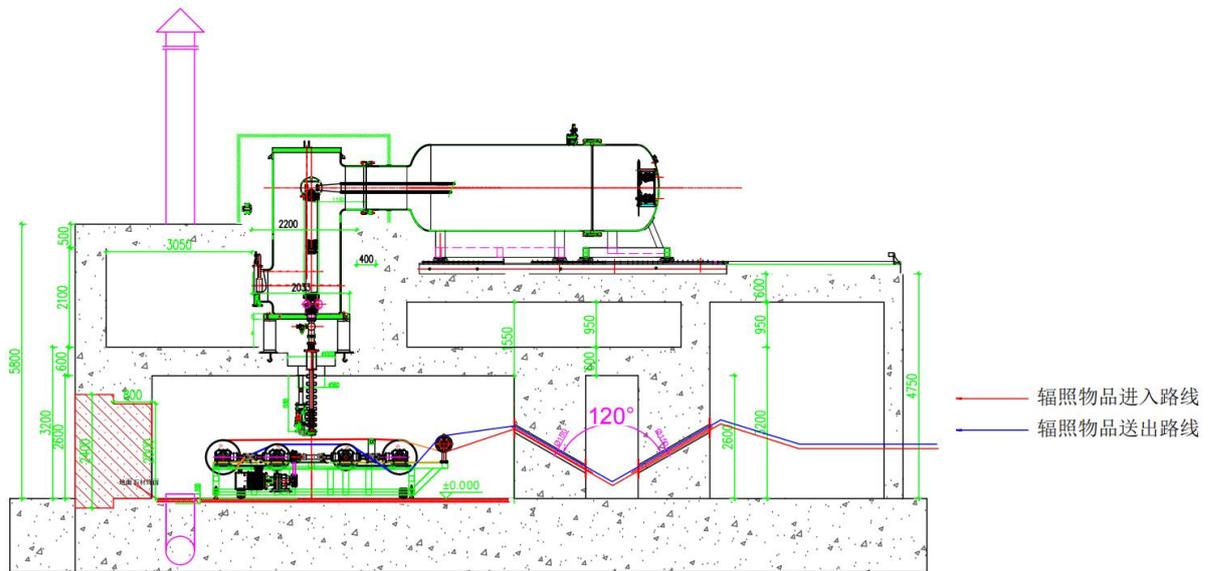


图 9-11.1 项目辐照物品传送剖面示意图

## 污染源项描述

### 一、施工期污染源

#### (一) 废水

施工期废水主要为建筑施工产生的生产废水及施工人员生活污水。

施工废水：项目不设置混凝土搅拌站，因此无搅拌废水产生。施工过程中的生产废水主要来源于车辆的轮胎冲洗，主要含有 SS，施工场地进出口设置冲洗设备及冲洗池，用于收集后的冲洗水经沉淀后循环使用或用于厂区降尘。

生活污水：施工人员生活污水依托厂区已建污水处理达到《污水综合排放标准》

(GB8978-1996)表4中三级标准后,排入市政污水管网,最终经污水处理厂处理达标后外排,对地表水环境的影响较小。

## (二) 废气

扬尘:土建混凝土浇筑及运输车辆装卸材料和行驶时产生的扬尘;建筑材料(混凝土、砖等)的现场搬运及堆放扬尘;施工垃圾的清理及堆放扬尘;人来车往造成的现场道路扬尘,无组织排放,主要采用定期喷洒水进行降尘。

装饰工程施工如漆、涂、磨、刨、钻、砂等装饰作业以及使用某些装饰材料如涂料等形成有机废气污染物;施工机械设备排放的少量无组织废气等。装饰工程要求采用符合国家要求的环保材料,以减少装修废气排放;施工机械设备使用符合国家要求的施工机械,以减少施工机械设备废气排放。

## (三) 固体废物

施工期产生的固体废弃物主要为施工人员的生活垃圾、建筑垃圾、废包装材料。生活垃圾依托厂区内已建的生活垃圾收集措施收集后交由环卫部门清运处置;建筑垃圾运至政府制定的建筑垃圾处置地进行处置;废包装材料集中收集于厂区内已建的一般固废暂存间,外售资源回收公司。

## (四) 噪声

主要为使用施工机械和装修设备产生的噪声,施工过程持续时间较短,对周边环境的影响持续时间不长。

## 二、设备安装调试期污染源

本项目加速器安装调试阶段辐射工作场的污染源和运行阶段基本一致,产生的环境影响与运行阶段的污染源项相同,均会产生X射线、电子线和少量臭氧,造成一定的辐射环境影响,此过程影响持续时间较短。

## 三、营运期污染源

### (一) 电离辐射

本项目拟使用的AB2.0/50-1400型工业电子加速器最大能量为2MeV,最大束流强度为50mA。工业电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子,电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。电子在加速过程中,部分电子会丢失,它们打在加速管壁上,产生X射线,对加速器屏蔽体周围产生一定的辐射影响。此外,电子束打到机头及其他高Z物质时也会产生高能X射线,X射线的贯穿能力极强,会对加速

器屏蔽体周围环境造成辐射污染。加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

## **(二) 非辐射三废**

### **1、固体废物**

本项目营运期间，产生的固体废物主要为生活垃圾和不合格产品。生活垃圾依托厂区已建设的生活垃圾处理设施处理，运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，作为一般固体废物处理。

### **2、废气**

本项目产生的废气主要臭氧、氮氧化物等。

本项目射线装置在通电出束过程中，辐照室内的空气在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的高速电子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。电子束装置屏蔽体在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。

### **3、废水**

本项目产生的废水主要为生活污水和冷却废水，冷却水循环使用不外排，生活污水依托厂区拟建设的污水处理设施处理。

加速器冷却水循环系统：加速器开机工作时，机器内部件产生大量的热量，通过冷却水循环系统进行冷却。本项目加速器冷却系统为内循环，冷却水循环系统内纯水循环量约为  $1.3\text{m}^3$ ，运营过程中自然耗损量极少，约  $0.065\text{m}^3/\text{a}$ ，冷却循环水预计每年更换 1 次，每次更换量为  $1.3\text{m}^3$ ，更换时排入厂区污水处理设施处理。

### **4、噪声**

本项目运行时产生噪声主要有风机、真空系统、高压系统、收放线系统等。建设单位拟使用的风机为低噪声节能排风机，采取基础减震等措施，且本项目属于工业用地，并经建筑物墙体隔声及公司场址内的距离衰减后，本项目所在单位厂界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类区标准限值的要求。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

### 一、工作场所布局与分区

#### (一) 工作场所布局合理性

四川九洲线缆有限责任公司新增工业电子加速器使用项目选址于厂区内 105 厂房内西南角，工业电子加速器机房 50m 范围内主要为 105 厂房开停机线停放区；105 厂房内本项目配套的辐照产品双收双放生产设备，105 厂房导线堆放区、近期用成缆材料堆放区、挤塑机；106 风电电缆厂房；四川九洲线缆有限责任公司锅炉房，其余为厂区绿化及市政道路创新大道。涉及的区域主要为线缆生产区及厂区内辅助工程锅炉房，主要布设生产设备，工作人员较少，同时生产出的产品可以直接运至本项目电子加速器机房进行辐照，可减少运输转运成本。

工业电子加速器控制区位于工业电子加速器机房辐照室外北侧，收放线缆区位于工业电子加速器机房辐照室外东北侧，紧邻布局并避开了人员密集区域，减少了对周围环境的辐射影响。工业电子加速器机房的控制区位于辐照室外侧，为隔室操作，减少了对职业人员的照射。105 厂房平面布局示意图详见附图 3，本项目拟建址避开了人群区域或人员密集区域，或人员流动性大的区域，选址及平面布局合理。

#### (二) 两区划分

##### 1、分区原则

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

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

**监督区：**通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

##### 2、区域划分

本次环评根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行辐射防护分区划分。拟将工业电子加速器机房辐照室（含迷道）和主机室（含迷道）划

分为控制区，该区域涉及射线装置的操作，属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的控制区，进行专门的屏蔽防护设计；其余房间如：控制柜区和其他区域等属《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及其他法律法规定义的监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，并在图 10-1 上进行了标识。

表 10-1 项目控制区和监督区划分情况

场所名称	控制区	监督区
工业电子加速器机房	辐照室（含迷道）、主机室（含迷道）	控制柜区
配套区域	/	一层、二层楼梯间、二层通道区域

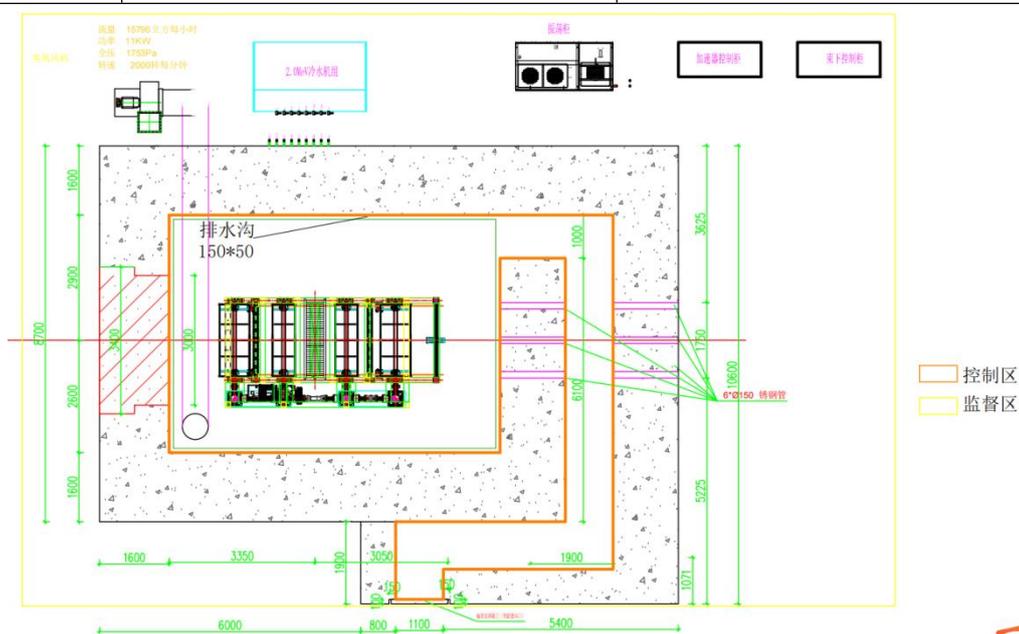


图 10-1.1 工业电子加速器使用场所两区划分示意图（一层辐照室）

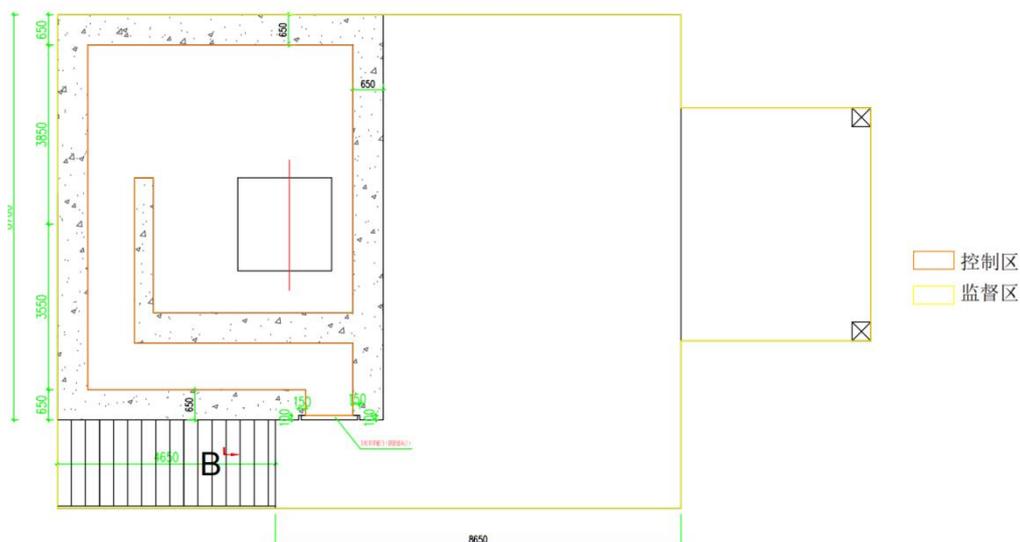


图 10-1.2 工业电子加速器使用场所两区划分示意图（二层主机室）

### 3、控制区的防护手段与安全措施：

- (1) 控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（如图 10-2）。
- (2) 制定辐射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) 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。



图 10-2 当心电离辐射警告标志

#### 4、监督区防护手段与安全措施

- (1) 以黄线警示监督区的边界；
- (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。

## 二、辐射安全及防护措施

### （一）工作场所的屏蔽措施

#### 1、辐射防护屏蔽设计方案

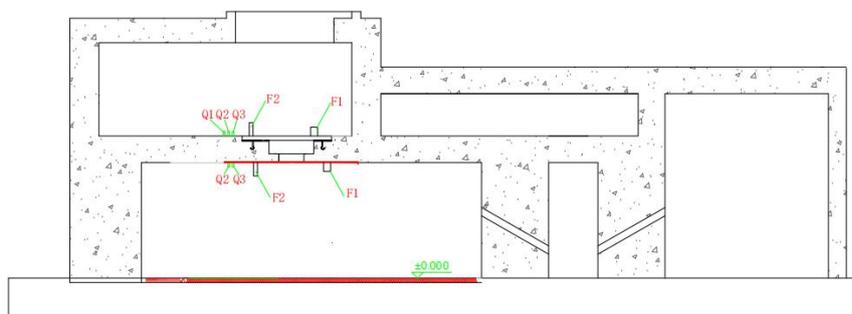
本项目工业电子加速器机房屏蔽设计见表 10-2。

表 10-2 工业电子加速器机房防护屏蔽设计一览表

类别	屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
工业电子加速器机房	辐照室	尺寸	辐照室室内有效使用面积约为 41.8m <sup>2</sup> （不含迷道），长 7.60m×宽 5.5m×高 2.6m
		墙体厚度	辐照室西南侧、西北侧及东南侧墙体均为 1600mm 厚现浇混凝土；西南侧“L”字形迷道内墙为 1500mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 800mm~1500mm 厚现浇混凝土
		迷道门	迷道门为不锈钢防盗门
	顶部	辐照室顶部为 600mm 厚现浇混凝土，墙顶面 0.4mm 厚折边带衬不锈钢饰面。	
二层主机室	尺寸	主机室位于辐照室楼上二层，室内有效使用面积约为 24.44m <sup>2</sup> （不含迷道），长 5.75m×宽 4.25m×高 2.1m	

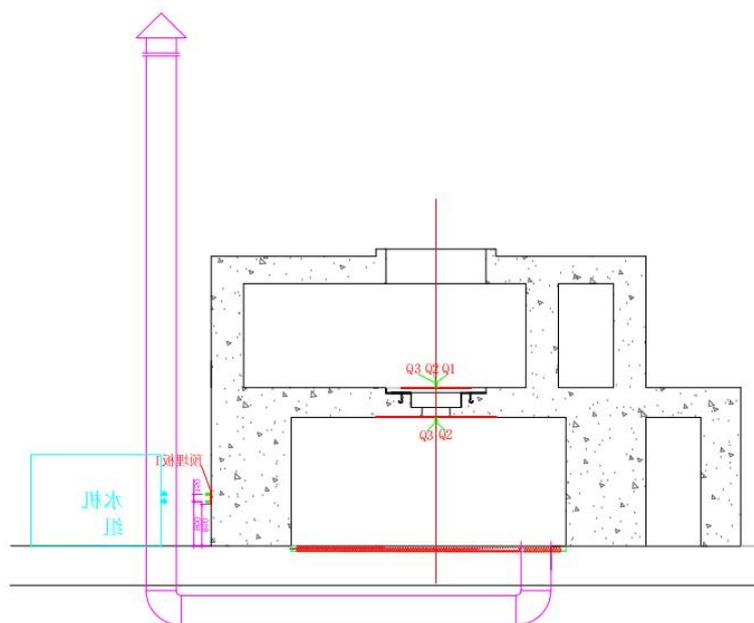
墙体厚度	四周墙体均为 650mm 厚现浇混凝土；迷道位于西北侧，迷道内墙及外墙为 400mm~650mm 厚现浇混凝土，
迷道门	迷道门为不锈钢防盗门。
顶部	主机室顶部为 500mm 厚现浇混凝土。

注：本项目拟使用的混凝土密度不低于 2.35g/cm<sup>3</sup>。



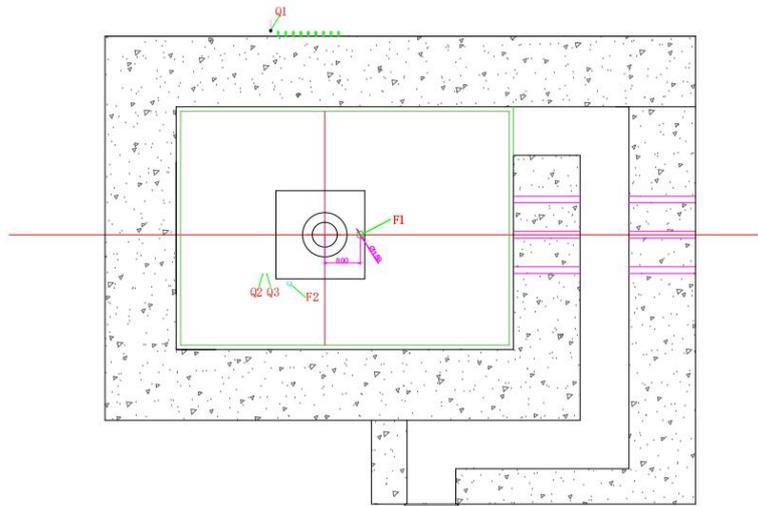
明细表					
序号	名称	数量	规格 (外径*壁厚)	材质(不锈钢)	备注
F1	? 窗风机风管	1	ø159*2	304	? 窗风机 --- ? 窗
F2	来下风机风管	1	ø89*2	304	来下风机 --- 来下风机
Q1	压缩空气进气管	1	DN15*3	304	气源 --- 主机室
Q2	来流排风进气管	1	DN15*3	304	主机室 --- 排风室
Q3	来流排风回气管	1	DN15*3	304	主机室 --- 排风室

图 10-3.1 项目风气管系统剖面图 1



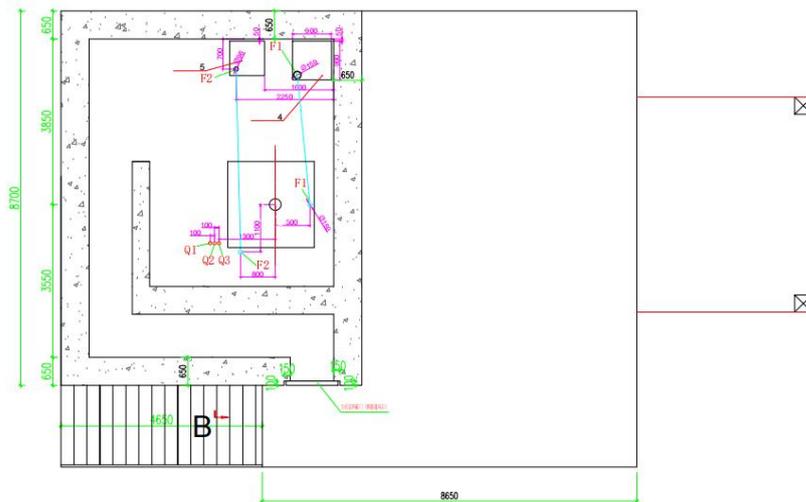
明细表					
序号	名称	数量	规格 (外径*壁厚)	材质(不锈钢)	备注
F1	? 窗风机风管	1	ø159*2	304	? 窗风机 --- ? 窗
F2	来下风机风管	1	ø89*2	304	来下风机 --- 来下风机
Q1	压缩空气进气管	1	DN15*3	304	气源 --- 主机室
Q2	来流排风进气管	1	DN15*3	304	主机室 --- 排风室
Q3	来流排风回气管	1	DN15*3	304	主机室 --- 排风室

图 10-3.2 项目风气管系统剖面图 2



明细表					
序号	名称	数量	规格 (外径*壁厚)	材质(不锈钢)	备注
F1	? 轴流风机	1	φ159*2	304	? 轴流 --- ? 管
F2	送下风机	1	φ89*2	304	送下风机 --- 送下风管
Q1	压缩空气进气管	1	DN15*3	304	气管 --- 进风管
Q2	排流排板进气管	1	DN15*3	304	排板管 --- 排板管
Q3	排流排板进气管	1	DN15*3	304	排板管 --- 排板管

图 10-3.3 项目辐照室风气管系统平面图



明细表					
序号	名称	数量	规格 (外径*壁厚)	材质(不锈钢)	备注
F1	? 轴流风机	1	φ159*2	304	? 轴流 --- ? 管
F2	送下风机	1	φ89*2	304	送下风机 --- 送下风管
Q1	压缩空气进气管	1	DN15*3	304	气管 --- 进风管
Q2	排流排板进气管	1	DN15*3	304	排板管 --- 排板管
Q3	排流排板进气管	1	DN15*3	304	排板管 --- 排板管

图 10-3.4 项目主机室风气管系统平面图

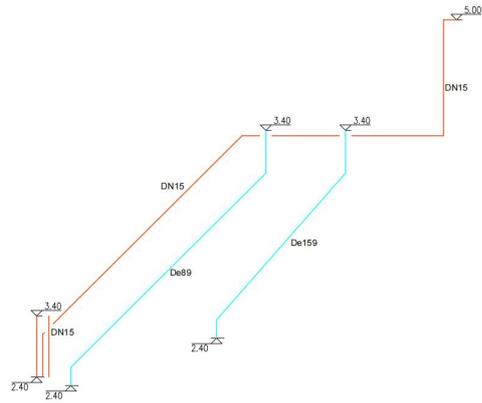


图 10-3.5 项目风气管系统大样图

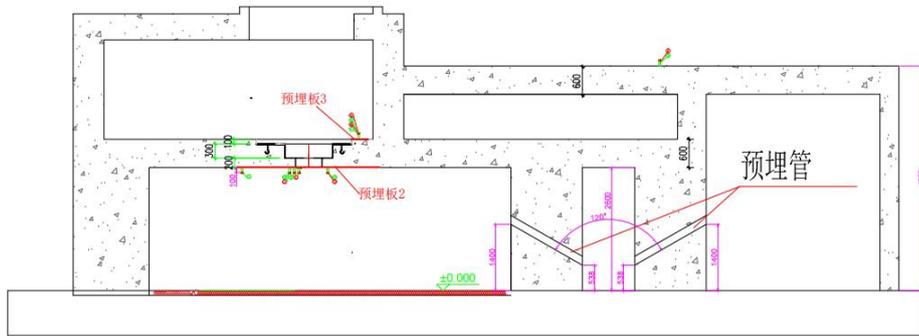


图 10-4.1 项目冷却水管系统剖面图

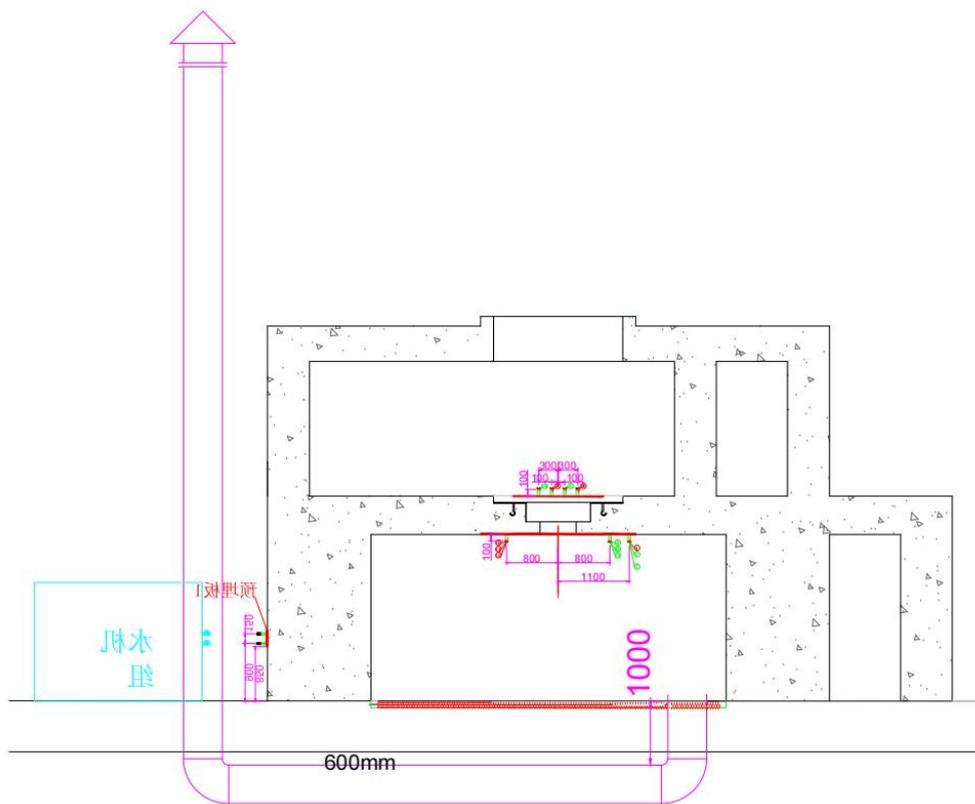


图 10-4.2 项目冷却水管系统剖面图 2

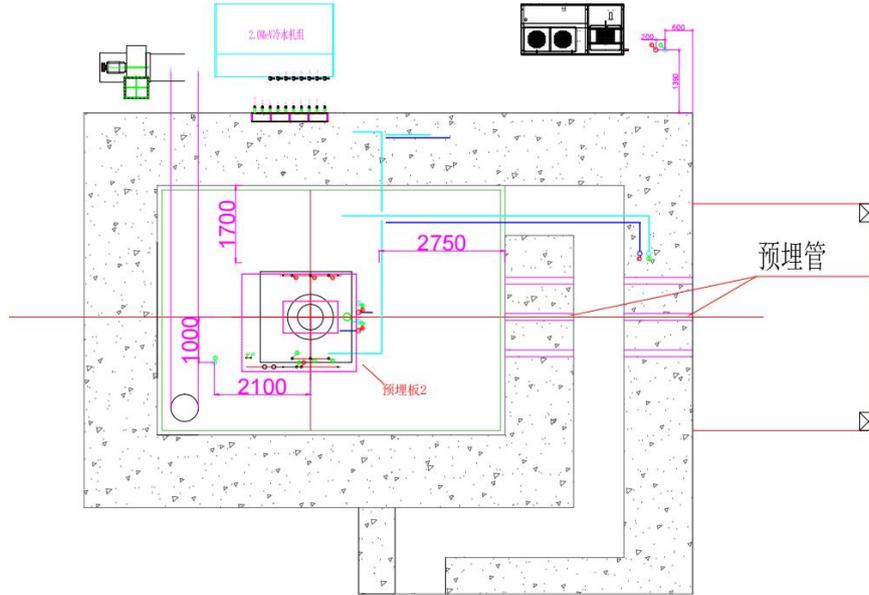


图 10-4.3 项目辐照室冷却水管系统平面图

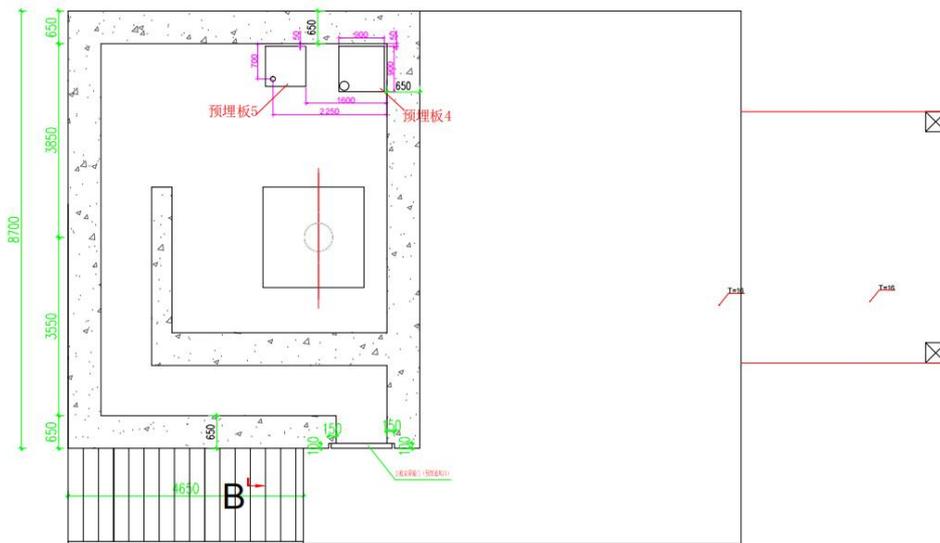
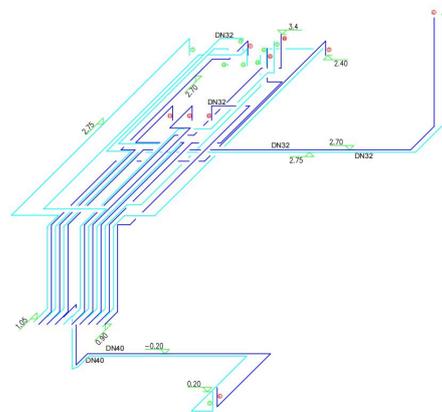


图 10-4.4 项目冷却水管系统主机室平面图

16	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
17	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
18	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
15	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
14	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
13	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
12	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
11	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
10	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
9	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
8	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
7	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
6	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
5	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
4	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
3	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
1	备用 (DN40x3/2) (预埋)	1	DN20x3	不锈钢管	水机后-超压室 (预埋)
序号	名称	管径	材料	备注	

注：此表中流量的数值为管压0.4Mpa，流速3m/s的工况下

项目冷却水管系统图例



项目冷却水管系统大样图

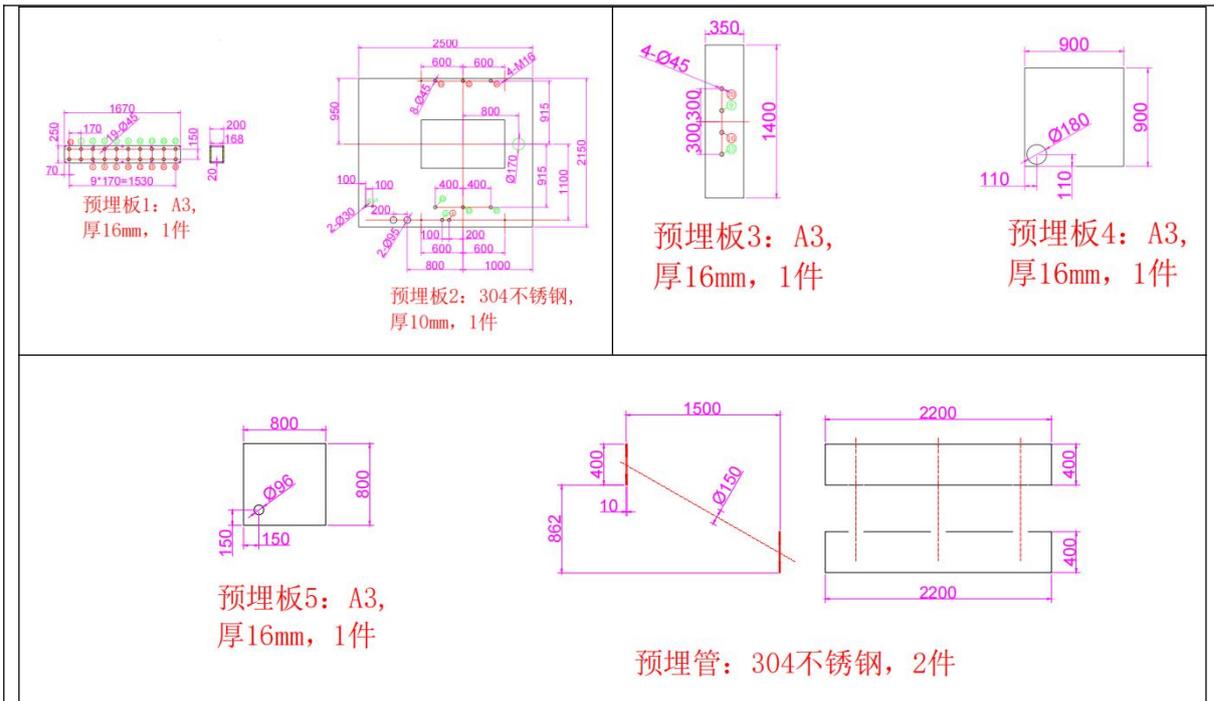


图 10-4.5 项目冷却水管系统其余辅助图件

## (二) 辐射安全装置和防护措施

### 1、设备固有安全设施

本项目加速器从正规厂家购买。加速器本身设有多重安全保护措施：钥匙控制、急停装置、调制器联锁、水系统联锁等。本项目加速器的固有安全性良好，产生的辐射主要都是采用混凝土进行屏蔽。

(1) 紧急停机按钮：在控制台设有紧急停机按钮。一旦遇到紧急情况，按下紧急停机按钮，切断加速器供电。

(2) 调制器联锁：只有在电子枪灯丝、磁控管灯丝预热完毕，且没有故障出现时（灯终和准加灯亮），调制器才允许加高压，加速器才可以出束。一旦出现充电过流、反峰过荷、无触发、柜门打开的故障，均切断高压，加速器不出束。相应的故障灯亮。

(3) 水系统联锁：一旦水冷系统的水温、水位、水压等出现故障时，均切断高压，同时水系统停止工作，加速器不出束，故障灯亮。

(4) 真空联锁：若加速器内真空度低于设定值，则加速器停机，故障灯亮。

(5) 操作人员钥匙联锁：控制室操作人员离开操作台时，取下钥匙，加速器无法开机，避免误照射发生。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的规定，在工业电子加速器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。

## 2、屏蔽体防护

工业电子加速器机房辐照室室内有效使用面积约为  $41.8\text{m}^2$  (不含迷道), 长  $7.60\text{m} \times$  宽  $5.5\text{m} \times$  高  $2.6\text{m}$ , 辐照室西南侧、西北侧及东南侧墙体均为  $1600\text{mm}$  厚现浇混凝土; 西南侧“L”字形迷道内墙为  $1500\text{mm}$  厚现浇混凝土, 迷道外墙为  $800\text{mm} \sim 1500\text{mm}$  厚现浇混凝土, 迷道门为不锈钢防盗门, 辐照室顶部为  $600\text{mm}$  厚现浇混凝土。

主机室位于辐照室楼上二层, 室内有效使用面积约为  $24.44\text{m}^2$  (不含迷道), 长  $5.75\text{m} \times$  宽  $4.25\text{m} \times$  高  $2.1\text{m}$ , 四周墙体均为  $650\text{mm}$  厚现浇混凝土; 迷道位于西北侧, 迷道内墙及外墙为  $400\text{m} \sim 650\text{mm}$  厚现浇混凝土, 迷道门为不锈钢防盗门, 主机室顶部为  $500\text{mm}$  厚现浇混凝土。

电缆沟、暗线穿墙采用斜型穿墙, 排线沟上盖钢板。

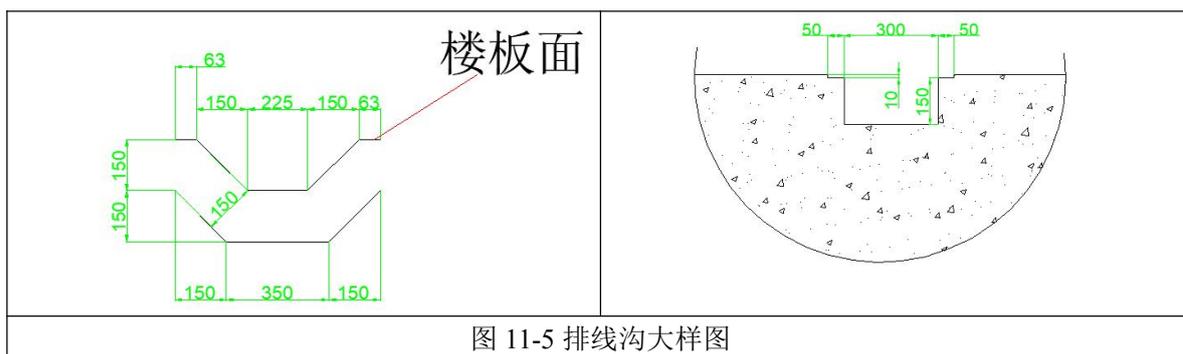


图 11-5 排线沟大样图

## 3、安全装置

(1) 钥匙控制: 本项目工业电子加速器控制室内主控台上设有钥匙开关, 只有该钥匙就位后才能开启电源, 启动加速器进行出束作业: 钥匙开关处于未闭合状态时, 加速器无法开机出束。同时, 加速器的主控钥匙开关和辐照室防护门及主机室防护门联锁, 如果从控制台上取出钥匙, 加速器会自动停机, 没有该钥匙辐照室防护门和主机室防护门也无法打开, 该钥匙与 1 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调试值班长保管使用。

(2) 门机联锁: 辐照室防护门和主机室防护门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室防护门或者主机室防护门打开时, 加速器不能开机, 加速器运行中任一防护门被打开则加速器自动停机。

(3) 束下装置联锁：工业电子加速器收放线系统，电子加速器将均与束下装置的绕圈机相连，在绕圈机系统未启动时，电子加速器无法开机出束；在绕圈机系统出现故障或者被辐照物品全部已处理结束后，电子加速器将自动停止出束。

(4) 信号警示装置：在辐照室和主机室的防护门外、辐照室内部和主机室内部均设计有灯光和音响警示。当开机出束前，警示灯将亮起并发出闪烁信号，音响装置将发出警示声音。在辐照室防护门外和主机室防护门外，设计有工作状态指示灯和电离辐射警示标识，工作状态指示灯与加速器高压连锁，当加速器启动时，警示灯将亮起并发出闪烁信号，以提醒周围人员勿靠近。

(5) 巡检按钮：本项目辐照室和主机室内设有多个巡检按钮，各巡检信号均与加速器控制台连锁。工业电子加速器在开机出束前，辐射工作人员需先进入辐照室内和主机室内进行巡视，巡查有无人员误留或有无其他异常，并按序按下辐照室内和主机室内的巡检按钮，全部巡检按钮按下后，屏蔽门关闭后，加速器方可启动；若中途停止或不按顺序执行，系统会提示巡检失败，加速器将不能进行出束作业，工作人员必须重新按序巡检。加速器在开机过程中，如辐照室内和主机室内任一巡检按钮被触发，加速器会立即停止出束。

(6) 防人误入装置：在辐照室和主机室迷道入口紧邻防护门的位置，设计有3道相互独立不同高度的光电装置（红外光电感应装置），且并分别与加速器连锁。光电装置安装高度距离地面分别为0.4m，0.85m和1.3m处，当有人员或者动物误入电子加速器机房，身体将任意一处红外线挡住后，若加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。

(7) 急停装置：辐照室和主机室的迷道入口处、迷道出口处（屏蔽门旁）均设计有拉线开关，拉线开关距地面高度约1.3m；在加速器主控台上同样设计有紧急停机开关。所有紧急停机开关应有明显的标志，供紧急停止使用。

当出现紧急情况时，只需拉下拉线开关，则该电子加速器机房内的加速器将立即断电，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕启，需将拉线开关进行复位，加速器才能重新启动。在电子加速器机房内的四面墙壁和迷道墙壁上，距离地面高度约1.2m处，拟紧急停机按钮。当紧急停机按钮正常时，加速器方可启动进行出束作业；当加速器正常启动出束作业过程中，若按下紧急停机按钮，则该电子加速器机房内的加速器将立即断电，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机按钮进行复

位，加速器才能重新启动。在电子加速器机房防护门内侧，拟安装紧急开门装置。紧急情况下，机房内的人员只需按下紧急开门按钮，防护门将立即打开，若此时加速器处于出束状态，加速器将立即停止出束。

(8) 剂量连锁：本项目拟安装固定式实时辐射剂量率监测系统，监测探头位于辐照室和主机室迷道内，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂最率大于预设值（预设值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）时，电子加速器机房的防护门将无法打开。

(9) 通风连锁：电子加速器机房通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即停止出束。

(10) 排风系统延迟关闭和防护门延迟开启：加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常停止出束后，排风系统将工作至少 5 分钟，在 5 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 5 分钟；正常停止加速器出束后 5 分钟内，即使发出打开电子加速器机房防护门的指令，机房防护门仍然无法打开，直到 5 分钟后方可开启防护门。

(11) 烟雾报警：在电子加速器机房辐照室内顶部，拟安装烟雾报警装置。电子加速器将与火灾烟雾报警系统连锁。在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将立即停止出束，通风系统将立即停止运行。在加速器停机状态时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将无法启动进行出束，通风系统将无法开启进行通风换气。

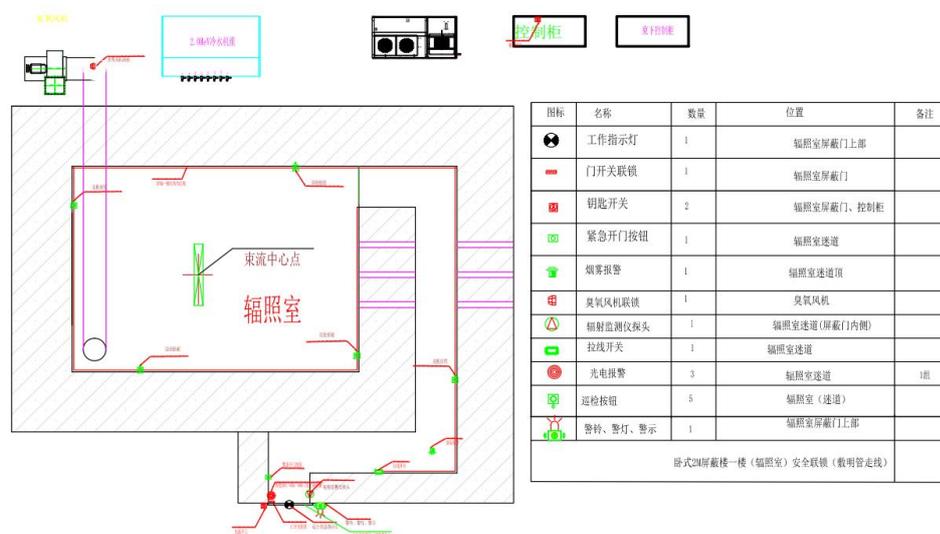


图 11-6 辐照室辐射安全与防护设施布置图



图标	名称	数量	位置	备注
	工作指示灯	1	主机室屏蔽门上部	
	门开关锁	1	主机室屏蔽门	
	钥匙开关	1	主机室屏蔽门	
	紧急开门按钮	1	主机室迷道	
	辐射监测仪探头	1	主机室迷道	
	光电报警	3	主机室迷道	1组
	急停按钮(巡检)	5	主机室迷道	
	警铃、警灯、警示	1	主机室屏蔽门上部	
卧式2M屏蔽楼主机室安全联锁(敷明管走线)				

图 11-7 主机室辐射安全与防护设施布置图

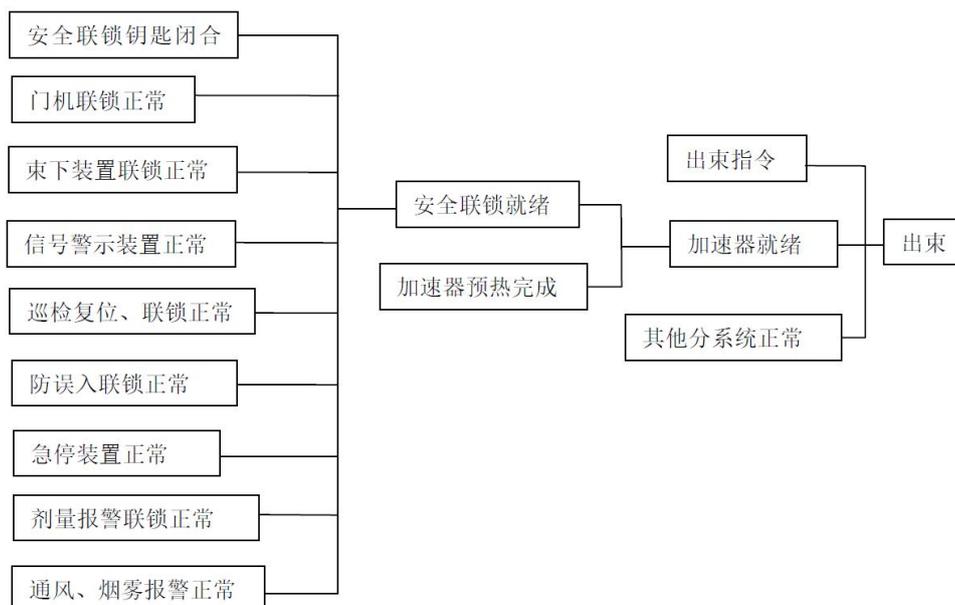


图 10-8 安全联锁设施逻辑示意图

### (三) 其他辐射安全设施

本项目工业电子加速器除落实了《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的相关要求外，还设计了实时监控系統、收放线系統、加速器冷却系統、辐射安全控制系统联锁等。

#### 1、实时监控系統

建设单位在辐照室内拟设摄像监视系統，辐照室内图像实时显示在控制室的监控显示器上，使控制室内的工作人员可清楚地观察到辐照室内的情况，如发生意外情况可及时处理。为避免强辐射场对视频信号的干扰，视频摄像头安装在迷道口，通过反射镜来获取辐照室内图像。

#### 2、收放线系統

本项目拟设置收放线系統。在辐照室外收放线区，配置有专用电缆放线装置和收线装置，辐照前的电缆在辐照室外通过过线间后进入辐照室采用“V”形穿墙，在辐照室辐照区内电缆经过照射后，按照原路径通过收线装置返回到绕线机。绕圈机与工业电子加速器的束下装置系統拟设工艺联锁，绕圈机转动电子加速器出束，绕圈机停止转动电子加速器立即停止出束。

#### 3、加速器冷却系統

工业电子加速器设备将与加速器各管路冷却回水的流量进行联锁，在加速器未出束时，只有当各管路冷却回水的流量正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，各管路冷却回水的流量将时时监控，若任意管路的冷却回水流量出现异常，則系統将立即切断该加速器电源，使得机房内的加速器立即停止出束。

#### 4、辐射安全控制系统联锁

工业电子加速器将与该加速器的各控制信号进行联锁。在加速器未出束时，只有当所有控制信号均正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，将对各控制信号时时监控，若任意控制信号出现异常，則系統将立即切断电源，使得辐照室内的加速器立即停止出束。

本项目拟建的电子加速器具有多重设备安全联锁，如：高频供电系統、冷却系統、控制系统联锁、门灯机联锁、剂量检测联锁等，并在满足标准要求的基础上，增加了机房内实时监控系統，以确保加速器的运行安全。

#### 5、各辐射安全防护设施的关系

为确保设备的运行安全，防止电子加速器周围相关人员误入，减少辐射安全事故

的发生，本项目工业电子加速器设计了多重联锁，主要有设备联锁、安全联锁和工艺联锁。

设备联锁系统为开机必备的条件，主要由真空系统、高频供电系统、仪表电源系统、水冷系统、风冷系统组成，其中任何一系统出现故障，电子加速器系统无法开机；安全联锁为电子加速器出束的必要条件，其中有防护门门机联锁、紧急停机开关、光电联锁、巡检联锁、拉线保护联锁、剂量检测联锁、烟雾报警联锁，用以保障本项目辐射工作人员、检修人员和公众的安全，其中任和一个联锁出现异常，电子加速器均会立即停止出束或无法出束；工艺联锁是设备长期连续运行的必须条件，主要收放线系统、通风系统、束下装置联锁组成，工艺联锁任意一个环节暂停工作，电子加速器均立即停止出束。

本项目安全联锁和设备联锁相互关联，任何一个环节出现异常，电子加速器均不能出束，工艺联锁出现异常则电子加速器不能长期连续出束，彼此关联又相互独立；安全联锁系统中，任何一个联锁出现了异常，均能够立即使电子加速器停止出束；拟增设置场所多重钥匙管控、监控系统、设备联锁、工艺联锁多重安全措施。

本项目工业电子加速器机房辐射安全防护措施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）辐射安全原则符合性分析详见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射安全设施与辐射安全原则符合性分析表

序号	安全原则	本项目加速器机房安全防护设施设计	符合性分析
1	纵深防御	辐照室设置有“双 L”型迷道；出入口设置门机、门灯联锁；加速器主控钥匙开关和辐照室防护门联锁；加速器控制与束下装置联锁；控制室均设置有复位开关等。	符合
2	冗余性	辐照室均设置有门机联锁、光电联锁、安全联锁装置等。	符合
3	多元性	辐照室和主机室均设置有机电、电气、电子的剂量联锁。	符合
4	独立性	辐照室设置有巡检、急停开关和拉线开关，各联锁装置独立运行。	符合

(1) 在本项目投用后，建设单位应建立《辐射工作场所辐射安全设施维护检修制度》，定期对工业电子加速器装置上的常用设备进行检查，并做好记录，如果发现异常及时修复或者改正，确保辐射安全防护措施的有效性和稳定性；

(2) 在控制室及楼梯间增加门锁或者门禁系统，非本项目辐射工作人员不得擅自进出该区域内；

(3) 在一层辐照室区域和二层主机室区域安装监控探头，以便及时发现无关人员闯入监督区域并及时阻止该行为。

综上所述，本项目拟设置的辐射安全装置和保护措施符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的相关要求，在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求，配备的联锁装置可有效的保护操作人员和公众，减少因人为误入造成辐射安全事故。

#### 6、源项控制

本项目的电子加速器由有资质的厂家生产，泄漏辐射不会超过相应国家标准规定的限值。

#### 7、距离防护

加速器辐照区严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，对控制区进行严格控制，禁止非相关人员的进入，控制区应有明确的电离辐射警告标识，并设置红色的“禁止进入电离辐射区”字样的标识；监督区为工作人员操作设备时的工作场所，非相关人员限制进入，避免受到不必要的照射。

#### 8、装置的维护与维修

建设单位须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查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。安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

##### （1）日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容：①工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；②辐照装置安全联锁控制显示状况；③个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。

##### （2）月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：①辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；②控制台及其他所有紧急停止按钮；③通风系统的有效性；④验证安全联锁功能的有效性；⑤烟雾报警器功能正常。

##### （3）半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每6个月定期进行检查，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括：①配合年检修的检测；②全部安全设备

和控制系统运行状况。

#### (四) 监测设备

建设单位拟配备一定数量的个人剂量计，个人剂量报警仪和辐射巡检仪，具体配置详见表 10-4。

表 10-4 监测设备配置情况一览表

序号	名称	型号	数量
1	个人剂量计	TLD 型	辐射工作人员每人 1 套
2	个人剂量报警仪	待定	辐射工作人员每人 1 套
3	便携式辐射巡测仪	待定	1 台

本项目工业电子加速器机房辐射安全防护设施设计与《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《关于在核与辐射安全隐患排查工作中做好电子辐照加速器专项监督检查工作的函》（生态环境部辐射源安全监管司辐射函（2021）27 号，2021 年 9 月 29 日）符合性分析详见表 10-5。

表 10-5 本项目辐射安全设施与辐射安全原则符合性分析表

安全设施	本项目设置情况	HJ979-2018 标准要求、电子辐照加速器的监督管理要求（2021 年）	符合性分析
钥匙控制	本项目工业电子加速器控制室内主控台上设有钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业：钥匙开关处于未闭合状态时，加速器无法开机出束。同时，加速器的主控钥匙开关和辐照室防护门及主机室防护门联锁，如果从控制台上取出钥匙，加速器会自动停机，没有该钥匙辐照室防护门和主机室防护门也无法打开，该钥匙与 1 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调试值班长保管使用。	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。主控台钥匙开关和主机室屏蔽门钥匙开关为同一把钥匙，如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机并切断高压。	符合
门机联锁	辐照室防护门和主机室防护门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室防护门或者主机室防护门打开时，加速器不能开机，加速器运行中任一防护门被打开则加速器自动停机。	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并切断高压。	符合
束下装置联锁	电子加速器将与束下装置的绕圈机或传送系统相连。在束下装置的绕圈机或传送系统未转动时，电子加速器无法开机出束；在绕圈机系统或传送系统出现故障或者被辐照物品全部已处理结束后，电子加速器将自动停止出束。	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，加速器应自动停机并且切断高压。	符合

信号警示装置	在辐照室和主机室的防护门外、辐照室内部和主机室内部均设计有灯光和音响警示。当开机出束前，警示灯将亮起并发出闪烁信号，音响装置将发出警示声音。在辐照室防护门外和主机室防护门外，设计有工作状态指示灯和电离辐射警示标识，工作状态指示灯与加速器高压连锁，当加速器启动时，警示灯将亮起并发出闪烁信号，以提醒周围人员勿靠近。	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。	符合
巡检按钮	在辐照室和主机室内拟设置多个巡检按钮，各巡检信号均与加速器控制台联锁。工业电子加速器在开机出束前，辐射工作人员需先进入辐照室内和主机室内进行巡视，巡查有无人员误留或有无其他异常，并按序按下辐照室内和主机室内的巡检按钮，全部巡检按钮按下后，屏蔽门关闭后，加速器方可启动；若中途停止或不按顺序执行，系统会提示巡检失败，加速器将不能进行出束作业，工作人员必须重新按序巡检。加速器在开机过程中，如辐照室内和主机室内任一巡检按钮被触发，加速器会立即停止出束。	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。巡检按钮应设置在巡检路线上，巡检路线应覆盖所有人员可达的区域，巡检人员按照顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信号只要主机室或辐照室门被打开过，必须重新巡检后才能开机。	符合
防人误入装置	在辐照室和主机室迷道入口紧邻防护门的位置，拟设计3道相互独立不同高度的光电装置（红外光电感应装置），且并分别与加速器联锁。当有人员或者动物误入电子加速器机房，身体将任意一处红外线挡住后，若加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。	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。	符合
急停装置	辐照室和主机室的迷道入口处、迷道出口处（屏蔽门旁）均设计有拉线开关，拉线开关距地面高度约1.3m；在加速器主控台上同样设计有紧急停机开关。所有紧急停机开关应有明显的标志，供紧急停止使用。当出现紧急情况时，只需拉下拉线开关，则该电子加速器机房内的加速器将立即断电，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕启，需将拉线开关进行复位，加速器才能重新启动。	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。	符合

	<p>在电子加速器机房内的四面墙壁和迷道墙壁上，距离地面高度约 1.2m 处，拟紧急停机按钮。当紧急停机按钮正常时，加速器方可启动进行出束作业；当加速器正常启动出束作业过程中，若按下紧急停机按钮，则该电子加速器机房内的加速器将立即断电，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机按钮进行复位，加速器才能重新启动。</p> <p>在电子加速器机房防护门内侧，拟安装紧急开门装置。紧急情况下，机房内人员只需按下紧急开门按钮，防护门将立即打开，若此时加速器处于出束状态，加速器将立即停止出束。</p>		
剂量联锁	<p>工业电子加速器机房拟安装固定式实时辐射剂量率监测系统，监测探头位于辐照室和主机室迷道内，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂最率大于预设值（预设值为 2.5<math>\mu</math>Sv/h）时，电子加速器机房的防护门将无法打开。</p>	<p>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。</p>	符合
通风联锁	<p>工业电子加速器机房通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即停止出束。加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常停止出束后，排风系统将工作至少 5 分钟，在 5 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 5 分钟；正常停止加速器出束后 5 分钟内，即使发出打开电子加速器机房防护门的指令，机房防护门仍然无法打开，直到 5 分钟后方可开启防护门。</p>	<p>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。</p>	符合
烟雾报警	<p>工业电子加速器机房辐照室内顶部，拟安装烟雾报警装置。电子加速器将与火灾烟雾报警系统联锁。在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将立即停止出束，通风系统将立即停止运行。在加速器停机状态时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将无法启动进行出束，通风系统将无</p>	<p>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。</p>	符合

	法开启进行通风换气。		
安全标识	工业电子加速器机房辐照室及主机室防护门上拟粘贴“当心电离辐射”警告标志。	在电子加速器辐照装置厂房入口和其他必要的地方(一般为货物进出口、辐照室及主机室门口),应设置符合 GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志。	符合
紧急出口指示	工业电子加速器机房辐照室及主机室四面墙体上均拟安装应急照明和紧急出口标识。	设置在电子加速器辐照装置厂房内、辐照室及主机室出口处(疏散通道和主要疏散路线的地面上或靠近地面的墙上),一般为发光(灯光/夜光等)标志。便于人员在紧急情况下及时识别疏散位置和方向,指引人员顺利离开。	符合
应急照明	本项目工业电子加速器机房辐照室及主机室四面墙体上均拟安装应急照明和紧急出口标识。	主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统,应急照明设备应定时检验,保证在停电及应急情况下及时、稳定达到照明的效果。	符合
监测设备	本项目拟配置的 8 名辐射工作人员(其中包含 1 名辐射安全管理人员)均拟每人配置 1 台个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪、整体配置 1 台便携式辐射巡检仪。	辐射工作场所应配备与辐射类型和辐射水平相适应多种监测设备包括固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及便携式辐射监测仪等。	符合

### 三、环保投资

为了保证本项目安全持续开展,根据相关要求,建设单位将投入一定资金建设必要的环保设施,配备相应的监测仪器和防护用品,本项目环保投资估算见表 10-6。

表 10-6 环保设施及投资估算一览表

项目		规定的措施	数量	金额(万元)
工业电子加速器项目	场所设施	四周墙体+迷道+屋顶防护	/	100.0
		防护门(不锈钢防盗门)	2 套	
		通风系统	1 套	
	联锁装置	门开关联锁	2 套	10.0
		钥匙开关	3 套	
		烟雾报警	1 套	
		臭氧风机联锁	1 套	
		拉线开关	1 套	
	警示设施	入口当心电离辐射警告标识	2 套	1.0
		工作指示灯	2 套	
		工作场所分区及标识(辐照室及主机室各 1 套)	2 套	
		警铃、警灯、警示	2 套	
	紧急设施	紧急开门按钮	2 套	5.0
		光电报警	6 套	

		紧急照明或独立通道照明系统（辐照室及主机室各1套）	2套	
		急停（巡检）按钮	10套	
监测设备		辐射监测仪探头	2套	5.0
		便携式辐射巡测仪	2台	
		个人剂量报警仪	8台	
		个人剂量计	8套	
其他环保投资（人员培训、应急物资等）			5.0	
合计			126.0	

本项目总投资 800 万元，环保投资 126.0 万元，占总投资的 15.75%。今后建设单位在核技术利用项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

### 三废的治理

本项目工业电子加速器在运行过程中不产生放射性三废。

#### 1、废气

空气在辐射照射下，会产生少量臭氧和氮氧化物等有害气体，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此项目主要产生的废气污染物为臭氧。

公司拟在工业电子加速器机房辐照室内设置排风装置，将辐照室内产生的废气引出高于主机室屋顶 5m 排放，设计排风量 15796m<sup>3</sup>/h，臭氧排入环境大气后，在常温下可自行分解成氧气，不会对环境空气造成明显影响。排风系统与辐照加工系统联锁，排风系统不开启，不能进行辐照加工，排风系统为连续排风。本项目工业电子加速器排风管道布置图见图 10-9。

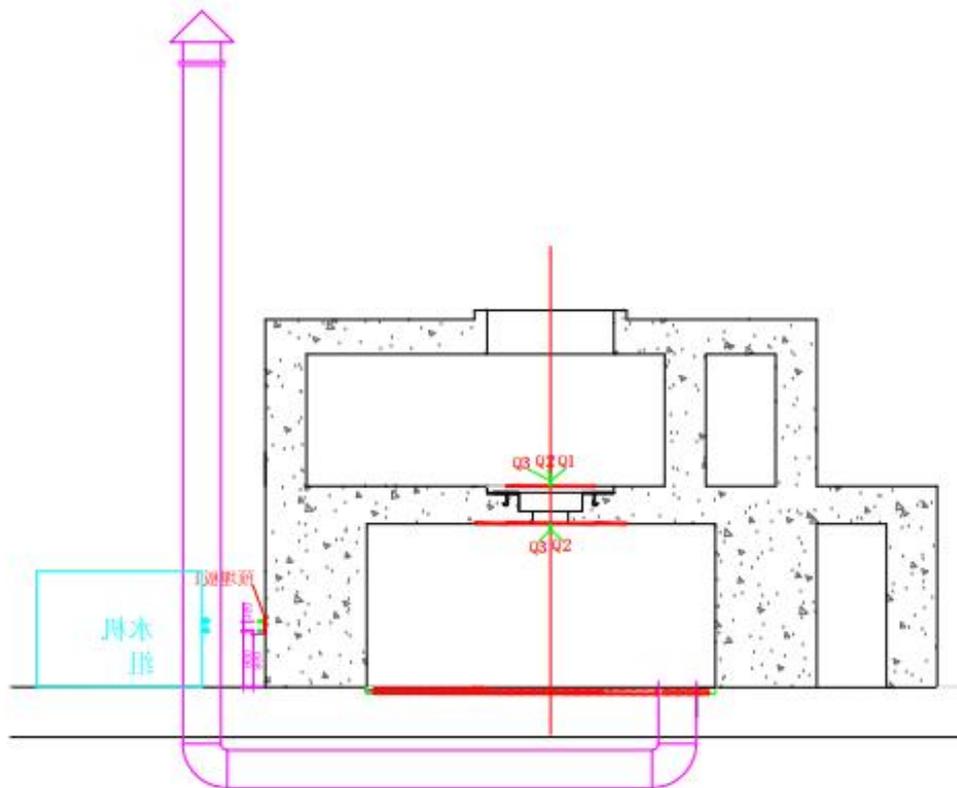


图 10-9 项目排风管道布置图

## 2、废水

加速器冷却水循环系统：加速器开机工作时，机器内部件产生大量的热量，通过钢筒中的冷却水进行冷却。加速器冷却水机水箱容积为 1300L，循环系统属于内循环。本项目加速器冷却系统使用冷却水拟直接外购纯水，每年更换 1 次，则年产生冷却废水的量为 1.3t/a。循环冷却水需要外排时，委托有监测资质的单位在冷却水排口对第一类污染物（总 a、总 B）进行监测，待满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中第一类污染物排放标准要求后，排入现有污水处理设施处理。

由于本项目加速器能量为 2MeV，因此可不考虑其产生的感生放射性影响。工作人员的生活污水，依托现有污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，不会对当地水质产生影响。

## 3、固体废物

本项目使用工业电子加速器用于电线电缆材料，电子加速器能量较小，不会引起靶物质活化，不产生放射性固体废弃物。在电子加速器运行期间，主要固体废物为生活垃圾和不合格的产品。生活垃圾依托厂区已建设的生活垃圾处理设施处理，运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，作为一般固体废物处理。

## 4、噪声

本项目使用排风机功率较大，且为连续排风，因此排风机工作时将产生一定的噪声，噪声值源强约为 90dB（A）（声功率级）。建设单位拟在 105 厂房外侧设置排风机房，并采取隔声、减振等降噪措施，采取措施后噪声值为 75dB（A）（声功率级）。另外，项目营运期间，辐照产品的装卸将产生噪声，噪声值源强一般低于 60dB（A）。项目产生的噪声经墙体隔声和距离衰减后，本项目所在单位厂界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类区标准限值的要求，本项目产生的噪声对区域声环境质量影响很小。

#### **5、射线装置报废处理**

根据《四川省辐射污染防治条例》，射线装置在报废处置时，建设单位应当对电子枪和加速管进行拆解和去功能化。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

**一、施工阶段的环境影响分析**

本项目利用现有 105 厂房西南角建设工业电子加速器机房，不另新增用地，105 厂房已在前期环境影响评价中进行了评价。由于 105 厂房内未建设过工业电子加速器机房，所以辐照室和主机室均需要新建相应的屏蔽体，屏蔽体采用混凝土连续浇筑，避免墙体或两面墙体衔接处有漏缝和气泡产生。施工期会产生施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾以及生活污水和生活垃圾；以及装修施工期间的污染物，主要包括噪声及废弃的装修材料等。

根据现场勘察，辐照室和主机室均未建设。施工期建设单位应采取以下环保措施：

**1、大气环境影响分析**

施工期的大气污染物主要是地面扬尘污染，污染因子为 TSP。施工产生的地面扬尘主要来自三个方面，一是来自现场堆放扬尘；二是来自建筑材料包括白灰、水泥、沙子等搬运和搅拌扬尘；三是来自来往运输车辆引起的二次扬尘。

采取措施：

①工程建设期间，应在施工场地边界设置 1.8m 以上的围挡，围挡还应视地方而适当增加，围挡底端设置防溢座，顶端内设置喷雾降尘。

②工程建设期间，其所使用的具有粉尘逸散性的工程材料，砂石、土方或废弃物，应当密闭处理。若在工地内堆置，则应采取覆盖防尘布、覆盖防尘网、配合定期喷洒粉尘抑制剂等措施，防止风蚀起尘。

③工程建设期间，施工工地内车行路径，应采取措施，防止机动车扬尘。进出施工现场临时道路为硬化地面，或定期洒水以保持路面低尘负荷状态。

本项目采取以上措施实施后，对大气环境影响较小。

**2、声环境影响分析**

施工期将使用大量的施工机械如：挖土机、打桩机、起重机、电锯等，部分机械噪声无措施情况下对周边声环境的影响程度见表 11-1。

表 11-1 施工机械噪声影响程度及范围表

设备名称	等效 A 声级 dB (A)			
	距声源 15m	距声源 50m	距声源 100m	距声源 200m

推土机、挖掘机、夯土机	86	75.5	69.5	63.5
吊车	85	74.5	68.5	62.5
升降机	87	76.5	70.5	64.5
电锯	83	72.5	66.5	60.5
卡车	83	72.5	66.5	60.5
拖拉机	86	75.5	69.5	63.5

从表 11-1 可以看出，在距声源 50m 内，施工机械昼间、夜间等效 A 声级均不能达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定，厂区周边 50m 范围内无常住居民，影响较小。在距声源处 100m 处，施工机械昼间等效 A 声级能达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定，而夜间等效 A 声级不能达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定。

为减小施工噪声对周围声环境的影响，需采取以下措施：

①施工单位要合理安排施工作业时间。施工作业特别是高噪声作业尽量安排在昼间进行。汽车晚间运输尽量用灯光示警，禁鸣喇叭。

②充分利用已有墙体发挥其隔声降噪作用。

③施工设备尽量采用先进低噪声设备，对产生噪声的施工设备加强维护和维修工作。

④施工单位要加强对职工的教育，提高作业人员的环保意识，坚持科学组织、文明施工。

在采取上述噪声防治措施的基础上，可最大程度缓解施工噪声对周围声环境的影响。

### 3、水环境影响分析

本项目施工期间，施工人员日常生活会排放一定量的生活污水，依托厂区内已有污水收集系统收集，不会对周围水环境产生明显的影响。

### 4、固体废物

固体废弃物主要是生活垃圾、建筑垃圾。

#### （1）生活垃圾

施工期生活垃圾产生量较小，采用垃圾箱集中收集后由市政环卫部门统一清运；并且在施工活动中，应严格禁止影响城市生态环境和随意抛洒垃圾的行为。

#### （2）建筑垃圾

项目产生建筑垃圾主要是一些包装袋、包装箱、废水泥等。首先对其中可回收利用

部分进行回收，其次对建筑垃圾要定点堆放，由施工单位或承建单位与市政部门联系外运至指定的建筑垃圾堆放场。

本项目施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境的影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

机房施工质量的要求：

(1) 在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在工业电子加速器机房屏蔽体施工过程中，应连续整体浇筑，采取有效措施避免产生孔洞气泡，防止射线泄漏；防护门与墙体、机房顶部与钢桶底部重叠部分不小于缝隙宽度的 10 倍；

(2) 穿过机房墙体的各种管道、电缆及轨道不得影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，不得正对工作人员经常停留的地点。

建设单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在内局部区域，对周围环境影响较小。

## 二、设备安装调试期间环境影响分析和防护措施

工程完成后，在安装和调试加速器的过程中，可能产生辐射污染。加速器辐照装置的安装由设备厂家的专业人员进行，建设方其他人员不得自行拆卸、安装设备。整个调试过程在专业调试人员进入加速器辐照室巡检后，待其他无关人员离开并确保所有安全联锁有效后开机调试，调试人员在控制室内完成整个调试过程。调试人员必须持证上岗并采取足够的个人防护措施。在加速器安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在辐照室和主机厅门外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近，加速器处于“准备”状态时人员不得进入辐照室或主机厅。由于设备的安装和调试均在辐照室和主机厅内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。调试时间按照 5h 计算，根据计算，本项目加速器运行后，屏蔽体外各关注点处剂量率估算值最大为  $2.474\mu\text{Sv/h}$ ，因此调试期间对辐射工作人员造成的剂量最大为  $0.01237\text{mSv}$ ，影响很小。

## 二、设备安装调试期间的环境影响分析

本项目设备安装、调试均应设备厂家专业人员操作，同时加强辐射防护管理，严格限制无关人员靠近，防止辐射事故发生。由于设备的安装和调试均在工业电子加速器机房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的。设备安装完成后，

建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物，作为一般固体废物进行处置，不随意丢弃。

### 三、运行阶段对环境的影响

四川九洲线缆有限责任公司拟在拟在厂区 105 厂房西南角建设 1 座工业电子加速器机房，于机房内配备 1 台工业电子加速器，本次拟新增的工业电子加速器型号为：AB2.0/50-1400（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构），属于 II 类射线装置，用于对电线电缆产品进行辐照改性加工。工业电子加速器运行时，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 射线是电子加速器运行过程中的主要辐射源，电子束影响较小。

偏离束流主方向的电子束照射到加速器桶体后产生韧致辐射（X 射线），这部分射线为设备层的屏蔽对象。

电子加速器运行时，电子束出束方向竖直向下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：1）混凝土地面；2）电子扫描窗下方的不锈钢阻挡板；3）辐照产品：线缆，主要为聚乙烯、聚烯烃、聚氯乙烯等。

不同能量电子束轰击不同物料时，其韧致辐射（X 射线）发射率不同。对同一种靶材料，不同方向上韧致 X 射线的发射率也不相同。本项目电子束辐照线缆时，3 种轰击物质不锈钢 Z 值（原子序数）最大，X 射线发射率最高，因此本报告保守选取不锈钢为轰击靶，来进行辐射防护评价。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，在本项目加速器机房外设定关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定工业电子加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

#### （一）电子束环境影响分析

根据《辐射防护手册》（第三分册）可知，电子在物质中最大射程可由公式 11-1 进行估算：

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

式中： $d$ —最大射程，cm；

$\rho$ —防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>；

$E_{\beta MAX}$ —电子最大能量，MeV。

本项目工业电子加速器电子束最大能量为 2.0MeV，由公式 11-1 计算得出电子线在混凝土（密度取 2.35g/cm<sup>3</sup>）中最大射程约为 0.43cm，在空气中（密度 0.00129g/cm<sup>3</sup>）的最大射程约为 775cm，本项目辐照室有效的墙体厚度至少为 600mm，能够有效的屏蔽本项目射线装置产生的电子束，因此本项目辐射工作场合的辐射防护屏蔽设计，主要考虑对 X 射线的屏蔽分析。

## （二）韧致辐射（X 射线）环境影响分析

### 1、参数及公式选取

#### （1）辐射源项

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设计中的主要辐射源。

根据《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 给出了单能电子入射到高 Z 厚靶（Z>73）上，在距靶 1 米处的 X 射线发射率 Q。

表 A.1 X 射线发射率（单位 Gy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>）

入射电子能量 (MeV)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
前向 0°	0.008	0.26	1.3	3.3	7.0	14.0	30.0	63.2	170	450
侧向 90°	0.07	0.4	1.0	1.6	2.5	3.2	4.8	6.5	10.0	13.5

本项目拟新增的电子加速器入射电子能量为 2.0MeV，则 X 射线发射率前向 0°为 3.3Gy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>，前向 90°为 1.6Gy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>。

#### （2）直射 X 射线的屏蔽

##### 1) 确定 X 射线的透射比 B<sub>x</sub>

$$B_x = (1 \times 10^{-6}) \left[ \frac{H_M d^2}{D_{10} T} \right] \quad \text{公式 A.1}$$

式中：B<sub>x</sub>—X 射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，使屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平；

H<sub>M</sub>—参考点周围剂量当量率，μSv/h；

d—X 射线源与参考点之间的距离，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。

常数 (1 × 10<sup>-6</sup>) 为单位转换系数。

$D_{10}$ —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率, Gy/h; 使用下式进行计算。

$$D_{10}=60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad \text{公式 A.2}$$

式中:  $D_{10}$ —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率, Gy/h<sup>-1</sup>;

$Q$ —X 射线发射率, Gy·m<sup>2</sup>·mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>;

$I$ —电子束流强度, mA;

$f_e$ —X 射线发射率修正系数。

根据《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 中给出的数据是电子束打高 Z 靶的数据, 通常被辐照的物质很少为高 Z 材料, 因此需要对靶进行修正。被辐照的靶材料为“铁、铜”时, 0°方向的修正系数  $f_e$  为 0.7, 90°方向的修正系数  $f_e$  为 0.5; 被辐照的靶材料为“铝、混凝土”时 0°方向的修正系数  $f_e$  为 0.5, 90°方向的修正系数  $f_e$  为 0.3。

根据上述分析, 报告保守选取不锈钢为轰击靶, X 射线发射率 90°方向的修正系数取值为 0.5。

## 2) 屏蔽厚度的求解

屏蔽厚度的计算可以采用两种方法: 曲线图解法和十分之一值层法。曲线图解法可在 NCRP-51 报告中查到, 本项目采用十分之一值层法求解。

用屏蔽材料的十分之一值层来表示屏蔽厚度

$$B_x=10^{-n} \text{ 或 } n=\log_{10}(1/B_x) \quad \text{公式 A.3}$$

计算屏蔽体厚度, 可以保守地估算为:

$$S=T_1+(n-1)T_e \quad \text{公式 A.4}$$

式中:  $S$ —屏蔽体厚度, cm;

$T_1$ —在屏蔽厚度中, 朝向辐射源的第一个十分之一值层, cm;

$T_e$ —平衡十分之一值层, 该值近似于常数, cm;

$n$ —为十分之一值层的个数。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 中表 A.2 和表

### A.3 确定 T<sub>1</sub> 和 Te 值。

表 A.2 宽束 X 射线在几种主要材料中的第一个十分之一值层厚度 (单位: cm)

入射电子能量 (MeV)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
混凝土	15.2	18.5	20.4	22.1	24.2	26.1	30.5	32.5	36.8	41
铁	3.8	5.5	6.8	7.7	8.3	8.7	9.2	9.7	10.3	10.5
铅	0.5	1.5	2.6	3.35	4.7	4.5	5.0	5.3	5.6	5.7

表 A.3 宽束 X 射线在几种主要材料中的平衡十分之一值层厚度 (单位: cm)

入射电子能量 (MeV)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
混凝土	111.9	15.0	18.3	20.1	22.5	24.7	30.5	32.5	36.8	38.6
铁	3.3	5.0	6.2	7.0	7.7	8.2	9.2	9.7	10.3	10.5
铅	1.2	2.6	3.65	4.2	4.1	4.9	5.3	5.5	5.7	5.6

#### 3) 侧向 X 射线的屏蔽

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A 中对于电子加速器辐照装置,很多情况下需要考虑侧向(相对电子束 90°方向)X 射线的屏蔽,此时应将等效入射电子能量作为侧向入射电子的能量,如下表 A.4 所示,然后按等效入射电子能量的特性参数,根据直射 X 射线屏蔽的方法进行计算。

表 A.4 90° 方向电子的相应等效能量 (单位: MeV)

入射电子能量	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	7.5	10.0
等效入射电子能量	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.5	3.1	4.6	6.0

#### (3) 散射辐射的屏蔽

##### 1) 迷道和防护门

①本项目防护 X 射线的迷道,采用以下公式进行保守地估算迷道外入口的剂量率:

$$H_{1,j} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \dots d_{rj})^2}$$

公式 A.5

式中:  $H_{1,j}$ —迷道出口处(无防护门情况下)的空气吸收剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$\alpha_1$ —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数;

$\alpha_2$ —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数(假设对以后所有散射过程的相同的);

$A_1$ —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,  $\text{m}^2$ ;

$d_1$ —X 射线源与第一散射物质的距离, m;

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离； $d_{rj}/A_2^{1/2}$  的比值应在 1~6 之间；  
 $j$ —第  $j$  个散射过程。

在任何迷道的设计中，沿 X 射线源方向的线路，所设计迷道墙厚度的总和应不小于直射所需屏蔽墙的厚度。

## ②防护门

设有防护门的加速器装置，门的关闭必须确保门外人员的辐射安全；加速器门的结构材料最常用的有混凝土、钢和铅。由于铅易变形，通常安装在钢结构上，或夹在两层钢板中间；门与入口要有足够的搭接，在门的顶部和两边至少重叠 10 倍于门与墙之间的缝隙。门可安装在门洞内侧，以减少边界辐射泄露问题；门的底部存在辐射漏束，需要根据具体情况进行防护；重型屏蔽门应由电气、液压、或气动装置驱动，并设置有防止夹人功能。

## 2) 天空反散射

根据 NCRP-151 号报告，天空反散射的计算公式 A.6 如下：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \quad \text{公式 A.6}$$

式中： $H$ —在距离 X 射线辐射源  $d_s$  处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率，Sv/h；

$B_{xs}$ —X 射线屋顶的屏蔽透射比；

$\Omega$ —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

$d_i$ —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m)；

$d_s$ —X 射线源至 P 点的距离 (m)；计算天空杂散射线参考点为屏蔽墙外 20-150m 处，本项目取最小值 20m (数据来自《辐射防护手册》(第一分册) 辐射源与屏蔽)。

厂房屋顶厚度，屋顶的屏蔽透射比  $B_{xs}$  为

$$B_{xs} = 4 \times 10^{-5} \left[ \frac{H_M d_i^2 d_s^2}{D_{10} \Omega^{1.3}} \right] \quad \text{公式 A.7}$$

式中： $H_M$ —P 点所在位置的最大允许周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

计算出屋顶屏蔽透射比  $B_{xs}$  后，按上述十分之一值层求解法计算出屋顶的屏蔽厚度。

## 2、屏蔽计算结果及评价结果

### (1) 厂房屏蔽墙计算

#### 1) 辐照室 X 射线发射率

根据《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 给出了单能电子入射到高 Z 厚靶 ( $Z>73$ ) 上，在距靶 1 米处的 X 射线发射率  $Q$ 。

本项目拟新增的电子加速器入射电子能量为 2.0MeV，查表知本项目电子加速器 X 射线发射率前向  $0^\circ$  为  $3.3\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，前向  $90^\circ$  为  $1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

根据附录 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。

则本项目工业电子加速器辐射源项取值如下表。

表 11-1 工业电子加速器辐射源项计算参数及计算结果

位置	入射电子能量	90°等效能量	$I$ (mA)	入射方向	$Q$ ( $\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	$f_e$	$D_{10}$ (Gy/h)
辐照室	2.0MeV	1.3MeV	50	侧向 $90^\circ$	1.6	0.5	2400

#### 2) 主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率

根据本项目电子加速器生产厂家提供资料，项目额定电子束流强度为 50mA，束流损失率为 0.5% (即电子束流强度为 0.25mA)，束流损失点的能量为 0.2MeV。根据附录 A 表 A.1，入射电子能量最小数据为 0.5MeV，本项目保守按照 0.5MeV 进行取值，在距靶 1 米处侧向 X 射线  $90^\circ$  发射率保守取值  $0.07\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，以不锈钢为轰击靶材料，修正系数  $f_e$  取 0.5。

当束流强度为 0.25mA，则根据附录 A 公式 A.2，主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为  $D_{10}(90^\circ) = 60 \times 0.07 \times 0.25 \times 0.5 = 0.525\text{Gy/h}$ 。

#### 3) 透射比 $B_x$ 的计算结果

##### ①参考点位的选取

##### a 辐照室

本项目辐照室位于 1 层，东侧为辐照物品的输入和输出方位，北侧为控制区、南侧设置有迷道口，西侧 (E 点) 属于公共活动区域，人员停留时间可能较长，居留因子保守取值为 1。

辐照室相关计算参考点图示如下：

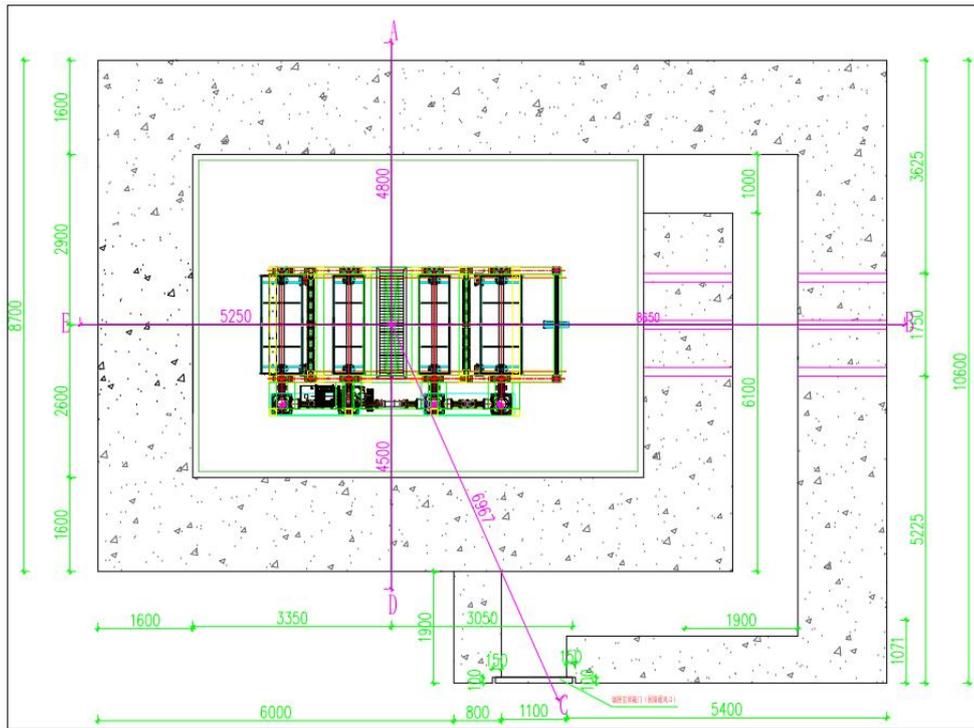


图 11-1 辐照室及直射辐射计算点位示意图（四周墙体）

### b 主机室

主机室位于 2 楼，西侧人员流动较少，因此居留因子取值 1/16，北侧为控制区、东侧为线缆进出口区、南侧设置有迷道门，因此居留因子取值 1。

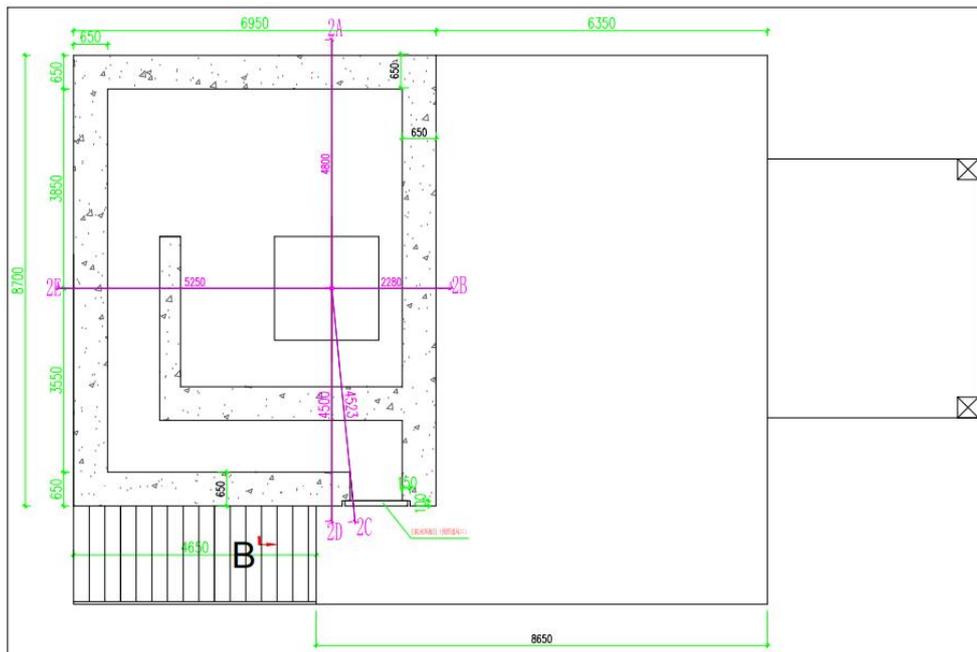


图 11-2 主机室及直射辐射计算点位示意图（四周墙体）

### ② 计算结果

根据附录 A 公式 (A.1)，其中参考点（距离屏蔽体外侧 0.3 米处）最大允许周围

剂量当量率( $\mu\text{Sv/h}$ ),  $H_M$ 取 2.5, 计算出 X 射线的透射比  $B_x$  见下表。

表 11-2 直射辐射屏蔽透射比计算结果一览表

楼层	参考点	位置	距离 d (m)	$D_{10}$ (Gy/h)	$H_M$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	T	$B_x$
一层辐照室周围	A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	4.80	2400	2.5	1	$2.40 \times 10^{-8}$
	B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	8.65	2400	2.5	1	$7.79 \times 10^{-8}$
	C	东南侧墙外 30cm 处, 迷道口	6.967	2400	2.5	1	$5.06 \times 10^{-7}$
	D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	4.50	2400	2.5	1	$2.11 \times 10^{-8}$
	E	西侧外 30cm 处, 105 厂房内部	5.25	2400	2.5	1	$2.87 \times 10^{-8}$
二层主机室周围	2A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	4.8	0.525	2.5	1	$1.10 \times 10^{-4}$
	2B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	2.28	0.525	2.5	1	$2.48 \times 10^{-5}$
	2C	东南侧墙外 30cm 处, 迷道口	4.523	0.525	2.5	1	$9.74 \times 10^{-5}$
	2D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	4.5	0.525	2.5	1	$9.64 \times 10^{-5}$
	2E	西侧外 30cm 处, 105 厂房内部	5.25	0.525	2.5	1/16	$2.1 \times 10^{-3}$

### 3) 屏蔽厚度的计算

首先根据附录 A 公式 (A.3), 采用表 11-2 中的  $B_x$  值, 计算出  $n$  值。再由附录 A 表 A.2 和表 A.3 查出混凝土的  $T_1$  和  $T_e$  值; 对于本项目辐照室, 入射电子能量为 1.3MeV, 保守取值 1.5MeV, 混凝土的  $T_1$  和  $T_e$  值分别为  $T_1=20.4$ ,  $T_e=18.3$ ; 对于主机室当入射能量为 0.2MeV, 保守取值 0.5MeV, 混凝土的  $T_1$  和  $T_e$  值分别为  $T_1=15.2$ ,  $T_e=11.9$ 。最后根据附录 A 公式 A.4 计算出对应混凝土厚度, 详见表 11-3。

表 11-3 直射辐射屏蔽厚度计算结果

楼层	参考点	位置	$B_x$	$n$	计算屏蔽体厚度 (cm)	设计混凝土厚度 (cm)	对比结果
一层辐照室周围	A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	$2.40 \times 10^{-8}$	7.62	142	160	设计屏蔽厚度均优
	B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	$7.79 \times 10^{-8}$	7.11	132	160	



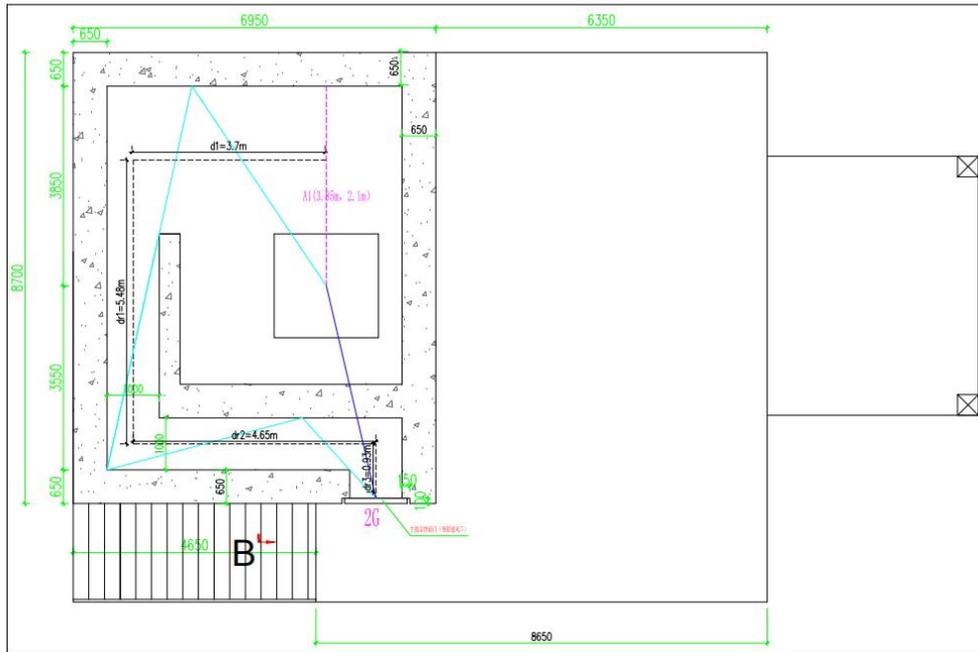


图 11-4 主机室迷道入口散射、透射路径示意图

根据图 11-3，到达 1F 点的辐射有：①90° 方向出射的 X 射线透射到 1F 点；②90° 方向出射的 X 射线经过散射到达 1F 点，散射次数 3 次。

根据图 11-4，到达 2G 点的辐射有：①漏束 X 射线透射到 2G 点；②漏束 X 射线经过散射到达 1F 点，散射次数 3 次。

根据附录 A 公式 A.5，对于初级 X 射线，散射系数 $\alpha_1$ 取值  $5 \times 10^{-3}$ ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 $\alpha_2$ （假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$ ）取值为  $2 \times 10^{-2}$ 。辐照室迷道散射计算的  $D_{10}(90^\circ) = 2400\text{Gy/h}$ ；主机室迷道散射计算的  $D_{10}$  取值为： $D_{10}(90^\circ) = 0.525\text{Gy/h}$ 。

辐照室净高（包含迷道）为 2.6m，辐照室迷道散射面积的确定： $A_1$  为第一次散射宽度与高度的乘积， $A_1 = 2.9 \times 2.6 = 7.54\text{m}^2$ ，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积， $A_2$  为迷道的截面积， $A_2 = 1.0 \times 2.6 = 2.6\text{m}^2$ ， $A_3 = 1.1 \times 2.6 = 2.86\text{m}^2$ 。主机室净高（包含迷道）为 2.1m，主机室迷道散射面积的确定： $A_1 = 3.85 \times 2.1 = 8.085\text{m}^2$ ， $A_2 = A_3 = 1.0 \times 2.1 = 2.1\text{m}^2$ 。辐照室和主机室的迷道散射计算结果见下表。

表 11-4 机房迷道口散射计算参数及结果一览表

参数	辐照室 (1F)	主机室 (2G)
$D_{10} (\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1})$	2400	0.525
$\alpha_1$	0.005	0.005
$\alpha_2$	0.02	0.02
$A_1 (\text{m}^2)$	7.54	8.085

A <sub>2</sub> (m <sup>2</sup> )	2.6	2.1
A <sub>3</sub> (m <sup>2</sup> )	2.86	2.1
d1 (m)	6.3	3.7
dr1 (m)	7.15	5.48
dr2 (m)	3.90	4.65
dr3 (m)	1.25	0.93
迷道口散射剂量率 (μSv/h)	5.07361×10 <sup>-6</sup>	4.86936×10 <sup>-9</sup>

迷道入口处直射 X 射线穿墙透射剂量率由下式进行计算：

$$H = \frac{1 \times 10^6 \cdot D_{10} \cdot B}{d^2}$$

$$B = 10^{-\left(\frac{S_1 - T_1 + T_e}{T_e}\right)}$$

式中：B—实际设计墙体透射系数；

S<sub>1</sub>—设计屏蔽厚度 (cm)。

表 11-5 机房迷道口入口 X 射线穿墙透射剂量率散射计算参数及结果一览表

参数	辐照室 (1F)	主机室 (2G)
D10 (Gy · h <sup>-1</sup> )	2400	0.525
S <sub>1</sub> (cm)	160	65
T <sub>1</sub> (cm)	20.4	15.2
T <sub>e</sub> (cm)	18.3	11.9
B	2.4×10 <sup>-9</sup>	6.5×10 <sup>-6</sup>
d (m)	6.462	4.209
H (μSv/h)	0.135	0.194

本项目工业电子加速器机房辐照室及主机室迷道口处均需考虑 X 射线直射剂量和迷道散射剂量的叠加影响，迷道口处最终的辐射剂量率估算结果见表 11-6。

表 11-6 本项目工业电子加速器机房辐照室及主机室迷道口处辐射剂量率叠加计算结果一览表

位置		直射剂量率 (μS/h)	散射剂量率 (μSv/h)	门外剂量率 (总) (μSv/h)
机房	辐照室迷道口 (1F 点)	0.135	5.07361×10 <sup>-6</sup>	0.135
	主机室迷道口 (2G 点)	0.194	4.86936×10 <sup>-9</sup>	0.194

注：辐照室及主机室迷道入口处门外剂量率均未考虑迷道门屏蔽。

综上，辐照室迷道入口 1F 关注点剂量率约为 0.135μSv/h (包含直射和散射)，小于 2.5μSv/h 控制剂量率，因此辐照室迷道设计合理。主机室迷道入口 2G 关注点剂量率约为 0.194μSv/h (包含直射和散射)，小于 2.5μSv/h 控制剂量率，因此主机室迷道设计合理。

### 3、屋顶屏蔽核算

(1) 一层屋顶屏蔽核算

二层关注点为 2A、2B、2C、2D、2E，一层屋顶屏蔽厚度主要考虑一层辐照室 X 射线源直射到二层主机厅周围关注点的剂量，辐照室一层顶层设置有折边带衬不锈钢饰面，其屏蔽厚度由公式 A.1、A.2、A.3、A.4 计算。

表 11-7 一层屋顶屏蔽厚度核算表

参数	2A	2B	2C	2D	2E
d (m)	5.119	2.893	4.861	4.839	5.544
T	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
D <sub>10</sub> (Gy · h <sup>-1</sup> )	2400	2400	2400	2400	2400
B <sub>x</sub>	2.73 × 10 <sup>-8</sup>	8.72 × 10 <sup>-9</sup>	2.46 × 10 <sup>-8</sup>	2.44 × 10 <sup>-8</sup>	3.20 × 10 <sup>-8</sup>
T <sub>1</sub> (cm)	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Te (cm)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
S (cm)	44	47	44	44	43
设计屏蔽厚度 (cm)	60	60	60	60	60
是否满足屏蔽要求	是	是	是	是	是

(2) 天空反散射屏蔽核算

对于天空反散射，需要综合考虑辐照室和主机厅辐射对屏蔽体外 20m~50m 范围内地面公众 (P 点) 的剂量贡献 (如图 11-5 所示)，其二层屋顶透射因子 B<sub>x</sub> 由公式 A.7 进行计算。

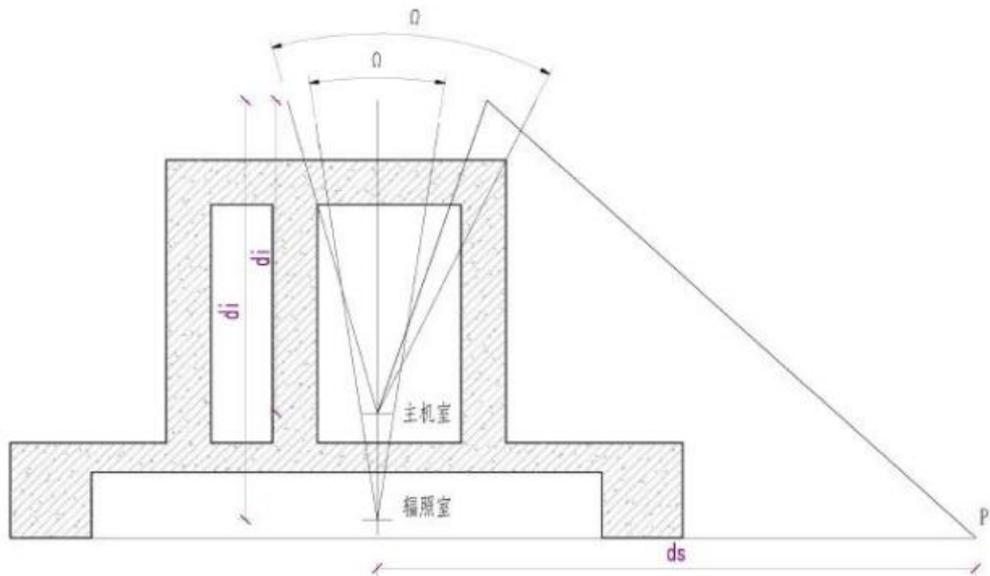


图 11-5 天空反射参数取值示意图

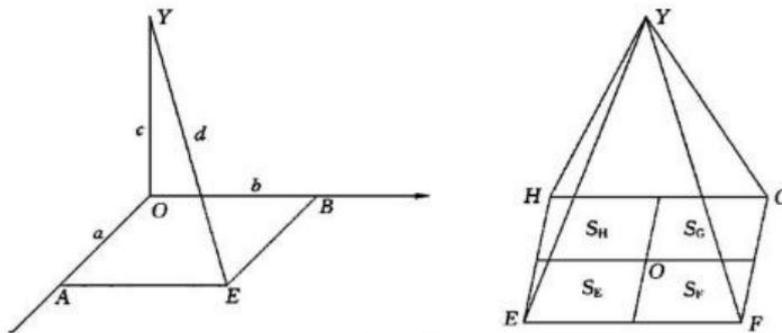


图 11-6 立体角计算示意图

注：a 是屋顶长度一半，b 是屋顶宽度一半，c 是源到屋顶表面中心距离，d 是源到屋顶边缘的距离。

根据屏蔽体剖面结构图纸，辐照室：a 取值 3.8m、b 取值 2.7m、c 取值 8.28m、d 取值 9.50m；主机室 a 取值 2.86m、b 取值 2.125cm、c 取值 5.79m、d 取值 6.80m；经计算得出辐照室内  $\Omega$  (Sr) 为 0.35、主机厅  $\Omega$  (Sr) 为 0.5。

表 11-8 天空反散射屏蔽厚度核算表

参数	一层辐照室天空反散射屏蔽厚度核算	二层主机室天空反散射屏蔽厚度核算
$\Omega$ (Sr)	0.35	0.5
$H_M$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	0.107	0.107
$d_i$ (m)	8.28	5.793
$d_s$ (m)	20	20
$D_{10}$ ( $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ )	2400	0.525
$B_x$	0.000140	0.219
n	3.855	0.660
$T_1$ (cm)	20.4	15.2
$T_e$ (cm)	18.3	11.9
S (cm)	72.64	11.15
设计屏蔽厚度 (cm)	辐照室顶棚 (60) + 主机室顶棚 (50) = 110	主机室顶棚 (50) = 50
是否满足屏蔽要求	是	是
注：最大允许周围剂量当量率=公众年剂量约束值/（辐照装置年出束时间×居留因子）=0.1mSv/（3750h×1/4）=1.07×10 <sup>-4</sup> mSv=0.107μSv/h。		

#### 4、线缆进出口辐射防护及影响分析

本次扩建项目加速器机房辐照室设置独立的线缆通道，孔径约为  $\Phi 150\text{mm}$ ，用于被辐照线缆的进出。加速器机房线缆通道由外至内均为斜坡设计线缆通道均避开主射线方向，做斜坡设计且长度比孔径大得多，射线经几次散射后，线缆进出口处辐射剂量在控

制范围内，能够满足辐射防护要求。

综上计算分析，本次扩建项目电子加速器辐照装置辐照室及主机室墙体外 30cm 处及迷道口散射剂量率均小于 2.5uSv/h，满足 HJ979-2018《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》中电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不大于 2.5uSv/h 的要求。

### (三) 辐射环境影响分析

根据辐照室、主机厅空间大小及四周、屋顶的屏蔽厚度及加速器工作时间(3750h/a)，估算出加速器周围工作人员和公众所受的有效剂量。各关注点 X 射线直射剂量率根据混凝土墙实际厚度，由公式 A.1、A.2、A.3 进行计算；关注点天空反散射剂量率由公式 A.6、A.7 计算。关注点年有效剂量可根据下式进行计算。

$$E = H \cdot W_R \cdot q \cdot t \cdot 10^{-3}$$

式中：q 一参考点所在区域的居留因子；

E 一参考点处的有效剂量，mSvh；

$W_R$  一组织权重因数，全身取 1；

H 一关注点 X 射线束的剂量当量率，Sv/h；

E 一关注点处的年有效剂量，mSv/a；

t 一加速器年工作时间。

表 11-9 加速器辐照室、主机室周围各关注点 X 射线直射线的剂量当量率情况表

预测点	预测点位置	混凝土厚度 (cm)	Bx	d (m)	受照射类型	T	总剂量率 (μSv/h)
A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	160	$2.4 \times 10^{-9}$	4.80	职业照射	1	0.245
B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	160	$2.4 \times 10^{-9}$	8.65	职业照射	1	0.0755
C	东南侧墙外 30cm 处, 迷道口	174.8	$3.7 \times 10^{-10}$	6.967	职业照射	1	0.0181
D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	160	$2.4 \times 10^{-9}$	4.50	职业照射	1	0.279
E	西侧外 30cm	160	$2.4 \times 10^{-9}$	5.25	职业照	1	0.205

	处, 105 厂房内部				射		
2A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	65	$6.5 \times 10^{-6}$	4.8	职业照射	1	0.149
2B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	65	$6.5 \times 10^{-6}$	2.28	职业照射	1	0.66
2C	东南侧墙外 30cm 处, 迷道口	65.3	$6.2 \times 10^{-6}$	4.523	职业照射	1	0.16
2D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	65	$6.5 \times 10^{-6}$	4.5	职业照射	1	0.17
2E	西侧外 30cm 处, 105 厂房内部	105	$2.8 \times 10^{-9}$	5.25	职业照射	1/16	$5.4 \times 10^{-5}$

表 11-10 加速器辐照室、主机室迷道入口处剂量当量率情况表

预测点	预测点位置	受照射类型	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
1F	辐照室迷道入口	职业照射	0.135
2G	主机室迷道入口	职业照射	0.194

表 11-11 加速器辐照区外地面关注点天空反散射剂量当量率情况表

预测点	预测点位置	顶棚混凝土厚度 (cm)	受照射类型	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
P 点	加速器辐照区外地面 (20m~50m)	110	公众照射	$9.7 \times 10^{-4}$

根据表 11-9~表 11-11, 本项目加速器运行后, 屏蔽体外关注点处剂量率估算值最大为  $0.66\mu\text{Sv/h}$ , 满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中规定的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  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求。

本项目工作人员和公众受到的年有效剂量见下表:

表 11-12 加速器对各预测点造成的年有效剂量情况表

预测点	预测点位置	受照射类型	受照时间 (h)	居留因子	总剂量 (mSv/a)	对应保护目标
A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1	0.919	工作人员
B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	职业照射	3750	1	0.283	收放线区工作人员
C	东南侧墙外	职业照射	3750	1	0.068	工作人员

	30cm 处, 迷道口					
D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1	1.046	工作人员
E	西侧外 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1	0.768	工作人员
2A	北侧墙外 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1	0.558	工作人员
2B	东侧墙外 30cm 处, 收放线进出口	职业照射	3750	1	2.474	工作人员
2C	东南侧墙外 30cm 处, 迷道口	职业照射	3750	1	0.593	工作人员
2D	南侧 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1	0.635	工作人员
2E	西侧外 30cm 处, 105 厂房内部	职业照射	3750	1/16	$1.270 \times 10^{-5}$	工作人员

备注：居留因子根据在场所的停留时间确定。

表 11-13 电子加速器机房外环境保护目标的年有效剂量情况表

环境保护目标	受照射类型	与辐射源的最 近距离 (m)	受照时间 (h)	剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总剂量 (mSv/a)
厂区内其他 工作人员	公众照射	21	3750	$1.28 \times 10^{-2}$	0.012
西南侧创新 大道公众	公众照射	27	3750	$7.75 \times 10^{-3}$	0.0018

综上所述，本项目运行后，职业人员受到的附加有效剂量最大为 2.474mSv，满足职业人员 5mSv 的年剂量约束值；评价范围内公众受到的附加有效剂量最大为 0.012mSv，满足公众 0.1mSv 的年剂量约束值。

#### (四) 废气环境影响分析

##### 1、臭氧

臭氧的产生及其防护理论估算模式参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录 B 相关公式。

##### (1) 臭氧的产生

平行电子束所致臭氧的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad \text{公式 B.1}$$

式中： $P$ —单位时间电子束产生臭氧的质量，mg/h；

$I$ —电子束流强度，mA；

$d$ —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，取 10cm；

$G$ —空气吸收 100keV 辐射能量产生的臭氧分子数，保守值可取为 10。

## (2) 辐照室臭氧的平衡浓度

在电子加速器正常运行期间，臭氧不断产生，辐照室空气中臭氧的平衡浓度随辐照时间  $t$  的变化为：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left( 1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \quad \text{公式 B.2}$$

式中： $C(t)$ —辐照室空气中在  $t$  时刻臭氧的浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$P$ —单位时间电子束产生臭氧的质量，mg/h；

$T_e$ —对臭氧的有效清除时间，h；

$$T_e = \frac{T_V \times T_d}{T_V + T_d} \quad \text{公式 B.3}$$

式中： $T_V$ —辐照室换气一次所需时间，h；

$T_d$ —臭氧的有效化学分解时间（h），约为 50 分钟。

当长时间辐照时  $T_V \ll T_d$ ，因而  $T_e \approx T_V$ 。当长时间辐照时辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad \text{公式 B.5}$$

式中： $C_s$ —辐照室内臭氧平衡浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$T_e$ —对臭氧的有效清除时间，h；

$V$ —辐照室的体积，m<sup>3</sup>。

将参数代入以上公式可计算得出工业电子加速器机房辐照室内臭氧平衡浓度  $C_s$ ，其计算结果如下表所示：

表 11-14 本项目工业电子加速器调试机房辐照室内臭氧平衡浓度

参数	工业电子加速器机房辐照室
$d$ (cm)	10
$I$ (mA)	50
$G$	10
$P$ (mg/h)	$2.25 \times 10^5$
$V$ (m <sup>3</sup> )	108.68
排风速率 (m <sup>3</sup> /h)	15796
$T_e$ (h)	0.0069
$C_S$ (mg/m <sup>3</sup> )	14.37

### (3) 臭氧的排放

由表 11-13 计算结果可知，电子加速器长期正常运行期间，不考虑排风机的排风能力，电子加速器停机时，辐照室内臭氧浓度远高于 GBZ2.1-2019 所规定的工作场所最高容许浓度（0.3mg/m<sup>3</sup>）。因此，当电子加速器停止运行后，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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_S} \quad \text{公式 B.3}$$

式中： $C_0$ —GBZ2.1 所规定的臭氧的最高容许浓度，0.3mg/m<sup>3</sup>；

$T$ —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间，h。

表 11-15 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

参数	加速器机房辐照室
$T_e$ (h)	0.0069
$C_0$ (mg/m <sup>3</sup> )	0.3
$C_S$ (mg/m <sup>3</sup> )	14.37
$T$ (min)	1.614

由公式 B.3 及以上参数计算得出，本项目电子加速器停止工作后，辐照室内排风机以通风速率不低于 15796m<sup>3</sup>/h 继续工作，通过约 2min 的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ2.1-2019 规定的臭氧最高容许浓度（0.3mg/m<sup>3</sup>）。为安全起见，本项目制定了相关规定并拟设置通风联锁装置，电子加速器停机后必须继续排风约 2min 后，辐射工作人员方可进入辐照室。项目设置的排风口位于 105 厂房楼顶，排风口高于屋顶，标高 10m，厂房为室外道路，人员很少到达，本项目臭氧经自然分解对周边环境影响较小。

## 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，辐照室内的

氮氧化物能满足《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。而按照臭氧设计要求在停机约2min后，辐照室内的氮氧化物浓度将更小，氮氧化物产生和排放对工作场所大气环境的影响很小。

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。

### （五）废水环境影响分析

本项目产生的废水主要为生活污水和冷却废水，冷却水循环使用，每年更换1次，更换时与生活污水一起依托厂区拟建设的污水处理设施处理后纳入市政污水管网并进入污水处理厂处理。

### （六）声环境影响分析

本项目使用排风机功率较大，且为连续排风，因此排风机工作时将产生一定的噪声，噪声值源强约为90dB(A)(声功率级)。建设单位在主机厅顶上设有排风机房，并采取隔声、减振等降噪措施，采取措施后噪声值为75dB(A)（声功率级）。由于该噪声源为点声源，且处于半自由空间，按照“导则”中的推荐预测模式进行预测计算：

$$L_{A(r)} = L_{WA} - 20 \lg r - 8$$

式中： $L_{A(r)}$ —距噪声源不同距离处的声级值，dB(A)；

$L_{WA}$ —噪声源的声功率级 dB(A)，75dB(A)。

表 11-16 噪声源衰减预测结果情况表

距离 r (m)	1	2	3	4	5	6	7
$L_{A(r)}$	67	61	57	55	53	51	50

本项目噪声源距离建设单位厂界最近约20m，由上表可以看出，厂界昼间和夜间噪声均可以达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类区标准限值的要求，对厂界噪声贡献值很小，不会对周围声环境产生明显影响。

### （七）固体废物环境影响分析

本项目营运期间，产生的固体废物主要为生活垃圾和不合格产品。生活垃圾依托厂区拟建设的生活垃圾处理设施处理，运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，作为一般固体废物处理，对周围环境影响很小。

## 事故影响分析

### 一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）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，详见下表。

表 11-17 辐射事故等级划分表

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

根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-18 急性放射病初期临床反应及受照剂量范围参考值

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值 (Gy)
骨髓型急性放射病	轻度	1.0~2.0
	中度	2.0~4.0
	重度	4.0~6.0
	极重度	6.0~10.0
肠型急性放射病	轻度	10~20
	重度	20~50
脑型急性放射病	轻度	50~100
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	>100

### 二、辐射事故识别

#### （一）可能发生的辐射事故

本项目工业电子加速器属于 II 类射线装置，工业电子加速器工作时，发出高能电子束，高能电子束轰击各种材料都会产生韧致辐射（X 射线），X 射线为工业电子加

速器辐照装置主要辐射源，故工业电子加速器可能发生的风险事故中，其风险因子主要为 X 射线。根据其工作原理分析，考虑可能发生的事故工况主要为安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入辐照室，或辐照室中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格巡检便开启工业电子加速器，造成辐照室内人员受误照射。

## （二）事故工况估算

### 1、事故假设

在对进行辐照时，2.0MeV 电子加速器电子束侧向 90°方向等效能量 1m 处剂量率为最大值 2400Gy/h，人员与电子束最近距离为 1m，假设安全联锁失效，有人员误入机房，人员在无任何防护设施的情况下处于辐照室内。

### 2、剂量估算

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 11-19 工作电子加速器电子束侧向 90°方向不同时间、距离处有效剂量情况表（Sv）

时间 (s) \ 距离 (m)	3	5	10	20	30
1	1.2	2.0	4.0	8.0	12
1.5	0.533	0.889	1.78	3.56	5.33
3	0.133	0.222	0.444	0.889	1.33
4	0.075	0.125	0.25	0.5	0.75
5	0.048	0.08	0.16	0.32	0.48

由表 11-19 可知，在以上假设事故情景下，人员误入或者滞留在电子加速器电子束侧向 90°方向，人员与电子束最近距离为 1m 处位置停留 3s，可造成人员最大有效剂量为 1.2Sv/次，远超过人员年剂量限值（20mSv）。

因此，随着时间的推移，误入/滞留在维修人员辐照室内，可能导致人员发生急性重度放射病，参照表 11-18 及表 11-19，本项目可造成较大辐射事故。

### 三、事故防范措施

上述辐射事故可以通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施加以防范，将辐射环境风险控制在可以接受的水平。针对在运行过程中可能发生的事故，本次评价提出以下防范措施，尽可能的减小或控制事故的危害和影响，主要体现在以下几个方面：

1、制定工业电子加速器操作规程和安全规章制度，并严格落实操作规程等制度的“制度上墙”要求（即将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置）。在操作时，

至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员须按照操作规程进行操作，并做好个人防护。

2、每月检查门灯连锁装置，确保安全连锁装置正常运行；每月对工业电子加速器的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件需及时更换。

3、定期对工业电子加速器采取的安全防护措施、设施的安全防护效果进行检测或检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

4、加强控制区和监督区管理，在射线装置运行期间，加强对监督区公众的管理，限制公众在监督区长期滞留。

5、制定事故应急预案、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。

6、制定事故应急预案、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。

#### **四、应急措施**

倘若本项目发生了辐射事故，建设单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

(1) 一旦发生人员误照射等辐射事故时，操作人员应立即利用最近的紧急停机开关切断设备电源。同时，事故第一发现者应及时向辐射安全事故应急处理小组及上级领导报告。辐射安全事故应急处理小组在接到事故报告后，应以最快的速度组织应急救援工作，迅速封闭事故现场，禁止无关人员进入该区域，严禁任何人擅自移动和取走现场物件（紧急救援需要除外）。

(2) 对可能受到超剂量照射的人员，尽快安排其接受检查和救治，并在第一时间将事故情况通报当地生态环境主管部门、卫生健康等主管部门。

(3) 迅速查明和分析发生事故的原因，制订事故处理方案，尽快排除故障。若不能自行排除故障，则应上报当地生态环境主管部门并通知进行现场警戒和守卫，及时组织专业技术人员排除事故。

(4) 事故的善后处理，总结事故原因，吸取教训，采取补救措施。

一旦发生辐射事故，应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部

门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康行政部门报告。

### **五、事故综合防范应对措施**

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，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连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，建设单位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，组织管理公司的安全工作；
- (2) 加强人员的辐射安全与防护专业知识的学习，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) 定期检查辐照室的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入正在工作中的辐照室和可能发生的其它安全事故；

(5) 制定事故处理预案、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，可减少或避免辐射安全事故的发生率，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的设置

### 一、关于辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核。

四川九洲线缆有限责任公司系首次开展核技术利用项目，拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，建设单位应根据本项目制定相关文件，明确相关辐射项目的管理人员及其职责，并将本项目辐射安全管理纳入建设单位的辐射安全管理工作中。

### 二、辐射工作人员配置和能力分析

四川九洲线缆有限责任公司拟为本项目配备辐射工作人员 8 名（其中包含 1 名辐射安全管理人员），应根据以下要求完善辐射工作人员的管理工作：

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》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘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。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，每 5 年接受一次再培训考核。

在辐射工作人员上岗前，应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。建设单位应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。

## 辐射安全管理规章制度

### 一、辐射安全综合管理要求

本项目建设单位涉及使用 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函〔2016〕1400 号）等，建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

建设单位应对相关资料进行分类归档放置，建议包括以下八大类：“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”，存放在建设单位相关办公室。

### 二、建立主要规章制度

建设单位可根据《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）的通知〉》（环函〔2016〕1400 号），核技术利用单位应根据使用放射性同位素和射线装置的情况，及时修订和完善规章制度，并按照档案管理的要求分类归档放置。具体见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理制度制定要求一览表

序号	项目	规章制度
1	综合	辐射安全与环境保护管理机构文件
2		辐射安全防护管理规定
3		安全防护设施维护、维修管理制度
4		射线装置台账管理制度（转让、使用、报废）
5	场所	场所分区管理规定
6		电子加速器操作规程
7	监测	场所及环境监测方案
8		监测仪表使用与校验管理制度
9	人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度
10		辐射工作人员个人剂量管理制度
11		辐射工作人员岗位职责
12	应急	辐射事故/事件应急预案
13	三废	放射性“三废”管理规定

#### 1、档案管理

辐射工作单位应建立完善的档案。需要归档的材料应包括九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“放射源和射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“废物处置记录”。以下资

料也须纳入档案管理：①生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况；②辐照作业活动期间的有关记录和日志：包括设备检查记录、运转速度等；③辐照活动期间异常情况说明以及其他需要记录的有关情况。

## 2、需上墙的规章制度

①《辐射工作场所安全防护管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《电子加速器操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所；

②上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（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。建设单位应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。

建设单位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，结合公司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。

## 三、射线装置使用能力综合评价

结合《辐射安全许可证》发放条件、原环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、生态环境部核技术利用单位现场检查内容及原中华人民共和国环境保护部第 3 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，将本项目采用的辐射安全防护措施列于下表 12-2。

表 12-2 本项目辐射安全防护设施要求表

规定的措施和制度		现有情况
固定式场所设施	建筑屏蔽	设计有屏蔽墙体和防护门
	当心电离辐射警告标志	需配备
	工作状态灯显示	需配备
	隔室操作	需配备
	防护门	需配备
	联锁系统	需配备
	监控设施	需配备
	通风设施	需配备
	紧急停机按钮	需配备
	出口处紧急开门按钮	需配备
	准备出束声光提示	需配备

监测设备	便携式X-γ辐射剂量监测仪	需配备
	固定式报警仪	需配备
	个人剂量片	需配备
	个人剂量报警仪	需配备
应急物资	灭火器材	需配备

表 12-3 《辐射安全许可证》发放条件对照分析

序号	原环境保护部令第 3 号要求	项目实际情况分析
1	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	建设单位拟成立辐射安全管理领导小组，具有本科及以上学历的技术人员负责辐射安全与环境保护工作。
2	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	建设单位拟组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护专业知识培训和考核。
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	工业电子加速器上拟设置电离辐射警告标志和工作状态指示灯，操作台上有紧急止动开关等。
4	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，包括个人剂量片、辐射测量等仪器	建设单位拟为每个辐射工作人员配备个人剂量片，个人剂量报警仪，并配备 1 台便携式辐射监测仪。
5	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	建设单位拟按要求制定相应的规章制度，要求上墙的规章制度需按具体要求悬挂于辐射工作场所。
6	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预案，并及时修订。

建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用 II 类射线装置的许可条件，建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后及时向四川省生态环境厅申请辐射安全许可证。

## 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。

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”。为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)、《辐射环

境监测技术规范》(HJ61-2021)中的相关规定，本项目个人辐射剂量、工作场所及周围环境监测要求如下：

## 一、工作场所监测计划

### 1、监测项目

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，本项目电子加速器辐射环境监测项目包括 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率，循环冷却水外排时需要监测外排废水的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ；另外环境空气还需监测臭氧、氮氧化物，距离风机最近的厂界噪声。

### 2、监测频度

建设单位每季度自行监测一次 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率，在射线装置每次检修后监测一次 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率。建设单位委托有监测资质单位至少每年监测 1 次 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率，循环冷却水外排时，还需委托有监测资质单位监测外排废水的总  $\alpha$ 、总  $\beta$ ，监测报告附录到年度自查评估报告中；并于每年 1 月 31 日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统(<http://hrr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp>)提交。建设单位委托有监测资质的单位在项目正式投运前开展验收监测。

### 3、监测范围

X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率:辐照室防护墙体外及迷道口处，穿墙孔洞处以及四周屏蔽墙外。结合本项目实际情况，拟定以下监测点位：

#### ①定点监测：

- a、辐照室迷道口；
- b、加速器主机室迷道口；
- c、辐照室、主机室墙外四周墙外 30cm 处；
- d、屏蔽墙体外 20m 处地面；
- e、线缆或管道穿墙孔洞处。

#### ②周围辐射水平巡测：每季度对以上定点监测点位进行巡测。

### 4、监测设备

X-y 辐射监测仪，建设单位应保证仪器的准确性和可靠性。

### 5、监测质量保证

- a、监测人员须经过技术培训；
- b、制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用有资质监测单位的监测数据与建

设单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

c、监测采用国家颁布的标准方法或推荐方法；

d、制定辐射环境监测管理制度。

## 6、验收监测

臭氧：加速器停止出束后，排风系统继续运行 2min 后，委托有资质的单位对室内室外的空气中的臭氧进行验收监测。

噪声：委托有资质的单位对距离风机最近的厂界噪声进行监测。

## 二、个人剂量监测

本项目最终拟配置 8 名辐射工作人员，共需个人剂量计 8 套。根据四川省生态环境厅“关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知”（川环办发[2010]49 号），项目建成投运后，做好个人剂量管理的工作。建设单位需定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检定，并建立个人剂量档案终生保存。

辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，在比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。当单季度辐射工作人员个人剂量检测数值超过 1.25mSv 时，建设单位要对该工作人员进行干预，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，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关；当单年个人剂量超过 50mSv 时，应立即采取措施，报告发证机关，并开展调查处理，确认是辐射事故时启动应急预案。检查报告及有关调查报告应存档备查。

## 装置的维护与维修

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），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）工业电子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。

### 一、日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应包括下列内容：

- (1) 工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- (2) 辐照装置安全连锁控制显示状况；
- (3) 个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。

## 二、月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正，月检查项目至少应包括：

- (1) 辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- (2) 控制台及其他所有紧急停止按钮；
- (3) 通风系统的有效性；
- (4) 验证安全联锁功能的有效性；
- (5) 烟雾报警器功能正常。

## 三、半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每 6 个月定期进行检查，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括：

- (1) 配合年检修的检测；
- (2) 全部安全设备和控制系统运行状况

建设单位须建立与项目有关运行及维修维护记录制度。本项目工业电子加速器由建设单位四川九洲线缆有限责任公司负责运行使用，设备维修由生产厂家负责。

## 辐射事故应急

### 一、事故应急预案内容

为了应对生产运行中的事故和突发事件，建设单位拟制订辐射事故应急预案，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，待项目建设完成后建设单位应制定并完善辐射事故应急方案，明确以下几个方面：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急的具体人员和联系电话；
- (3) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (4) 辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

## 二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，公司应迅速、有效采取以下应急措施：

(1) 一旦发现射线装置被盗或者丢失，及时向公安部门、生态环境主管部门和卫生健康部门报告。

(2) 发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，立即撤出调试机房，关闭调试机房防护门，同时向公司主管领导报告。

(3) 公司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。

(4) 事故发生后的2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

(5) 最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

## 三、其他要求

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

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

表 13 结论与建议

## 结论

### 一、项目概况

**项目名称：**四川九洲线缆有限责任公司高能电子辐照交联绝缘生产线能力建设

**项目性质：**新建

**建设单位：**四川九洲线缆有限责任公司

**建设地点：**四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内

### 建设内容与规模：

四川九洲线缆有限责任公司位于四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号拟在 105 厂房内西南角建设 1 座工业电子加速器机房，于机房内配备 1 台工业电子加速器，本次拟新增的工业电子加速器型号为：AB2.0/50-1400（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构），属于 II 类射线装置。根据公司初步规划，本项目工业电子加速器最大出束时间约为 3750h，用于对电线电缆等产品进行辐照改性加工。

### 二、项目产业政策符合性结论

本项目系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第六项“核能”的第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目辐照加工过程中产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求。因此，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和当前产业政策。

### 三、实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性的。

本项目的开展，在给企业带来利益同时，对工作人员和公众的外照射引起的年有

效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值，在采取了相应的辐射防护措施后，项目所致的辐射危害可得到有效控制，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”要求。

#### **四、项目选址合理性结论**

四川九洲线缆有限责任公司位于四川省绵阳市绵阳高新区科技城大道南段 89 号，本项目所在地用地性质为工业用地。

本项目建设地点为项目厂区内，从周边外环境关系可知，厂区周边规划为工业园区及市政道路，周边无自然保护区等生态环境保护目标，无大的环境制约因素。拟建辐射工作场所有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽防护及采取相应的治理措施后对辐射工作人员及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）中的剂量限值要求和本报告表确定的剂量约束值的要求，从辐射安全防护角度分析，本项目选址是合理的。

#### **五、区域环境质量现状**

根据监测结果，本项目工业电子加速器机房拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测值与绵阳市天然贯穿辐射水平相当，属于正常本底范围。

#### **六、环境影响分析结论**

##### **1、施工期环境影响分析**

本项目施工工程量较小，施工时间短，但随着施工结束后影响即可消除。

##### **2、营运期正常工况下辐射环境影响**

###### **（1）辐射环境影响分析结论**

在严格落实环评提出的要求后，本项目所致职业人员年剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 - 2002）的辐射剂量限值要求，同时也符合本报告提出的照射剂量约束值要求（职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a）。评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

###### **（2）水环境影响分析**

本项目产生的废水主要为生活污水和冷却废水，冷却水循环使用每年排放 1 次，排放时与生活污水一起依托厂区建设的污水处理设施处理后纳入市政污水管网并进入污水处理厂处理。

###### **（3）固体废物影响分析**

本项目营运期间，产生的固体废物主要为生活垃圾和不合格产品。工作人员产生的生活垃圾经收集后，统一交由当地环卫部门处理；运营过程中不合格的产品进行重新辐照后仍然不合格的，作为一般固体废物处理，对周围环境影响很小。

#### **(4) 噪声**

本项目运行时产生噪声主要有离心风机、真空系统、高压系统等。建设单位拟使用的风机为低噪声节能排风机，采取基础减震等措施，且本项目属于规划的工业用地，并经建筑物墙体隔声及公司场址内的距离衰减后，本项目所在单位厂界噪声能够满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类区标准限值的要求。

#### **(5) 大气环境影响分析**

开机出束期间产生的X射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧和氮氧化物。臭氧和氮氧化物经排风系统抽取后排放，对周围大气环境影响轻微。

### **3、事故工况下环境影响**

经分析，本项目可能发生的辐射事故等级为一般辐射事故或较大辐射事故。环评认为，针对本项目可能发生的辐射事故，四川九洲线缆有限责任公司须按相关规定制定《辐射事故应急预案》后能够有效控制并消除事故影响。

### **七、射线装置使用与安全管理综合能力**

四川九洲线缆有限责任公司拟配置专业的辐射工作人员及辐射安全管理人员，拟建立完善的辐射安全管理机构，有符合国家环境保护标准和安全防护要求的场所、设施和设备；拟建立完善的辐射安全管理制度、辐射事故应急措施；在根据《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》等要求制定《辐射安全管理规定》及《辐射工作设备操作规程》等相关管理制度后，认真落实并定期对辐射防护设施进行检查维护的前提下，具有对射线装置的使用和安全管理能力。

### **八、项目环境可行性结论**

综上所述，本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布局合理。项目拟采取的辐射防护措施技术可行，措施有效；项目制定的管理制度、事故防范措施及应急方法等能够有效的避免或减少工作人员和公众的辐射危害。在认真落实项目工艺设计及本报告表提出的相应防护对策和措施，严格执行“三同时”制度，严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众所受照射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 - 2002）规定的剂量限值和本环评提出的剂量约束值。评价认为，

从辐射安全与防护以及环境影响角度分析，本项目建设是可行的。

### 九、项目竣工环境保护验收检查内容

本项目建成后，建设单位应严格按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

**（1）验收工作程序：**主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

**（2）验收自查：**对本项目环境影响报告表及其审批部门审批决定等文件，自查项目建设性质、规模、地点，主要生产工艺、辐射源项、项目主体工程、辅助工程规模等情况；说明施工合同、监理合同中辐射安全与防护设施的建设内容和要求，辐射安全与防护设施建设进度和资金使用内容，项目实际环保投资总额占项目实际总投资额的百分比情况；自查本项目辐射安全与防护设施建成情况；自查本项目辐射安全与防护措施的落实情况；自查法规制度执行情况（包括人员培训考核、个人剂量管理、辐射监测、台账管理等）。

**（3）验收监测：**建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等。验收单位制定验收监测质量保证和质量控制工作方案。

建设单位在完成验收监测与检查后，建设单位应组织编制验收监测报告（参照HJ 1326-2023 格式要求），对监测数据和检查结果进行分析、评价并得出结论。结论应明确辐射安全与防护设施运行效果，项目对辐射工作人员、公众和周边环境的辐射影响情况等。

**（4）后续工作：**验收监测报告编制完成后，进入后续验收工作程序，提出验收意见，编制“其他需要说明的事项”，形成验收报告。验收报告包括验收监测报告、验收意见和“其他需要说明的事项”三项内容。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、辐射安全与防护设施/措施落实情况、工程建设对环境的影响、验收结论和后续要求。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于2017年12月1日上线试运行，网址为：<http://114.251.10.205>，建设单位应将验收报告通过全国建设项目竣工环境保

护验收信息系统平台向社会公开及备案，并形成验收档案。

## 建议和承诺

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。

2、公司应加强管理，安排辐射工作人员在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>）学习辐射安全和防护知识并进行考试，以取得辐射安全培训合格证，今后培训时间超过5年的辐射工作人员，需进行再培训，详见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>）。

3、公司应于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上年度的《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上传。

4、经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志，工作状态指示灯，若出现松动、脱落或损坏，应及时修复或更换。

5、公司须重视控制区和监督区的管理。

6、公司今后在更换辐射安全许可证之前，需登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对相关信息进行修改。

7、本次环评射线装置工作场所，日后如有变化，应另作环境影响评价。

8、根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》以及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023），建设单位应当按照办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用。

## “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	配备后满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求
辐射安全和防护措施	屏蔽措施：本项目工业电子加速器机房四侧墙体及顶部均采用混凝土等材料进行辐射防护。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求
	控制区出入口处设置当心电离辐射警告标志，射线装置机房防护门上方设置工作状态指示灯、门机连锁、配备钥匙开关、巡检装置、光电系统、连锁系统、监控系统、门禁系统、通风系统等	设置后可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等的要求
人员配备	拟配备8名辐射工作人员（其中包含1名辐射安全管理人员）。辐射安全管理人员和辐射工作人员均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学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	设置后满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立辐射工作人员职业健康档案。	
监测仪器和防护用品	配备便携式辐射巡测仪2台、固定式报警仪8套，个人剂量报警仪8台。	设置后可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等的要求
辐射安全管理制度	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、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	制定后满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求。