

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 11 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：15

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		
一、建设单位情况			
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		
二、编制单位情况			
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		
三、编制人员情况			
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, 检测技术咨询服务。(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

企业信用信息公示系统网址: <http://sc.gsxt.gov.cn>

中华人民共和国国家工商行政管理总局监制

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.

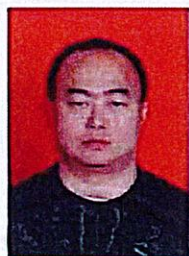


Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



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:

Issued on



2016年10月08日

请妥善保管，遗失无效。

请妥善保管，遗失无效。



参保人姓名：王健旭

四川省社会保险个人参保证明

性别：男

社会保障号码：510182198305264813

(一) 历年参保基本情况

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	234	
失业保险	参保缴费	199	
工伤保险	参保缴费	199	
工伤保险	参保缴费	199	

(二) 2023年11月至2025年10月的参保缴费明细

缴费月份	参保单位编号	类型	养老保险			失业保险			工伤保险			单位：元
			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	
202311	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202312	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202401	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202402	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202403	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202404	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202405	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202406	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202407	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202408	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202409	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202410	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202411	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202412	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202501	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202502	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202503	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202504	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202505	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202506	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202507	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202508	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202509	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	德阳市市本级
202510	5000866419	企业养老	6000	960	480	6000	36	24	6000	50.4	50.4	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.schtrss.org.cn/scggfw/cbzmyz/toPage.do>，凭验证码 B h 2 T b H p b A 3 t h n H a 6 T y D g y S 验证，验证码的有效期至2026 年 01 月 14 日（有效期三个月）。扫描左上角二维码也可验证。

打印时间：2025年10月14日

“得利”“得利”

“得利”“得利”

“得利”“得利”

- 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11月至2025年10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用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

本文件由全国社保卡服务平台提供,任何第三方机构不得用于商业用途,否则将追究法律责任。(202510141845-92000000013)

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

全职证明材料:

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	- 12 -
表 3 非密封放射性物质	- 12 -
表 4 射线装置	- 12 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 13 -
表 6 评价依据	- 14 -
表 7 保护目标与评价标准	- 16 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 20 -
表 9 项目工程分析与源项	- 26 -
表 10 辐射安全与防护	- 41 -
表 11 环境影响分析	- 60 -
表 12 辐射安全管理	- 87 -
表 13 结论与建议	- 96 -

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 本项目所在 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）

附图 6-1 项目 2.0MeV 卧式加速器工艺总图

附图 6-2 项目 2.0MeV 卧式加速器水管预埋图

附图 6-3 项目 2.0MeV 卧式加速器风管、气管预埋图

附图 6-4 项目 2.0MeV 卧式加速器预埋件图

附图 6-5 项目 2.0MeV 卧式加速器线管预埋示意图

附图 6-6 项目 2.0MeV 卧式加速器安全联锁图

附图 6-7 项目 2.0MeV 卧式加速器照明示意图

附图 6-8 项目 2.0MeV 卧式加速器配电配置图

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 与本项目有关的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

附件 7 设计单位提供的加速器主要指标参数依据

表 1 项目基本情况

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	1 [REDACTED]
注册地址		四川省绵阳市高新区科技城大道南段 89 号			
项目建设地点		四川省绵阳市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		绵阳科技城新型工业化和数字经济局	批准文号	川投资备【2506-510798-07-02-703760】JXQB-0169 号	
建设项目总投资（万元）	[REDACTED]	项目环保总投资（万元）	[REDACTED]	投资比例（环保投资/总投资）	[REDACTED]
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	443
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	项目概述 一、建设单位简介 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电线/电缆绝缘层、护套等材料交联改性。适用导体包括但不限于第一、二、五、六导体。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 型工业电子加速器(卧式结构，电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 50mA)，属于 II 类射线装置，主要用于电线/电缆绝缘层、护套等材料交联改性。

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，本次拟新增的 1 台工业电子加速器型号为：AB2.0（电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 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：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在 105 厂房内西南角拟建设 1 座工业电子加速器机房，机房呈西南向东北布置，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 型工业电子加速器，其电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 50mA，为卧式结构，扫描宽度为 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 4000h，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、二层主机室和三层主体钢筒放置平台组成，主机室、辐照室、三层主体钢筒放置平台通过楼梯连接。

工业电子加速器机房一层辐照室室内有效使用面积约为 41.8m²（不含迷道），长 7.60m×宽 5.50m×高 2.60m，辐照室西南侧、西北侧及东南侧墙体均为 1600mm 厚现浇混凝土；东北侧和东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 1500mm~1600mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 800mm~1500mm 厚现浇混凝土，迷道门位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门，辐照室顶部为 0.4mm 厚折边带衬不锈钢饰面+600mm 厚现浇混凝土。

主机室位于辐照室楼上二层，主机室内有效使用面积约为 24.44m²（不含迷道），长 4.25m×宽 5.75m×高 2.10m，主机室西北侧、东北侧及东南侧墙体均为 650mm 厚现浇混凝土；西南侧和东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 400mm~650mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 650mm 厚现浇混凝土，迷道门朝向位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门，主机室顶部为 500mm 厚现浇混凝土，同时在加速管钢筒顶部设置厚度为 100mm 的普通碳钢移动屏蔽（检修时移动）。

公司拟在 105 厂房内工业电子加速器机房东北侧设置收放线系统（双收双放系统），待辐照的电线电缆由收放线装置自动运行，由辐照室东北侧进出辐照室。

（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	辐照室室内有效使用面积约为 41.8m ² （不含迷道），长 7.60m×宽 5.50m×高 2.60m，辐照室西南侧、西北侧及东南侧墙体均为 1600mm 厚现浇混凝土；东北侧和东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 1500mm~1600mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 800mm~1500mm 厚现浇混凝土，迷道门位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门，辐照室顶部为 0.4mm 厚折边带衬不锈钢饰面+600mm 厚现浇混凝土。	施工废气、施工噪声、施工废水、固体废物、生活污水、生活垃圾。施工期设备调试会产生：X 射线、电子线、噪声、臭氧及氮氧化物。	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	主机室位于辐照室楼上二层，主机室内有效使用面积约为 24.44m ² （不含迷道），长 4.25m×宽 5.75m×高 2.10m，主机室西北侧、东北侧及东南侧墙体均为 650mm 厚现浇混凝土；西南侧和东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 400mm~650mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 650mm 厚现浇混凝土，迷道门位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门，主机室顶部为 500mm 厚现浇混凝土，同时在加速管钢筒顶部设置厚度为 100mm 的普通碳钢移动屏蔽（检修时移动）。		
		射线装置	工业电子加速器型号为 AB2.0 型，为卧式结构，其主要参数为：电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 50mA，扫描宽度为 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。		
	辅助工程		工业电子加速器机房控制区、收放线缆装置、水冷机组等		\
	环保工程		废水治理：运营过程中产生的生活污水依托既有污水		臭氧、氮

	收集系统和处理装置处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。 加速器自带冷却水循环系统，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，加速器冷却循环水为纯水，直接外购，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，故可循环使用，仅需定期外购纯水补充损耗量。 线缆降温喷淋废水进入辐照室内设置的排水沟中排入厂区污水管网，进入厂区已建污水处理设施处理后排放。 废气治理：拟设置机械送排风系统 1 套，排风机（排风量为 15796m³/h）置于 105 厂房外，臭氧经排风系统抽取后引至 105 厂房外高于 105 厂房 3m 排放。 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。 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，作为一般工业固体废物处理。		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	/	加速器及配套设备用电
水	加速器循环冷却水*	1.365m ³	外购纯水	H ₂ O	加速器及配套设备间接冷却用水
	喷淋降温水	2000m ³ /a	自来水	H ₂ O	喷淋降温冷却
	生活用水	260m ³ /a	自来水	H ₂ O	工作人员生活

*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 1.3m³，年合计补充损耗量约为 0.065m³。

本项目建成后工业电子加速器机房（AB2.0 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 型）辐照种类及出束时间一览表

序号	辐照产品类别	辐照产品长度（km/a）	辐照时间（h/a）
1	低烟无卤电线电缆	12800	800
2	光伏电缆	1600	1000
3	橡套电缆	1500	1000

4	航空航天线	900	600
5	新能源电缆	900	600
合计		17700	4000

（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 四川九洲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	电子束能量	额定电子束流	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	2.0MeV	50mA	II	电子	使用	竖直向下	105 厂房内西南侧 工业电子加速器 机房

（五）项目依托设施

1、依托办公设施：办公区依托厂区内已建设的办公生活设施。

2、依托环保设施：

（1）废水处理设施

根据后文分析，加速器循环冷却水可循环使用，不外排，仅需定期补充损耗量。本项目外排废水主要为辐射工作人员生活污水和产品降温喷淋废水，项目生活污水每日最大排放量为 $0.64\text{m}^3/\text{d}$ ，喷淋废水每日最大排放量为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ ，合计排放量为 $7.84\text{m}^3/\text{d}$ 。本项目喷淋水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。

厂区内建设有容积为 200m^3 的预处理池，厂区内目前已建设的各项目合计排水量为 $164.31\text{m}^3/\text{d}$ ，故本项目拟依托的预处理池剩余处理量为 $35.69\text{m}^3/\text{d}$ ，本项目最大污水排放量预计为 $7.84\text{m}^3/\text{d}$ ，小于拟依托的预处理池剩余处理量，故依托可行。

（2）固废处理设施

本项目生活垃圾每日产生量约为 $4\text{kg}/\text{d}$ ，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，每班每天最长工作 8 小时，年工作时间为 250 天，加速器年出束时间最大为 4000h。则每班辐射工作人员最长年工作时间为 2000h。

人员配置：本项目拟配置辐射工作人员 8 人（其中 2 名辐射安全管理员，2 名巡

检员、4 名操作员），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（1 名辐射安全管理员、1 名巡检员、2 名操作员）。项目辐射工作人员同时负责收放线区域工作。

本项目辐射工作人员仅负责维保检查，根据设备厂家提供的维保检查记录表进行维保检查。设备安装调试、检修均由设备厂家专业人员负责。

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‘国家核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）报名并参加考核。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”。本项目拟新增的 8 名辐射工作人员（其中包含 2 名辐射安全管理人员）须在“国家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高新区科技城大道南段 89 号，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），厂区用地性质为工业用地（详见附件 3）。同时根据现场勘查，四川九洲线缆有限责任公司整个厂区大致呈“◇”，厂区周边外环境关系如下：

四川九洲线缆有限责任公司厂区北侧及西北侧为中国（绵阳）科技城人工智能产业园；东北侧及南侧为待建空地；东南侧为四川隆盛工业园区；南侧为绵阳德鑫机械有限公司；西南侧为绵阳高新区资江电子元件有限公司和祥尔工业园；西侧为中国电子科技集团公司第九研究所。



图 1-2 四川九洲线缆有限责任公司厂区周边外环境关系图

项目拟新建的工业电子加速器机房（屏蔽体）位于厂区 105 厂房内西南侧角，机房（屏蔽体）50m 范围外环境关系如下：

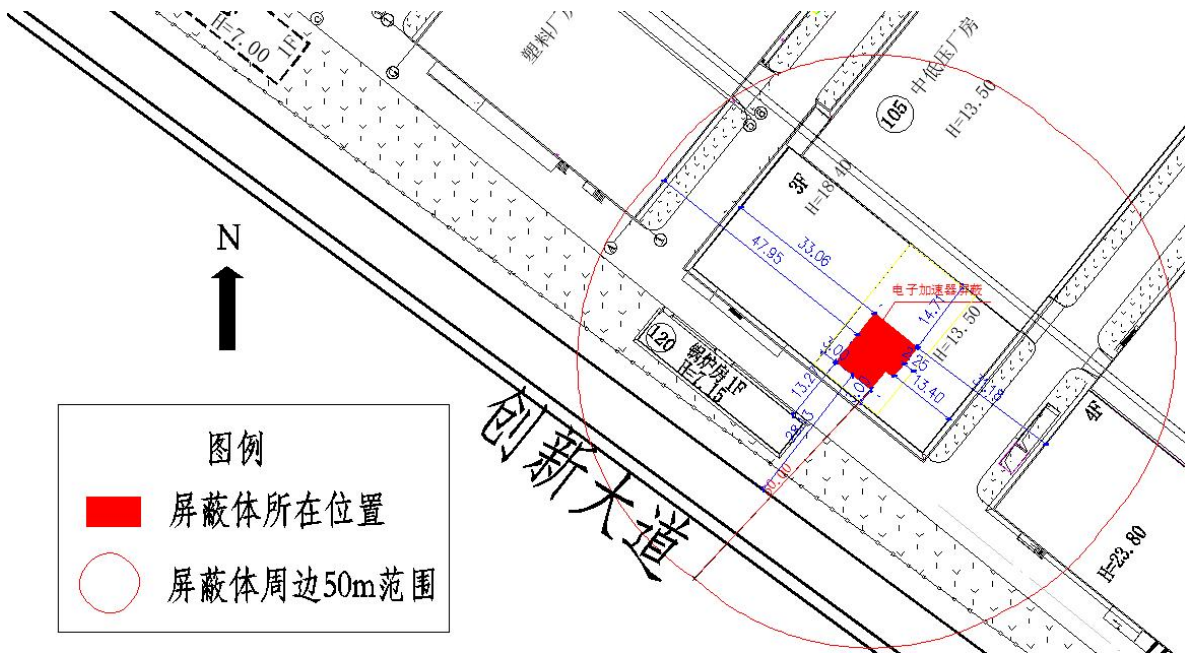


图 1-3 本项目屏蔽体周围 50m 范围内外环境关系图

东北侧临近本次新建的双收双放线缆区，14.71m 为 105 厂房内其余生产区；东南

侧 2.25m 为 105 厂房内其余生产区, 13.40m 为 105 厂房外绿化及道路, 31.18m 为 106 厂房; 西南侧 3m 为 105 厂房外绿化及道路, 13.27m 为厂区锅炉房, 28.13m 为厂区外市政道路-创新大道; 西北侧 3m 为 105 厂房内其余生产区, 33.06m 为 105 厂房外绿化及道路, 47.95m 为 104 厂房。

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	通信光电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; 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。	已完成建设, 并完成验收(绵环验(2017)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

本项目工业电子加速器拟建设于 105 厂房内, 该厂房已在《装备用线缆生产能力建设项目》中进行环境影响评价。本项目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。

项目建设地点为已建车间内，从厂区周边外环境关系可知，厂区周边主要为生产企业及市政道路。但项目工业电子加速器机房设置于企业内部人员流动相对较少区域，工业电子加速器机房 50m 范围主要为厂区内厂房、道路、锅炉房，人员相对不密集。拟建的工业电子加速器机房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，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。

辐照技术通过高能电子束轰击线缆绝缘层（如聚乙烯、聚氯乙烯），能显著提升材料机械强度和耐化学腐蚀，使线缆适用于各类严苛环境。辐照剂量通过计算机精确控制，避免传统化学交联（如过氧化物法）对温度、水质的依赖，确保产品质量一致性。电子加速器功率可调，生产速度可达传统工艺的 3-5 倍，有利于提高生产效率，减少能耗。辐照线缆寿命远超普通线缆的 15-20 年，减少更换频率，有助于降低电线电缆使用者的维护成本。辐照交联低烟无卤材料燃烧时不释放 HCl 等有毒气体，有利于大气环境；耐高温、抗电晕特性的电缆，有利于减少输电损耗；辐照后的线缆，耐

宇宙射线、极端温度可用于卫星、火箭；高频信号传输依赖低损耗、抗干扰的辐照屏蔽线。

与传统工艺的对比优势

表 1-6 辐照交联与传统工艺的对比优势

纬度	辐照交联	化学交联（过氧化物/硅烷）	温水交联
工艺温度	常温常压	需高温（>150℃）或温水（70~90℃）	70~90℃温水
交联控制	剂量精确控制，一致性高	依赖温度、时间，易波动	水分渗透不均，质量不稳定
环保性	无化学残留，无污染	需处理化学废液	可能残留卤素
适用场景	高端工业、航空航天、新能源	常规电力电缆	低压、短距离布线

但是，由于在辐照过程中射线的应用可能会造成如下放射性环境问题：

- （1）给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响；
- （2）辐照装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故；

建设单位在开展辐照过程中，对射线装置使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此该核技术应用的实践具有正当性。

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。

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	电子	2.0MeV	50mA	辐照交联	工业电子加速器机房	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，对环境的影响较小
氮氧化物	气体	/	/	/	微量	微量	不暂存	通过排风系统排入外环境，对环境的影响较小
生活污水	液态	/	/	13440kg	200000kg	/	不暂存	市政污水管网
喷淋冷却水	液态	/	/	151200kg	1800000kg	/	不暂存	市政污水管网
固体废物	固态	/	/	166.67kg	2000kg	/	暂存于一般固废暂存间	作为废品交资源回收公司回收

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (11) 《四川省辐射污染防治条例》，2016年6月1日起实施。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； (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）； (3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (6) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；

	(7) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）； (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）； (9) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）； (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）。
其他	(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； (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； (3) 《关于发布<建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部，公告2019年第38号，2019年11月1日起施行； (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； (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； (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； (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。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“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的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，详见附图 2。

保护目标

根据项目周边环境调查，本项目实体屏蔽墙体外 50m 范围内无居民区、学校、自然保护区、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。本项目的环境保护目标为评价范围内活动的本项目的辐射工作人员、厂房内其他员工及周围公众成员，由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析，本项目保护目标距辐射源距离按最近辐射工作场所的距离进行分析，具体环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内辐射环境保护目标一览表

场所	保护目标及相对位置	相对方位	照射类型	相对距离(m)	人数(人/d)	剂量约束值 (mSv/a)
本项目	控制区及收放线缆区域职业人员	辐照室东北侧	职业	紧邻	8	5.0
	巡检职业人员	机房四周	职业	紧邻		5.0
厂区内	105 厂房内 1F 层公共区域	西北侧	公众	3~33.06	流动人员	0.1
	105 厂房内 2F、3F 布设的 35KV 三层共挤干法交联生产线和环保型三层共挤生产线操作人员	西北侧	公众	3~33.06	2	0.1
	105 厂房西北侧外绿化及道路	西北侧	公众	33.06~47.95	流动人员	0.1
	104 厂房生产区域	西北侧	公众	47.95~50	4	0.1
	105 厂房内挤塑生产线人员	辐照室东北侧	公众	14.71~50	6	0.1
	105 厂房内半成品堆放区人员	辐照室东南侧	公众	2.25~13.40	4	0.1
	105 厂房东南侧外绿化及道路	东南侧	公众	13.40~31.18	流动人员	0.1
	106 厂房生产区域	东南侧	公众	31.18~50	10	0.1

	105 厂房西南侧外绿化及道路	西南侧	公众	3~28.17	流动人员	0.1
	厂区锅炉房	西南侧	公众	13.27	3	0.1
厂区外	厂区外市政道路-创新大道	西南侧	公众	28.17~50	流动人员	0.1

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 μ 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 2.5μSv/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/m³。

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）。  图 8-1 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 本项目位于四川九洲线缆有限责任公司 105 厂房内，105 厂房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；东北侧及东侧为四川九洲线缆有限责任公司 107 光缆分厂；东南侧为 106 风电电缆厂房；西南侧为锅炉房及厂区外市政道路创新大道。 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，机房呈西南向东北布置，50m 范围内东北侧临近本次新建的双收双放线缆区，14.71m 为 105 厂房内其余生产区；东南侧 2.25m 为 105 厂房内其余生产区，13.40m 为 105 厂房外绿化及道路，31.18m 为 106 厂房；西南侧 3m 为 105 厂房外绿化及道路，13.27m 为厂区锅炉房，28.13m 为厂区外市政道路-创新大道；西北侧 3m 为 105 厂房内其余生产区，33.06m 为 105 厂房外绿化及道路，47.95m 为 104 厂房。

平面布局示意及外环境关系示意图详见附图 2。

本项目拟建址及其周围环境现状见下图 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 γ 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 γ 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 γ 辐射剂量率	《环境 γ 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。

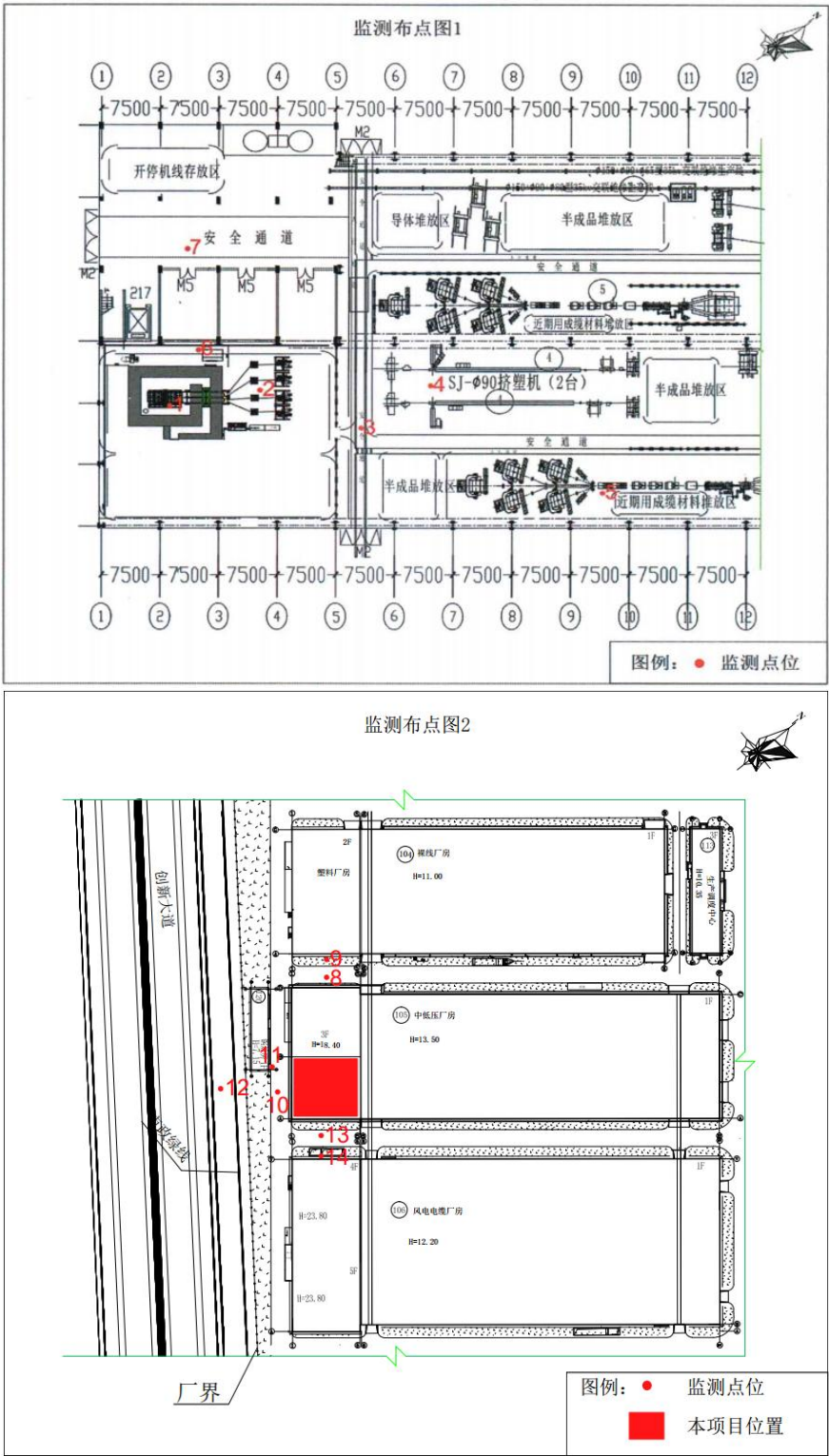


图 8-7 本项目拟建址监测点位示意图

(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-γ辐射剂量率	环境监测用 X-γ 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~200μGy/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γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），使用 ¹³⁷Cs 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γ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γ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±2	室内
2	拟建加速器机房东北侧收放线操作区	103±2	室内
3	拟建加速器机房东北侧车间安全通道	95±3	室内
4	拟建加速器机房东北侧挤塑机操作区	87±1	室内
5	拟建加速器机房东北侧成缆工作区	101±2	室内
6	拟建加速器机房西北侧工装模具间外	105±2	室外
7	拟建加速器机房西北侧车间安全通道	94±2	室内
8	拟建加速器机房西北侧车间外厂区道路	88±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- γ 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 γ 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，在辐照室西南侧墙体预留宽 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）。

要保障辐射屏蔽体二次浇筑效能（即二次浇筑后结构的防辐射性能、整体性、耐久性及安全性），需围绕施工缝设计与处理、材料与配合比控制、施工过程管理、养护与温度控制、质量验收五大核心环节，结合辐射屏蔽的特殊要求（如高密度、低透射率、结构稳定性），采取系统性措施。建议施工过程中采取以下保障措施：

①施工缝位置选择：应避开主筋、预埋件、管线穿墙孔等关键部位，优先设置在结构受力较小、便于施工的区域。

②施工缝形式设计：采用凹凸形、阶梯状或折线形施工缝（而非平面缝），增加射线穿透路径（“迷宫效应”），降低泄漏风险。

③施工缝处理工艺：

清理与凿毛：二次浇筑前，需清除施工缝处浮浆、油污、松散混凝土，露出新鲜混凝土面；并用高压水枪冲洗，确保无杂物残留。

界面增强：在清理后的施工缝表面涂刷界面剂，提高新旧混凝土的粘结强度。

④模板工程：模板选型：采用钢模板或高强度木模板，确保模板刚度（避免胀模、变形）；模板拼缝需严密无缝隙（用胶带密封），防止混凝土漏浆（影响结构整体性）。

⑤支撑体系：二次浇筑的模板支撑需独立于初次浇筑结构（或与初次结构连接牢固），避免因初次结构沉降导致模板变形；支撑间距需加密（如墙体模板支撑间距≤600mm），确保承受二次浇筑混凝土的重量。

⑥预埋件处理：管线穿墙孔、预埋件（如螺栓、管道）需提前预留（避免二次浇筑

时凿孔破坏结构)；预埋件周围需加强模板固定(用螺栓或角钢支撑)，防止混凝土浇筑时移位。

⑦混凝土浇筑：采用分层浇筑(每层厚度 $\leq 500\text{mm}$)，从低向高推进(如墙体从下往上浇筑)。初次浇筑时，墙体混凝土需留置至板下 30cm 处，二次浇筑时再浇筑至顶板；避免一次性浇筑过高(超过模板支撑能力)。采用插入式振捣棒，振捣时需快插慢拔，确保新旧混凝土结合紧密；振捣时间 15-30 秒/点(至混凝土表面泛浆、无气泡冒出)，避免过振(导致骨料下沉、砂浆上浮)或漏振(导致蜂窝、孔洞)，对于墙体根部、转角处、预留孔洞周围，需增加振捣点，确保这些薄弱区域混凝土密实。

⑧辐射屏蔽体的温度裂缝会严重影响防辐射性能(裂缝会成为射线穿透通道)，需通过温度监测与养护，控制混凝土内外温差($\leq 25^{\circ}\text{C}$)。二次浇筑的混凝土需养护 ≥ 14 天，确保混凝土强度增长与裂缝闭合。养护期间需保持混凝土表面湿润(每天浇水 ≥ 2 次，或用塑料布覆盖)，避免表面失水干裂(影响防辐射性能)。

⑨二次浇筑完成后，需通过多维度验收，确保辐射屏蔽体的防辐射性能、结构强度、尺寸偏差符合设计要求。

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：

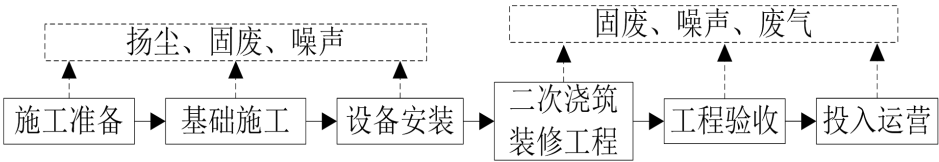


图 9-1 施工期工艺流程图

(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。

本项目拟购的电子加速器的运输、安装和调试均由设备厂家专业人员进行操作。在设备运输、安装、调试过程中，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在运输设备和机房外设立辐射警告标志，禁止无关人员靠近；在设备的调试和维修过程中，加速器射线开关钥匙应安排专人看管，或由维修操作人员随身携带，并在机房入口等关键处设置醒目的警示牌；加速器试用、调试、检修期间，控制室须有工作人员值守；安装调试及维修情况下，任何联锁旁路应通过单位辐射安全管理机构的批准与

见证，工作完成后应及时进行联锁恢复及功能测试。

并且设备的安装调试均在已建成的加速器机房内完成，届时屏蔽墙等屏蔽措施已建成，具有足够的辐射屏蔽能力，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，不会对环境产生明显影响。

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（电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 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。

根据电子加速器厂家提供的资料，本项目拟使用的工业电子加速器技术参数项目见表 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
厂家	无锡爱邦辐射技术有限公司
电子束能量	2.0MeV
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 $1.6\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
最大束流功率	100kW
额定电子束流	50mA
电子扫描宽度	1.6m
能量不稳定性	小于 5%
束流不稳定性	小于 5%
主射束方向	0°方向 $3.0\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$
加速器工作方式	连续

（二）工作原理及设备组成

1、工业电子加速器工作原理

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。

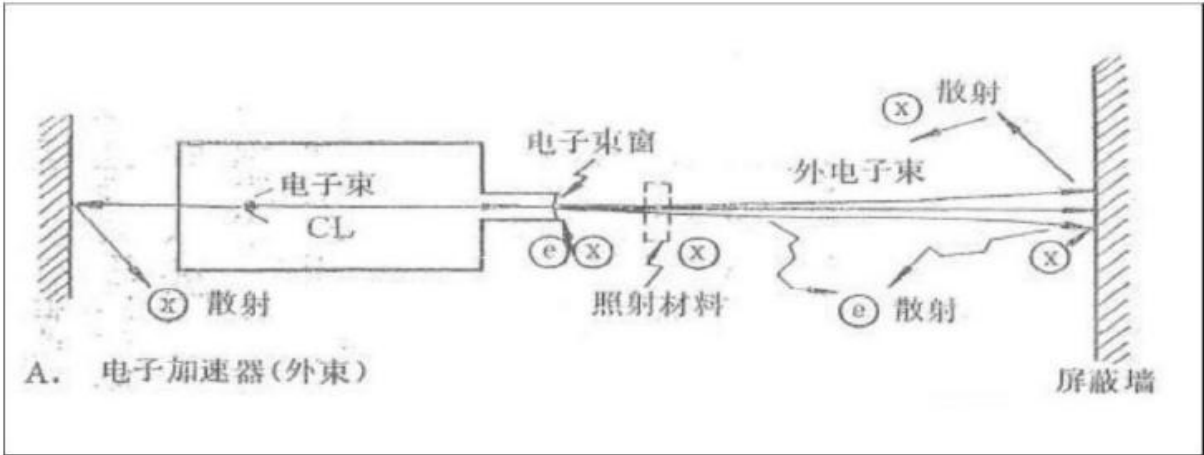


图 9-2 电子加速器产生带电粒子束及 X 射线原理图

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，利用电子束打断高分子链，形成自由基并重新组合成三维网状结构，实现材料的物理交联，改善电缆的耐热性、耐老化性、机械性能及电气性能，以满足高端领域（如核设施、航天器、高层建筑等）对电缆可靠性的严格要求。

2、设备组成

本项目电子辐照加速器主要组成部分包括：电子加速器主机、周边辅助设备、辐射防护和监测、高频振荡器、控制系统等。

电子辐照加速器主体由多个系统和组成，按照其功能分为下列系统：高压发生器系统、头部电源、电子发射和加速系统、电子光学系统、引出扫描系统、真空系统、冷却系统、钛窗冷却装置等。

项目电子加速器基本结构示意图见图 9-2。

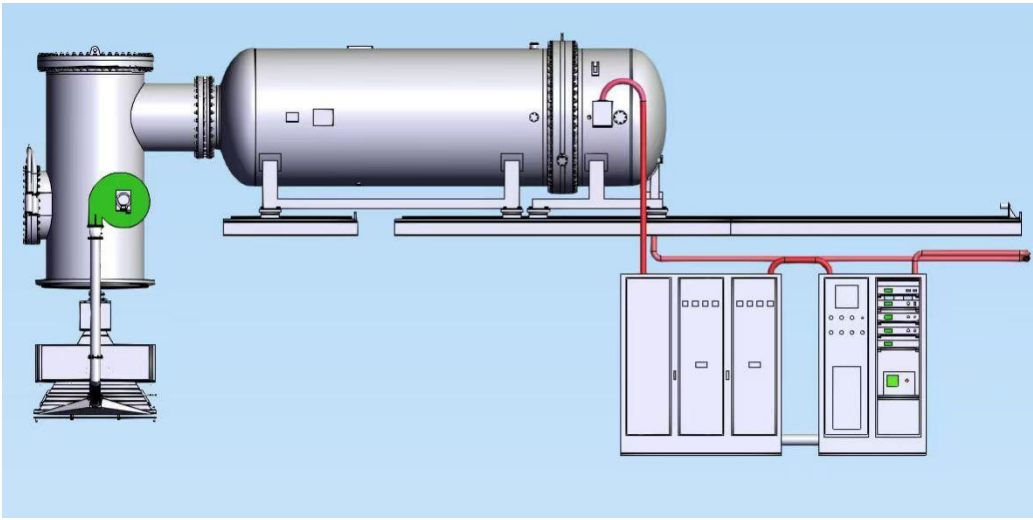


图9-2.1本项目电子加速器外观示意图

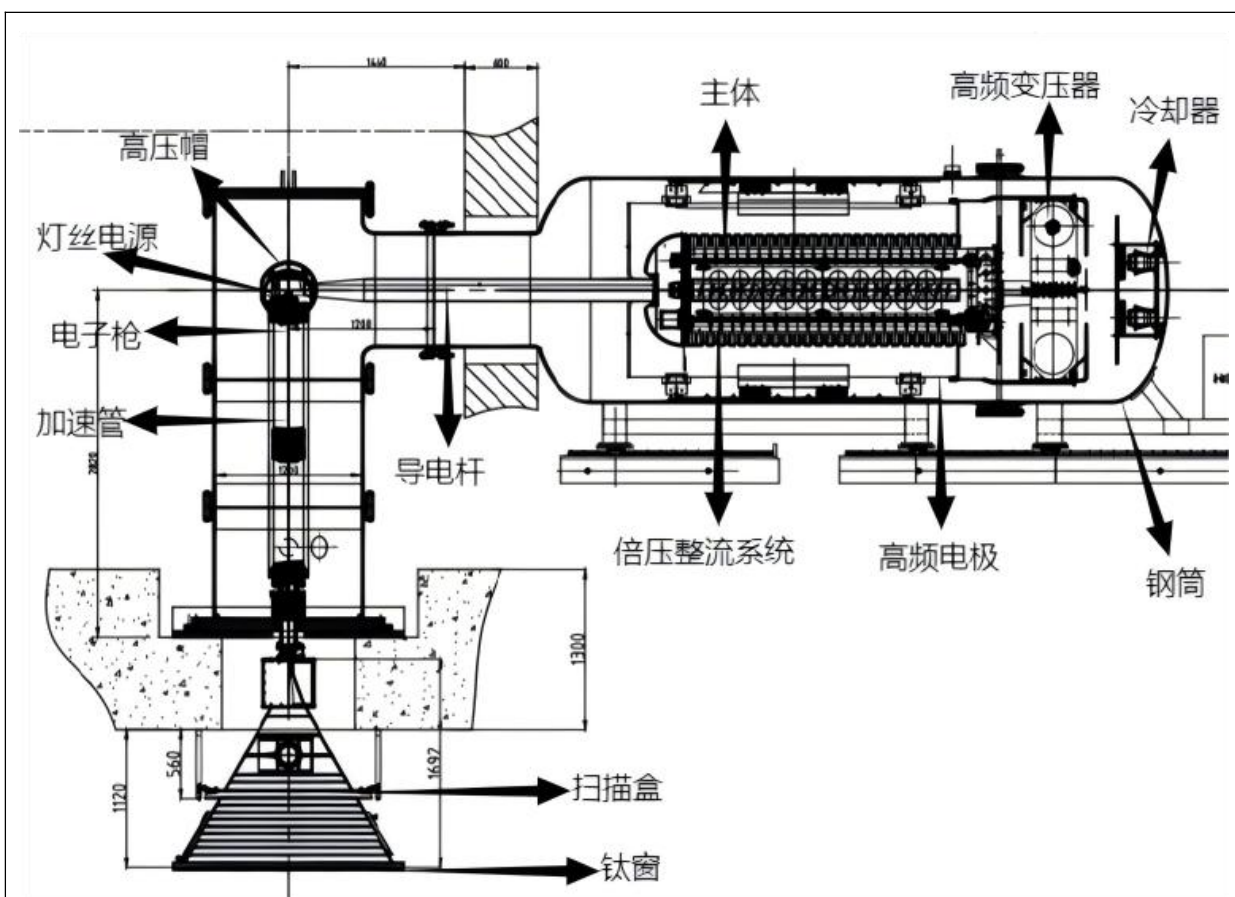


图9-2.2 本项目电子加速器结构示意图

(1) 高压发生器系统：高压发生器系统功能就是产生和维持电子加速器最高电压，主要由高压钢筒、高频变压器、射频电极、高频整流高压柱体构成。

高压钢筒由主体钢筒和加速管钢筒组成，分别为卧式和立式，中间通过法兰连接密封，本项目为卧式。为保证加速器主体几百万伏高压的稳定，加速器柱体必须安放在充有绝缘气体的钢筒内。钢筒内的绝缘气体是氮气和二氧化碳的混合气体，压力为 1.6—1.7MPa。钢筒处在零电位。

高频变压器又称槽路线圈、空心变压器：由若干线圈串接组成，每两个线圈之间有放电球保护，线圈外部有屏蔽环保护。高频变压器安装在中钢筒上端，输入端与振荡器输出电缆连接，输出端与射频电极连接。高频变压器将电子管阳极输出电压升压，输出到射频电极。

射频电极为二只相对而立的金属弧形板，安装在中钢筒内壁，通过绝缘支撑板与钢筒绝缘，上端与高频变压器次级相连。射频电极与钢筒、主体上的耦合环构成一定的分布电容。在射频电极的后面还有一只电极板，构成反馈电容，通过引线从钢筒壁引出，与电子管栅极连接。

高频整流高压柱体是一个圆柱体，由耦合环、高频整流器、高压电极和绝缘子与支持片组合的柱体骨架等组成，垂直安装于钢筒底部。耦合环安装在柱体对应射频电极的两侧，与射频电极构成空间电容，起到耦合高频功率的作用；同时起到均匀分布柱体电压的作用。它是由两端封闭的铝型材弯制成半椭圆形。高频整流器的功能是把射频电极输出的高频功率通过耦合环经整流器整流倍加后产生一个很高电压直流电源。高压电极又称高压帽，安装在柱体顶端，是一个薄壁半圆球，保证高电端对外有均匀而又合理的电场强度。电子加速器的最高电压建立在高压电极上。柱体骨架主要由金属栏杆连接有机玻璃板构成框架，用于安装高压发生器的零部件。高压测量组件用于测量流过测量电阻的电流，可测得加速器的高电压。电阻外围有很好的均压结构，确保测量的稳定性。

(2) 头部电源：头部电源布置在高频整流高压柱体顶端，主要给电子枪供电。电子加速器产生的直流高压就在高压电极（头部）上，它就是加速电子束的高压。高压电极内安装有电子枪，为给处于如此高压下的电子枪灯丝供电，设置了发电机供电，发电机是通过绝缘杆由处在地电位的电动机驱动发电的。

(3) 电子发射和加速系统：电子发射及加速系统是电子加速器的重要系统，它决定电子束流能量，最大电子束流等电子加速器的基本参数和电子加速器的运行可靠性。该系统主要由电子枪、引出系统和加速管组成。

电子枪是电子发射的源头，它像一把手枪，持续向加速管内发射电子，在电子加速器高电压作用下被加速，形成高能电子束。它由灯丝（阴极）、聚焦极和阳极（引出极）组成。灯丝由纯钨丝绕制，被加热到 2000℃ 时开始发射电子；聚焦极初步约束电子束形状；阳极实际上是独立的部件，直接安装在加速管电极片上，用来引出电子，以约束电子定向进入加速管加速。电子束流大小调节，是通过调节灯丝加热电源来实现的。加速管安装于柱体中心，上端安装电子枪，下端与真空系统的管道连接。电子在加速管两端高压的作用下被加速，形成高能电子束。根据需要的加速电压确定加速管的长度。工作时，加速管外部为高气压，内部为高真空，两端为高电压。加速管是加速器的关键部件之一。电子加速器的加速管由两端法兰、电极片、陶瓷绝缘环经过特殊的胶接工艺封装而成。为防止由加速管内部或外部引起的过电压造成加速管损坏，在加速管电极片之间安装有过电压保护球。为使整根加速管有均匀的电压梯度，加速管每个电极之间必须接有分压电阻，形成电阻链。

(4) 电子光学系统：从电子枪发射出来的电子束流是发散的，若不加以约束，具

有能量的电子束轰击电极片或真空管道将造成严重的损坏，失去电子加速器应用的目的。电子光学系统的功能就是使从电子枪发射出的电子束流顺利通过加速管、真空管道和扫描窗变成扫描束，引出钛窗供辐照应用。电子光学系统包括初级聚焦（加速管内电子束进口）、聚焦磁透镜。初级聚焦的工作原理：通过安装在柱体上的一套同位传动装置的伺服电机带动绝缘传动杆转动改变头部的变阻器阻值，进而改变引出电极与电子枪聚焦极的电位差，达到聚焦电子束流的目的。聚焦磁透镜安装在与加速管末端连接的漂移管道上，它是一个螺旋管线圈通上直流电后在四周磁力线偏离中心轴的电子在磁场的作用下，向中心轴靠近，达到聚焦的目的。

（5）引出扫描系统：电子束穿过聚焦透镜后，进入真空漂移管道、经过扫描磁铁组件时在三角波磁场和正弦波磁场的作用下，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窗口引出。这一系统为引出扫描系统，主要部件为束流扫描室、束流扫描磁铁。束流在束流扫描室受到扫描磁场的作用，偏转并形成一定的宽度。电子束穿越加速管后经漂移管进入过扫描磁铁组件时，在三角波磁场和正弦波磁场的作用下，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窗口引出。

（6）真空系统：总的真空系统由两大部分组成，第一部分是抽真空部分，包括电子枪、加速管、漂移管道、扫描室和扫描盒。第二部分是抽真空用的真空机组，通常由旋片式真空泵、分子泵、溅射离子泵、真空管道、真空阀门和真空测量组成。真空系统的功能就是建立、维持电子发射、加速和引出扫描空间良好的真空度。也只有在良好真空度的条件下，电子束流才能顺利穿越钛窗，实现辐照加工的目的。

低真空机组建立和维持低真空，同时作为高真空机组的前级机组，它主要由旋片式真空泵、真空管道、真空阀门、真空软管道、接口卡箍等组成。高真空机组在低真空的基础上逐步建立和保持高真空，主要由分子泵、溅射离子泵和高真空插板阀等组成。

（7）冷却系统：电子加速器钢筒内电源器件有功率消耗，会使绝缘气体温度上升。真空系统内扫描盒、光栏内壁会受到散射束流轰击，温度升高。分子泵高速运转，需要降温。另外高频振荡器电子管工作阳极需要冷却。可见，为确保电子加速器正常运行，必须设置冷却系统，对各需要冷却降温部分输出冷却介质，置换热量。AB2.0 型电子加速器上设计了一套独立的冷却系统，冷却钢筒内部、真空系统部件及振荡器电子管。

（8）钛窗冷却装置：当电子束流通过钛箔时要损耗部分能量，在电子能量 2.0MeV 时，一般要在钛箔上损耗 14.5keV。若电子加速器在 2.0MeV、40mA 运行，钛箔上吸收

的能量为 512W，钛箔散热条件极差，512W 的功率会不断积累以至温度不断升高，很快达到熔化程度，所以钛窗冷却十分重要。AB2.0 型加速器对钛窗进行冷却的主要方式是风冷，高压离心风机产生的强大气流不断通过吹嘴以 14m/s 的速度掠过钛箔表面，带走钛箔的热量。启动高压前，必须先启动“钛窗风机”。控制系统设计了安全连锁，在风管道上安装有微压差开关，在风管道内有风流量时，开关触点闭合后，高压可以启动。高压运行中若风管内无风流量，则高压瞬间切断。

（三）线缆辐照工艺流程及产污环节

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下图 9-3 所示。

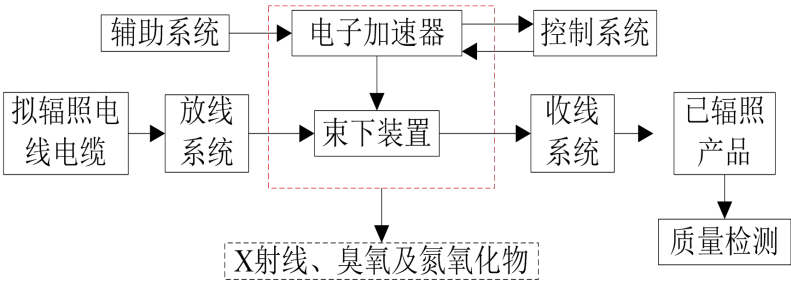


图 9-3 工业电子加速器辐照产品的工作流程和主要产污环节示意图

辐照产品工艺流程：

- 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、将电线电缆放置双收双放系统上，调整收、放系统的位置；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。
- 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，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；巡视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东北侧线路穿入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东北侧线路穿出口送出，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、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。

由图 9-3 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、设备运行过程产生的噪声、电缆冷却水。

（四）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（电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 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 2 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 16h，8h/班，全年运行约 250 天。每班辐射工作人员工作时间为 2000h。

（五）项目人员流动路径规划

本项目的人流和物流安排如下：

1、人流路径：本项目辐射工作人员在开机运行前，依次从检查控制台、收放线区、

冷水机组后进入一层辐照室检查辐照室和辐射安全装置情况并清场后，通过外侧楼梯上到二层的主机室检查辐射安全装置情况，最后到三层平台主体钢筒情况后，回到一层检查辐照室外侧一层东北侧加速器振荡柜区、电子加速器控制柜区、束下控制柜区，最后返回一层辐照室东北侧控制台进行操作。工作人员每日检查了设备情况，同时确保了辐照室、主机室及三层平台无人员滞留，巡查路径既未重复又能够满足巡查要求，故人员流经路径合理。人流巡查路径详见下图：

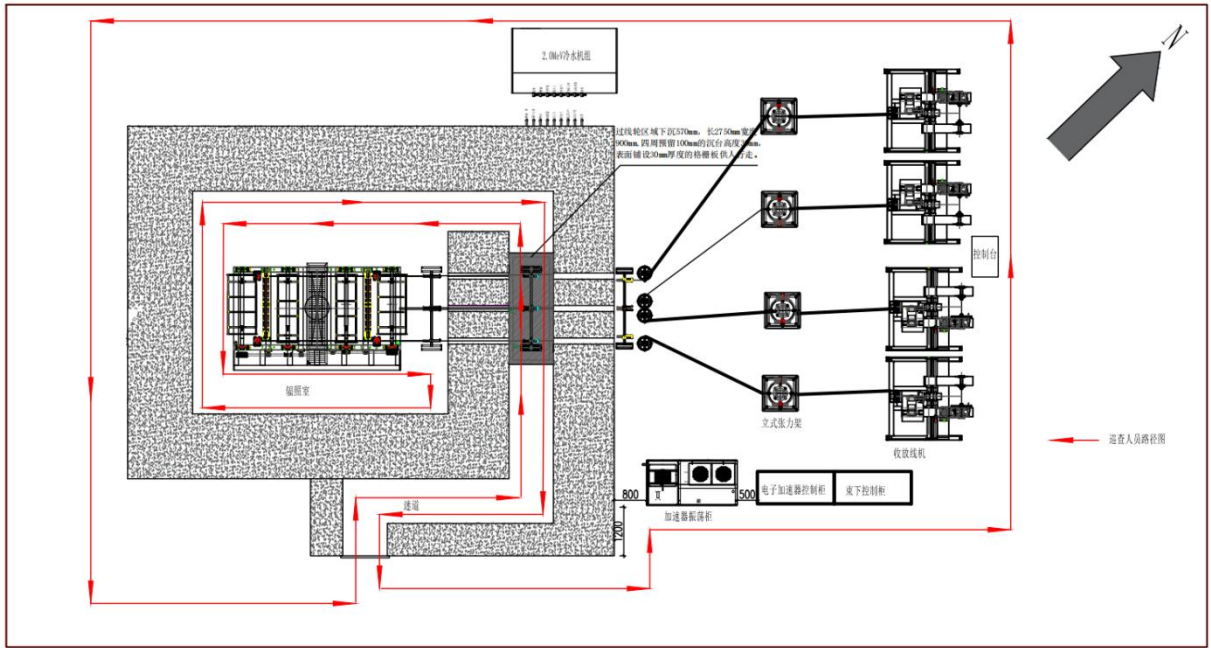


图 9-4.1 项目辐射工作人员巡查路径图（一层辐照室及收放线缆区域）

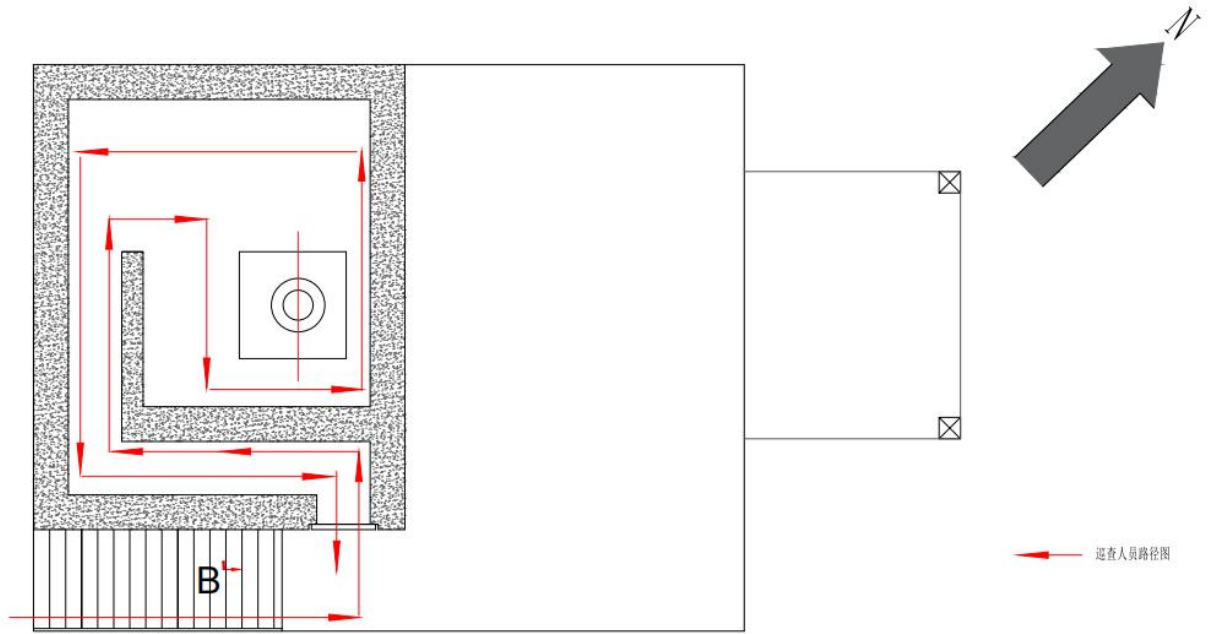
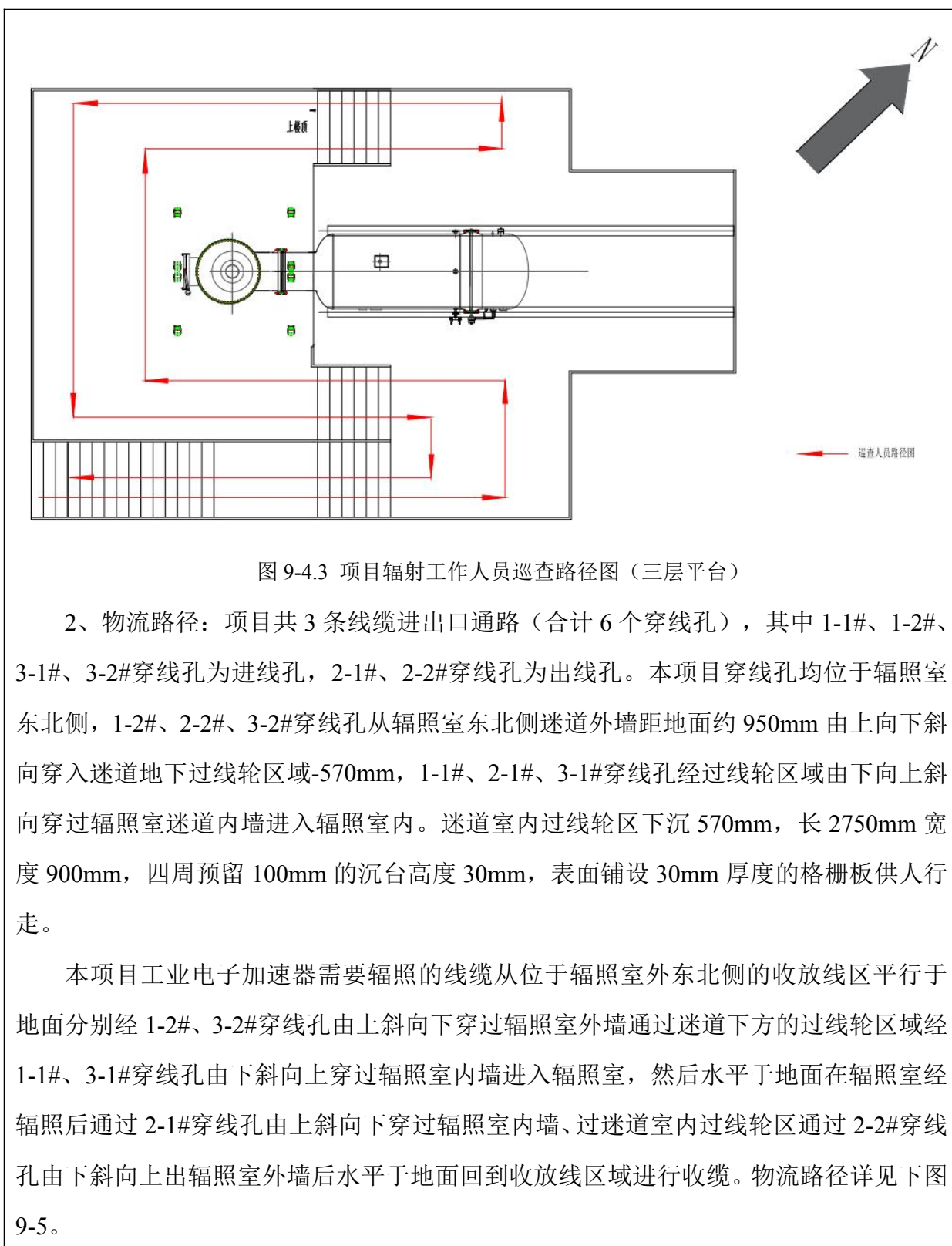


图 9-4.2 项目辐射工作人员巡查路径图（二楼主机室）



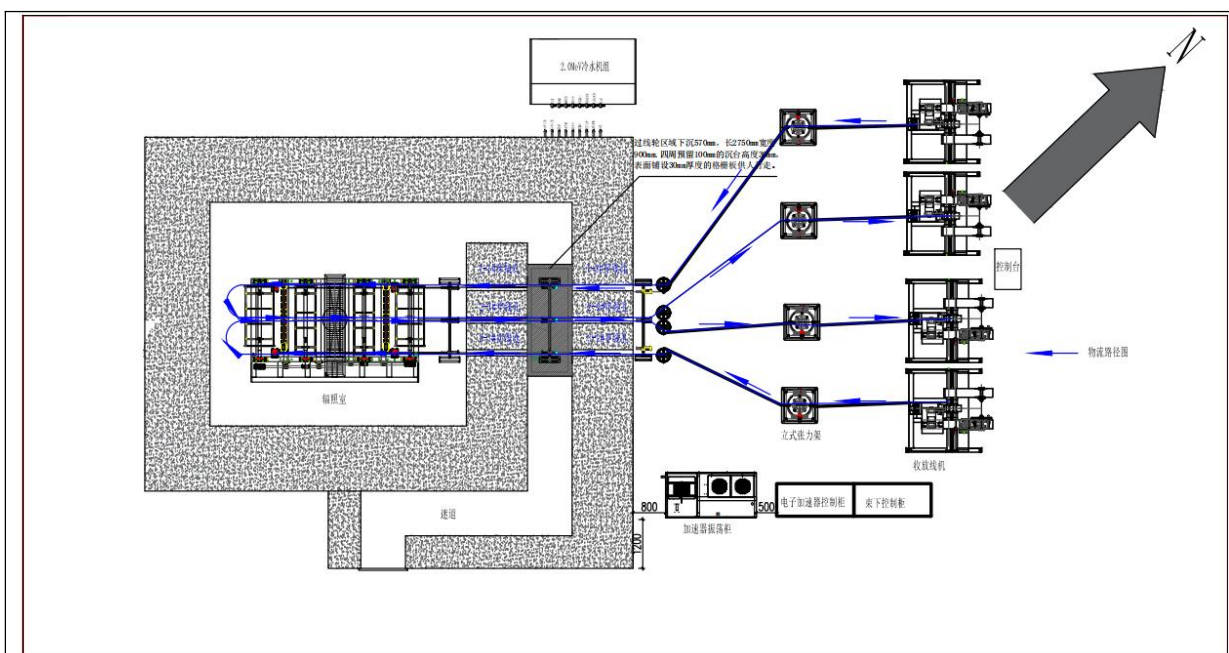


图 9-5.1 项目线缆输送路径平面示意图

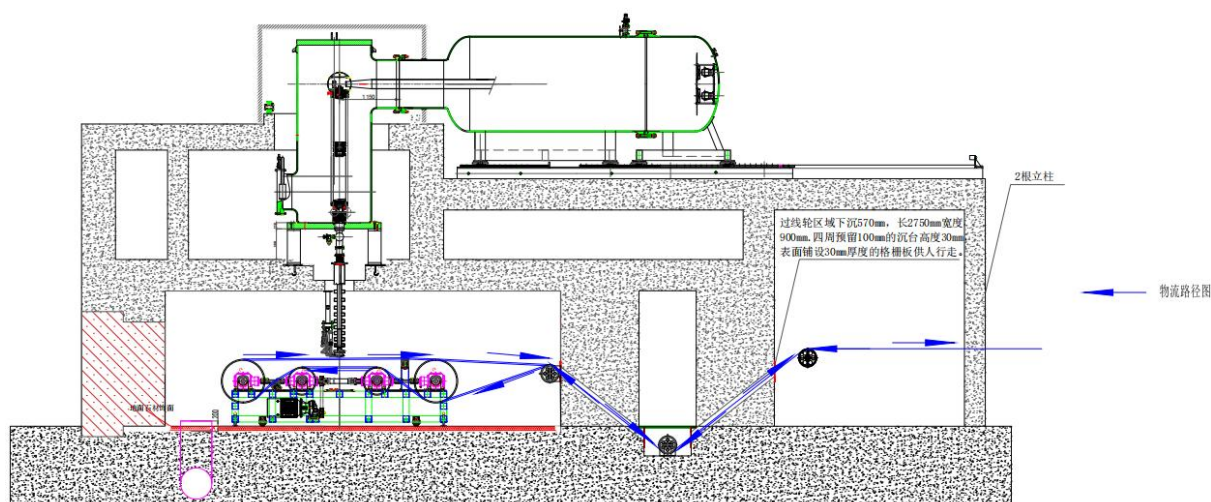


图 9-5.2 项目线缆输送路径剖面示意图

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。由于厂区地面已进行硬化，施工车辆轮胎沾染泥土量极少，基本不会携带泥土，故拟不设置轮胎冲洗池。无施工废水产生。

生活污水：根据设备厂家提供资料，预计施工人员为 4 人，施工时间约为 35 天，生活用水按每人每天 100L 计，则施工期生活污水产生量为 0.4m³/d，14m³/a，污水排水

量按用水量的 0.8 计,则污水排放量为 $0.32\text{m}^3/\text{d}$,施工期间生活污水排放量合计为 11.2m^3 。产生的生活污水依托既有污水收集系统和处理装置处理达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)三级标准后排入市政污水管网。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:施工人员共 4 人,施工时间约为 35 天,生活垃圾每天产生量约 $0.5\text{kg}/\text{人}$,生活垃圾产生量为 $2\text{kg}/\text{d}$,施工期间共产生 70kg 生活垃圾,由建设单位进行统一集中收集,并交由当地环卫部门清运。

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 型工业电子加速器电子束能量为 2.0MeV ,额定电子束流为 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：本项目共拟配置辐射工作人员 8 人，工作时间是实行两班轮换制，每年工作 250 天。生活垃圾每天产生量约 0.5kg/人，生活垃圾产生量为 4kg/d，1t/a，由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

不合格产品：建设单位拟严格按照章程进行生产，降低不合格产品产生，保守预估不合格产品产生量约为 1t/a。作为一般固废外售给资源回收公司。

综上，本项目产生的固体废物经妥善处理对周围环境影响较小。

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。产生情况详见后文分析。

3、废水

本项目运营过程中主要产生辐照工作人员生活污水、加速器冷却循环水、线缆降温冷却水。

（1）生活污水：本项目运行期废水主要为辐射工作人员的生活污水，本项目共拟配置辐射工作人员 8 人，工作时间是实行两班轮换制，每年工作 250 天。生活用水按每人每天 100L 计，则生活污水产生量为 0.8m³/d，200m³/a，污水排水量按用水量的 0.8 计，则污水排放量为 0.64m³/d，生活污水排放量为 160m³/a。产生的生活污水依托既有污水收

集系统和处理装置处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。

（2）加速器冷却水循环系统：加速器自带冷却水循环系统，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 1.3m^3 ，运营过程中自然耗损量极少，约 $0.065\text{m}^3/\text{a}$ 。加速器冷却循环水为纯水，直接外购，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，故可循环使用，仅需定期外购纯水补充损耗量。

（3）线缆降温喷淋水：根据设计资料，束下喷淋降温使用自来水，喷淋设计最大流量为 $0.9\text{m}^3/\text{h}$ ，日常使用流量为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，本次按日常使用流量 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 计，每天工作 16h，每年工作 250 天，年工作时间为 4000h，则喷淋用水量为 $2000\text{m}^3/\text{a}$ ，自然蒸发量按 10%计，剩余 90%均排放，则喷淋废水每日排放量为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ ，年排放量为 $1800\text{m}^3/\text{a}$ 。排放废水进入辐照室内设置的排水沟中排入厂区污水管网，进入厂区已建污水处理设施处理后排放。

4、噪声

本项目的噪声主要来自于臭氧风机、冷却水水泵、加速器主体设备。项目产噪设备详细信息如下：

表 9-2 主要产噪设数量、安装位置及源强一览表

主要产噪设备	运行台/套数	源强声压级	安装位置	治理措施
臭氧风机	1	80	105 厂房外，西侧墙体旁	设备选用低噪声设备、基础减振、距离衰减
冷却水系统	1	65	105 厂房内，电子加速器机房外，西北侧墙体旁	设备选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减
加速器主体设备	1	65	105 厂房内，电子加速器机房内	设备选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减

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拟在厂区内 105 厂房西南侧新建 1 间电子加速器机房及配套辅助区域，拟在加速器机房安装使用一台 2.0MeV 电子加速器用于线缆辐照交联。

加速器机房为三层钢筋混凝土建筑物，无地下层，一层为辐照室，二层为主机室，三层为主体钢筒平台，105 厂房内加速器机房一层辐照室外设置有冷水机组、控制柜区域、收放线区域、控制台等辅助区域，105 厂房外西侧设置臭氧风机机组。

加速器装置主要放置于二层主机室，线状电子束经扫描引出系统和辐照室屋顶进源孔进入辐照室扫描盒。本项目一层平面图、二层主机室平面图、剖面图见图 10-1。

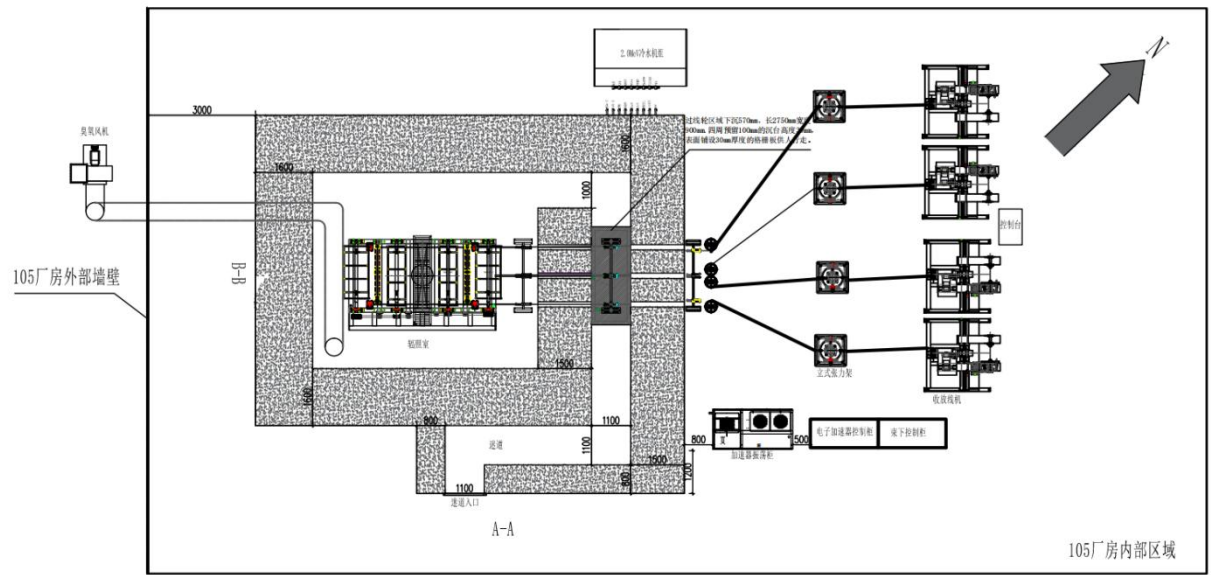
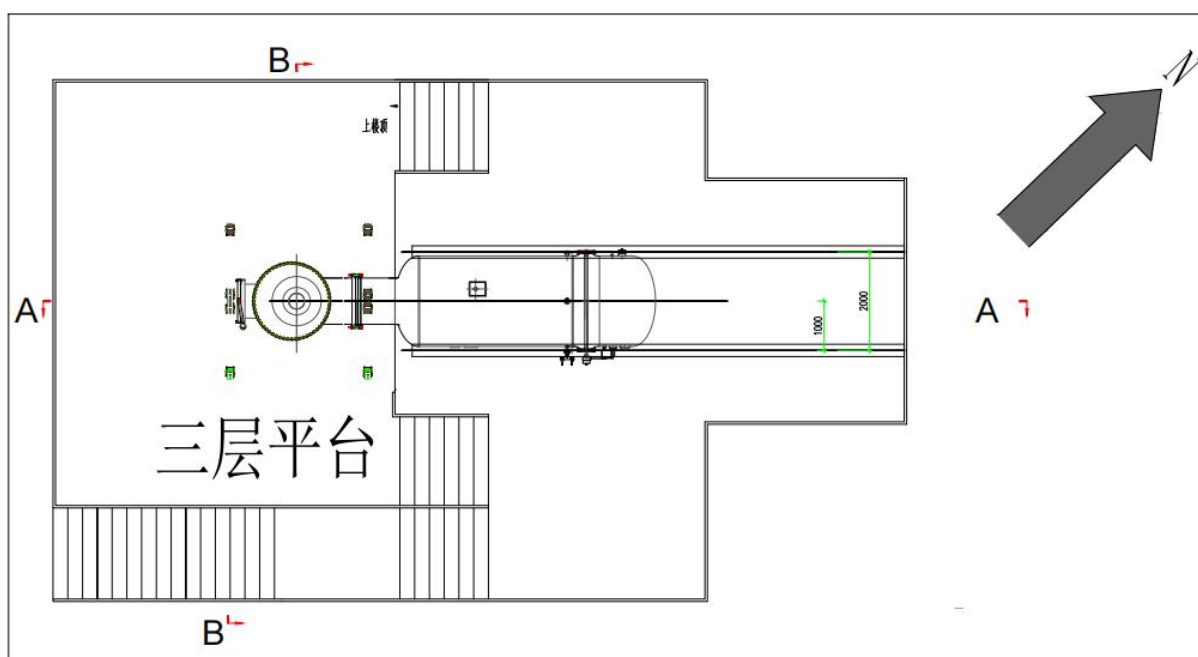
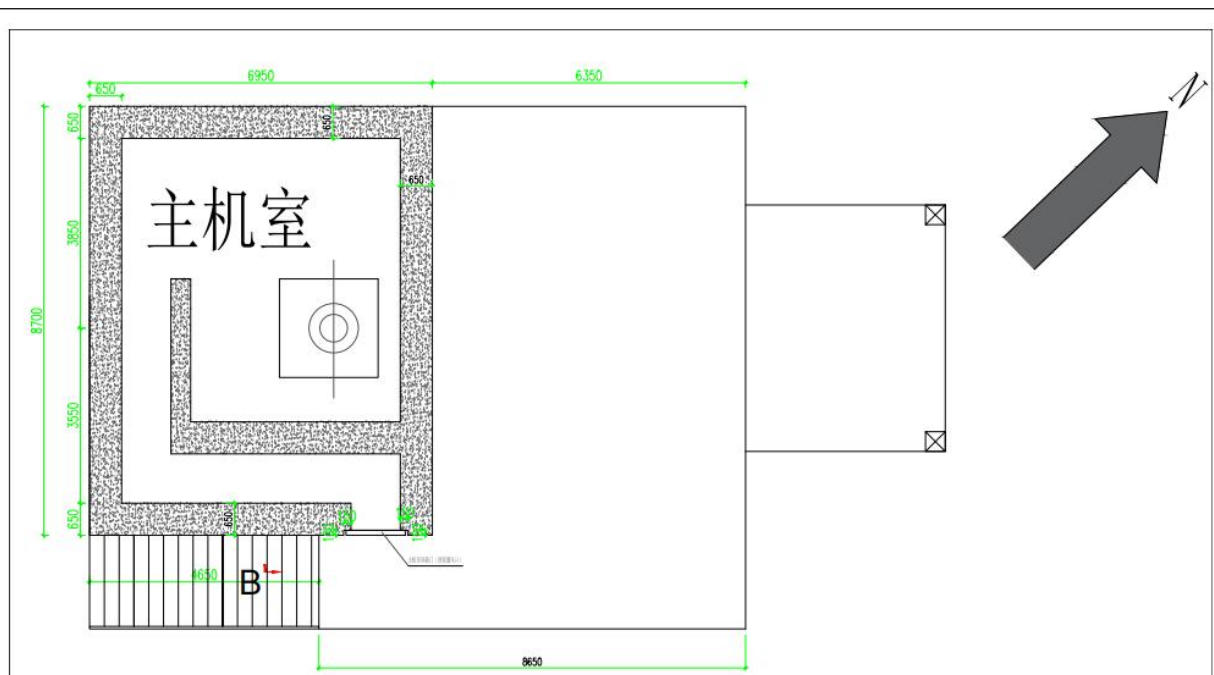


图 10-1.1 本项目一层辐照室及配套区域平面布置图



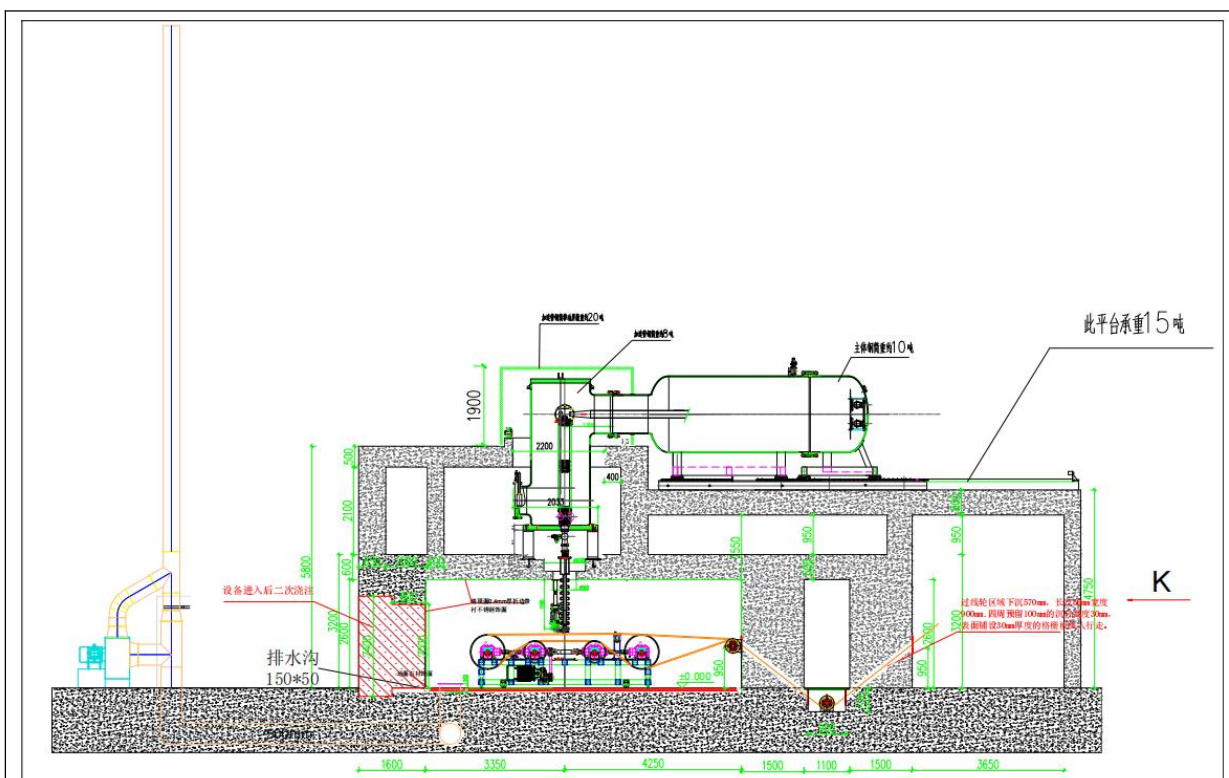


图 10-1.4 本项目机房 A-A 剖面示意图

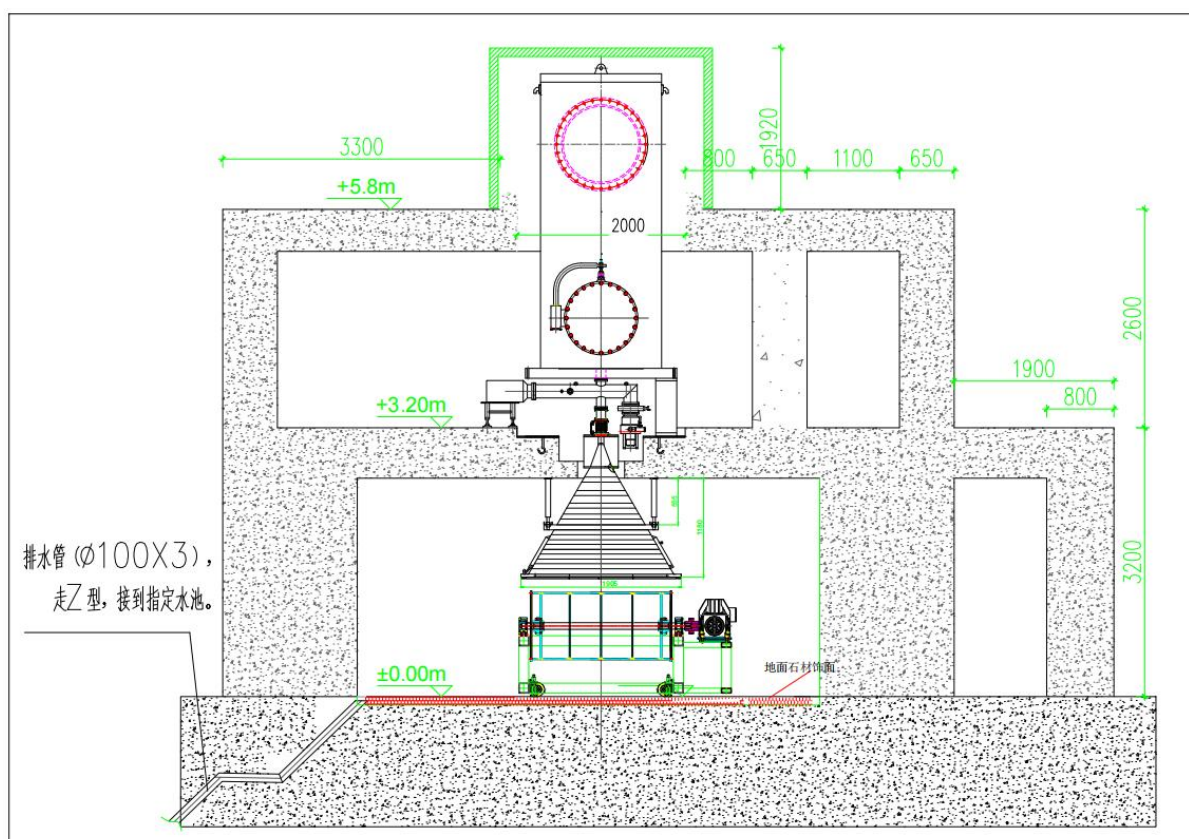


图 10-1.5 本项目机房 B-B 剖面示意图

由上图可知，加速器主要采用混凝土墙进行屏蔽，加速器主要设备安装于二层主机

室；辐照室和主机室均为混凝土结构。加速器工作时，操作人员在加速器机房一层辐照室外控制柜区域设置机器参数并监控加速器的运行情况，收放线区域位于加速器机房一层辐照室外。加速器出束时，辐照室及主机室内均无人员停留。

根据项目平面布局及工作流程，辐照产品通过“V”形穿线孔进出辐照室，加速器机房采用足够厚的混凝土屏蔽墙体分隔，且避开了厂房内部人群较多的工作场所，加速器机房的布局设计既促进各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护，因此工作场所布局合理。

（二）辐射工作场所分区管理

1、“两区”划分原则与依据

为了便于加强管理，切实做好辐射安全工作，建设单位应按照《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）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施，其划分原则如下：

控制区划分原则：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门灯联锁装置）限制进出控制区，并定期审查控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或是更改该区的边界。

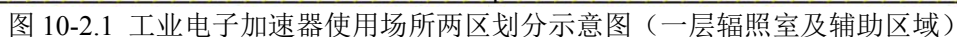
监督区划分原则：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。在监督区入口处的合适位置设立表明监督区的标牌；并定期审查该区的条件，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

2、本项目“两区”划分

根据分区原则，本项目控制区和监督区划分情况如下：

控制区：一层辐照室和二层主机室及各自出入口以内的区域划为控制区。建设单位在辐照室迷道出入口及辐照室周围醒目位置、主机室迷道出入口设置电离辐射警告标志

监督区：一层辐照室外收放线区域、控制柜区域及机房四周区域、二层主机室楼道、三层设备平台及迷道出入口区域划为监督区，并在辐照室外收放线区域和机房周围区域设置围栏，防止无关人员进入。项目“两区”划分详见下图：



(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 10-3 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

本项目新建工业电子加速器机房辐照室和主机室墙体设计为密度不小于 2.35g/cm³ 的混凝土浇筑，其屏蔽设计方案详见下表：

表 10-2 工业电子加速器机房防护屏蔽设计一览表

屏蔽防护设计		屏蔽设计参数（厚度及材质）
一层辐照室尺寸(不包括迷道)		面积约为 41.8m²（不含迷道），长 7.60m×宽 5.5m×高 2.6m
二层主机室尺寸(不包括迷道)		面积约为 24.44m²（不含迷道），长 4.25m×宽 5.75m×高 2.10m
辐照室屏蔽	西南墙体	1600mm 厚现浇混凝土
	西北墙体	1600mm 厚现浇混凝土
	东南墙体	1600mm 厚现浇混凝土
	迷道	东北侧和东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 1500mm~1600mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 800mm~1500mm 厚现浇混凝土。
	顶棚	600mm 厚现浇混凝土

主机室屏蔽	西北墙体	650mm 厚现浇混凝土
	东北墙体	650mm 厚现浇混凝土
	东南墙体	650mm 厚现浇混凝土
	迷道	西南侧、东南侧设置“L”字形迷道，迷道内墙为 400mm~650mm 厚现浇混凝土，迷道外墙为 650mm 厚现浇混凝土。
	顶棚	500mm 厚现浇混凝土同时设置加速管钢筒移动屏蔽，屏蔽厚度为 100mm，材质使用碳钢（检修时可移动）。
辐照室出入口		人员巡检迷道门位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门 线缆出入口位于东北侧，使用 $\varnothing$ 150mm 不锈钢管，穿过屏蔽墙体时“V”型路径设计。
主机室出入口		迷道门位于东南侧，迷道门为普通不锈钢门。
通风设备		加速器机房内设计有机械排风系统，辐照室内风口位于加速器下方（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型地沟设计；在辐照室内下沉到地下 0.85m，经地下管道到达辐照室外后再上升至地面，沿加速器机房外墙至所在 105 厂房建筑楼顶排放，排气口高于 105 厂房建筑楼顶约 3m。加速器辐照室设计通风量为 15796m ³ /h。

（二）辐射安全装置和防护措施

1、安全联锁逻辑

为保障加速器的安全运行，避免在加速器辐照期间人员误留或误入发生误照事故，本项目的加速器均设计有相应的辐射安全装置和防护措施。根据建设单位提供的资料，本项目拟建加速器设有多项安全保护联锁，系统的安全联锁逻辑关系具体见下图。加速器加载高压需要两道安全联锁：一次联锁（即加速器工作场所设计的辐射安全联锁）和二次联锁（即设备固有安全设施联锁）。当所有安全联锁正常启动，全部就位后加速器才能正常出束。

安全联锁引发加速器停机时将自动切断高压。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，维护与维修后必须恢复原状。

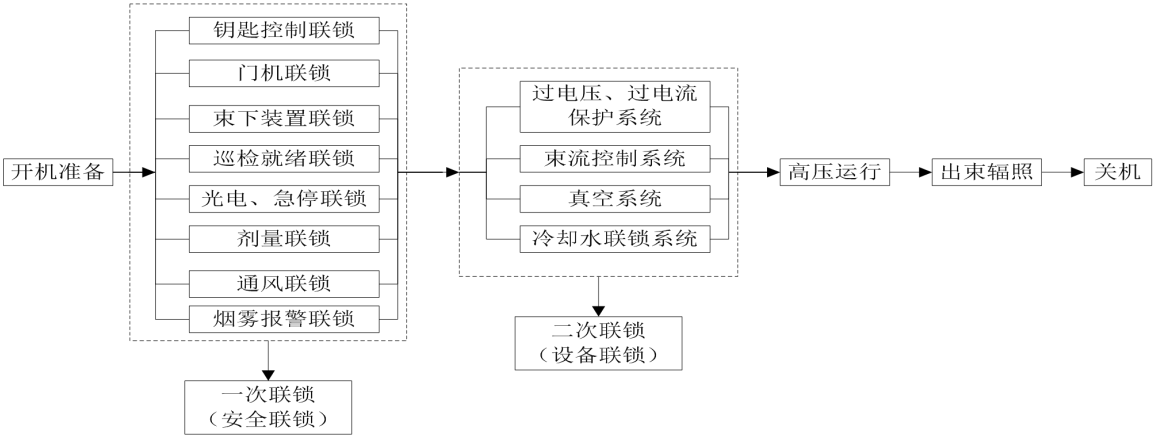


图 10-4 系统开机的安全联锁逻辑关系示意图

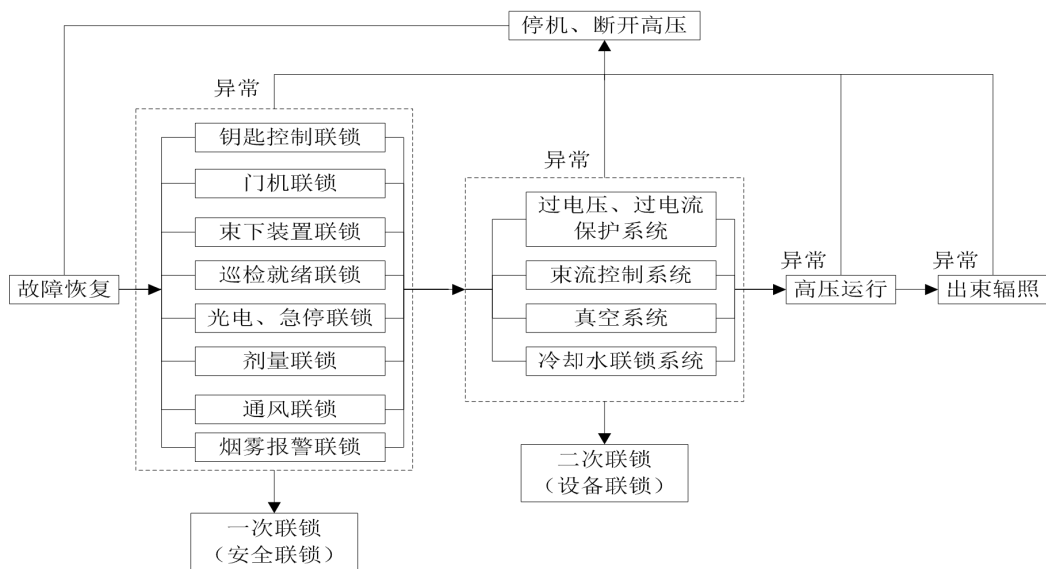


图 10-5 系统故障及故障恢复的安全联锁逻辑关系示意图

2、设备运行工艺联锁逻辑关系示意图

在各安全联锁和辅助系统运行正常的情况下，加速器运行工艺联锁逻辑如下图：

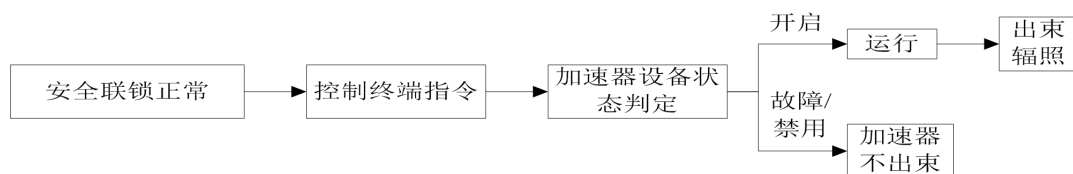


图 10-6 设备运行工艺联锁逻辑关系示意图

3、设备固有安全设施

本项目加速器从正规厂家购买。设备固有安全设施主要有：

（1）加速器过电压、过电流保护系统：在加速器控制系统中稳压电路对电压、电流进行监控，确保装置自动稳压；过电压、过电流保护功能装置，若由于其他原因导致加速器电压、电流非正常运行，控制系统会自动切断电源。

（2）加速器束流控制系统：束流不稳定时自动断开电源，停止运行。

（3）加速管真空联锁系统：加速器运行过程中实施监测加速管内的真空度，真空度不满足要求（ $8.0 \times 10^{-4} \text{pa}$ ）时钛泵将自动保护，同时切断电源，有效保护加速管。

（4）冷却水联锁系统：冷却水为循环冷却系统，冷却水不排放。加速管安装有水流量监测开关，当加速器中的靶、大功率负载等的冷却水流量不满足要求时，加速器将自动切断高压电源，停止运行，故障灯亮。

4、辐射安全装置和防护措施

(1) 钥匙控制：加速器的主控钥匙开关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。

(2) 门机联锁：辐照室和主机室的门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，加速器自动停机。

(4) 信号警示装置：在控制区出入口处及内部设置有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。

(5) 巡检按钮：本项目辐照室内共设置 5 个巡检按钮，主机室内设有 5 个巡检按钮，各巡检信号均与加速器控制台联锁。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。

(6) 防人误入装置：在主机室和辐照室的人员出入口通道内紧邻迷道门的位置，设计有 3 道相互独立不同高度的光电装置，光电装置安装高度距离地面分别为 0.3m，0.6m 和 0.9m，并分别与加速器的开、停机联锁。

(7) 急停装置：在控制台上和主机室、辐照室内设置有紧急停机装置（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。主机室和辐照室内设置分别设置有 1 个紧急开门按钮，以便人员离开控制区。紧急开门按钮安装在主机室和辐照室门内侧，其功能达到无论任何时刻按下此按钮均可开启人员通道门。紧急开门装置设置有文字说明和使用说明。

(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值时，主机室和辐照室门无法打开。

(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（4min）后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。

(10) 烟雾报警：辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。

5、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统、收放线系统、加速器冷却系统、辐射安全控制系统联锁等。

（1）实时监控系统

建设单位在辐照室内拟设摄像监视系统，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）加速器冷却系统

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，流量不在设定范围内时报警；关键部位断水，加速器直接停机。

（3）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，则系统将立即切断电源，使得辐照室内的加速器立即停止出束。

（4）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、供电系统、电源系统、水冷系统等组成，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、工艺联锁，用以保障本项目辐射工作人员、检修人员和公众的安全；工艺联锁是设备长期连续运行的必须条件，主要通风系统、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立马停机，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。

6、辐照设备安全原则

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.1.1，本项目电子加速器应满足以下安全原则。

①纵深防御原则

应对电子加速器辐照装置的应用及其潜在照射的大小和可能性采取相适应的多层防护与安全措施(即纵深防御)，以确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到防止可能引起照射的事故；减轻可能发生的任何类似事故的后果；在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。

②冗余性

采用的物项应多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，在运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。例如辐照室和主机室的人员出入口应设 3 道及以上联锁。

③多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。系统多元性和多重剂量监测可以采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等。例如：辐照室和主机室的人员出入口的安全联锁可以分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的联锁。

④独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。

根据前文内容，本项目拟设置多项安全保护联锁，例如钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、通风联锁，当所有安全联锁正常启动，全部就位后加速器才能正常出束，符合“纵深防御原则”；本项目拟设置多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的联锁，例如一层辐照室出入口处各设置三道防人误入的光电开关，二层主机室内出入口处设置三道防人误入的光电开关，符合“冗余性”安全原则；设置多元性安全联锁，例如安全联锁分别采用了钥匙联锁、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮等联锁，符合“多元性”安全原则；保证安全联锁各部件之间独立运行，符合“独立性”安全原则。

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）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

安全设施	HJ979-2018 标准要求	本项目设置情况	符合性分析
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。	本项目工业电子加速器的主控钥匙开关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。	符合
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。	辐照室和主机室的门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自动停机。	符合
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。	电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机。	符合
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。	在控制区出入口处及内部设置有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	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	本项目辐照室内共设置 5 个巡检按钮，主机室内设有 5 个巡检按钮，各巡检信号均与加速器控制台联锁。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。	符合
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。	在主机室和辐照室的人员出入口通道内紧邻迷道门的位置，设计有 3 道相互独立不同高度的光电装置，光电装置安装高度距离地面分别为 0.3m，0.6m 和 0.9m，并分别与加速器的开、停机联锁。	符合
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。	在控制台上和主机室、辐照室内设置有紧急停机装置（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。主机室和辐照室内设置分别设置有 1 个紧急开门按钮，以便人员离开控制区。紧急开门按钮安装在主机室和辐照室门内侧，其功能达到无论任何时刻按下此按钮均可开启人员通道门。紧急开门装置设置有文字说明和使用说明。	符合

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值时，主机室和辐照室门无法打开。	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值时，主机室和辐照室门无法打开。	符合
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。	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（4min）后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。	符合
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。	辐照室设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。	符合
电气 系统	必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。	项目设计严格按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。 主机室、辐照室、控制区设置应急照明系统。各供电系统及相关设备有可靠的接地系统。 凡有高压危险的部位，设置高压联锁、高压放电保护装置。	符合
给水 系统	应根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。	本项目已根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。 设计单位已根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。	符合
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。 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。	主机室和辐照室设置通风系统，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。有害气体的排放满足 GB3095 的规定。 辐照室内的主排气口设置在辐照室地面。 排风口的高度高于 105 厂房楼顶 3m。	符合
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。	辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	符合
安全 标识	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。	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。	符合
紧急	设置在电子加速器辐照装置厂房内、辐	工业电子加速器机房辐照室及主机室	符合

出口指示	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。	四面墙体上均拟安装应急照明和紧急出口标识。	
应急照明	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。	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。	符合
监测设备	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。	本项目拟配置的 8 名辐射工作人员（其中包含 2 名辐射安全管理人员）均拟每人配置 1 台个人剂量计、每个班组配备 1 台个人剂量报警仪、整体配置 1 台便携式辐射巡检仪。	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。

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。

（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况。

（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	每个班组配备 1 台（共 2 台）
3	便携式辐射巡检仪	待定	1 台

三、辐射安全防护措施的可行性

结合生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 发布版）和《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》中相关检查内容，将本项目拟采取的上述防护措施汇总对照分析如下。

表 10-5 本项目设计阶段拟采取的安全防护措施汇总表

序号	项目		设计情况	符合情况
1	A出入口控制	入口电离辐射警告标志	已设计	符合
2		入口加速器工作状态显示	已设计	符合
3		厅门联锁钥匙开关（辐照室、主机室）	已设计	符合
4		视频监控系统	已设计	符合
5		门内紧急开门按钮	已设计	符合

6		紧急出口标志	拟配备	符合
7		应急照明	拟配备	符合
8	B 安全 联锁	控制台和加速器厅门同一把钥匙（或钥匙牢固串联）	已设计	符合
9		门与加速器高压触发联锁	已设计	符合
10		加速器开机前声、光报警	已设计	符合
11		辐照室、主机室内固定式辐射剂量监测仪，且与门联锁	已设计	符合
12		传输系统与束流联锁	已设计	符合
13		通风系统与加速器联锁	已设计	符合
14		火灾报警仪、且与通风联锁	已设计	符合
15		人员通道 2~3 道防误入装置（光电、红外等）	已设计	符合
16		货物进出通道 2~3 道防误入装置	已设计	符合
17		控制台上复位确认按钮	已设计	符合
18		清场巡更系统	已设计	符合
19	C 紧急停 机装置	控制区内醒目位置设置紧急停机按钮（或拉线开关）、并附说明指示	已设计	符合
20		控制台有紧急停机按钮	已设计	符合
21	D 监测 设备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	拟配备	符合
22		个人剂量报警仪	拟配备	符合
23		个人剂量计	拟配备	符合
24		便携式辐射检测仪器仪表	拟配备	符合
25	E 其他	必要应急物资等（包括灭火器材、防火材料）	拟配备	符合

从表 10-3 可见，本次环评涉及的辐射设备、工作场所及其人员拟采取的辐射安全措施符合《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（国家核安全局）《核技术利用监督检查技术程序》（2020 发布版）、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等相关文件的要求。根据“表 11”中的预测结果，本项目在正常运行工况下，产生的辐射经按设计方案建设的屏蔽实体以及个人防护用品屏蔽后，所致工作人员的职业照射剂量和公众照射剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本次评价标准的要求，说明各辐射工作场所拟用的屏蔽厚度是满足屏蔽防护要求的。综上所述，按设计方案建设的各辐射工作场所，其拟采用的防护措施能够有效屏蔽辐射源产生的射线，符合相关标准要求。环评认为，本项目拟建的各辐射工作场所及其拟采取辐射安全防护措施是合理可行的。

四、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）
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	门限、磁力锁、钥匙开关	2 套	10.0
	烟雾报警	2 套	
	臭氧风机联锁	1 套	
警示设施	入口当心电离辐射警告标识	2 套	1.0
	三色灯	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	2 套	
紧急设施	紧急开关装置	2 套	5.0
	光电报警	6 套	
	照明系统（金卤灯）	8 个	
	巡检按钮	10 套	
监测设备	辐射监测仪	2 套	5.0
	便携式辐射巡测仪	1 台	
	个人剂量报警仪	2 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
	废水：依托厂区内已有污水处理设置处理后排入市政污水管网		0
	废气：臭氧经排风机处理后通过排气筒引至 105 厂房楼顶 3m 高排放		计入场所设施
	噪声：对风机采取隔声减振措施。		0.5
	固废：依托厂区内现有治理措施。		0
合计			126.5

本项目总投资 800 万元，环保投资 126.5 万元，占总投资的 15.81%。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 105 厂房房顶 3m 排放，设计排风量 $15796\text{m}^3/\text{h}$ ，臭氧排入环境大气后，在常温下可自行分解成氧气，小于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，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。

2、废水

本项目运营过程中主要产生辐照工作人员生活污水、加速器冷却循环水、线缆降温喷淋水。

(1) 生活污水：本项目运行期废水主要为辐照工作人员的生活污水，本项目共拟配置辐照工作人员 8 人，工作时间是实行两班轮换制，每年工作 250 天。生活用水按每人每天 100L 计，则生活污水产生量为 $0.8\text{m}^3/\text{d}$ ， $200\text{m}^3/\text{a}$ ，污水排水量按用水量的 0.8 计，则污水排放量为 $0.64\text{m}^3/\text{d}$ ，生活污水排放量为 $160\text{m}^3/\text{a}$ 。产生的生活污水依托既有污水收集系统和处理装置处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。

(2) 加速器冷却水循环系统：加速器自带冷却水循环系统，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 1.3m^3 ，运营过程中自然耗损量极少，约 $0.065\text{m}^3/\text{a}$ 。加速器冷却循环水为纯水，直接外购，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，故可循环使用，仅需定期外购纯水补充损耗量。

(3) 线缆降温喷淋水：根据设计资料，束下喷淋降温使用自来水，喷淋设计最大流量为 $0.9\text{m}^3/\text{h}$ ，日常使用流量为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，本次按日常使用流量 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 计，每天工作 16h，每年工作 250 天，年工作时间为 4000h，则喷淋用水量为 $2000\text{m}^3/\text{a}$ ，自然蒸发量按 10% 计，剩余 90% 均排放，则喷淋废水每日排放量为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ ，年排放量为 $1800\text{m}^3/\text{a}$ 。排放废水进入辐照室内设置的排水沟中排入厂区污水管网，进入厂区已建污水处理设施处理后排放。

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

本项目的噪声主要来自于臭氧风机、冷却水水泵、加速器主体设备。噪声源强最大约为 80dB（A），通过采取设备选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减等措施后，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

本项目在建设施工期，各种施工作业将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

2、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

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。

⑤辐照室屏蔽体需要连续浇筑，夜间施工不可避免，要求建设单位取得相关部门同意。

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，对环境影响不大，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

二、机房施工质量要求

1、在建设过程中严格按照施工规范进行施工，在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。

2、结合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）A3.1.3：门与入口要有足够的搭接，在门的顶部和两边至少重叠 10 倍于门与墙之间的间隙。

3、穿过机房墙体的各种管道、电缆不影响屏蔽墙体的屏蔽防护效果，且不得正对工作人员经常停留的地点。

三、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 $8.1 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，因此调试期间对辐射工作人员造成的剂量最大为 $4.05 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ ，影响很小。

四、运行阶段对环境的影响

（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；

ρ —防护材料的密度， g/cm^3 ；

$E_{\beta\max}$ —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^3 ）中最大射程约为 0.43cm，在空气中（密度 0.00129g/cm^3 ）

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，而且电子束方向朝向地面，机房对电子线能完全屏蔽，可不再作特殊的防护要求，可不再考虑对电子束对周围环境的影响，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）对周围环境影响分析

1、估算模式

从结构上看，本项目加速器束流向下，高速电子本身不对周围环境产生影响，影响周围环境需要防护的是电子束作用于辐照材料及周边物体而产生的韧致辐射。由于束流 0°方向为地面所以无需考虑防护，需要防护的是 90°方向的辐照室四周墙体和 180°方向的加速器室顶。

下述理论计算主要参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）进行计算。本次电子加速器辐照装置的屏蔽计算均以加速器的最高能量和最大束流强度进行计算。加速器最高能量和最大束流强度参数由设备厂商提供，本次拟新增的工业电子加速器型号为：AB2.0（电子最大能量为 2.0MeV，最大束流为 50mA，卧式结构）。

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。电子加速器运行时，电子束出束方向朝下，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）电子扫描器下方的辐照产品输送带（不锈钢材料）
- （3）辐照产品：线缆，主要为聚乙烯、聚烯烃、聚氯乙烯、铜芯。

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。对同一种材料，不同方向上韧致辐射（X 射线）的发射率也不相同。

2、直射 X 射线的屏蔽计算

（1）参数及公式选取

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。

加速器运行时，电子束照射方向朝下，电子束可能轰击的物质有：不锈钢材料、辐照室混凝土地面及线缆（聚乙烯、聚烯烃、聚氯乙烯、铜芯等）。

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。本报告为保守计算，选取线缆中的“铜”做为被辐照的靶材料，90°方向 X 射线发射率修正系数 f_e 取 0.5。

X 射线辐射源 1m 处的标准参考点吸收剂量率公式如下：

$$D_{10}=60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad \text{公式 11.2}$$

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⁻¹；

Q —X 射线发射率，Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹；

I —电子束流强度，mA；

f_e —X 射线发射率修正系数，保守考虑取 0.5。

1) 辐照室 X 射线发射率

本项目拟新增的电子加速器入射电子能量为 2.0MeV，根据设备厂家提供的 AB2.0MeV 加速器主要技术指标，本项目拟建的电子加速器 X 射线发射率前向 0°为 3.0Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，侧向 90°为 1.6Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹。

辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为 $D_{10}(90^\circ) = 60 \times 1.6 \times 50 \times 0.5 = 2400 \text{ Gy/h}$ 。

根据附录 A 表 A.4，2.0MeV 电子在侧向 90°屏蔽能量取相应等效能量为 1.3MeV；根据附录 A 表 A.2、表 A.3 和附录 A 示例：入射电子能量为 1.3MeV，采用内插法，混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=19.64\text{cm}$ 、 $T_e=16.98\text{cm}$ 。

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°发射率保守取值 0.07Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹，保守取铜为轰击靶材料，修正系数 f_e 取 0.5。根据附录 A 表 A.2、表 A.3 和附录 A 示例：入射电子能量为 0.5MeV，混凝土的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=15.2\text{cm}$ 、 $T_e=11.9\text{cm}$ 。

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 $D_{10}(90^{\circ})=60\times0.07\times0.25\times0.5=0.525\text{Gy/h}$ 。

(2) 关注点选取

为预测加速器辐照室和主机室设计方案的屏蔽效果，在机房外选取有代表性的关注点进行预测。根据本项目工程特征及机房周围环境状况，选择关注点为辐照室和主机室四周屏蔽墙外 0.3m 处及迷道出入口处。关注点情况列于表 11-2，关注点的分布见图 11-1 和图 11-2。

表 11-2 关注点一览表

场所及关注点		位置	距源点（投射）最近距离（m）	受照类型	备注
一层辐照室	A	西北侧墙外 30cm	4.8	公众	部分居留
	B	西南侧墙外 30cm	5.25	公众	部分居留
	C	东南侧墙外 30cm	4.5	公众	部分居留
	D	迷道入口	6.872	公众	部分居留
	E	东北侧墙外 30cm	8.648	职业	全居留
二层主机室	F	西北侧墙外 30cm	4.8	公众	偶然居留
	G	西南侧墙外 30cm	5.248	公众	偶然居留
	H	东南侧墙外 30cm	4.5	公众	偶然居留
	I	迷道入口	4.387	职业	偶然居留
	J	东北侧墙外 30cm	2.3	职业	偶然居留

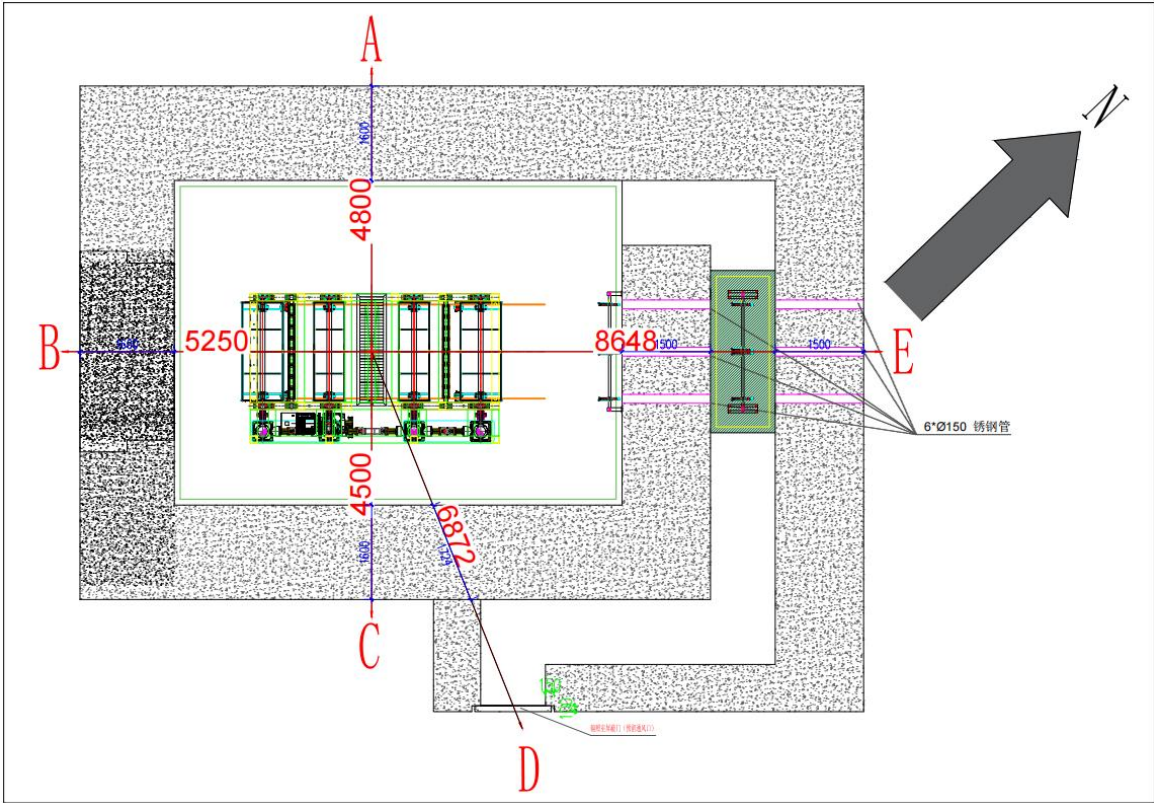


图 11-1 本项目辐照室关注点（俯视图）

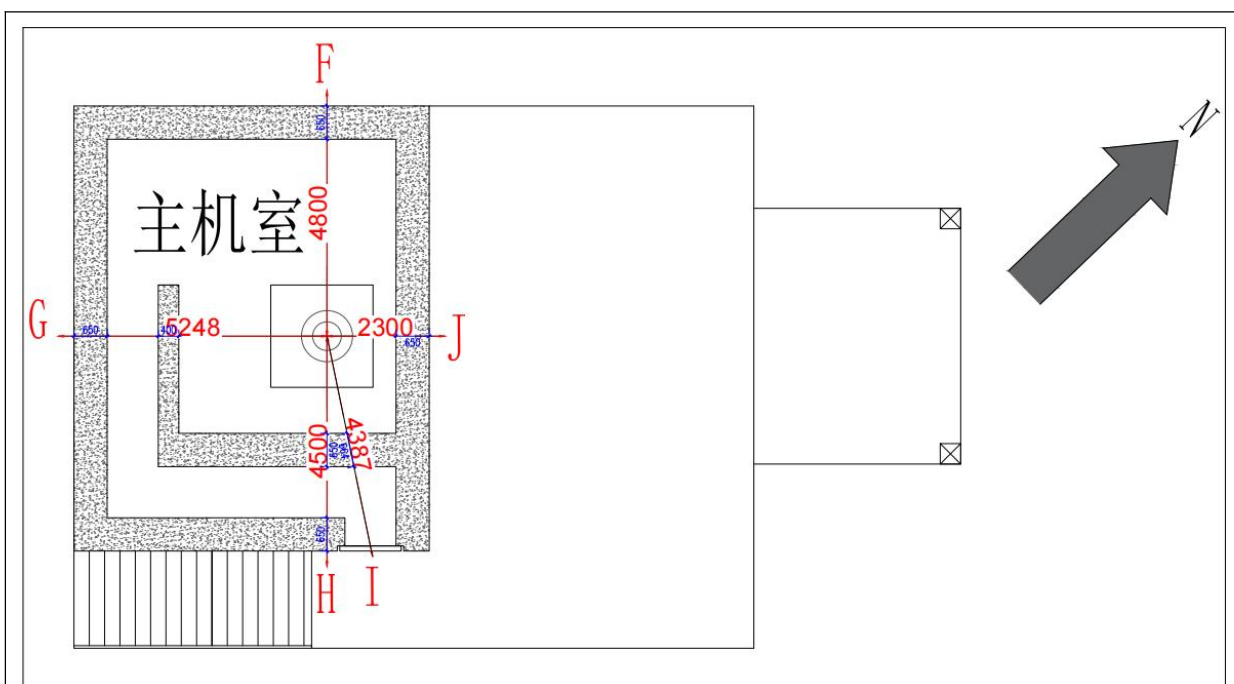


图 11-2 本项目主机室关注点（俯视图）

(3) 机房关注点剂量率参考水平

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，机房外各关注点的剂量率参考控制水平 H_M 由以下公式确定：

1) 确定 X 射线的透射比 B_x

$$B_x = (1 \times 10^{-6}) \left[\frac{H_M d^2}{D_{10} T} \right] \quad \text{公式 11.3}$$

式中： B_x —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_M —参考点周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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^{-6}) 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。

2) 屏蔽厚度计算

$$B_x = 10^{-n} \text{ 或 } n = \log_{10}(1/B_x) \quad \text{公式 11.4}$$

$$S = T_1 + (n-1)T_e \quad \text{公式 11.5}$$

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。

3) 关注点的辐射剂量率 H_M 计算

根据式 11.3~式 11.5 和本项目屏蔽体实际设计厚度计算各关注点的辐射剂量率，公式如下：

$$H_M = 10^6 D_{10} \bullet T \bullet d^{-2} \bullet 10^{-(S_{\text{设}} - T_1 + T_e)/T_e} \quad \text{公式 11.6}$$

式中：

$S_{\text{设}}$ —设计屏蔽体厚度（cm）。

表 11-3 本项目机房外关注点直射 X 射线辐射剂量率计算结果

场所及关注点	位置	源点与参考点的距离（m）	设计混凝土厚度（cm）	关注点剂量率（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ）
一层 辐照室	A 西北侧墙外 30cm			
	B 西南侧墙外 30cm			
	C 东南侧墙外 30cm			
	D 迷道入口			
	E 东北侧墙外 30cm			
二层 主机室	F 西北侧墙外 30cm			
	G 西南侧墙外 30cm			
	H 东南侧墙外 30cm			
	I 迷道入口			
	J 东北侧墙外 30cm			

上表可知，本项目正常运行时，本项目直射 X 射线在机房屏蔽体外 30cm 处及外区域满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）标准中周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

3、迷道外入口剂量率

迷道外入口散射剂量率采用下式计算：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} a_1 A_1 (a_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \dots d_{rj})^2} \dots \text{公式 11-7}$$

式中：

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有的散射过程是相同的）；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

A_2 —迷道的截面积（ m^2 ，假设整个迷道的截面积近似常数，高宽之比在 1~2 之间）；

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， $d_{ri}/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间；

j —指第 j 个散射过程。

根据附录 A 公式 A.5，对于初级 X 射线，散射系数 α_1 取值 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 （假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$ ）取值为 2×10^{-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： $D_{10}(90^\circ) = 0.525\text{Gy/h}$ 。

机房内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，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积。

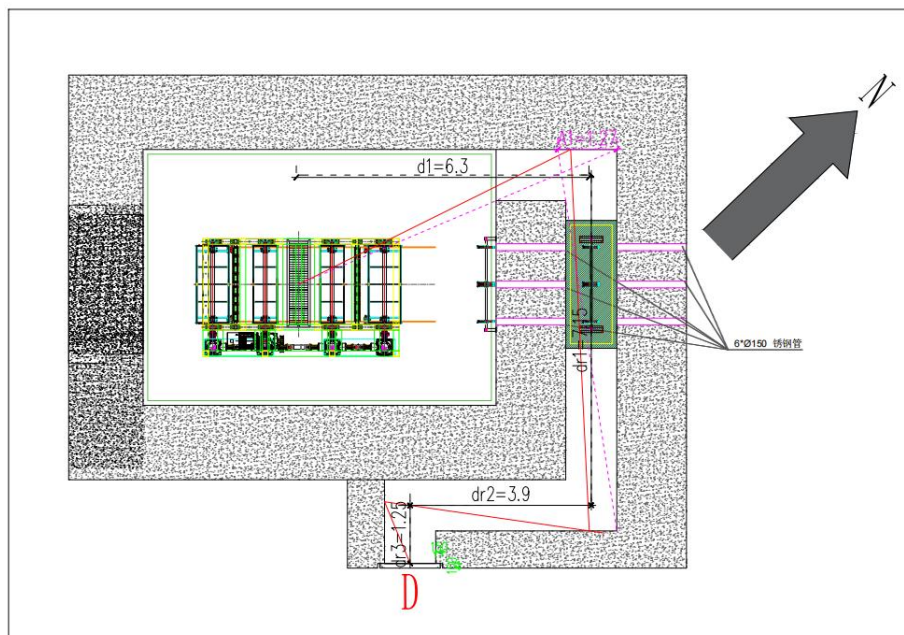


图 11-3 本项目辐照室散射路径示意图

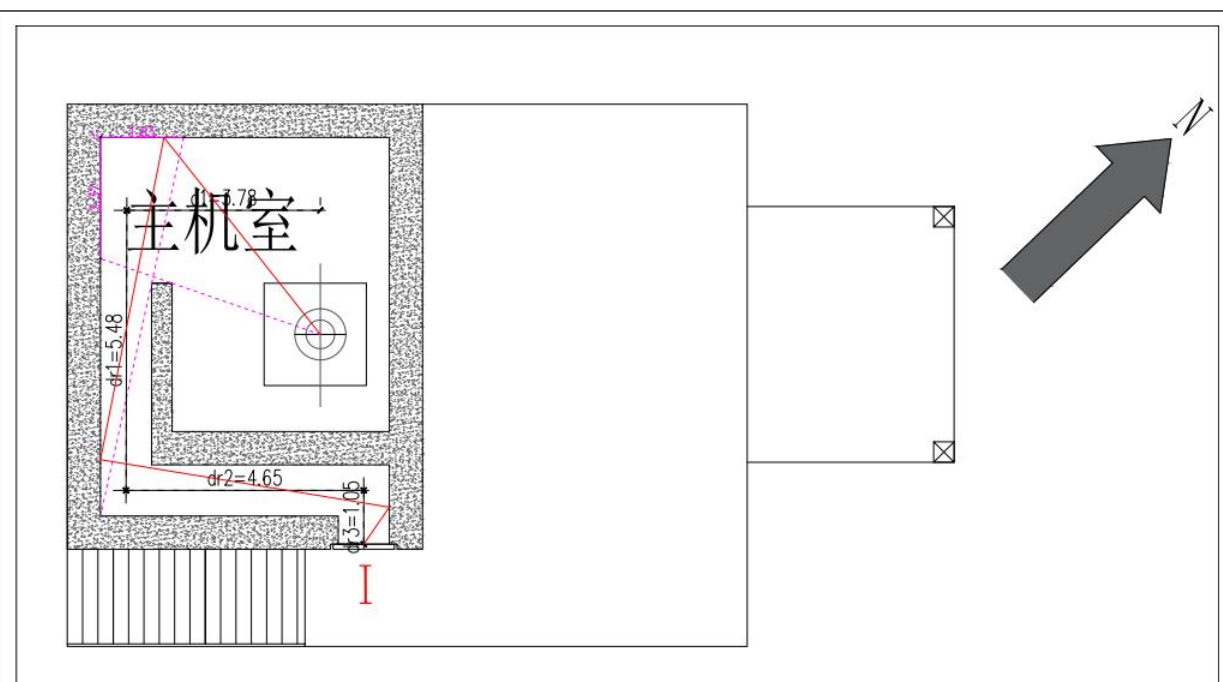


图 11-4 本项目主机室散射路径示意图

表 11-4 机房迷道口处的辐射水平计算结果

机房	参考点	散射次数	第一次散射宽度 (m)	迷道宽度 (m)	迷道高度 (m)	路径长度 d1,dr1...drj (m)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	D	3					
二层主机房	I	3					

表 11-5 机房迷道口处的辐射水平剂量叠加

机房	参考点	侧向直射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	关注点叠加剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	D			
二层主机房	I			

由上表可知，一层辐照室迷道出入口处周围剂量当量率为 $8.96\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ ，二层辐照室迷道出入口处周围剂量当量率为 $4.05\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）标准中周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，所以辐照室迷道的设计是合理的，辐照室出入口无需特别防护，仅设置普通安装有普通不锈钢门。

4、屋顶屏蔽计算

屋顶厚度考虑直射的防护，本项目加速器开机时主机室内及其屋顶上方均为无人到达区域，因此对屋顶的直射的防护主要考虑从一层辐照室 X 射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。

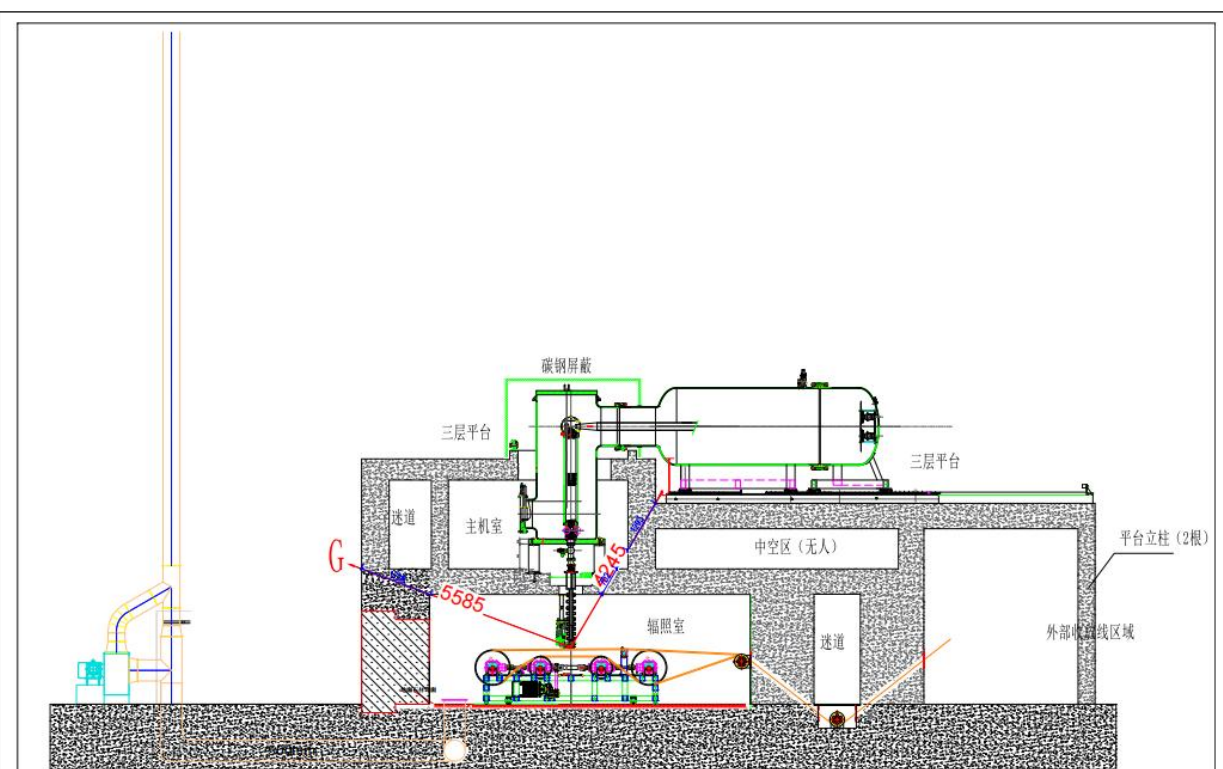


图 11-5 本项目辐照室 1-1 剖面关注点图

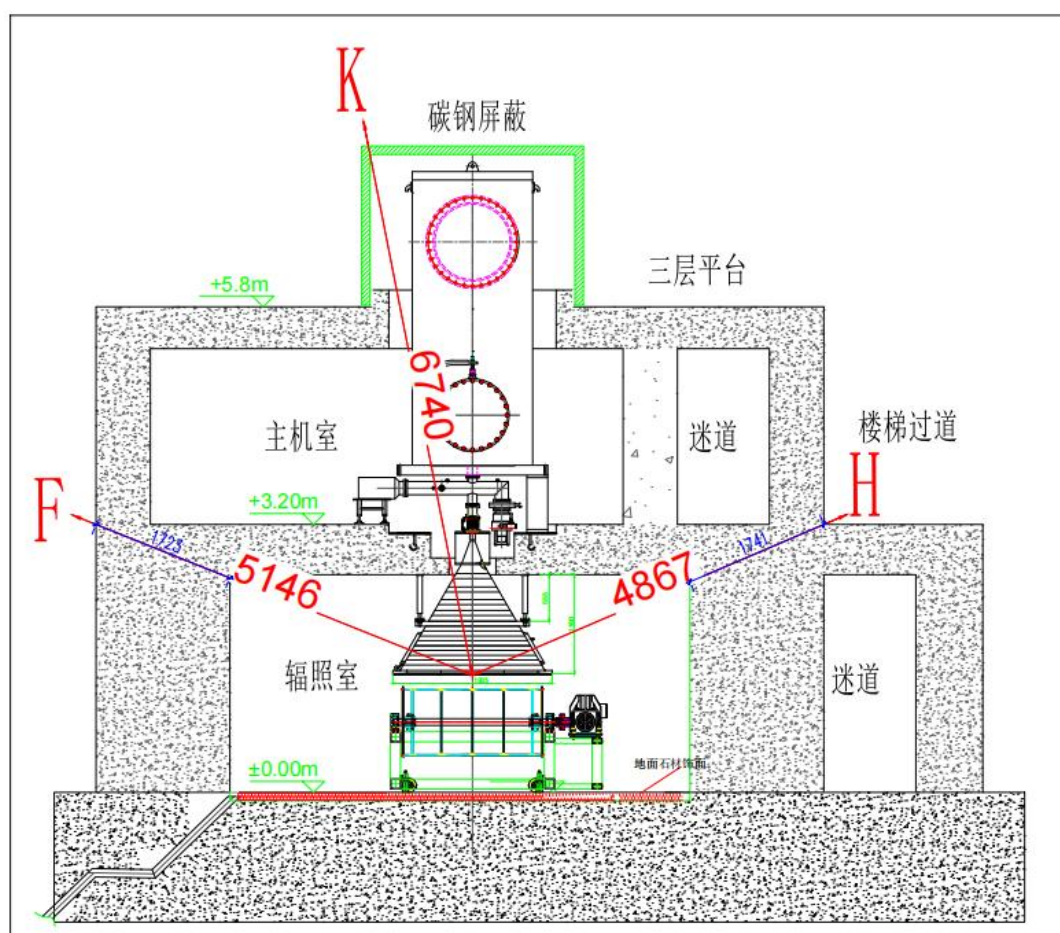


图 11-6 本项目辐照室 2-2 剖面关注点图

表 11-6 本项目机房外关注点直射 X 射线辐射剂量率计算结果

关注点	位置	源点与参考点的距离（m）	设计混凝土厚度（cm）	关注点剂量率（ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ）
G	西南侧墙外 30cm（临空）			
J	东北侧墙外 30cm（三层平台）			
F	西北侧墙外 30cm（临空）			
K*	西北侧顶棚			
H	东南侧墙外 30cm（楼梯过道）			
注：*为主机室上方区域，人员不可达处，故无需满足剂量率不超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求，但需计算考虑天空反散射的影响，				

由表 10-6 可知, 二层主机室周围人员可达处剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 因此满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 对机房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超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

表 11-7 本项目机房外关注点直射 X 射线辐射剂量率叠加计算结果

场所及关注点	位置	侧向直射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	屋顶直射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)	关注点叠加剂量率 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$)
一层辐照室	A				
	B				
	C				
	D				
	E				
二层主机室	F				
	G				
	H				
	I				
	J				
	K*				

本项目加速器机房辐照室、主机室外各关注点经剂量率叠加后, 辐照室周围剂量当量率最大值为 $1.61\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$, 主机室周围剂量当量率最大值为 $4.05\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$, 结果均满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 对机房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超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

5、天空反散射

本项目 X 射线天空反散射计算公式为:

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_i d_s)^2} \text{. 公式 11.8}$$

式中：

H—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 ($\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$)；

B_{xs} —X 射线屋顶的屏蔽透射比；可用十倍减弱厚度方法计算，计算方法同公式 11-4 和 11-5。

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)； $\Omega = 4 \arctan \frac{a \cdot b}{c \cdot d}$ ，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，且 $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ ；

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 20-250m 处，本项目保守取最小值 20m（数据来自《辐射防护手册》（第一分册）辐射源与屏蔽）。

表 11-9 机房屋顶天空反散射计算结果

位置	D_{10} (Gy·h ⁻¹)	B _{xs}	Ω (Sr)	di (m)	ds (m)	辐射剂量率 (μSv·h ⁻¹)
辐照室						
主机室						
天空反散射周围剂量当量率						

根据以上计算结果可知，加速器运行时由于天空反散射引起地面剂量率水平为 $2.291 \times 10^{-21} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）标准中周围剂量当量率不能超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

6、线缆进出口辐射防护及影响分析

本次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，射线经多次散射后，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。

7、工作人员及公众年有效剂量估算

本项目所致人员辐射剂量，按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A 公式计算：

$$H_1 = H_0 \bullet T \bullet t \bullet 10^{-3} \text{ 公式 11.10}$$

式中：

H_1 —辐射外照射人均年有效剂量（mSv）；

H_0 —预测关注点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

T —居留因子；

t —年照射时间（h）；

本项目加速器机房无地下层，上方为人员不可到达平台。

（1）本项目辐射工作人员年有效剂量估算

正常情况下，本项目加速器辐照装置拟采用连续作业方式（保守按照最大负荷工况进行估算），每天工作（出束）16h，平均年运行时间为250天，全年辐照装置出束约为4000h。本项目拟新增辐射工作人员8人，辐射工作人员实行2班制，每班配4名辐射工作人员，其中1名辐射工作人员同时负责加速器运行前清场、巡检以及设备的维保检查记录。每班辐射工作人员的年工作时间不超过2000小时。

表 11-10 本项目辐射工作人员年有效剂量估算结果

人员类型	关注点位	对应关注点辐射剂量率($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年工作时间(h)	年有效剂量(mSv)
辐射工作人员					

上述估算表明，本项目运行后职业人员最大年有效剂量为 $3.22 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的职业人员年有效剂量 5mSv/a 的剂量约束要求。

（2）本项目公众年有效剂量估算

本项目辐射工作场所屏蔽体边界外50m范围内主要为建设单位内部，本项目公众主要为机房东北侧、西北侧、东南侧、西南侧厂区内其他生产区域工作人员；厂区西北侧、东南侧、西南侧内部道路流动人员；西南侧厂区外市政道路-创新大道流动人员。建设单位其他公众，每班每天工作8h，年工作250天，则每班每年受照时间为2000h。

在屏蔽体外不同距离处X射线剂量率可由以下公式估算：

$$H = H_0 / R^2 \text{ 公式 11.11}$$

式中：

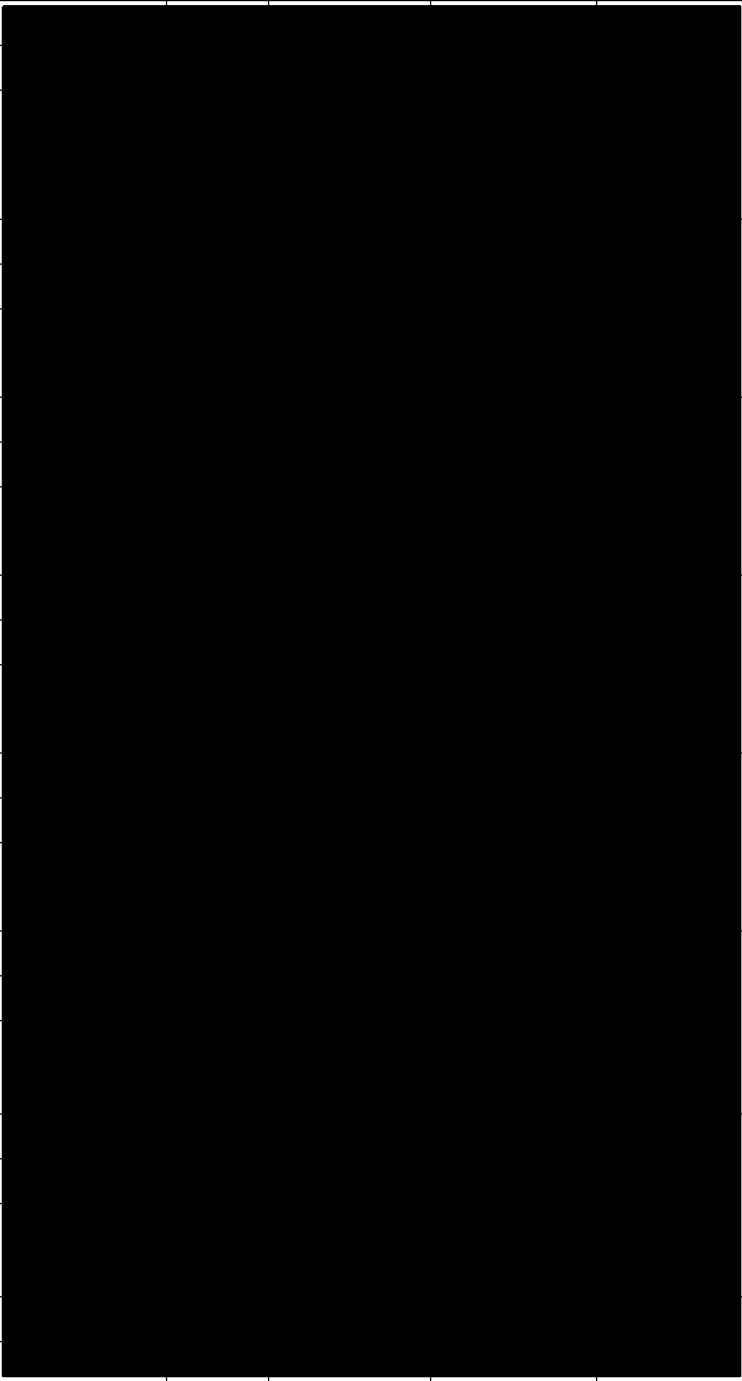
H—距电子加速器屏蔽体外 R 处的 X 射线剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ;

R—距离屏蔽体的距离 (m) ;

H_0 —距屏蔽体外 30cm 处的 X 射线剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$) ;

根据平面布局及周围关注点、人员居留情况,机房周围公众年有效剂量估算结果详见表 11-11。

表 11-11 本项目所致公众理论预测年有效照射剂量估算结果

关注点保护目标	关注点 位	距离关 注点距 离 (m)	对应关注点 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留 因子	年受照时 间 (h)	年有效剂 量 (mSv)	公众年有 效剂量 (mSv)
辐照室东 北侧控制 区及收放 线缆区域 职业人员	E	紧邻					
	J	紧邻					
	天空反 散射	/					
西北侧105 厂房内开 停线存放 区人员	A	3					
	F	3					
	天空反 散射	/					
西北侧 105 厂房 外绿化及 道路	A	33.06					
	F	33.06					
	天空反 散射	/					
西北侧 104 厂房 生产区域	A	47.95					
	F	47.95					
	天空反 散射	/					
东北侧 105 厂房 内挤塑生 产线人员	E	14.71					
	J	14.71					
	天空反 散射	/					
东南侧 105 厂房 内半成品 堆放区人 员	C	2.25					
	H	2.25					
	天空反 散射	/					
东南侧 105 厂房 东南侧外 绿化及道 路	C	13.40					
	H	13.40					
	天空反 散射	/					
东南侧 106 厂房	C	31.18					
	H	31.18					

生产区域	天空反 散射	/				
西南侧 105 厂房 外绿化及 道路	B	3				
	G	3				
	天空反 散射	/				
西南侧厂 区锅炉房	B	13.27				
	G	13.27				
	天空反 散射	/				
西南侧厂 区外市政 道路-创新 大道	B	28.17				
	G	28.17				
	天空反 散射	/				

上述估算表明，本项目辐照加速器运行后机房周围公众的最大年有效剂量为 $1.62 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值要求，也满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的公众年有效剂量 0.1mSv/a 的剂量约束要求。

（四）废气环境影响分析

1、臭氧

臭氧的产生及其防治理论估算模式参考《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：

$$P=45dIG \quad \text{公式 11.12}$$

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，本项目取 50；

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，辐照室室内墙壁最长距离为 760cm，d 取 304cm；

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/m³；

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<<T_d，因而 T_e≈T_V。当长时间辐照时辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad \text{公式 11.13}$$

式中：C_s—辐照室内臭氧平衡浓度，mg/m³；

T_e—对臭氧的有效清除时间，h；

V—辐照室的体积，m³。

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 11-12 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)	
I (mA)	
G	
P (mg/h)	
V (m ³)	
排风速率 (m ³ /h)	
T _e (h)	
C _s (mg/m ³)	

(3) 臭氧的排放

由表 11-12 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/m³）。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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s}$$

公式 B.3

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

T —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间，h。

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)	
C_0 (mg/m^3)	
C_s (mg/m^3)	
T (min)	

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 $15796\text{m}^3/\text{h}$ 继续工作，通过约 3.033min 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 ($0.3\text{mg}/\text{m}^3$)。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 4min 后，辐射工作人员方可进入辐照室。

通排风系统：一层辐照室设计有机械排风系统，室内风口位于辐照室西南侧地面（辐照室与主机室共用通风系统），排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：加速器机房排风管道在辐照室内下沉到地下 1m ，经地下管道到达加速器机房所在的 105 厂房外再上升至地面，沿 105 厂房外墙至高于 105 厂房 3m 排放。本项目选址于工业园区内，周边无居民小区、学校等敏感建筑，且本项目产生臭氧通过高空排放，废气比较容易扩散，对周围环境影响较小。

2、氮氧化物

电子加速器开机运行时，产生的电子束与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。其中，相比臭氧，氮氧化物的危害更小，产额更低，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

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

本项目运营过程中主要产生辐照工作人员生活污水、加速器冷却循环水、线缆降温冷却水。

1、生活污水依托厂区内已建污水处理设备处理后排入市政污水管网。

2、加速器冷却水循环系统：加速器自带冷却水循环系统，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 1.3m^3 ，运营过程中自然耗损量极少，约 $0.065\text{m}^3/\text{a}$ 。加速器冷却循环水为纯水，直接外购，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，故可循环使用，仅需定期外购纯水补充损耗量。

3、线缆降温喷淋水：线缆降温喷淋水：根据设计资料，束下喷淋降温使用自来水，喷淋设计最大流量为 $0.9\text{m}^3/\text{h}$ ，日常使用流量为 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ ，本次按日常使用流量 $0.5\text{m}^3/\text{h}$ 计，每天工作 16h，每年工作 250 天，年工作时间为 4000h，则喷淋用水量为 $2000\text{m}^3/\text{a}$ ，自然蒸发量按 10% 计，剩余 90% 均排放，则喷淋废水每日排放量为 $7.2\text{m}^3/\text{d}$ ，年排放量为 $1800\text{m}^3/\text{a}$ 。排放废水进入辐照室内设置的排水沟中排入厂区污水管网，进入厂区已建污水处理设施处理后排放。

（六）声环境影响分析

1、产生情况及治理措施

本项目的噪声主要来自于臭氧风机、冷却水水泵、加速器主体设备。项目产噪设备详细信息如下：

表 11-16 主要产噪设数量、安装位置及源强一览表

主要产噪设备	运行台/套数	源强声压级	安装位置	治理措施
臭氧风机	1	80	105 厂房外，西侧墙体旁	设备选用低噪声设备、基础减振、距离衰减
冷却水系统	1	65	105 厂房内，电子加速器机房外，西北侧墙体旁	设备选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减
加速器主体设备	1	65	105 厂房内，电子加速器机房内	设备选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减

2、达标情况分析

根据本项目噪声污染源的特征，按《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）的要求，预测模式如下。

（1）室内声源等效为室外声源的计算

a、首先计算出某个室内靠近围护结构处的倍频带声压级

$$L_{p1} = L_w + 10 \lg \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

式中：

L_{p1} ——靠近开口处（或窗户）室内某倍频带的声压级或 A 声级，dB；

L_w ——点声源声功率级（A 计权或倍频带），dB；

Q ——指向性因数；通常对无指向性声源，当声源放在房间中心时， $Q=1$ ；当放在一面墙的中心时， $Q=2$ ；当放在两面墙夹角处时， $Q=4$ ；当放在三面墙夹角处时， $Q=8$ ；

R ——房间常数； $R=S\alpha/(1-\alpha)$ ， S 为房间内表面面积， m^2 ； α 为平均吸声系数；

r ——声源到靠近围护结构某点处的距离，m。

b、计算出所有室内声源在围护结构处产生的 i 倍频带叠加声压级

$$L_{pli}(T) = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^N 10^{0.1 L_{pij}} \right)$$

式中：

$L_{pli}(T)$ ——靠近围护结构处室内 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

L_{pij} ——室内 j 声源 i 倍频带的声压级，dB；

N ——室内声源总数。

c、计算出室外靠近围护结构处的声压级

$$L_{p2i}(T) = L_{pli}(T) - (TL_i + 6)$$

式中：

$L_{p2i}(T)$ ——靠近围护结构处室外 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

$L_{pli}(T)$ ——靠近围护结构处室内 N 个声源 i 倍频带的叠加声压级，dB；

TL_i ——围护结构 i 倍频带的隔声量，dB。

d、将室外声源的声压级和透声面积换算成等效的室外声源，计算出中心位置位于透声面积（ S ）处的等效声源的倍频带声功率级

$$L_w = L_{p2}(T) + 10 \lg S$$

式中：

L_w ——中心位置位于透声面积（ S ）处的等效声源的倍频带声功率级，dB；

$L_{p2}(T)$ ——靠近围护结构处室外声源的声压级，dB；

S ——透声面积， m^2 。

(2) 噪声贡献值的计算

$$L_{eqg} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_i t_i 10^{0.1 L_{Ai}} \right)$$

式中： L_{eqg} ——噪声贡献值，dB；

T ——预测计算的时间段，s；

t_i —— i 声源在 T 时段内的运行时间，s；

L_{Ai} —— i 声源在预测点产生的等效连续 A 声级，dB。

本项目工业企业噪声源强调查清单详见下表所示。

表 11-17 噪声源强调查清单（室外声源）

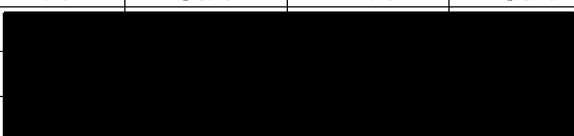
序号	声源名称	型号	空间相对位置 /m			声源源强 声功率级/dB(A)	声源控制措施	运行 时段
			X	Y	Z			
1	臭氧风机	/	-0.9	20	1	80	设备选用低噪声设备、基础减振、距离衰减	16h

表 11-18 项目噪声源强调查清单（室内声源）

序号	建筑物名称	声源名称	声功率级/ dB（A）	声源控制措施	空间相对位置/m			距室内边界 距离/m		室内边界声级/ dB（A）	运行时段	建筑物插入损失/ dB（A）	建筑物外噪声	
					X	Y	Z						声压级/ dB（A）	建筑物外距离 /m
1	105 厂房内部	冷却水系统	65	设备选用低噪声设备、	14	24	1	西南						
		东南												
		东北												
		西北												
2		加速器主体设备	65	厂房隔声、基础减振、距离衰减	8	18	/	西南						
								东南						
								东北						
							西北							

注：本项目以 105 厂房南角经纬度（104.351459863，31.280816145）为坐标原点（0.0.0），105 厂房东南侧墙体为 X 轴，西南侧墙体为 Y 轴。

表 11-19 项目环境噪声影响预测结果表

厂界	贡献值		标准值		标准名称
	昼间	夜间	昼间	夜间	
西南厂界					《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准
东南厂界					
东北厂界					

西北厂界					
由上表预测结果可见，本项目主要产噪设备采取选用低噪声设备、厂房隔声、基础减振、距离衰减等防治措施后，项目昼夜间厂界噪声均能满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准限值，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 11-20 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》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-21 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、辐射事故影响分析

1、可能发生的辐射事故识别

根据污染源分析，本项目主要环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线超剂量照射，本项目设备只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源便不会再有射

线产生。本项目拟配置辐射工作人员 8 名，根据本项目实际情况以及国内现有同类装置运行情况，可能发生的辐射事故如下：

(1) 工作人员在巡检清场时仅切断了束流便进入辐照室，加速器在高压状态下，会产生暗电流，主要为高压电场作用下灯丝表面的电子逸出、高压发生器在高压或者束流过程中可能发生电晕放电、气体电离等也会生产各种带电粒子等，可能形成空载电流，导致人员受到照射。

(2) 巡检人员还未全部撤出辐照室、有人员滞留于辐射室或者主机室大厅内，操作人员启动加速器进行辐照，造成巡检人员被误照，引发辐射事故。

(3) 安全联锁装置或报警系统发生故障，加速器工作时无关人员打开主机室门并误入加速器大厅，造成人员被误照射，引发辐射事故。

2、事故工况下辐射影响分析

(1) 事故情景 (1)

根据其他辐照装置的实际检测情况，加速器在高压状态时，最低空载束流约为额定束流的二十分之一，考虑束下空气吸收剂量率为正常运行时的二十分之一，人员在束下 1m 处停留。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1， 0° 方向距靶 1m 处 X 射线发射率为 $3.3\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，束流强度为 50mA，根据附录 A 公式（A-2），人员不同停留时间中，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率见下表：

表 11-22 事故情景 (1) 中人员在不同停留时间下手部有效受照剂量一览表

时间（min）	吸收剂量率（Gy）	辐射权重因子	组织权重因子	手部有效受照剂量（Sv）
1	165	1	0.1	
2	165	1	0.1	
5	165	1	0.1	
10	165	1	0.1	
15	165	1	0.1	
25	165	1	0.1	
注：手部有效受照剂量=吸收剂量率*时间*辐射权重因子*组织权重因子				

根据上表可以得出，人员在束下 1m 处停留 25 分钟时，计算出手部的有效剂量为 4.125Sv，足以造成重度骨髓型急性放射病，本次保守将该情景判定为较大辐射事故。

(2) 事故情景 (2) (3)

假定在事故情况下，X 射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与加速器产生

的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中加速器产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式 11-17 计算：

$$D_r=D_0/r^2$$

D_r —距离 X 射线辐射源 r m 距离处空气吸收剂量率，Gy/h；

D_0 —距离 X 射线辐射源 1m 距离空气吸收剂量率，Gy/h；根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，辐照室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 2.4×10^3 Gy/h，主机室内侧向 90°方向距离 X 射线辐射源 1m 吸收剂量率为 0.525Gy/h。

r —居留位置与 X 射线辐射源直线距离，m。

人员受到的有效剂量可用下式进行计算：

$$E=D\cdot W_T\cdot W_R$$

式中：

E —人员受到的有效剂量， $Sv\cdot min^{-1}$ ；

W_T —组织权重因数，全身取 1；

W_R —辐射权重因数，X 射线取 1。

由于加速器只有在开机的状态下才会产生 X 射线，一旦发现有人员误入，只要关闭电源或误入人员启动紧急逃逸装置即可解除辐射事故，本项目在辐照室内墙上、迷道内墙上、加速器主机厅内墙上分别安装串联并有明显标识的“紧急停机按钮”开关及停机拉线开关等，因此，在正常情况下处理加速器辐射事故的时间较短，整个处理时间约 10s。

由以上公式计算的人员可能受到的有效剂量见下表：

表 11-23 事故情况下周围人员受到的剂量估算结果

2.0MeV 电子加速器	与加速器靶距离（m）	有效剂量（Sv/10s）	
		辐照室	主机室

由上表可以得出，辐照室内误入人员在距离靶 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高达 6.67Sv/次，可能发生的辐射事故为较大辐射事故；主机室内误入人员在距离 X 射线辐射源 1m 处停留 10s，其所受有效剂量最高达 1.46mSv/次，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员 20mSv/a 剂量限值。

三、事故风险防范措施

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

假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。

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，已于 2025 年 5 月 19 日成立了辐射安全与环境保护管理领导小组（附件 6），文件中明确了成员组成和工作职责，组成人员如下： 组长：冯雪峰 副组长：王洪波、翟旭亚 成员：杨晶、刘劲松、刘飞、伍勇波、彭国栋、刘康康、陈阳、冯伟 公司辐射安全与环境保护管理领导小组下设办公室，与综合管理部合署办公，刘劲松、冯伟同志负责公司辐射安全与环境保护日常管理工作。 辐射安全与环境保护管理领导小组职责： 1、全面负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，讨论决定辐射安全与环境保护管理的重大问题和采取的措施。 2、组织贯彻落实国家和地方政府有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策。 3、组织制定和完善公司辐射作业场所安全、环境保护管理制度、辐射生产设备和岗位安全操作规程，监督并检查各项规章制度的执行。 4、组织辐射作业人员接受岗位专业技术、安全防护知识及有关规定的培训，考核合格后才能上岗作业。 5、定期组织对公司辐射作业场所进行职业病危害因素检测和作业人员职业健康体检。 6、组织开展公司辐射作业场所安全隐患排查整治工作，检查辐射生产设备及岗位辐射安全风险管控措施落实情况，督促整改辐射安全环境存在的问题或隐患。
--

7、组织制定公司辐射生产安全事故应急预案并演练，提高作业人员在发生事故、事件时采取有效应急救援和控制措施能力，防止事故、事件的扩大和蔓延。

《四川九洲线缆有限责任公司关于成立辐射安全与环境保护管理领导小组的通知》文件中已包含小组成员及职责分工，但还需补充以下内容：

①补充辐射安全管理小组日常办公地点、相关联系人电话，明确职责和各小组成员职能分工。

②定期委托有资质的单位对放射场所和防护设施进行检测，保证辐射水平符合有关规定。

③按照国家对辐射防护的有关规定和标准，定期对建设单位辐射工作人员进行上岗前、在岗期间、离岗时的职业健康体检。

④定期进行专业及防护知识培训，并督促辐射工作人员建立个人剂量、职业健康管理 and 教育培训档案；建立辐射防护的相关资料并存档；督促制定年度工作计划，并完成工作总结。

同时在核技术利用项目运行过程中，建设单位应根据人事变动情况及时调整辐射安全防护管理小组组成。

二、辐射工作人员管理

1、个人剂量监测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应长期保存。

2、培训与考核

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》（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”和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第 2021 年第 9 号）关于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

根据《核技术利用监督检查技术程序》（生态环境部（国家核安全局），2020 发布版）、《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》（川环函[2016]1400 号），建设单位可以按照以下内容对照制定。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	国家生态环境部要求		省生态环境厅要求	具体要求	对照分析
	项目	制度名称	制度名称		
1	A 综合	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	辐射安全与环境保护管理机构和岗位职责	应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员，落实了部门和人员全面负责辐射安全管理的具体工作	已制定，需将本项目新增射线装置辐射工作场所相关负责人和人员加入管理机构，且明确人员职责
2		辐射工作场所安全管理规定	辐射工作场所安全管理规定	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸应不小于 400×600mm	需制定并上墙
3		辐射安全防护设施维护维修制度	辐射安全防护设施维护维修制度	应定期检查辐射安全防护设施的有效性	需制定
4		放射源与射线装置台账管理制度	放射源与射线装置台账管理制度	应包括射线装置型号、管电压、管电流，购买时间，射线装置使用部门，责任人员，目前状况等信息	需制定

5		场所分区管理制度	场所分区管理制度	按要求划分控制区和监督区, 实行分区管理, 应有明确的标识	需制定
6	B 场所	设备操作规程	辐射工作设备操作规程	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性, 字体醒目, 尺寸应不小于 400×600mm	需制定并上墙
7	C 监测	场所及环境监测方案	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	每年委托有资质的单位进行 1 次场所年度监测; 平时应定期开展自我监测, 并做好记录; 取得《许可证》后 3 个月内完成验收监测。	需制定并按要求实施
8		监测仪表使用与校验管理制度	监测仪表使用与校验管理制度	需制定并落实监测仪表使用与校验管理制度	需制定
9	D 人员	辐射工作人员培训/再培训制度	辐射工作人员培训制度	辐射工作人员和辐射防护负责人均应登录国家核技术利用辐射安全与防护学习平台(网址: http://fushe.mee.gov.cn) 学习辐射安全与防护知识并通过考核; 已取得辐射安全培训合格证满五年需再培训并考核合格	需制定, 本次新增辐射工作人员需组织培训并考核合格后上岗
10		辐射工作人员个人剂量管理制度	辐射工作人员个人剂量管理制度	个人剂量监测周期为 1 次/季。当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时, 建设单位要对该辐射工作人员进行干预, 要进一步调查明确原因, 并由当事人在情况调查报告上签字确认; 当全年个人剂量超过 5mSv 时, 建设单位需进行原因调查, 并最终形成正式调查报告, 经本人签字确认后, 上报发证机关。	需制定并按要求实施
11		工作人员岗位职责	辐射工作人员岗位职责	应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性, 字体醒目, 尺寸应不小于 400×600mm	需制定并上墙
12	E 应急	辐射事故/事件应急预案	辐射事故预防措施及应急处理预案	辐射事故应急预案的主要内容应包括: 应急组织结构, 应急职责分工, 辐射事故应急处置(最大可信事故场景, 应急报告, 应急措施和步骤, 应急联络电话), 应急保障措施, 应急演练计划。应悬挂于辐射工作场所。内容应体现现场操作性和实用性, 字体醒目, 尺寸应不小于 400×600mm	需制定并上墙
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记录和相关日志：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。

四、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、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》生态环境部部令第 20 号（2）的要求，将本项目采用的辐射安全防护措施分析一览表如下表 12-2。

表 12-2 《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，每个班组配备 1 台个人剂量报警仪，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

由于本项目电子加速器电子束能量为 2.0MeV，因此可不考虑其产生的感生放射性影响。

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- γ 射线空气吸收剂量率；另外还需监测距离风机最近的厂界噪声。

2、监测频度

建设单位每月自行监测一次 X- γ 射线空气吸收剂量率，在射线装置每次检修后监

测一次 X- γ 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- γ 射线空气吸收剂量率；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://rr.mee.gov.cn/>）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

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、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- γ 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。

二、个人剂量监测

本项目拟配置 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。

建设单位应按以下要求做好个人剂量档案的管理：

(1) 当单个季度个人剂量超过 1.25mSv 时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过 5mSv 时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关。检测报告及有关调查报告应存档备查；

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

(3) 辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案终身保存。

三、环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，建设单位应如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，报告编制完成 5 个工作日内，建设单位应公开验收报告，公示的期限不得少于 20 个工作日。建设单位在提出验收意见的过程中，可组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

验收监测（调查）报告编制完成后，建设单位应当根据验收监测（调查）报告结论，提出验收意见。存在问题的，建设单位应当进行整改，整改完成后方可提出验收意见。

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：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高新区科技城大道南段 89 号，在 105 厂房内西南角拟建设 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（电子束能量为 2.0MeV，额定电子束流为 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 4000h，用于对电线电缆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》（GB18871-2002）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 γ 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、喷淋冷却废水，喷淋冷却废水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风机、冷却水泵、真空泵。建设单位拟使用设备均为低噪声设备，采取基础减震、建筑物隔声等措施，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。

(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》（HJ1326-2023），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相应材料进行辐射防护。	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，设置工作状态指示灯、门机联锁、配备钥匙开关、巡检装置、光电系统、联锁系统、监控系统、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2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	配备个人剂量计8套、每个班组配备1台个人剂量报警仪、整体配置1台便携式辐射巡检仪。	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。