

核技术利用建设项目

江苏渠成电缆科技有限公司

新增 1 台电子加速器辐照装置项目环
境影响报告表

江苏渠成电缆科技有限公司

2026 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏渠成电缆科技有限公司

新增 1 台电子加速器辐照装置项目环
境影响报告表

建设单位名称：江苏渠成电缆科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：宜兴市官林镇司徒路 1 号



目 录

表 1 项目基本情况.....	- 1 -
表 2 放射源.....	- 5 -
表 3 非密封放射性物质.....	- 5 -
表 4 射线装置.....	- 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	- 7 -
表 6 评价依据.....	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准.....	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状.....	- 14 -
表 9 项目工程分析与源项.....	- 17 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 28 -
表 11 环境影响分析.....	- 39 -
表 12 辐射安全管理.....	- 58 -
表 13 结论与建议.....	- 63 -
表 14 审批.....	- 68 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目				
建设单位		江苏渠成电缆科技有限公司 (统一社会信用代码: 91320282MA1WWH8L1D)				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		宜兴市官林镇司徒路 1 号				
项目建设地点		宜兴市官林镇司徒路 1 号 2#车间				
立项审批部门		宜兴市数据局		批准文号	宜数投备(2025)1990 号	
建设项目总投资 (万元)		■	项目环保总投资 (万元)	■	投资比例(环保 投资/总投资)	■
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 ²)	/
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	/				
项目概述						
一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来						
江苏渠成电缆科技有限公司(以下简称“公司”)成立于 2018 年,位于中国电缆城—江苏省宜兴市官林镇,是一家专注于电线电缆生产与销售的专业性生产企业。						
江苏渠成电缆科技有限公司为扩大产能,公司拟实施“电线电缆二期项目”,引进 1 条电子加速器辐射加工系统生产线及其他,《江苏渠成电缆科技有限公司电线电						

缆二期项目》已在宜兴市数据局进行备案（见附件 3）。本项目所在车间已取得无锡市数据局《关于江苏渠成电缆科技有限公司电线电缆项目环境影响报告表的批复》，批复文号：锡数环许（2025）2032 号（见附件 8）。

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目为电线电缆二期项目的配套建设项目（本项目为公司首次开展核技术利用项目），本项目拟建 1 座加速器机房，并配备 1 台 DD_{LH}2.0/50-1600 型工业电子加速器（最大电子射线束能量 2.0MeV，束流强度 50mA），用于对公司生产的线缆产品进行辐射交联改性。

公司初期拟为本项目配置 2 名辐射工作人员（其中 1 人兼职辐射安全管理人员），均为新增辐射工作人员，实行 8 小时工作制，年工作 250 天。项目投运后，前期预计加速器辐照装置年运行总时间不超过 2000h；后期公司将根据工作负荷考虑辐射工作人员增配及轮岗（24 小时工作制，每班人数不少于 2 人），以保证每名辐射工作人员年最大工作时间不超过 2000h。本项目拟配置的辐射工作人员及辐射安全管理人员需在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加“电子加速器辐照”类、“辐射安全管理”类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。

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目基本情况表 1-1。

表 1-1 江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目基本情况一览表

序号	射线装置名称型号	数量	电子线能量 MeV	束流强度 mA	射线装置类别	工作场所名称	活动种类	用途	环评情况及审批时间
1	██████████ ██████████	1	██	██	██	██████████ ██████████	██	██████████ ██████████ ██████████	██████████

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和部门规章，本次新增 1 台电子加速器辐照装置项目需进行环境影响评价。受江苏渠成电缆科技有限公司的委托，南京瑞森辐射技术有限公司承担了该单位新增 1 台电子加速器辐照装置项目的环境影响评价工作（委托书见附件 1）。依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为新

增 1 台电子加速器辐照装置项目，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京瑞森辐射技术有限公司在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场检测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

二、本项目选址情况及周边保护目标情况

江苏渠成电缆科技有限公司位于宜兴市官林镇司徒路 1 号，公司东侧为后来村、官丰路，南侧为司徒路，西侧为司徒东路及绿化，北侧为红美人柑橘种植基地、空地。本项目地理位置示意图见附图 1，公司厂区平面布置及周围环境示意图见附图 2。

本项目拟建址位于公司 2#车间 1 楼，2#车间东侧为 1#车间、办公楼，南侧为公司内道路，西侧为拟建设备间、公司内道路，北侧为 3#车间。本项目加速器机房东侧为线缆收发区，南侧为室外道路，西侧为拟建设备间，北侧为过道，上方为车间顶棚，下方为土层。2#车间 1 楼~2 楼平面布置示意图见附图 3~附图 4。

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目周围 50m 评价范围除西侧至司徒东路及绿化外，其余方向均位于公司厂区范围内，项目运行后的主要保护目标为本项目的辐射工作人员、厂内其他工作人员及 50m 评价范围内其他公众等。

三、原有核技术利用项目许可情况

江苏渠成电缆科技有限公司尚未开展过核技术利用项目，未取得过辐射安全许可证。本项目属于新建项目，是公司首次开展核技术利用项目。

四、实践正当性分析

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目，用于对电线、电缆进行辐照加工。项目建成投运后，有利于公司扩大产能，提高电线电缆的产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，具备良好的应用前景。在落实本报告提出的辐射安全与防护管理措施后，本项目所产生的环境影响能够得到有效控制，项目带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

五、产业政策相符性

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目属于“使用 II 类

射线装置的”项目，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作 量 (Bq)	年最大用量 (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》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1										/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧常温下约 50 分钟后自动分解为氧气，对环境影响较小
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过排风系统排入外环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<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日第七届全国人民代表大会常务委 员会第十一次会议通过，2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订，中华人民共和国主席令 第九号；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，中华人民共和国主席令 第七十七 号，2002年10月28日发布，根据2016年7月2日第十二届全国人民代表大会 常务委 员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六 部法律的决定》第一次修正，根据2018年12月29日第十三届全国人民代表大 会常务委 员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律 的决定》第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令 第六 号，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年修改，国务院令 第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》，中华人民共和国国务院令 第253号， 1998年11月29日发布，根据2017年7月16日《国务院关于修改<建设项目环境 保护管理条例>的决定》（中华人民共和国国务院令 第682号）修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），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年版），生态环境部令 第16号，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) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，环境保护部、国家卫生和计划 生育委员会，公告2017年 第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人 民代表大 会常务委 员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施；</p> <p>(11) 《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</p>
------------------	---

	<p>文件的公告》，生态环境部公告 2019年 第38号，2019年10月25日发布；</p> <p>(12) 《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10月25日发布；</p> <p>(13) 《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，2019年12月24日发布；</p> <p>(14) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第9号，2019年11月1日起施行；</p> <p>(15) 《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》，生态环境部，环环评〔2024〕41号，2024年7月8日发布；</p> <p>(16) 《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》，自然资发〔2022〕142号，2022年8月16日起试行；</p> <p>(17) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布；</p> <p>(18) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21日起施行；</p> <p>(19) 《江苏省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日发布；</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日发布；</p> <p>(21) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布；</p> <p>(22) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日发布。</p>
<p>技术 标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(2) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；</p> <p>(3) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(4) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p>

	<p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；</p> <p>(9) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）；</p> <p>(10) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）。</p>
其他	<p>附图：</p> <p>(1) 江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目地理位置示意图；</p> <p>(2) 江苏渠成电缆科技有限公司厂区平面布置及周围环境示意图；</p> <p>(3) 江苏渠成电缆科技有限公司 2#车间平面布置示意图（一楼）；</p> <p>(4) 江苏渠成电缆科技有限公司 2#车间平面布置示意图（二楼）；</p> <p>(5) 本项目辐照室屏蔽、通风、线缆及工业电子加速器钢桶设计图；</p> <p>(6) 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图。</p> <p>附件：</p> <p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 射线装置使用承诺书；</p> <p>(3) 立项备案；</p> <p>(4) 建设单位营业执照；</p> <p>(5) 辐射环境现状检测报告；</p> <p>(6) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书；</p> <p>(7) 本项目工业电子加速器设备说明书；</p> <p>(8) 2#车间一般项目环评批复。</p>

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>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》（HJ 10.1-2016）中“<u>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</u>”，确定本项目评价范围为新增 1 台电子加速器辐照装置项目加速器机房实体屏蔽体边界外周围 50m 范围内区域，评价范围详见附件 2。</p>					
<p>保护目标</p> <p>本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于无锡市一般管控单元官林镇（编码：ZH32028230505）内，不在无锡市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和重点管控单元。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。</p> <p>本项目主要考虑加速器工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，项目运行后的环境保护目标主要是本项目辐射工作人员、项目周围其他工作人员及公众等。详见表 7-1。</p>					
<p>表 7-1 主要环境保护目标</p>					
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
<p>本项目的建设符合江苏省“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利</p>					

用上线和生态环境准入清单)要求。

评价标准

一、剂量限值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)：

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特种情况下，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。

二、剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 B、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)的要求并结合本项目特点，确定本项目剂量约束值为：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

三、工作场所臭氧的控制水平

根据《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)及《工作场所所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)规定，工作场所空气中臭氧最高容许浓度为 0.3mg/m³。

四、关注点周围剂量当量参考控制水平

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 2.5μSv/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。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)，本项目电子加速器使用场所在距离机房屏蔽体外表面 30cm 处，周围剂量当量率应满足：不大于 2.5μSv/h。

五、其他标准

《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)

六、辐射环境质量现状检测评价参考值：

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站）确定本项目建设址的辐射环境质量现状检测评价参考值，见下表。

江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

	原野剂量率	道路剂量率	室内剂量率
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

注：*测量值已扣除宇宙射线响应值，现状评价时，取测值范围数值：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。

七、参考资料

- （1）《辐射防护导论》，方杰主编。
- （2）《辐射防护手册》，李德平、潘自强主编。

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

江苏渠成电缆科技有限公司位于宜兴市官林镇司徒路 1 号，公司东侧为后来村、官丰路，南侧为司徒路，西侧为司徒东路及绿化，北侧为红美人柑橘种植基地、空地。

本项目拟建址位于公司 2#车间 1 楼，2#车间东侧为 1#车间、办公楼，南侧为公司内道路，西侧为拟建设备间、公司内道路，北侧为 3#车间。本项目加速器机房东侧为线缆收发区，南侧为室外道路，西侧为拟建设备间，北侧为过道，上方为车间顶棚，下方为土层。

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目周围 50m 评价范围除西侧至司徒东路及绿化外，其余方向均位于公司厂区范围内，项目运行后的主要保护目标为本项目的辐射工作人员、厂内其他工作人员及 50m 评价范围内其他公众等。

本项目拟建址现状见图 8-1。

二、辐射环境现状调查

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) 和《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) 相关方法和要求，在进行环境现场调查时，于电子加速器辐照装置拟建址及周围环境进行布点，测量辐射剂量率现状。检测报告详见附件 5，检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-2。

检测单位：南京瑞森辐射技术有限公司

检测项目： γ 辐射剂量率

检测仪器：BG9511 型环境监测用 X- γ 辐射吸收剂量率仪（设备编号：NJRS-221，
检定有效期：2025 年 10 月 22 日~2026 年 10 月 21 日，检定单位：江苏省计量科学
研究院，检定证书编号：Y2025-0103723）

能量范围：35keV~3MeV

测量范围：10nGy/h~600 μ Gy/h

检测日期：2026 年 1 月 23 日

天气：晴

温度：5 $^{\circ}$ C

湿度：46%RH

检测布点：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布
点，于项目拟建址及其周围环境、保护目标等处布点检测。

质量控制：本项目检测单位南京瑞森辐射技术有限公司已通过检验检测机构资质
认定（证书编号：221020340350，检测资质见附件 5），具备相应的检测资质和检测
能力，检测按照南京瑞森辐射技术有限公司《质量管理手册》和《辐射环境监测技术
规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制。

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。

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员经过考核并持有合格证书，
检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过检验，检测报告实
行三级审核。

评价方法：参照江苏省天然 γ 辐射剂量水平调查结果，评价项目周围的辐射环境
质量，检测结果见表 8-1，检测点位示意图见图 8-2。

表 8-1 新增 1 台电子加速器辐照装置项目拟建址及其周围 γ 辐射剂量率测量结果

检测点	检测点名称	检测点位置	检测点坐标	检测点备注
1	1#	1#	1#	1#
2	2#	2#	2#	2#
3	3#	3#	3#	3#
4	4#	4#	4#	4#

■	■	■	■	■
■	■	■	■	■

注：1.电子加速器辐照装置拟建址所在位置下方为土层，上方为 2#车间顶棚，为一层建筑，建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子为平房室内取值；

2.测量数据已扣宇宙射线响应值（本次检测所用仪器宇宙射线响应值为 7nGy/h）。环境 γ 辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式 $\dot{D} = C_f(E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}_c)$ 计算，其中， C_f 为仪器量程检定/校准因子； E_f 为仪器检验源效率因子； \dot{X} 为现场检测时仪器 n 次读数的平均值（ $n \geq 10$ ）； μ_c 为建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，室外道路取 1； \dot{X}_c 为测点处仪器对宇宙射线的响应值。

由表 8-1 检测结果可知，江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目拟建址室内周围环境 γ 辐射剂量率在（51~57）nGy/h 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围；道路环境天然 γ 辐射剂量率为（41~52）nGy/h，位于江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。



表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

一、工程设备

江苏渠成电缆科技有限公司拟在 2#车间内新建 1 台电子加速器辐照装置,用于对公司生产的电线电缆进行辐照交联改性。

公司本次购置的工业电子加速器为半自屏蔽式工业电子加速器,设备主体部分自带屏蔽钢桶,无需设置主机室,故在厂区车间内只建设辐照室,辐照室位于地面一层,辐照室四周墙体为混凝土浇筑,并设有迷道,防护门采用钢板作为防护。本项目配备的电子加速器技术参数见表 9-1,设备示意图见图 9-1。

表 9-1 本项目配备的电子加速器技术参数一览表

■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■

████████	████████
████████	████████
████████	██
████████	██

本项目拟用加速器的主机部分由直流高压发生器、电子束流加速系统、钢筒、扫描引出系统组成，辅机部分由真空抽气系统、六氟化硫（SF₆）绝缘气体系统、水冷却循环装置、辐射安全联锁系统、计算机控制系统以及束下传输系统等系统组成。

（1）直流高压发生器

由高频振荡器、高频变压器、整流倍压系统等组成。

高频振荡器

高频振荡器是高频高压型电子加速器的主供电电源，它的主要作用是把电网的电能由工频转换为 120kHz 左右的高频，再经倍压电路转换为加速器的直流高压，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。

高频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（高频变压器）

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。

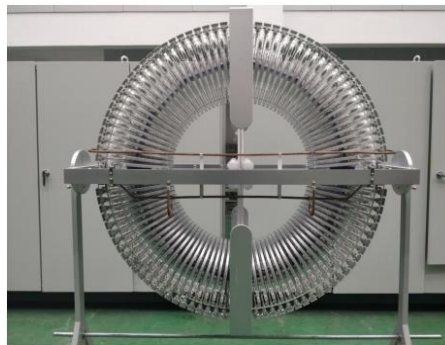


图 9-2 环形变压器

由加速管和电子枪组成。

加速管

加速管（见图 9-4）是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空（ $10^{-6} \sim 10^{-5}$ ）Pa 环境下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理复杂，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 450mm 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，因此这种加速管机械强度高、真空性能好、电性能优越，使用寿命长。

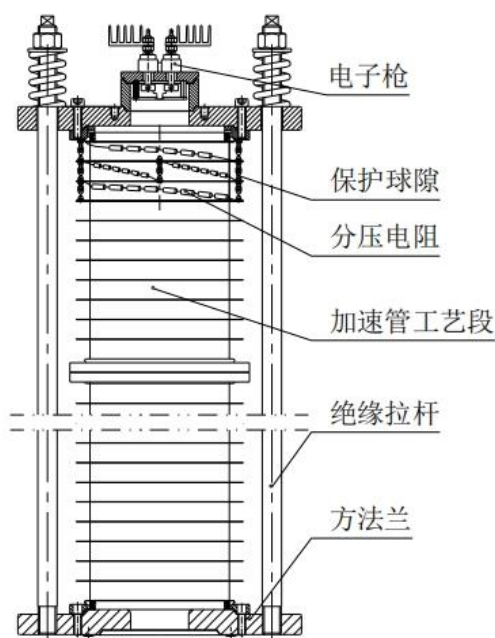


图 9-4 加速管和电子枪

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。

电子枪

加速管的顶端安装电子枪（见图 9-5 左）。电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极（见图 9-5 右），钨丝直径约 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。为了在钛窗出射口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。



图 9-5 电子枪（左）、枪灯丝（右）

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。

（3）扫描（束流）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。钛箔上的会有一定的能耗损失，需要沿钛窗安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。



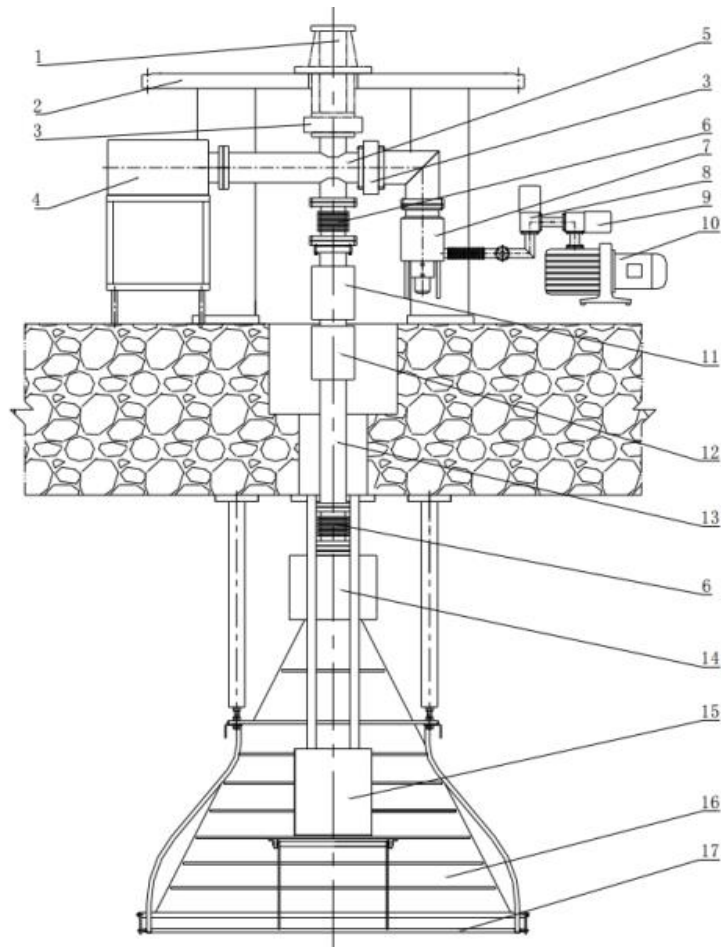
图 9-6 束流引出系统组成

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(Focus Coil)和导向线圈(Steering Coil)，用以调节束流的聚焦和出射方向。

扫描磁铁的线圈由专用三角波激磁电源供电，X方向的扫描频率为100Hz，Y方向为1000Hz。

(4) 真空抽气系统

真空抽气系统安装在主厅钢筒底座下面的四通管两侧，由涡轮分子泵(Tubor Pump)和机械泵机组组成（可根据客户要求增配 SP-400 型溅射离子泵机组 Sputter Ion Pump）。



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

工作时先启动前级旋片真空泵机组，等到前级真空度达到 5Pa 左右时可启动分子泵机组（如配有离子泵的可先利用分子泵启动离子泵，待后者正常工作后，即可关闭分子泵机组）。

真空测量采用 ZDF—V 型系列电阻/电离复合数显式真空计, ZJ-52T 型电阻规用来测量前级真空管路中的低真空度, ZJ-14 型冷规用来测量高真空管路中的真空度, 真空计可向控制台输出联锁信号, 以实现与真空度有关的联锁控制。

(5) 六氟化硫 (SF₆) 绝缘气体系统

SF₆ 气体是电力工业中广泛使用的一种优良的绝缘气体, 其绝缘能力约为空气的 2.5 倍, 灭弧能力相当于空气的 100 倍。目前, 全世界绝大部分的高频高压型加速器都采用 SF₆ 作为绝缘气体。

SF₆ 气体在电弧的高温作用下, 通过电解和电离作用, 一小部分 SF₆ 会分解为 SF₄、SOF₂、SO₂F₂、OF₂ 和 HF 等有毒气体。

SF₆ 的密度是空气密度的 5 倍, 释放到大气中会造成空气污染。一旦泄漏会沉积在低洼地和地面附近, 无色无味的特性易引起窒息。绝缘气体处理系统的功能有二:

- 1) 加速器检修时回收气体;
- 2) 通过气体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。

绝缘气体处理系统的主要部件如下:

(1) 储气筒:

为加速器检修时储存 SF₆ 气体用。

(2) 压缩机机组:

由压缩机、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:

由真空泵和一个油过滤器、一个油气吸附器、两个电动阀门以及管道部件等组成。它用于储气筒和主钢筒抽真空。在加速器检修打开钢筒前, 它必须把钢筒内的 SF₆ 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 SF₆ 的纯度。

(4) 电气控制箱位于气体处理系统机柜正面, 自动与手动操作功能并存, 用于各种气体处理动作的操作。

(5) 压缩机机组、真空泵机组、干燥塔、吸附器、储气筒、电气控制箱装在钢制框架上用管道、阀门和仪表等相连接组成完整的气体回收充气处理系统。

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。

(7) 水冷却/恒温系统（冷水机）

高频高压型加速器钢筒内的高频变压器、高压发生器都会有一定的功率损耗，会使绝缘气体升温，扫描盒内壁受散射束流轰击也会升温，扫描窗出口处的束流挡板工作时承受的负荷，会使挡板升温，高频振荡器内的高频振荡管（电子管）和水冷可控硅等发热器件工作时功率损耗产生的温升也很可观，加速器的其他一些发热器件工作时，也都会提升自身的温度。因此，这些部件工作时都需要外部水冷设备辅助冷却。冷却水的水质要纯净，不会在管壁结垢，不会腐蚀设备，还需要有良好的绝缘性能。冷却水可以循环使用，因此还需要二次冷却水回路来冷却携带热量的冷却水。

加速器水冷却/恒温系统是用于冷却/恒温 DD 型电子加速器工作时关键零部件温度的专用设备。全程采用 PLC 加控制面板方式实现自动控制。并与主控制界面建立通讯，同时能在加速器主控制界面上实现显示、控制及故障报警。

其工作原理与组成如下：

本装置主要由两只水箱（常温水箱和低温水箱）、压缩机、冷凝器、蒸发器、水泵、若干阀门、管道、机架和控制系统组成。两只水箱均由压缩机、蒸发器和冷凝器制冷，可分为低温水箱和常温水箱。常温水箱连接一台分子泵专用冷却水泵，由单独的开关控制向分子泵提供冷却水，同时有一路电磁阀通低温水箱，起到联通作用，中和水箱温度，当温度达到要求后，连接低温水箱电磁阀打开，低温水流回低温水箱，因为低温水箱和常温水箱是连通的，所以不会存在水位差。低温水箱主要冷却加速器钢筒内部和高频机柜内部，常温水箱主要冷却高频机电子管和束流吸收板；在每一个回路的回水口处，均安装有流量控制器，当出现断水或水压不够时，流量控制器发出报警信号，防止加速器在无水或欠压的情况下工作，造成加速器的损坏。

二、工作原理及工艺流程

(一) 工作原理

工业辐照加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。其工作原理可概括为：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；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，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。

本项目被辐照的产品为电线电缆，利用电子束辐照高分子材料发生辐射交联反应而改变性质，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。

（二）工艺流程及产污环节

辐照加工是根据辐照加工产品品种、性质、体积、辐照要求，制定辐照区辐照位置、辐照剂量和辐照时间等技术措施，辐照完成后，经标记包装、质量检验和用户签收等工序或发货或入库暂存。公司主要对生产的电线、电缆进行辐照加工，需要辐照的电线电缆通过其收放架系统进入加速器机房辐照室进行辐照。加速器机房的电线电缆通道内置于辐照室墙体中，电线电缆斜穿过辐照室迷道外墙及迷道内墙进入辐照室。

现对辐照加工工艺流程简述如下：

①调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

②将电线电缆放置传输系统上，调整收、放系统的位置；

③工作人员车间内巡检加速器周边、控制室、放卷处等处，主要由电线电缆传输系统开始巡检，再进入辐照室内进行巡检，巡检确定辐照室内无人且观察辐照室外视频装置确定无人后按下辐照室内巡检按钮，再启动加速器；加速器操作人员与巡检人员为同一人，操作人员按照规章制度进行巡检可确保加速器启动前巡检工作安全；

④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；

⑤启动辐照装置，通过传输装置从加速器辐照室东侧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东侧产品进出口传送出，收卷系统进行产品收放。辐照过程中会产生 X 射线、电子线、臭氧及氮氧化物。

本项目拟使用的 1 台工业电子加速器用于对公司生产的电线电缆进行辐照，整个辐照工艺流程流水线自动操作，工作人员在加速器机房控制室内操作加速器，另有工作人员在辐照室外线缆收放区对产品进行收放。

本项目电子加速器辐照装置的工作流程和主要产污环节如图 9-8 所示。



三、人员配置及工作制度情况

公司初期拟为本项目配置 2 名辐射工作人员，均为新增辐射工作人员，实行 8 小时工作制，年工作 250 天。项目投运后，前期预计加速器辐照装置年运行总时间不超过 2000h；后期公司将根据工作负荷考虑辐射工作人员增配及轮岗（24 小时工作制，每班人数不少于 2 人），以保证每名辐射工作人员年最大工作时间不超过 2000h。

污染源项描述

一、放射性污染

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。其中辐照室内电子束打到机头及其他高靶物质时会产生韧致 X 射线，X 射线的贯穿能力较强，会对辐照室周围环境造成辐射影响，这部分 X 射线是本项目的主要 X 射线来源。此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生少量 X 射线，也会对辐照室周围环境造成辐射污染。

由于电子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，在电子加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。而项目加速器机房下方为土层，上方为车间内临空，故本项目主要考虑相对于电子束 90° 方向的侧向 X 射线屏蔽。

██

██

██

████████████████

表 9-2 本项目 1 台加速器源项参数一览表

██████████	██████████
██████████	■
██████████	■
██████████	■
██████████	■
██████████	■
██████████	■
██████████	■

注：1、本项目加速器源强根据《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 取值；

2、 $D_{10}=60*1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}*50\text{mA}*0.5=2400\text{Gy/h}$ 。

二、非放射性污染

废水：

本项目运行过程中没有放射性废水产生；电子加速器冷却采用内循环冷却水系统，不外排；本项目辐射工作人员会产生一定量生活污水。

废气：

本项目运行过程中没有放射性废气产生。但空气在电子束和强 X 射线电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。电子加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。本项目加速器机房设计有通风系统，臭氧和氮氧化物通过通风系统排出机房，很快弥散在大气环境中。臭氧在大气中短时间可自动分解为氧气，而氮氧化物产量一般为臭氧产量的三分之一，这部分废气对周围环境影响较小。本项目主要考虑辐照室内产生的臭氧对停机后进入人员的影响，需保证其有害气体浓度满足 GBZ 2.1-2019 规定的有害气体职业接触限值要求。

固废：

本项目运行过程中没有放射性固废产生；本项目辐射工作人员会产生一定量生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局及分区

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目拟建址位于宜兴市官林镇司徒路 1 号，项目建成后拟用于对公司生产的电线、电缆进行辐照交联改性。

本项目加速器机房为地上一层混凝土结构，采用混凝土一体浇筑成型，辐照室内布置电子加速器辐照窗，出束方向向下；辐照室顶上为设备平台，布置电子加速器的钢桶、放电柜、电源变频器、气体系统、伺服等辅助设施；加速器控制室设于机房外南侧。

加速器辐照室设有迷道，迷道口处设有防护门；辐照产品（电线电缆）通过东墙预留的孔洞进出辐照室；控制室独立于辐照室之外，电子加速器工作时，辐射工作人员于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，线缆收放人员位于机房东侧的线缆收放区。电子加速器出束时，辐照室、设备平台上均无人员停留，本项目加速器机房布局合理可行。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将加速器机房辐照室、设备平台上钢桶围栏区域作为辐射防护控制区，电子加速器工作过程中，任何人不得进入控制区，并在辐照室防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；拟将控制室、东墙（防护门）外 1m 范围内、通往设备平台的楼梯、设备平台上钢桶以外区域作为辐射防护监督区，控制室门口设置电离辐射警告标志，监督区边界设置围栏并粘贴监督区标识，通往辐照室顶上设备平台的楼梯口设置隔离门并上锁，电子加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员限制进入。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目工作场所辐射防护分区见图 10-1。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目电子加速器机房位于 2#车间内西南侧，机房采用混凝土一体浇筑成型，其

中辐照室北墙预留束下装置的安装运输通道。束下装置安装完成后，通道使用混凝土砌块进行封堵，使其屏蔽效果与墙体一致。加速器机房具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 加速器机房屏蔽设计参数一览表

屏蔽体位置		屏蔽材料及厚度	
加速器机房	东墙	迷道内侧	██████████
		迷道外侧	██████████
	南墙	迷道内侧	██████████
		迷道外侧	██████████
	西墙	迷道内侧	██████████
		迷道外侧	██████████
	北墙	辐照室部分	██████████
		迷道部分	██████████
	顶部	辐照室部分	██████████
		迷道部分	██████████ ██████████
	迷道设计		██
	通风管道设计		██ ██████████
线缆管道设计		██ ██	

注：混凝土的密度不低于 2.35g/cm³。

本项目所用 DD_{LH}2.0/50-1600 型工业电子加速器为半自屏蔽装置，侧钢桶侧壁的辐射防护设施见表 10-2。

表 10-2 本项目电子加速器钢桶屏蔽设计一览表

加速器型号	屏蔽体位置	屏蔽材料及厚度
DD _{LH} 2.0/50-1600	侧钢桶桶身（上半段）	████████████████████
	侧钢桶桶身（下半段）	████████████████████
	侧钢桶顶盖	████████████████████
	侧钢桶桶底	██████████
	侧钢桶侧边盖	████████████████████
	主钢桶与侧钢桶连接段	████████████████████

注：铅板的密度不低于 11.3g/cm³，钢板的密度不低于 7.8g/cm³。

三、辐射安全及防护措施

为确保辐射安全，保障工业电子加速器安全运行，避免在电子加速器辐照期间人员误留或误入辐照室内发生误照事故，或辐照期间人员误上设备平台靠近加速器钢桶可能受到较大剂量照射，本项目的电子加速器辐照装置设计有相应的辐射安全装置和保护措施。主要有：

(1) 钥匙控制。本项目的加速器机房设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有电子加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动电子加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是该加速器机房辐照室的人员防护门开关钥匙，并且人员防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开人员防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙。因此，电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，人员防护门无法打开；在人员防护门打开的情况下，由于开关钥匙在人员防护门上，此情况下电子加速器必然无法开机出束。公司拟为本项目加速器配备3台个人剂量报警仪，其中1台个人剂量报警仪与工业电子加速器的开关钥匙绑定，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

(2) 门机联锁。电子加速器辐照室人员防护门与电子加速器装置联锁。在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。通往加速器设备平台的楼梯口设置门禁，只有被授权的本项目辐射工作人员才能开启。

(3) 束下装置联锁。辐照室内的传输系统与电子加速器进行联锁，建立可靠的接口和协议文件。电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障（偏离正常运行或停止运行时），将立即切断加速器电源，使得该辐照室内的电子加速器立即停止出束。

(4) 信号警示装置。辐照室防护门上、监督区边界处均设置醒目的“当心电离辐射”警告标志；辐照室防护门上方、辐照室内部均设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照室内人员的警示；辐照室防护门上方拟设置工作状态指示灯，工作状态指示灯与电子加速器高压联锁。

(5) 巡检按钮。辐照室内各面侧墙上、迷道墙上均拟设置“巡检按钮”，所有“巡检按钮”均与控制台联锁。电子加速器开机前，辐射工作人员进入辐照室按序按动“巡

检按钮”，巡查有无人员误留；未全部按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。加速器机房内辐照室设置 6 个巡检按钮，安装位置距地面约 1.3m。

(6) 急停装置。在辐照室的迷道内、辐照室内各面侧墙上均设计有紧急停机开关，共 6 个，在加速器控制室操作台上同样设计有 1 个紧急停机开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停止使用，紧急停机开关距地面高度约 1.3m。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该机房内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室的四面墙壁上和迷道内，距离地面高度约 1.2m 处，拟安装拉线开关。当拉线开关正常时，电子加速器方可启动进行出束作业；电子加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该机房内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，电子加速器才能重新启动。在辐照室内靠近防护门处设置紧急开门装置，便于人员在紧急情况下撤离辐照室。辐照室内的巡检按钮与紧急停机开关为具备 2 项功能的同一个装置，加速器启动前作为巡检按钮依次按下，加速器运行时按下任意一个则立即停机。

(7) 防人误入装置。加速器机房辐照室入口通道内设计有 3 道相互独立的光电感应装置（应采用不同厂家或不同型号的产品）并分别与电子加速器联锁。光电装置安装高度距离地面分别为 0.4m、0.85m、1.3m，当有人员误入辐照室，身体将任意一处将红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室造成误照射。

(8) 剂量联锁。在辐照室迷道内、设备平台上、控制室内均拟设置固定式辐射监测系统探头，显示面板位于控制室内。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室中的辐射水平。迷道内的辐射探测系统与辐照室防护门进行联锁，当显示面板上的辐射剂量率大于预设值（通常设置为 2.5 μ Sv/h）时，将发出警告信号，同时辐照室防护门将无法打开。

(9) 通风联锁。本项目拟在辐照室设置排风机与控制系统联锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，排风机将继续工作至少 10min，在 10min 内，即使对排风机发

出停止工作指令，排风机仍将有效工作 10min，且在达到此预设时间之前，防护门将不能被开启。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。

(10) 烟雾报警。本项目拟在辐照室顶部设置烟雾报警装置，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。

(11) 实时摄像监视。本项目拟在辐照室内设有摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，建设单位拟在迷道口安装视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。本项目建设完成后，视频监控装置可根据实际情况调整位置，确保辐照室内及迷道监控覆盖范围无死角。

(12) 电离辐射警告标志。公司拟于辐照室防护门处设置醒目的电离辐射警告标志。

(13) 门禁。通往设备平台的楼梯设置门禁，钥匙由专门人员管理，非辐射工作人员在加速器工作期间禁止进入二楼平台。

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》（HJ 979-2018）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。本项目工业电子加速器机房辐射安全装置示意图见图 10-2。



		[REDACTED]
█	[REDACTED]	[REDACTED]
█	[REDACTED]	[REDACTED]
█	[REDACTED]	[REDACTED]
█	[REDACTED]	[REDACTED]
█	[REDACTED]	[REDACTED]

	[REDACTED]	[REDACTED]
■	[REDACTED]	[REDACTED]
■	[REDACTED]	[REDACTED]
■	[REDACTED]	[REDACTED]

四、检测仪器和防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展工业辐照的单位

应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和检测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射检测等仪器。

江苏渠成电缆科技有限公司拟配备辐射巡测仪 1 台，个人剂量报警仪 3 台用于辐射检测和报警。辐射工作人员工作时将佩戴个人剂量计，以检测累积受照情况。公司拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立辐射工作人员个人剂量检测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。工作人员产生的普通生活污水，由厂内污水处理设施统一处理。工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

电子加速器在工作状态时，高能电子束及其产生的韧致辐射（X 射线）会使辐照室内空气电离从而产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目工业电子加速器辐照室排风口通过深埋地下风道连接到排气口，辐照室排风口位于加速器出束窗口正下方，风道孔洞直径为 600mm，管道埋地深度约为 800mm，臭氧和氮氧化物通过管道延伸到 2#车间顶且高出车间约 2.5m 排放至室外。加速器运

行期间风机一直保持运行，停机后还将以最大排风量继续运行 10min，辐照室内保持负压状态，臭氧和氮氧化物等废气通过排风管道排出，对周围影响较小。本项目加速器机房排风系统设计如图 10-3 所示。

电子加速器辐照装置运行期间的噪声主要由臭氧排风机产生，本项目排风机拟采用低噪声风机，安装时采取隔声减噪措施，经车间衰减后，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目加速器机房建设时主要工作为辐射防护工程施工与内饰装潢，将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

一、大气

本项目在建设施工期需进行的辐射防护工程施工等作业，将产生地面扬尘，另外机械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：及时清扫施工场地，设立围挡，并保持施工场地一定的湿度。

二、噪声

整个建筑施工阶段，如辐射防护工程与内饰装潢等施工中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）的标准，尽量采用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

三、固体废物

项目施工期间，会产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

四、废水

项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

公司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厂区内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

江苏渠成电缆科技有限公司拟在 2#车间新建 1 台电子加速器辐照装置，用于对电线电缆的辐照加工。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污染因子。

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），这部分射线为加速器钢桶的屏蔽对象。

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束下装置结构（多为不锈钢）
- ③辐照产品：产品主要为电线、电缆（多为铜芯）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。本项目加速器出束辐照时，3 种轰击物质铜 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铜为轰击靶，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》（HJ 979-2018）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）辐射影响评价模式

1、直射 X 射线的屏蔽

直射 X 射线剂量率根据 HJ 979-2018 公式 A-1 可得：

$$H_M = \frac{D_{10} \cdot B_x \cdot T}{1 \times 10^{-6} \cdot d^2} \dots\dots\dots \text{公式 11-1}$$

式中： H_M —参考点周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；

B_x —X 射线屏蔽透射比；

T —居留因子。当参考点位置为人员全居留时取 1，部分居留可取 1/4，偶然居留可取 1/16；计算参考点周围剂量当量率时，全部保守取 1；

d —X 射线源与参考点之间的距离（m）；

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（ $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）；

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \dots\dots\dots \text{公式 11-2}$$

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

I —电子束流强度（mA）；

f_e —X 射线发射率修正系数。

在已知加速器机房屏蔽设计情况下， B_x 根据 HJ 979-2018 中公式 A-3、公式 A-4

可得：

$$B_X = 10^{-n} \dots \dots \dots \text{公式 11-3}$$

$$n = \frac{S - T_1 + T_e}{T_e} \dots \dots \dots \text{公式 11-4}$$

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。

2、侧向 X 射线的屏蔽

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，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。

3、迷道外入口（无防护门情况下）的剂量率估算

防护 X 射线的迷道，按照公式 11-5 可保守地估算迷道外入口的剂量率：

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \dots d_{rj})^2} \dots \dots \dots \text{公式 11-5}$$

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

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数，参考 HJ 979-2018 取 0.005；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程的相同的），参考 HJ 979-2018 取 0.02；

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 ；

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；

j —第 j 个散射过程。

（二）参数选取

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）选取本次预测计算参数如表 11-1 所列。

表11-1 加速器机房辐照室屏蔽计算相关计算参数表

██████████	██████████
██████████████████	█
██████████████████████████	█
██████████████████	█
██████████████████████████	█
██████████	█
██████████████████	████
██████████████████	██████████
██████████████████	██████████

注：①由 HJ979-2018 中表 A.2、表 A.3 数据作“入射电子能量- T_I ”拟合曲线、“入射电子能量- T_e ”拟合曲线，再由拟合曲线查取 1.3MeV 对应的 T_I 、 T_e 。

(三) 加速器机房墙体及防护门屏蔽效果计算

在加速器机房周围取参考点如图 11-1 所示，对加速器机房外辐射剂量率进行预测计算，结果见表 11-2。

表 11-2 辐照室侧向 X 射线直射辐射屏蔽计算参数及参考点辐射剂量率一览表

████	██████████	██████████	█	██████████	██████████	██████████
█	██████████████████ ██████████	█	██████████	████	█	██████████
█	██████████████████ ██████████	████	██████████	████	████	██████████
█	██████████████████ ████	████	██████████	████	████	██████████
█	██████████████████ ██████████	█	██████████	████	█	██████████
█	██████████████████ ████	█	██████████	████	█	██████████
█	██████████████████ ██████████	█	██████████	████	█	██████████

注：屏蔽厚度 S 与距离 d 均直接由 CAD 图纸上读取。

根据加速器机房的迷道设计，辐照室的辐射经过 4 次散射才能达迷道口，散射示意图见图 11-1，迷道散射的散射面积、散射距离等计算参数及剂量率结果见表 11-3。

表 11-3 辐照室迷道散射计算参数及结果一览表

注：A1=2.35m×(2.084+5.365)m≈17.5m²，A2=2.35m×0.9m≈2.12m²，A3=2.85×0.9≈2.57m²，A4=3.35m×1.2m=4.02m²。

加速器机房辐照室迷道口处考虑 X 射线直射剂量和迷道散射剂量的叠加影响，迷道口的辐射剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4 加速器机房辐照室迷道口处辐射剂量率计算结果

由表 11-4 计算结果可知，本项目加速器机房辐照室迷道口在无防护状态下，剂量率均已小于 2.5μSv/h，则辐照室防护门采用普通门即可满足防护要求。



(四) X 射线直射到辐照室顶上的辐射影响

本项目加速器为半自屏蔽加速器，辐照室顶上为设备平台。加速器日常正常运行时，设备平台外围无人长期居留，但会有工作人员定期在此区域进行日常巡测工作；设备检修维护时，可能有工作人员在此区域活动。因此主要考虑辐照室 X 射线直射到设备平台外围的辐射剂量率，计算参数及结果详见表 11-5。

表 11-5 X 射线直射到设备平台外围辐射剂量率一览表

■	■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■	■

注：*保守取顶部墙体厚度。



(五) 加速器设备钢桶屏蔽分析

本项目加速器为半自屏蔽型加速器，对于加速器主体束流加速系统内的束流损失，根据实际运行检测知，当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，束流损失仅为 1%，束流损失能量为 10%，其产生的 X 射线能量较低。加速器侧钢桶屏蔽计算相关参数见表 11-6，计算结果见表 11-7。

表 11-6 加速器钢桶屏蔽计算相关计算参数表

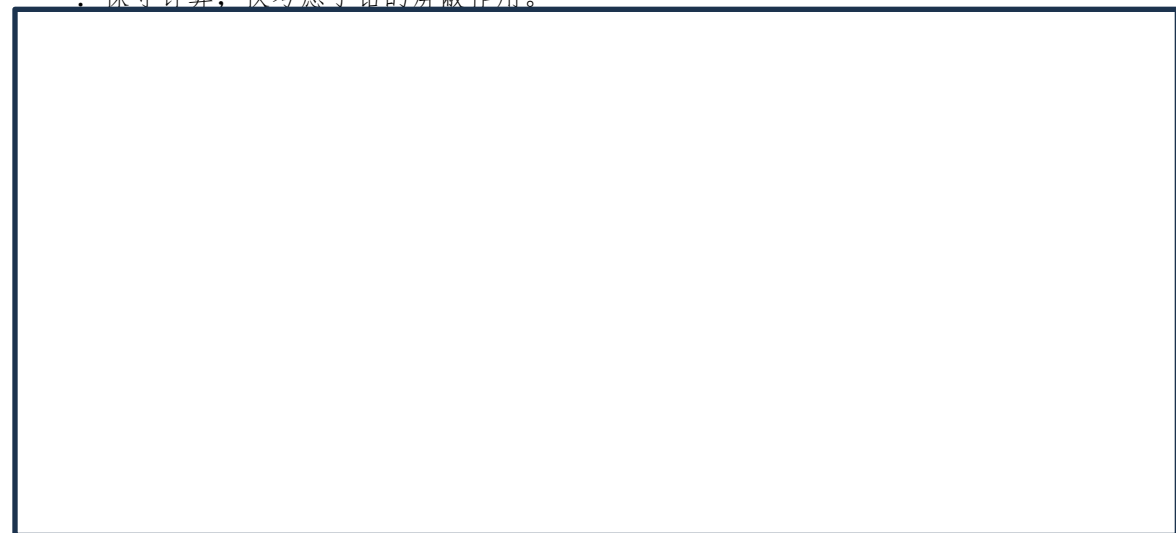
■	■
---	---

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]

表 11-7 加速器侧钢桶侧向 X 射线直射辐射屏蔽计算参数及参考点辐射剂量率一览表

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

*: 保守计算, 仅考虑了铅的屏蔽作用。



本项目工业电子加速器能量 $\leq 6\text{ MeV}$, 运行时贯穿辐射以高能电子束与被辐照物、屏蔽体相互作用产生的韧致 X 射线为主, 无显著中子及感生放射性影响。贯穿辐射经机房混凝土与加速器钢桶复合屏蔽后, 其辐射影响满足相关标准要求。

(六) 天空反散射、侧散射的辐射影响

1、天空反散射计算

根据 NCRP-151 号报告，计算公式为

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} D_{10} \Omega^{1.3})}{(d_1 d_2)^2} \quad \text{公式 11-6}$$

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)；

Ω —由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角 (Sr)；

d_1 —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m)；

d_2 —X 射线源至 P 点的距离 (m)；

B_{XS} —X 射线屋顶的屏蔽透射比。

将各参数代入公式 11-6，计算结果见表 11-8。

表 11-8 本项目加速器机房天空反射辐射剂量率核算值

■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■
■	■

2、X 射线的侧向散射

通过混凝土屋顶 X 射线的侧向散射可用以下经验公式计算：

$$H = \frac{D_{10} F f(\theta)}{d_R^2 10^{1 + \left[\frac{t - T_1}{T_e} \right]}} \quad \text{公式 11-7}$$

式中： H —X 射线侧向散射周围剂量当量率 (Sv/h)；

F —靶上方 1 米处照射野的面积 (m²)；

$f(\theta)$ —由《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 表 A.5 中给出的 X 射线的角度分布函数；

d_R —从屋顶上方束流中心到关注点的距离 (m)；

t —屋顶的厚度 (m) ;

T_1 、 T_e 分别为屋顶屏蔽材料的第一个和平衡十分之一值层 (m) 。

将各参数代入公式 11-7, 计算结果见表 11-9。

表 11-9 本项目加速器机房侧散射辐射剂量率核算值

████	████
████████	████
████	████
████	████
████	█
████	█
████	████
████	████
████████	████

综上所述, 本项目加速器运行时, 机房天空反射跟侧散射能够满足相关要求。

(七) 结果汇总

本项目电子加速器辐照装置为半自屏蔽结构, 加速器机房设备平台上受到辐照室主束及侧钢桶内束流损失的叠加影响, 汇总时, 设备平台上取辐照室主束所致辐射剂量率和加速器侧钢桶内束流损失所致侧钢桶侧盖 30cm 处辐射剂量率之和。

表 11-10 加速器机房、屏蔽钢桶外理论估算结果汇总

参考点位置		辐射剂量率 (μSv/h)
████	████████████████	████
	████████████████	████
	████████████	████
	████████████████	████
	████████████	████
	████████████████	████
	████████████	████

由表 11-10 可知, 本项目加速器机房的屏蔽设计能够满足《电子加速器辐照装置

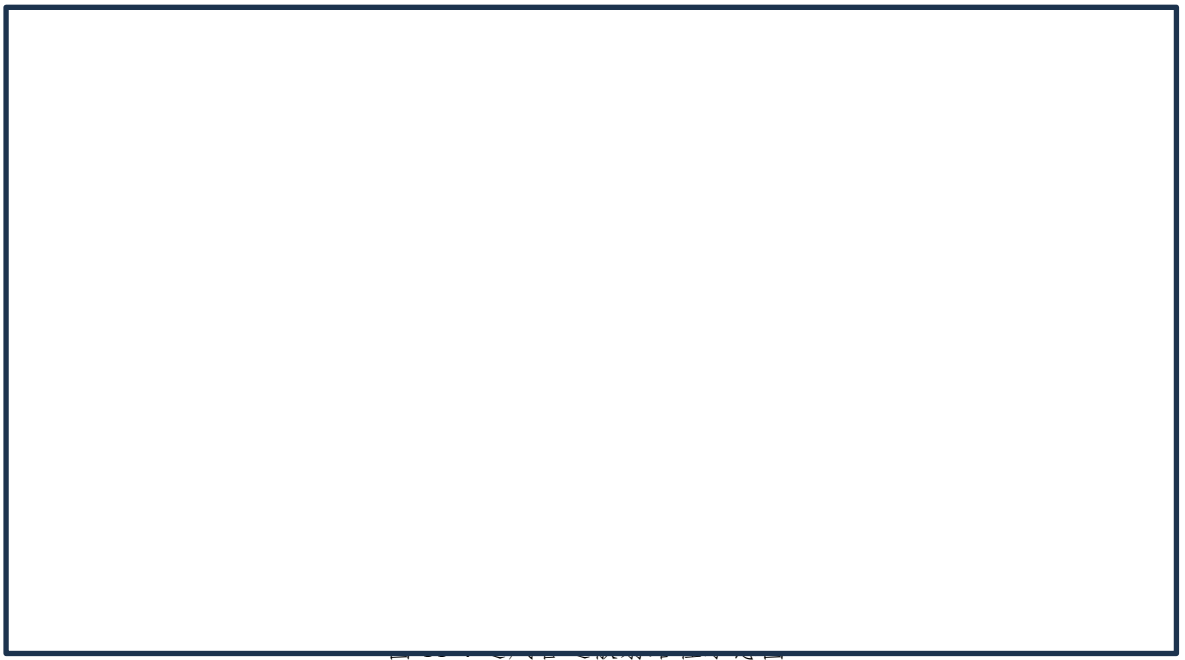
辐射安全和防护》(HJ 979-2018)中“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

(八) 通风管道辐射防护及影响分析

本项目加速器机房设置“U”形埋地穿墙通风管道，如图 11-4 所示，辐照室内排风口设于加速器出束口下方，臭氧排放口设于 2#车间楼顶且高出楼顶 2.5m。本项目通风管道的设计能在保证不破坏机房整体防护能力的前提下，又能使进入通风管道的 X 射线能够被多次散射（射线至少需要 3 次散射可到达机房外地面）。参考《辐射防护导论》（方杰主编）：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。简单估算是使辐射在迷道中至少经过 3 次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射 3 次以上的迷道，是能够保证迷道口工作人员的安全。”因此本项目通过通风管道对外造成的辐射影响较小。

(九) 穿墙线管辐射防护及影响分析

本项目加速器机房辐照室东墙拟设置独立的线缆通道，详见图 11-5。线缆通道由外至内为斜坡设计。线缆通道的设计避开主射线方向，射线最少需经 3 次散射后才能到达线缆入口处。参考《辐射防护导论》（方杰主编）：“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。简单估算是使辐射在迷道中至少经过 3 次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射 3 次以上的迷道，是能够保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需要采用普通门。”由此推断线缆通道的设计能够满足辐射防护要求。



二、保护目标有效剂量评价

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots \dots \text{公式 11-8}$$

式中： H_c —参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ —参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t —辐照装置年照射时间，单位为 h/a ；

U —辐照装置向关注点方向照射的使用因子；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子。

（一）加速器机房周围人员年有效剂量计算

将表 11-8 加速器机房外各典型参考点处的辐射剂量率估算值代入公式 11-8。

本项目建成投运后，加速器只在接到工作任务时运行。公司初期拟为本项目配置 2 名辐射工作人员（其中 1 人兼职辐射安全管理人员），均为新增辐射工作人员，实行 8 小时工作制，年工作 250 天。项目投运后，前期预计加速器辐照装置年运行总时间不超过 2000h；后期公司将根据工作负荷考虑辐射工作人员增配及轮岗（24 小时工作制，每班人数不少于 2 人），以保证每名辐射工作人员年最大工作时间不超过 2000h。考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，根据公式 11-8 估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 11-11。

表 11-11 电子加速器机房周围人员年有效剂量

由表 11-11 结果分析知，本项目电子加速器投入运行后，辐射工作人员年有效剂量最高为 0.276mSv，毗邻机房周围的公众年有效剂量最高为 0.026mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

（二）加速器机房 50m 范围内公众年有效剂量计算

表 11-12 加速器机房 50m 范围内公众年有效剂量计算

由表 11-12 可知，本项目机房 50m 范围内公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

综上所述，本项目辐射工作人员及周围公众的年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

三、非辐射环境影响分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。工作人员产生的生活污水，由厂区内污水处理设施统一处理后接入市政污水管网。工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

电子加速器工作时产生的 X 射线电离空气会产生臭氧和氮氧化物等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，臭氧的毒性高，且辐照场所氮氧化物容许浓度比

臭氧容许浓度高，因此本项目主要考虑臭氧的产生及其处理方式。

本项目工业电子加速器辐照室排风口通过深埋地下风道连接到排气口，辐照室排风口位于加速器出束窗口正下方，风道孔洞直径为 600mm，管道埋地深度约为 800mm，臭氧和氮氧化物通过管道延伸到 2#车间顶且高出厂房 2.5m 排放至室外（2#车间屋顶高 15m），设计排风量为 14974m³/h。公司拟采用低噪声风机，并在安装时设置减震抑噪措施，排风系统噪声对周围环境影响较小。

臭氧的产生及其防护

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》（HJ 979-2018）附录 B 相关公式。

（一）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：

$$P = 45dIG \dots\dots\dots \text{公式 11-9}$$

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；

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。

（二）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：

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right) \dots\dots\dots \text{公式 11-10}$$

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）；

$$T_e = \frac{T_V \times T_d}{T_V + T_d} \dots\dots\dots \text{公式 11-11}$$

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：

$$C_S = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots\text{公式 11-12}$$

式中： C_S —辐照室内臭氧平衡浓度（ mg/m^3 ）；

T_e —对臭氧的有效清除时间（h）；

V —辐照室的体积（ m^3 ）。

将参数代入以上公式计算得出，本项目加速器机房辐照室内臭氧平衡浓度 C_S 如下表所示：

表 11-13 本项目加速器机房辐照室内臭氧平衡浓度

██████████	████████████████████
██████████	█
██████████	█
█	█
██████████	██████████
██████████	██████████
████████████████████	██████████
██████████	█
██████████	██████████

（三）臭氧的排放

由表 11-10 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 GBZ 2.1-2019 所规定的工作场所最高容许浓度（ $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ）。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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_S} \dots\dots\dots\text{公式 11-13}$$

式中： C_0 —GBZ 2.1 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 11-14 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

██████████	████████████████████
██████████	█
████████████████████	█

██████████	██████
██████████	██████

由表 11-14 可知，本项目电子加速器停止工作后，排风机以通风速率不低于 14974m³/h 继续工作，加速器机房通过约 3.25min 的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ 2.1-2019 规定的臭氧最高容许浓度（0.3mg/m³）。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 10min 后，辐照工作人员方可进入辐照室。

加速器工作时线缆收放区线缆孔处于负压状态，辐照室内气体不会通过线缆孔扩散。项目设置的排风口位于 2#车间顶且高出屋顶 2.5m（2#车间标高 15m，排风口标高约 20m），厂房顶部人员不可达，厂房周围无更高大建筑。加速器排风管道独立，臭氧通过高空排放，比较容易扩散，且臭氧常温下约 50min 可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对环境影响较小。

事故影响分析

本项目使用的工业辐照电子加速器属于 II 类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145 号）之规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

一、可能发生的辐射事故

本项目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有以下几种情况：

（一）开机工作前未按照要求进行巡检，导致人员误留在辐照室内，发生人员超剂量照射事故。

（二）由于安全联锁装置失灵，电子加速器开机辐照时，机房门未完全闭合，人员误入，造成意外照射；

（三）机器调试、检修时误照射。装置在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

(四) 巡检系统失效、人员误入、检维修期间联锁失灵、屏蔽受损等潜在事故造成误照射。

(五) 通风系统故障或不畅。电子束使空气电离，产生臭氧等有害气体，辐照室内的通风系统故障或者通风换气次数不足，易造成辐照室内臭氧浓度积累，使辐照室内臭氧浓度过高。工作人员进入后，将受到非辐射有害气体的伤害。

(六) 加速器设备出现故障时（如直流高压发生器故障），可能导致加速器的高压加速管没有断开高压，仍有“暗电流”，导致加速器产生额外的 X 射线，造成误照事故；

(七) 在束下装置发生停运、卡顿等故障，束下联锁失效的情况下，辐照产品由于长时间受照引发火灾。

二、同类型辐射事故案例

根据天津市生态环境局调查发布信息：“某单位加速器的操作人员许*自 2020 年 7 月 21 日发现自己严重脱发，右后脑头发斑秃，2020 年 7 月底在工作期间出现左手臂烫伤后进入工伤认定程序，2020 年 8 月开始诊断检查，2020 年 9 月在天津职业病防治院进行检查，2020 年 9 月 21 日取得《认定工伤决定书》(编号:S112011420201140)。

根据生态环境部提供的《中国人民解放军总医院第五医学中心住院病案》显示：在中国人民解放军总医院第五医学中心（中国人民解放军第三〇七医院）就诊住院 2 次，最近一次住院是 2021 年 4 月 15 日，4 月 27 日出院记录的出院诊断为“右上肢慢性溃疡伴感染放射性损伤生物参考剂量约 15Gy，左上肢皮肤损伤放射性损伤生物参考剂量约 3Gy，面部皮肤损伤放射性损伤生物参考剂量约 2Gy”。经换算，对于组织或者器官 $1\text{Gy}=1\text{Sv}=1000\text{mSv}$ ，你单位操作人员许*右上肢生物参考剂量约 15Gy，约合当量剂量 15Sv，左上肢皮肤生物参考剂量约 3Gy，约合当量剂量 3Sv，分别超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 B 中，B1.1.1.1 四肢年当量剂量 500mSv 的 30 倍、6 倍。本次调查未发现许*从事其他涉辐射的相关活动。”

天津市生态环境局于 2021 年 10 月 9 日组织召开法制委员会，根据现有证据材料及专家审评意见，依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十四条第（一）项的规定，对上述单位发生的辐射事故开展定性定级。该电子辐照加速器致人放射性损伤的辐射事故等级认定为一般辐射事故。

综上所述，针对上述可能发生的辐射事故，建设单位应按要求对辐射装置相关联锁装置进行检查并做好记录，及时上报设备故障情况；严格按照辐射安全管理相关要

求进行管理,定期对辐射工作人员进行培训;设备故障后请专业人员进行维修与调试,非专业人员不得擅自进行维修工作;日常工作时按要求佩戴个人剂量计及辐射剂量报警仪;加速器停机时必须断开高压。

三、预防事故及减轻事故后果的措施

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等进行防范。针对可能发生的辐射事故,公司拟在以下几个方面采取一系列的预防措施,尽可能减小或控制事故的危害和影响:

(一) 人员滞留

防范措施:为避免人员滞留辐射工作场所内,应通过技术手段要求操作人员在启动加速器前必须巡视辐照室(即巡检系统)。同时,通过规范的操作制度要求辐射工作人员每次开展工作前应进入辐照室内进行巡检,通过巡检确认辐照室内无人员滞留才可进行下一步操作,以此避免此类事故的发生。

(二) 人员误入

防范措施:为避免人员误入辐射工作场所内,公司应加强控制区和监督区的分区管理,严禁无关人员进入控制区和监督区,开机出束期间禁止无关人员进入监督区,禁止任何人员进入辐照室。同时,公司应通过规范的操作制度要求辐射工作人员每次开展工作前应严格检查各项辐射安全设施设备的有效性,开机出束期间即使有人员误入,当辐照室安全门打开时,加速器设备将立即停止出束,以此避免此类事故的发生。

(三) 联锁装置失效

防范措施: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、安全联锁及工艺联锁。其中,设备联锁为开机必备的条件,任何一个环节出现异常,电子加速器均不能出束;安全联锁和设备联锁相互关联,若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;工艺联锁出现异常则电子加速器不能长期连续出束。

本项目各联锁系统彼此关联又相互独立,以确保加速器的运行安全。公司应通过规范的操作制度要求辐射工作人员每次开展工作前首先检查各项联锁系统的有效性,若任一联锁装置出现故障或失灵,应立即暂停开展电缆辐照加工作业,待联锁装置维修正常后,再严格按照电子加速器操作程序进行生产作业。此外,工作人员进出辐照室必须携带个人剂量报警仪。

（四）通风系统故障

防范措施：公司应制定相应的操作规程，要求加速器工作前必须检查通风系统能否正常工作，若不能正常工作则不能开展电缆辐照加工工作，待维修能正常工作后方可开展。辐照室停机后继续排风 5min 后辐照室内臭氧浓度可满足 GBZ2.1 的规定，实际工作中，工作人员必须在加速器停机后继续排风 5min 后才可进入辐照室。

（五）人员操作失误

防范措施：辐射操作人员须按要求参加岗前培训，合格后方可上岗，工作人员须熟练掌握操作技能及辐射防护基本知识。公司应加强辐射工作人员管理，加强职工安全意识教育，辐射工作人员应加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度。

四、辐射事故应急措施

公司应针对本项目可能出现的事故，制定切实可行的辐射事故应急预案，以备辐射事故发生时，有序处置应对辐射事故。此外，项目运行后，公司应积极开展辐射应急演练，通过演练，能够检验制定的应急措施是否可行。

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：

（一）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）。

（二）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。

（三）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。

（四）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联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，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：

- （一）建立安全管理领导小组，组织管理公司的安全工作；
- （二）加强人员的辐射安全与防护专业知识的学习和考核，持证上岗；
- （三）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；
- （四）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；
- （五）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，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

江苏渠成电缆科技有限公司拟在 2#车间内新建 1 台电子加速器辐照装置,用于对公司生产的电线电缆进行辐照加工。电子加速器辐照装置为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》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。

江苏渠成电缆科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,以文件形式明确管理人员职责。公司拟根据本次新增 1 台电子加速器辐照装置项目制定相关文件,明确公司相关辐射项目的管理人员及其职责。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员(其中 1 人兼职辐射安全管理人员),均为新增辐射工作人员。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。”。本项目拟配置的辐射工作人员及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“电子加速器辐照”类、“辐射安全管理”类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。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《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》的有关要求,使用射线装置的单位要“有健全操作规程、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、检测方案等,并有完善的辐射事故应急措施”。江苏渠成电缆科技有限公司拟制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐照设备检修维护制度、射线装置使用登记、台账管理制度、人员培训计划、个人剂量检测方案、辐射环境检测方案、辐射事故应急预案等规章制度。公司拟在以后的实际工作中不断对各项管理制度进行补充和完善,使其具有较强的针对性和可操作性,并

将本项目纳入全公司的辐射安全管理当中。现对各项制度提出相应的建议和要求：

辐射防护和安全保卫制度：根据公司的具体情况制定辐射防护和保卫制度，重点是电子加速器的运行和维修时辐射安全管理。

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、电子加速器操作流程和检维修工作流程，及相应操作过程中应采取的具体防护措施、安全措施，重点是明确电子加速器操作步骤以及辐照过程中必须采取的辐射安全措施。

设备维护检修制度：明确电子加速器和辐射检测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，定期巡视检查（检验）加速器的主要安全设备（急停按钮、门机联锁、警示标志、工作状态指示灯等），保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。按照 HJ 979-2018 中相关要求，设备维护检修制度中应明确：

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。常规日检查项目应至少包括下列内容：

- （一）工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- （二）辐照装置安全联锁控制显示状况；
- （三）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：

- （一）辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- （二）控制台及其他所有紧急停止按钮；
- （三）通风系统的有效性；
- （四）验证安全联锁功能的有效性；
- （五）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：

- （一）配合年检修的检测；
- （二）全部安全设备和控制系统运行状况。

四、记录

辐照装置营运单位必须建立严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容：

- （一）运行工况；
- （二）辐照产品的情况；
- （三）发生的故障及排除方法；
- （四）外来人员进入控制区情况；
- （五）个人剂量计佩戴情况；
- （六）个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；
- （七）检查及维修维护的内容与结果；
- （八）其它。

岗位职责：明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

人员培训计划和健康管理制：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《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》，辐射工作人员及辐射防护负责人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通过考核。辐射工作人员应定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年，包括岗前体检、在岗体检及离岗前体检），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

使用登记制度：公司拟建立电子加速器使用登记制度，规范电子加速器的台账管理。严格按照记录表内容进行登记，使所有工作人员的操作记录有据可查。

监测方案：公司拟制定完善的检测方案，明确检测点位、检测项目和频次，购置相应检测仪器（拟购置 3 台个人剂量报警仪，1 台辐射巡测仪）并定期送检、校准，取得相应证书，其能量响应范围应满足本项目检测需要，并按检测方案对核技术应用场所及周围辐射水平进行检测，同时做好记录分析工作，检测结果定期上报生态环境行政主管部门。为了确保射线装置的辐射安全，该公司应制定检测方案，重点是：

- 一、明确检测项目和频次；

二、辐射工作人员个人剂量检测数据拟建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到检测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理；

三、对发生辐射事故处理进行全程检测；

四、公司拟按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行检测或者委托有资质的机构进行检测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告；

五、委托有资质检测单位对本公司的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

江苏渠成电缆科技有限公司拟为本项目配备1台辐射巡测仪和3台个人剂量报警仪用于辐射防护检测及报警。同时结合本项目实际情况，拟制定如下检测计划：

一、委托有资质的单位定期对项目周围环境 X-γ 辐射剂量率进行检测，周期：1~2次/年；

二、辐射工作人员配备个人剂量计检测累积剂量，定期（不少于1次/季）送有资质机构进行个人剂量检测，建立个人剂量档案；

三、定期使用辐射检测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录；

四、所有辐射工作人员上岗前进行职业健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

五、出现外照射事故，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

公司辐射工作场所检测计划一览表见表12-1。

表12-1 工作场所检测计划一览表

██████	██████	██████	██████████████	██████	██████
██████	██████	██████████	██████████████	██████████	██████████
██████	██████	██████████	██████████████	██████████	██████

辐射事故应急

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，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- 一、应急机构和职责分工；
- 二、应急的具体人员和联系电话；
- 三、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；
- 四、辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- 五、辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在公司定期检测或委托检测时发现异常情况的，应根据《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》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、实践正当性

江苏渠成电缆科技有限公司拟在 2#车间内新建 1 台电子加速器辐照装置，并配置 1 台 DD_{LH}2.0/50-1600 型工业电子加速器（参数：2.0MeV/50mA），用于对电线电缆等进行辐照加工。该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）辐射防护“实践正当性”原则。

二、产业政策相符性

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目属于“使用 II 类射线装置的”项目，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，不属于“限制类”或“淘汰类”项目，符合国家现行的产业政策。

三、选址合理性

江苏渠成电缆科技有限公司位于宜兴市官林镇司徒路 1 号，公司东侧为后来村、官丰路，南侧为司徒路，西侧为司徒东路及绿化，北侧为红美人柑橘种植基地、空地。

本项目拟建址位于公司 2#车间 1 楼，2#车间东侧为 1#车间、办公楼，南侧为公司内道路，西侧为拟建设备间、公司内道路，北侧为 3#车间。本项目加速器机房东侧为线缆收放区，南侧为室外道路，西侧为拟建设备间，北侧为过道，上方为车间顶棚，下方为土层。

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目周围 50m 评价范围除西侧至司徒东路及绿化外，其余方向均位于公司厂区范围内，项目运行后的主要保护目标为本项目辐射工作人员、厂内其他工作人员及 50m 评价范围内其他公众等。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。根据《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于无锡市一般管控单元官林镇（编码：ZH32028230505）内，不在无锡市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和重点管控单元。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，本项目拟将加速器机房辐照室、设备平台

上钢桶内部作为辐射防护控制区，电子加速器工作过程中，任何人不得进入控制区，并在辐照室防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；拟将控制室、线缆收放区、设备平台上钢桶以外区域作为辐射防护监督区，控制室门口设置电离辐射警告标志，监督区边界设置围栏并粘贴监督区标识、电离辐射警告标志，通往辐照室顶上设备平台的楼梯口设置隔离门并上锁，电子加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员限制进入。

本项目选址及布局合理，项目工作场所分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

四、辐射环境现状评价

江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目拟建址室内周围环境 γ 辐射剂量率在（51~57）nGy/h 之间，位于江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7~129.4）nGy/h 范围；道路 γ 辐射剂量率为（41~52）nGy/h，位于江苏省道路 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1~102.3）nGy/h 范围内。

五、环境影响评价

根据理论估算结果，江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目在做好防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。工作人员产生的生活污水，由厂区内污水处理设施统一处理后接入市政管网。工作人员产生的生活垃圾，分类收集后，将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

本项目工业电子加速器机房内的空气在辐射照射下会产生臭氧和氮氧化物等有害气体。本项目加速器机房设置排风机，设计排风量为 14974m³/h。为确保安全，加速器设有通风联锁装置，加速器停机后需继续通风 10min 以上，防护门才能被打开，此时辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ 2.1-2019 规定的臭氧的最高容许浓度（0.3mg/m³）。臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小；氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，对环境影响较小。

六、辐射安全措施评价

本项目加速器机房拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要包括：钥匙控制、

门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警等。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》(HJ 979-2018)中相关要求,项目设计安全可行;落实以上措施后,能够满足辐射安全的要求。

七、辐射安全管理评价

江苏渠成电缆科技有限公司拟设立辐射安全管理机构,指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作,并以文件形式明确其管理职责。公司拟制定可行的辐射安全管理制度,并在以后的实际工作中不断对各项管理制度进行补充和完善。

公司拟为本项目辐射工作人员配置个人剂量计,定期送有资质部门检测个人剂量,建立个人剂量档案;定期组织辐射工作人员进行职业健康体检,建立个人职业健康监护档案。江苏渠成电缆科技有限公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪,3 台个人剂量报警仪。

综上所述,江苏渠成电缆科技有限公司新增 1 台电子加速器辐照装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后,该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和相应的辐射安全防护措施,其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求。从环境保护角度论证,本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

一、该项目运行中,应严格遵循操作规程,加强对操作人员的培训,杜绝麻痹大意思想,以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响,使对环境的影响降低到最低。

二、各项安全措施及辐射防护设施必须正常运行,严格按国家有关规定要求进行操作,确保其安全可靠。

三、定期进行辐射工作场所的检查及检测,及时排除事故隐患。

四、公司在取得本项目环评批复,且具备辐射安全许可证申请条件后,应及时申请辐射安全许可证,并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评〔2017〕4号)第十二条“除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外,其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月;需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的,验收期限可以适当延期,但最长不超过 12 个月。”的规定时限要求开展竣工环境保护验收工作。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

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。公司已设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。	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：本项目电子加速器机房四周墙壁、顶面均采用混凝土进行辐射防护，防护门为普通铁门，详见表 10-1；加速器钢桶采用钢板+铅板进行辐射防护，详见表 10-2。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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。	■
	安全措施：本项目电子加速器拟设置相应的辐射安全装置和保护措施，主要包括：钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警等。	满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的相关要求。	
	通风设施：本项目电子加速器机房拟设置排风机 1 台，排风口通过深埋地下风道连接到排气口，辐照室排风口位于加速器出束窗口正下方，臭氧和氮氧化物通过管道延伸到 2#车间顶且高出车间约 2.5m 排放至室外。加速器运行期间风机一直保持运行，停机后还将以最大风量继续运行 10min，辐照室内保持负压状态。	满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的相关要求。	
人员配备	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。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	■
	辐射工作人员随身佩戴个人剂量计，并定期送检（两次检测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量检测，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。		
检测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪 1 台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关要求。	■
	拟配备个人剂量报警仪 3 台。		
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、检测方案、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，补充相关内	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	■

	容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	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。	
总计	/	/	■

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

