

2026-F-001

核技术利用建设项目

电子加速器辐照项目
环境影响报告表

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司（盖章）

2026年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

电子加速器辐照项目 环境影响报告表

建设单位名称：无锡玖开线缆科技集团股份有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号

邮政编码：214251

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

目录

表 1 项目基本概况	1
表 2 放射源	6
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6 评价依据	9
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	16
表 9 项目工程分析与源项	22
表 10 辐射安全与防护	31
表 11 环境影响分析	38
表 12 辐射安全管理	63
表 13 结论与建议	67
表 14 审批	72
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	73

附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周围环境及厂区平面布置图
- 附图 3 项目辐照加速器机房一层平面设计图
- 附图 4 项目辐照加速器机房二层平面设计图
- 附图 5 项目辐照加速器机房剖面设计图
- 附图 6 项目辐照加速器机房辐射安全措施图
- 附图 7 项目与生态空间管控区域位置关系图
- 附图 8 项目与最近优先保护单元位置关系图
- 附图 9 项目与生态环境分区管控单元位置关系图

附件：

- 附件 1 委托书
- 附件 2 射线装置承诺书
- 附件 3 营业执照
- 附件 4 建设单位名称变更文件
- 附件 5 建设单位一般项目环评文件及备案证
- 附件 6 本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质
- 附件 7 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书
- 附件 8 加速器说明书
- 附件 9 加速器技术参数说明
- 附件 10 土地产权证及租赁协议

表 1 项目基本概况

建设项目名称		电子加速器辐照项目			
建设单位		无锡玖开线缆科技集团股份有限公司			
法人代表姓名	刘军波	联系人		联系电话	
注册地址		宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号			
项目建设地点		宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
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(迁建)		占地面积 (m ²)	376.2
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	/			

1.项目概述

1.1 建设单位基本情况

建设单位原名无锡市群星线缆有限公司，后因经营需要于 2024 年 10 月 28 日更名为无锡玖开线缆科技集团有限公司，于 2025 年 12 月 16 日更为现名无锡玖开线缆科技集团股份有限公司（见附件 4）。建设单位成立于 1998 年 12 月 23 日，法定代表人为刘军波，注册资本为 10000 万元，统一社会信用代码为 91320282711598811Q，公司注册地址位于宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号。公司经营范围包括：许可项目：电线、电缆制造（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，具体经营项目以审批结果为准）；一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、

技术转让、技术推广；电线、电缆经营；塑料制品制造；塑料制品转让、销售；金属链条及其他金属制品制造；金属制品销售；智能输配电及控制设备销售；货物进出口；技术进出口（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

1.2 项目规模及任务由来

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司使用自有厂房（位于宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号）开展生产经营活动。公司此前投资的一般建设项目《6KV 以下电线电缆生产线技改项目》，已于 2025 年 11 月 12 日获得无锡市行政审批局批复（批复文号：锡数环许〔2025〕2106 号），并于 2025 年 12 月 12 日完成自主环保验收（详见附件 5）。

为拓展生产规模、升级产业布局，建设单位拟依托自有土地 15641m²，并租赁宜兴市官林镇林霞村村民委员会集体建设用地 16694m²（下称拟建厂区），新建数智一体化敏捷车间，新增建筑面积 43320.95m²，实施《6KV 以下新能源高端线缆制造改建项目》。该项目已于 2025 年 1 月 15 日完成投资项目备案，取得宜兴市官林镇人民政府核发的《江苏省投资项目备案证》（备案文号：官林镇人民政府备〔2025〕12 号），项目代码为 2501-320240-89-01-651203（详见附件 5）。

为确保公司生产的电缆产品符合国家相关质量标准，需对电缆产品开展辐照加工（交联改性）处理，使产品具备阻燃、耐热、抗老化等优良性能。结合《6kV 以下新能源高端线缆制造改建项目》建设规划，公司拟在数智一体化敏捷车间（下称拟建生产厂房）一层西北角新建 2 座加速器机房，并购置 2 台电子辐照加速器。其中：1 号加速器机房配置 DD_{LH}2.5/40-1600 型加速器 1 台，最大电子束能量 2.5MeV，最大束流强度 40mA；2 号加速器机房配置 DD_{LH}2.0/50-1600 型加速器 1 台，最大电子束能量 2.0MeV，最大束流强度 50mA。

本项目建成后，公司拟为本项目 2 座加速器机房共配备 8 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 4 名辐射工作人员（每 2 人负责 1 座加速器机房），每班工作时间不超过 8 小时。每座加速器机房预计每天出束不超过 16 小时，每周工作 5 天，年工作时间为 50 周，公司拟开展辐照加工的每台加速器年出束时间均不超过 4000h。

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司核技术利用项目情况详见下表：

表 1-1 无锡玖开线缆科技集团股份有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称、型号	数量(台)	最大电子束能量(MeV)	最大束流强度(mA)	额定束流功率(kW)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注

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》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目为使用工业辐照用电子加速器，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用Ⅱ类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。受无锡玖开线缆科技集团股份有限公司委托，无锡市希悦林霞环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。无锡市希悦林霞环保科技有限公司通过资料调研、委托资质单位进行现场监测，并进行评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

2.项目周边保护目标及项目选址情况

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司位于宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号，地理位置图见附图 1。厂区东侧为大田村村道及部分空地，隔大田村村道为大田村，南侧为宜兴市振露船舶修理有限公司、无锡亿宝机械设备有限公司、宜兴市华日电工器材有限公司等工业企业，西侧为启迪路，隔路为无锡买山环保装备有限公司等工业企业；北侧为司徒路，厂区平面布局及周围环境图见附图 2。

拟建厂区位于建设单位已建厂区的东南侧，东侧为大田村村道及部分空地，隔大田村村道为大田村，南侧为无锡亿宝机械设备有限公司，西南角为宜兴市华日电工器材有限公司，西侧为无锡江南电缆有限公司，北侧为建设单位已建厂区和玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司。

本项目辐照车间设于拟建生产厂房内，该生产厂房主体为二层建筑，北侧一端配

电房区域为单层结构，整体位于拟建厂区西侧。辐照车间布置在生产厂房二层区域对应的首层西北角，2座加速器机房拟建于辐照车间西北侧，2座加速器机房东侧为过道、辐照收发线区、通道、辐照成品区，南侧为过道、通道、电缆线生产区，西侧依次为过道、厂区道路、无锡江南电缆有限公司，北侧依次为过道、配电间、厂区道路、建设单位已建厂房及玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司，上方为拟建二层车间，下方为土层。2座加速器机房相邻而建，自北向南依次为1号加速器机房和2号加速器机房，1号和2号加速器机房共用一间控制室，位于1号加速器机房和2号加速器机房的东侧中位。本项目辐照车间平面布置图见附图3。加速器机房平面涉及图详见附图4。

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。

本项目2座加速器机房拟建址周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目2座加速器机房拟建址50m范围内涉及①拟建址所在拟建生产厂房、②拟建址北侧配电间、③拟建址北侧、东侧、西侧厂区道路、④拟建址北侧无锡玖开线缆科技集团股份有限公司已建厂房、⑤拟建址西侧无锡江南电缆有限公司厂区道路及厂房⑥拟建址东北侧玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器装置操作的辐射工作人员及周围公众。

3.原有核技术利用项目情况

在此之前，无锡玖开线缆科技集团股份有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为无锡玖开线缆科技集团股份有限公司首次开展核技术利用项目。

4.实践正当性分析

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司因业务发展需要，计划在拟建生产厂房内新建2座加速器机房并拟配备2台电子辐照加速器，用于对公司生产的电缆进行辐照交联改性。本项目的建设有利于提高产品质量，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升产品的竞争力，增加公司利益，从社会角度而言，本项目能够改善电缆的性能，为社会提供优质电缆产品。虽然在运行期间，辐照加速器的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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”的原则与要求。

5.与产业政策的相符性

本项目利用电子辐照加速器对公司生产的电缆产品开展辐照加工(交联改性)处理,使产品具备阻燃、耐热、抗老化等优良性能,根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》,本项目不属于限制类、淘汰类,故本项目符合国家和地方现行产业政策。

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 (台)	型号	加速粒子	最大电子束 能量 (MeV)	最大束流强度 (mA)	用途	工作场所	备注

(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 (μ A)	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 氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接排入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	/	/			/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/			/	不暂存	生活污水接管污水处理厂集中处理。
冷却水	液态	/	/	循环利用	循环利用	/	暂存	运行阶段不需要定期对冷却水进行更换或排放，退役时冷却水最终去向是由厂家回收利用于未来新的加速器项目或研发设施。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第九号公布，2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正），中华人民共和国主席令第二十四号公布，2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第六号公布，2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订版），中华人民共和国 2020 年主席令第四十三号，2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第六百八十二号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第四百四十九号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修订，国务院令第七百零九号，2019 年 3 月 2 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）》，生态环境部令第十六号，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《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 年第六十六号，2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第二十号，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(10) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第一百八十八号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第九号，2019 年 11 月 1 日起施行</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》，</p>
------	---

	<p>生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(14) 《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 日起施行</p> <p>(15) 《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</p> <p>(16) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修订版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《江苏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</p> <p>(18) 《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</p> <p>(19) 《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</p> <p>(20) 《江苏省自然资源厅关于宜兴市生态空间管控区域优化调整方案的复函》，苏自然资函〔2022〕88 号，2022 年 1 月 13 日</p> <p>(21) 《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 11 月 9 日</p> <p>(22) 《江苏省生态空间管控区域调整管理办法》，苏政办发〔2021〕3 号，2021 年 2 月 1 日起施行</p> <p>(23) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880 号，2023 年 10 月 10 日起施行</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>(2) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）</p> <p>(3) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p>

	<p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(7) 《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB5172-2025) (2026年5月1日起实施,考虑到项目建设周期,标准实施后项目方建成投运,因此本报告按2025版标准进行评价)</p> <p>(8) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)</p> <p>(9) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010)</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)</p> <p>(11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》(GBZ98-2020)</p> <p>(12) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) (根据原国家卫生计生委国卫通〔2016〕24号公告,该标准于2016年12月28日转为推荐性标准)</p>
其它	<p>附图:</p> <p>附图1 项目地理位置图</p> <p>附图2 项目周围环境及厂区平面布置图</p> <p>附图3 项目辐照加速器机房一层平面设计图</p> <p>附图4 项目辐照加速器机房二层平面设计图</p> <p>附图5 项目辐照加速器机房剖面设计图</p> <p>附图6 项目辐照加速器机房辐射安全措施图</p> <p>附图7 项目与生态空间管控区域位置关系图</p> <p>附图8 项目与最近优先保护单元位置关系图</p> <p>附图9 项目与生态环境分区管控单元位置关系图</p> <p>附件:</p> <p>附件1 委托书</p> <p>附件2 射线装置承诺书</p> <p>附件3 营业执照</p> <p>附件4 建设单位名称变更文件</p> <p>附件5 建设单位一般项目环评文件及备案证</p> <p>附件6 本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质</p>

附件 7	江苏省生态环境分区管控综合查询报告书
附件 8	加速器说明书
附件 9	加速器技术参数说明
附件 10	土地产权证及租赁协议

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为新建的 2 台电子加速器辐照装置属于Ⅱ类射线装置。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“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”相关规定，确定本项目评价范围为 2 座加速器机房屏蔽体边界外 50m 区域，见附图 2。

保护目标

本项目位于宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号无锡玖开线缆科技集团股份有限公司厂区内，2 座加速器机房拟建址位于拟建生产厂房内。

对照《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)、《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)及《江苏省自然资源厅关于宜兴市生态空间管控区域优化调整方案的复函》(苏自然资函〔2022〕88 号)，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省以及宜兴市生态空间管控区域，本项目与最近优先保护单元位置关系图见附图 8。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)，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。根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书(见附件 7)，本项目地块涉及重点管控单元宜兴市官林镇工业集中区，项目选址符合生态环境分区管控的要求，本项目与生态环境分区管控单元位置关系图见附图 9。

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。

本项目辐照加速器机房周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

- 1.从事本项目加速器机房操作的辐射工作人员；
- 2.辐照加速器机房周围公众。

表 7-1 本项目辐照加速器机房拟建址评价范围内敏感保护目标情况一览表

环境保护目标	规模	方位	最近距离	剂量约束值

辐射 工作 人员	5mSv/a
公 众	.1mSv/a

评价标准

1.工作人员职业照射和公众照射剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
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（但不可作任何追溯性平均），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。

2.剂量约束值

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.1 辐射防护原则（3）个人剂量约束中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：

辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；

公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

3.辐射剂量率控制水平

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）4.2.2 辐射屏蔽设计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。确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

电子加速器辐照装置屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h。

4.辐射环境质量现状检测评价参考值

参考《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。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

/	原野	道路	室内
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：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。宇宙射线响应的扣除方法采用文献(全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组(支仲骥执笔)。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究(1983-1990 年)。辐射防护，1992.12(2):96)中的方法。

[2] 现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。

5.参考资料

1) 《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司位于宜兴市官林镇工业集中区 C 区启迪路 16 号。拟建厂区位于建设单位已建厂区的东南侧，东侧为大田村村道，南侧为无锡亿宝机械设备有限公司，西侧为无锡江南电缆有限公司，北侧为建设单位已建厂区和玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司。

本项目辐照车间所在拟建生产厂房为 2 层建筑，位于拟建厂区的西侧。辐照车间位于拟建生产厂房一层的西北角，2 座加速器机房拟建址位于辐照车间西侧，2 座加速器机房东侧为过道、辐照收发线区、通道、辐照成品区，南侧为过道、通道、电缆线生产区，西侧依次为过道、厂区道路、无锡江南电缆有限公司，北侧依次为过道、配电间、厂区道路、建设单位已建厂房，上方为拟建二层车间，下方为土层。2 座加速器机房相邻而建，自北向南依次为 1 号加速器机房和 2 号加速器机房，1 号和 2 号加速器机房共用一间控制室，位于 1 号加速器机房和 2 号加速器机房的东侧中位。

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。

本项目 2 座加速器机房拟建址周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目 2 座加速器机房拟建址 50m 范围内涉及①拟建址所在拟建生产厂房、②拟建址北侧配电间、③拟建址北侧、东侧、西侧厂区道路、④拟建址北侧无锡玖开线缆科技集团股份有限公司已建厂房、⑤拟建址西侧无锡江南电缆有限公司厂区道路及厂房⑥拟建址东北侧玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器装置操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目辐照加速器机房周围环境现状见图 8-1。

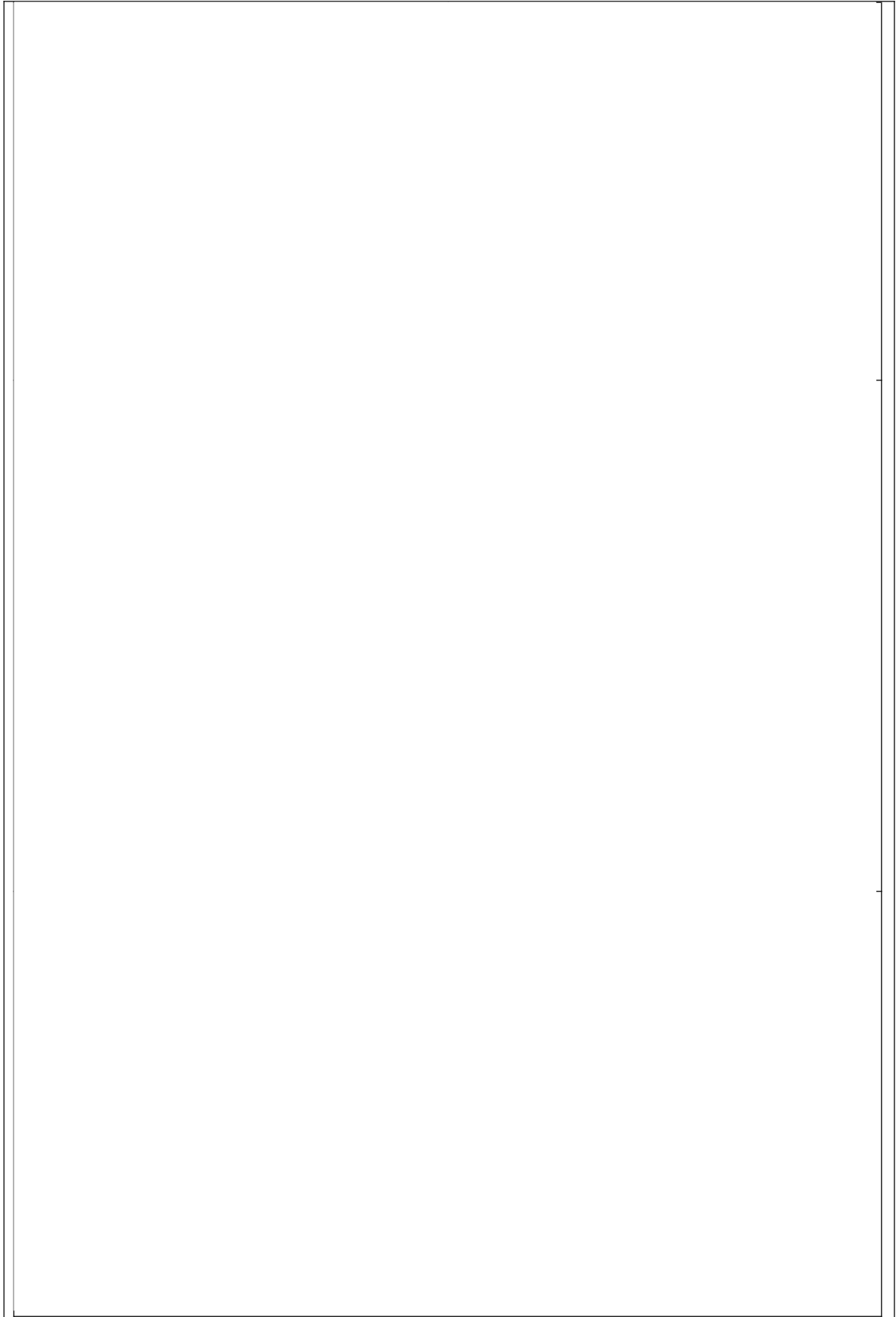


图 8-1 本项目辐照加速器机房拟建址周围环境现状

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：2 台电子加速器辐照装置拟建址及周围辐射环境

监测因子：X- γ 射线辐射剂量率

监测点位：辐照加速器机房拟建址周围布置监测点位，共 7 个监测点位

3.检测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 检测方案

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)在辐照加速器机房拟建址及周围布设监测点位，测量 2 台电子加速器辐照装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司

检测仪器：FH40G/FHZ672E-10 型X- γ 剂量率仪（仪器编号：1026），检定有效期：2025.10.28~2026.10.27，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h

环境条件：天气：晴，T：12.8 $^{\circ}$ C，RH：42.9%

检测项目：X- γ 周围剂量当量率

检测布点：在辐照加速器机房拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2025 年 12 月 25 日

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

数据记录及处理：检测仪器测量量值为周围剂量当量率 $\dot{H}^*(10)$ ，测量结果经过系数转换（空气比释动能 K_a 和周围剂量当量 $H^*(10)$ 的转换系数为 $H^*(10)/K_a=1.20Sv/Gy$ ）。

3.2 质量保证措施

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司，检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点；

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有检测上岗证，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核。

3.3 检测结果

评价方法:对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价,检测结果见表 8-1,详细检测结果见附件 6。

表 8-1 本项目辐照加速器机房拟建址周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点描述	标准偏差 (nGy/h)	测量结果 (nGy/h)	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

注: 1、测量结果已扣除检测仪器对宇宙射线辐射的响应值(仪器的宇宙响应值为 10.4nGy/h);
2、建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子: 楼房取 0.8, 平房取 0.9, 原野、道路取 1。

检测点位见图 8-2。

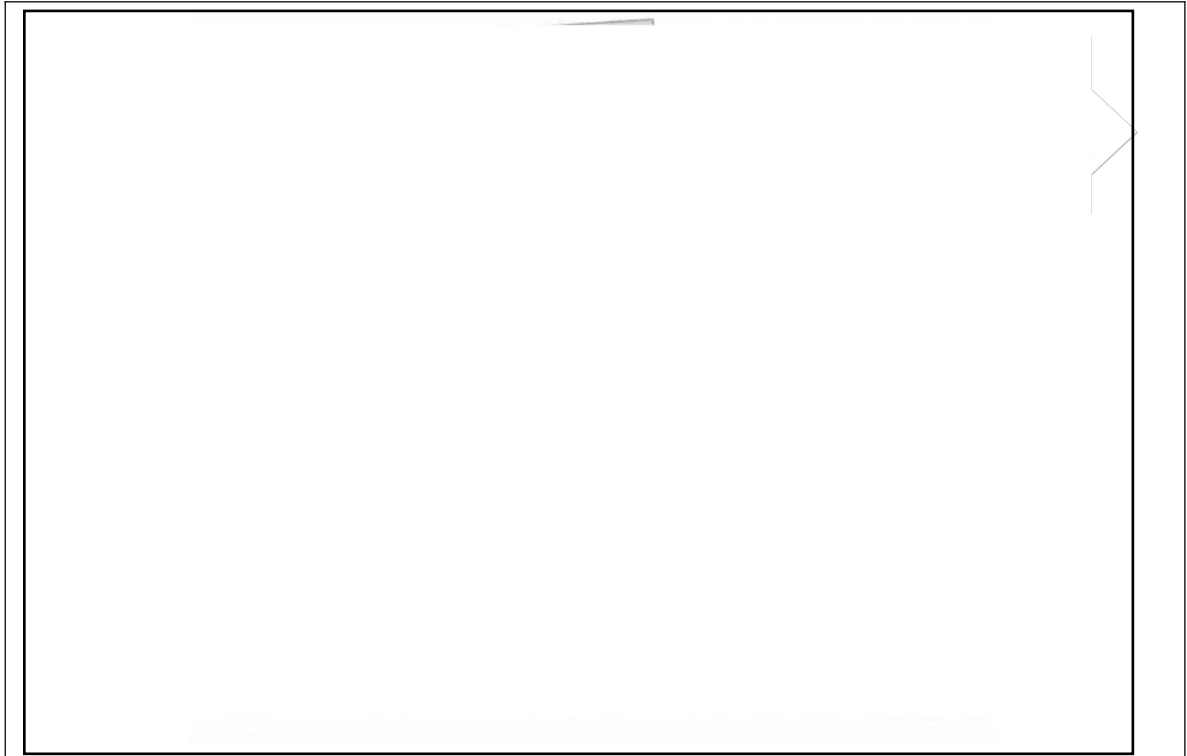


图 8-2 本项目拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4.环境现状调查结果评价

根据表 8-1 的监测结果可知,本项目 2 座辐照加速器机房拟建址周围道路 γ 辐射剂量率范围为(36.2~38.4)nGy/h,处于江苏省道路(18.1~102.3)nGy/h 环境天然 γ 辐射剂量率测值范围内;室内环境 γ 辐射剂量率在(32.5~35.3)nGy/h 范围内,由于厂房使用钢混结构,建筑物材料的本底辐射较低,厂房较高比较空旷自然通风条件较好,有效促进了无锡玖开线缆科技集团股份有限公司新建 2 台电子加速器辐照装置项目室内外空气对流,能显著稀释并排出由地基土壤或建材本身可能析出的放射性氡及其子体,从而降低了其对室内 γ 辐射剂量率的贡献,故室内环境 γ 辐射剂量率部分略低于江苏省室内(50.7~129.4)nGy/h 天然 γ 辐射剂量率测值范围。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1.工程设备

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司需要对生产的电缆进行辐照加工（交联改性），使电缆具有阻燃、耐热、抗老化等优良性能，公司计划在拟建生产厂房一层的西北角新建 2 座加速器机房并拟购 2 台电子辐照加速器，其中 1 号加速器机房拟配备 1 台型号为 DD_{LH}2.5/40-1600 型，最大电子束能量为 2.5MeV，最大束流强度为 40mA；2 号加速器机房拟配备 1 台型号为 DD_{LH}2.0/50-1600 型，最大电子束能量为 2.0MeV，最大束流强度为 50mA。本项目拟配备的电子加速器技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目配备的电子加速器技术参数一览表

加速器编号	
加速器型号	
数量	
生产厂家	
最大电子束能量	
最大束流强度	
束流损失点能量	
束流损失率	
主射束方向	
电子扫描宽度	
工作方式	

本项目拟使用的 2 台电子加速器均采用高压电源和电子加速器系统相分离的结构，前者为卧式，后者垂直安放，两者通过高压同轴圆管连接。加速器主体采用自屏蔽结构，因此仅需建设辐照室，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统等辅助设备均位于辐照室楼顶的设备平台，控制室设于机房外。

本项目 2 座电子加速器主机部分均由直流高压发生器、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。同类型电子加速器外观示意图见图 9-1，加速器主体结构示意图见图 9-2。加速器主体、电子枪和加速器管示意图见图 9-3，真空系统与扫描引出系统结构图见图 9-4。

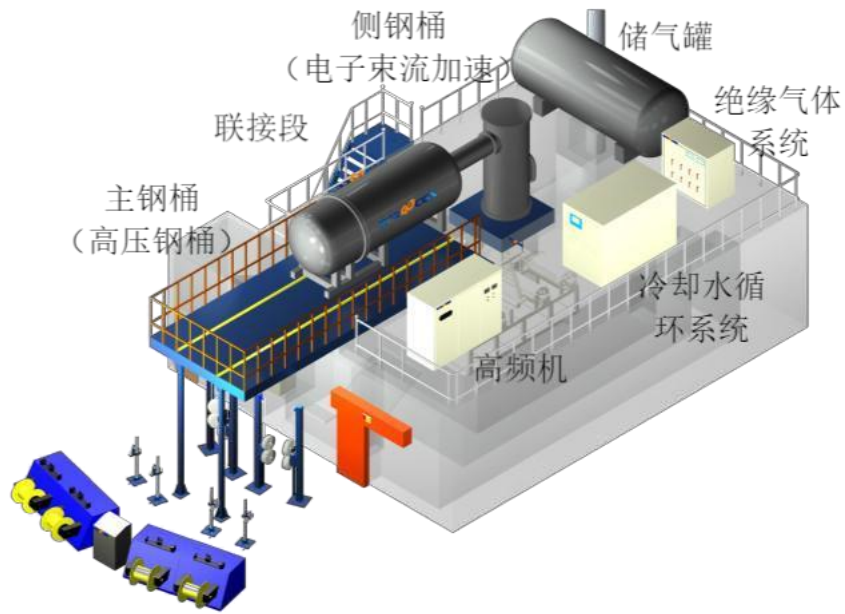


图 9-1 同类型电子加速器外观示意图

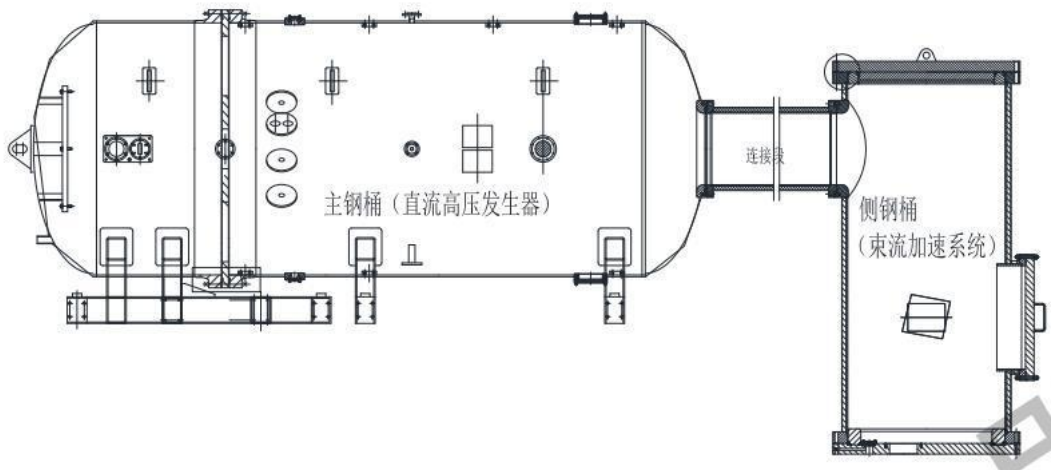


图 9-2 加速器主体结构示意图

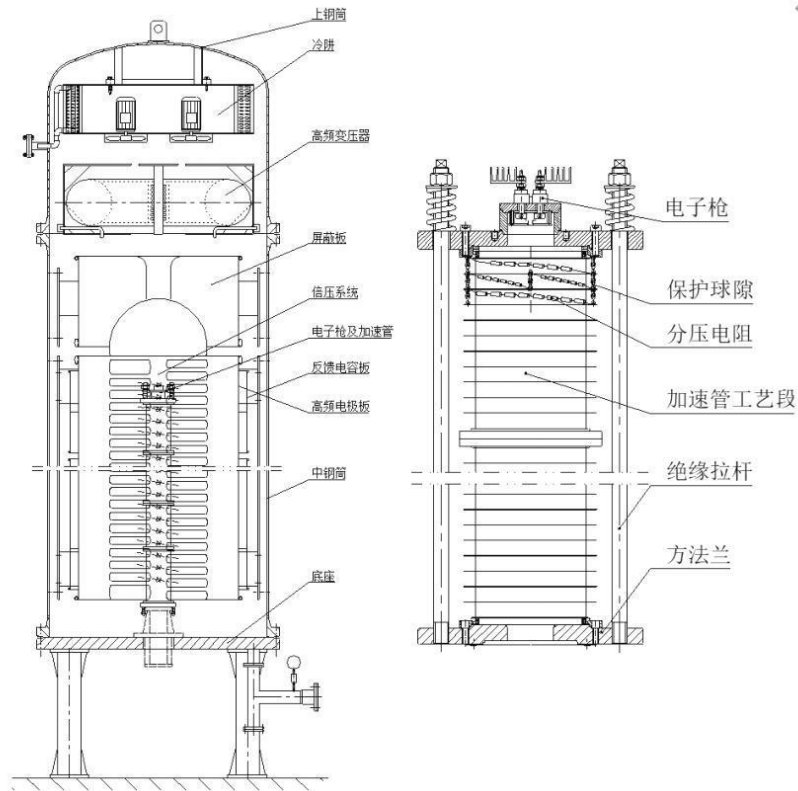
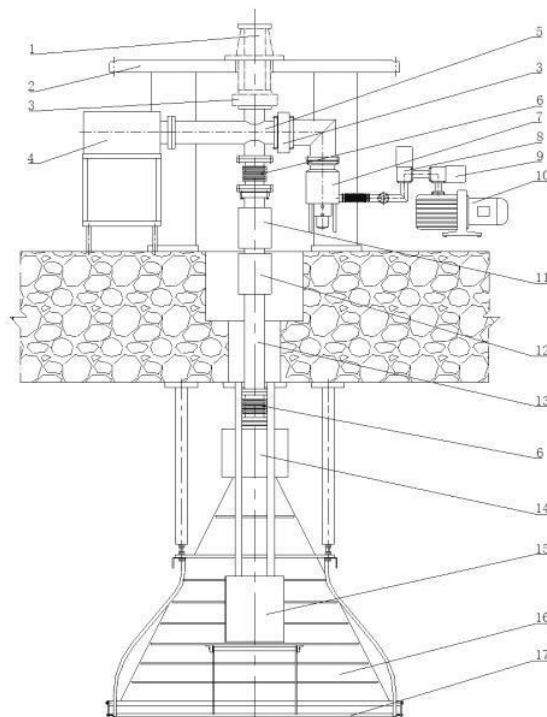


图 9-3 加速器主体、电子枪和加速器管示意图



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 9-4 真空系统与扫描引出系统结构图

(1) 直流高压发生器

直流高压发生器由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。

高频振荡器其作用是把电网的电能为工频转换为高频，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。整流倍压系统是以两块垂直地固定在钢桶底板上的绝缘板为骨架，在两块绝缘板上间隔均匀地从下至上各安装一排硅堆，两排硅堆彼此依次联接组成一条螺旋上升的硅堆整流链。硅堆是加速器的关键部件之一。它由整流芯子和带保护球隙的金属屏蔽盒组成，每个硅堆的平均输出电压为 50kV。整流芯子由数百只硅二极管串联而成，其电路设计采取了均压和限流措施。所有高频高压和直流高压的部件都安装在压力钢桶内，充以 SF₆ 干燥绝缘气体，使得加速器具有足够安全的绝缘强度。

(2) 电子束流加速系统

电子束流加速系统由加速器管和电子枪组成。

加速器管是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空中 ($10^{-5} \sim 10^{-6} \text{Pa}$) 稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场 ($0 \sim 20 \text{kV/cm}$)。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，电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径 $0 \sim 0.8 \text{mm}$ 。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。

(3) 钢桶

钢桶内安装加速器主体，包括高频变压器、整流倍压系统、电子束流加速系统等。为提高绝缘强度，筒体内部充以 0.65MPa (最高可达 0.85MPa) 的干燥的六氟化硫 (SF₆) 气体。高压筒体既是一个密封高压容器，又是整个加速器电路的接地外壳。

(4) 扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照厅。穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描。最后经长条形的钛窗引出。钛箔的厚度既要有足够的强度以抵抗真空压力，又要尽量减少电子束在穿越时的能量损耗。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此沿钛窗安装了一把风刀，对钛箔进

行强风冷却。另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。

（5）真空抽气系统

主要用于维持加速管和扫描盒内的高真空状态，控制系统设有监测真空度的传感器。真空抽气系统安装在主厅钢筒底座下面的四通管两侧，由涡轮分子泵和机械泵机组组成（可根据客户要求增配 SP-400 型溅射离子泵机组）。

（6）六氟化硫（SF₆）绝缘气体系统

绝缘气体处理系统的功能有二：

加速器检修时回收气体；

通过气体的循环去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物。

该系统的主要部件如下：

①储气筒，为加速器检修时储存 SF₆ 干燥绝缘气体用。

②压缩机机组，由无油压缩机、干燥塔、过滤器及相应的管道部件组成，用于将气体向加速器钢筒或向储气筒进行压缩。

③真空泵机组由真空泵、油过滤器及相应的管道部件组成，用于对钢筒和储气筒抽气。在加速器检修打开钢筒前，它必须把钢筒内的 SF₆ 干燥绝缘气体抽尽并输送到压缩机的入口以便压入储气筒；在加速器检修完毕灌气之前，它必须将钢筒内的空气抽尽，以保证纯度。

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

（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，补充冷

却水为了弥补系统中微小的泄漏、取样检测损失以及维护时的损耗，为“缺多少补多少”的补充行为。

（8）辐射安全联锁系统

主要包括屏蔽室的防护门联锁、紧急按钮、剂量监测联锁和故障报警指示组成。主控制器执行数据采集并控制加速器设备各项功能。

（9）计算机控制系统

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

（10）束下传输系统

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

2.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。

本项目所使用的工业辐照加速器工作原理可概括为：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。

本项目被辐照的产品有电线电缆等，利用电子束辐照可使 PT 钢（聚四氟乙烯）分子的碳链发生断裂，导致 PT 钢发生裂解，通过控制辐射剂量并结合研磨或气流粉碎法可制备 PT 钢超细粉；利用电子束辐照高分子材料发生辐射交联反应可改变材料性质，如电线电缆被辐照后，其绝缘性、耐高温性、抗张强度等均提高，进而提高其整体技术指标。

3.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

收等工序随后发货或入库暂存。公司主要对生产的电线、电缆进行辐照加工，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工作人员在拟建生产厂房内巡检加速器机房周边、控制室、收放线和辐照室等处，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；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加速器升压操作，待升压完成，确认各项参数无误后出束。通过收放卷系统滚轴从加速器辐照室东侧线缆收放区输送进入加速器辐照室，被辐照的产品通过束下传输装置从加速器辐照室东侧传送出，收放卷系统进行产品收放。辐照过程中会产生 X 射线、电子束、臭氧及氮氧化物；
- ⑥辐照完成后，关闭出束开关，加速器通风系统将通风，而后按照预设时间持续排风（排风时间不少于 10 分钟），排风完成后关闭电源。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。

本项目 2 台电子加速器辐照装置的工作流程和主要产污环节如图 9-5 所示。

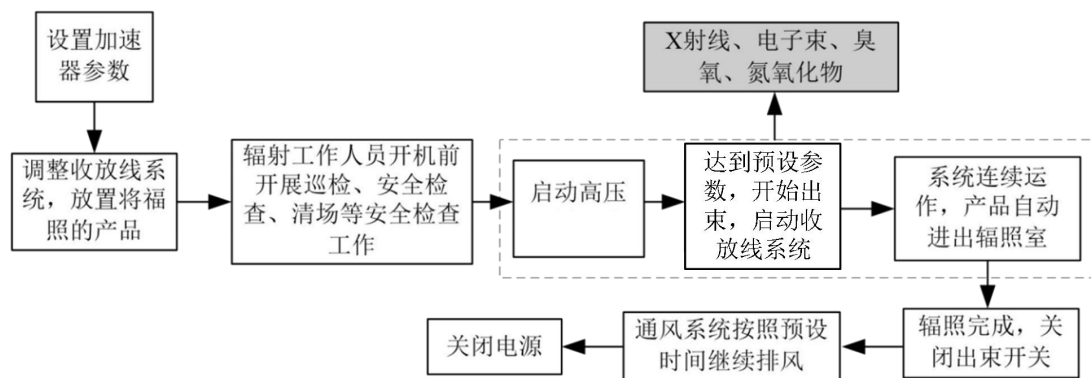


图 9-5 辐照工艺流程及产污环节示意图

4.人员配置及工作制度

本项目建成后，公司拟为本项目 2 座加速器机房共配备 8 名辐射工作人员，实行

2 班制，每班 4 名辐射工作人员（每 2 人负责 1 座加速器机房，负责加速器操作及线缆区收放线缆工作），每班工作时间不超过 8 小时。每座加速器机房预计每天出束不超过 16 小时，每周工作 5 天，年工作时间为 50 周，公司拟开展辐照加工的每台加速器年出束时间均不超过 4000h。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由电子直线加速器工作原理可知，电子直线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均匀的有一定宽度的电子束，电子束打到其他高 Z 物质时也会产生高能 X 射线，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，对加速器外壳产生一定的辐射影响，X 射线的贯穿能力极强，会对加速器机房周围环境造成辐射污染。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），本项目 2 台加速器最大电子束能量为 2.5MeV，本项目不考虑所产生的中子防护问题。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。因此在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

根据建设单位提供的数据，本项目拟配备的电子加速器相关技术参数见下表 9-2。

表 9-2 本项目电子直线加速器能量及束流参数

名称	型号	数量 (台)	电子束 能量 (MeV)	最大束 流强度 (mA)	束流损 失点能 量(MeV)	束流 损失 率	90°方向电 子等效能 量(MeV)	X 射线发射率 (Gy.m ² .mA ⁻¹ .min ⁻¹)

注：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. 非辐射污染源分析

1) 气体废物

本项目不会产生放射性气体废物。本项目在运行过程中空气在强电离辐射的作用下，会产生一定的臭氧和氮氧化物。

2) 液体废物

本项目加速器运行时采用冷却水对加速器相关部件进行冷却降温。该冷却水在冷却系统中循环使用；补充冷却水为了弥补系统中微小的泄漏、取样检测损失以及维护时的损耗，为“缺多少补多少”的补充行为，目的是维持系统水量，均不涉及排放，故项目运行期间不产生液体废物。

本项目不产生放射性液体废物。本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 9.6m^3 ，年排放量为 115.2m^3 。

3) 固体废物

本项目不产生放射性固体废物。本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 120kg ，年排放量为 1.44t 。

4) 噪声

本项目 2 座加速器机房均拟设置机械通风系统，公司在运行过程中均采用低噪声设备，从而降低生产运行过程中的噪声，对周围环境影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1.工作场所布局及分区

项目拟建 2 座加速器机房的辐照室均为地上一层混凝土结构，线缆收放区及控制室均拟设于地上一层，加速器主体均采用自屏蔽结构，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统、储气罐等辅助设备均位于对应辐照室楼顶的二层设备平台上。2 座加速器机房的辐照室入口处均拟设有迷道，2 台加速器机房共用一间控制室，位于 1 号加速器机房和 2 号加速器机房的东侧中部。加速器工作时，设备操作人员位于控制室内设置机器参数并监控加速器运行情况，收放卷工作人员在收放卷系统控制柜处负责电线电缆的收放等工作。加速器出束时，辐照室内无人员停留，本项目加速器机房布局合理可行。

公司拟将每座加速器机房辐照室边界、二层平台的加速器主钢桶、联接段和侧钢桶边界作为辐射防护控制区边界，在防护门外及机房周围醒目位置处设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；将控制室、楼梯区域、过道、二层设备平台边界和收放线区边界（四至范围：东至收放线区域东侧通道，南至辐照车间南墙，西至拟建生产厂房西墙，北至拟建生产厂房北墙）作为辐射防护监督区边界，监督区边界拟设置围栏并粘贴监督区标识、无关人员禁止入内标牌，通往辐照室顶上二层设备平台的楼梯口拟设置安全隔离门并上锁，电子加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员禁止进入。本项目辐射防护分区的划分符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 2 座加速器机房一层布局图见图 10-1。本项目 2 座加速器机房二层设备平台布局及分区示意图见图 10-2。

辐照车间内加速器机房西南侧区域为后期拟建设第三台加速器机房的预留场地因在监督区内，该场地严禁挪作他用。建设单位应加强对监督区的日常管理与管控。

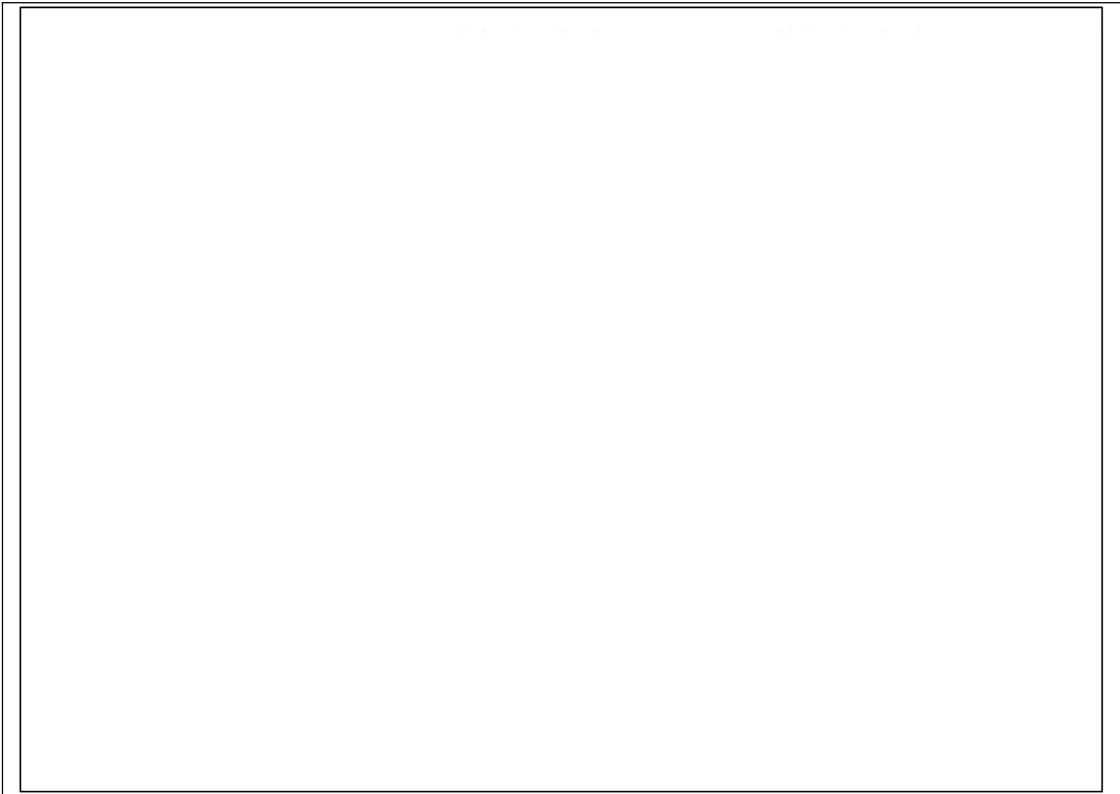


图 10-1 本项目辐照加速器机房监督区及控制区示意图

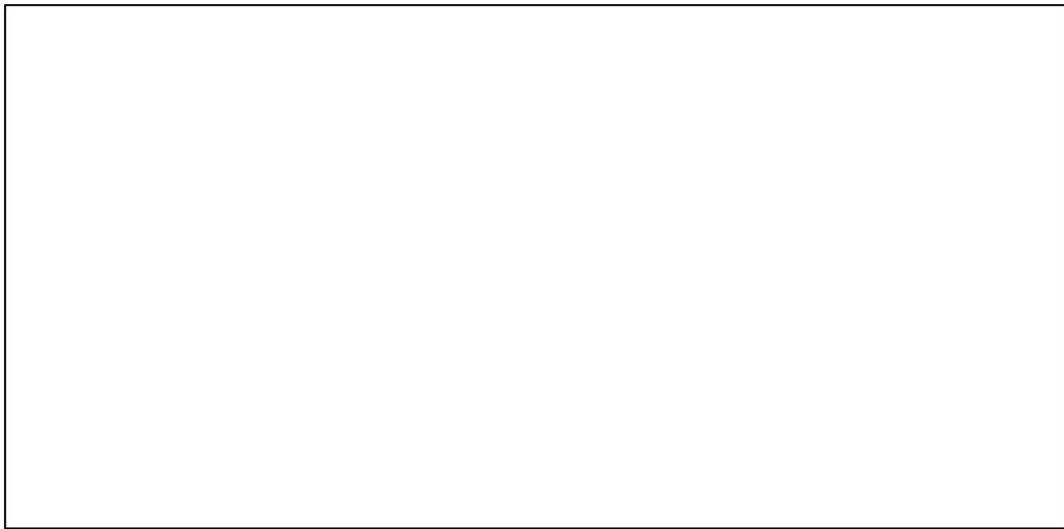


图 10-2 本项目 2 座加速器机房二层设备平台布局及分区示意图

工作场所辐射屏蔽设计

本项目 2 座加速器机房辐照室屏蔽设计由中广核达胜加速器技术有限公司承担。该设施在设计及建造阶段，均配备辐射防护专业人员统筹负责辐射安全与防护设施的设计及组织实施，满足《粒子加速器辐射安全与防护规定》（GB5172-2025）第 5.1.3 条“粒子加速器设施设计与建造阶段，均应有辐射防

护相关专业人员参加，并具体组织或负责辐射安全与防护设施的设计”的相关要求。项目 2 座加速器机房辐照室主体均采用混凝土浇筑的方式对射线进行屏蔽，2 座加速器机房辐照室防护门均采用普通钢门进行防护。辐射防护屏蔽设计见表 10-1。本项目 2 座加速器机房平面设计图及剖面设计图见附图 4 及附图 5。

表 10-1 本项目 2 座加速器机房屏蔽设计表

机房	屏蔽墙厚度	屋顶厚度	防护门

3.工作场所辐射安全和防护措施

(1) **钥匙控制**：本项目 2 台加速器的控制台均拟设置钥匙开关，每台加速器钥匙开关均拟与辐照室门联锁。本项目每台加速器控制台均位于控制室内。如从控制台上取出该钥匙，该加速器将自动停机。每间辐照室出入口门外均拟设置行程开关，且钥匙开关与行程开关均为同一把钥匙，如从控制台上取出该钥匙，加速器能自动断开高压，停止出束。在通过迷道进入辐照室前需要在门口的行程开关上插上该钥匙方可打开对应辐照室门。钥匙均拟与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

(2) **门机联锁**：本项目在 2 座加速器机房的辐照室门上均拟安装一套门机联锁装置，本项目 2 座加速器辐照室门均与束流控制和加速器高压联锁。辐

照室门打开时，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且切断高压系统。

(3) **束下装置联锁：**2 台加速器辐照装置的控制与束下装置的控制均必须建立可靠的接口和协议文件，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，将通过 PLC 反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机且切断高压系统。

(4) **信号警示装置：**本项目在 2 座辐照室出入口处及内部均拟设置灯光和音响警示信号装置，用于开机前对辐照室内人员的警示。2 座辐照室出入口设置的工作状态指示装置均与电子加速器辐照装置联锁。

(5) **巡检按钮：**本项目拟在每座加速器机房一层辐照室内、一层迷道内、辐照室出入口处共设置 6 处“巡检按钮”，均与控制台联锁，所有巡检按钮旁均拟设置清晰的文字说明。加速器开机前，操作人员进入辐照室需按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。

(6) **防人误入装置：**2 座加速器机房在辐照室的人员出入口通道内均拟设置三道防人误入的光电联锁装置（采用不同生产厂家不同品牌的产品），并且防人误入装置在水平、垂直方向上错开布置，并均与加速器的开、停机联锁，当有人员误入时，加速器自动停机且切断高压系统。

(7) **急停装置、开门机构：**每座加速器机房在控制台上均拟设置急停按钮，每座辐照室内各设置 6 处紧急停机装置，使之能在紧急状态下终止加速器的运行，所有急停按钮旁均拟设置清晰的文字说明。每座辐照室及其迷道内的急停装置均采用拉线开关并覆盖全部区域。每座辐照室内还拟设置开门机构，以便人员离开控制区。

(8) **剂量联锁：**每座加速器机房的辐照室迷道内、控制室及二层设备平台的加速器侧钢桶外均拟设置一台固定式辐射监测仪，与辐照室门联锁。当辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，辐照室门无法从外侧打开。

(9) **通风联锁：**每座加速器机房辐照室通风系统均与控制系统联锁，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。

(10) **烟雾报警：**每座加速器机房辐照室均拟设置烟雾报警装置，遇有火

险时，加速器立即停机切断高压系统并停止通风。

(11) **视频监控：**每座加速器机房辐照室内和出入口均拟安装监视装置，在控制室的控制台均设有专用的监视器，可监视室内人员的活动和设备的运行情况。

(12) **应急照明系统：**每座加速器机房辐照室内、控制室均拟设置应急照明系统且设有灯光和文字指示，便于人员在应急状态下，安全离开相关区域。

(13) **安全隔离门：**通往辐照室顶上二层设备平台的楼梯口拟设置安全门并上锁，电子加速器开机工作过程中，辐射工作人员非必要（特殊检修时）不得进入，除辐射工作人员外，其他人员禁止进入。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。本项目电子辐照加速器采取了相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），充分体现了冗余性、多元性、独立性的安全原则。辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。

本项目加速器机房辐射安全措施图见附图 6。

三废治理

1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。本项目辐射工作人员产生的生活垃圾由建设单位清洁人员统一收集后，交给环卫部门清运。

2. 废液

本项目加速器的冷却水为高纯度的去离子水，冷却水系统本身是一个封闭的、高度净化的循环，故不需要定期对整个系统的主循环冷却水进行更换或排放；补充冷却水同样是高纯度去离子水，为了弥补系统中微小的泄漏、取样检测损失以及维护时的损耗，补水是“缺多少补多少”的补充行为，目的是维持系统水量，故同样不涉及定期更换或排放；在加速器退役时冷却水最终去向是由厂家回收利用于未来新的加速器项目或研发设施。本项目运行后不会产生放射

性液体废物。本项目辐射工作人员产生的生活污水接管污水处理厂集中处理。

3.气体废物

本项目 2 台电子加速器均采用机械排风，1 号加速器机房排气管道通过地下管道依次穿过北侧迷道内墙和西侧屏蔽墙，最终经 1 号辐照室外西侧管道排放；2 号加速器机房排气管道通过地下管道穿过南侧迷道内墙和西侧屏蔽墙，最终经 2 号辐照室外西侧管道排放。本项目 2 座加速器机房排气管道直径均约为 600mm，管道埋地深度均约为 1.5m，排放口均高于拟建生产厂房屋顶，排风机风量均为 13000m³/h，本项目配备的排风机能够满足相应标准要求。

4.噪声

本项目 2 座加速器机房均设置机械通风系统，每座加速器机房配备 1 个风机，运行时产生噪声，通过采用实体屏蔽及距离衰减等措施，本项目风机及设备噪声经过厂房屏蔽以及距离衰减后对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目主体工程为在拟建生产厂房内新建 2 座加速器机房并安装设备（施工期不开机）。施工内容主要包括土建开挖、结构浇筑、设备安装及装修等。施工期间将产生扬尘、噪声、废水、固体废物等环境影响。主要是通过施工管理等措施来进行控制，确保施工活动的影响被控制在最低限度。具体施工流程产污环节如下所述：

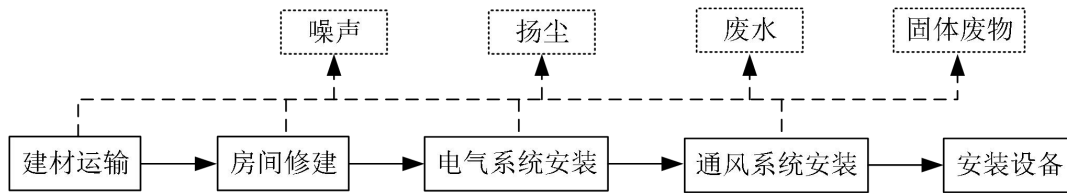


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

（一）施工期扬尘

室内施工扬尘：本项目在拟建生产厂房内进行，机房基坑开挖、墙体修建等作业将产生扬尘。由于厂房空间的封闭性，扬尘在室内扩散，对车间内环境及现有生产活动影响较为显著，但对外环境的影响相对较小。

无组织排放扬尘：建筑材料（水泥、砂石）的运输、装卸、堆放以及在厂区内的车辆行驶会产生无组织扬尘。

针对上述大气污染拟采取以下措施：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拟采取遮盖、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。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工噪声排放标准》（GB12523-2025）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

（三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水主要包括基坑渗水、车辆冲洗废水和混凝土养护用水。该类废水主要污染物为悬浮物（SS），

浓度可达 2000mg/L 以上。施工人员产生的生活污水，主要污染物为 COD、BOD₅、NH₃-N 等。

施工废水拟在场地内设置一座三级沉淀池。所有施工废水经沉淀处理后，上清液全部回用于车辆冲洗、场地洒水抑尘或水泥砂浆配制，实现施工废水的循环利用，不外排。施工人员产生的生活污水拟依托厂区内现有的污水处理设施处理后排放。

（四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生固体废弃物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集。

该单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，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

1.运行期辐射环境影响因子

本项目加速器用于公司生产电线、电缆产品的辐照交联改性。辐照过程中在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：（1）电子扫描窗下方的不锈钢阻挡板，（2）辐照产品：产品主要为电线、电缆（多为铜芯），（3）混凝土地面。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。

本项目保守以最大工况运行时对机房四周墙壁、顶部及防护门辐射环境影响进行预测。预测计算模式采用《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》

（HJ979-2018）中的计算公式。

2.屏蔽能力估算

2.1 辐照室屏蔽估算

本项目加速器用于对公司生产电线、电缆产品的辐照。本项目 2 座加速器机房一层辐照室电子束均朝下，主要考虑与电子束入射方向呈 90°的初级 X 射线。选择剂量关注点为机房辐照室四周屏墙外 0.3m 处及迷道出口处。

辐照加速器机房屏蔽效果依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中提供的计算模式及相关参数计算。

屏蔽墙外剂量预测可利用以下公式:

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

式中:

H_M : 参考点最大周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

B_x : X射线的屏蔽透射因子;

d : X射线源与参考点之间的距离, m;

D_{10} : 距离 X 射线辐射源 1m 处的吸收剂量率, Gy/h。

$$B_x = 10^{-[1 + (\frac{S - T_1}{T_e})]} \quad (\text{公式 2})$$

式中:

T_1 、 T_e : 分别为第一个十分之一值层厚度和平衡十分之一值层厚度, cm;

S : 屏蔽体厚度, cm;

D_{10} : 距离 X 射线源 1m 处的吸收剂量率, Gy/h, 根据公式 3 计算。

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

式中:

Q : X 射线发射率, $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 取值参考附录 A 表 A.1;

I : 电子束流强度, mA;

f_e : X 射线发射率修正系数, 被辐照的靶材料为“铜”时, 0° 方向的修正系数为 0.7, 90° 方向的修正系数为 0.5;

根据拟建加速器的技术参数及拟建辐照室的设计方案进行辐射屏蔽评价。本项目 2 台电子加速器的主线束均垂直向下, 因此辐照系统的屏蔽以加速器的 90° 方向发射 X 射线最大出射剂量率进行计算, 根据 HJ979-2018 附录 A 表 A.1, 1 号 2.5MeV 辐照加速器入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率为 $2.5 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 2 号 2.0MeV 辐照加速器 90° 的 X 射线发射率为 $1.6 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

根据表 A.4, 1 号 2.5MeV 辐照加速器 90° 方向电子的相应等效能量为 1.6MeV; 2 号 2.0MeV 辐照加速器 90° 方向电子的相应等效能量为 1.3MeV。根据表 A.2 及表 A.3 分别由内插法可计算得出 1 号加速器对应的 T_1 值为 20.74cm, T_e 值为

18.66cm;2号加速器对应的 T_1 值为 19.64cm, T_e 值为 16.98cm。

预测点位见下图。

图 11-2 辐照室运行时预测点位图 (1) (单位 mm)

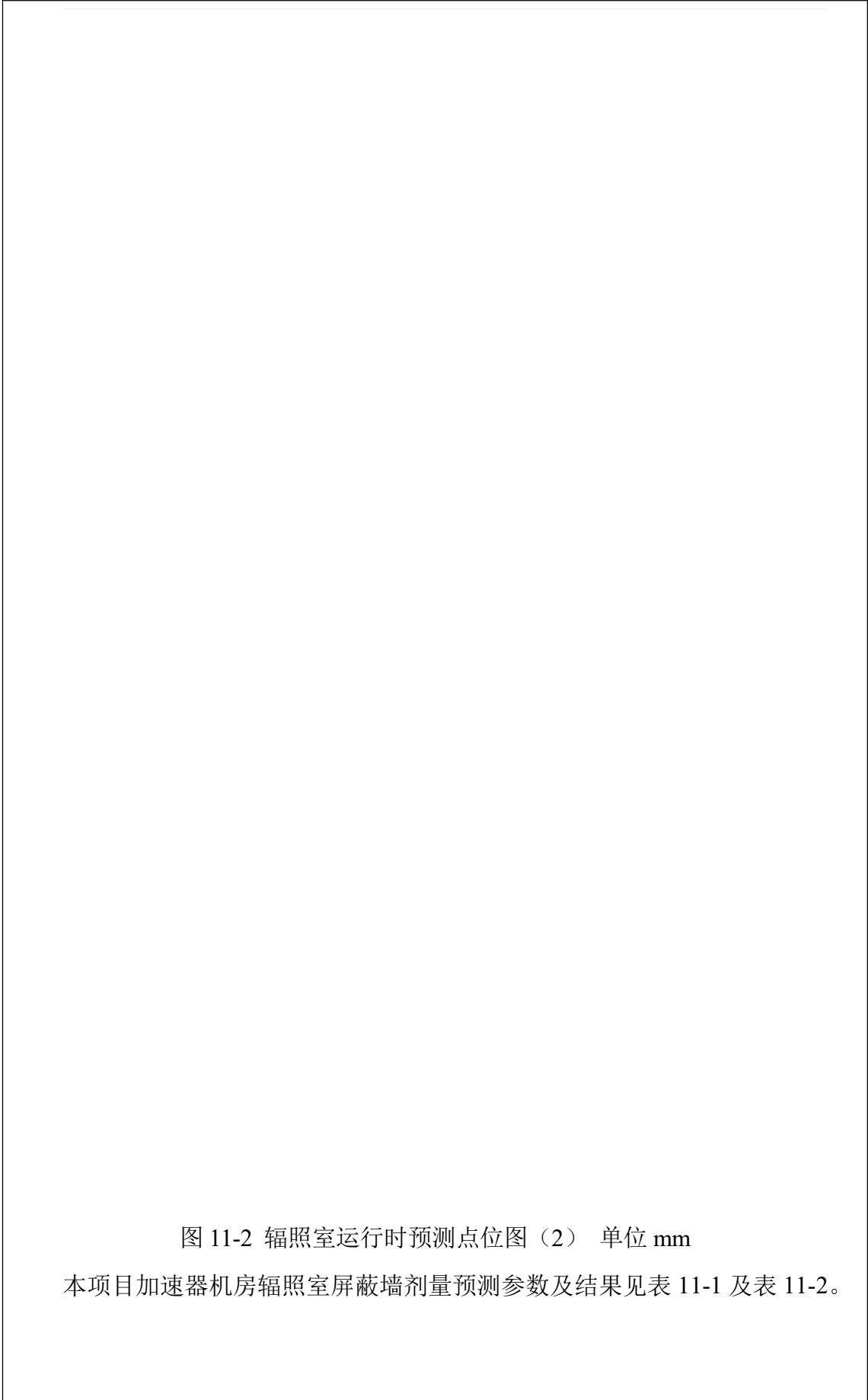


图 11-2 辐照室运行时预测点位图（2） 单位 mm

本项目加速器机房辐照室屏蔽墙剂量预测参数及结果见表 11-1 及表 11-2。

表 11-1 本项目 1 号加速器机房运行时辐照室屏蔽效果计算

表 11-2 本项目 2 号加速器机房运行时辐照室屏蔽效果计算

由表 11-1、表 11-2 可知，本项目 1 号加速器机房辐照室四周屏墙外 30cm 处剂量率最大为 $2.11E-01\mu\text{Sv/h}$ ，辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大为 $3.55E-01\mu\text{Sv/h}$ ；2 号加速器机房辐照室四周屏墙外 30cm 处剂量率最大为 $5.14E-01\mu\text{Sv/h}$ ，辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大为 $5.72E-01\mu\text{Sv/h}$ 。均满足屏

蔽体外剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h 要求。

2.2 辐照室迷道散射计算

本项目 2 座加速器辐照室人员进出均采用迷道设计, X 射线在电子加速器辐照室散射路线情况见图 11-3。辐照室迷道入口处的辐射剂量率依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中提供的计算公式计算:

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10}\alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \dots d_{rj})^2} \quad (\text{公式 4})$$

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 ($\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$);

α_1 : 入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数, 对于初级 X 射线, 取值 5E-03;

α_2 : 随后从屏蔽层材料表面散射出来的对应 0.5MeV 的能量 X 射线的散射系数 (假设对以后所有散射过程是相同的), 取值 2E-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 (假设整个迷道的截面积近似常数, 高宽之比在 1~2 之间), m^2 ;

d_1 : X 射线辐射源到第一反射层的距离, m;

$d_{r1}, d_{r2} \dots d_{rj}$: 沿着迷道长轴的中心线距离, m; $d_{rj}/A_2^{1/2}$ 的比值应在 1~6 之间;

J : 指第 j 个散射过程。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A, 对于能量大于 3MeV 的 X 射线其散射一次后能量为 0.5MeV, 本项目 1 号加速器能量为 2.5MeV, 2 号加速器能量为 2.0MeV, 均保守取一次散射后能量为 0.5MeV; 对于初级 X 射线, 散射系数 α_1 取值为 5E-03; 对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 取值为 2E-02; 辐照室迷道入口处的散射主要考虑 90°方向出射的 X 射线的散射, 2 座辐照室迷道散射均为 4 次。辐照室散射路径示意图见图 11-3。

图 11-3 电子加速器辐照室门散射路线示意图

1 号加速器机房辐照室迷道散射计算的 D_{10} 取值为 $D_{10}=3000\text{Gy/h}$ ，迷道散射面积的确定： A_1 为第一次散射宽度与高度的乘积， A_2 为迷道宽度与高度的乘积。 $A_1=(2.746+8.804)\times 2.4=27.72\text{m}^2$ ， $A_2=0.9\times 3.1=2.79\text{m}^2$ ；2 号加速器机房辐照室

迷道散射计算的 D_{10} 取值为 $D_{10}=2400\text{Gy/h}$ ，迷道散射面积的确定： $A_1=(2.226+5.945)\times 2.6=21.24\text{m}^2$ ， $A_2=0.9\times 3.1=2.79\text{m}^2$ 。本项目 2 座加速器机房辐照室迷道入口辐射剂量率预测结果见下表。

② 2 座加速器机房迷道入口均为普通钢制门，忽略该普通门屏蔽效果。

由表 11-3 的计算结果可知，本项目 1 号加速器机房无屏蔽时辐照室的迷道入口散射辐射剂量率为 $1.60\text{E}-08\mu\text{Sv/h}$ ，叠加 X 射线直射时剂量率 $2.11\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ 时为 $2.11\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ；2 号加速器机房无屏蔽时辐照室的迷道入口散射辐射剂量率为 $1.97\text{E}-08\mu\text{Sv/h}$ ，叠加 X 射线直射时剂量率 $5.14\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ 时为 $5.14\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，均能满足屏蔽体外剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2.3 加速器侧钢桶屏蔽计算

本项目加速器机房二楼侧钢桶的辐射场均由三部分叠加：辐照室内韧致辐射初级 X 射线，经过辐照室屋顶不完全屏蔽的强贯穿辐射场；辐照室内的 0° 方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经地面 180° 方向散射后的次级 X 射线，通过辐照室屋顶上的孔洞直接照射入钢桶内形成的散射辐射场；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与加速器钢筒作用产生的束流损失辐射场。

由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级散射 X 射线能量较低，当穿过孔洞后，将直接照射到加速器钢桶底部，由于辐照室屋顶孔洞尺寸要小于加速器筒体直径，该散射线将受到加速器底部钢桶的屏蔽，其产生辐射剂量很小，对周围的辐射影响很小。因此，为简化计算，二楼侧钢桶辐射防护屏蔽评价，仅考虑电子加速器过程中束流损失辐射场的影响及辐照室内与入射电子束成 $117^\circ\sim 180^\circ$ 方向的韧致辐射初级 X 射线经过辐照室屋顶屏蔽对室外考察点的影响。预测点位见下图。

-

2.3.1 束流损失辐射场辐射屏蔽计算

根据厂家提供数据，本项目 1 号加速器束流损失率为 1% (0.4mA)，束流损失点能量为 0.2MeV；本项目 2 号加速器束流损失率为 1% (0.5mA)，束流损失点能量为 0.2MeV。

根据《辐射防护导论》图 3.3 得出 0.2MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率取 $0.004\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。T₁ 及 T_e 取值应为束流损失点能量 0.2MeV 在 90° 方向的等效能量对应的什值层进行预测得出，本项目保守采用 0.2MeV 下的对应的什值层参与计算。根据《辐射防护导论》图 3.24，对于 90° 方向，铅 $\Delta_{1/10,1}=0.2\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=0.2\text{cm}$ 。

11-4 1

()

表 11-5 2 号加速器机房运行时侧钢桶屏蔽效果计算（束流损失）

2.3.2 加速器机房屋顶贯穿辐射屏蔽计算

为安全起见，1号加速器机房120°到180°方向的发射率常数、2号加速器机房117°到180°方向的发射率常数、3号加速器机房121°到180°方向的发射率常数，均保守取90°方向的发射率常数。 T_1 、 T_e 取值根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中表A.2和表A.3，本项目2座加速器机房侧钢桶剂量预测参数及结果见下表。

表 11-6 本项目 2 座加速器机房运行时侧钢桶屏蔽效果计算（贯穿辐射场影响）

机房名称	方位角	发射率常数	侧钢桶剂量率 (Sv/h)
1号加速器机房	120°-180°	保守取90°	
2号加速器机房	117°-180°	保守取90°	
3号加速器机房	121°-180°	保守取90°	

2.4 加速器侧钢桶剂量叠加结果

表 11-7 侧钢桶四周及顶上关注点处贯穿辐射场与束流损失场叠加影响(单位: Sv/h)

关注点	剂量率 (Sv/h)
侧钢桶四周	
侧钢桶顶上	

由表 11-7 可知，在考虑贯穿辐射影响及束流损失影响的叠加影响后，1 号加速器侧钢桶外剂量率最大为 6.23E-02 μ Sv/h，保守叠加 1 号辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大值 3.55E-01 μ Sv/h 后为 4.17E-01 μ Sv/h；2 号加速器侧钢桶外剂量率最大为 7.15E-01 μ Sv/h，保守叠加 2 号辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大值 5.72E-01 μ Sv/h 后为 1.29 μ Sv/h，均能够满足屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

2.5 天空反散射

电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射，返回至加速器周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空反散射。本项目 2 座加速器机房顶部的剂量率最大为 1.29 μ Sv/h，2 座加速器机房顶部的剂量率叠加后为 1.71 μ Sv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 1.71 μ Sv/h，再保守按照顶部叠加后辐射剂量率与 2 座机房四周墙外最大剂量率 5.14E-01 μ Sv/h 为 2.22 μ Sv/h，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

2.6 X 射线通过屋顶的侧向散射影响估算

当加速器近邻有高层建筑时，则 X 射线通过屋顶后侧向散射对建筑物造成辐射影响。本项目 2 座加速器机房高度均为 4.1m，距 2 座加速器机房北侧 20m 为无锡玖开线缆科技集团股份有限公司已建厂房，为 3 层建筑，高度为 23m；距 2 座加速器机房西侧 25m 为无锡江南电缆有限公司厂房，为单层建筑，高度为 8m。因此，本项目需考虑 X 射线通过屋顶的侧向散射对西侧及北侧高层建筑的影响。估算模式采取《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中提供的计算模式及相关参数计算。计算公式如下：

$$H = \frac{D_{10} F f(\theta)}{d_R^2 10^{1 + \left[\frac{r-T_1}{T_e} \right]}} \quad (\text{公式 5})$$

式中：

H：X 射线侧向散射周围剂量当量率（Sv/h）；

D_{10} : 靶上方 1 米处 X 射线的吸收剂量率 (Gy/h), 根据前文公式及加速器相关参数, 本项目 1 号加速器机房辐照室 D_{10} 均取 3000Gy/h, 2 号加速器机房辐照室 D_{10} 均取 2400Gy/h; 1 号加速器侧钢桶 D_{10} 均取 0.048Gy/h, 2 号加速器侧钢桶 D_{10} 均取 0.06Gy/h;

F : 靶上方 1 米处照射野的面积 (m^2), 2 座加速器机房辐照室靶上方 1 米处照射野的面积取辐照室上方孔洞面积均为 $0.123m \times 0.123m = 0.015m^2$; 加速器侧钢桶 1 米处照射野的面积取侧钢桶截面积, 1 号侧钢桶截面积为 $\pi \times 0.775m \times 0.775m = 1.887m^2$, 2 号侧钢桶截面积为 $\pi \times 0.645m \times 0.645m = 1.307m^2$;

$f(\theta)$: X 射线的角度分布函数, 本项目估算时, θ 均取 60° , 根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中表 A.5, 角度分布函数 $f(\theta)$ 取 0.065;

d_R : 从屋顶上方束流中心到关注点的距离 (m), 1 号加速器机房至北侧无锡玖开线缆科技集团股份有限公司已建厂房 d_R 值取 $(20m + 8.1m) / \cos 30^\circ = 32.45m$, 2 号加速器机房至北侧无锡玖开线缆科技集团股份有限公司已建厂房 d_R 值取 $(20m + 18.6m) / \cos 30^\circ = 44.57m$; 1 号加速器机房至西侧 25m 为无锡江南电缆有限公司厂房 d_R 值取 $(25m + 5.9m) / \cos 30^\circ = 35.68m$, 2 号加速器机房至西侧 28m 为无锡江南电缆有限公司厂房 d_R 值取 $(25m + 6.75m) / \cos 30^\circ = 36.66m$;

t : 屋顶的厚度 (cm);

T_1 、 T_e : 分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层 (cm);

T_1 、 T_e 根据表 A.2 和 A.3 得到。

将相关参数代入公式 5, 计算结果见下表 11-8 及表 11-9。

表 11-8 X 射线侧向散射对北侧高层建筑影响的计算结果

由于 2 座加速器 房相 而建,故需考 对北侧及西侧 层建筑的叠加影响。由表 11-8 及表 11-9 可知,本项目 2 座加速器 X 射线通过顶盖的侧向散射对北侧高层建筑产生的叠加辐射剂量率为 $5.44E-12\mu\text{Sv/h}$,对西侧高层建筑产生的叠加辐射剂量率为 $6.17E-12\mu\text{Sv/h}$,均能够满足相关标准的要求。因侧向散射对高层建筑产生的叠加辐射剂量率较小,故计算年有效剂量时可忽略不计。

2.7 电线电缆管道辐射防护分析

本项目 1 号加速器辐照室东墙设置电线电缆输送孔道,上孔道直径为 159mm,下孔道直径为 108mm,用于电线电缆的进出。1 号加速器辐照室输送孔道东侧内墙上孔道开口高度约 1250mm,在东侧内墙采用 66° 斜向下穿墙设计,下孔道开口高度约 850mm,在东侧内墙采用 66° 斜向下穿墙设计;东侧外墙上孔道开口高度距地面约 1200mm,西侧外墙采用 50° 斜向上穿墙设计,下孔道开口高度距地面约 800mm,西侧外墙采用 50° 斜向上穿墙设计。本项目 2 号加速器辐照室东墙设置电线电缆输送孔道,直径 108mm,用于电线电缆的进出。2 号加速器辐照室输送孔道东侧内墙开口高度约 950mm,在东侧内墙采用 63° 斜向下穿墙设计;东侧外墙开口高度距地面约 820mm,西侧外墙采用 46° 斜向上穿墙设计。

2 座加速器辐照室线缆管道内射线散射路径见下图 11-5, X 射线均经 3 次散射后才能出线缆出口处,均能满足辐射防护的要求。

图 11-5 线缆进出口散射示意图

2.8 通风口辐射防护影响分析

本项目 1 号加速器机房排气管道通过地下管道依次穿过北侧迷道内墙和西侧屏蔽墙，最终经 1 号辐照室外西侧管道排放，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 1.5m，排放口高于厂房屋顶。本项目 2 号加速器机房排气管道通过地下管道穿过南侧迷道内墙和西侧屏蔽墙，最终经 2 号辐照室外西侧管道排放，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 1.5m，排放口高于厂房屋顶。

由于通风管埋于地下，2 座辐照室内电子直线加速器产生的射线经过通风管

表 11-11 本项目周围保护目标剂量率结果

注：加速器机房控制室保守取叠加后最大的剂量率值；二层设备平台保守取 2 座加速器顶部的辐射叠加后剂量率值；楼梯、过道保守取四周最大剂量率值。

根据上表计算结果，2 座加速器机房叠加后剂量率能够满足屏蔽体外表面 30cm 及以上区域均能够满足不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

3.保护目标剂量评价

公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 4 名辐射工作人员（每 2 人负责 1 座加速器机房），每班工作时间为 8 小时。每座加速器机房预

计每天出束时间不超过 16 小时，每周工作 5 天，年工作时间为 50 周，公司拟开展辐照加工的每台加速器年出束时间均不超过 4000h。公司开展辐照加工的加速器年出束时间不超过 4000h。由于辐射工作人员在装置运行过程中位于控制室处，使用因子取 1，年有效剂量见下表。

$$H_C = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (\text{公式 6})$$

式中：

H_C ：参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

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

t ：装置年照射时间， $\text{h}/\text{年}$ ；

U ：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。

表 11-12 本项目辐射工作人员年有效剂量

--

注：每班配备 2 名辐射工作人员，每名辐射工作人员的年工作时间最长为 2000h。

表 11-13 本项目周围公众年有效剂量

--

注：年受照时间按照 2000h 计算。

根据表 11-12 至表 11-13，本项目辐射工作人员年有效剂量最大为 $4.27\text{E-}01\text{mSv}$ ，公众年有效剂量最大为 $9.80\text{E-}02\text{mSv}$ 。本项目辐射工作人员及公众年有效剂量均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对工作人员和公众剂量约束值要求。

4.电子直线加速器通风措施评价

4.1 辐照室臭氧浓度计算

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

（1）臭氧的产生：

平行电子束所致臭氧的产生率可以用以下公式进行保守的估算：

$$P=45dIG \quad (\text{公式 7})$$

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，本项目 d 取 10cm；

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

表 11-14 本项目辐照室内臭氧产额

--

(2) 辐照室臭氧的平衡浓度:

照射时间很长 (即照射时间 t 远远大于 O_3 的有效清除时间 T) 情况下 O_3 饱和浓度:

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (\text{公式 8})$$

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 , 本项目 1 号加速器机房辐照室体积约为 $283m^3$; 2 号加速器机房辐照室体积约为 $242m^3$ 。

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad (\text{公式 9})$$

式中:

T_v : 辐照室换气一次所需时间, h ; 辐照室内通风装置实际排风量均为 $13000m^3/h$, 则 1 号辐照室通风换气周期为 $0.022h$, 2 号辐照室通风换气周期为 $0.019h$;

T_d : 臭氧的有效化学分解时间 (h), 约为 50 分钟, 即 $0.83h$ 。

将参数代入以上公式计算得出, 本项目辐照室内臭氧平衡浓度 C_f 如下表所示:

表 11-15 本项目辐照室臭氧平衡浓度

--

(3) 臭氧的排放:

电子加速器长期正常运行期间, 不考虑排风机的排风能力, 电子加速器停机时, 辐照室内臭氧浓度远高于 GBZ2.1-2019 所规定的工作场所最高容许浓度 ($0.3mg/m^3$)。

因此当加速器需要检修或者维护时, 加速器停止运行后, 人员不能直接操作,

风机必须继续运行，关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (\text{公式 10})$$

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 11-16 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

--

经计算得本项目辐照室内加速器停止工作后，辐照室内通风系统以通风速率 $13000\text{m}^3/\text{h}$ 继续工作，1 号加速器机房通过 $8.18\text{E}-02\text{h}$ (4.91min) 的通风排气、2 号加速器机房通过 $7.53\text{E}-02\text{h}$ (4.52min) 的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于 GBZ2.1 规定的最高容许浓度： $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。此时工作人员进入辐照室是安全的，公司应通过通风系统与加速器控制系统联锁装置，将开门时间设定为 5min ，只有达到设定的时间后辐照室门才能够被打开，人员方可进入辐照室。本项目辐照室采用排风装置通过排气管道向外界排放，辐照装置防护门等部位处于负压状态，辐照室内的含臭氧气体不会通过防护门扩散到周围其他区域。

由于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中附录 B“空气在辐射照射下产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x) 等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以主要考虑臭氧的产生及其防护。”，因此根据计算，本项目电子加速器臭氧满足《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010) 通风要求，氮氧化物也满足相应通风要求。

4.2 臭氧及氮氧化物对大气环境影响分析

本项目 2 座辐照室均设置机械通风系统，排风风量大于送风风量，加速器运行及停机期间通风系统持续运行，辐照室内维持负压状态，臭氧、氮氧化物等废气无组织泄漏风险可控，通过排风管道有组织引至室外排放。排风口设于辐照车间楼顶，排气筒高度 23.85m ，排风总量 $13000\text{m}^3/\text{h}$ ，排气筒内径 0.6m ，排放温度为常温，场址周边地形简单。

环境影响较小。

事故影响分析

1.潜在事故分析

电子加速器只有在开机工作时才产生电子束及 X 射线，因此，其潜在事故多为开机误照射事故，主要有：

（1）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；

（2）辐射工作人员误操作或设备安全联锁装置失灵，造成辐射工作人员误入或滞留在高辐射区内，发生人员超剂量照射事故；

（3）辐照加速器联锁装置发生故障状况下，检修人员误入正在运行的加速器辐照间，发生人员超剂量照射事故；

（4）加速器机房屏蔽结构受损，导致屏蔽效果减弱。

2.辐射事故预防措施

（1）在每次辐照作业前检查各项安全联锁装置的有效性，每次开启加速器前严格对辐照室内的安全联锁进行巡查，定期监测加速器机房周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

（2）定期认真地对本公司加速器的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，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。

（3）凡涉及对电子加速器进行操作，必须有明确的操作规程，辐照作业时至少有 2 名操作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行严格操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

（4）每日对电子加速器辐照装置的常用安全设备进行检查，包括安全联锁控制显示状况，辐照装置安全联锁控制显示状况，个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况等，发现异常情况时必须及时修复。任何异常情况必须在当日维修记录本上登记，并由维修人员及时修复，严禁设备“带病运行”。

（5）每月对电子加速器辐照装置的安全设备或安全程序进行定期检查，包括辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况，控制台及其他所有紧急停止按钮，通风系统的有效性，验证安全联锁功能的有效性，烟雾报警器功能正常等，发现

异常情况时必须及时修复或改正。

(6) 定期对电子加速器的安全状况进行定期检查，包括配合年检修的检测，全部安全设备和控制系统运行情况，发现异常情况必须及时采取改正措施。

3.辐射事故处置方法

(1) 立即启动应急响应：一旦发生或判断可能发生辐射事故，第一发现人须立即执行紧急停机操作，并大声示警，通知辐照室内及附近人员迅速撤离。现场负责人应即刻启动公司辐射事故应急预案。

(2) 人员救治与隔离：在确保加速器已关闭、现场辐射水平安全的前提下，迅速将可能受照人员转移至安全区域。对受到或可能受到超剂量照射的人员，应立即送往具备放射病诊治资质的医疗机构进行检查和救治；同时对相关人员进行初步隔离和登记，配合卫生健康部门开展医学追踪和剂量调查。

(3) 控制事故现场：立即划定警戒区域，设置明显警示标识，封锁事故现场，严禁无关人员进入，防止事故扩大和次生危害发生。

(4) 事故报告：严格遵守《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，在事故发生后 1 小时内，向所在地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向所在地卫生健康主管部门报告。报告内容应包括事故发生的时间、地点、类型、可能受照人员情况及已采取的应急措施。

(5) 事故调查与恢复：在公司应急领导小组指挥下，配合政府相关部门全面调查事故原因，评估事故影响。只有在查明原因、消除隐患、并经生态环境等部门确认安全后，方可恢复生产。

公司建立辐射安全风险管理体系，应明确定期排查，辐射风险辨识与评估，建档立案，对应风险的防控措施和责任人。对风险进行定期检查，对风险管理情况进行定期评估，确保风险可控，管理规范。对与重点风险相关的问题进行及时整改，不能立即整改的，必须采取切实可行的临时安全措施，防止事故发生。

公司应强化管理，严格要求辐射工作人员按照操作规范进行作业，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，加强职工辐射防护知识培训，尽可能避免辐射事故的发生。

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分

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。本项目运行过程中电子加速器装置只有在开机时才产生射线，事故多为开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号）和《江苏省辐射污染防治条例》的规定，发生辐射事故时，公司应立即启动企业内部事故应急预案，采取必要防范措施，并在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《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；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“电子加速器辐照”。

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。本项目拟配备 8 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在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，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，考核类型为“电子加速器辐照”，必须通过考核后方能正式进行上岗作业，以后辐射工作人员考核证书有效期届满应重新参加培训通过考核后方能继续从事工作。此外，公司辐射防护负责人也需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，考核类型为“辐射安全管理”。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目，公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相关辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

岗位职责：制定管理人员、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。

操作规程：明确本项目辐射人员的资质条件要求、电子加速器操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确电子加速器操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施，重点是每次工作前必须检查门机联锁是否有效、定期检查警告信号灯、急停按钮是否有效。每次工作前需检查工作人员是否佩戴个人剂量计，每次进行辐照作业时是否携带个人剂量报警仪，提出对辐照室各处进行巡检的要求。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，

重点是电子加速器的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：明确电子加速器和辐射监测设备维修计划、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，确保电子加速器、剂量报警仪和辐射剂量巡测仪等仪器设备保持良好工作状态。

射线装置使用登记、台账管理制度：根据电子加速器使用具体情况制定制度，重点是电子加速器使用状况、出入库等的记录。

人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：制定本项目监测方案，方案中应明确监测仪器定期送有资质单位检定或校准，写明检定周期，或定期进行内部仪器比对；明确监测频次和监测项目（内容）、监测范围、监测布点等，做好相应监测记录，监测应该关注重点部位，监测结果存档，并定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监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。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，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。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145号文）的要求建立事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和程序；应急领导小组成员姓名及联系电话、当地的救援报警电话。

职业健康体检：公司应组织工作人员上岗前进行职业健康体检，在岗期间定期复检，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查，辐射工作人员无论何种原因脱离辐射工作时，公司应及时安排其进行离岗时的职业健康检查，以评价其离岗时的健康状况；如果最后一次在岗期间职业健康检查在离岗前三个月内，可视为离岗时检查，但应按离岗时检查项目补充未检查项目；公司应建立辐射工作人员职业健康监护档案。

公司应制定相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性，提高制度的可操作性。

辐射监测

1.监测方案

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定监测方案，具体如下：

1) 请有资质的单位定期对本项目2座加速器机房周围环境辐射剂量率进行检测，每年1~2次。

2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（1次/3个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生部门调查处理。

3) 电子加速器进行辐照作业时公司辐射安全管理人员定期对2座加速器机房周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，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。

4) 日常监测时需要距2座加速器机房各屏蔽墙、出入口外30cm处等位置进行检测。

本项目辐射监测方案具体见表12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
X射线实时成像检测装置	验收监测	X- γ 周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前1次	①加速器机房各屏蔽墙和出入口外30cm处进行测量； ②运行中的定期测量应选定固定的检测点，必须包括：加速器机房各入口、出口，穿过加速器机房的通风、管线外口，各屏蔽墙和辐照室顶外，控制室及与加速器机房直接相邻的区域等； ③其余应关注位置：监督区内人员经常活动的位置，比如收放线区，穿墙管线外30cm等； ④50m范围内的保护目标处。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每3个月一次	/

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应

的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；无锡玖开线缆科技集团股份有限公司拟配备2台辐射剂量巡测仪及4台个人剂量报警仪，项目运行后应定期对辐照加速器机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

公司拟为本项目配备8名辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，并计划定期组织职业健康体检，并为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。本项目辐射工作人员应定期参加职业健康体检，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查，还需在入职前和离职前开展职业健康体检，公司应对本项目辐射工作人员职业健康体检结果妥善保存。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

- (1)应急机构和职责分工；
- (2)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；
- (3)应急演练计划；
- (4)辐射事故分级与应急响应措施；
- (5)辐射事故调查、报告和处理程序。

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发〔2006〕145号文)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，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。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目辐照加速器机房周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1.实践正当性

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司因业务发展需要，计划在拟建生产厂房内新建2座加速器机房并拟配备2台电子辐照加速器，用于对公司生产的电缆进行辐照交联改性。本项目的建设有利于提高产品质量，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升产品的竞争力，增加公司利益，从社会角度而言，本项目能够改善电缆的性能，为社会提供优质电缆产品。虽然在运行期间，辐照加速器的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，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”的原则与要求。

2.选址、布局合理性

无锡玖开线缆科技集团股份有限公司位于宜兴市官林镇工业集中区C区启迪路16号。拟建厂区位于建设单位已建厂区的东南侧，东侧为大田村村道，南侧为无锡亿宝机械设备有限公司，西侧为无锡江南电缆有限公司，北侧为建设单位已建厂区和玖安卡（江苏）智能电力科技有限公司。

本项目辐照车间所在拟建生产厂房主体为二层建筑，北侧一端配电房区域为单层结构，整体位于拟建厂区西侧。辐照车间布置在生产厂房二层区域对应的首层西北角，2座加速器机房拟建于辐照车间西北侧，2座加速器机房东侧为过道、辐照收放线区、通道、辐照成品区，南侧为过道、通道、电缆线生产区，西侧依次为过道、厂区道路、无锡江南电缆有限公司，北侧依次为过道、配电间、厂区道路、建设单位已建厂房，上方为拟建二层车间，下方为土层。2座加速器机房相邻而建，自北向南依次为1号加速器机房和2号加速器机房，1号和2号加速器机房共用一间控制室，位于1号加速器机房和2号加速器机房的东侧中位。

对照《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)、《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)及《江苏省自然资源厅关于宜兴市生态空间管控区域优化调整方案的复函》(苏自然资函

(2022) 88号)，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省以及宜兴市生态空间管控区域5。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)，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。根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书，本项目地块涉及重点管控单元宜兴市官林镇工业集中区，项目选址符合生态环境分区管控的要求。

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。

本项目2座加速器机房拟建址周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目2座加速器机房拟建址50m范围内涉及①拟建址所在拟建生产厂房、②拟建址北侧配电间、③拟建址北侧、东侧、西侧厂区道路、④拟建址北侧无锡玖开线缆科技股份有限公司已建厂房、⑤拟建址西侧无锡江南电缆有限公司厂区道路及厂房⑥拟建址东北侧玖安卡(江苏)智能电力科技有限公司厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器装置操作的辐射工作人员及周围公众。

3.与产业政策的相符性

本项目利用电子辐照加速器对公司生产的电缆产品开展辐照加工(交联改性)处理，使产品具备阻燃、耐热、抗老化等优良性能，根据《产业结构调整指导目录(2024年本)》)，本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目符合国家和地方现行产业政策。

4.辐射屏蔽能力分析

本项目2座电子加速器机房均通过混凝土和钢门对电子束和X射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备的2台电子加速器以最大功率运行时2座加速器机房表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)剂量率限值要求。

5.保护目标剂量

根据理论计算结果，本项目电子加速器辐射工作人员和周围公众成员年受照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》(GB18871-2002)的剂量限值和本项目管理目标限值的要求(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)。

6.辐射安全措施

为确保辐射安全，无锡玖开线缆科技集团股份有限公司拟对本项目2座加速器机房设计相应的辐射安全装置和保护措施。

公司拟将每座加速器机房辐照室边界、二层平台的加速器主钢桶、联接段和侧钢桶边界作为辐射防护控制区边界，在防护门外及机房周围醒目位置处设置电离辐射警告标志及中文警示说明等；将控制室、楼梯区域、过道、二层设备平台边界和收放线区边界（四至范围：东至收放线区域东侧通道，南至辐照车间南墙，西至拟建生产厂房西墙，北至拟建生产厂房北墙）作为辐射防护监督区边界，监督区边界拟设置围栏并粘贴监督区标识、无关人员禁止入内标牌，通往辐照室顶上二层设备平台的楼梯口拟设置安全隔离门并上锁，电子加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员禁止进入。

本项目2台加速器的控制台钥匙开关均拟与辐照室门联锁。本项目加速器控制台均位于控制室内。本项目在每座加速器机房的辐照室门上均拟安装一套门机联锁装置，本项目每座加速器辐照室门均与束流控制和加速器高压联锁。本项目拟在每座加速器辐照装置安装束下装置联锁装置。本项目在每座辐照室出入口处及内部均拟设置灯光和音响警示信号装置，用于开机前对辐照室内人员的警示。每座辐照室出入口均设置工作状态指示装置，拟与电子加速器辐照装置联锁。本项目拟在每座加速器机房一层辐照室内、一层迷道内、辐照室出入口处均拟设置6处“巡检按钮”，并与控制台联锁，所有巡检按钮旁均拟设置清晰的文字说明。本项目在每座加速器机房在辐照室的人员出入口通道内均拟设置三道防人误入的光电联锁装置（采用不同生产厂家不同品牌的产品），并且防人误入装置在水平、垂直方向上错开布置，并均与加速器的开、停机联锁，当有人员误入时，加速器会立即停止出束。在每个控制台上均拟设置急停按钮，每间辐照室内均拟设置6处紧急停机装置，使之能在紧急状态下终止加速器的运行。每座辐照室及其迷道内的急停装置均采用拉线开关并覆盖全部区域。每间辐照室内拟设置开门机构，以便人员离开控制区。本项目拟在每座加速器机房的辐照室迷道内、控制室及二层设备平台的加速器侧钢桶外均拟设置一台固定式辐射监测仪，均与辐照室门等联锁。本项目每座加速器机房辐照室通风系统与控制系统均拟联锁。本项目拟在每座加速器机房的辐照室设置一套烟雾报警装置。本项目拟在每座加速器机房的辐照室内及出入口处安装摄像头，监控显示器均拟安装于控制室内，用于监视室内人员的活动和设备的运行情况。

本项目拟配备8名辐射工作人员，辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，公司拟委

托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查，还需在入职前和离职前也须开展职业健康体检，还应建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司拟配置2台辐射剂量巡测仪和4台个人剂量报警仪。在落实以上措施后，本项目辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

7.辐射环境管理

1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

2) 公司拟配置辐射剂量监测仪器，定期对工作场所辐射水平进行检测；

3) 公司拟为本项目配备8名辐射工作人员，本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识考核，公司拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查，还需在入职前和离职前也须开展职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

4) 公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定与本项目相关的辐射安全管理制度。

综上所述，加速器辐照项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行后，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，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。

2) 各项环保设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。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且项目建成后根据《放射性同位素与射线装置

安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5)根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》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。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

6)建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于1月31日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日

附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资 (万元)
辐射 安全 和防 护措 施		<p>辐射剂量率能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的管理要求，辐射工作人员及公众年有效剂量符合《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）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（工作人员年有效剂量约束值 5mSv, 公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。</p>	
污染 防治 措施		<p>能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的管理要求，本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对环境影</p>	

		响较小。	
辐射安全措施		能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的管理要求	

	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。	能够满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	
		根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。	
辐射安全管理	公司拟成立辐射安全管理机构,并以文件形式明确各成员职责。	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》成立安全管理机构和制定制度。	/
	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、事故应急制度等。		
	辐射安全与防护考核:本项目拟配备8名辐射工作人员,辐射工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训,通过考核后才能上岗作业(每5年)。本项目辐射工作人员报考类别为“电子加速器辐照”,管理人员考核类型为“辐射安全管理”。	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》,辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入
	委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测,并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均要求佩戴个人剂量计。(常规监测周期一般为1个月,最长不应超过3个月。个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或停止辐射工作三十年。)	满足《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)辐射工作人员正常开展个人剂量监测,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第18号),个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或停止辐射工作三十年。	定期投入
	职业健康体检:定期组织职业健康体检,并按相关要求建立职业健康监护档案。(两次检查的时间间隔不应超过2年,必要时可增加临时性检查。)	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,使用放射性同位素和射线装置的单位,应当严格按照国家关于健康管理的规定,对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查,建立职业健康监护档案。	定期投入

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。