

核技术利用建设项目
江苏华光电缆电器有限公司
扩建 1 台电子加速器辐照装置项目
环境影响报告表

江苏华光电缆电器有限公司（公章）

2025 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
江苏华光电缆电器有限公司
扩建 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: 江苏华光电缆电器有限公司

建设单位法人代表(签字或盖章): _____

通讯地址: 常州市武进区横山桥镇星辰路 5 号

邮政编码: 213119 联系人: 刘海林

电子邮箱: Eqp01@hgunclear.com 联系电话: 13861295891

目录

| | |
|-----------------------------|----|
| 表 1 项目基本情况 | 1 |
| 表 2 放射源 | 8 |
| 表 3 非密封放射性物质 | 8 |
| 表 4 射线装置 | 9 |
| 表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） | 10 |
| 表 6 评价依据 | 11 |
| 表 7 保护目标与评价标准 | 14 |
| 表 8 环境质量和辐射现状 | 17 |
| 表 9 项目工程分析与源项 | 23 |
| 表 10 辐射安全与防护 | 32 |
| 表 11 环境影响分析 | 37 |
| 表 12 辐射安全管理 | 53 |
| 表 13 结论与建议 | 58 |
| 表 14 审批 | 62 |
| 附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 | 63 |

附图:

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目所在厂区周围环境示意图

附图 3-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 3-2 本项目与武进区生态环境管控单元相对位置关系图

附图 4 本项目 2#加速器机房平面设计图

附图 5 本项目 2#加速器机房剖面设计图

附图 6 本项目 2#加速器机房辐射安全措施图

附图 7 本项目辐照车间平面布置图

附件:

附件 1 委托书

附件 2 射线装置承诺书

附件 3 最新辐射安全许可证

附件 4 营业执照

附件 5 土地证及不动产权证

附件 6 一般项目环评批复及备案证

附件 7 原有加速器项目环评批复及竣工验收材料

附件 8 辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证书

附件 9 年度检测报告

附件 10 本项目辐射环境现状监测报告及检测单位资质认证证书

附件 11 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书

附件 12 加速器说明书

表1 项目基本情况

| | | | | | | | |
|--|--|--|---|-----------------------|-------------|---|--|
| 建设项目名称 | 江苏华光电缆电器有限公司扩建1台电子加速器辐照装置项目 | | | | | | |
| 建设单位 | 江苏华光电缆电器有限公司 | | | | | | |
| 法人代表 | 卜晓华 | 联系人 | 刘海林 | 联系电话 | 13861295891 | | |
| 注册地址 | 常州市武进区横山桥镇工业集中区 | | | | | | |
| 建设项目地点 | 常州市武进区横山桥镇星辰路5号 | | | | | | |
| 立项审批部门 | / | | 批准文号 | / | | | |
| 建设项目总投资(万元) | 800 | 项目环保投资(万元) | 200 | 投资比例(环保投资/总投资) | 25% | | |
| 项目性质 | <input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | | 占地面积(m ²) | 约155 | | |
| 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: | | | | | | | |
| 1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况 | | | | | | | |
| 江苏华光电缆电器有限公司成立于1995年12月20日，注册地位于常州市武进区横山桥镇工业集中区。公司专业生产特种电缆、电气贯穿件及各种附件，核级电缆是公司主导产品。公司经营范围包括许可项目：民用核安全设备制造；民用核安全设备设计；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：货物进出口；技术进出口；电线、电缆经营；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；机械电气 | | | | | | | |

设备制造；机械电气设备销售；有色金属合金制造；有色金属合金销售；高性能有色金属及合金材料销售；金属制品销售；金属制品研发；核电设备成套及工程技术研发；租赁服务（不含许可类租赁服务）（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）。

《江苏华光电缆电器有限公司年产15万公里特种电缆项目》于2024年3月15日取得江苏常州经济开发区管理委员会《江苏省投资项目备案证》（常经审备〔2024〕61号），项目代码为2403-320491-89-02-645497。并于2025年6月16日《江苏华光电缆电器有限公司年产15万公里特种电缆项目环境影响报告表》取得江苏常州经济开发区管理委员会批复（常经发数〔2025〕140号）（见附件6），目前该项目正在建设中。

为达到年产15万公里特种电缆项目目标中的电缆产品质量标准，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，公司拟在厂区北部辐照车间内的东南部扩建1座加速器机房（2#加速器机房）并拟购1台电子辐照加速器，型号为DD_{LH}2.0/50-1600型，最大能量为2.0MeV，最大电流为50mA。

公司现已取得辐射安全许可证，许可证编号为苏环辐证[D0248]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2029年12月15日，发证机关为常州市生态环境局（见附件3）。

本项目建成后，公司拟为本项目新增4名辐射工作人员，实行2班制，每班2名辐射工作人员，每班工作时间为8小时。2#加速器机房预计每天出束16小时，每周工作5天，年工作时间为50周，公司开展辐照加工的2#加速器年出束时间为4000h。

江苏华光电缆电器有限公司核技术利用项目情况详见下表：

表 1-1 江苏华光电缆电器有限公司核技术利用项目表

| 射线装置 | | | | | | | | | | |
|------|--|-----------|----------------|-------------------|----|-------------|----------|-------------------|------------------|----|
| 序号 | 射线装置名称 | 数量 (台) | 电子束能 量(MeV) | 最大管 电流 (mA) | 类别 | 工作场所 名称 | 活动 种类 | 环评情 况及审 批时间 | 许 可 情 况 | 备注 |
| 1 | DD _{LH} 2.0/50-1600 型电子加速器 | 1 | 2.0 | 50 | II | 2#加速 器机房 | 使用 | 本次 环评 | 未许可 | 扩建 |

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影

响评价，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类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏华光电缆电器有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于常州市武进区横山桥镇星辰路5号江苏华光电缆电器有限公司厂区北部辐照车间内。厂区东侧为常州市振邦化工制造有限公司，南侧为星辰路，西侧为常州盈昌管业有限公司，北侧为空地。辐照车间东侧为厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司，南侧为车间二（过道和生产区），西侧为厂区道路及绿化、成品仓库及空地等，北侧为厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地。本项目地理位置示意图见附图1，厂区周围环境示意图见附图2。

本项目2#加速器机房建设于辐照车间东南部，东侧为控制室、楼梯、厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司，南侧隔车间围墙为车间二（过道和生产区），西侧为堆放区、厂区道路及绿化、成品仓库及空地，北侧为收放线区、厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地，西北侧为已建1#加速器机房，上方为车间屋顶，下方为土层，本项目辐照车间平面布置图见附图7。

对照《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）、《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）、《江苏省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕69号）和《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777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、江苏省生态空间管控区域和武进区生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图3-1；根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（见附件11），本项目地块涉及重点管控单元武进（经开区）-智能装备产业园，项目选址符合“三线一单”和生态环境分区管控的要求，本项目与武进区生态环境管控单元相对位置图见附图3-2。

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。

本项目的建设符合江苏省和常州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、

资源利用上线和生态环境准入清单)要求。

本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围内无居民区、医院、学校等环境敏感目标，本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围涉及①拟建址所在辐照车间、②拟建址东侧、西侧和北侧厂区道路及绿化、③拟建址东侧常州市振邦化工制造有限公司、④拟建址南侧车间二、⑤拟建址西侧成品仓库、⑥拟建址北侧仓库、⑦拟建址北侧冷却塔区和⑧拟建址北侧厂区外空地。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

江苏华光电缆电器有限公司因业务发展需要，拟在辐照车间内扩建1座加速器机房(2#加速器机房)并拟配备1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。

4. 原有核技术利用项目许可情况

4.1 辐射安全许可情况

江苏华光电缆电器有限公司现已取得辐射安全许可证，许可证编号为苏环辐证[D0248]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2029年12月15日，发证机关为常州市生态环境局(见附件3)。

江苏华光电缆电器有限公司现有1台辐照加速器位于1#加速器机房内，型号为DD2.5-40，最大能量2.5MeV，最大束流强度40mA，公司现有核技术利用项目已于2014年4月29日取得批复并于2014年11月通过竣工环境保护验收，原有加速器项目环评批复及竣工验收材料见附件7。

公司现有核技术利用项目情况见表1-2。

表1-2 江苏华光电缆电器有限公司现有核技术利用项目一览表

| 射线装置 | | | | | | | | | | |
|------|----------------|-------|------------|-----------|----|---------|------|------------------|------|-------------------|
| 序号 | 射线装置名称 | 数量(台) | 电子束能量(MeV) | 最大管电流(mA) | 类别 | 工作场所名称 | 活动种类 | 环评情况及审批时间 | 许可情况 | 验收情况 |
| 1 | DD2.5-40型电子加速器 | 1 | 2.5 | 40 | II | 1#加速器机房 | 使用 | 已环评 2014.4.29 | 已许可 | 已验收 2014.11.26 |

4.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订），江苏华光电缆电器有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组并明确了职责，制定了一系列的辐射工作管理制度。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护管理机构小组，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

4.3 辐射安全与环境保护管理制度

江苏华光电缆电器有限公司已制定了一系列辐射安全管理制度，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、加速器操作维护人员培训制度、个人剂量和辐照环境监测方案、辐照事故管理和应急处置办法等，具体制度见表1-3。

表1-3 辐射安全管理制度一览表

| 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度 | 建设单位制度制定情况 | 是否落实 |
|---------------------------|--------------------------------------|------|
| 辐射防护和安全保卫制度 | 《关于成立辐照车间安全管理小组的通知》 《辐射防护和安全保卫制度》 | 已落实 |
| 操作规程 | 《操作规程》 | 已落实 |
| 岗位职责 | 《岗位职责》 | 已落实 |
| 设备检修维护制度 | 《设备检修维护制度》 | 已落实 |
| 使用登记制度 | 《电子加速器装置使用登记、台账管理制度》 | 已落实 |
| 监测方案 | 《个人剂量和辐照环境监测方案》 | 已落实 |
| 人员培训计划 | 《加速器操作维护人员培训制度》 | 已落实 |
| 辐射事故应急 | 《辐照事故管理和应急处置办法》 《辐射事故专项应急预案》 | 已落实 |

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射

性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修订）中“应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施”的要求，公司日常运营核技术利用项目时已落实上述制度。

4.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

江苏华光电缆电器有限公司现有3名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，详见表1-4，考核证书见附件8。

表1-4 现有辐射工作人员一览表

| 序号 | 姓名 | 岗位 | 证书编号 | 有效期 | 有效情况 |
|----|-----|-----------|---------------|---------------------------|------|
| 1 | 孔德森 | 工业辐照电子加速器 | FS21JS1600217 | 2021年9月23日至 2026年9月23日 | 有效 |
| 2 | 殷鹏鹰 | 工业辐照电子加速器 | FS21JS1600218 | 2021年9月23日至 2026年9月23日 | 有效 |
| 3 | 刘海林 | 工业辐照电子加速器 | FS21JS1600215 | 2021年9月23日至 2026年9月23日 | 有效 |

江苏华光电缆电器有限公司现有3名辐射工作人员均佩戴个人剂量计，已委托常州环宇信科环境检测有限公司开展了辐射工作人员个人剂量检测，根据近一年的检测报告结果表明现有辐射工作人员四个季度个人剂量监测结果均未出现超标情况，个人剂量监测情况见表1-5。

表1-5 个人剂量监测结果

| 序号 | 姓名 | 个人剂量当量 Hp(10)/mSv | | | | 年剂量当量 /mSv |
|----|-----|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------|
| | | 2024.3.5~ 2024.6.4 | 2024.6.4~ 2024.9.4 | 2024.9.4~ 2024.12.3 | 2024.12.3~ 2025.3.4 | |
| 1 | 孔德森 | 0.0210 | 0.0221 | 0.0113 | 0.0196 | 0.074 |
| 2 | 殷鹏鹰 | 0.0210 | 0.0221 | 0.0113 | 0.0196 | 0.074 |
| 3 | 刘海林 | 0.0210 | 0.0221 | 0.0113 | 0.0196 | 0.074 |

江苏华光电缆电器有限公司现有3名辐射工作人员，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2017年修订，国家环境保护部令第47号）和《放射工作人员职业健康管理方法》（卫生部第55号令）的要求，为保护辐射工作人员身体健康，公司已委托常州武进卫安中西医结合门诊部对辐射工作人员进行了职业健康体检，根据公司提供的2024年度职业健康体检报告，辐射工作人员体检结论均为可继续从事原放射工作。

表1-6 现有辐射工作人员职业健康体检结果

| 序号 | 姓名 | 体检报告日期 | 体检结果 |
|----|----|--------|------|
| | | | |

| | | | |
|---|-----|------------|------------|
| 1 | 孔德森 | 2024年9月20日 | 可继续从事原放射工作 |
| 2 | 殷鹏鹰 | 2024年9月20日 | 可继续从事原放射工作 |
| 3 | 刘海林 | 2024年9月20日 | 可继续从事原放射工作 |

4.5 年度检测和年度评估情况

江苏华光电缆电器有限公司于2024年11月12日委托常州环宇信科环境检测有限公司对现有1座加速器机房进行了年度检测，检测结果表明：现有核技术利用项目周围剂量率满足相应标准限值要求。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置”的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。江苏华光电缆电器有限公司每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告，并及时更新与维护全国核技术利用辐射安全申报系统中的信息。

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) | 年最大操作量(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、教学等各种类型加速器

| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 (台) | 型号 | 加速 粒子 | 最大能量 (MeV) | 额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h) | 用途 | 工作场所 | 备注 |
|----|-------|----|-----------|------------------------------|----------|---------------|---------------------------|------|---------|------|
| 1 | 电子加速器 | II | 1 | DD _{LH} 2.0/50-1600 | 电子 | 2.0 | 50mA | 辐照加工 | 2#加速器机房 | 本次扩建 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

(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、氮氧化物 | 气态 | / | / | 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 | / | / | 60kg | 720kg | / | 暂存 | 由公司统一收集后，交给环卫部门清运。 |
| 生活污水 | 液态 | / | / | 4.8m ³ | 57.6m ³ | / | 不暂存 | 进入厂区污水管道，最终进入市政污水管网。 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

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.含有放射性的废弃物要注明，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年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</p> <p>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自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》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自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年修订本），中华人民共和国2020年主席令第43号，自2020年9月1日起施行</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国2011年原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</p> <p>8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国2020年生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>10) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；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，中</p> |
|------|---|

| | |
|------|--|
| | <p>中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>14) 《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；</p> <p>16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；</p> <p>17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>18) 《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》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>19) 《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31日印发；</p> <p>20) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》（苏自然函〔2023〕880号），2023年10月11日印发；</p> <p>21) 《国务院关于<江苏省国土空间规划（2021-2035年）>的批复》（国函〔2023〕69号，2023年08月02日发布；</p> <p>22) 《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777号），2024年9月23日发布。</p> |
| 技术标准 | <p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）</p> <p>7) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）</p> <p>8) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>附图：</p> <p>附图 1 本项目地理位置图</p> <p>附图 2 本项目所在厂区周围环境示意图</p> <p>附图 3-1 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图</p> <p>附图 3-2 本项目与武进区生态环境管控单元相对位置关系图</p> <p>附图 4 本项目 2#加速器机房平面设计图</p> <p>附图 5 本项目 2#加速器机房剖面设计图</p> <p>附图 6 本项目 2#加速器机房辐射安全措施图</p> <p>附图 7 本项目辐照车间平面布置图</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 辐射安全许可证</p> <p>附件 4 营业执照</p> <p>其他</p> <p>附件 5 土地证及不动产权证</p> <p>附件 6 一般项目环评批复及备案证</p> <p>附件 7 原有加速器项目环评批复及竣工验收材料</p> <p>附件 8 辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证书</p> <p>附件 9 年度检测报告</p> <p>附件 10 本项目辐射环境现状监测报告及检测单位资质认证证书</p> <p>附件 11 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书</p> <p>附件 12 加速器说明书</p> |
|--|--|

表7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目扩建的1台电子加速器为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》（HJ 10.1-2016）中关于“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”的规定，确定本项目评价范围为2#加速器机房屏蔽体外周围50m区域。本项目50m评价范围见附图2。

保护目标

本项目2#加速器机房周围50m范围内无居民区、医院、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2#加速器机房操作的辐射工作人员及原有1#加速器机房的辐射工作人员；

2、辐照加速器机房周围公众。

对照《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）、《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）、《江苏省国土空间规划（2021-2035年）》（国函〔2023〕69号）和《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕777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、江苏省生态空间管控区域和武进区生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图3-1；根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（见附件11），本项目地块涉及重点管控单元武进（经开区）-智能装备产业园，项目选址符合“三线一单”和生态环境分区管控的要求，本项目与武进区生态环境管控单元相对位置图见附图3-2。

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。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

| 保护目标 | 与2#加速器机房方位 | 距2#加速器机房最近距离 | 人员规模 | 保护目标类型 | 年剂量约束值(mSv/年) |
|---------------|------------|--------------|------|--------|---------------|
| 2#加速器机房控制室、楼梯 | 东侧 | 紧邻 | 4人 | 辐射工作人员 | 5.0 |
| 收放线区 | 北侧 | 紧邻 | 4人 | | |
| 1#加速器机房 | 西北侧 | 20m | 3人 | | |

| | | | | | | |
|--------------|---------------|-----|-----|-----|------------------|-----------|
| 江苏华光电缆电器有限公司 | 辐照车间堆放区 | | 西侧 | 紧邻 | 流动人员 (约10人/d) | 公众 0.1 |
| | 车间二 | 过道 | | 南侧 | 紧邻 | |
| | | 生产区 | | 南侧 | 5.5m | |
| | 厂区道路及绿化 | | 东侧 | 4m | 流动人员 (约5人/d) | |
| | | | 西侧 | 33m | 流动人员 (约50人/d) | |
| | | | 北侧 | 26m | 流动人员 (约20人/d) | |
| | 仓库 | | 北侧 | 32m | 流动人员 (约10人/d) | |
| | 成品仓库 | | 西北侧 | 41m | 流动人员 (约10人/d) | |
| | 冷却塔区 | | 北侧 | 34m | 流动人员 (约2人/d) | |
| | 常州市振邦化工制造有限公司 | | 东侧 | 8m | 约40人 | |
| | 空地 | | 北侧 | 43m | 流动人员 (约2人/d) | |

评价标准

1) 剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《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：

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

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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。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：

A) 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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4) 辐射环境现状评价参考值

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)确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果 单位: nGy/h

| 项目 | 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 |

*现状评价时, 参考测值范围数值进行评价: 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”。表格中数据已扣除宇宙响应值。其中宇宙射线响应的扣除方法采用文献[2] (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。

5) 参考资料

方杰, 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

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

本项目位于常州市武进区横山桥镇星辰路5号江苏华光电缆电器有限公司厂区北部辐照车间内。厂区东侧为常州市振邦化工制造有限公司，南侧为星辰路，西侧为常州盈昌管业有限公司，北侧为空地。辐照车间东侧为厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司，南侧为车间二（过道和生产区），西侧为厂区道路及绿化、成品仓库及空地，北侧为厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地。本项目地理位置示意图见附图1，厂区周围环境示意图见附图2。

本项目2#加速器机房建设于辐照车间东南部，东侧为控制室、楼梯、厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司，南侧隔车间围墙为车间二（过道和生产区），西侧为堆放区、厂区道路及绿化、成品仓库及空地，北侧为收放线区、厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地，西北侧为已建1#加速器机房，上方为车间屋顶，下方为土层，本项目辐照车间平面布置图见附图7。

本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围内无居民区、医院、学校等环境敏感目标，本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围涉及①拟建址所在辐照车间、②拟建址东侧、西侧和北侧厂区道路及绿化、③拟建址东侧常州市振邦化工制造有限公司、④拟建址南侧车间二、⑤拟建址西侧成品仓库、⑥拟建址北侧仓库、⑦拟建址北侧冷却塔区和⑧拟建址北侧厂区外空地。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目拟建址周围环境照片及工程师现场踏勘照片见图8-1和图8-2。



本项目2#加速器机房拟建址



2#加速器机房拟建址北侧（收放线区）





图8-1 本项目2#加速器机房拟建址及周围环境现状图

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目 2# 加速器机房拟建址及周围辐射环境。
- 监测因子：本项目 2# 加速器机房拟建址及周围环境 γ 空气吸收剂量率。
- 监测点位：在 2# 加速器机房拟建址及周围保护目标处布置监测点位，分别位于拟建址及周围保护目标，共计 18 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

- 监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在加速器机房拟建址以及周围保护目标处布设监测点位，测量拟建址及周围环境 γ 空气吸收剂量率。
- 质量保证措施：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；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，

定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：X- γ 辐射监测仪 BG9512+BG7030（仪器编号：RY-J001）

仪器测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

仪器能量响应范围：25keV~3MeV

检定有效日期：2025.3.11——2026.3.10

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

监测日期：2025年7月3日

环境条件：天气：晴；温度：38°C；相对湿度：55%

评价方法：参考表7-4江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目拟建址周围环境 γ 空气吸收剂量率监测结果见表8-1（报告见附件10），监测布点示意图见图8-2。

表8-1 本项目拟建址周围环境 γ 空气吸收剂量率

| 测点号 | 点位描述 | 检测结果 (nGy/h) | 标准偏差 | 备注 |
|-----|--------------|--------------|------|-------|
| 1 | 2#加速器机房拟建址中部 | 41 | 2.37 | 室内、平房 |
| 2 | 2#加速器机房拟建址东部 | 42 | 1.51 | 室内、平房 |
| 3 | 2#加速器机房拟建址南部 | 41 | 1.91 | 室内、平房 |
| 4 | 2#加速器机房拟建址西部 | 42 | 3.31 | 室内、平房 |
| 5 | 2#加速器机房拟建址北部 | 40 | 2.42 | 室内、平房 |
| 6 | 辐照车间北部 | 38 | 2.22 | 室内、平房 |
| 7 | 1#加速器机房东南侧 | 42 | 3.20 | 室内、平房 |
| 8 | 辐照车间西部 | 44 | 1.89 | 室内、平房 |
| 9 | 北侧厂区道路及绿化 | 34 | 2.00 | 道路 |
| 10 | 仓库南侧 | 36 | 1.51 | 道路 |
| 11 | 冷却塔区南侧 | 35 | 1.51 | 道路 |

| | | | | |
|----|-----------------|----|------|-------|
| 12 | 东侧厂区道路 | 34 | 2.04 | 道路 |
| 13 | 常州市振邦化工制造有限公司西侧 | 33 | 2.33 | 道路 |
| 14 | 成品仓库南侧 | 30 | 1.89 | 道路 |
| 15 | 西侧厂区道路 | 36 | 2.07 | 道路 |
| 16 | 车间二北部 | 46 | 2.22 | 室内、平房 |
| 17 | 车间二中部 | 47 | 2.23 | 室内、平房 |
| 18 | 空地南部 | 37 | 2.31 | 原野 |

注：X-γ辐射监测仪检定使用¹³⁷Cs 辐射源。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，原野、道路取值为1，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为11nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。现状检测时，1#加速器机房未开机工作。

根据表8-1的监测结果可知，本项目辐照加速器机房拟建址周围γ辐射剂量率范围为（30~36）nGy/h（道路）、37nGy/h（原野），分别处于江苏省道路（18.1~102.3）和原野（33.1~72.6）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（38~47）nGy/h范围内，由于厂房较高比较空旷，厂房使用钢混结构，建筑物材料的本底辐射较低，故室内环境γ辐射剂量率略低于江苏省室内（50.7~129.4）天然γ辐射剂量率测值范围。

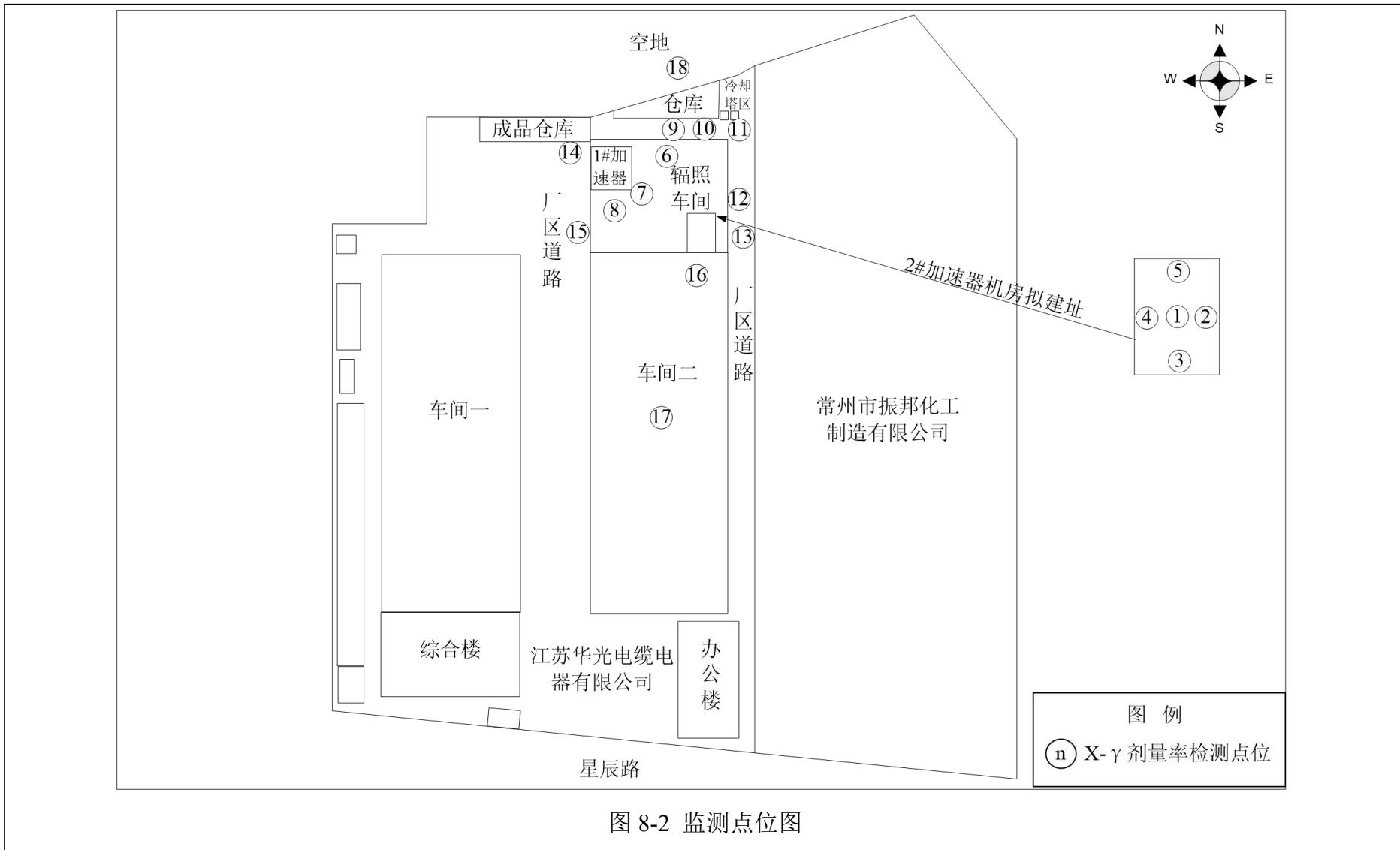


表9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

江苏华光电缆电器有限公司根据生产需要，拟在厂区辐照车间东南部内扩建1座2#加速器机房，并在机房内配备1台DD_{LH}2.0/50型电子加速器，最大电子束能量为2.0MeV，最大电流为50mA。该加速器用于对电缆进行辐照交联改性。本项目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

| 加速器型号 | DD _{LH} 2.0/50型 |
|---------|--------------------------|
| 数量 | 1台 |
| 生产厂家 | 中广核达胜加速器技术有限公司 |
| 最大电子束能量 | 2.0MeV |
| 最大束流强度 | 50mA |
| 束流损失点能量 | 0.2MeV |
| 束流损失率 | 1% |
| 主射束方向 | 0° |
| 电子扫描宽度 | 1600mm |
| 工作方式 | 连续 |

本项目拟使用的电子加速器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。

本项目电子加速器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。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。

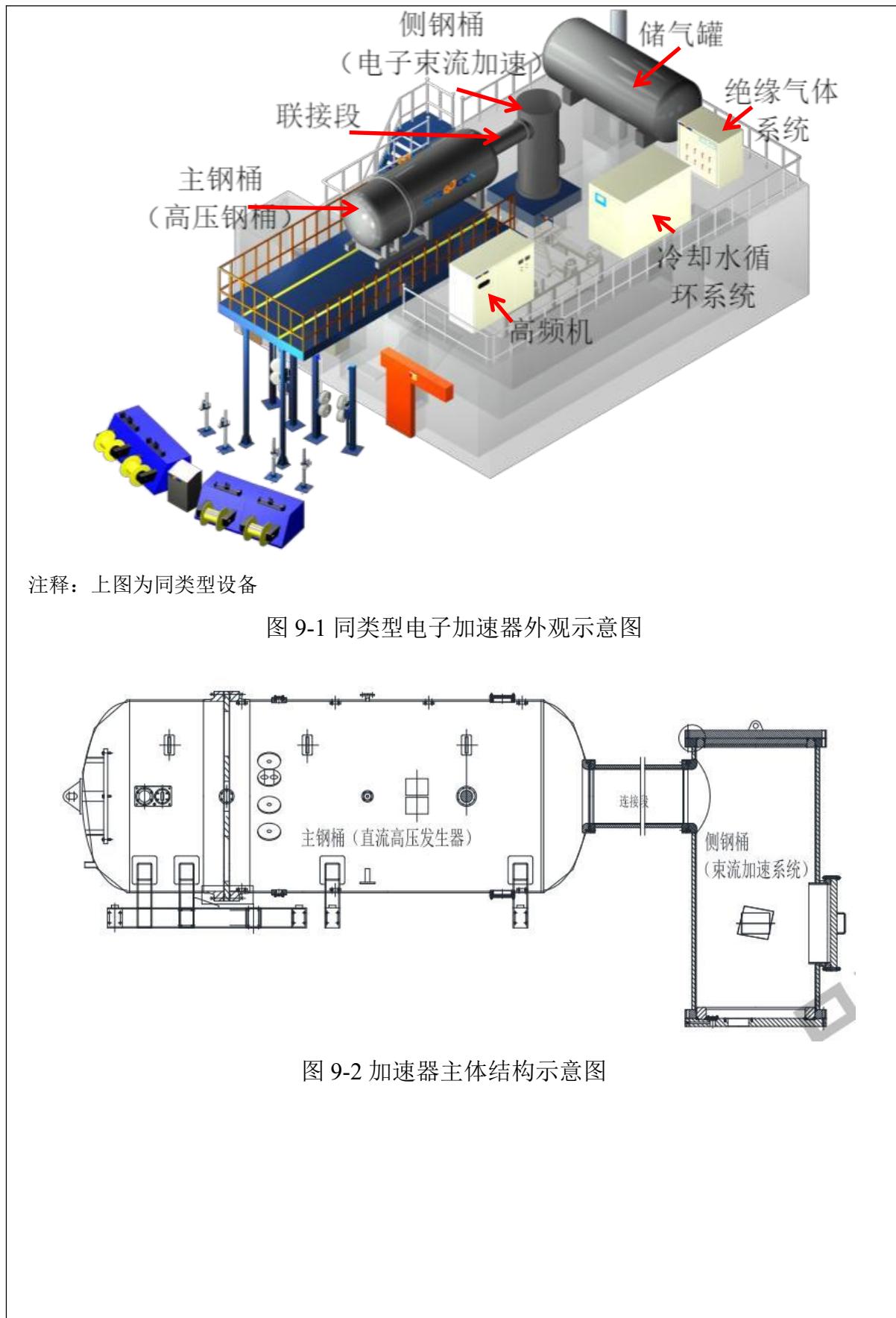


图 9-2 加速器主体结构示意图

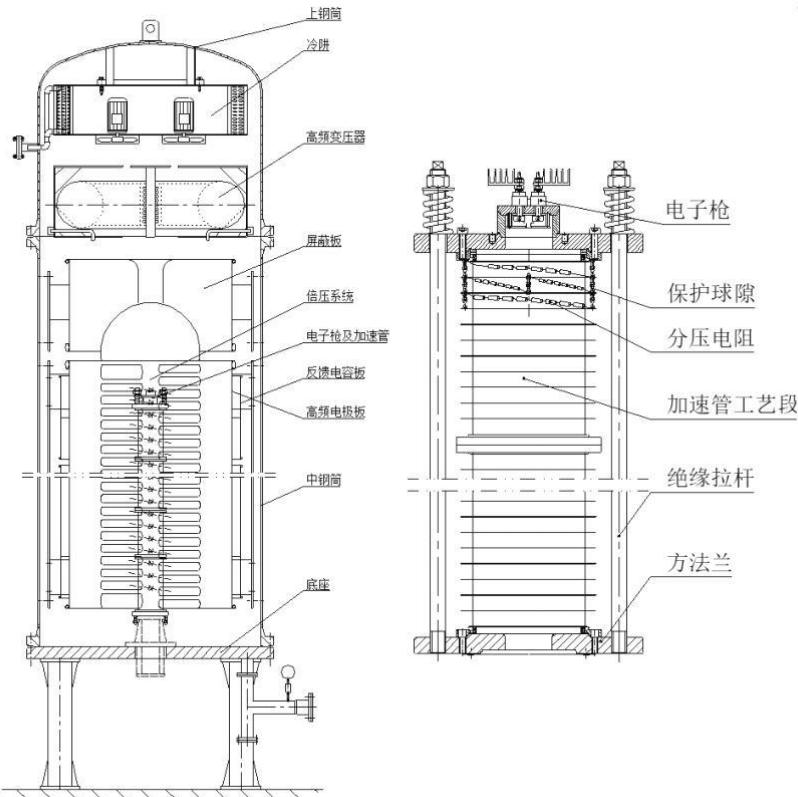
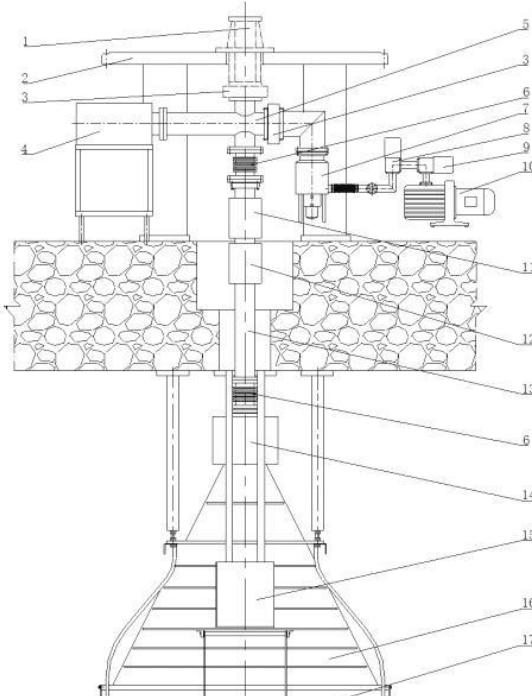


图 9-4 加速器主体

图 9-5 电子枪和加速管

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由工频转换为高频，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。它需要在高真空里 ($10^{-5} \sim 10^{-6}$ Pa) 稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场 (0~20kV/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 0~0.8mm。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。

(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气压容器，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，针对钛箔

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

(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二：1) 加速器检修时回收气体，2) 通过气体的循环去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物。该系统的主要部件如下：

- ①储气筒，为加速器检修时储存 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会也会升温，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。

(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所控制，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、工作流程及产污环节分析

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，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工作人员在辐照车间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，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，通过收放卷系统滚轴从加速器辐照室北侧线缆收放区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北侧传送出，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，加速器通风系统将继续通风，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。

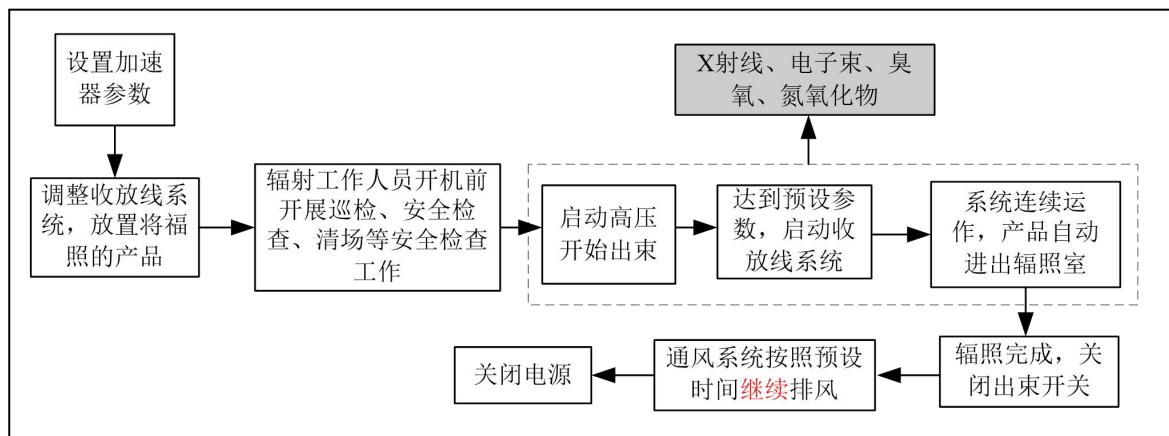


图9-5 辐照工艺流程及产污环节示意图

4、人员配置及工作制度

本项目建成后，公司拟为本项目新增 4 名辐射工作人员，实行 2 班制，每班 2 名辐射工作人员（负责加速器操作及线缆区收放线缆工作），每班工作时间为 8 小时。2#加速器机房预计每天出束 16 小时，每周工作 5 天，年工作时间为 50 周，公司开展辐照加工的 2#加速器年出束时间为 4000h。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位已许可的辐射工作场所在本项目评价范围之内。现有场所具有完善的环保手续。该1#加速器机房配备1台工业电子加速器用于对生产的线缆进行辐照改性。该项目因机房建设时间较早（2014年完成验收），某些方面不能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的最新要求，因此公司于2022年对原有1#加速器机房进行合规化改造，改造内容包括在迷道出口新增多道防人误入光电开关和辐照室安装应急照明灯，以上改造均已完成，目前1#加速器机房处于正常运行状态。

综上所述，原有项目工艺不足已得到及时的改进。

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为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），本项目加速器最大能量为2.0MeV，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。

根据公司提供的数据，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

| 名称及型号 | 电子束能量(MeV) | 电子束流强度(mA) | 最大功率(kW) | X射线发射率(Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹) |
|-------------------------------|------------|------------|----------|---|
| DD _{LH} 2.0/50型电子加速器 | 2.0 | 50 | 100 | 1.6(侧向90°) |

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，故不产生液体废物。

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 4.8m^3 ，年排放量为 57.6m^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 60kg ，年排放量为 720kg 。

4) 噪声

本项目加速器机房设置机械通风系统，公司在运行过程中采用低噪声设备，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**

公司拟建2#加速器机房的辐照室为地面一层混凝土结构，线缆收放区及控制室拟设于地面一层，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、储气罐等辅助设备位于相应辐照室楼顶的二层设备平台上。加速器机房的辐照室入口处设有迷道，控制室位于辐照室东侧，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2#加速器机房辐照室边界、二层平台的加速器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、二层设备平台边界、收放线区边界（四至范围：东至辐照车间东墙，南至2#加速器机房北墙，西至与2#加速器机房西墙齐平处，北至与辐照车间北墙相距2m位置处）作为辐射防护监督区边界，监督区边界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。本项目加速器机房布局图见图10-1。

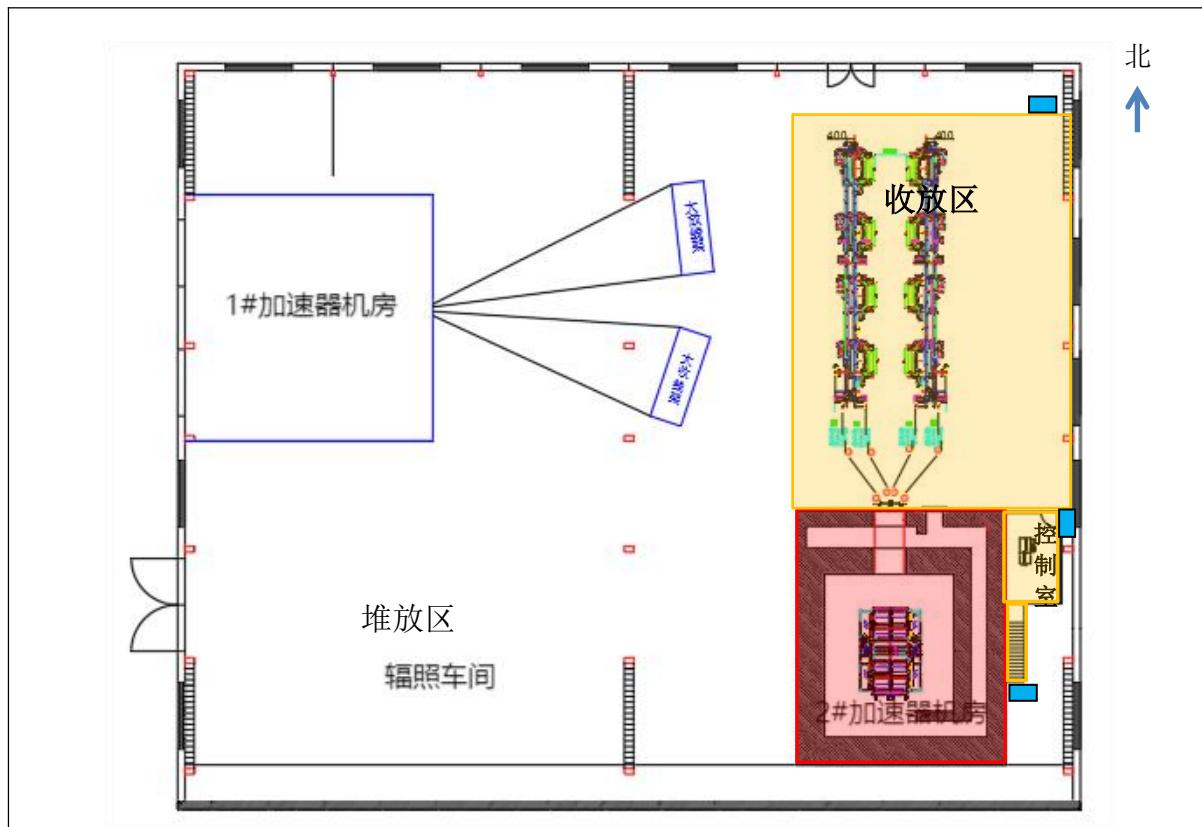


图 10-1 本项目 2# 加速器机房一层布局及分区示意图

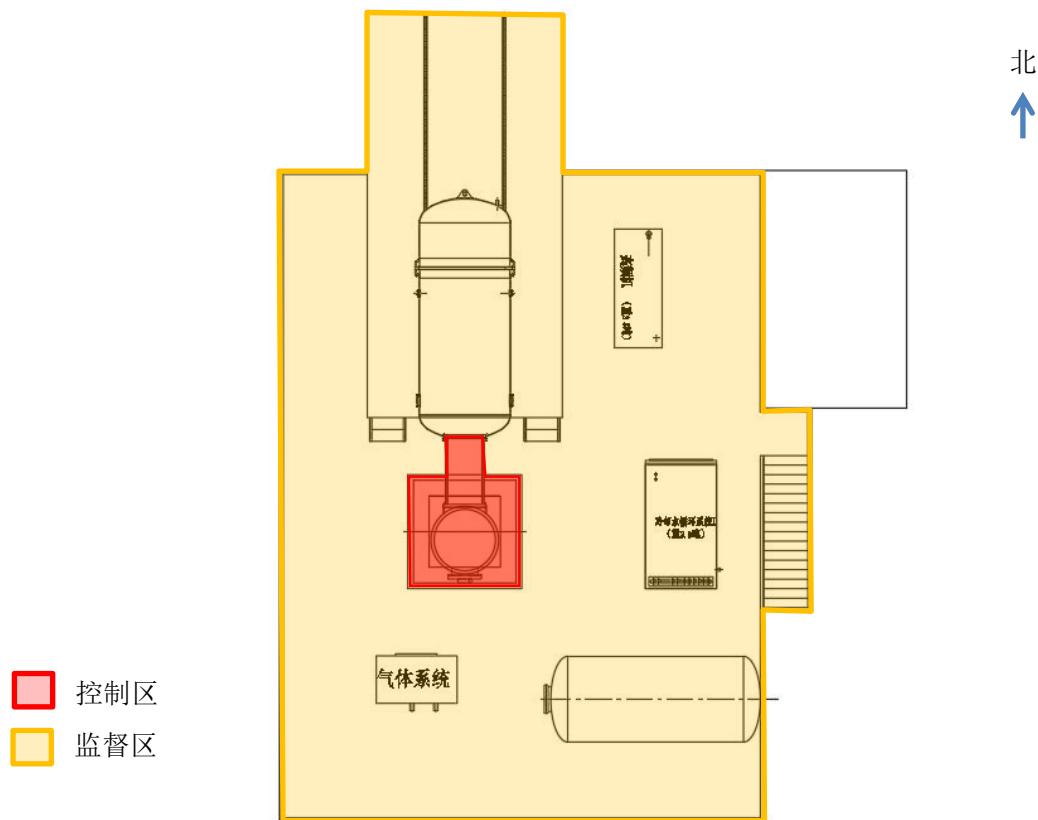


图 10-2 本项目 2# 加速器机房二层设备平台布局及分区示意图

2. 辐射防护屏蔽设计

江苏华光电缆电器有限公司本项目 2# 加速器辐照室机房主体采用混凝土浇筑的方式对射线进行屏蔽，2# 加速器机房辐照室防护门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# 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 本项目加速器机房屏蔽设计表

| 机房 | | 屏蔽墙厚度 | 屋顶厚度 | 防护门 |
|----------|------------|---|------------|-------|
| 2# 加速器机房 | 辐照室 | 东墙：1000mm 混凝土 南墙：1500mm 混凝土 西墙：1500mm 混凝土 北墙：800mm 混凝土 东侧迷道内墙：900mm 混凝土 南侧（东部）迷道内墙：500mm 混凝土 北侧迷道内墙：1400mm 混凝土 | 1500mm 混凝土 | 普通钢制门 |
| | 加速器钢桶 | 侧钢桶 桶身：3mm 钢板+30mm 铅板+12mm 钢板 侧面桶盖：10mm 钢板+30mm 铅板+65mm 钢板 上桶盖：20mm 钢板+60mm 铅板+80mm 钢板 桶底：80mm 钢板 侧钢桶基座：420mm 钢+整体缝隙密封 30mm 钢板 | | |
| | | 联接段 3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板 | | |
| | | 主钢桶（高压钢桶） 加速器高压钢桶采用 20mm 钢板 | | |
| | 电缆电线管道 | 本项目加速器辐照室北墙设置电线电缆输送孔道，直径 100mm，用于电线电缆的进出。本项目加速器辐照室输送孔道北侧内墙开口高度约 888mm，在北侧内墙采用 34° 斜向下穿墙设计；北侧外墙出口距地面约 840mm，北侧外墙采用 31° 斜向上穿墙设计。 | | |
| | 通风管道 | 加速器机房排气管道通过地下管道穿过东侧屏蔽墙，最终经辐照室外东侧管道排放，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 0.8m，排放口高于厂房屋顶。 | | |
| | 侧钢桶与辐照室连接处 | 本项目加速器侧钢桶与辐照室连接处设有钢板基座，基座位于辐照室顶部的凹槽中，加速器侧钢桶的基座为 420mm 钢板，加速器侧钢桶底部为 80mm 钢板，使加速器侧钢桶与辐照室连接处的钢板厚度达到 500mm。 | | |

3. 辐射安全和防护措施分析

1) **钥匙控制：**本项目 2# 加速器的主控钥匙开关拟和辐照室门联锁。本项目加速器控制台位于控制室内。如从控制台上取出该钥匙，该加速器自动停机。辐照室外拟设置行程开关，且钥匙开关与行程开关为同一把钥匙。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辐照室门。钥匙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# 加速器机房的辐照室门上安装一套门机联锁装置，本项

目2#加速器辐照室门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：加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。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：本项目在辐照室出入口处及内部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。辐照室出入口设置的工作状态指示装置，拟与电子加速器辐照装置联锁。

5)巡检按钮：本项目拟在2#加速器机房一层辐照室内、一层迷道内、辐照室出入口处拟设置6处“巡检按钮”，并与控制台联锁。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#加速器机房在辐照室的人员出入口通道内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：2#加速器机房在控制台上拟设置急停按钮，辐照室内拟设置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。辐照室及其迷道内的急停装置采用拉线开关并覆盖全部区域。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：2#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拟设置一台固定式辐射监测仪，与辐照室门等联锁。当辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，辐照室门无法打开。

9)通风联锁：2#加速器机房辐照室通风系统与控制系统拟联锁，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：2#加速器机房辐照室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：2#加速器机房辐照室内和出入口拟安装监视装置，在控制室的操作台设有专用的监视器，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：加速器机房辐照室内、控制室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。

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。

三废的治理

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循环使用，不往外排放。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进入厂区污水管道，最终进入市政污水管网。

3. 气体废物

本项目电子加速器采用机械排风，加速器机房排气管道通过地下管道穿过东侧屏蔽墙，最终经辐照室外东侧管道排放，排风机风量为 $12000\text{m}^3/\text{h}$ ，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 0.8m，排放口高于厂房屋顶，高度约 15m。本项目配备的排风机能够满足相应标准要求。

4. 噪声

本项目加速器机房设置机械通风系统，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**

本项目的主体工程为在辐照车间内扩建1座加速器机房并在其内配备电子加速器（不开机）。施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

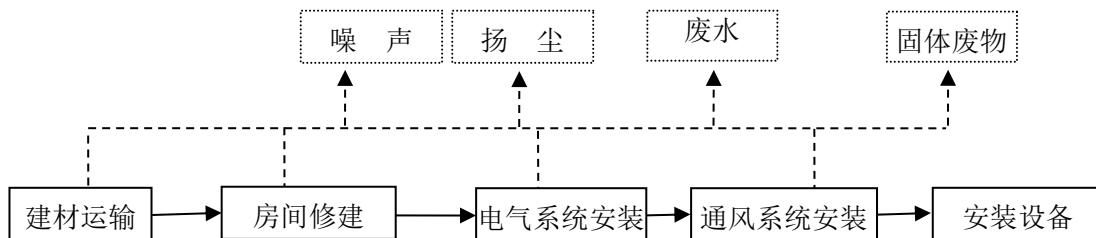


图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

(一) 施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，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《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）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。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托厂区内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公司内局部区域，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

公司本项目加速器用于公司生产电缆产品的辐照交联改性。在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缆产品的辐照。本项目加速器机房一层辐照室电子束朝下，主要考虑与电子束入射方向呈90°产品的辐照。本项目加速器机房一层辐照室电子束朝下，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：

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

H_M : 参考点最大周围剂量当量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

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;

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

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。

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

Q: X 射线发射率, Gy.m².mA⁻¹.min⁻¹, 取值参考附录 A 表 A.1;

I: 电子束流强度, mA;

钢: 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。电子加速器的主线束垂直向下, 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, 2.0MeV 辐照加速器 90° 方向电子的相应等效能量为 1.3MeV, 预测点位见下图。

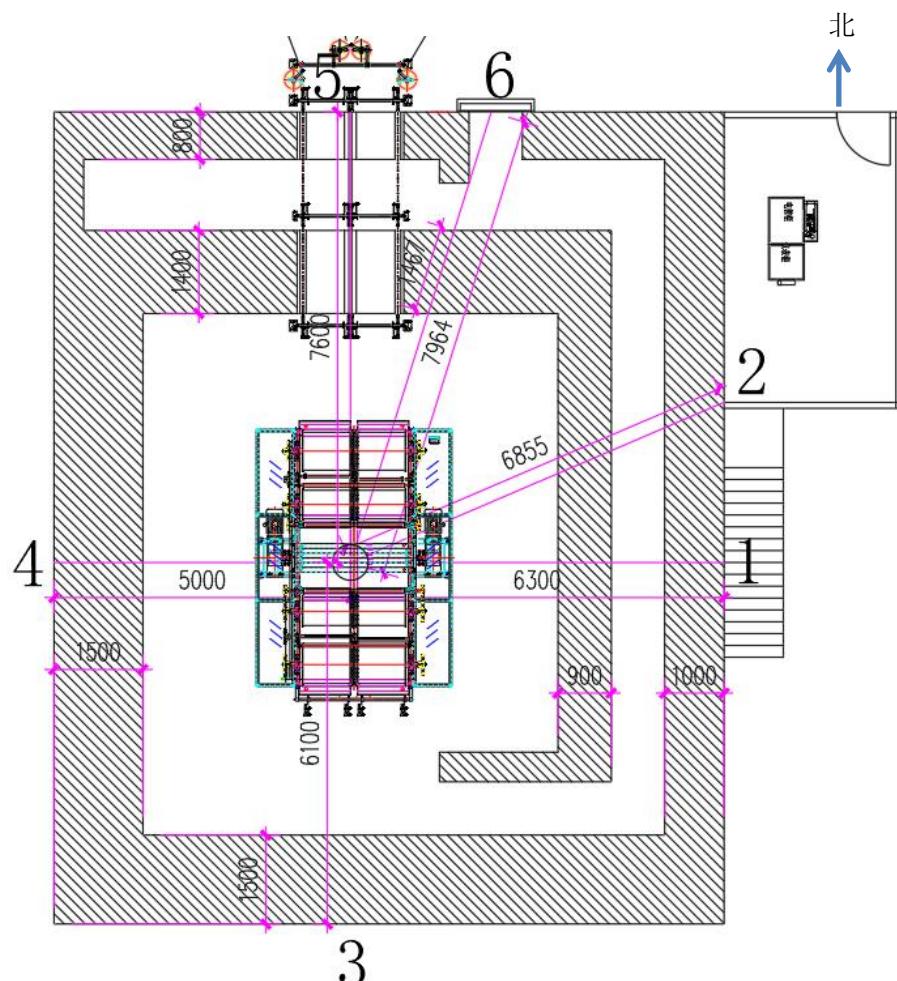


图 11-2 辐照室运行时预测点位图 (1) 单位 mm

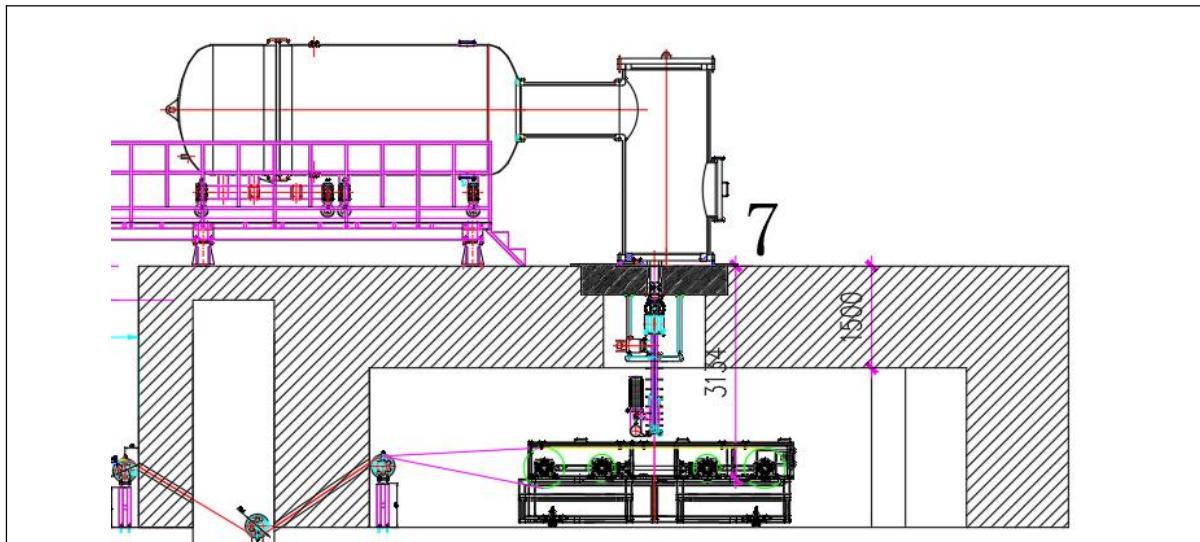


图 11-2 辐照室运行时预测点位图 (2) 单位 mm

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。

表 11-1 本项目 2#加速器机房运行时辐照室屏蔽效果计算

| 预测点位 | 1 东侧 | 2 控制室 | 3 南侧 | 4 西侧 | 5 北侧 | 6 辐照室门 | 7 顶部 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| S (cm) | 190 混凝土 | 190 混凝土 | 150 混凝土 | 150 混凝土 | 220 混凝土 | 146 混凝土 | 150 混凝土 |
| T ₁ (cm) | 19.64 | 19.64 | 19.64 | 19.64 | 19.64 | 19.64 | 19.64 |
| T _e (cm) | 16.98 | 16.98 | 16.98 | 16.98 | 16.98 | 16.98 | 16.98 |
| d (m) | 6.60 | 7.15 | 6.40 | 5.30 | 7.90 | 8.26 | 3.43 |
| D ₁₀ (Gy/h) | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 | 2400 |
| B _X | 9.27E-12 | 9.27E-12 | 2.10E-09 | 2.10E-09 | 1.59E-13 | 3.62E-09 | 2.10E-09 |
| H _M (μ Sv/h) | 5.11E-04 | 4.35E-04 | 1.23E-01 | 1.79E-01 | 6.11E-06 | 1.27E-01 | 4.28E-01 |

注：辐射源与参考点之间的距离 d 均为图中直接测量值（保守只留 2 位小数）+30cm，详见图 11-1。

墙体厚度 S 均由 CAD 图纸中量得，2 号点位保守与 1 号点位屏蔽厚度一致。

$$D_{10}=60*1.6*50*0.5=2400\text{Gy/h}.$$

由表 11-1 可知，本项目 2#加速器机房辐照室四周屏墙外 30cm 处剂量率最大为 1.79E-01 μ Sv/h，辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大为 4.28E-01 μ 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

本项目人员进出采用迷道设计，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：

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

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 $1\sim 2$ 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 $1\sim 6$ 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 ，本项目加速器能量为 2.0MeV ，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 5×10^{-3} ；对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 取值为 2×10^{-2} ；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。

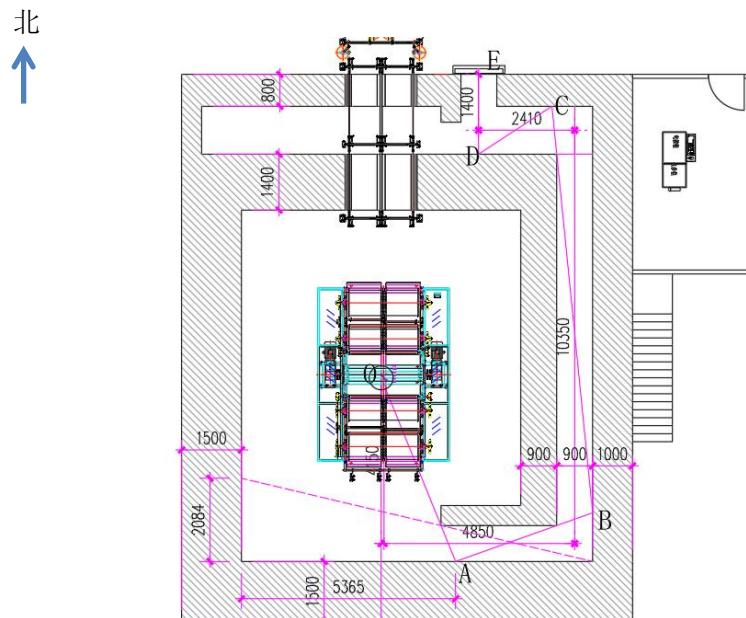


图 11-3 电子加速器辐照室门散射路线示意图

本项目加速器机房辐照室的迷道入口辐射剂量率预算结果见下表。

表 11-2 2#加速器机房运行时迷道入口辐射剂量率预测表

| 参考点 | 散射次数 j | A ₁ (m ²) | A ₂ (m ²) | 路径 d ₁ , d _{r1} , d _{r2} ...d _{sj} (m) | 辐射剂量率 μSv/h |
|-----|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|----------------|
| E | 4 | 17.51 | 2.115 | 4.15、4.85、10.35、 2.41、1.7 | 2.18E-02 |

注：取屏蔽体外 30cm 处为关注点，详见图 11-1。

对 A 点, $A1 = (2.084+5.365) \times 2.35 = 17.51\text{m}^2$, $A2 = 0.9 \times 2.35 = 2.115\text{m}^2$ 。

由表 11-2 的计算结果可知，本项目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 $2.18\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，叠加 X 射线直射时剂量率 $1.27\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ 时为 $1.49\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，能满足屏蔽体外剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 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：辐照室内轫致辐射初级 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° 方向上产生的轫致辐射初级 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 $112^\circ \sim 180^\circ$ 方向的轫致辐射初级 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。

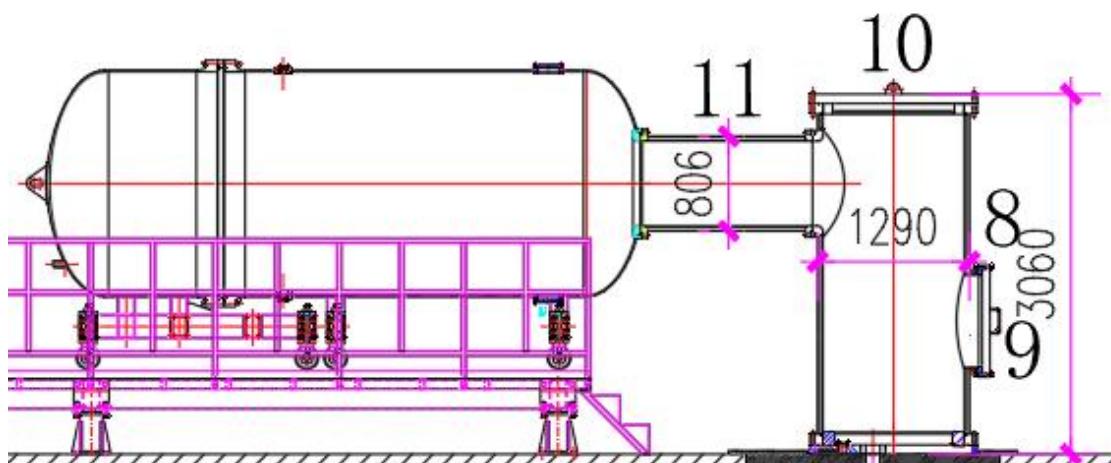


图 11-4 侧钢桶预测点位图 (束流损失)

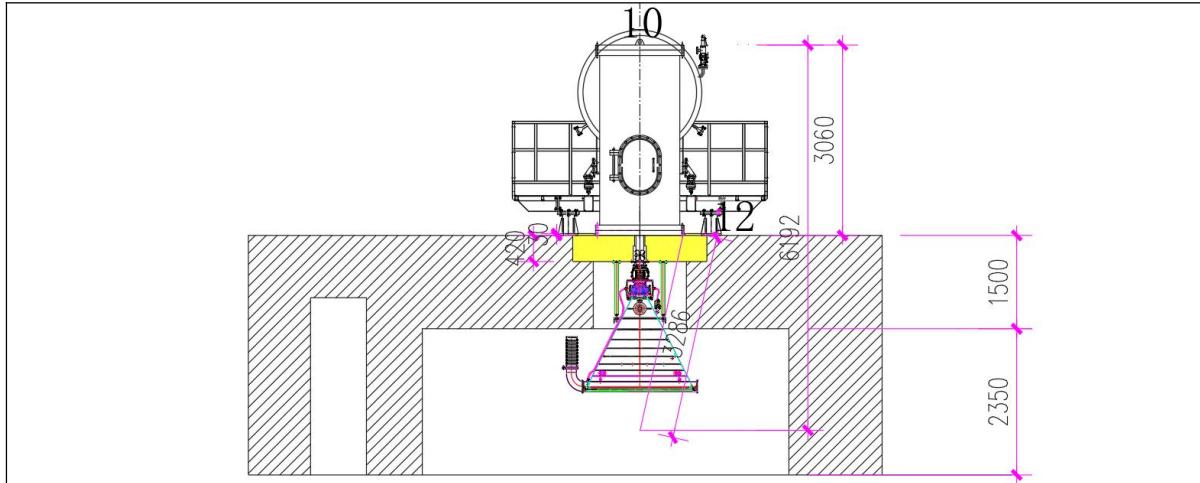


图 11-5 侧钢桶预测点位图（贯穿辐射）

2.3.1 束流损失辐射场辐射屏蔽计算

根据厂家提供数据，本项目电子直线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 $0.004\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。 T_1 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 $\Delta_{1/10,1}=0.2\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=0.2\text{cm}$ 。

表 11-3 2#加速器机房运行时侧钢桶屏蔽效果计算（束流损失）

| 预测点位 | 8 桶身 | 9 钢桶侧盖 | 10 钢桶顶盖 | 11 联接段 |
|-----------------------------------|----------|-----------|------------|-----------|
| S (cm) | 3Pb | 3Pb | 6Pb | 3Pb |
| T_1 (cm) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| T_e (cm) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| d (m) | 0.645 | 0.645 | 1 | 0.403 |
| D_{10} (Gy/h) | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| B_x | 1.00E-15 | 1.00E-15 | 1.00E-30 | 1.00E-15 |
| H_M ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 1.44E-10 | 1.44E-10 | 6.00E-26 | 3.69E-10 |

注：加速器钢桶直径约为 1.29m，故桶身及侧面桶盖参考点距离 d 保守取半径 0.645m，上桶盖参考点距离 d 保守取 1m，联接段直径约为 0.806m，故联接段参考点距离 d 保守取半径 0.403m。

$$D_{10}=0.004*60*0.5*0.5=0.06\text{Gy/h}.$$

2.3.2 加速器机房屋顶贯穿辐射屏蔽计算

为安全起见，112° 到 180° 方向的发射率常数保守取 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 中 1.0MeV 和 1.5MeV 能量内插法计算 1.3MeV 的铅和钢的 T_1 、 T_e ，本项目

加速器机房侧钢桶剂量预测参数及结果见下表。

表 11-4 2#加速器机房运行时侧钢桶屏蔽效果计算（贯穿辐射场影响）

| 预测点位 | 12 钢桶底部侧面 | 10 钢桶顶盖 |
|------------------------|--------------|----------------------|
| S (cm) | 50 钢 | 6Pb+50 钢 |
| T ₁ (cm) | 6.28 | 2.16 (Pb) / 6.28 (钢) |
| T _e (cm) | 5.72 | 3.23 (Pb/5.72 (钢)) |
| B _X (钢) | 2.27E-09 | 5.49E-02 * 2.27E-09 |
| d (m) | 3.28 | 6.19 |
| D ₁₀ (Gy/h) | 2400 | 2400 |
| H _M (μSv/h) | 5.06E-01 | 7.81E-03 |

注：辐射源与参考点之间的距离 d 取图中直接测量值（保守只留 2 位小数），详见图 11-5。

考虑贯穿辐射经过侧钢桶底部和基座后到达关注点，底部侧钢桶底部 80mm 钢 + 侧钢桶基座 420mm 钢 = 500mm 钢。

$$D_{10}=60*1.6*50*0.5=2400 \text{ Gy/h}.$$

2.4 加速器侧钢桶剂量叠加结果

表 11-5 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

| 关注点位置 | 剂量率 (μSv/h) | | |
|---------|-------------|----------|----------|
| | 束流损失 | 贯穿辐射 | 叠加值 |
| 2#加速器机房 | 桶身 | 1.44E-10 | 5.06E-01 |
| | 钢桶侧盖 | 1.44E-10 | 5.06E-01 |
| | 钢桶顶盖 | 6.00E-26 | 7.81E-03 |
| | 联接段 | 3.69E-10 | 5.06E-01 |

由表 11-5 可知，在考虑贯穿辐射影响及束流损失影响的叠加影响后，2#加速器侧钢桶外剂量率最大为 5.06E-01 μSv/h，保守叠加辐照室顶部外 30cm 处剂量率最大为 4.28E-01 μSv/h 后为 9.34E-01 μSv/h，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 μSv/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#加速器机房顶部的剂量最大为 9.34E-01 μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 9.34E-01 μSv/h，保守按照顶部辐射剂量率与机房四周墙外最大剂量率 1.27E-01 μSv/h 为 1.06 μSv/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 μSv/h”的要求。

2.6 X 射线通过屋顶的侧向散射影响估算

本项目 2# 加速器机房周围无邻近高层建筑，距离本项目加速器机房最近的高层建筑为东南侧约 47m 处一栋办公楼（常州市振邦化工制造有限公司），办公楼三层高 15m。由于办公楼距本项目 2# 加速器机房较远，根据表 11-1 和表 11-4 计算结果，加速器辐照室顶部、钢桶顶部剂量率较小，通过过距离衰减后对高层建筑的影响较小，因此本项目不考虑 X 射线通过屋顶的侧向散射对东南侧办公楼的影响。

2.7 电线电缆管道辐射防护分析

本项目加速器辐照室北墙设置电线电缆输送孔道，直径 100mm，用于电线电缆的进出。本项目加速器辐照室输送孔道北侧内墙开口高度约 888mm，在北侧内墙采用 34° 斜向下穿墙设计；北侧外墙出口距地面约 840mm，北侧外墙采用 31° 斜向上穿墙设计。根据下图线缆管道内射线散射路径，X 射线经 3 次散射后才能出线缆出口处，能满足辐射防护的要求。

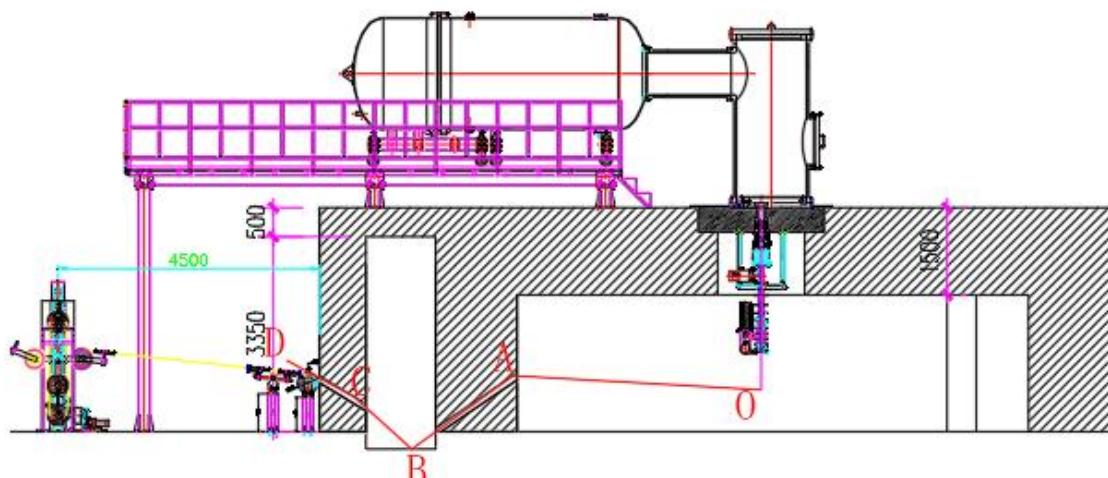


图 11-6 线缆进出口散射示意图

2.8 通风口辐射防护影响分析

本项目 2# 加速器机房内拟安装机械通风装置和拟设排风管道，加速器机房排气管道通过地下管道穿过东侧屏蔽墙，最终经辐照室外东侧管道排放，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 0.8m，排放口高于厂房屋顶。由于通风管埋于地下，辐照室内电子直线加速器产生的射线需经过通风管道至少 3 次散射后才能到达室外（散射示意图见图 11-7），可推断排风口的辐射剂量率能够满足相关标准要求。

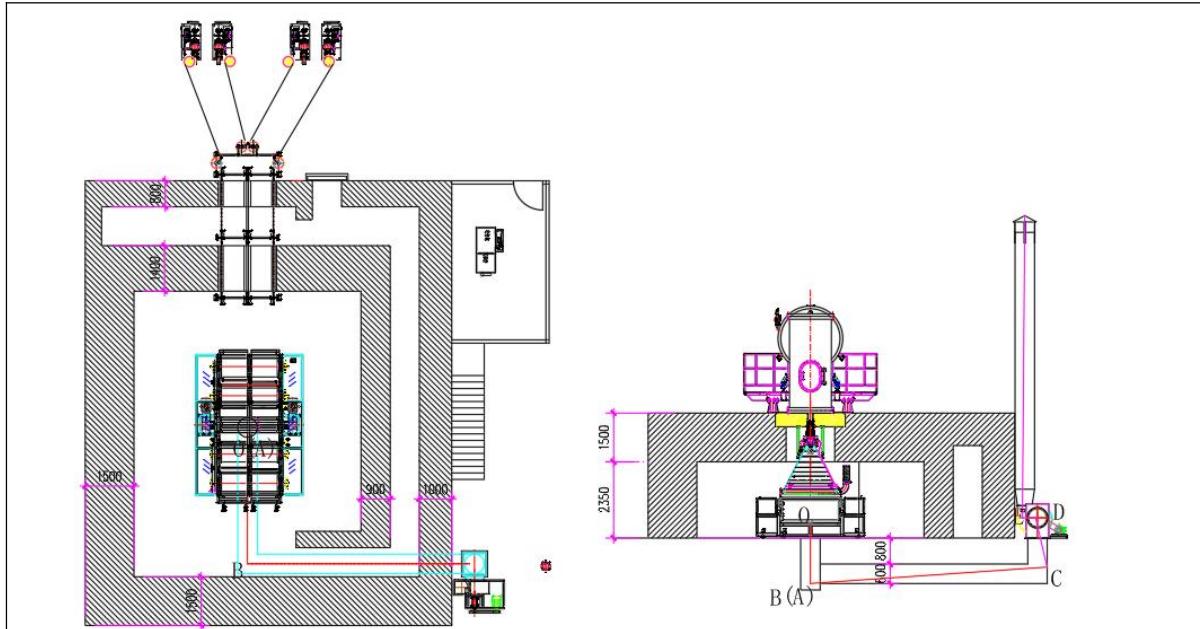


图 11-7 通风管道散射示意图

2.9 与原有 1# 加速器剂量率叠加影响分析

原有 1# 加速器位于本项目西北侧，2 座加速器机房相距约 20m。因此考虑本项目加速与原有项目加速器同时开机时对辐射工作人员及周围公众的叠加影响。根据公司 1# 加速器机房 2024 年度检测报告（（2024）常环宇检（委）字第（0713）号），1# 加速器机房周围剂量当量率为 $(0.089\sim0.44) \mu\text{Sv}/\text{h}$ ，根据剂量率与距离的平方呈反比，计算本项目周围保护目标的剂量率值与本项目周围保护目标的剂量率附加值，计算结果见下表。

表 11-6 本项目周围保护目标剂量率叠加结果

| 序号 | 位置 | 与 1# 加速器机房方位与距离 | 1# 加速器贡献值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 与 2# 加速器机房方位与距离 | 2# 加速器贡献值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 叠加剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) |
|----|-----------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 辐照车间线缆收放区 | 东侧，紧邻 | 4.40E-01 | 北侧，紧邻 | 1.49E-01 | 5.89E-01 |
| 2 | 辐照车间堆放区 | 南侧，紧邻 | 1.03E-01 | 西侧，紧邻 | 1.79E-01 | 2.82E-01 |
| 3 | 车间二过道 | 南侧，22m | 4.96E-03 | 南侧，紧邻 | 1.23E-01 | 1.28E-01 |
| 4 | 车间二生产区域 | 南侧，27m | 3.56E-03 | 南侧，5.5m | 3.75E-02 | 4.11E-02 |
| 5 | 厂区道路及绿化 | 东侧，33m | 1.87E-02 | 东侧，4m | 2.10E-04 | 1.89E-02 |
| | | 西侧，紧邻 | 1.03E-01 | 西侧，33m | 3.49E-03 | 1.06E-01 |

| | | | | | | |
|----|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 北侧, 2.6m | 4.22E-02 | 北侧, 26m | 7.83E-03 | 5.00E-02 |
| 6 | 仓库 | 北侧, 8m | 1.40E-02 | 北侧, 32m | 5.54E-03 | 1.95E-02 |
| 7 | 成品仓库 | 西北侧, 3m | 4.95E-02 | 西北侧, 41m | 2.39E-03 | 5.19E-02 |
| 8 | 冷却塔区 | 东北侧, 33m | 1.87E-02 | 北侧, 34m | 5.02E-03 | 2.37E-02 |
| 9 | 常州市振邦化工 制造有限公司 | 东侧, 37m | 1.56E-02 | 东侧, 8m | 1.09E-04 | 1.57E-02 |
| 10 | 空地 | 北侧, 10m | 1.04E-02 | 北侧, 43m | 3.39E-03 | 1.38E-02 |

根据上表计算结果, 2 座机房叠加后剂量率能够满足屏蔽体外表面 30cm 及以外区域能够满足不能超过 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的要求。

3.保护目标剂量评价

公司拟为本项目新增 4 名辐射工作人员, 每班工作人员 2 名, 每 8 小时轮换 1 次。加速器机房每天出束 16 小时, 每周工作 5 天, 年工作时间为 50 周, 公司开展辐照加工的加速器年出束时间为 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。

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots \dots \dots \quad (\text{公式 } 4)$$

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 11-7 本项目辐射工作人员年有效剂量

| 位置 | 关注点剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) | 使用因子 | 居留因子 T | 年受照剂量 (mSv/a) | 管理目标 (mSv/a) | 评价结果 |
|---------|------------------------------------|------|----------|---------------|--------------|------|
| 一层控制室 | 4.35E-04 | 1 | 1 | 8.70E-04 | 5 (辐射工作人员) | 满足 |
| 一层线缆收放区 | 5.89E-01 | 1 | 1 | 1.18 | 5 (辐射工作人员) | 满足 |
| 二层设备平台 | 9.34E-01 | 1 | 1/16 | 1.17E-01 | 5 (辐射工作人员) | 满足 |

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 11-8 本项目周围公众年有效剂量

| 序号 | 位置 | 最近距离及方位(m) | 关注点剂量率(μSv/h) | 使用因子 | 居留因子 | 年受照剂量(mSv/a) | 管理目标(mSv/a) | 评价结果 |
|----|---------------|------------|---------------|------|------|--------------|-------------|------|
| 1 | 辐照车间堆放区 | 西侧, 紧邻 | 2.82E-01 | 1 | 1/8 | 7.05E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 2 | 车间二过道(车间内) | 南侧, 紧邻 | 1.28E-01 | 1 | 1/4 | 6.40E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 3 | 车间二生产区域 | 南侧, 5.5m | 4.11E-02 | 1 | 1 | 8.22E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 4 | 厂区道路及绿化 | 西侧, 33m | 1.06E-01 | 1 | 1/16 | 1.33E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 5 | 仓库 | 北侧, 32m | 1.95E-02 | 1 | 1/8 | 4.88E-03 | 0.1(公众) | 满足 |
| 6 | 成品仓库 | 西北侧, 41m | 5.19E-02 | 1 | 1/8 | 1.30E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 7 | 冷却塔区 | 北侧, 34m | 2.37E-02 | 1 | 1/16 | 2.96E-03 | 0.1(公众) | 满足 |
| 8 | 常州市振邦化工制造有限公司 | 东侧, 8m | 1.57E-02 | 1 | 1 | 3.14E-02 | 0.1(公众) | 满足 |
| 9 | 空地 | 北侧, 43m | 1.38E-02 | 1 | 1/16 | 1.73E-03 | 0.1(公众) | 满足 |

注: 本项目保护目标处辐射剂量率根据加速器机房对应方向根据公式1和公式2计算得出; 由于厂区的周围公众为单班制(每天8h)工作, 因此年受照时间按照2000h计算。

最近距离为机房表面到保护目标的距离。

根据表11-7至表11-8, 本项目辐射工作人员年有效剂量最大为1.18mSv, 原有辐射人员考虑本项目加速器同时开机情况也将不超过5.89E-01μSv/h*2000h/1000=1.18mSv, 公众年有效剂量最大为8.22E-02mSv。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。

3. 电子直线加速器通风措施评价

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》(HJ 979-2018)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:

$$P=45dIG \quad \dots \dots \dots \text{ (公式5)}$$

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 11-9 本项目辐照室内臭氧产额

| 位置 | d (cm) | I (mA) | G | P (mg/h) |
|-------|--------|--------|----|----------|
| 加速器机房 | 10 | 50 | 10 | 2.25E+05 |

(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 O₃ 的有效清除时间 T) 情况下 O₃ 饱和浓度:

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots \text{(公式 6)}$$

式中: C_s—辐照室内臭氧平衡浓度, mg/m³;

T_e—对臭氧的有效清除时间, h;

V—辐照室的体积, m³, 本项目加速器机房辐照室体积约为 186m³。

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots \text{(公式 7)}$$

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约为 12000m³/h, 则通风换气周期为 0.0155h;

T_d—臭氧的有效化学分解时间 (h), 约为 50 分钟。

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_s 如下表所示:

表11-10 本项目辐照室臭氧平衡浓度

| 位置 | T _v (h) | T _d (h) | T _e (h) | V (m ³) | P (mg/h) | C _s (mg/m ³) |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------|-------------------------------------|
| 加速器机房 | 0.0155 | 0.83 | 1.52E-02 | 186 | 2.25E+05 | 1.84E+01 |

(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/m³)。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:

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \dots\dots\dots \text{(公式 9)}$$

式中: C₀—GBZ2.1 所规定的臭氧的最高容许浓度, 0.3mg/m³;

T—为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间, h。

表 11-11 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间

| 位置 | C_0 (mg/m ³) | T_e (h) | C_s (mg/m ³) | T (h) |
|-------|----------------------------|-----------|----------------------------|----------|
| 加速器机房 | 0.3 | 1.52E-02 | 1.46E+01 | 6.26E-02 |

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 $12000\text{m}^3/\text{h}$ 继续工作，加速器机房通过 $6.26\text{E-02}\text{h}$ (3.756min) 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防护室门才能够被打开，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/T 25306-2010) 通风要求，氮氧化物也满足相应通风要求。

2) 臭氧及氮氧化物对大气环境影响分析

项目设置的排风口位于辐照车间楼顶，排风口标高 15m，高出辐照车间楼顶，排风速率为 $12000\text{m}^3/\text{h}$ ，根据表 11-9 本项目加速器机房合计臭氧排放速率为 $0.225\text{kg}/\text{h}$ 。使用 AERSCREEN 模型结合以上参数，计算本项目臭氧排放最大落地浓度。排气筒内径 0.6m，温度为常温，场址周边地形简单，在不利气象条件下（小静风， $\leq 0.5\text{m}/\text{s}$ ），且不考虑臭氧自然分解，经预测计算，臭氧最大落地浓度为 $14.534\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 中臭氧二级标准的浓度限值要求，即 1 小时平均浓度不大于 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。即使考虑已建加速器机房臭氧排放的叠加影响，辐照车间四面为厂区道路，无人员驻留；项目拟建址周边无居民小区、学校等敏感建筑；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

本项目主要存在以下几种事故工况：

电子加速器只有在开机工作时才产生电子及 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。

事故处置方法及预防措施：

(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。

(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。

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。

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》之规定，发生辐射事故时，公司应立即启动企业内部的事故应急方案，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”。

江苏华光电缆电器有限公司现有辐射工作人员3名，均已通过通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核，均持证上岗（见附件8），本项目拟新增4名辐射工作人员，新增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，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。现有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仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

本项目为江苏华光电缆电器有限公司扩建核技术利用项目。公司已按照《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并严格执行，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。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全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。本报告对各项管理制度要点提出如下建议进行完善：

岗位职责：完善辐射防护负责人员、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。明确辐射防护负责人同样需持证上岗，岗位职责包括检查各项防护制度的落实情况，定期对辐射安全措施可靠性进行检查，负责辐射安全的日常工作包括辐射工作人员健康体检、个人剂量监

测、上岗培训、定期培训、健康档案管理及个人剂量监测档案管理等工作，以及做好年度防护评估、场所外部检测、场所定期自检测等工作。

操作规程：完善加速器操作人员的资质条件要求，非当班者或任何其它人员不得随意操作；完善操作过程中采取的具体防护措施及步骤，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，完善装置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完善辐射防护和安全保卫制度，重点是辐照加速器的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：完善设备维修制度，完善本项目2#加速器机房和控制系统主柜门机联锁安全装置、急停按钮、声光报警及照射信号指示灯、固定式剂量报警仪等在日常使用中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保加速器装置安全有效地运行。重点是以上安全设计、声光报警及照射信号指示灯、固定式剂量报警仪必须保持良好的工作状态。电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天检查，发现异常情况必须及时修复。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。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，并对每次检查做好相应记录台账。

射线装置使用登记、台账管理制度：根据加速器使用具体情况完善相关制度，重点是射线装置使用状况的记录。

人员培训计划：完善人员培训计划，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。

监测方案：建设单位应针对本项目辐射工作场所完善监测方案，方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果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。

事故应急方案：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）的要求完善事故应急预案，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、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

公司已制定了一系列辐射安全管理制度，并严格执行；公司已为原有辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，原有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果未出现超标情况；公司已委托有资质单位每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求；公司已于每年组织应急演练，通过应急演练完善应急预案；综上所述，公司目前辐射安全管理制度、环境监测及应急预案执行情况良好。公司应完善相关管理制度，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。

江苏华光电缆电器有限公司扩建1台电子加速器辐照装置项目运行后严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 监测方案

江苏华光电缆电器有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定有监测方案，公司每年根据现有监测方案要求请有资质的单位定期对1#加速器机房周围环境辐射剂量率进行检测，公司已委托有资质的单位对现有辐射工作人员开展个人剂量检测并建立辐射工作人员个人剂量监测档案，连续一年个人剂量检测结果均未出现超标情况。辐射安全管理人员虽定期对装置周围的辐射水平进行监测，但并未做好相关记录，且已有监测方案中未明确监测频次和监测项目。针对存在问题需要根据最新管理要求完善监测方案，具体如下：

- 1) 请有资质的单位定期对本项目2#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装置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) 日常监测时需要对距2#加速器机房各屏蔽墙、出入口外30cm处等位置进行测量。

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 |
|---------|----------|------------|-----------|---------|---|
| 2#加速器机房 | 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 | ①2#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车间二等； 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。 |
| | 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 | 每季度一次 | |
| 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》及相关标准的要求，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；公司已配备1台辐射剂量巡测仪和5台个人剂量报警仪，本项目利旧已有1台辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对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4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检测，并计划定期组织职业健康体检，并为新增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也须开展职业健康体检，公司并对本项目辐射工作人员职业健康体检妥善保存。

辐射事故应急预案

江苏华光电缆电器有限公司已依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。已有应急预案落实执行情况

良好。公司应加强对新上岗辐射工作人员应急培训，及时组织参加应急演练，尽早掌握应急程序和技能。

江苏华光电缆电器有限公司应针对辐照项目可能产生的辐射事故情况完善事故应急预案，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) 应急演习计划；
- (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。

公司需完善辐射事故应急预案内容，包括预警、报警程序；应急指挥；人员疏散与救护；应急抢险程序等内容。制定辐射事故发生时的应急流程，需注明所有相关负责人姓名、职位、联系方式以及当地生态环境部门、卫生健康部门及公安部门应急联系方式。并且建设单位每年年末安排一次应急演练并形成总结报告。

江苏华光电缆电器有限公司应依据《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》（环保部令第18号）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》。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。

公司应加强管理，严格执行安全操作规程。公司应经常监测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**

江苏华光电缆电器有限公司因业务发展需要,拟在辐照车间内扩建1座加速器机房并拟配备1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

本项目位于常州市武进区横山桥镇星辰路5号江苏华光电缆电器有限公司厂区北部辐照车间内。厂区东侧为常州市振邦化工制造有限公司,南侧为星辰路,西侧为常州盈昌管业有限公司,北侧为空地。辐照车间东侧为厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司,南侧为车间二(过道和生产区),西侧为厂区道路及绿化、成品仓库及空地,北侧为厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地。

本项目2#加速器机房建设于辐照车间东南部,东侧为控制室、楼梯、厂区道路及绿化和常州市振邦化工制造有限公司,南侧隔车间围墙为车间二(过道和生产区),西侧为堆放区、厂区道路及绿化、成品仓库及空地,北侧为收放线区、厂区道路及绿化、仓库、冷却塔区和厂外空地,西北侧为已建1#加速器机房,上方为车间屋顶,下方为土层。

对照《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)、《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)、《江苏省国土空间规划(2021-2035年)》(国函〔2023〕69号)和《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2024〕777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

省生态空间管控区域和武进区生态空间管控区域；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武进（经开区）-智能装备产业园，项目选址符合“三线一单”和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。

本项目的建设符合江苏省和常州市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围内无居民区、医院、学校等环境敏感目标，本项目2#加速器机房拟建址周围50m范围涉及①拟建址所在辐照车间、②拟建址东侧、西侧和北侧厂区道路及绿化、③拟建址东侧常州市振邦化工制造有限公司、④拟建址南侧车间二、⑤拟建址西侧成品仓库、⑥拟建址北侧仓库、⑦拟建址北侧冷却塔区和⑧拟建址北侧厂区外空地。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 辐射屏蔽能力分析

江苏华光电缆电器有限公司本项目电子加速器通过混凝土对电子束和 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备的电子加速器以最大功率运行时 2#加速器机房其表面外 30cm 处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）剂量率限值要求。

4. 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）。

5. 辐射安全措施

为确保辐射安全，江苏华光电缆电器有限公司拟对本项目 2#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 2#加速器机房辐照室边界、二层平台的加速器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、二层设备平台边界、收放线区边界（四至范围：东至

辐照车间东墙，南至2#加速器机房北墙，西至与2#加速器机房西墙齐平处，北至与辐照车间北墙相距2m位置处）作为辐射防护监督区边界，监督区边界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2#加速器的主控钥匙开关拟和辐照室门联锁。本项目加速器控制台位于控制室内。本项目在2#加速器机房的辐照室门上安装一套门机联锁装置，本项目2#加速器辐照室门与束流控制和加速器高压联锁。本项目拟在2#加速器辐照装置的束下装置处安装束下装置联锁装置。本项目在辐照室出入口处及内部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。辐照室出入口设置的工作状态指示装置，拟与电子加速器辐照装置联锁。本项目拟在2#加速器机房一层辐照室内、一层迷道内、辐照室出入口处拟设置6处“巡检按钮”，并与控制台联锁。本项目拟在2#加速器机房在辐照室的人员出入口通道内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。在控制台上拟设置急停按钮，辐照室内拟设置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。辐照室及其迷道内的急停装置采用拉线开关并覆盖全部区域。辐照室内还拟设置开门机构，以便人员离开控制区。本项目拟在2#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拟设置一台固定式辐射监测仪，与辐照室门等联锁。本项目2#加速器机房辐照室通风系统与控制系统拟联锁。本项目拟在2#加速器机房的辐照室设置一套烟雾报警装置。本项目拟在2#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4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新增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。公司已配置1台辐射剂量巡测仪和5台个人剂量报警仪，本项目利旧已有1台辐射剂量巡测仪和2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。

6. 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4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新增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) 公司已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。同时在项目运行前完善与本项目相关的辐射安全管理制度。

综上所述，江苏华光电缆电器有限公司扩建1台电子加速器辐照装置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，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。
- 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加速器机房建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求重新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3个月内进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日

附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

| 项目 | 措施 | 预期效果 | 预计投资(万元) |
|--------|--|--|----------|
| 辐射防护措施 | <p>一层辐照室：</p> <p>东墙：1000mm 混凝土 南墙：1500mm 混凝土 西墙：1500mm 混凝土 北墙：800mm 混凝土 东侧迷道内墙：900mm 混凝土 南侧（东部）迷道内墙：500mm 混凝土 北侧迷道内墙：1400mm 混凝土 顶部：1500mm 混凝土</p> <p>加速器钢桶：</p> <p>侧钢桶桶身：3mm 钢板+30mm 铅板+12mm 钢板 侧面桶盖：10mm 钢板+30mm 铅板+65mm 钢板 上桶盖：20mm 钢板+60mm 铅板+80mm 钢板 桶底：80mm 钢板 侧钢桶基座：420mm 钢+整体缝隙密封 30mm 钢板 联接段：3mm 钢板+30mm 铅板+10mm 钢板 主钢桶（高压钢桶）：加速器高压钢桶采用 20mm 钢板</p> | <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》（HJ 979-2018）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》（HJ 979-2018）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> | 189 |
| 污染防治措施 | 本项目电子加速器采用机械排风，加速器机房排气管道通过地下管道穿过东侧屏蔽墙，最终经辐照室外东侧管道排放，排气管道直径约为 600mm，管线埋地深度约为 0.8m，排放口高于厂房屋顶。本项目配备的排风机能够满足相应标准要求。 | 能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）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环境影响较小。 | |
| 辐射安全措施 | 本项目 2#加速器的主控钥匙开关拟和辐照室门联锁。本项目加速器控制台位于控制室内。本项目在 2#加速器机房的辐照室门上安装一套门机联锁装置，本项目 2#加速器辐照室门与束流控制和加速器高压联锁。本项目拟在 2#加速器辐照装置的束下装置处安装束下装置联锁装置。本项目在辐照室出入口处及内部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。辐照室出入口设置的工 | 能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的管理要求 | 11 |

| | | | |
|--------|---|---|------|
| | 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 2#加速器机房一层辐照室内、一层迷道内、辐照室出入口处拟设置 6 处“巡检按钮”，并与控制台联锁。本项目拟在 2#加速器机房在辐照室的人员出入口通道内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。在控制台上拟设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮）和辐照室内拟设置 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。辐照室及其迷道内的急停装置采用拉线开关并覆盖全部区域。辐照室内还拟设置开门机构，以便人员离开控制区。本项目拟在 2#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拟设置一台固定式辐射监测仪，与辐照室门等联锁。本项目 2#加速器机房辐照室通风系统与控制系统拟联锁。本项目拟在 2#加速器机房的辐照室设置一套烟雾报警装置。本项目拟在 2#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。 | | |
| | 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 | |
| | 已配备 1 台辐射巡测仪和 5 台个人剂量报警仪，本项目利旧已有 1 台辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。 | 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 | 公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式完善各成员职责。 | 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：完善制定操作规程、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。 | 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。 | / |
| | 辐射安全与防护考核：本项目拟配备 4 名辐射工作人员，新增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 | 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 | 定期投入 |

| | | |
|---|---|------|
| 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”。 | 有考核合格证。 | |
| 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。 | 每年投入 |
| 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。 | 每年投入 |

以上措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。