

核技术利用建设项目

常州斯威克光伏新材料有限公司

迁建工业电子加速器辐照项目

环境影响报告表

常州斯威克光伏新材料有限公司

2024年7月



生态环境部监制

核技术利用建设项目

常州斯威克光伏新材料有限公司

迁建工业电子加速器辐照项目

环境影响报告表

建设单位名称：常州斯威克光伏新材料有限公司（公章）

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：常州市金坛区直溪镇工业园区直里路8号

邮政编码：213251 联系人：

联系电话：

电子邮箱：



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	8
表 5 废弃物（重点是放射性废物）.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	15
表 8 环境质量和辐射现状.....	24
表 9 项目工程分析与源项.....	29
表 10 辐射安全与防护.....	38
表 11 辐射影响分析.....	48
表 12 辐射安全管理.....	69
表 13 结论与建议.....	75
表 14 审批.....	81

附图：

- (1) 地理位置示意图（附图 1）
- (2) 厂区平面布局示意图（附图 2）
- (3) 拟建址周围环境示意图（附图 3）
- (4) 加速器布局示意图（附图 4）
- (5) 1#加速器设计示意图（附图 5）
- (6) 2#、3#、7#加速器设计示意图（附图 6）
- (7) 4#加速器设计示意图（附图 7）
- (8) 5#、6#加速器设计示意图（附图 8）
- (9) 江苏省生态保护红线关系图（附图 9）
- (10) 生态环境敏感性分布图（附图 10）



附件：

- (1) 项目委托书（附件 1）
- (2) 射线装置承诺书（附件 2）
- (3) 营业执照、土地证及法人身份证（附件 3）
- (4) 主体工程环评批复文件（附件 4）
- (5) 加速器产品合格证书（附件 5）
- (6) 束流损失承诺书（附件 6）
- (7) 辐射防护设计说明（附件 7）
- (8) 辐射现状检测报告（附件 8）
- (9) 现有的领导小组文件及制度（附件 9）
- (10) 辐射工作人员成绩单（附件 10）
- (11) 现配备的巡检仪及报警仪清单（附件 11）
- (12) 现在用加速器环评及竣工验收材料（附件 12）
- (13) 现持有的辐射安全许可证副本文件（附件 13）
- (14) 生态环境分区管控查询报告书（附件 14）
- (15) 加速器风机说明书（附件 15）



表 1 项目基本概况

建设项目名称		迁建工业电子加速器辐照项目			
建设单位		常州斯威克光伏新材料有限公司			
法人代表姓名	*****	联系人	*****	联系电话	*****
注册地址		常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号			
项目建设地点		常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号 二期厂房车间一			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保总投资 (万元)	150	投资比例 (环保投资/总投资)	30%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	2500
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p>1 项目概述</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>常州斯威克光伏新材料有限公司成立于 2010 年 12 月 1 日, 注册地址为常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号, 目前共有三个厂区, 依次为自建生产车间 (位于常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号)、租赁生产车间 (常州市金坛区直溪镇工业园区兴业大道 88 号) 及租赁办公楼 (常州市金坛区直溪大道 6 号), 地理位置图见附图 1。公司是一家专业从事研发、生产、销售于一体的新材料创新型企业, 公司经过</p>				

十八年的深耕细作，目前已拥有江苏常州、江苏宿迁、江苏盐城、浙江义乌 4 个生产基地，主要产品有太阳能光伏封装胶膜、软包锂电池用铝塑膜等新型复合膜材料，产品主要应用在光伏领域和锂电池领域，产品先后获得 UL、PCCC、江苏精品等认证。

1.2 项目规模及任务由来

现因公司发展需求，常州斯威克光伏新材料有限公司拟投资 56152.3 万元在常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号建设二期厂房，开展“年产 2.3 亿平方米太阳能电池封装胶膜项目”，建设内容及规模为：规划总用地面积 54037.94m²，规划总建筑面积 83811.79m²，建设车间一（封装胶膜生产车间、原料仓库）、附属车间一（预留车间，作为研发中心）、附属车间二（预留车间，暂时闲置）、1#钢结构雨棚、2#钢结构雨棚及门卫等厂房设施，并购置混料机、冷热一体温控机、封装胶膜生产线等设备，从事封装胶膜的生产，设计产能为年产封装胶膜 2.3 亿平方米。上述项目已取得常州市生态环境局批复，批复号为常金环审[2020]124 号。

根据上述项目生产需要，公司拟将租赁生产车间（常州市金坛区直溪镇工业园区兴业大道 88 号）在用的 7 台自屏蔽工业电子加速器搬迁至新建的二期厂房，并委托无锡爱邦辐射技术有限公司对加速器进行技术升级改造后用于对胶膜进行辐照改性。

加速器实行一班制，每台加速器拟配 3 人，现有 9 名辐射工作人员，拟增配 12 名辐射工作人员，项目投入运行后，每台加速器年均开机出束时间约为 2000 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1。

表 1-1 本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置型号名称	电子线能量 MeV	束流强度 mA	数量	工作场所	活动种类	环评情况及审批时间
1	AB0.5-60 型工业电子加速器	0.5	60	1 台	自建厂房车间一 1#加速器	使用	本次环评
2	AB0.5-70 型工业电子加速器	0.5	70	1 台	自建厂房车间一 2#加速器	使用	本次环评
3	AB0.5-70 型工业电子加速器	0.5	70	1 台	自建厂房车间一 3#加速器	使用	本次环评
4	AB0.5-70 型工业电子加速器	0.5	70	1 台	自建厂房车间一 4#加速器	使用	本次环评

续前表：

5	AB0.5-70 型 工业电子加速器	0.5	70	1 台	自建厂房 车间一 5#加速器	使用	本次环评
6	AB0.5-60 型 工业电子加速器	0.5	60	1 台	自建厂房 车间一 6#加速器	使用	本次环评
7	AB0.5-70 型 工业电子加速器	0.5	70	1 台	自建厂房 车间一 7#加速器	使用	本次环评

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，使用 II 类射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响报告表。受常州斯威克光伏新材料有限公司委托，江苏龙灵环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场勘察、初步分析，并委托江苏睿源环境科技有限公司对项目拟建址及周围环境进行了辐射环境现状监测，在此基础上编制了本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

常州斯威克光伏新材料有限公司自建生产车间位于常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号，公司东侧为直里路、常州瑞轩新能源有限公司及中信博新能源科技有限公司，南侧为兴业大道及江苏兆维塑料科技有限公司，西侧为西直里路、泰明光伏股份有限公司、空地、江苏广豪佳工业设备有限公司及江苏松上电机有限公司，北侧为直东路及爵信科技有限公司，公司厂区周围环境示意图见附图 2。

本次搬迁项目拟建址位于自建二期厂房，二期厂房东侧为直里路及中信博新能源科技有限公司，南侧为兴业大道及江苏兆维塑料科技有限公司，西侧为西直里路、空地、江苏广豪佳工业设备有限公司及江苏松上电机有限公司，北侧为一期厂房。

本项目 7 台加速器拟建区域为二期厂房间一西南角，7 台加速器由北至南依次排列（编号为 1#加速器~7#加速器），加速器拟建区域东侧、西侧及北侧均为车间一内部生产车间，南侧为厂区内道路及兴业大道，本项目加速器拟建址周围环境示意图见附图 3。

本项目建址周围无高层建筑，50m 评价范围内无居民区、学校或生态环境等环境敏感目标。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、50m 范围厂区内其他非辐射工作人员及厂区外公众，本项目选址基本合理。

3 核技术利用项目许可情况

该公司已取得常州市生态环境局核发的辐射安全许可证（见附件 13），证书编号：苏环辐证[D0358]，有效期至 2029 年 3 月 5 日，许可种类和范围：使用 II 类射线装置。

公司现租赁生产车间（常州市金坛区直溪镇工业园区兴业大道 88 号）在用 7 台自屏蔽工业电子加速器，所有在用加速器项目均已履行环评审批及竣工环保验收手续（见附件 12）。

表 1-2 现有核技术项目一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	类别	场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况
1	AB0.5-70 型加速器	1	II	106 车间	使用	已环评	已许可	已验收
2	AB0.5-70 型加速器	1	II	106 车间	使用	已环评	已许可	已验收
3	AB0.5-70 型加速器	1	II	106 车间	使用	已环评	已许可	已验收
4	AB0.5-60 型加速器	1	II	105 车间	使用	已环评	已许可	已验收
5	AB0.5-60 型加速器	1	II	105 车间	使用	已环评	已许可	已验收
6	AB0.5-60 型加速器	1	II	105 车间	使用	已环评	已许可	已验收
7	AB0.5-60 型加速器	1	II	105 车间	使用	已环评	已许可	已验收

公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规，已成立了辐射安全管理小组，并制定相关辐射安全管理制度，辐射安全体系运行良好，未发生过辐射事故，详细制度见表 1-3 内容（见附件 9）。

表 1-3 辐射安全管理规章制度一览表

序号	文件名称
1	关于成立辐射安全与环境保护小组/事故应急领导小组的决定
2	加速器操作规程
3	辐射防护人员岗位职责
4	辐射防护与安全保卫制度
5	加速器安全装置定期检查与维护制度
6	人员培训计划
7	射线装置台账管理制度
8	个人剂量与辐射环境监测方案
9	辐射事故应急预案

公司现有 9 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，委托江苏睿源环境科技有限公司对辐射工作人员进行个人剂量监测，定期安排员工在常州金坛绿泽门诊部有限公司进行职业健康体检，现有辐射工作人员辐射防护考核成绩单见附件 10。

公司依据《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”。公司定期委托有资质单位对现在用的核技术项目进行年度检测，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。

4 实践正当性

本项目运行期间会产生电离辐射，在采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目的建设将用于胶膜辐照改性，可创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射安全与防护管理措施后，带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量	最大束流	用途	工作场所	备注（加速器最大功率）
1	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-60	电子	0.5MeV	60mA	胶膜辐照	车间一 1#加速器	30kW
2	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-70	电子	0.5MeV	70mA	胶膜辐照	车间一 2#加速器	35kW
3	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-70	电子	0.5MeV	70mA	胶膜辐照	车间一 3#加速器	35kW
4	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-70	电子	0.5MeV	70mA	胶膜辐照	车间一 4#加速器	35kW
5	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-70	电子	0.5MeV	70mA	胶膜辐照	车间一 5#加速器	35kW
6	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-60	电子	0.5MeV	60mA	胶膜辐照	车间一 6#加速器	30kW
7	工业电子加速器	II类	1台	AB0.5-70	电子	0.5MeV	70mA	胶膜辐照	车间一 7#加速器	35kW

(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 (O ₃)	气态	/	/	*****	*****	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，臭氧的有效化学分解时间约 50 分钟，对环境影响较小。
氮氧化物 (NO _x)	气态	/	/	*****	*****	/	不暂存	通过排风系统排入外环境，氮氧化物产生量一般为臭氧的三分之一，对环境影响较小。
生活污水	液态	/	/	*****	*****	/	不暂存	排入城市污水管网。
生活垃圾	固态	/	/	*****	*****	/	不暂存	交由垃圾处理站处理。

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), 中华人民共和国主席令 9 号公布, 2015 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 中华人民共和国主席令 24 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》, 主席令 6 号, 2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修正版), 国务院令 682 号, 2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修正版), 国务院令 709 号, 2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(6) 《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 16 号, 2021 年 1 月 1 日施行</p> <p>(7) 《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 20 号, 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(9) 《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>(10) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(12) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 39 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《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>(14) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 江苏省第十三届人</p>
------	---

	<p>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>(15) 《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 日发布</p> <p>(16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发(2020) 1 号，2020 年 1 月 8 日发布</p> <p>(17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发(2020) 49 号，2020 年 6 月 21 日发布</p> <p>(18) 《江苏省辐射事故应急预案》(2020 年修订版)，苏政办函(2020) 26 号，2020 年 2 月 19 日发布</p> <p>(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 11 月 9 日发布</p> <p>(20) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行</p> <p>(21) 《江苏省自然资源厅关于常州市金坛区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2023〕209 号，2023 年 4 月 4 日发布</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》(HJ 2.1-2016)</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》(HJ 10.1-2016)</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>(4) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)</p> <p>(5) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)</p> <p>(7) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(8) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) (参考)</p> <p>(9) 《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) (根据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> <p>(10) 《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) 及修改单</p> <p>(11) 《大气污染物综合排放标准》(DB32/4041-2021)</p>

(12) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》
(GBZ2.1-2019)

(13) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019)

其他	<p>与本项目相关附件：</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) 项目委托书（附件 1） (2) 射线装置承诺书（附件 2） (3) 营业执照、土地证及法人身份证（附件 3） (4) 厂区大环评批复意见（附件 4） (5) 加速器产品合格证书（附件 5） (6) 束流损失承诺书（附件 6） (7) 辐射防护设计说明（附件 7） (8) 辐射现状检测报告（附件 8） (9) 现有的领导小组文件及制度（附件 9） (10) 辐射工作人员成绩单（附件 10） (11) 现配备的巡检仪及报警仪清单（附件 11） (12) 现在用加速器环评及竣工验收材料（附件 12） (13) 现持有的辐射安全许可证副本文件（附件 13） (14) 生态环境分区管控查询报告书（附件 14） (15) 加速器风机说明书（附件 15）
----	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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加速器辐照室实体边界外 50m 区域内区域，见附图 3。

保护目标

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号）及《江苏省自然资源厅关于常州市金坛区 2023 年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕209 号），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、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区（见附图 9 及附图 10）。

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

江苏省生态环境厅江苏省生态环境管控分区管控综合服务系统查询本项目拟建址地块位于常州市金坛区直溪镇工业园，是重点管控单元（环境管控单元编码：ZH32041320067），拟建址不在常州市金坛区生态保护红线内，评价范围不涉及优先保护单元及一般管控单元（查询报告见附件 14）。

本项目加速器拟建址周围 50m 评价范围内无居民区、学校或生态环境等环境敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、50m 范围厂区内非辐射工作人员及 50m 范围厂区外公众。

表 7-1 本项目加速器拟建址周围环境保护目标一览表

环境保护目标名称及性质	建筑物层数	建筑物高度	规模	相对拟建址方位	最近距离	剂量约束值
车间一辐射工作人员	3 层	23m	21 人	东、南、西及北侧	0.5m	5mSv/a
车间一非辐射工作人员	3 层	23m	30 人	东、西、北侧及楼上仓库	2m	0.1mSv/a

续前表：

车间一南侧厂区内道路行人	/	/	流动 人员	南侧	5m	0.1mSv/a
车间一南侧兴业大道行人	/	/			50m	
车间一西侧厂区内道路行人	/	/		西侧	25m	
车间一西侧西直里路行人	/	/			45m	

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

对 象	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。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv~0.3mSv）的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：

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

监督区：

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

2 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）

2.7 从事放射性工作的孕妇、授乳妇女以及年龄在 16~18 周岁的实习人员。应 1 年的照射不超过年剂量当量率限值的 3/10 的条件下工作，并要求年当量剂量率比较均匀。

2.8 从事加速器工作的全体放射性工作人员，年人均剂量当量应低于 5mSv（0.5rem）。

3.2 辐射屏蔽

3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等综合考虑；按其可能的最大辐射输出进行设计。

3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定，使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。并必须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。

3.3 辐射安全系统

3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。

3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装联锁装置，只有门关闭后才能产生辐射。

3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点，应安装紧急停机或紧急断束开关，并且这种开关应当有醒目的标志。

3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或旋转式红色警告灯及音响警告装置；在通往辐射区的走廊，出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。

3.3.5 在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警告装置应当发出警告信号。

3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计，可携式监测仪，气体监测仪等。

3.3.7 辐射安全系统的部件质量要好，安装必须坚实可靠。系统的组件应耐辐射损伤。

3.4 通风系统

3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。

3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。

3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。

3 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）（参考）

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

（1）辐射实践的正当性

电子加速器辐照装置的建设立项，必须进行正当性分析，以确定其该项目的正当性。

（2）辐射防护的最优化

电子加速器辐照装置的设计和建造要求所有照射剂量都保持在规定限值以内，并在考虑社会和经济因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均应保持在可合理达到的尽量低的水平，即 ALARA（As Low As Reasonably Achievable）原则。

（3）个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

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。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可到达区域屏蔽体外表面 30cm 处及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。

5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

5.1 屏蔽设计原则

电子加速器辐照装置在屏蔽设计时，不仅要考虑最大束流功率时的屏蔽要求，在

能量和束流强度可调情况下，还要考虑在最大能量和/或最大束流强度组合下的屏蔽差异。

5.2 屏蔽设计计算

5.2.1 屏蔽设计计算应包括：辐照室和主机室及各自迷道、屋顶、孔洞等。

5.2.2 屏蔽设计和计算结果应在设计文件中加以说明。

5.2.3 电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法可参见附录 A。对于专用 X 射线辐照装置，应根据加速器厂商提供的转换靶参数或 X 射线发射率进行计算。对于既可用于电子束辐照也可用于 X 射线辐照的辐照装置，应按照电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法计算。

6 电子加速器辐照装置的安全设计

6.1 联锁要求

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。

6.2 安全设施

(1) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。

(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机。

(3) 束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机。

(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。

(5) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线

开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。

（6）剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开。

（7）通风联锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值。

6.3 其他要求

6.3.1 电气系统

（1）必须按加速器装置和厂房建设和公用工程的供电条件，确保电压电流的稳定度。

（2）主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

（3）各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。

（4）凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。

6.3.2 给水系统

（1）应根据加速器装置的用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。

（2）根据加速器装置和束下装置等设备的工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。

6.3.3 通风系统

（1）主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定，有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。

（2）臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。

（3）辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。

（4）排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近空气与气象资料计算确定。

7 日常检修（管理）及记录

7.1 装置的维护与维修

辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查(检验)每台加

速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

7.1.1 日检查

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

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

7.1.2 月检查

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

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

7.1.3 半年检查

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

- (1) 配合年检修的检测；
- (2) 全部安全设备和控制系统运行状况。

7.2 记录

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

- (1) 运行工况；
- (2) 辐照产品的情况；
- (3) 发生的故障及排除方法；
- (4) 外来人员进入控制区情况；

- (5) 个人剂量计佩戴情况;
- (6) 个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果;
- (7) 检查及维修维护的内容与结果;
- (8) 其它。

4 《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)

3.2 电子束辐照装置

按人员可接近辐照装置的情况分为:

I类 配有联锁装置的整体屏蔽装置,运行期间人员实际上不可能接近这种装置的辐射源部件(见附录A图A.5)。

II类 安装在屏蔽室(辐照室)内的辐照装置,运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照室(见附录A图A.6)。

5.1.3 I类、III类 γ 射线和I类电子束辐照装置外部的辐射水平检测

沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率,应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。测量结果一般应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

5 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下:

(1) 辐射屏蔽材料采用混凝土时,其强度等级应高于C20,密度不应低于 2.35g/cm^3 ;

(2) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据;

(3) 监督区的辐射剂量水平应符合GB/18871-2002和GB/5172-1985中的职业照射剂量限值要求;在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为:职业照射个人年有效剂量限值为 5mSv ;公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv ;

(4) 控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置;

(5) 控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。

附录C.3 有害气体职业接触限值:臭氧,最高容许浓度 0.3mg/m^3 。

6 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学有害因素的职业接触限值，对于臭氧为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）

7.2 环境空气功能区质量要求

一类区适用一级浓度限值，二类区适用二级浓度限值。对于臭氧，其日最大 8 小时平均的一级浓度限值为： $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二级浓度限值为 $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；1 小时平均的一级浓度限值为： $160\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二级浓度限值为 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。对于氮氧化物，1 小时平均的一级浓度限值为： $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，二级浓度限值为 $250\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

8 《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）修改单

9 项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）（参考）及《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019），确定本项目自屏蔽工业电子加速器剂量约束限值为：

（1）本项目为I类电子束辐照装置，装置表面外5cm处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

（2）职业人员年剂量约束值不超过 5mSv ，公众年剂量约束值不超过 0.1mSv 。

（3）工作场所空气中，臭氧最高容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

10 参考资料

《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
按点平均值	50.4	47.1	89.2
按点平均标准差	7.0	12.3	14.0

注：测量值已扣除宇宙射线响应值；现状评价时，选取测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

常州斯威克光伏新材料有限公司二期厂房位于常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号，二期厂房东侧为直里路及中信博新能源科技有限公司，南侧为兴业大道及江苏兆维塑料科技有限公司，西侧为西直里路、空地、江苏广豪佳工业设备有限公司及江苏松上电机有限公司，北侧为一期厂房。本项目 7 台加速器拟建区域为二期厂房车间一西南角，7 台加速器由北至南依次排列（编号为 1#加速器~7#加速器），加速器拟建区域东侧、西侧及北侧均为车间一内部生产车间，南侧为厂区内道路及兴业大道。本项目建址周围无高层建筑，50m 评价范围内无居民区、学校或生态环境等环境敏感目标。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、50m 范围厂区内其他非辐射工作人员及厂区外公众。本项目拟建址周围环境现状见图 8-1。



	
<p>拟建址楼上仓库</p>	<p>加速器拟建址（未建设）</p>
	
<p>项目主持人现场踏勘照片一（拟建址）</p>	<p>项目主持人现场踏勘照片二（厂区门口）</p>

图 8-1 本项目拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：拟建址周围辐射环境

监测因子： γ 辐射剂量率

监测点位：在加速器拟建址周围布设监测点位，共计 21 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在加速器机房拟建址周围布设 γ 辐射剂量率监测点位。

质量保证措施：委托的检测单位通过计量认证及获得相关监测资质，检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；检测机构所用监测仪器在检定有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验；委托的检测机构检测人员均通

过专业的技术培训和考核，并取得检测上岗证；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：BG9512P 型 X- γ 辐射监测仪，设备编号：RY-J018，测量范围：主机 0.01 μ Sv/h~30mSv/h，外置探头 10nSv/h~200 μ Sv/h，能量响应范围：主机 48keV~1.5MeV；外置探头 25keV~3MeV

检定有效期：2024 年 2 月 23 日~2025 年 2 月 22 日

监测日期：2024 年 5 月 15 日

天气状况：晴

评价方法：参考表 7-3 江苏省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率调查结果，评价本项目拟建址周围环境辐射水平。

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20 秒，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值及方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

监测结果：本项目加速器拟建址周围 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1，检测点位见图 8-2，检测报告详见附件 8。

表 8-1 本项目加速器拟建址周围 γ 辐射剂量率测量结果

序号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	1#加速器拟建址	65	楼房室内
2	2#加速器拟建址	69	楼房室内
3	3#加速器拟建址	64	楼房室内
4	4#加速器拟建址	67	楼房室内
5	5#加速器拟建址	50	楼房室内
6	6#加速器拟建址	63	楼房室内
7	7#加速器拟建址	51	楼房室内
8	加速器拟建址北侧成品仓库	55	楼房室内
9	加速器拟建址东侧成品仓库	63	楼房室内

10	1#加速器拟建址二楼	55	楼房室内
11	2#加速器拟建址二楼	59	楼房室内
12	3#加速器拟建址二楼	56	楼房室内
13	4#加速器拟建址二楼	56	楼房室内
14	5#加速器拟建址二楼	58	楼房室内
15	6#加速器拟建址二楼	53	楼房室内
16	7#加速器拟建址二楼	56	楼房室内
17	加速器拟建址东侧装卸区	38	道路
18	加速器拟建址南侧厂区内道路	33	道路
19	加速器拟建址西侧厂区内道路	31	道路
20	加速器拟建址南侧兴业大道	33	道路
21	加速器拟建址西侧西直里路	34	道路

注：检测结果已扣除宇宙辐射响应值（宇宙辐射响应值为 12nGy/h）。建筑物对宇宙射线屏蔽修正因子楼房取 0.8，平房取 0.9，道路取 1。

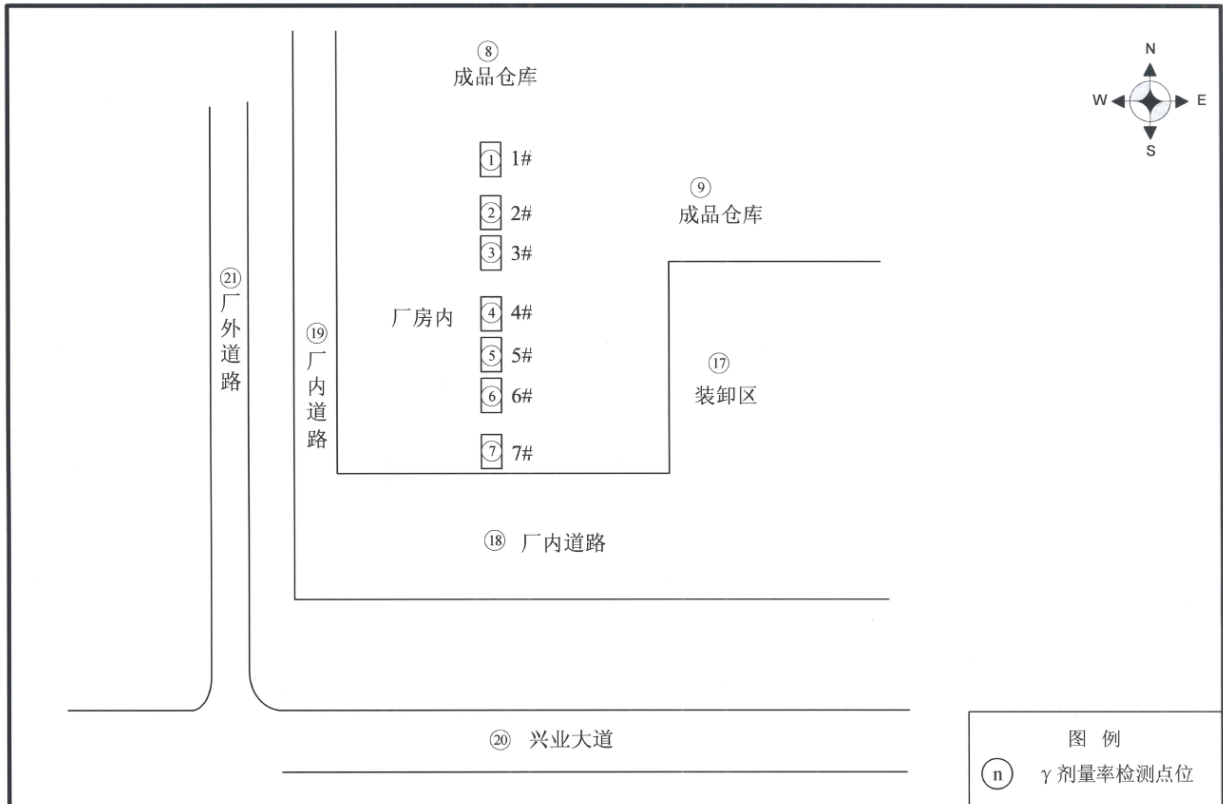


图 8-2 本项目加速器拟建址周围辐射环境检测布点示意图

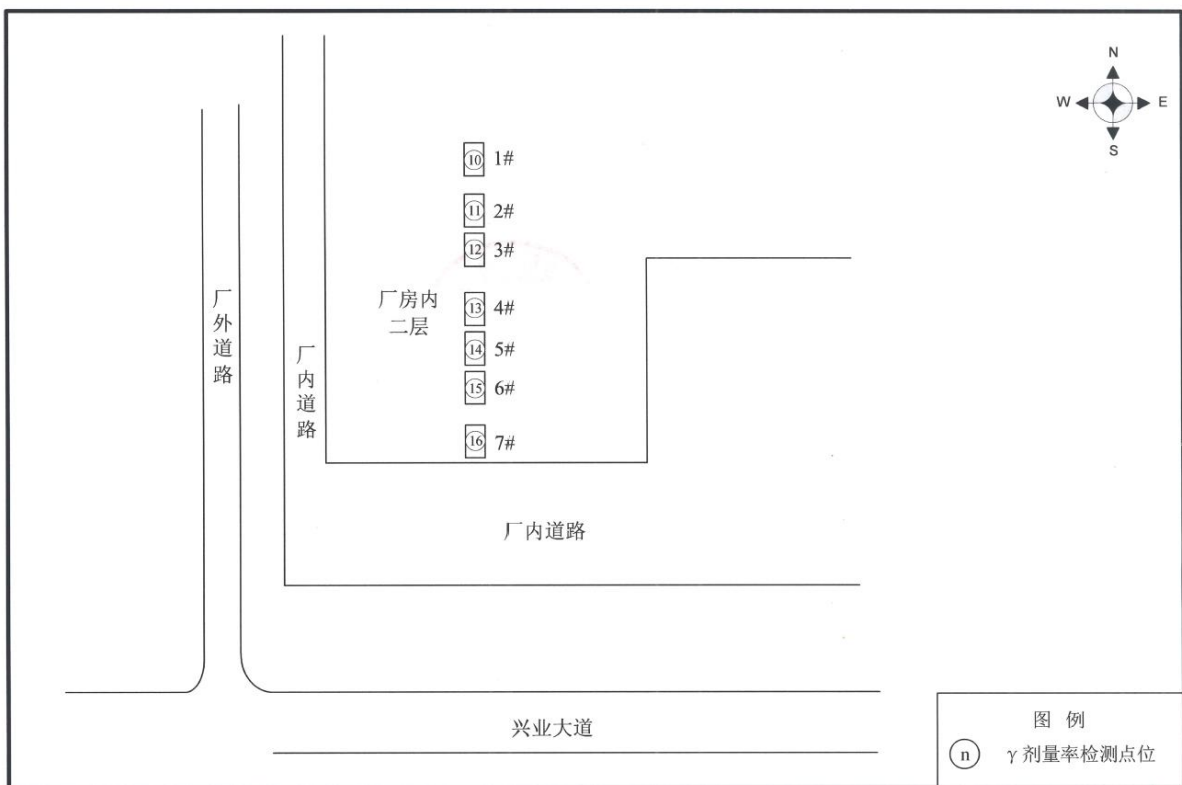


图 8-3 本项目加速器拟建址周围辐射环境检测布点示意图

由表 8-1 监测结果可知，7 台加速器拟建址周围道路处的 γ 辐射剂量率为 (31~38) nGy/h 之间，7 台加速器拟建址周围建筑物室内处的 γ 辐射剂量率为 (51~69) nGy/h 之间。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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路 γ 辐射水平为 (18.1~102.3) nGy/h，室内 γ 辐射水平为 (50.7~129.4) nGy/h，可见本项目加速器拟建址周围环境各检测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然贯穿辐射水平测值范围内。

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

根据项目生产需要，常州斯威克光伏新材料有限公司拟将租赁生产车间（常州市金坛区直溪镇工业园区兴业大道 88 号）在用的 7 台自屏蔽工业电子加速器搬迁至新建的二期厂房，并委托无锡爱邦辐射技术有限公司对加速器进行技术改造（老化零部件及耗材的维修、替换及软件控制系统的升级）后用于对胶膜进行辐照改性。

本项目加速器实行一班制，每台加速器拟配 3 人（负责加速器开关机及胶膜收放卷工作），现有 9 名辐射工作人员，拟增配 12 名辐射工作人员，加速器投入运行后每台加速器的年开机出束时间约为 2000 小时。

本项目配备的工业电子加速器技术参数见表 9-1。

表 9-1 加速器主要性能参数一览表

序号	型号	最大电子线能量	最大束流	最大功率	有效束流宽度	设备编号
1	AB0.5-60 型	0.5 MeV	60 mA	30 kW	1300 mm	19-179（1#机）
2	AB0.5-70 型	0.5 MeV	70 mA	35 kW	1480 mm	20-233（2#机）
3	AB0.5-70 型	0.5 MeV	70 mA	35 kW	1480 mm	20-234（3#机）
4	AB0.5-70 型	0.5 MeV	70 mA	35 kW	1600 mm	22-280（4#机）
5	AB0.5-70 型	0.5 MeV	70 mA	35 kW	1600 mm	17-143（5#机）
6	AB0.5-60 型	0.5 MeV	60 mA	30 kW	1600 mm	18-178（6#机）
7	AB0.5-70 型	0.5 MeV	70 mA	35 kW	1400 mm	20-079（7#机）

本项目 7 台加速器均采用立式自屏蔽结构，表 9-1 中 1#、2#、3#、5#、6#及 7# 加速器均为三层结构，一层为辐照室，二层为真空机组室平台，三层为加速器钢桶平台，通往二层真空机组平台及三层加速器钢桶平台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。表 9-1 中 4#加速器为二层结构，一层为辐照室及真空机组室，二层为加速器钢桶平台，通往二层加速器钢桶平台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。加速器外形结构示意图见图 9-1 及 9-2。

本项目电子加速器为配备有联锁装置的整体自屏蔽装置，主要组成部分包括：电子加速器主机、周边辅助设备、辐射防护和监测、高频振荡器及控制系统等。其中加速器主机由多个系统和组成，按照其功能分为下列系统：高压发生器系统、头部电源、电子发射和加速系统、电子光学系统、引出扫描系统、真空系统、冷却系统、钛窗冷却装置、束下装置、自屏蔽结构等。

高压发生器系统：电子加速器需要输出 0.5MeV 能量的电子束流，就必须建立 500kV 的直流负高压。高压发生器系统功能就是产生和维持电子加速器最高电压，主要由下列零部件构成：高气压钢桶、高频变压器、射频电极及高频整流高压柱体，为保证加速器主体几百万伏高压的稳定，加速器主体必须安放在充有绝缘气体的钢筒内，钢筒内的绝缘气体是 SF₆。

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

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

电子光学系统：从电子枪发射出来的电子束流是发散的，若不加以约束，具有能量的电子束轰击电极片或真空管道将造成严重的损坏，失去电子加速器应用的目的。电子光学系统的功能就是使从电子枪发射出的电子束流顺利通过加速管、真空管道和扫描窗变成扫描束，引出钛窗供辐照应用。电子光学系统包括初级聚焦（加速管内电子束进口）、聚焦磁透镜。

引出扫描系统：电子束穿过聚焦透镜后，进入真空漂移管道、经过扫描磁铁组件时在三角波磁场和正弦波磁场的作用下，进行 X 和 Y 相互垂直两个方向的扫描，最后经长条形的钛箔窗口引出。引出扫描系统包括束流扫描室、束流扫描磁铁。

真空系统：总的真空系统由两大部分组成，第一部分是抽真空部分，包括电子枪、加速管、漂移管道、扫描室和扫描盒。第二部分是抽真空用的真空机组，通常由旋片式真空泵、分子泵、溅射离子泵、真空管道、真空阀门和真空测量组成。真空系统的功能就是建立、维持电子发射、加速和引出扫描空间良好的真空度，也只有良

好真空度的条件下，电子束流才能顺利穿越钛窗，实现辐照加工的目的。

图 9-1 加速器结构示意图（1#、2#、3#、5#、6#及 7#加速器）

图 9-2 加速器结构示意图（4#加速器）

冷却系统：电子加速器钢筒内电源器件有功率消耗，会使绝缘气体温度上升。真空系统内扫描盒、光栏内壁会受到散射束流轰击，温度升高。分子泵高速运转，需要降温。另外高频振荡器电子管工作阳极需要冷却。可见，为确保电子加速器正常运行，必须设置冷却系统，对各需要冷却降温部分输出冷却介质，置换热量。AB0.5 型电子加速器上设计了两套独立的冷却系统，一套空调机组冷却钢筒内部，一套冷水机组冷却真空系统部件及振荡器电子管。

钛窗冷却装置：当电子束流通过钛箔时要损耗部分能量，在电子能量 0.5MeV 时，一般要在钛箔上损耗 35keV。如果钛箔散热条件极差，会不断积累以至温度不断升高，很快达到熔化程度，所以钛窗冷却十分重要，钛窗过热烧毁，这是十分危险事故，AB0.5 型加速器对钛窗进行冷却的主要方式是风冷，高压离心风机产生的强大气流不断通过吹嘴以 14m/s 的速度掠过钛箔表面，带走钛箔的热量。启动高压前，必须先启动“钛窗风机”，控制系统设计了安全连锁，在风管道上安装有压力变送器，在风管道内有风流量时，开关触点闭合后，高压可以启动，高压运行中若风管内无风流量，则高压瞬间切断。

束下装置：AB0.5 型电子加速器的束下装置主要为两棍筒组成的同步主动传输系统，辐照室内的传输系统与加速器联锁，加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动加速器进行出束作业。在加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，加速器立即断开高压停止出束。另外束下设置循环冷却水靶，位置在钛窗正下方，功能为降低辐照室温度，吸收多余电子束能量。

自屏蔽结构：本项目 7 台加速器均采用自屏蔽结构设计制造而成，加速器包括辐照室、真空机组室及钢桶，均采用一定厚度的钢板对射线进行屏蔽防护。加速器在进行检修时，通过控制系统打开辐照室移门或通过液压操作台打开辐照室，人员方可进行设备的检修工作。

2 工作原理

(1) 电子加速器工作原理

本项目工业电子加速器工作原理为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；再将此升压的高频电压加在空间耦合容器上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流

高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束，引出的电子通过电磁聚焦和电磁扫描进入扫描盒，使得电子在引出窗口均匀分布，再照射再被辐照物上，经过电子束的辐照，实现辐照工艺所需的处理。加速器工作原理见图 9-3，运行逻辑原理见图 9-4。

(2) 胶膜辐照交联工作原理

辐照交联是利用微波电磁场加速电子，带电粒子从加速器的真空区被引出后射向辐照室中的待辐照产品。利用电子加速器产生的高能电子束作用于胶膜，使胶膜聚合单体、聚合物产生引发聚合、交联、接枝及裂解等效应，从而使原来的线性分子结构变成三维网状的分子结构而形成交联，交联后的高聚物其绝缘性、耐高温性、抗张强度等均提高，进而提高其整体技术指标。

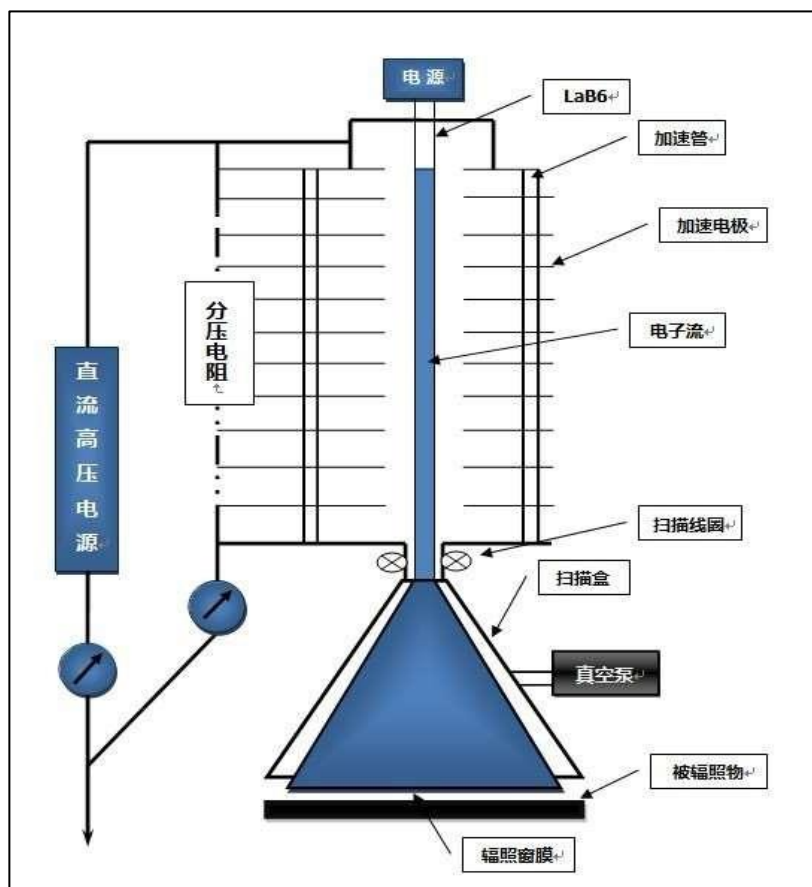


图 9-3 加速器工作原理示意图

图 9-4 加速器开机出束运行逻辑原理示意图

3 工艺流程及产污环节

本项目加速器辐照的产品为胶膜，辐照加工工作流程为：

- (1) 辐射工作人员通过叉车将待辐照的胶膜运至放卷区。
- (2) 根据辐照工艺要求，设定加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度。
- (3) 将待辐照的胶膜放置于传输系统上，调整收、放系统的位置。
- (4) **检查加速器辐射安全措施是否运行正常**，包括：钢桶气压是否正常、钛箔是否异常、风机运转是否正常、冷水机组运行是否正常、各用水点阀门状态机流量状况，确认联锁设施功能有效。

(5) 启动辐照装置，胶膜通过放卷系统经滚筒通过薄膜入口进入辐照室接受辐照处理，收卷系统进行产品收放。本环节中电子辐照过程会产生 X 射线、电子束、臭氧及氮氧化物。

(6) 收卷后的胶膜经过检测合格后移入待发货区暂存。

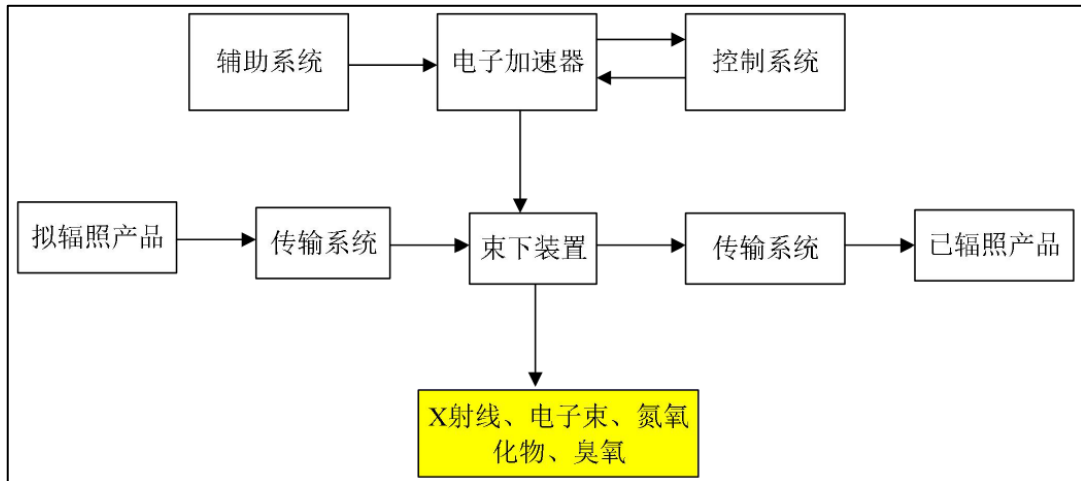


图 9-5 本项目加速器开机后的胶膜辐照工艺流程示意图

4 工作负荷及出束情况

①**工作机制及出束情况：**辐射工作人员日工作时间 8 小时，年工作时间 250 天，实行一班制。加速器投入运行后每台加速器的年开机出束时间约为 2000 小时。

②**人员配备：**每台加速器拟配 3 人（负责加速器开关机及胶膜收放卷工作），现有 9 名辐射工作人员，拟增配 12 名辐射工作人员。

5 原有工艺不足及改进情况

常州斯威克光伏新材料有限公司现有核技术利用项目为使用 II 类射线装置，即使用自屏蔽工业电子加速器对生产的胶膜进行辐照改性，在用核技术项目均已履行环评、许可及验收手续。现有辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全，核技术项目运行期间未发生过辐射事故。现有辐射工作人员辐射安全与防护考核均在有效期内，公司已为辐射工作人员建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。每年均委托第三方有资质单位对核技术利用进行辐射环境委托检测并及时上传年度评估报告。

综上所述，原有工艺不存在不足及需要改进的情况。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生 X 射线，对加速器工作场所周围环境产生一定的辐射影响。

电子加速器工作过程中，电子穿过钛窗轰击被辐照物及束下传送装置或其他高原子序数物质时，电子在运动过程中与物质作用将产生连续能谱的韧致辐射，即 X 射线。X 射线的贯穿能力极强，会对辐照室周围环境造成辐射污染。

本项目中电子加速器利用电子束进行辐照加工，加速器电子束流向下，电子的射程较短，相对于 X 射线而言也较易屏蔽，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。因此本项目重点需要防护的是高能电子束作用于被辐照物及束下传送装置或其他物质而产生的韧致辐射（X 射线），其中又以侧向为重点防护方向（90°方向）。本项目中电子加速器产生的 X 射线最大能量为 0.5MeV，能量较低，不会产生感生放射性影响。

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018），当加速器入射电子线能量为 0.5MeV 时，0° 方向的 X 射线发射率及 90° 方向的 X 射线发射率查表 A.1 可知，90° 方向电子的相应等效能量查表 A.4 并采用插值法求得。D₁₀ 表示加速器中距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率，单位为 Gy/h，参考附录 A 中的表 A.1 结合公式 A-2 可以求出。

表 9-2 加速器源项参数一览表（附件 2 及附件 6）

加速器编号	1#、6#加速器	2#、3#、4#、5#、7#加速器
加速器型号	*****	*****
最大电子线能量（MeV）	*****	*****
最大束流强度（mA）	*****	*****
辐照室室内净尺寸	*****	
电子束扫描宽度（mm）	*****	*****
束流损失点能量（MeV）	*****	*****
束流损失率（mA）	*****	*****

0° 方向 X 射线发射率 (Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹)	*****	*****
90° 方向 X 射线发射率 (Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹)	*****	*****
90° 方向电子等效能量 (MeV)	*****	*****
主束方向入射角度	*****	*****
加速器工作方式	*****	*****
束下靶件类型	*****	*****

2 非放射性污染源分析

(1) 气体废物

空气在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高，其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。加速器辐照室拟设置机械通风系统，臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出辐照室，然后通过加速器排气管道延伸至厂房顶部排出，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

(2) 液体废物

本项目不产生放射性液体废物，加速器配有一套水冷系统，冷却水循环使用不外排。与项目有关的辐射工作人员产生的生活污水通过化粪池预处理达接管标准后排入附近污水处理厂，对周围环境影响较小。

(3) 固体废物

本项目不产生放射性固体废物。与项目有关的辐射工作人员产生的生活垃圾统一收集后由当地环卫部门统一清运。

(4) 噪声

本项目电子加速器运行期间，噪声源主要来自冷却水循环水泵、高频机、风机。本项目加速器使用的 F4-72-4A 型风机（见附件 15）是一种高效、可靠的通风设备，具有风量大、噪音低、运行稳定等特点，该风机的噪声值为 75dB（A），施工时将该风机安装在通风管道的内部，进一步通过厂区墙体及公司围墙的隔离后，其对外界的噪声影响较小，不会对周围环境产生明显影响，因此噪声不作为本项目的主要污染评价因子。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

本项目加速器采用立式自屏蔽结构，1#、2#、3#、5#、6#及 7#加速器均为三层结构，一层为辐照室，二层为真空机组室平台，三层为加速器钢桶平台，通往二层真空机组平台及三层加速器钢桶平台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。4#加速器为二层结构，一层为辐照室及真空机组室，二层为加速器钢桶平台，通往二层加速器钢桶平台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。相邻加速器的辐照室之间在合适位置采用栅栏围挡，避免邻近加速器辐射工作人员的靠近。本项目加速器整个辐照工艺流程流水线为自动运行，放卷位（即控制台）设置在加速器辐照室的西侧，胶膜从辐照室西侧入口进入辐照室进行辐照处理，辐照结束后经过不锈钢辊筒从辐照室东侧出来，由辐射工作人员在辐照室东侧控制柜处控制胶膜收卷，因此本项目人流路径主要为放卷位处工作人员在辐照室西侧的活动范围及收卷位处工作人员在辐照室东侧的活动范围，物流路径主要为胶膜从西侧放卷东侧收卷的整个过程，人流及物流路径的相对独立避免了辐射工作人员可能受到误照，加速器辐照装置出束时，辐照室内无人员停留，本项目加速器工作场所布局合理。

本项目拟将加速器辐照室、真空机组室及加速钢桶设为控制区，在辐照室表面、真空机组室表面及钢桶表面醒目位置均设置电离辐射警告标识及中文警示说明，工作过程中任何人不允许进入控制区内，如需要进入控制区，应关闭加速器电源，拔下控制台钥匙开关的钥匙，人员方可进入。拟将车间一南墙往北 60 米、加速器等中心点往东 19 米、加速器等中心点往西 23 米的范围设为监督区，监督区内设有加速器系统控制柜、气罐、放卷位及收卷位等辅助设备，在划定的监督区边界设置实体围挡（如栅栏）。将加速器的真空机组室平台（除真空机组室外）及加速钢桶平台（除加速器钢桶外）区域设为监督区，在划定的监督区边界设置实体围挡，二层平台入口门设置高压联锁装置。在监督区入口处设立表明监督区的标牌，在监督区边界中心位置处悬挂清晰的“无关人员禁止入内”的警告牌及“当心电离辐射”的警告标志。加速器开机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员严格限制进入，本项目 2 区划分示意图见图 10-1~图 10-4。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

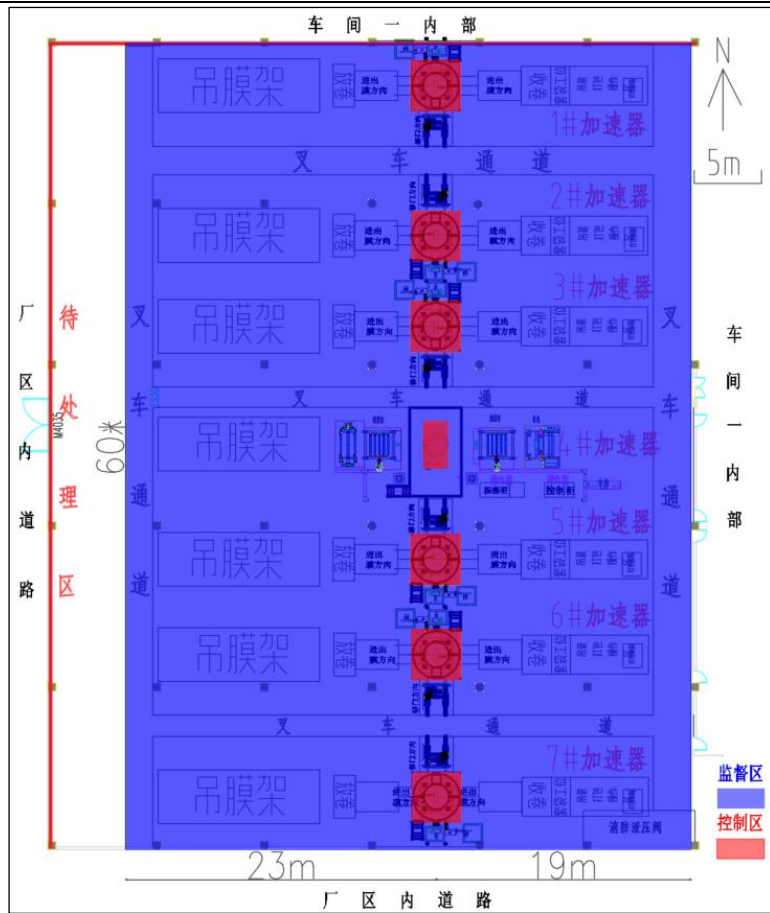


图 10-1 加速器一层辐射防护分区示意图

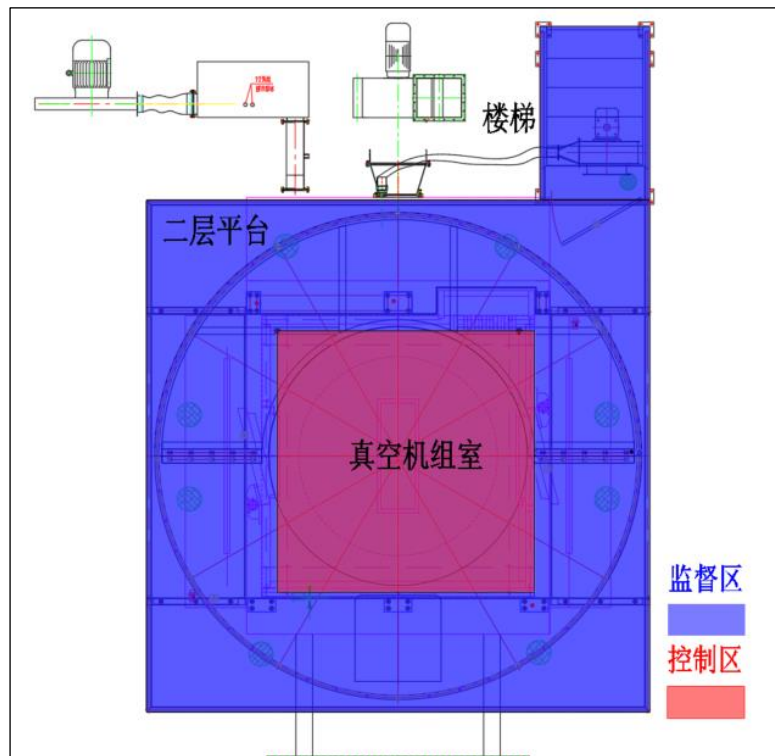


图 10-2 加速器二层辐射防护分区示意图 (不含 4#加速器)

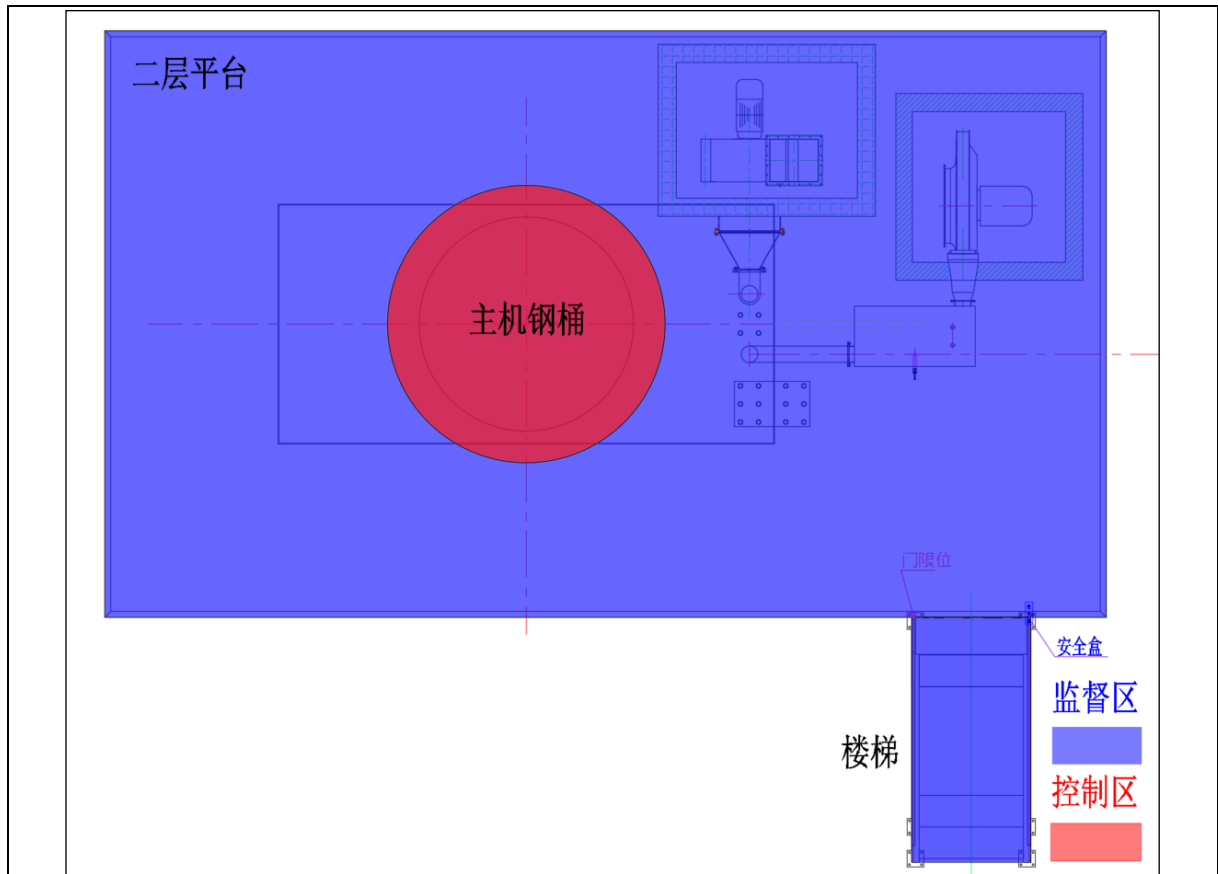


图 10-3 加速器二层辐射防护分区示意图（4#加速器）

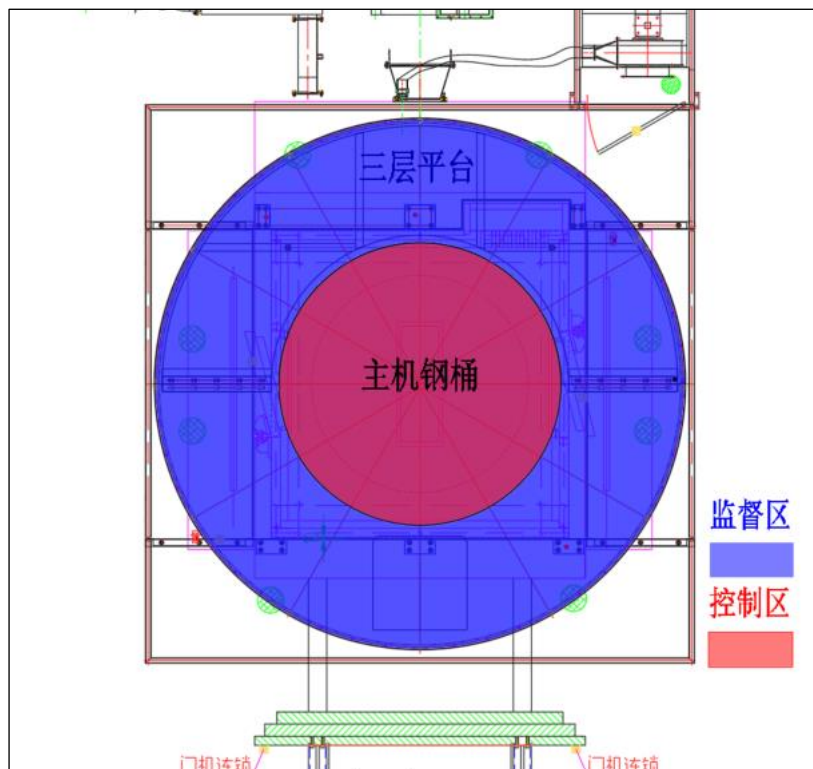


图 10-4 加速器三层辐射防护分区示意图（不含 4#加速器）

2 辐射屏蔽设计

本项目加速器拟采用自屏蔽体方式防护射线，厂家提供的屏蔽材料见附件 7，屏蔽设计图见附图 5~附图 8，屏蔽设计参数见表 10-1~表 10-3。

表 10-1 1#加速器屏蔽设计表

位 置	各层钢板结构及厚度 (mm)	总屏蔽厚度 (mm 钢板)
一层辐照室 (胶膜出入口双侧)	外侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为40mm、80mm及60mm。	
	内侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为 80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (移门侧)	辐照室移动防护门, 由三层钢板组合而成, 厚度分别为80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (移门对侧)	外侧墙壁: 由两层钢板组合而成, 厚度分别为100mm及100mm。	
	内侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为 80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (顶部)	由四层钢板组合而成, 厚度分别为 40mm、80mm、60mm及 100mm。	
一层辐照室 (底部)	由三层钢板组合而成, 厚度分别为 100mm、100mm 及 80mm。	
二层真空机组室四周	由两层钢板组合而成, 厚度分别为 50mm 及 60mm。	
二层真空机组室顶部	由四层钢板组合而成, 厚度分别为 40mm、30mm 、30mm及 10mm。	
三层主机室	加速器主机钢筒壁厚。	

表 10-2 2#、3#、5#、6#及 7#加速器屏蔽设计表

位 置	各层钢板结构及厚度 (mm)	总屏蔽厚度 (mm 钢板)
一层辐照室 (胶膜出入口双侧)	外侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为40mm、80mm及60mm。	
	内侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为 80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (移门侧)	辐照室移动防护门, 由三层钢板组合而成, 厚度分别为80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (移门对侧)	外侧墙壁: 由两层钢板组合而成, 厚度分别为100mm及100mm。	
	内侧墙壁: 由三层钢板组合而成, 厚度分别为 80mm、100mm 及 100mm。	
一层辐照室 (顶部)	由四层钢板组合而成, 厚度分别为 40mm、80mm、100mm及 100mm。	

一层辐照室 (底部)	由三层钢板组合而成，厚度分别为 100mm、100mm 及 80mm。	
二层真空机组室四周	由两层钢板组合而成，厚度分别为 50mm 及 60mm。	
二层真空机组室顶部	由四层钢板组合而成，厚度分别为 40mm、30mm、30mm 及 10mm。	
三层主机室	加速器主机钢筒壁厚。	

表 10-3 4#加速器屏蔽设计表

位 置	各层钢板结构及厚度 (mm)	总屏蔽厚度 (mm 钢板)
一层辐照室 (胶膜出入口双侧)	外侧墙壁：由一层钢板而成，厚度为80mm。	
	内侧墙壁：由两层钢板组合而成，厚度分别为 80mm、80mm。	
一层辐照室 (胶膜出入口相邻双侧)	由四层钢板组合而成，厚度分别为 80mm、80mm、80mm 及 40。	
一层辐照室 (顶部)	由三层钢板组合而成，厚度均为 80mm。	
一层辐照室 (底部)	由四层钢板组合而成，厚度分别为 80mm、80mm、80mm 及 40。	
一层真空机组室四周	外侧墙壁：由一层钢板而成，厚度为 80mm。	
	扫描盒：由钢板及铅板组合而成，单层厚度：2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板，共设计 3 层厚度（见附图 7）。	
一层真空机组室顶部	由一层钢板而成，厚度为 100mm。	
二层主机室	加速器主机钢筒壁厚。	

*注：表中参数由设计单位提供（见附件 7）

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障加速器安全运行，避免在加速器辐照期间发生误照事故，本项目加速器设计有相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

(1) **警告牌及警示标语：**加速器工作过程中，任何人不得进入控制区内。在划定的监督区边界设置实体围挡，在监督区入口处设立表明监督区的标牌，在监督区边界中心位置处悬挂清晰的“无关人员禁止入内”的警告牌及“当心电离辐射”的警告标志。

(2) **钥匙控制：**加速器控制柜上拟设置钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时，加速器无法开机，如从控制柜上取出该钥匙，加速器自动停机。加速器开机钥匙与 1 台个人剂量报警仪绑定，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用，确保他人不能随意开启设备。

图 10-5 4#加速器辐射安全措施设计示意图一

图 10-6 4#加速器辐射安全措施设计示意图二

图 10-7 除 4#加速器外辐射安全措施设计示意图一

图 10-8 除 4#加速器外辐射安全措施设计示意图二

(3) **急停装置：**加速器控制柜、胶膜进出口处（除 4#加速器外）均拟设置紧急停机按钮，当发生紧急情况时，按下急停按钮，加速器立即断开高压停止出束。

(4) **信号警示装置：**4#加速器辐照室顶部、其他加速器辐照室胶膜进出口位置拟各设置 1 个声光报警装置，能够显示设备的停止、运行和报警状态，提醒辐射工作

人员加速器的使用状态。

(5) **门机联锁装置**：拟在加速器多处设置门机联锁装置，4#加速器辐照室由上部固定段与下部活动段合拢组成，拟在加速器合拢接口两侧各设置 1 对行程开关与加速器实现行程联锁，当固定段与活动段未合拢到位时，即行程联锁未到位，加速器高压无法启动。当加速器正在工作时，如果活动段出现位移，触发行程联锁，加速器自动停机。其他加速器在辐照室移门两侧、辐照室检修门、真空机组室检修门及二层扶梯入口均设有门机联锁装置，加速器开启前必须确保所有门机联锁装置均处于闭合状态方可打开加速器高压出束，在加速器出束过程中，任意一个门机联锁装置被触发后加速器立即断开高压停止出束。

(6) **剂量联锁**：加速器多处拟设置剂量监测系统并实现剂量联锁，胶膜进出口上方、真空机组室平台拟各设置 1 个辐射剂量监测探头，加速器西侧控制柜处设置显示终端用于显示工作场所辐射剂量水平，当监测探头的探测数据高于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时，加速器将断开高压停止出束。

(7) **束下装置联锁**：加速器辐照装置的控制系统与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机。辐照室内的传输系统与加速器联锁，加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动加速器进行出束作业。在加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，加速器立即断开高压停止出束。

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中关于加速器辐射安全措施的要求，本项目由于 7 台加速器均为自屏蔽加速器，所以未设置的辐射安全措施主要包括以下内容：**防护门钥匙控制、防人误入装置、通风联锁及烟雾报警措施。**

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

监测设备及防护用品

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，开展工业辐照的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

常州斯威克光伏新材料有限公司现有 2 台辐射巡测仪及 13 台个人剂量报警仪，拟增配 8 台个人剂量报警仪。辐射工作人员工作时将佩带个人剂量计，以监测累积受照情

况。公司拟定期组织辐射工作人员进行健康体检，并将按相关要求建立放射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

三废的治理

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

本项目加速器在工作状态时，产生的 X 射线会使辐照室及真空机组室内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，根据加速器设计公司无锡爱邦辐射技术有限公司提供的加速器束流损失材料显示（见附件 6），在真空机组室内加速器几乎不发生能量及束流损失，因此主要考虑辐照室内产生的臭氧和氮氧化物。加速器束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高，氮氧化物产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，因此主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。加速器辐照室在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

本项目 7 台加速器辐照室内均拟设置通风装置，辐照室内风机排风量均为 $5468\text{m}^3/\text{h}$ ，排风管道截面直径为 0.273m ，辐照室内部始终处于负压状态，排风管道均引辐照室内废气至车间一顶部约 24m 处排放，通风设计示意图见图 10-9 及图 10-10。

图 10-9 4#加速器通风系统设计示意图

图 10-10 除 4#加速器外通风系统设计示意图

表 10-4 加速器辐照室通风设计参数表

加速器编号	辐照室尺寸（长×宽×高）	辐照室体积	风机风量	每小时换气次数
1#				
2#、3#、7#				
4#				
5#、6#				

本项目电子加速器运行期间，噪声源主要来自冷却水循环水泵、高频机、风机。本项目加速器使用的 F4-72-4A 型风机（见附件 15）是一种高效、可靠的通风设备，具有风量大、噪音低、运行稳定等特点，该风机的噪声值为 75dB（A），施工时将该风机安装在通风管道的内部，进一步通过厂区墙体及公司围墙的隔离后，其对外界的噪声影响较小，不会对周围环境产生明显影响。

本项目加速器配有一套水冷系统，冷却水循环使用不外排。本项目运行时不产生放射性废水。本项目工作人员在工作过程中产生的生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业电子加速器为整体购买的自屏蔽防护设备，在加速器零部件安装以及地基准备过程中，会产生一定的扬尘、施工废水、施工噪声及建筑垃圾等污染物，但本项目施工期较短、施工量不大，施工期对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

本项目加速器产生的高能电子束垂直向下，在一层辐照室内可对束下胶膜进行辐照加工，与此同时电子束还将轰击到胶膜下方的不锈钢辊筒，因韧致辐射产生初级 X 射线。根据无锡爱邦辐射技术有限公司提供的加速器束流损失材料显示（见附件 6），在真空机组室内几乎不发生能量及束流损失，因此本报告不考虑真空机组室内的韧致辐射。

本项目辐照室内电子束照射方向上可能轰击的物质有 2 种：

- ① 扫描窗下方胶膜；
- ② 扫描窗下方用于胶膜传动的不锈钢辊筒。

不同能量电子束轰击不同物料时，其韧致辐射发射率不同。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。束下不锈钢辊筒原子序数最大，X 射线发射率最高，因此本报告保守选取不锈钢为靶材料，对其运行过程中的辐射水平影响进行预测及评价。

本项目加速器辐照室在屏蔽计算时，主要考虑的是 90° 方向的等效入射电子线能量对辐照室四周屏蔽体的辐射屏蔽的影响，包括：移门侧、移门对侧及胶膜出入口双侧屏蔽体。对于真空机组室周围及顶部在屏蔽计算时，主要考虑来自辐照室内射线产生的贯穿辐射场。

本项目 7 台加速器的最大电子线能量均为 0.5MeV，最大束流为 60mA 及 70mA 两种。在实际运行过程中一般常用能量为 0.4MeV，根据胶膜特性，常用束流一般在 30 mA~50mA 之间。本项目拟在加速器均满功率的极端情况下进行预测分析。

2 加速器辐射环境影响分析

2.1 计算模式选择

(1) 参考点处辐射剂量率估算公式

本项目工业电子加速器辐照室采用钢板防护外壳对射线进行屏蔽，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的要求，在本项目加速器屏蔽体外设定关注点。从保守角度出发，在加速器机房设计的尺寸厚度基础上，假定工业电子加速器最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

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

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

B_X —X 射线屏蔽透射比；

T —居留因子；

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 处的标准参考点的吸收剂量率， Gy/h 。

$$B_X = 10^{-n} \dots \dots \text{公式 11-2}$$

$$n = \frac{S - T_1 + T_e}{T_e} \dots \dots \text{公式 11-3}$$

式中： S —屏蔽体厚度， cm ；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层， cm ；

T_e —平衡十分之一值层，该值近似于常数， cm ；

n —为十分之一值层的个数。

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \dots \dots \text{公式 11-4}$$

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

I —电子束流强度， mA ；

f_e —X 射线发射率修正系数。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中表 A.1 中给出的数据是电子束打高 Z 靶的数据，通常被辐照的物质很少为高 Z 材料，因此需要对靶进行修正。被辐照的靶材料为“铁、铜”时，0°方向的修正系数 f_e 为0.7，90°方向的修正系数 f_e 为0.5。

对于电子加速器辐照装置，很多情况下需要考虑侧向（相对电子束 90° 方向）X 射线的屏蔽，此时应将等效入射电子能量作为侧向入射电子的能量，具体数值可以参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）表 A.4，当加速器 0° 方向入射电子的能量不在表中时采用插值法求出，然后按等效入射电子能量的特性参数，根据公式 11-1 进行计算。

（2）受照剂量估算公式

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）-2000 年报告附录 A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公示如下：

$$H_E = H \times t \times U \times K \times T \times 10^{-3} \dots\dots \text{公式 11-5}$$

式中： H_E —X 射线外照射人均年有效剂量当量率，mSv/a；

H—关注点的剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t—X 射线照射时间，h；

U—使用因子取 1；

T—居留因子；

K—转换系数取 1。

2.2 计算参数选取及结果

本项目工业电子加速器辐照室主要采用钢板防护外壳对射线进行屏蔽。查《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1 中相应能量下取侧向 90° 的电子束 X 射线发射率。

被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90° 方向的修正系数为 0.5，加速器辐照室吸收剂量率计算见表 11-1。

由《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.2、A.3 及 A.4，分别可以外推求出 90° 方向等效入射电子能量、 T_i 及 T_e ，计算见表 11-2。

表 11-1 加速器辐照室吸收剂量率计算参数一览表

编号	入射能量 (MeV)	Q (Gy·m ² ·mA ⁻¹ ·min ⁻¹)	I (mA)	f _e	D ₁₀ (90°)(Gy·h ⁻¹)
1#、6#	0.5	0.07	60	0.5	126
2#、3#、 4#、5#、 7#	0.5	0.07	70	0.5	147

表 11-2 加速器辐照室 T₁ 及 T_e 计算参数一览表

入射能量 (MeV)	90° 方向等效入射能量 (MeV)	铁		铅	
		T ₁ (cm)	T _e (cm)	T ₁ (cm)	T _e (cm)
0.5	0.4	3.46	2.96	0.3	0.92

2.3 辐照室及真空机组室周围辐射剂量率计算结果

本项目加速器辐照室在屏蔽计算时,主要考虑的是 90° 方向的等效入射电子线能量 0.4MeV 对辐照室四周屏蔽体的辐射屏蔽的影响,包括:移门侧、移门对侧及胶膜出入口双侧屏蔽体。对于真空机组室周围及顶部在屏蔽计算时,主要考虑来自辐照室内射线产生的贯穿辐射场,因此在计算时保守取 90° 方向的等效入射电子线能量预测。

本项目 2#、3#及 7#加速器在加速器参数、设计尺寸及屏蔽参数上完全一致(屏蔽体厚度由设计单位提供,见附件 7),因此选取 2#加速器预测分析。本项目 5#及 6#加速器在设计尺寸及屏蔽参数上完全一致,5#加速器最大束流为 70mA,6#加速器最大束流为 60mA,为简化预测内容,选取 5#加速器预测分析,6#加速器预测结果保守参考 5#加速器。其余加速器均依次预测分析。本项目加速器辐照室四周、顶部及底部均采用钢板的形式屏蔽射线,考虑到加速器辐照室底部紧贴地面,因此不再对辐照室底部进行预测分析。

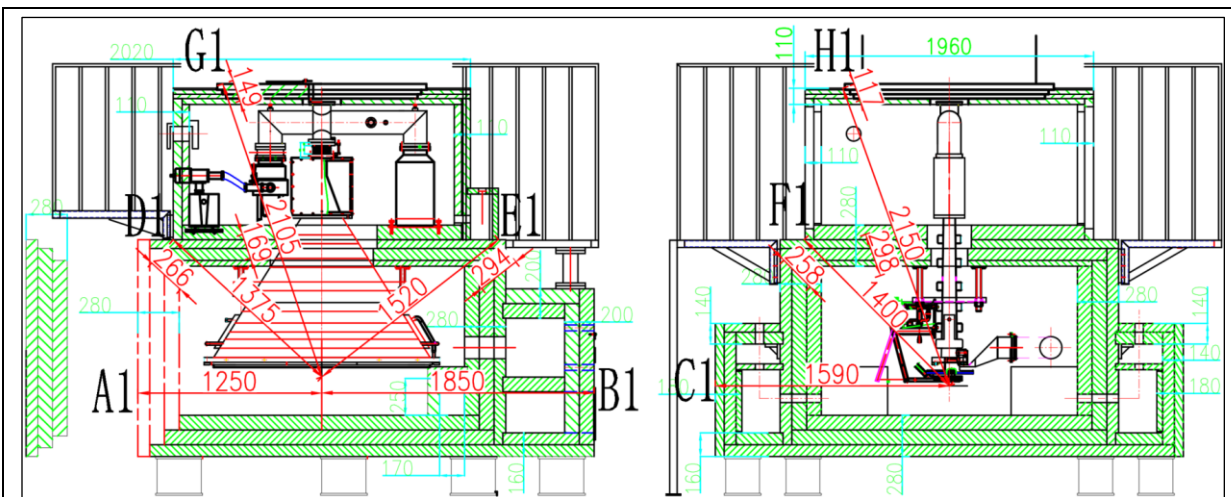


图 11-1 1#加速器辐射预测点位示意图

表 11-3 1#加速器参考点辐射剂量预测一览表

参数 \ 关注点	1#加速器辐照室及真空机组室周围参考点							
	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
$D_{10}(90^\circ)$ (Gy/h)								
S (cm)								
T_l (cm) 铁								
T_e (cm) 铁								
B_x								
T (保守取值)								
d (m)								
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)								

注: $d_{(A1)}$ = 靶点到 A1 的距离 1250mm+关注点 50mm=1300mm

$d_{(B1)}$ = 靶点到 B1 的距离 1850mm+关注点 50mm=1900mm

$d_{(C1)}$ = 靶点到 C1 的距离 1590mm+关注点 50mm=1640mm

$d_{(D1)}$ = 靶点到 D1 的距离 1375mm+关注点 50mm=1425mm

$d_{(E1)}$ = 靶点到 E1 的距离 1520mm+关注点 50mm=1570mm

$d_{(F1)}$ = 靶点到 F1 的距离 1400mm+关注点 50mm=1450mm

$d_{(G1)}$ = 靶点到 G1 的距离 2105mm+关注点 50mm=2155mm

$d_{(H1)}$ = 靶点到 H1 的距离 2150mm+关注点 50mm=2200mm

上表中 S 利用 CAD 软件由设计单位提供的图纸上量取

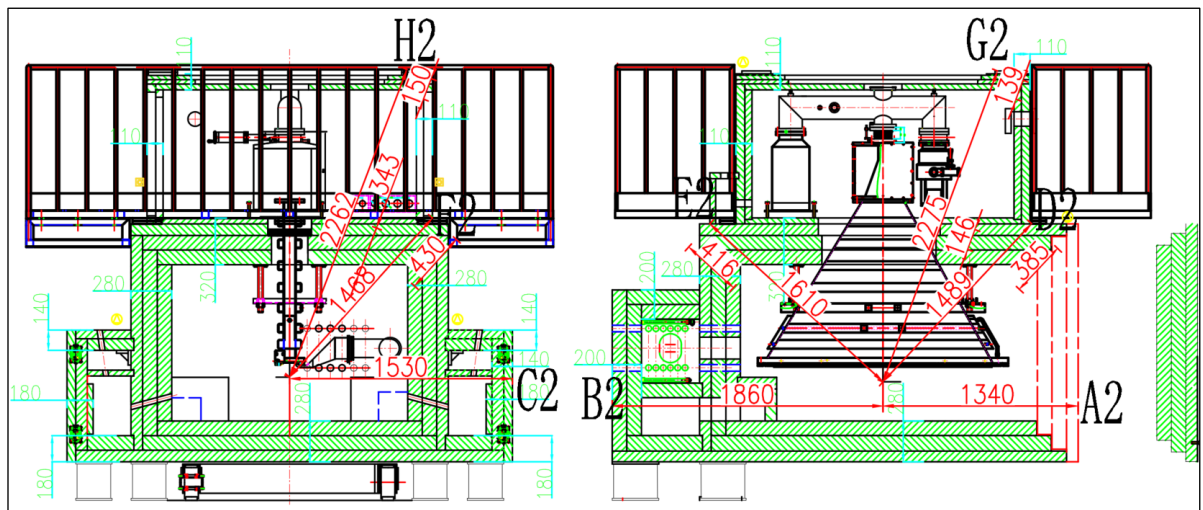


图 11-2 2#加速器辐射预测点位示意图

表 11-4 2#加速器参考点辐射剂量预测一览表

参数	2#加速器辐照室及真空机组室周围参考点							
	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2
$D_{10}(90^\circ)$ (Gy/h)								
S (cm)								
T_l (cm) 铁								
T_e (cm) 铁								
B_x								
T (保守取值)								
d (m)								
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)								

注: $d_{(A2)}$ = 靶点到 A2 的距离 1340mm+关注点 50mm=1390mm
 $d_{(B2)}$ = 靶点到 B2 的距离 1860mm+关注点 50mm=1910mm
 $d_{(C2)}$ = 靶点到 C2 的距离 1530mm+关注点 50mm=1580mm
 $d_{(D2)}$ = 靶点到 D2 的距离 1489mm+关注点 50mm=1539mm
 $d_{(E2)}$ = 靶点到 E2 的距离 1610mm+关注点 50mm=1660mm
 $d_{(F2)}$ = 靶点到 F2 的距离 1468mm+关注点 50mm=1518mm
 $d_{(G2)}$ = 靶点到 G2 的距离 2275mm+关注点 50mm=2325mm
 $d_{(H2)}$ = 靶点到 H2 的距离 2262mm+关注点 50mm=2312mm
 上表中 S 利用 CAD 软件由设计单位提供的图纸上量取

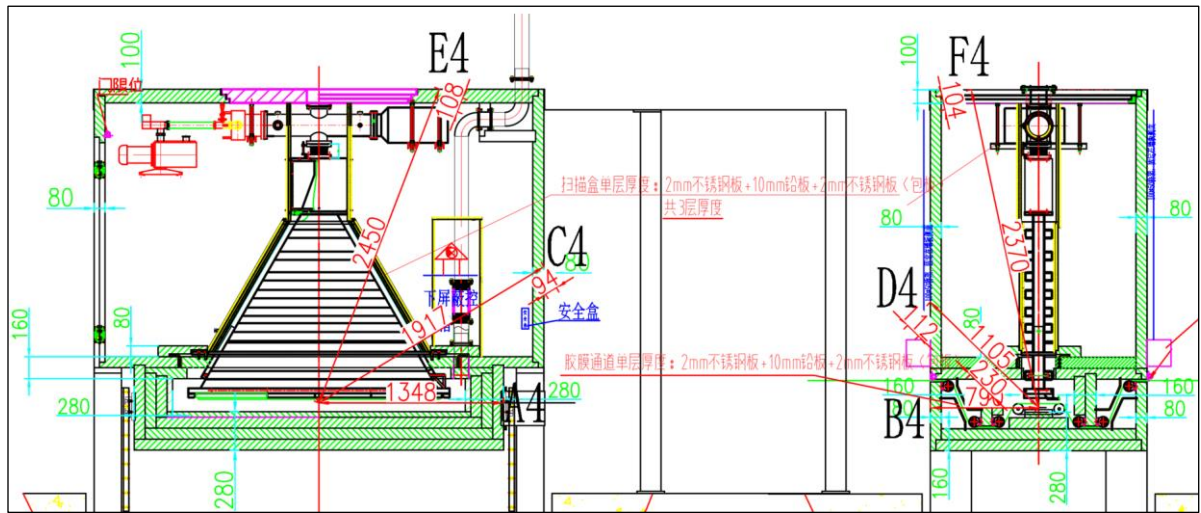


图 11-3 4#加速器辐射预测点位示意图

表 11-5 4#加速器参考点辐射剂量预测一览表

参数	4#加速器辐照室及真空机组室周围参考点					
	A4	B4	C4	D4	E4	F4
$D_{10}(90^\circ)$ (Gy/h)						
S (cm)						
T_l (cm) 铁						
T_e (cm) 铁						
T_l (cm) 铅						
T_e (cm) 铅						
B_x						
T (保守取值)						
d (m)						
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)						

注: $d_{(A4)}$ = 靶点到 A4 的距离 1348mm+关注点 50mm=1398mm

$d_{(B4)}$ = 靶点到 B4 的距离 790mm+关注点 50mm=840mm

$d_{(C4)}$ = 靶点到 C4 的距离 1917mm+关注点 50mm=1967mm

$d_{(D4)}$ = 靶点到 D4 的距离 1105mm+关注点 50mm=1155mm

$d_{(E4)}$ = 靶点到 E4 的距离 2450mm+关注点 50mm=2500mm

$d_{(F4)}$ = 靶点到 F4 的距离 2370mm+关注点 50mm=2420mm

上表中 S 利用 CAD 软件由设计单位提供的图纸上量取

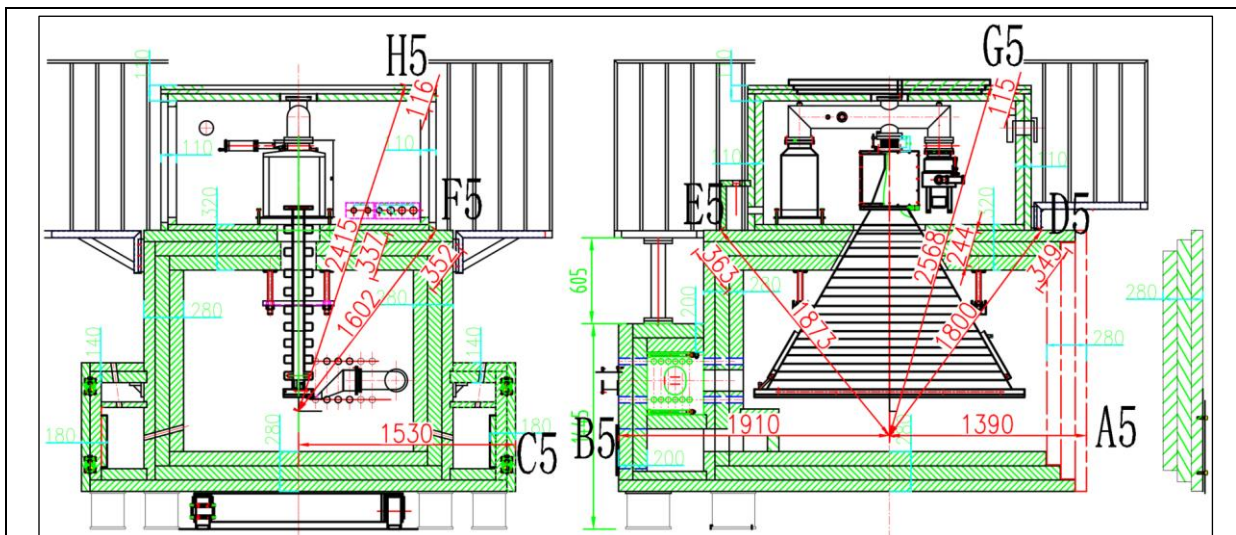


图 11-4 5#加速器辐射预测点位示意图

表 11-6 5#加速器参考点辐射剂量预测一览表

参数	5#加速器辐照室及真空机组室周围参考点							
	A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5
$D_{10}(90^\circ)$ (Gy/h)								
S (cm)								
T_l (cm) 铁								
T_e (cm) 铁								
B_x								
T (保守取值)								
d (m)								
H_M ($\mu\text{Sv/h}$)								

注: $d_{(A5)}$ = 靶点到 A5 的距离 1390mm+关注点 50mm=1440mm

$d_{(B5)}$ = 靶点到 B5 的距离 1910mm+关注点 50mm=1960mm

$d_{(C5)}$ = 靶点到 C5 的距离 1530mm+关注点 50mm=1580mm

$d_{(D5)}$ = 靶点到 D5 的距离 1800mm+关注点 50mm=1850mm

$d_{(E5)}$ = 靶点到 E5 的距离 1873mm+关注点 50mm=1923mm

$d_{(F5)}$ = 靶点到 F5 的距离 1602mm+关注点 50mm=1652mm

$d_{(G5)}$ = 靶点到 G5 的距离 2568mm+关注点 50mm=2618mm

$d_{(H5)}$ = 靶点到 H5 的距离 2415mm+关注点 50mm=2465mm

上表中 S 利用 CAD 软件由设计单位提供的图纸上量取

由表 11-3~表 11-6 可知, 本项目 7 台自屏蔽工业电子加速器均在满工况出束的情况下, 辐照室屏蔽体外四周关注点处的辐射剂量为 $(6.21\text{E}-12\sim 1.71)\ \mu\text{Sv/h}$, 均能满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 中 I 类电子束辐照装置表面外 5cm 处空气比释动能率应不大于 $2.5\ \mu\text{Gy/h}$ 的要求。

3 加速器钢桶辐射环境影响分析

本项目加速器钢桶周围的辐射场主要由三部分叠加:

(1) 真空机组室顶部泄漏的初级 X 射线形成的贯穿辐射场。

真空机组室内与入射电子束成 105° 到 180° 方向的韧致辐射初级 X 射线, 经过辐照室顶部不完全屏蔽的贯穿辐射场几乎大部分均可屏蔽掉。由表 11-3~表 11-6 中关于穿过辐照室及真空机组室顶部射线产生的辐射影响预测结果可以看出, 顶部辐射剂量最大值为 $0.519\ \mu\text{Sv/h}$, 由于该结果在预测时保守取 90° 方向等效能量进行预测分析, 实际上当初级 X 射线散射角度大于 150° 时, X 射线的能量已经很低了, 该预测点位的实际辐射剂量应比预测值还要低得多, 因此这一部分的贯穿辐射场可以忽略。

(2) 辐照室内的 0° 方向上产生的韧致辐射初级 X 射线, 经 180° 方向散射后的次级 X 射线, 通过真空机组室顶上的孔洞照射入形成的散射辐射场。

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, 即使对于 2.0MeV 的电子束造成该方向的散射线, 能量也不超过 0.2MeV , 当穿过孔洞后, 将直接照射到孔洞上方的加速器真空系统及主机侧钢桶。本项目加速器真空系统及主机侧钢桶为钢板防护, 经过屏蔽后对外界的辐射影响很小。

(3) 尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与真空系统及主机钢桶作用产生的束流损失辐射场。

对于加速器在束流加速的过程中产生的束流损失, 根据设备厂家的情况说明, 当加速管内真空度良好的时候, 可以忽略不计。即使在不利工况下, 束流损失也只有 100pA (10^{-12}A) 左右, 其产生的辐射剂量很少。加速器韧致辐射产生的初级 X 射线再经过钢板的进一步屏蔽后, 束流损失对真空系统及主机钢桶外的辐射影响很小。

综上所述, 本项目加速器钢桶周围辐射剂量率几乎可以忽略。

4 天空反散射及侧向散射的辐射影响分析

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。

由表 11-3~表 11-6 中关于穿过辐照室及真空机组室顶部射线产生的辐射影响预测结果可以看出，顶部辐射剂量最大值为 $0.519\mu\text{Sv/h}$ ，由于该结果在预测时保守取 90° 方向等效能量进行预测分析，实际上当初级 X 射线散射角度大于 150° 时，X 射线的能量已经很低了，因此不会对二层仓库场所产生辐射影响，故本项目加速器天空反散射的辐射剂量率对地面的辐射影响很小。

加速器邻近位置如有高层建筑时，需对高层建筑预测侧向散射的影响。根据表 7-1 关于加速器拟建址周围环境保护目标的调查结果，本项目周围无高层建筑，故不再对侧向散射进行计算。

5 胶膜进出口辐射防护分析

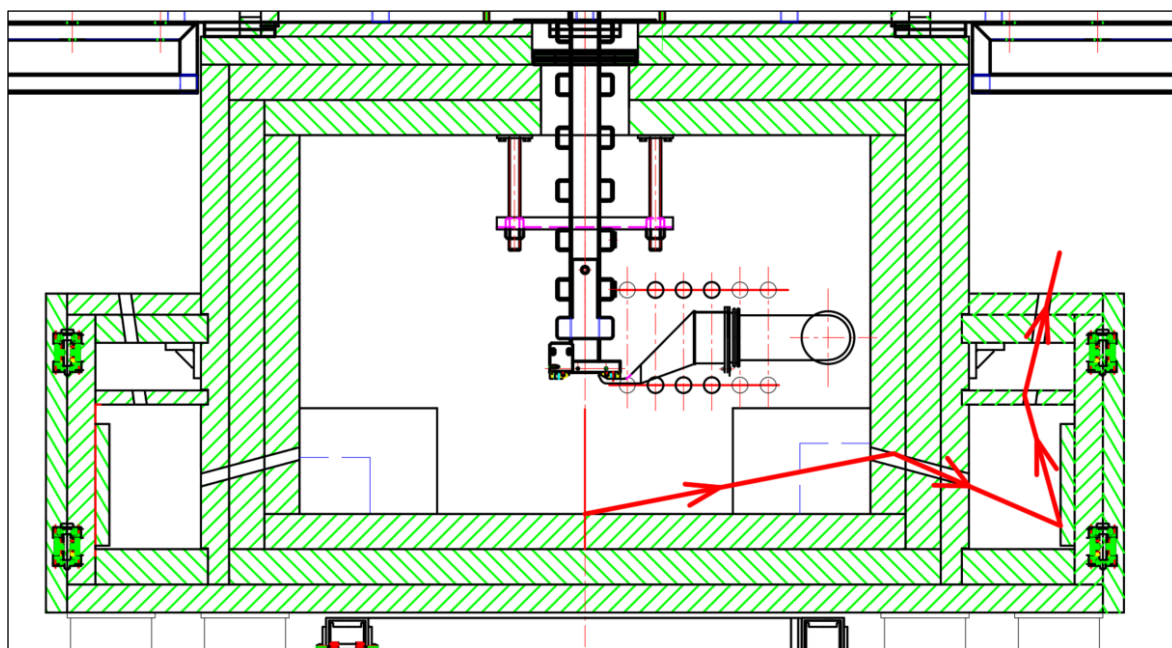


图 11-5 胶膜进出口处 X 射线散射路径示意图（1#、2#、3#、5#、6#及 7#示意图）

本项目加速器辐照室设有迷道式胶膜进出口（见图 11-5 及图 11-6），由图可知辐照室内 0° 方向的电子线轰击到扫描窗下方的不锈钢辊筒上产生初级 X 射线，在 4#加速器中该射线至少经过 4 次散射才会到达进出口，其余加速器中该射线至少经过 3 次散射才会到达进出口。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189“迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工

作人员的安全”。因此，本项目加速器辐照室胶膜进出口设计能够满足辐射防护的要求。

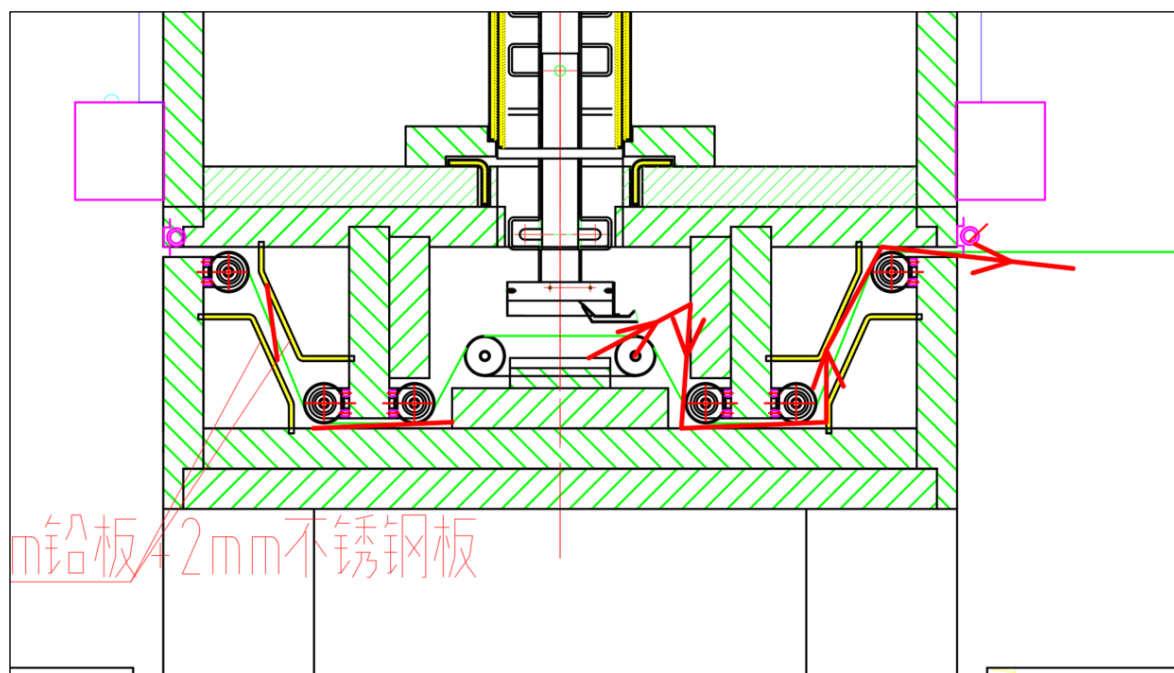


图 11-6 胶膜进出口处 X 射线散射路径示意图（4#示意图）

6 通风管道辐射防护分析

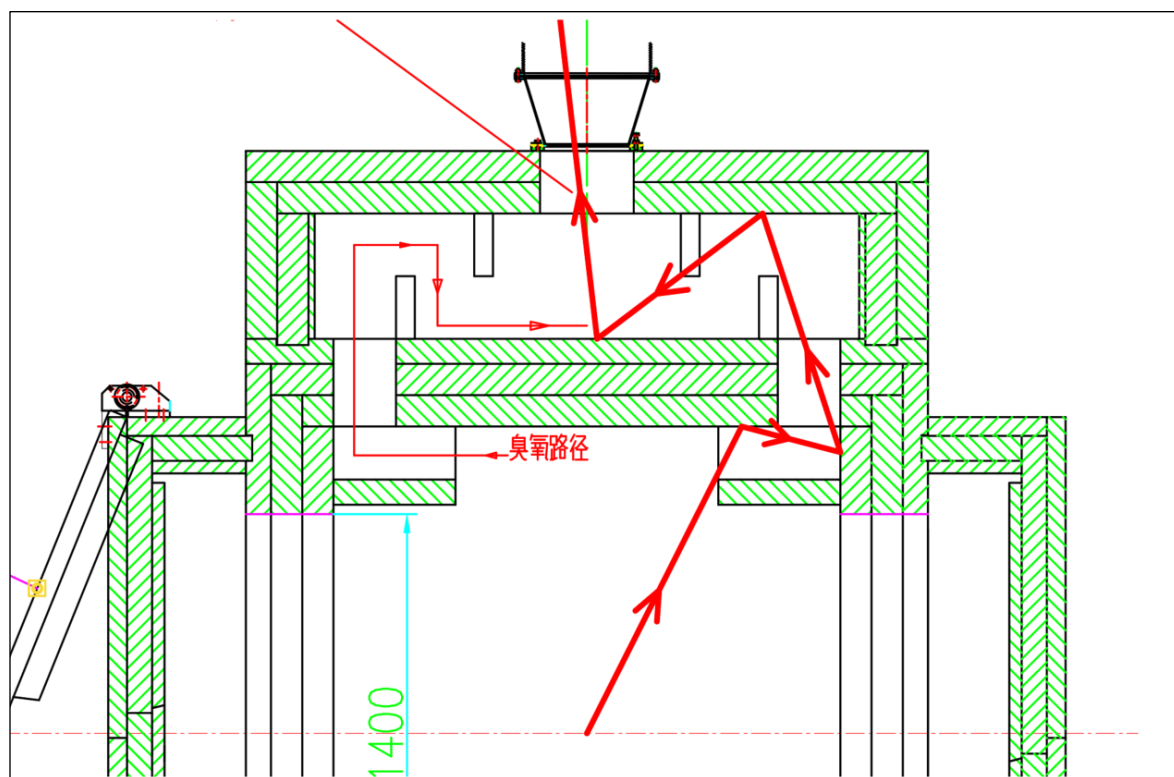


图 11-7 通风系统内 X 射线散射路径示意图（1#、2#、3#、5#、6#及 7#示意图）

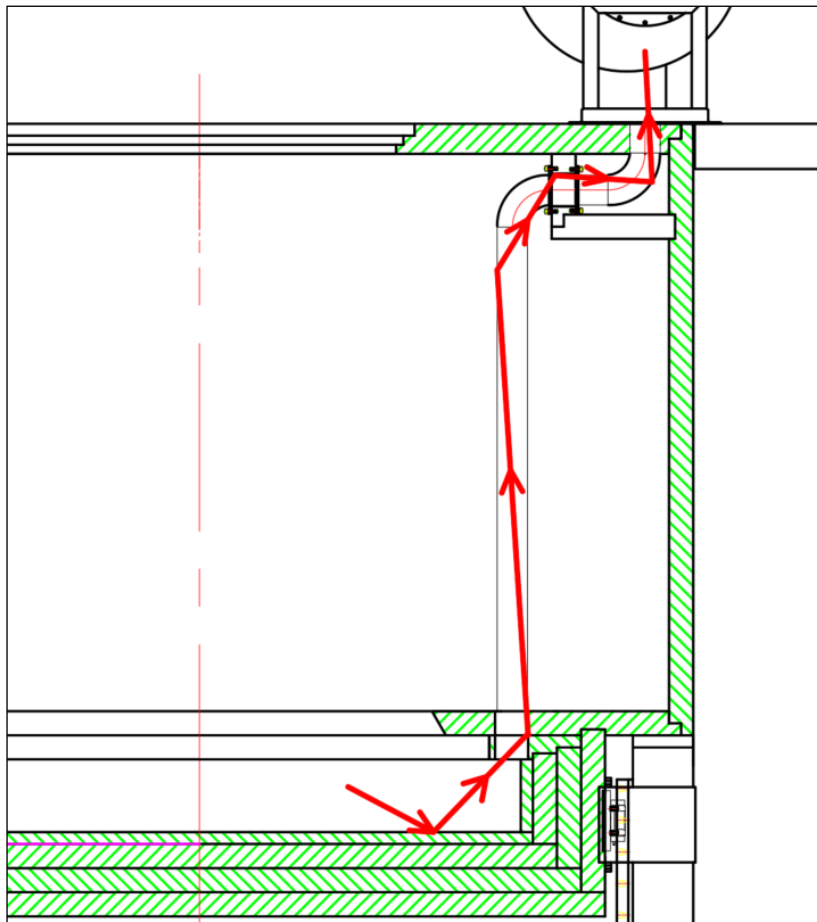


图 11-8 通风系统内 X 射线散射路径示意图（4#示意图）

本项目加速器辐照室内设计有臭氧排风管道，由图 11-7 及图 11-8 可知 7 台加速器的辐照室内的 X 射线都至少经过 4 次散射路径才会到达出口。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 “迷道的屏蔽计算是比较复杂的。一种简易的安全的估算方法，是使辐射在迷道中至少经过三次以上散射才能到达出口处。实例也证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”。因此，本项目加速器辐照室通风管道设计能够满足辐射防护的要求。

7 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目加速器实行一班制，每台加速器拟配 3 人，拟共配备 21 名辐射工作人员，加速器投入运行后每台加速器的年开机出束时间约为 2000 小时。辐射工作人员和公众剂量估算结果列于表 11-7。

表11-7 加速器单独运行时辐射工作人员及公众年有效剂量一览表

保护目标名称（最近距离）		人员类型	居留因子	辐射剂量率* ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)
1#加速器	辐照室东侧0.5m辐射人员	职业	1		
	辐照室南侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧0.5m辐射人员	职业	1		
	辐照室北侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室北侧2m非辐射人员	公众	1/8		
	辐照室西侧25m厂区内行人	公众	1/16		
	辐照室西侧45m西直里路行人	公众	1/32		
2#、3#、 7#	辐照室东侧0.5m辐射人员	职业	1		
	2#、7#辐照室南侧0.5m辐射人员 或3#辐照室北侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧0.5m辐射人员	职业	1		
	2#、7#辐照室北侧0.5m辐射人员 或3#辐照室南侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧25m厂区内行人	公众	1/16		
	辐照室西侧45m西直里路行人	公众	1/32		
	7#辐照室南侧5m厂区内行人	公众	1/16		
	7#辐照室南侧50m兴业大道行人	公众	1/32		
4#	辐照室东侧0.5m辐射人员	职业	1		
	辐照室南侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧0.5m辐射人员	职业	1		
	辐照室北侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧25m厂区内行人	公众	1/16		
	辐照室西侧45m西直里路行人	公众	1/32		

5#、6#	辐照室东侧0.5m辐射人员	职业	1		
	5#辐照室南侧0.5m辐射人员或6#辐照室北侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧0.5m辐射人员	职业	1		
	5#辐照室北侧0.5m辐射人员或6#辐照室南侧0.5m辐射人员	职业	1/4		
	辐照室西侧25m厂区内行人	公众	1/16		
	辐照室西侧45m西直里路行人	公众	1/32		

* 保护目标辐射剂量率数值参考公式11-1计算得出。

辐射工作人员主要在西侧放卷位和东侧收卷位活动，因此西侧和东侧的居留因子取1，南侧及北侧不常活动居留因子取1/4。

表11-8 加速器同时运行时辐射工作人员及公众年有效剂量一览表

保护目标名称（最近距离）	人员类型	居留因子	辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）*	年有效剂量（ mSv/a ）
1#南侧及2#北侧辐射人员	职业	1/4		
2#南侧及3#北侧辐射人员	职业	1/4		
3#南侧及4#北侧辐射人员	职业	1/4		
4#南侧及5#北侧辐射人员	职业	1/4		
5#南侧及6#北侧辐射人员	职业	1/4		
6#南侧及7#北侧辐射人员	职业	1/4		
监督区东侧外30cm厂区内行人	公众	1/16		
监督区南侧外30cm厂区内行人	公众	1/16		
监督区西侧外30cm厂区内行人	公众	1/16		
监督区北侧外30cm厂区内行人	公众	1/16		
辐照室西侧25m厂区内行人	公众	1/16		
辐照室西侧45m西直里路行人	公众	1/32		

*保护目标辐射剂量率数值不考虑距离衰减，保守取表11-7数值简单叠加。

辐射工作人员在加速器南侧及北侧不常活动居留因子取1/4。

由表11-7及表11-8的预测结果表明，本项目7台加速器单独运行或同时运行时，辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv）。

8 非辐射环境影响分析

加速器运行期间，噪声源主要来自冷却水循环水泵、高频机、风机。本项目加速器使用的风机风量大、噪音低、运行稳定，该风机的噪声值为75dB（A）（见附件15），施工时将该风机安装在通风管道的内部，进一步通过厂区墙体及公司围墙的隔离后，其对外界的噪声影响较小，不会对周围环境产生明显影响。

加速器和束下吸收靶冷却采用循环水冷却，电子加速器采用双循环系统制冷冷却，消耗水量很小，采用自动补水方式，水质净化安装在制冷机内部，定期清理，吸收靶冷却采用开环循环的冷却塔冷却，自来水自动补水。产品喷淋冷却水，回收循环利用，不存在废水排放问题。本项目辐射工作人员产生的少量生活污水和生活垃圾。

加速器在工作时，电子束流会使机房内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，臭氧的毒性最高，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本项目主要考虑臭氧的产生及其处理方式。

9 臭氧的产生及其防护

臭氧的产生及其防护理论估算模式参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录B相关公式。

（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示进行保守的估算：

$$P=45dIG.....公式11-6$$

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；1#及6#加速器最大束流为60mA，其他加速器最大束流均为70mA；

d —电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5keV/cm$ 和辐照室尺寸选取，窗口至被辐照胶膜的距离；

G —空气吸收100keV辐射能量产生的臭氧分子数，保守值可取为10。

(2) 辐照室臭氧的平衡浓度

在电子加速器正常运行期间，臭氧不断产生，辐照室内臭氧的浓度随辐照时间t的变化为

$$C(t) = \frac{PT_e}{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_e}}\right) \quad \dots\dots\text{公式11-7}$$

式中：C (t) —辐照室空气中在t时刻臭氧的浓度，mg/m³；

P—单位时间电子束产生臭氧的质量，mg/h；

T_e—对臭氧的有效清除时间，h。

$$T_e = \frac{T_V \times T_d}{T_V + T_d} \quad \dots\dots\text{公式11-8}$$

式中：T_V—辐照室换气一次所需时间，h；

T_d—臭氧的有效化学分解时间（h），约为50分钟。

当长时间辐照时，T_V << T_d，因而 T_e ≈ T_V。当长时间辐照时，辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_S = \frac{PT_e}{V} \quad \dots\dots\text{公式11-9}$$

式中：C_S—辐照室内臭氧平衡浓度，mg/m³；

T_e—对臭氧的有效清除时间，h；

V—辐照室的体积，m³。

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

表11-9 本项目加速器辐照室内臭氧平衡浓度

编号	I (mA)	D (cm)	P (mg/h)	V (m ³)	排风速率 (m ³ /h)	T _e (h)	C _S (mg/m ³)
1#							
2#							
3#							
4#							

5#							
6#							
7#							

(3) 臭氧的排放

由表11-9计算结果可知，电子加速器长期正常运行期间，不考虑排风机的排风能力，电子加速器停机时，辐照室内臭氧浓度远高于GBZ2.1-2019所规定的工作场所最高容许浓度（0.3mg/m³）。因此当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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad \dots\dots \text{公式11-10}$$

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需时间，h。

表11-10 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

编号	T _e (h)	C ₀ (mg/m ³)	C _s (mg/m ³)	T (min)
1#加速器				
2#加速器				
3#加速器				
4#加速器				
5#加速器				
6#加速器				
7#加速器				

通过理论计算可知,本项目电子加速器停止工作后,辐照室内排风机以通风速率5468m³/h继续工作,1#加速器辐照室需通过约0.191min的通风排气,2#、3#及7#加速器辐照室需通过约0.205min的通风排气,4#加速器辐照室需通过约0.039min的通风排气,5#加速器辐照室需通过约0.255min的通风排气,6#加速器辐照室需通过约0.248min的通风排气,辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1-2019规定的臭氧最高容许浓度(0.3mg/m³)。因此当加速器出现故障需要停机检修打开辐照室移门时,风机必须严格按照预测时间工作一段时间后,人员才能打开辐照室进入检修。为更加安全起见同时也便于现场管理,本项目制定了相关规定并拟设置通风联锁装置,加速器停机后需排风1min,辐照室的防护门才能打开。

(4) 臭氧及氮氧化物排放对大气环境的影响分析

辐照加速器在运行过程中,在不断产生臭氧的同时,臭氧又通过自身的分解和强制通风排出室外而减少,长时间运行后,辐照室内空气中臭氧的浓度会达到稳定饱和值。辐照机房臭氧长期稳定的排放速率 Q,是辐照室空气中臭氧的平衡浓度 C_s 和机房风机排风量 L 决定,本项目加速器机房臭氧长期稳定排放速率 Q(g/s)=C_s×L/(3600×1000)。另外加速器机房臭氧长期稳定排放烟气流速(m/s)应为风机流量除以通风管道的截面积(φ为0.273m,室外排气筒高度为24m)。在分析臭氧排放对周围环境的影响时,以此排放速率及烟气流速来预测臭氧落地浓度。

排放的臭氧的最大落地浓度增量(氮氧化物产生量一般为臭氧的三分之一),采用《环境影响评价技术导则-大气环境》(HJ2.2-2018)推荐的估算模式 AERSCREEN 计算(点源,高斯扩散模型)。采用模型默认的0.5m/s作为最小风速,将加速器机房排气筒的臭氧(或氮氧化物)排放速率、排放浓度,以及排气筒参数分别代入大气估算模式 AERSCREEN 程序,估算模型参数见表 11-11。

本项目加速器点源相关参数表见表 11-11。

表11-11 本项目点源（臭氧及氮氧化物）排放参数表及预测结果

编号	废气类型	排放速率 (g/s)	烟气流速 (m/s)	1h最大落地浓度 (μg/m ³)	最大落地距离 (m)
1#加速器	O ₃				
	NO _x				
2#加速器	O ₃				
	NO _x				
3#加速器	O ₃				
	NO _x				
4#加速器	O ₃				
	NO _x				
5#加速器	O ₃				
	NO _x				
6#加速器	O ₃				
	NO _x				
7#加速器	O ₃				
	NO _x				

表11-11的模拟数据说明，加速器运行时：

- (1) 本项目7台加速器的臭氧的最大落地浓度为133.6μg/m³。
- (2) 本项目7台加速器的氮氧化物的最大落地浓度为44.4μg/m³。

本项目按要求设置通风设施后，废气治理措施能够满足相关要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

工业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，**可能发生的事故情形如下：**

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

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

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

本项目使用的工业电子加速器属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，该类射线装置可能发生的事故主要是射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》（环发<2006>145 号）中规定的辐射事故分类和分级处理原则，此类事故通常属于一般辐射事故。

一旦发生误照事故，处理的步骤是：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，辐射工作人员立即就近按下急停按钮，同时公司配电房内工作人员接到通知后第一时间通过远程操作，断开加速器供电总电源阀，停止射线装置出束。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(3) 及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理，缩小事故影响，减少事故损失。

(4) 事故处理后应收集资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的医学检查及结果；采取的纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

2 辐射事故处置方法及预防措施

为了有效的预防辐射事故的发生，常州斯威克光伏新材料有限公司在日常的生产活动及设备检修时，应做到以下要求：

(1) 定期检查联锁装置、紧急停机开关、报警灯、通风系统和冷却水系统等安全设施及其它各项辐射安全与防护设施，保证各项辐射安全与防护设施的正常运行。相关辐射安全与防护设施出现故障或失效时，应停止辐照装置的运行并及时维修，严禁设备带故障运行。

(2) 做好设备的保养维护工作，定期进行维护维修。

(3) 制定详细的安全管理制度和安全操作规程，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

(4) 加强辐射工作人员的辐射安全教育和培训，确保辐射工作人员具备良好的辐射安全文化素质和专业知识。

针对以上可能发生的事故风险，公司应制定根据事故工况情况，针对性提出企业应完善相关处置、预防措施相关内容，对应完善辐射事故应急相关内容和辐射事故应急预案，依照《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（原国家环保总局，环发[2006]145号）和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急预案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，同时向当地卫生健康部门报告。

3 非辐射事故处置方法及预防措施

加速器钢桶内的SF₆在电弧及电晕的作用下，该气体会分解产生低氟化合物，这些化合物会引起绝缘材料的损坏，且这些低氟化合物是剧毒气体。当该气体产生泄漏时，人员应迅速撤离现场，并开启车间内的排风装置。如发现人员中毒应及时就医。

应根据现场情况合理配备相应防护用品，包括护目镜及防毒面罩等。

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许可管理办法》要求，使用 II 类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。

常州斯威克光伏新材料有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司已根据现有加速器制定相关文件，明确公司相关辐射项目的管理人员及其职责，后续应将新增的辐射工作人员纳入管理。公司从事辐射工作的人员均应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。公司现有 9 名辐射工作人员，拟增配 12 名辐射工作人员，拟配备的辐射防护专职管理人员及辐射工作人员均应参加并通过辐射安全和防护的考核，通过考核后，方能从事本项目辐射工作，考核合格的人员，每 5 年接受一次再考核。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。常州斯威克光伏新材料有限公司已制定相关制度，并在以后的实际工作中不断对各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。现对各项制度提出相应的建议和要求：

●**辐射防护和安全保卫制度：**公司已制定《辐射防护与安全保卫规定》，内容较为完善，重点覆盖了电子加速器的运行和维修时辐射安全管理。后续公司应根据具体情况完善制定辐射防护和保卫制度。

●**操作规程：**公司已制定《加速器操作规程》，明确了电子加速器操作步骤。公司还应在该制度中明确辐射工作人员的资质条件要求及操作过程中应采取的具体防护措施。

●**设备维修制度：**公司已制定《加速器安全装置定期检查与维护制度》，还应在制度中明确电子加速器和辐射监测设备维修计划、维修周期、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、安全措施（急停按钮、门机联锁、警示标志、工作状态指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。检修期间在未确认电子加速处于安全受控状态，不得进行检修。

●**岗位职责：**公司已制定《辐射防护人员岗位职责》，明确了管理人员及值班班长的岗位职责内容，还应具体补充辐射工作人员及维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

●**人员培训计划和健康管理制：**公司已制定《人员培训计划》，明确了培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，还应在制度中强调对培训档案的管理，做到有据可查。相关辐射工作人员应及时学习最新的国家政策法规及标准，熟练掌握放射性防护知识、最新的操作技术。根据 18 号令及《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。

●**使用登记制度：**公司已制定《射线装置台账管理制度》，公司应完善电子加速器使用登记制度，规范电子加速器的台账管理。严格按照记录表内容进行登记，使所有工作人员的操作记录有据可查。

●**异常上报制度：**应当按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在 1 小时内向县（市、区）或者设区的市环境保护行政主管部门报告。应当对辐射工作人员进行个人剂量监测，建立个人剂量档案，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 5 日内报告发证的环境保护、卫生部门调查处理。

●**监测方案：**公司已制定《个人剂量与辐射环境监测方案》，已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。为了确保射线装置的辐射安全，该公司应完善监测方案，重点是：

(1) 辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到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。

(2) 对发生辐射事故处理进行全程监测。

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

(4) 委托有资质监测单位对本公司的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射监测

(1) 监测方案

①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》有关要求，公司应安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，拟为本项目辐射工作人员佩戴个人剂量计，并委托有资质的检测机构进行检测（送检周期一般为一个月，最长不应超过三个月），检测数据填入个人剂量档案。个人剂量档案内包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修正本）》的规定“应当长期保存”和《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）的规定“个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年”。

②工作场所辐射水平监测

本项目建成投产后，公司应定期（不少于1次/年）请有资质的单位对本项目辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展调试工作时，公司应定期对辐射工作场所及周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。辐射监测方案见表12-1。

表 12-1 辐射监测方案表

监测对象	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
自屏蔽加速器	X-γ 辐射剂量率	竣工验收监测	1 次	★装置屏蔽体表面 5cm 处； ★辐照室防护门表面 5cm 处； ★公众可达的监督区边界处； ★其余应关注位置：控制柜、收放卷处。
		辐射年度检测，需委托有资质第三方监测	至少 1 次/年	
		自行监测	1 次/季度	

③职业健康监测

根据《放射工作人员职业健康管理办法》：

(a) 辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作。

(b) 建设单位应当组织上岗后的辐射工作人员定期进行职业健康检查，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。

(c) 辐射工作人员脱离工作岗位时，建设单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

(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》要求，开展工业辐照的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

公司已配备 2 台 X-γ 辐射剂量巡测仪及 13 台 X-γ 个人剂量报警仪，拟增配 8 台 X-γ 个人剂量报警仪，项目运行后应定期对检测系统周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

项目运行后应定期对装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。辐射剂量巡测仪及个人剂量报警仪应根据项目实际运行情况，合理设定报警阈值。若在作业过程中，辐射剂量巡测仪或者报警仪突然发生报警，应立即切断控制台供电电源，装置停止曝光，查找原因并及时纠正错误，如果发生人员长时间受照的情况，还应及时安排人员就医并上报主管部门。

公司还应定期检查装置配备的辐射防护措施及防护用品状态，及时盘点物料数量，发现配备的辐射防护用品无法满足项目开展时，应及时维修或补充。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

装置的维护与维修

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）（参考），辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视（检查）每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

一、日检查

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

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

二、月检查

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

- （1）固定式辐射监测仪设备运行状况。
- （2）控制台及其他所有紧急停止按钮。
- （3）通风系统的有效性。
- （4）验证安全连锁功能的有效性。

三、半年检查

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

- （1）配合年检的检测。
- （2）全部安全设备和控制系统运行状况，辐照装置营运单位必须建立与项目有关的运行及维修维护记录制度。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，常州斯威克光伏新材料有限公司针对辐照加速器项目可能产生的辐射事故情况已经制定了事故应急方案，目前公司执行的应急预案内容主要涵盖了以下内容：

(1) 应急机构和职责分工。已明确事故应急救援指挥机构的组成、职责及分工。

(2) 应急人员的组织、培训。已明确应急人员的组织、培训、应急演练。

(3) 应急响应措施。已明确发生辐射事故时应采取的控制措施和事故发生后采取的步骤内容。

还应对照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，修改补充完善以下内容：

(1) 应急和救助的装备、资金、物资准备。

(2) 辐射事故分级。

(4) 辐射事故调查、报告和处理程序。

(5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，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。

公司在以后的工作中需要不断对应急预案进行完善，并加强应急演练，使其具有较强的针对性和可操作性。

落实以上要求后，该公司的辐射事故应急措施能够满足辐射安全的要求。

表 13 结论与建议

结论

常州斯威克光伏新材料有限公司根据生产需要，拟将租赁生产车间（常州市金坛区直溪镇工业园区兴业大道 88 号）在用的 7 台自屏蔽工业电子加速器搬迁至新建的二期厂房车间一内，同时委托无锡爱邦辐射技术有限公司对加速器进行技术升级改造用于胶膜辐照改性。本项目加速器实行一班制，每台加速器拟配 3 人（负责加速器开关机及胶膜收放卷工作），现有 9 名辐射工作人员，拟增配 12 名辐射工作人员，加速器投入运行后每台加速器的年开机出束时间约为 2000 小时。

1 实践正当性分析

常州斯威克光伏新材料有限公司在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将辐射产生的影响降至尽可能小。本项目运行期间会产生电离辐射，在采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目的建设将用于胶膜的辐照改性，可创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射安全与防护管理措施后，带来的效益远大于可能对环境造成的影响，能够符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

2 辐射安全与防护分析结论

2.1 项目选址及合理性分析

常州斯威克光伏新材料有限公司二期厂房位于常州市金坛区直溪镇工业园区直里路 8 号，二期厂房东侧为直里路及中信博新能源科技有限公司，南侧为兴业大道及江苏兆维塑料科技有限公司，西侧为西直里路、空地、江苏广豪佳工业设备有限公司及江苏松上电机有限公司，北侧为一期厂房。本项目 7 台加速器拟建区域为二期厂房车间一西南角，7 台加速器由北至南依次排列（编号为 1#加速器~7#加速器），加速器拟建区域东侧、西侧及北侧均为车间一内部生产车间，南侧为厂区内道路及兴业大道。本项目建址周围无高层建筑，50m 评价范围内无居民区、学校或生态环境等环境敏感目标。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员、50m 范围厂区内其他非辐射工作人员及厂区外公众。**本项目选址基本合理。**

2.2 项目分区及布局

本项目 1#、2#、3#、5#、6#及 7#加速器均为三层结构，一层为辐照室，二层为真空机组室平台，三层为加速器钢桶平台，通往二层真空机组平台及三层加速器钢桶平

台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。4#加速器为二层结构，一层为辐照室及真空机组室，二层为加速器钢桶平台，通往二层加速器钢桶平台均设有扶梯（二层扶梯入口设有联锁装置）。本项目加速器整个辐照工艺流程流水线为自动运行，放卷位设置在加速器辐照室的西侧，胶膜从辐照室西侧入口进入辐照室进行辐照处理，辐照结束后经过不锈钢辊筒从辐照室东侧出来，由辐射工作人员在辐照室东侧控制柜处控制胶膜收卷。本项目加速器工作场所布局合理。

本项目拟将加速器辐照室、真空机组室及加速钢桶设为控制区，在辐照室表面、真空机组室表面及钢桶表面醒目位置均设置电离辐射警告标识及中文警示说明，工作过程中任何人不允许进入控制区内。拟将车间一南墙往北 60 米、加速器等中心点往东 19 米、加速器等中心点往西 23 米的范围设为监督区，将加速器的真空机组室平台（除真空机组室外）及加速钢桶平台（除加速器钢桶外）区域设为监督区，在划定的监督区边界设置实体围挡，二层平台入口门设置高压联锁装置。在监督区入口处设立表明监督区的标牌。在监督区边界中心位置处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”的警告牌及“当心电离辐射”的警告标志。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

2.3 辐射环境现状评价

常州斯威克光伏新材料有限公司迁建 7 台加速器拟建址周围道路处的 γ 辐射剂量率为 (31~38) nGy/h 之间，7 台加速器拟建址周围建筑物室内处的 γ 辐射剂量率为 (51~69) nGy/h 之间。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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室外道路 γ 辐射水平为 (18.1~102.3) nGy/h，室内 γ 辐射水平为 (50.7~129.4) nGy/h，可见本项目加速器拟建址周围环境各检测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然贯穿辐射水平测值范围内。

2.4 辐射安全措施

本项目加速器拟落实的辐射安全措施主要包括：加速器周围设置控制区严禁人员进入，在监督区边界设置实体围挡，在监督区边界中心位置处悬挂清晰可见的警告标志。控制柜上拟设置钥匙开关，开机钥匙与 1 台个人剂量报警仪绑定，由专人负责保管。加速器控制柜、胶膜进出口处（除 4#加速器外）均拟设置紧急停机按钮。4#加速器辐照室顶部、其他加速器辐照室胶膜进出口位置拟各设置 1 个声光报警装置。加速

器多处设置门机联锁装置，4#加速器辐照室合拢接口两侧各设置 1 对行程开关与加速器实现行程联锁，其他加速器在辐照室移门两侧、辐照室检修门、真空机组室检修门及二层扶梯入口均设有门机联锁装置。加速器多处拟设置剂量监测系统并实现剂量联锁，胶膜进出口上方、真空机组室平台拟各设置 1 个辐射剂量监测探头。加速器辐照装置的控制系统与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件。本项目拟设置的辐射安全装置和保护措施符合《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）及《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）中相关要求，辐射安全措施设计安全可行。

2.5 辐射安全管理

常州斯威克光伏新材料有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。同时在项目运行前，根据工作实际，进一步完善适合本单位的辐射安全管理制度。本项目辐射工作人员、辐射防护负责人将通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，通过培训平台报名并参加考核，考核合格后上岗；辐射工作人员将开展职业健康监护和个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。公司已配备 2 台环境辐射剂量巡测仪，13 台个人剂量报警仪，拟增配 8 台个人剂量报警仪。落实以上辐射安全管理要求后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

3 环境影响分析结论

3.1 辐射防护影响预测

根据理论预测结果，本项目运行后加速器周围的辐射剂量率能够满足《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）的辐射剂量率限制要求。

3.2 保护目标剂量

根据理论估算结果，在做好防护措施和安全措施的情况下，加速器对辐射工作人员及周围的公众产生的年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求：**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。**

3.3 三废处理处置

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。本项目 7 台加速器辐照室内风机排风量均为 5468m³/h，1#加速器辐照室每小时换气次数约为 1598 次，2#、3#及 7#加速器辐照室每小时换气次数约为 1540 次，4#加速器辐照室每小时换气次数约为 7490 次，5#及 6#加速器辐照室每小时换气次数约为 1234 次。本项目噪声源采取安装减震及实体隔离等措施后，对外界的影响较小。水冷机组冷却水循环使用不对外排放。工作人员产生的生活污水拟排入城市污水管网，生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理。

4 可行性分析结论

综上所述，常州斯威克光伏新材料有限公司迁建工业电子加速器辐照项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

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) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条规定，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保设施竣工后应及时进行竣工环保验收

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	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于1名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。公司拟设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于辐射安全管理的要求。	/
辐射安全防护措施	<p>屏蔽措施：本项目加速器为自屏蔽设备，辐照室、真空机组室平台及钢桶平台采用钢板屏蔽射线。</p> <p>安全措施：加速器周围设置控制区严禁人员进入，在监督区边界设置实体围挡，在监督区边界中心位置处悬挂清晰的警告标志。控制柜上拟设置钥匙开关，开机钥匙与1台个人剂量报警仪绑定，由专人负责保管。加速器控制柜、胶膜进出口处（除4#加速器外）均拟设置紧急停机按钮。4#加速器辐照室顶部、其他加速器辐照室胶膜进出口位置拟各设置1个声光报警装置。加速器多处设置门机连锁装置，4#加速器辐照室合拢接口两侧各设置1对行程开关与加速器实现行程连锁，其他加速器在辐照室移门两侧、辐照室检修门、真空机组室检修门及二层扶梯入口均设有门机连锁装置。加速器多处拟设置剂量监测系统并实现剂量连锁，胶膜进出口上方、真空机组室平台拟各设置1个辐射剂量监测探头。加速器辐照装置的控制系统与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件。</p> <p>通风设施：本项目7台加速器辐照室内风机排风量均为5468m³/h，1#加速器辐照室每小时换气次数约为1598次，2#、3#及7#加速器辐照室每小时换气次数约为1540次，4#加速器辐照室每小时换气次数约为7490次，5#及6#加速器辐照室每小时换气次数约为1234次。</p>	<p>满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求。</p> <p>满足《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）及《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）的相关要求。</p>	143

人员配 备	辐射安全管理人员和辐射工作人员均可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并考核，考核合格后上岗。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	2
	辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过3个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	/
	辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于1次/2年），并建立放射工作人员职业健康档案。		
监测仪 器及防 护用品	已配备2台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。	5
	已配备13台个人剂量报警仪，拟增配8台个人剂量报警仪。		
辐射安 全规则 制度	制定操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	/

*以上措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行

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