

核技术利用建设项目

新建 1 台自屏蔽电子加速器项目
环境影响报告表

南通金丝楠膜材料有限公司（公章）

2023 年 2 月

生态环境部监制

打印编号：1675757580000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	8xb6o9		
建设项目名称	南通金丝楠膜材料有限公司新建1台自屏蔽电子加速器项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	南通金丝楠膜材料有限公司		
统一社会信用代码	91320681MA22EYBA35		
法定代表人（签章）	韩忠强		
主要负责人（签字）	张庆		
直接负责的主管人员（签字）	张庆		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
欧杰	2016035320352015320101000066	BH008749	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
董巍怡	表1、项目基本情况 表2、放射源 表3、非密封放射性物质 表4、射线装置 表5、废弃物（重点是放射性废弃物） 表6、评价依据 表7、保护目标与评价标准 表8、环境质量和辐射现状	BH026315	
欧杰	表9、项目工程分析与源项 表10、辐射安全与防护 表11、环境影响分析 表12、辐射安全管理 表13、结论与建议	BH008749	

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书



编制主持人和主要编制人员社会保险缴纳证明



江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司

现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57

查询时间：202211-202302

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险	
缴费总人数				
序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	董巍怡		202211 - 202301	3
2	欧杰		202211 - 202301	3

说明：

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请通过江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。



仅用于南通金丝楠膜材料有限公司新建1号自屏蔽电子加速器项目

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.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	21
表 10 辐射安全与防护.....	26
表 11 环境影响分析.....	32
表 12 辐射安全管理.....	46
表 13 结论与建议.....	50
表 14 审批.....	53
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....	54

附图：

附图 1 南通金丝楠膜材料有限公司本项目地理位置图

附图 2 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂区周围环境情况图

附图 3 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂区平面布置图

附图 4 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂房平面布置图

附图 5 本项目电子加速器设计图

附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 射线装置承诺书

附件 3 建设单位营业执照

附件 4 本项目所在厂区不动产权证书

附件 5 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 6 辐射安全许可证正副本

附件 7 原有辐射工作人员培训证书

附件 8 原有辐射工作场所 2022 年度检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建 1 台自屏蔽电子加速器项目			
建设单位		南通金丝楠膜材料有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		启东市吕四港经济开发区石堤大道 16 号			
建设项目地点		南通市启东市吕四港经济开发区石堤大道 16 号			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投资 (万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	295.2
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	项目概述：				
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					
南通金丝楠膜材料有限公司（营业执照见附件 3）注册地址位于启东市吕四港经济开发区石堤大道 16 号。公司主要经营范围：货物进出口；技术进出口。一般项目：塑料制品制造；塑料制品销售；专用设备制造（不含许可类专业设备制造）；机械设备销售；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广。					
公司位于启东市吕四港经济开发区石堤大道 16 号，公司厂区现已取得不动产权证书（见附件 4）。					

公司现已取得辐射安全许可证，许可证编号为“苏环辐证[F0784]”，种类和范围为使用V类放射源，有效期至2026年8月22日，发证机关为南通市生态环境局。

光伏胶膜是太阳能电池封装用膜，是光伏组件的核心材料，包括EVA胶膜、POE胶膜等。其中EVA胶膜是最主要的封装材料，对太阳能电池组件起到封装和保护的作用，能提高组件的光电转换效率，并延长组件的使用寿命。公司拟形成年产700万平米光伏胶膜的生产能力，形成新的经济增长点，有效提升产品结构，实现高品质功能性薄膜产品的生产和研发，从而提升企业核心竞争力，成为国内领先、国际知名、行业一流的功能性膜材料供应商。

因生产工艺需求，公司需对冷却定型后的光伏胶膜进行辐照改性，拟配置1台电子加速器，型号为CEB-500，最大能量为0.5MeV，最大电流为90mA。

公司拟为本项目配备4名辐射工作人员，分为两班制，每班2名辐射工作人员，每天工作8h，每年工作250天，每班工作人员的年工作时间2000h。南通金丝楠膜材料有限公司核技术利用项目情况详见下表：

表 1-1 南通金丝楠膜材料有限公司核技术利用项目表

放射源										
序号	核素	类别	活度 (Bq) *枚数		活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	备注		
1	Kr-85	V类	1.48E+10*1		使用	已填写登记表	已许可	/		
射线装置										
序号	射线装置名称	数量	电子束能量 (MeV)	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	电子加速器 CEB-500	1	0.5	90	II	光伏胶膜车间	使用	本次环评	未许可	未验收

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II类射线装置进行辐照加工，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。受南通金丝楠膜材料有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。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

本项目位于南通金丝楠膜材料有限公司厂区内，厂区东北侧为经九路；东南侧和西南侧为南通东方雨虹建筑材料有限公司；西北侧为纬九路。公司地理位置示意图见附图1，公司周围环境示意图见附图2。

本项目自屏蔽电子加速器拟放置于公司光伏胶膜车间南侧的辐照房间内。光伏胶膜车间东北侧、西南侧、西北侧均为厂区道路，东北侧隔厂区道路为仓库一、仓库二；西南侧隔厂区道路由南向北为地下污水处理池、消防水泵房、35kV变电站、危废品库及危化品库、室外氮气罐；西北侧隔厂区道路为PE膜车间；东南侧为中转仓库及流延膜车间。CEB-500电子加速器拟建址东北侧为五金备件存放区；东南侧为车间辅房3；西南侧为厂区道路；西北侧为配液间和风机房。电子加速器所在厂房平面布置图见附图3。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，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。

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；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省和南通市“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。

本项目电子加速器拟建址周围50m范围内无居民区、医院、学校等环境敏感目标，50m范围涉及建筑包括建设单位厂房，另涉及厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

南通金丝楠膜材料有限公司因业务发展需要，拟在光伏胶膜车间内新建1台工业电子加速器，用于薄膜在线辐照交联，该项目的建设有利于提高产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。采取适当的安全和防护措施后，该项目的建设和运行对社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源

安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

4. 原有核技术利用项目许可情况

南通金丝楠膜材料有限公司目前已开展核技术利用项目。公司现有一枚 V 类放射源，核素为 Kr-85，活度为 1.48E+10Bq。

公司现已取得辐射安全许可证，许可证编号为“苏环辐证[F0784]”，种类和范围为使用 V 类放射源，有效期至 2026 年 8 月 22 日，发证机关为南通市生态环境局。许可证扫描件见附件 6。

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。辐射安全与环境保护管理小组负责辐射防护与安全的领导工作，包括制定相关辐射防护与安全制度、辐射安全与防护措施的定期检查、设备仪器自检、组织辐射工作人员定期参加辐射防护与安全知识考核、定期职业健康体检、个人剂量计送检并管理好辐射工作人员个人剂量及职业健康档案、委托单位对建设单位辐射工作进行年度检测。

公司现有较健全的各项制度及辐射事故应急预案等，具体制度见表 1-2。

表 1-2 现有辐射安全管理制度情况

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位落实情况	是否满足
辐射防护和安全保卫制度	辐射防护和安全保卫制度	满足
操作规程	辐射工作人员操作规程	满足
岗位职责	辐射防护人员岗位职责	满足
设备检修维护制度	设备检修与维护制度	满足
使用登记制度	放射源使用登记、台账管理制度	满足
监测方案	辐射环境监测制度	满足
人员培训计划	人员培训计划	满足
辐射事故应急	辐射事故应急措施	满足

公司现有 1 名辐射工作人员，已通过核技术利用辐射安全与防护考核。辐射工作人员均已开展个人剂量检测，最近一年辐射工作人员有效剂量均满足人员年有效剂量限值要求。辐射工作人员已进行职业健康体检。

表 1-3 辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	证书编号	证书有效期
1	刘爱峰	FS21JS2200274	2021.6.1-2026.6.1

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。南通金丝楠膜材料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。公司原有辐射工作场所 2022 年度检测报告见附件 8。

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、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II	1	CEB-500	电子	0.5	90mA	辐照加工	光伏胶膜车间	本次新建
										/
										/
										/
										/

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	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	/	/	12.5kg	150kg	/	不暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运
生活污水	液态	/	/	1m ³	12m ³	/	不暂存	进入厂区污水管道，最终进入厂区污水处理站处理
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	<ol style="list-style-type: none"> 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； 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； 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； 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 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； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 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； 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），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 10) 《射线装置分类》，中华人民共和国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； 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； 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）； 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>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) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕20号，自2021年5月1日起施行；</p> <p>21) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕3号，自2021年2月1日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《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) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）</p> <p>8) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）</p>

<p>其他</p>	<p>附图：</p> <p>附图 1 南通金丝楠膜材料有限公司本项目地理位置图</p> <p>附图 2 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂区周围环境情况图</p> <p>附图 3 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂区平面布置图</p> <p>附图 4 南通金丝楠膜材料有限公司本项目所在厂房平面布置图</p> <p>附图 5 本项目电子加速器设计图</p> <p>附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图</p> <p>附件：</p> <p>附件 1 委托书</p> <p>附件 2 射线装置承诺书</p> <p>附件 3 建设单位营业执照</p> <p>附件 4 本项目所在厂区不动产权证书</p> <p>附件 5 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 6 辐射安全许可证正副本</p> <p>附件 7 原有辐射工作人员培训证书</p> <p>附件 8 原有辐射工作场所 2022 年度检测报告</p>
------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

表7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目新建的1台自屏蔽电子加速器为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自屏蔽电子加速器屏蔽体外周围50m区域。本项目50m评价范围见附图2、3。

保护目标

本项目新建的电子加速器周围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、从事本项目电子加速器操作的辐射工作人员。
- 2、电子加速器周围公众。

核对《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）以及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域的优先保护单元（见附图6）。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称	所在位置		方位	距曝光室最近距离	人员数量
1	本项目辐射工作人员	南通金丝楠膜材料有限公司	本项目控制柜	本项目加速器西南侧	约2.7m	4人
2	周围公众	南通金丝楠膜材料有限公司	光伏胶膜车间	本项目加速器东北侧、西北侧、东南侧	约3m	约30人
			危化品库	本项目加速器西北侧	约19m	流动人员
			危废品库	本项目加速器西南侧	约20m	流动人员
			35kV变电站	本项目加速器西南侧	约48m	流动人员
			厂区道路	本项目加速器西北侧	紧邻	流动人员

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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

	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) 《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、授乳妇以及年龄在 16~18 周岁的实习人员。应在 1 年的照射不超过年剂量当量限值 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）。

2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等，对关键居民组中的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv（10mrem）。

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保持在可以合理做到的尽可能低的水平。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、靶厅内人中容易到达的地点，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、靶厅内人中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) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）

5.1.4 IIIIV类γ射线辐照装置和II类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测

5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下：

(2) 距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。

5.1.4.2 运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。

5.1.4.3 测量结果应符合 GB17279 第 5 条。（对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 。在屏蔽体的任何 100cm^2 表面积上的平均剂量率允许达到 $2 \times 10^{-2} \text{mSv/h}$ ，但在距屏蔽体的可达界面 1m 处且与该界面平行的 1m^2 ，面积上的平均剂量率不得超过 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 。对非限制区，屏蔽设计要保证该区内和附近公众个人受照年剂量不超过 0.1mSv ）。

4) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）

C.3 有害气体职业接触限值

按照GBZ2.1-2007，有害气体职业接触限值如下：

- a) 臭氧，最高容许浓度：0.3mg/m³。
- b) 二氧化氮，时间加权平均容许浓度：5mg/m³；短时间接触容许浓度10mg/m³。

注：此项限制主要在辐射室。在辐射室，由于射线导致空气电离主要产生臭氧和二氧化氮这两种有害气体。

由于GBZ2.1-2007已废止，根据《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）表1：臭氧，最高容许浓度：0.3mg/m³；氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）时间加权平均容许浓度：5mg/m³；短时间接触容许浓度10mg/m³。臭氧和二氧化氮接触限值并未发生改变。

参考资料：

- 1) 《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。
- 2) 《辐射防护导论》，方杰主编
- 3) 《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“均值 $\pm 3s$ ”数值：原野为（50.4 ± 21.0 ）nGy/h；道路为（47.1 ± 36.9 ）nGy/h；室内为（89.2 ± 42 ）nGy/h。

- 4) 《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》（HJ979-2018）

本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）评价标准，确定本项目为I类电子束辐照装置：

辐射剂量率控制水平：自屏蔽电子加速器表面外5cm处辐射剂量率不超过

2.5 μ Sv/h

辐射剂量控制水平：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

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

本项目位于南通金丝楠膜材料有限公司厂区内，厂区东北侧为经九路；东南侧和西南侧为南通东方雨虹建筑材料有限公司；西北侧为纬九路。公司地理位置示意图见附图1，公司周围环境示意图见附图2。

本项目自屏蔽电子加速器拟放置于公司光伏胶膜车间南侧的辐照房间内。光伏胶膜车间东北侧、西南侧、西北侧均为厂区道路，东北侧隔厂区道路为仓库一、仓库二；西南侧隔厂区道路由南向北为地下污水处理池、消防水泵房、35kV变电站、危废品库及危化品库、室外氮气罐；西北侧隔厂区道路为PE膜车间；东南侧为中转仓库及流延膜车间。CEB-500电子加速器拟建址东北侧为五金备件存放区；东南侧为车间辅房3；西南侧为厂区道路；西北侧为配液间和风机房。电子加速器所在厂房平面布置图见附图3。

本项目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。



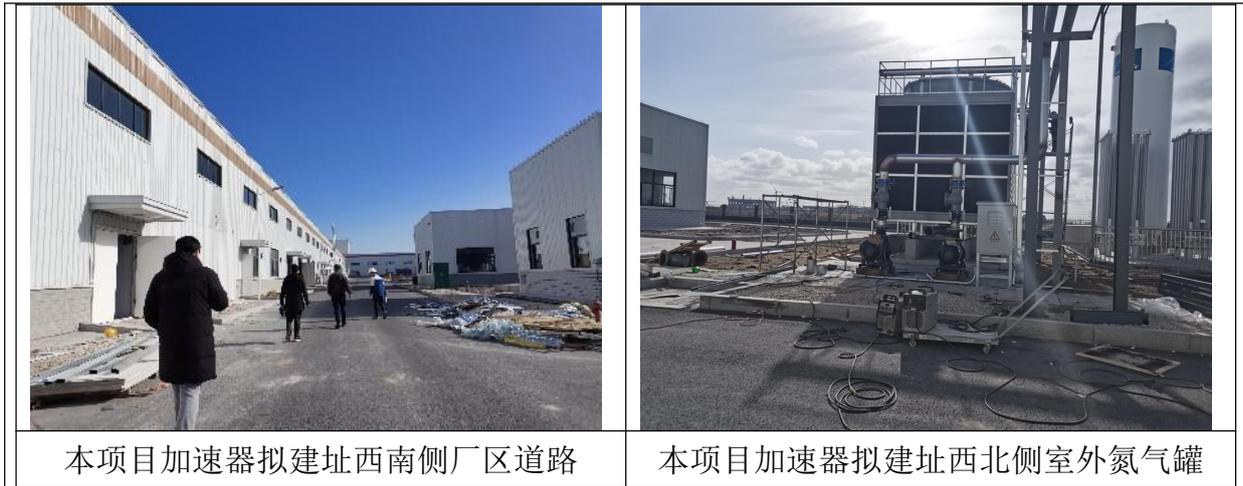


图8-1 本项目电子加速器拟建址环境现状图



图8-2 工程师现场踏勘照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目自屏蔽电子加速器拟建址周围辐射环境。
- 监测因子：本项目自屏蔽电子加速器拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。
- 监测点位：在自屏蔽电子加速器拟建址周围布置监测点位，分别位于自屏蔽电子加速器拟建址中部、周围及保护目标处，共计 15 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）在加速器拟建址周围、内部，以及周围保护目标处布设监测点位，测量曝光室拟建址内部及周围环境 γ 辐射剂量率。
- 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 BG9512P（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：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

校准有效期：2022.6.6—2023.6.5

监测日期：2023年1月10日

环境条件：天气晴、温度5 $^{\circ}$ C、湿度48%

评价方法：参考表7-3江苏省天然 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：本项目加速器拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测结果见表8-1（报告见附件5），监测布点示意图见图8-2。

表8-1 本项目自屏蔽电子加速器拟建址周围环境 γ 辐射剂量率

测点号	点位描述	检测结果（nGy/h）	备注
1	项目拟建址中部	71	室内
2	项目拟建址东北侧	69	室内
3	项目拟建址东南侧	67	室内
4	项目拟建址西南侧	69	室内
5	项目拟建址西北侧	68	室内
6	加速器所在房间东北侧	70	室内
7	加速器所在房间东南侧	64	室内
8	加速器所在房间西南侧	58	道路
9	加速器所在房间西北侧	68	室内
10	光伏胶膜车间西北侧	71	室内
11	光伏胶膜车间东北侧	69	室内
12	中转仓库西侧	70	室内

13	危化品库东侧	68	道路
14	危废品库北侧	69	道路
15	35kV变电站北侧	68	道路

注：监测结果已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为13nGy/h）。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目加速器拟建址及周围 X-γ辐射剂量率范围为（77~85）nGy/h（室内）、（70~82）nGy/h（道路），室内环境辐射剂量率处于江苏省天然γ辐射水平涨落范围、道路环境辐射剂量率处于江苏省天然γ辐射水平涨落范围。

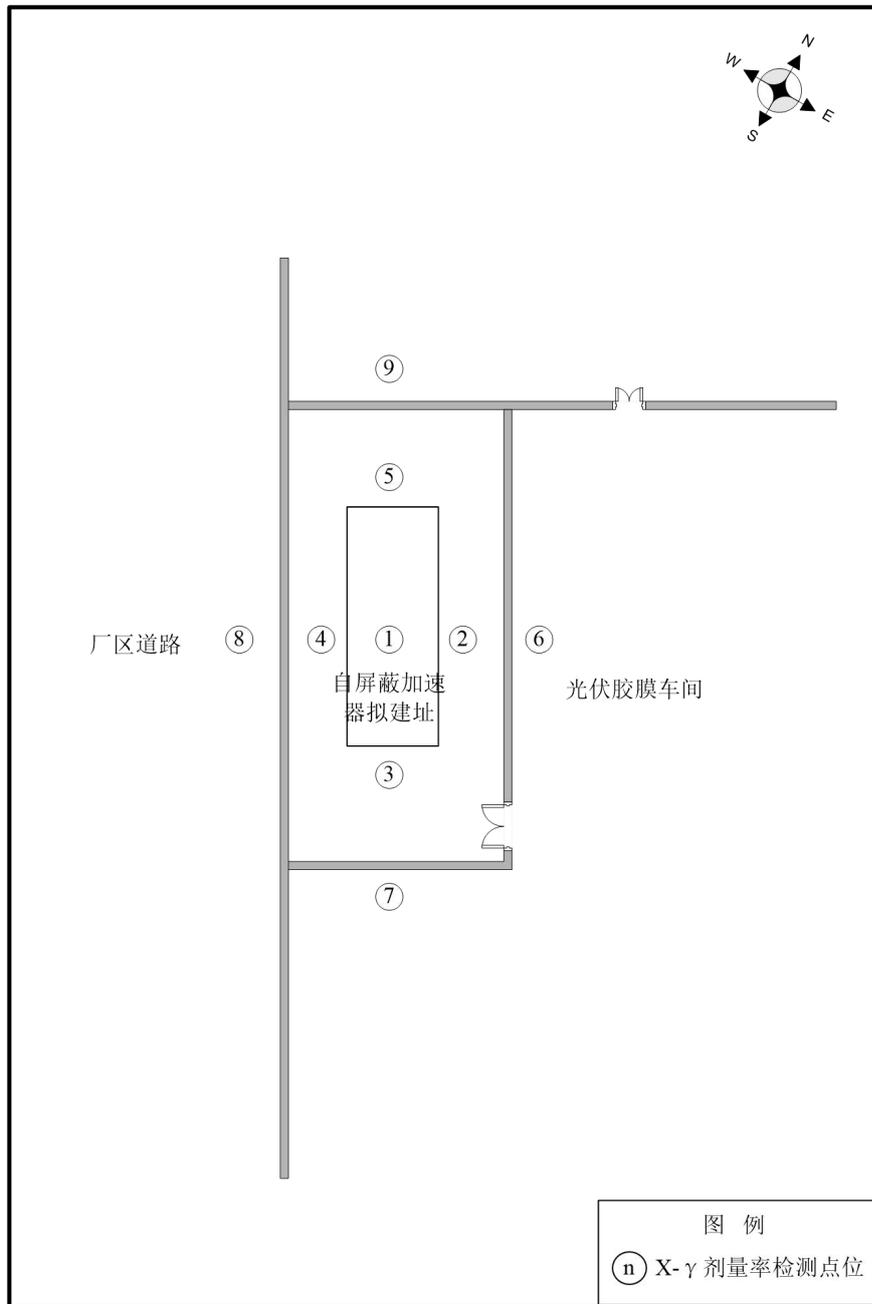


图 8-1 监测点位图

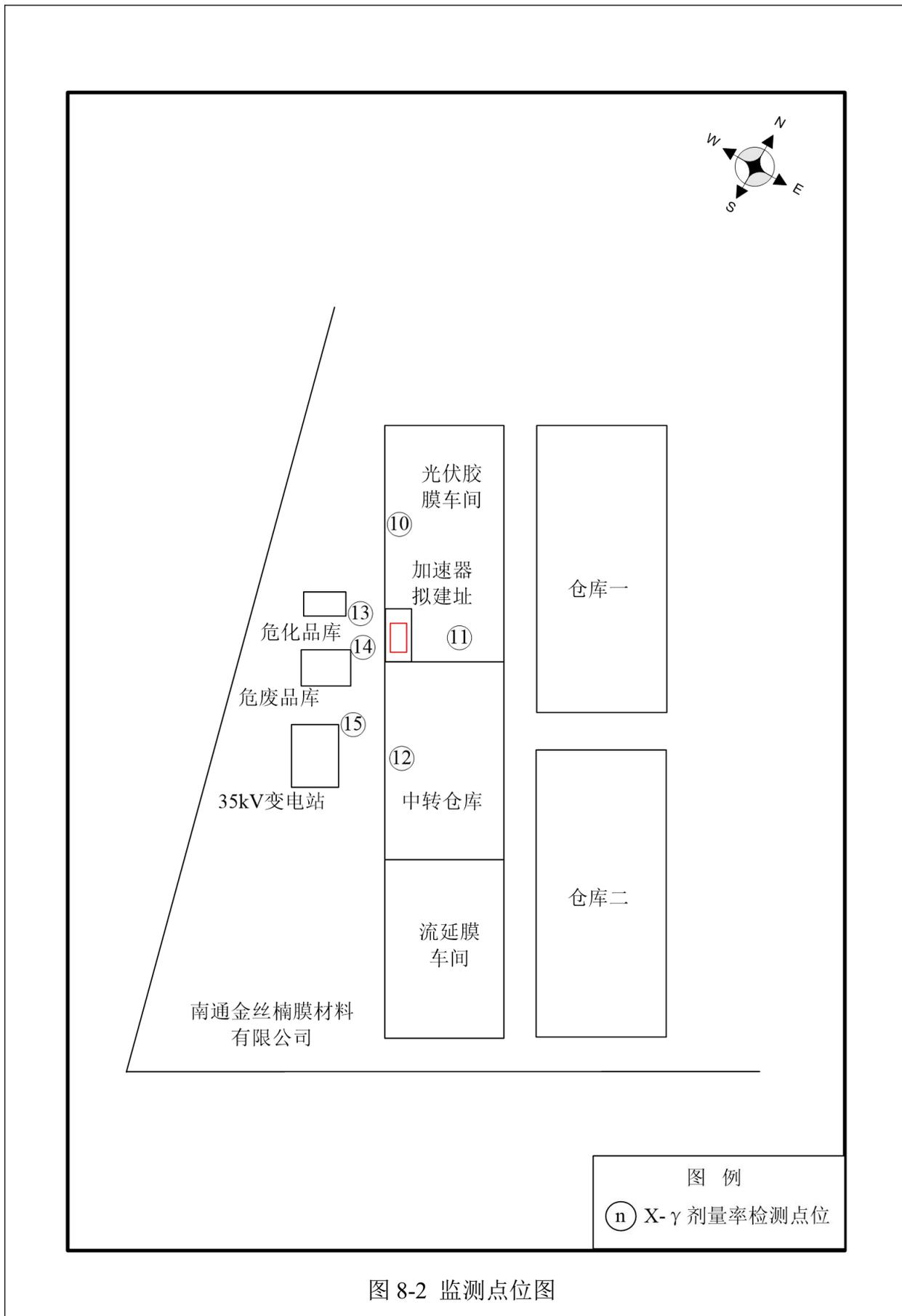


图 8-2 监测点位图

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

南通金丝楠膜材料有限公司根据生产需要，拟在公司光伏胶膜车间新建 1 台自屏蔽电子加速器用于公司生产光伏胶膜的辐照改性。公司拟配备的自屏蔽电子加速器生产厂家为四川智研科技有限公司，型号为 CEB-500，加速器长×宽×高为 5976mm×3535mm×7425mm。

CEB-500 型电子加速器为立式自屏蔽电子加速器，主要结构包括：加速器钢筒、排风机、水冷却系统、辅助设备平台、设备框架、加速器主体、束下传动系统、液压控制与升降系统、配电和控制系统、电源钢桶、配电柜等。其中加速器物料进出口内设有迷道，束下采用滚筒装置，需要辐照物料时，将辐照物料按要求穿过滚筒，用外设收放卷装置带动辐照物料运动，调试时物料进出口开启。本项目使用的自屏蔽电子加速器情况见表 9-1 和图 9-1。

表 9-1 本项目自屏蔽电子加速器设备情况一览表

名称及型号	生产厂家	台数	电子束能量	电子束流强度	扫描宽度	工作方式	能量不稳定性	束流不稳定性
自屏蔽电子加速器 CEB-500	四川智研科技有限公司	1	0.5MeV	0~90mA	1600mm	连续	2%	2%

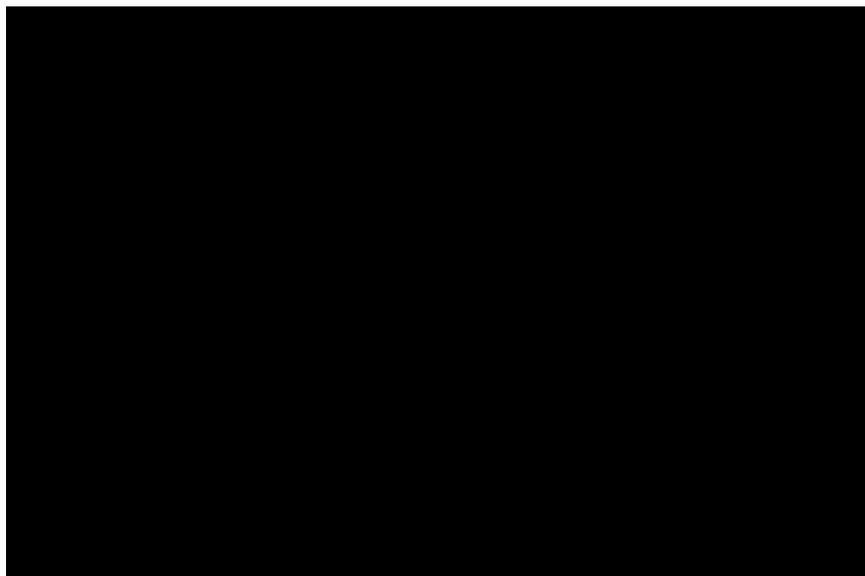


图 9-1 本项目 CEB-500 型电子加速器辐照装置结构示意图

2、工作原理

电子加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

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，最终形成一定能量的电子束，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，再照射在被照物上。

根据系统功能要求和自屏蔽工业电子加速器的特点，系统采用可编程控制系统（PLC）来控制，主要由 PCL 组成的主控制器单元、扫描偏转单元、聚焦单元、束流控制单元、测量单元、安全连锁单元和辅助设备控制单元组成，监测与控制系统采用分布式结构。具体的系统结构如图 9-2 所示。

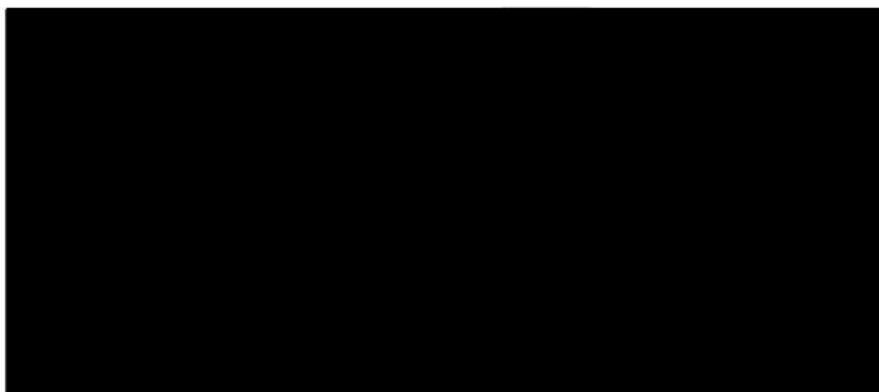


图 9-2 本项目自屏蔽电子加速器系统结构图

高压控制系统：通过 PLC 的控制信号控制调压器输出电压，可以使直流高压电源输出高压与触摸屏操作画面设定的电压相同。高压是通过测量系统设在直流高压装置内部的分压电阻中的电流计算出来的，在 PLC 内比较实测值和设定值，通过输出控制，保证两者差值在稳定的范围来控制。

束流控制系统：通过 PLC 的控制信号对束流控制系统的控制，通过对电子枪色丝电压的控制，并可以使电子枪色丝输出电流值和设置值相同。

扫描偏转系统：扫描线圈由沿着照射范围进行电子束扫描的“X 扫描线圈”，与其呈直角方向扫描，并将通过钛箔的电子束进行分散的“Y 扫描线圈”组成。扫描偏转电源由控制柜内的扫描控制电源机箱和扫描控制器提供，分别产生 X 方向扫描的电流波形和 Y 方向扫描的波形。

真空系统：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。在扫描漂移管的一侧设置有用加速管正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空硅等。

安全连锁系统：主要包括屏蔽室的防护门连锁、紧急按钮、剂量监测连锁和故障报警指示组成。

主控制器：主控制器执行数据采集并控制加速器设备各项功能。

人机界面：人机界面是台触摸屏面板，除了实现人机交互作用外，还用来存储数据资料。操作人员可通过对触摸屏的操作来控制加速器设备和显示设备的运行参数、状态等。

辅助装置的功能：辅助设备控制主要包括排风机、送风机。排风机主要排除机房内产生的臭氧，送风机主要对加速器引出窗进行冷却。

3、工作流程及产污环节分析

工艺流程说明：1、辐照工作人员将公司生产的光伏胶膜通过叉车运至放卷区；2、调整加速器运行参数，调整束下传输装置的传输速度；3、将带辐照的光伏胶膜放置于传输系统上，调整收、放系统位置；4、确定加速器的安全连锁装置、臭氧排风系统、冷却系统等工作正常；5、启动加速器，光伏胶膜通过传输装置从加速器辐照室西北侧进入，辐照胶膜通过束下传输装置从辐照室东南侧送出，收卷系统进行产品收放。

电子辐照过程中会产生 X 射线、臭氧及氮氧化物；收卷后的光伏胶膜经过检测合格后暂存。

本项目加速器辐照工艺流程图见图 9-3。

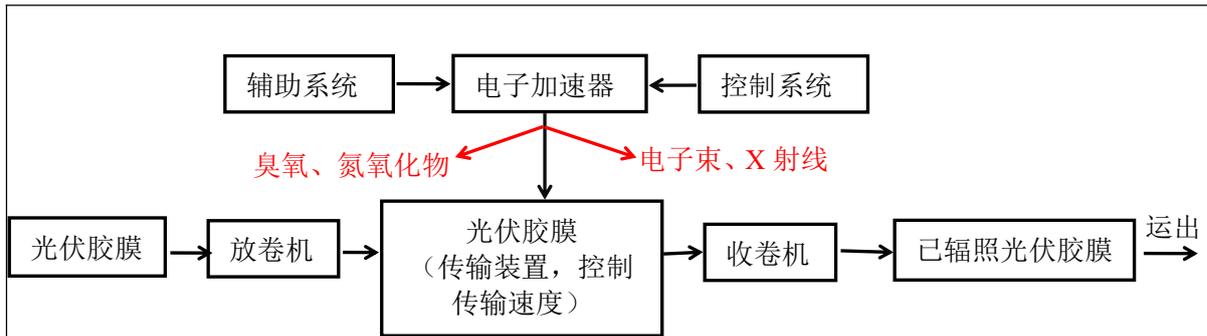


图 9-3 辐照工艺流程及产污环节示意图

4、原有项目情况的介绍

建设单位原许可的辐射工作场已有完善的环保手续。

根据原有项目最近一次该辐射工作场所年检报告可知，原有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）相应要求。经过确认，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，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施及相关制度齐全。原有辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证书均在有效期内，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

综上所述，原有工艺不存在不足或需要改进情况。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由电子加速器工作原理可知，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，对加速器外壳产生一定的辐射影响。此外，电子束打到其他高 Z 物质时也会产生高能 X 射线，X 射线的贯穿能力极强，会对辐照室周围环境造成辐射污染。

当电子能量高于 10MeV 时，由于 (γ, n) 反应产生光致衰变中子，辐照射线作用于空气以及次级辐射等因素，可产生臭氧和气载放射性物质。本项目加速器最大能量为 0.5MeV，不会产生中子及感生放射性，因此不存在加速器结构材料、感生放射性及中子的防护问题。

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。

本项目使用的电子加速器CEB-500最大能量为0.5MeV，最大束流强度为90mA。

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1m³，年排放量为12m³。

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12.5kg，年排放量为150kg。

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

本项目电子加速器为立式自屏蔽结构，共两层。一层为辐照室，主要包括：电控柜、伺服电机、辐照室下端屏蔽体、辐照室侧门屏蔽体、液压站、液压操作台。二层为主机平台，主要包括：高压电源钢桶、加速钢桶、高电压调压柜、闸板阀、机械泵、分子泵、离子泵、排风机送风机及单臂吊车。一层辐照室与二层主机平台不设固定扶梯，当加速器需要检修或日常巡测时使用自备扶梯到达二层。本项目加速器整个辐照工艺流程流水线为自动运行，加速器进出胶膜口拟按照西北-东南向摆放，光伏胶膜从加速器西北侧入口进入辐照室进行辐照处理，辐照结束后从辐照室东南侧出来，由辐射工作人员在东南侧出口处进行样品的回收处理。本项目加速器工作场所布局合理。且公司拟将电子加速器放置在光伏胶膜车间的辐照房间中部，辐照房间采用彩钢板进行物理隔离，并设置门禁，除辐射工作人员外，其余人员不可随意进入该房间。

本项目拟将自屏蔽辐照室边界作为控制区边界，拟在自屏蔽加速器所在辐照房间墙壁作为监督区边界。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。本项目控制区和监督区示意图见附图 10-1。

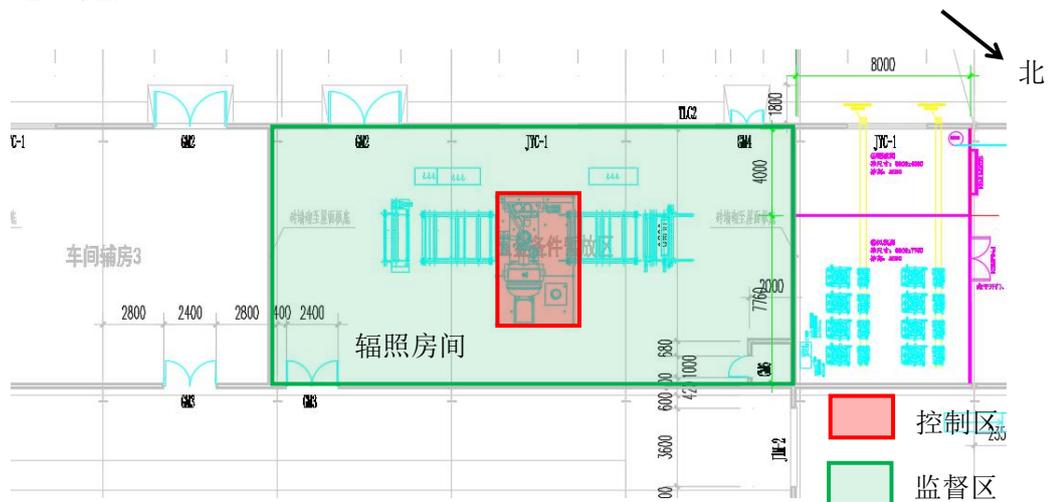


图 10-1 电子加速器控制区、监督区划分示意图

2.辐射防护屏蔽设计

南通金丝楠膜材料有限公司自屏蔽电子加速器采用钢板及铅板进行屏蔽。根据图 10-2 所示，加速器主体辐照室其中 2 面采用 180mm 钢板进行屏蔽，另外 2 面采用 240mm 钢板进行屏蔽；顶部采用 180mm 钢板进行屏蔽（顶部与加速缸筒连接处部分采用 160mm 钢板+20mm 铅板进行屏蔽）；底部电子束辐照范围采用 180mm+20mm 铅板进行屏蔽，其余部分采用 250mm 钢板进行屏蔽；辐照室物料进出口内设有迷道，迷道隔墙采用 30mm 铅板进行屏蔽，且安装有滚轴装置，进出口无屏蔽体；加速器钢筒四周采用 10mm 钢板+10mm 铅板进行屏蔽，顶部采用 54mm 钢板+18mm 铅板进行屏蔽，底部采用 41mm 钢板进行屏蔽。辐照室外排风管道及冷却风管道设计采用 30mm 铅板和 15mm 铅板进行屏蔽。本项目加速器屏蔽参数情况见表 10-1，本项目屏蔽设计图见图 10-2。

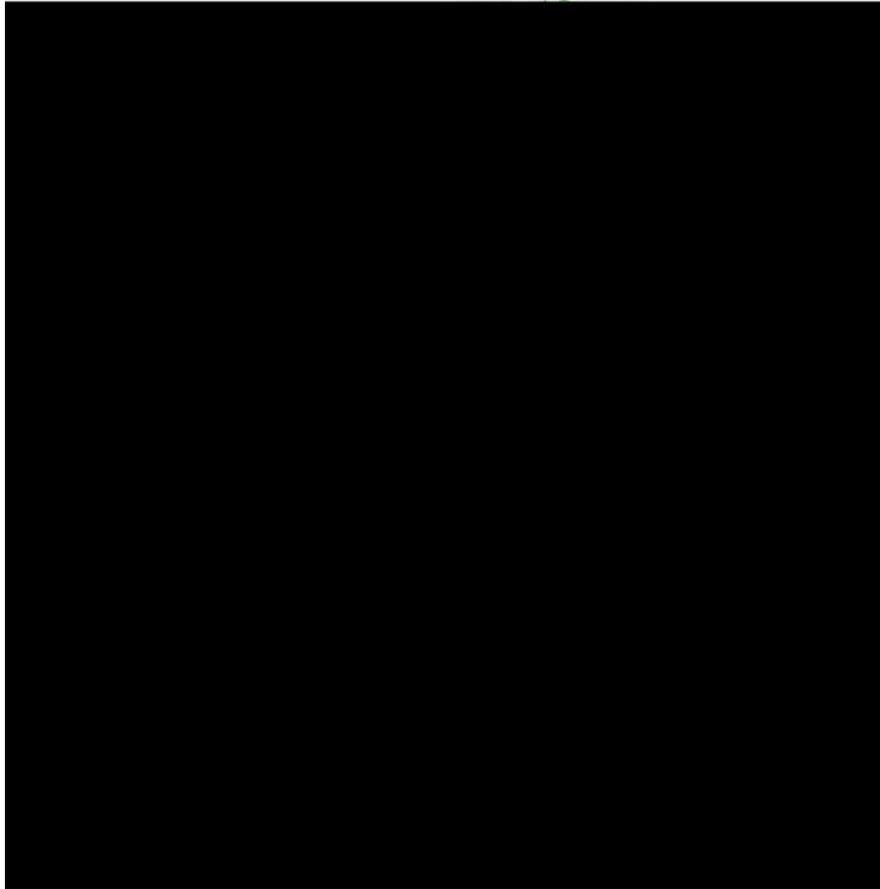


图 10-2 本项目电子加速屏蔽设计图（1）



图 10-2 本项目电子加速屏蔽设计图（2）

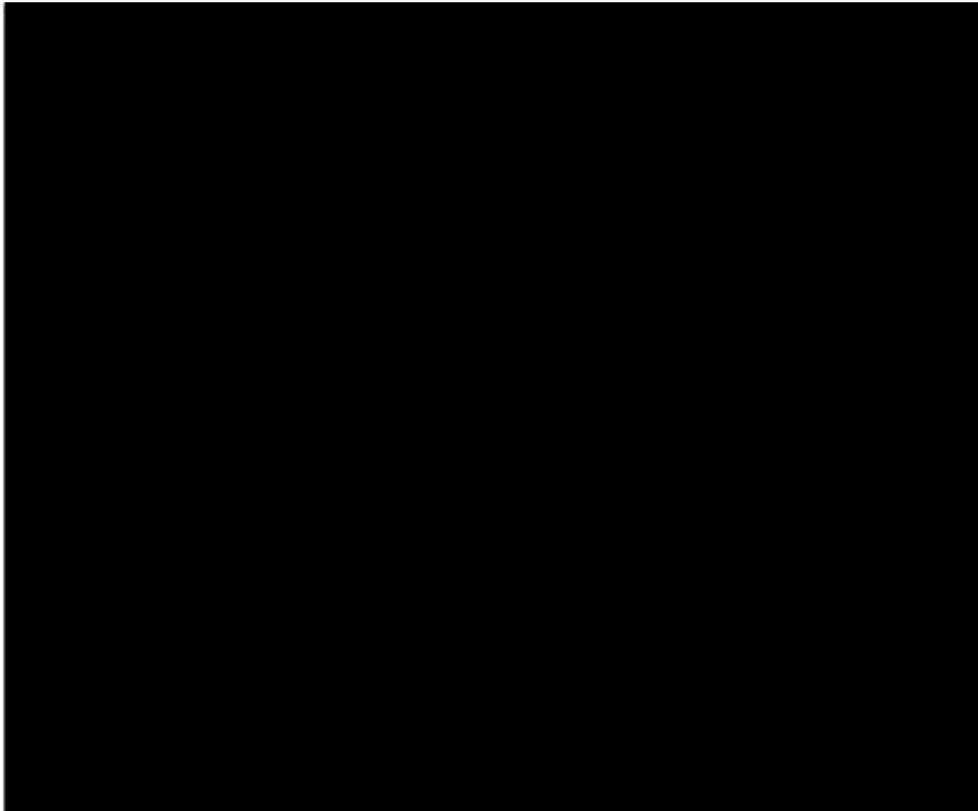


图 10-2 本项目电子加速屏蔽设计图（3）

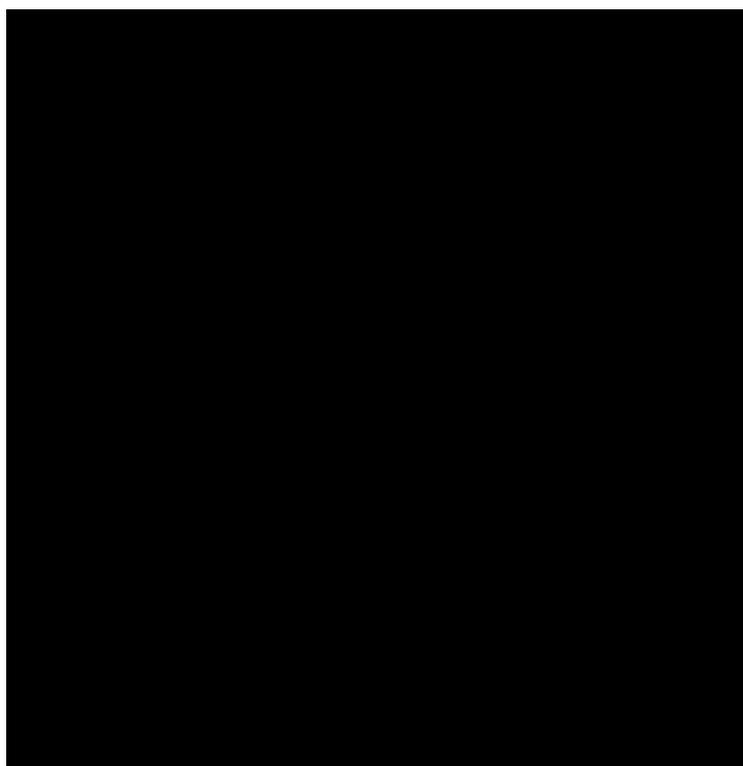


图 10-2 本项目电子加速屏蔽设计图（4）

表 10-1 自屏蔽电子加速器屏蔽参数一览表

型号	位置		屏蔽材料及厚度	
CEB-500	辐照室	顶部	与加速缸筒连接处	160mm 钢板+20mm 铅板 180mm 钢板
			其余部分	180mm 钢板
		底部	电子束辐照范围	180mm 钢板+20mm 铅板
			其余部分	250mm 钢板
		四周	西北侧、东南侧	180mm 钢板
			东北侧、西南侧	240mm 钢板
	进、出料口迷道隔墙		30mm 铅板	
	加速钢桶	顶部	54mm 钢板+18mm 铅板	
		底部	41mm 钢板	
		四周	10mm 钢板+10mm 铅板	
	排风管道		30mm 铅板	
冷却风管道		15mm 铅板		

3.辐射安全和防护措施分析

- 1) 本项目电子加速器通过自带钢板及铅板对 X 射线进行屏蔽。
- 2) CEB500 型电子加速器电子束控制系统均配备钥匙开关，钥匙开关控制加速

器。

3) 系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机。加速器开机钥匙由专人保管，确保他人不能随意开启设备。

4) 主屏蔽体设计有束下屏蔽室与束上屏蔽室，两者闭合形成物料进出口迷道，物料进出时通过液压控制与升降系统控制束下屏蔽室移动；主屏蔽体设计有行程开关联锁，当束下装置出现异常动作时，行程联锁开关启动，加速器自动断电停机。

5) 主屏蔽体设计有能量联锁、束流联锁以及臭氧排风联锁等电子联锁装置，当加速器的能量和束流超出预先设定范围，或排风系统出现故障时，各连锁装置启动，加速器自动断电停机。

6) 本项目主屏蔽体的顶部设备平台未设置爬梯，开机调试时顶部平台无人停留。

7) 加速器控制柜顶部设计工作状态指示灯，其中红色指示设备处于运行状态，绿色表示表示设备停机或故障。

8) 加速器电子束控制柜设计有一个紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，加速器立即停止出束。

9) 主屏蔽体设计有辐射监测系统与剂量联锁装置，监测系统分别在设备左右两侧物料进出口处设两路检测探头，显示装置设于控制柜上，用于检测行程装置联锁情况，任意一路检测辐射泄漏剂量大于 $2.0\mu\text{Sv/h}$ ，设备将自动停机。

10) 电子加速器设有束下装置联锁。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，加速器将自动停机。

11) 拟在加速器主屏蔽体外醒目位置设置电离辐射警告标志。

12) 本项目拟将自屏蔽辐照室边界作为控制区边界，拟在自屏蔽加速器所在辐照房间墙壁作为监督区边界。

13) 本项目电子加速器设计有机械排风装置，通过安装轴流风机，将辐照室内臭氧和氮氧化物引至排气管内，并经排气管排入大气中，出风口高于车间屋脊。

14) 公司已成立辐射防护管理机构，应完善相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，工作过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。

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依托厂区已有的污水管网系统进行处理，最终进入污水处理站处理。

3. 气体废物

CEB500 型电子加速器采用机械排风，进排风口均拟从辐照室顶部引出。电子加速器辐照室顶部拟设置 1 台排风机（风量约 3130m³/h），使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧和氮氧化物溢出。进风通过进风机管道将风输送至扫描盒，用于物料的降温。排风机将装置内臭氧和氮氧化物引至排气管内，排风管延伸至车间外，排气口位于车间顶部，高于车间 0.3 米。CEB-500 型电子加速器装置的辐照室净体积均约为 4.46m³，本项目配备的排风机能够满足相应标准要求。

由于本项目使用过程中，辐射工作人员无需进入屏蔽体内，且本项目电子能量很低，其在屏蔽体内作用产生的臭氧及氮氧化物浓度较小，根据表 11 中对 CEB-500 型电子加速器屏蔽体内臭氧浓度进行计算，臭氧通过排风系统排放至外环境，在常温下可自行分解为氧气，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

南通金丝楠膜材料有限公司本项目 1 台自屏蔽电子加速器为整体外购设备，本项目电子加速器所在车间已建成，仅在通风管道接至厂房屋顶时产生少量的环境污染（施工人员生活污水、施工废气、施工噪声及施工固体废弃物影响）。

项目施工期对环境产生的影响均为短期的，项目建成后，影响即自行消除。该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施后，施工期的环境影响将得到有效控制，对当地环境影响较小。

运行阶段对环境的影响**1.运行期辐射环境影响因子**

当电子能量高于 10MeV 时，由于 (γ 、n) 反应产生光致衰变中子，辐照射线作用于空气以及次级辐射等因素，可产生臭氧和气载放射性物质；并且根据《辐射防护导论》P127 页“带电粒子穿过物质时，主要通过激发、电离过程损失能量。带电粒子在物质中沿其入射方向所穿过的最大直线距离，称为带电粒子在该物质中的射程。只要物质层的厚度大于等于带电粒子在其中的射程，那么，所有入射的带电粒子都将被吸收”。本项目辐射电子加速器最大能量为 0.5MeV，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。鉴于本项目传送带厚度大于电子束的射线，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。

本项目运行后主要的环境影响是电子加速器运行时产生的 X 射线周围环境的辐射影响及产生的臭氧、氮氧化物对周围大气环境的影响。

2. 屏蔽能力估算**2.1 辐照室和加速钢桶屏蔽估算**

由辐照加速器加工材料工艺流程及工程分析可知，加速器运行时，电子束出束方向朝下，在辐照室内电子束可能轰击的物质有 3 种：

- ①辐照产品，主要为光伏胶膜；
- ②电子扫描器下方的钢结构传送带；
- ③辐照室底部钢及铅结构屏蔽材料。

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。本项目电子束主要轰击对象为钢板，因此以钢板作为轰击靶进行进行辐射防护评价。

本项目电子加速器辐照室内，加速器电子束朝下，不直射向四周屏蔽墙，因此辐照室四周辐射影响主要考虑韧致辐射所致、与电子束入射方向呈 90° 的初级 X 射线；底部则考虑与电子束入射方向呈 0° 的初级 X 射线辐射影响；顶部辐射防护屏蔽评价，仅考虑屏蔽体内与入射电子束成 105° 到 180° 方向的韧致辐射初级 X 射线对主屏蔽体顶部考察点的影响。为安全起见，105° 到 180° 方向的发射率常数保守取 90° 方向的发射率常数。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P101 公式 3.50-3.53 可导出参考点的剂量当量指数公式：

$$\dot{H}_{I,r(d)} = \frac{I \times \delta_{\alpha} \times \eta_x}{1.67 \times 10^{-2} \times r^2} \quad \text{----- (11-1)}$$

式中：

$\dot{H}_{I,r(d)}$ —参考点初级 X 射线束的剂量当量指数率，单位是 Sv · h⁻¹；

η_x —X 射线在屏蔽层中的透射比，可用十倍减弱厚度 $\Delta_{1/10,1}$ 方法计算；

δ_{α} —距离辐射源（即靶）1m 处 90° 方向的吸收剂量指数率，
Gy.m².mA⁻¹.min⁻¹；

I—电子束流强度，mA；

1.67×10^{-2} —与 1min 相当的小时数；

r—参考点至辐射源的距离，m。

透射比计算公式为：

$$\eta_x = 1/10^n \quad \text{----- (11-2)}$$

其中： $n = (d - \Delta_{1/10,1}) / \Delta_{1/10,e} + 1$ ----- (11-3)

式中：

n—减弱倍数；

d—屏蔽层厚度，cm；

$\Delta_{1/10,1}$ —靠近辐射源第一个十倍减弱厚度，cm；

$\Delta_{1/10,e}$ —第一个十倍减弱厚度之后的十倍减弱厚度， cm；

一般当电子能量低于 1MeV 时，最大发射率常数方向倾向于与电子束入射方向垂直，根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3（P71），见图 11-1，本项目电子加速器 0° 方向上的发射率常数 δ_α （ 0° ）和 90° 方向上的发射率常数 δ_α （ 90° ）如下所示：

电子加速器 CEB-500（0.5MeV）： δ_α （ 0° ）=0.009Gy.m²/mA.min

电子加速器 CEB-500（0.5MeV）： δ_α （ 90° ）=0.08Gy.m²/mA.min

本项目选取的靶为钢靶，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。根据《辐射防护导论》表 3.1 可知，铜或钢在 90° 方向上的修正因子为 0.5， 0° 方向上的修正因子为 0.7。则：

电子加速器 CEB-500（0.5MeV， 0° ）： $\delta_\alpha=0.009 \times 0.7=0.0063\text{Gy.m}^2.\text{mA}^{-1}.\text{min}^{-1}$

电子加速器 CEB-500（0.5MeV， 90° ）： $\delta_\alpha=0.08 \times 0.5=0.04\text{Gy.m}^2.\text{mA}^{-1}.\text{min}^{-1}$

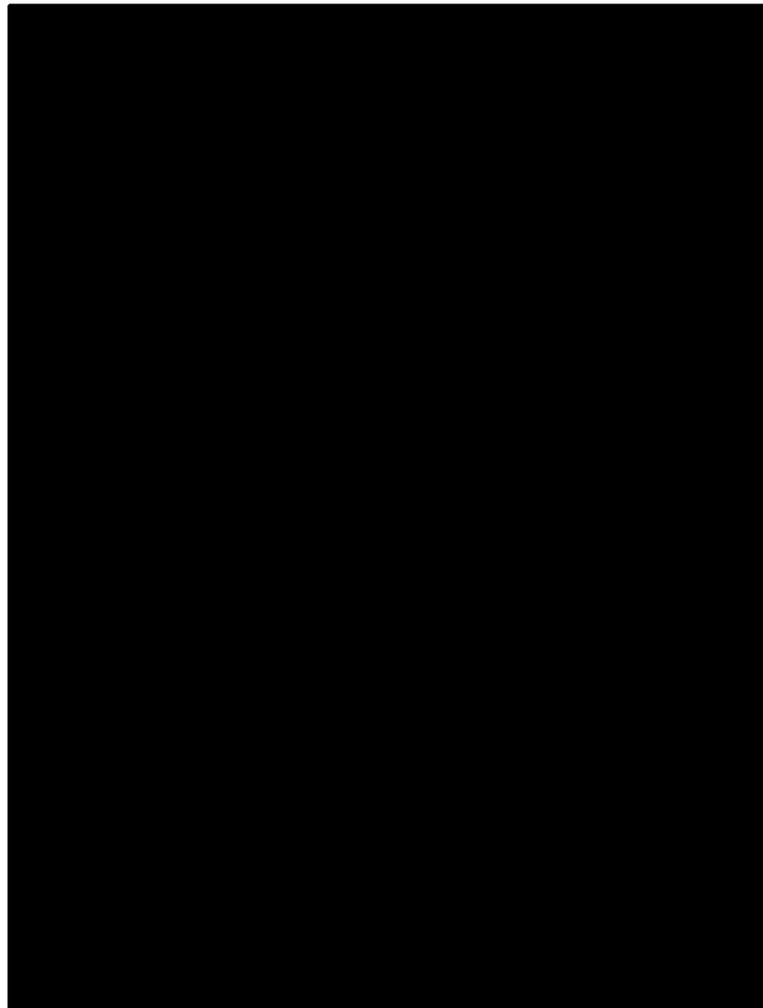


图 11-1 电子束垂直投射高 Z（>73）厚靶上产生 X 射线发射率常数

本项目电子加速器 CEB-500 电子束最大能量为 0.5MeV，根据《辐射防护导论》图 3.25(105 页)，见图 11-2 可知，根据外推法，90°方向的等效入射电子能量为 0.3MeV。查图 3.23 (103 页)，见图 11-3 可知，对于 90° 方向，钢的 $\Delta_{1/10,i}=2.2\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=2.2\text{cm}$ ；对于 0° 方向，钢的 $\Delta_{1/10,i}=3.2\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=3.2\text{cm}$ ；见图 11-4 可知，对于 90° 方向，铅 $\Delta_{1/10,i}=0.25\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=0.4\text{cm}$ 。对于 0° 方向，铅 $\Delta_{1/10,i}=0.5\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=1.2\text{cm}$ 。

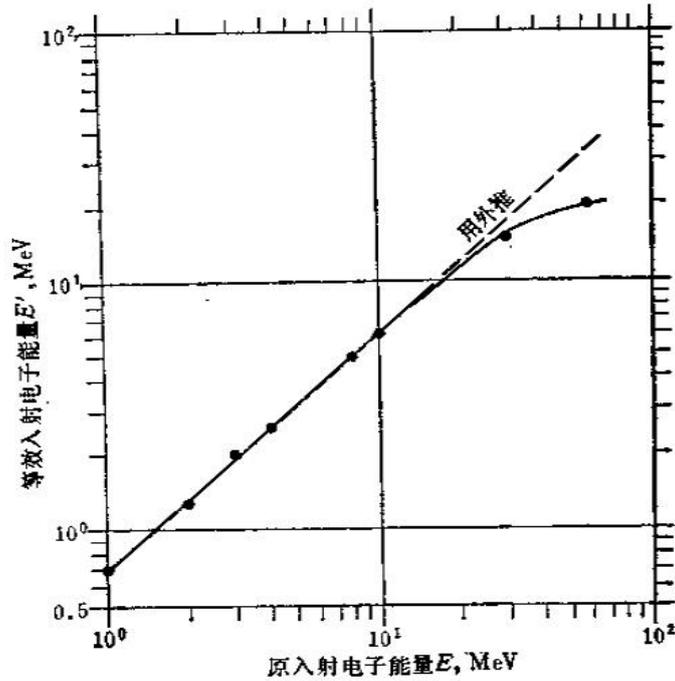


图 11-2 等效入射电子能量 E 与原入射电子能量 E 的关系

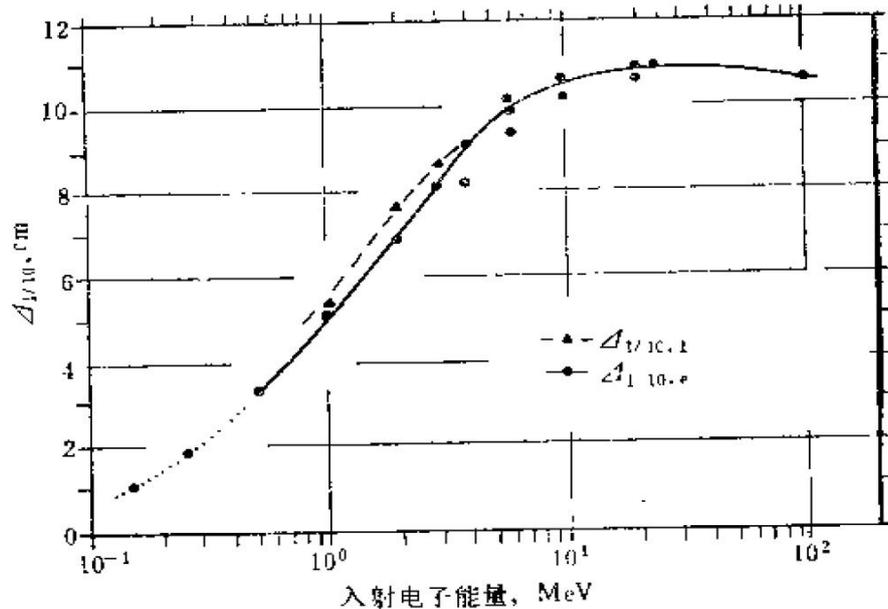


图 11-3 钢对宽束 X 射线的剂量当量指数的十倍减弱厚度

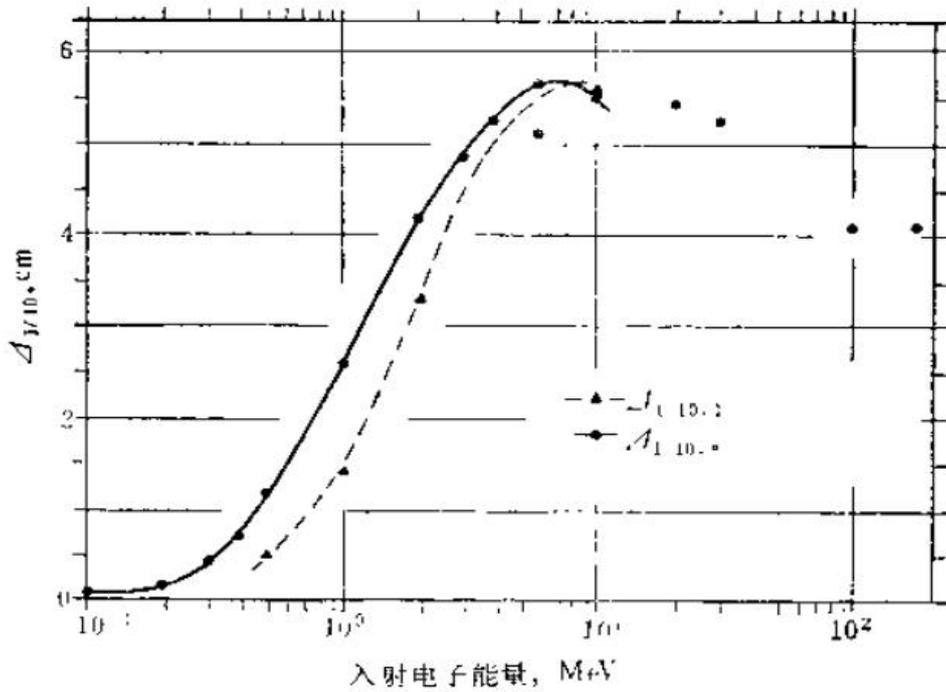


图 11-4 铅对宽束 X 射线的剂量当量指数的十倍减弱厚度

(1) 电子加速器辐照室屏蔽估算

根据公式 11-1、11-2、11-3 代入有关参数，计算辐照室主屏蔽体外参考点处辐射剂量计算结果见表 11-1。关注点示意图见图 11-5。

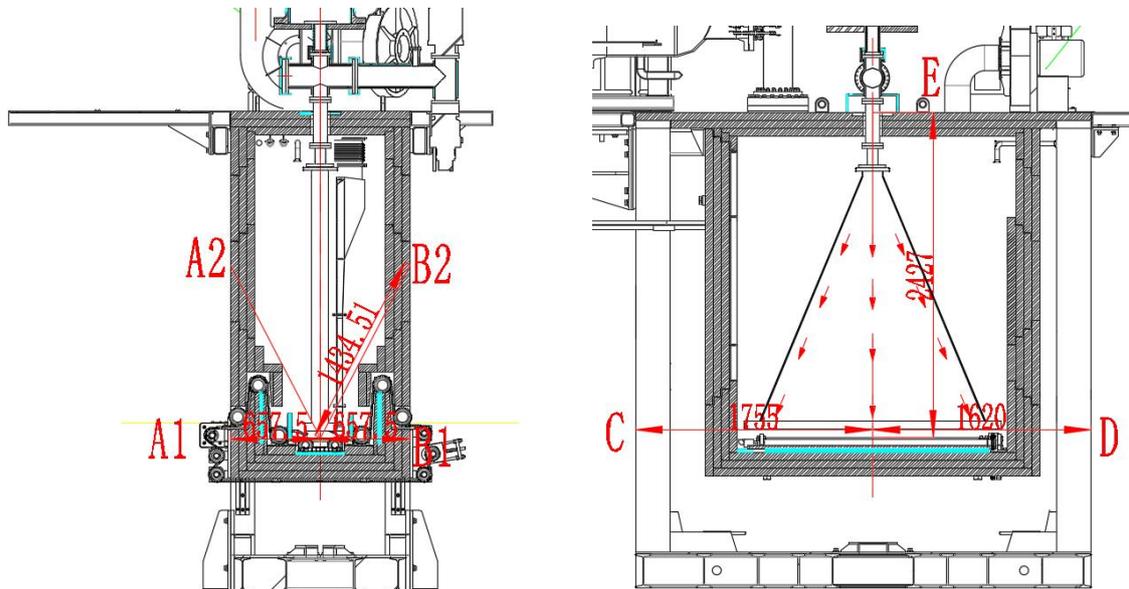


图 11-5 CEB-500 型电子加速器关注点示意图

表 11-1 CEB-500 电子加速器辐照室屏蔽计算

计算位点	A1 和 B1		A2 和 B2	C	D	E
δ_a (Gy \cdot m ² /(mA \cdot min))	0.04		0.04	0.04	0.04	0.04
I (mA)	90		90	90	90	90
屏蔽材料及厚度 d(cm)	钢板 18+铅板 3		钢板 18	钢板 24	钢板 24	钢板 18
$\Delta_{1/10,i}$ (cm)	钢 2.2	铅 0.25	钢 2.2	钢 2.2	钢 2.2	钢 2.2
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)	钢 2.2	铅 0.4	钢 2.2	钢 2.2	钢 2.2	钢 2.2
η_x	[REDACTED]					
r(m)	[REDACTED]					
$\dot{H}_{I,r(d)}$ (μ Gy/h)	3.79E-08		6.45E-01	8.17E-04	9.55E-04	2.32E-01
屏蔽体外周围剂量当量控制率 (μ Gy/h)	2.5		2.5	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足		满足	满足	满足	满足

注：r 为装置表面外 5cm 处，距离取值来自结构图纸；
关注点 A1 和 B1 考虑物料进出口的铅板隔墙防护；
底部人员不可达，故不进行计算。

根据表 11-1，CEB-500 型电子加速器装置表面外 5cm 处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）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 μ Gy/h 的要求。

CEB-500 型加速器顶部屏蔽体外 5cm 处剂量率最大值约为 2.32E-01 μ Gy/h，穿透顶部屏蔽体后的 X 射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足要求。

(2) 电子加速器加速器钢桶屏蔽估算

辐照室顶部加速器加速钢桶内的辐射场由三部分叠加：①辐照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；②辐照室内的 0°方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经地面 180°方向散射后的次级 X 射线，通过辐照室屋顶上的孔洞直接照射到真空机组形成的散射辐射场；③尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失与加速管作用产生的初级 X 射线。

由于 0°方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经地面 180°方向散射形成的次级 X 射线能量较低，受到辐照室顶部的屏蔽后，对加速钢桶外的环境影响很小。对于加速器主体束流加速系统内的束流损失，根据生产厂家提供材料，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，束流损失也仅为一百 pA ($10^{-12}A$) 左右，其产生的辐射剂量很少。再经过钢桶的进一步屏蔽后，束流损失对钢桶外的辐射影响很小。

因此，为简化计算，加速钢桶辐射防护屏蔽评价，仅考虑加速器主屏蔽体内贯穿辐射场的影响。为安全起见， 105° 到 180° 方向的发射率常数保守取 90° 方向的发射率常数。加速器主屏蔽体透射线对加速钢桶外参考点的辐射影响，即初级 X 射线经二次屏蔽（辐照室顶部和加速钢桶）对关注点的影响，依然采用公式 11-1 计算。

表11-2 CEB-500型电子加速器 105° 到 180° 方向的初级X射线对加速钢桶的影响

计算位点	加速钢桶四周	加速钢桶顶部	
δ_a (Gy · m ² /(mA · min))	0.04	0.04	
I (mA)	90	90	
屏蔽材料及厚度 d(cm)	辐照室顶部：钢板 18	辐照室顶部： 钢板 18	加速钢桶顶部+底部：顶：钢板 54+铅板 18；底：钢板 41
$\Delta_{1/10,1}$ (cm)	钢 2.2	钢 2.2	铅 0.25
$\Delta_{1/10,e}$ (cm)	钢 2.2	钢 2.2	铅 0.4
η_x			
r(m)			
$\dot{H}_{I,r(d)}$ (μGy/h)	1.05E-01	4.45E-11	
屏蔽体外周围剂量当量控制率 (μGy/h)	2.5	2.5	
评价结果	满足	满足	

注：加速钢桶四周的辐射影响主要为 105° 到 180° 方向的初级 X 射线经辐照室顶部屏蔽后的辐射剂量率。

根据表 11-2，CEB-500 型电子加速器装置加速钢桶表面外 5cm 处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）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。

2.2 进、出料口辐射防护屏蔽分析

本项目辐照装置进、出料口位于加速器两侧，考虑到垂直地面的电子束轰击钢材产生的 X 射线的屏蔽防护，本项目进出料口采用迷道设计，X 射线在电子加速器辐照室散射路线情况见图 11-5。

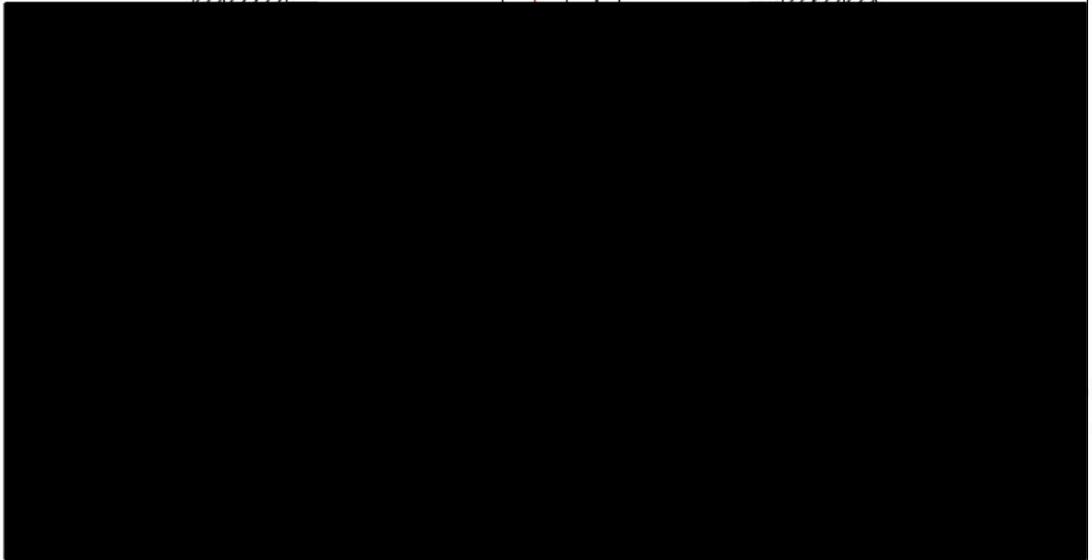


图 11-5 CEB-500 电子加速器辐照室进出料口散射路线示意图

由图 11-5 可知，本项目电子加速器辐照室内 X 射线经过 6 次散射才能到达出口，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页“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的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。”，且产生的 X 射线穿透后辐照室钢板后的剂量率不超过辐射屏蔽剂量率参考控制水平。所以本项目电子加速器辐照室的进出口能够满足辐射防护的要求。

2.2 通风管道屏蔽辐射防护分析

本项目拟建通风管道报告臭氧风机管道和冷却风机管道，均位于加速器顶部。臭氧风机管道和冷却风机管道路径见图11-6。

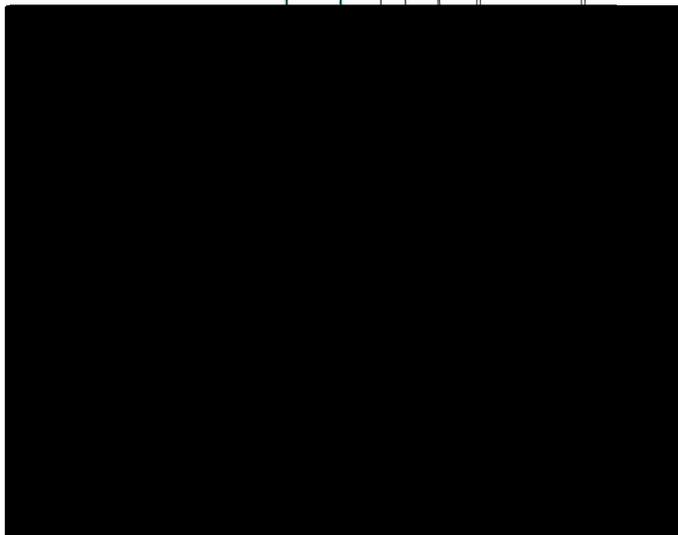


图11-6 X射线在冷却和臭氧风机管道散射路线侧视图（1）

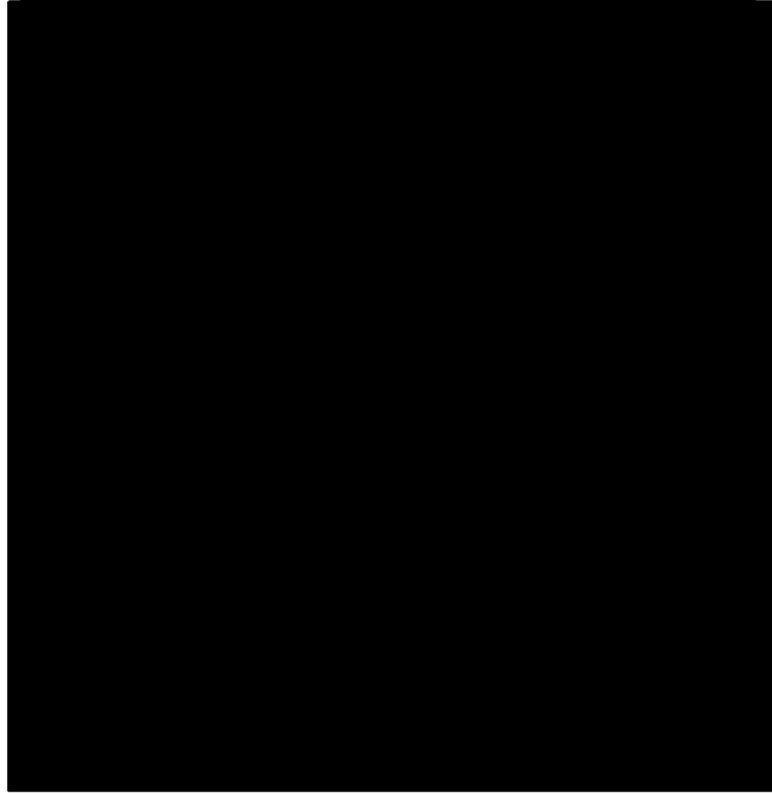


图11-6 X射线在臭氧风机管道散射路线侧视图（2）

（1）臭氧风机管道

加速器电子束打在金属物件上产生X射线，大部分X射线散射至辐照室四周墙体，少量X射线直接进入臭氧风道，经散射后由臭氧风机口处射出辐照室，散射路线见图11-6红色路径。电子束轰击钢靶产生的 105° 到 180° 方向的韧致辐射初级X射线直接进入臭氧风机管道，根据公式11-1、11-2和11-3计算，进过臭氧风机管道铅板屏蔽后，臭氧风机管道外辐射剂量率为 $1.48\text{E}-68\mu\text{Gy/h}$ 。因此本项目臭氧风机管道满足辐射防护要求。

（2）钛窗风机管道

电子加速器通过钛窗风机对加速器进行吹风冷却，加速器电子束打在金属物件上产生X射线，大部分X射线散射至辐照室四周墙体，少量X射线直接进入钛窗风机管道，散射路线见图11-6绿色路径。由于辐照室外风机管道添加铅板进行遮挡，X射线经过管道内3次散射后到达出口，满足《辐射防护导论》（方杰主编）P189页“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的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。”，因此本项目臭氧风机管道满足辐射防护要求。

3.保护目标剂量评价

本项目加速器拟配备4名辐射工作人员，分为两班制，每班2名辐射工作人员，每天工作8h，每年工作250天，每班工作人员的年工作时间2000h。加速器年出束总时间保守取4000h。由于辐射工作人员在装置运行过程中位于装置的控制柜处，根据公式11-4，使用因子取1，年有效剂量见表11-4。

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

式中： H_c ：参考点的周剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：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 11-3 CEB-500 电子加速器本项目辐射工作人员年有效剂量

位置	关注点剂量率 ($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	使用因子	居留因子 q	年受照剂量 (mSv/a)	管理目标 (mSv/a)	评价结果
西侧(控制柜)	6.45E-01	1	1	1.29	5(辐射工作人员)	满足

表 11-4 CEB-500 电子加速器周围公众年有效剂量

位置	装置表 5cm 剂量 率($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	关注点剂量 率($\mu\text{Gy}/\text{h}$)	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
光伏 胶膜 车间	东北侧(五金备件存放区)		1	1/5	3.19E-05	0.1(公众)	满足
	东南侧(车间辅房3)		1	1/5	2.74E-03	0.1(公众)	满足
	西南侧(厂区道路)		1	1/5	3.73E-05	0.1(公众)	满足
	西北侧(配液间和5号风机房)		1	1/5	2.48E-03	0.1(公众)	满足
危化品库			1	1/8	6.48E-07	0.1(公众)	满足
危废品库			1	1/8	5.85E-07	0.1(公众)	满足
35kV 变电站			1	1/8	1.03E-07	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该方向上的最大剂量率进行距离衰减计算得出；由于保护目标处的周围公众为单班制工作，因此年受照时间按照2000h计算。

根据表11-3至表11-4，辐射工作人员年有效剂量最大为1.29mSv，公众年有效剂量最大为2.74E-03mSv。本项目辐射工作人员及公众年有效剂量均能够满足《γ射

线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对工作人员和公众剂量约束值要求。

4. 电子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：

$$P=45dIG \quad \dots\dots\dots (11-5)$$

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；本项目为 90mA；

d—电子在空气中的行程（cm），应结合电子在空气中的线阻止本领

$s=2.5\text{keV/cm}$ 和辐照室尺寸选取，取 10cm（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

$$C(t) = \frac{PT_c}{V} \left[1 - e^{-\frac{t}{T_c}} \right] \dots\dots\dots (11-5)$$

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_c—对臭氧的有效清除时间，h。

$$T_c = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \dots\dots\dots (11-6)$$

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_c ≈ T_v。当长时间辐照时，辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \dots\dots\dots (11-7)$$

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11-5 本项目加速器辐照室臭氧平衡浓度

d (cm)	I (mA)	G	T _v (h)	V (m ³)	C _s (mg/m ³)
10	90	10	1.42E-03	4.46	129.39

注：本项目电子加速器排放及排风量为3130m³/h。

(3) 臭氧的排放：

由表 11-5 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：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \dots\dots\dots (11-8)$$

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 11-6 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间

C ₀ (mg/m ³)	T _e (h)	C _s	T (h)
0.3	1.42E-03	129.39	8.64E-03

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 3130m³/h 继续工作，加速器辐照室需通过约 8.64E-03 小时的通风排气，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时，风机必须在加速器停机 8.64E-03 小时后人员才能打开辐照室检修。

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（O₃）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极其防护。”，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

本项目加速器辐照室设置机械通风系统, 排风速率大于送风速率, 加速器运行期间及停机后通风系统一直保持运行, 辐照室内保持负压状态, 臭氧和氮氧化物等废气不会泄漏至车间内, 辐照室内臭氧和氮氧化物可通过通风系统排出, 然后通过加速器排风管道分别排入厂房外大气中。因此在加速器运行过程中产生的臭氧排入大气后很快就能分解, 对周围环境影响较小。氮氧化物的产额小于臭氧, 通过机械通风系统及时排出辐照室至车间外, 对环境的影响较小。

事故影响分析

本项目主要存在以下几种事故工况:

①辐照装置防护门安全联锁发生故障, 工作人员在不知情下开机出束辐照, 造成误照射。

②辐照工作结束后, 射线尚未关闭就打开辐照装置防护门, 而操作人员未能使用合适的测量仪器进行测量或未佩戴个人剂量报警仪, 进而造成误照射。

事故处置方法及预防措施:

(1) 事故情况下立即切断加速器高压控制开关的电源, 组织人员保护现场, 迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理, 在 1 小时内上报生态环境、公安部门等有关管理部门, 并做好辐射事故档案记录。对造成或可能造成人员超剂量照射的, 还应当同时报告卫生健康部门;

(2) 发生人员受照事故时, 迅速安排受照人员接受医学检查和救治, 建立并保存相应的医疗档案;

(3) 辐射事故发生后, 积极配合生态环境、公安等管理机关做好事故调查和善后处理;

(4) 对发生事故的加速器装置, 请有关供货单位或相关的检测部门进行检测或维修, 分析事故发生的原因, 提出改进意见, 并保存记录。

南通金丝楠膜材料有限公司应强化管理, 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态应急方案，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管理办法》、《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；使用射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。南通金丝楠膜材料有限公司在项目运行前已成立相应的辐射安全管理机构，并将以文件形式明确各成员管理职责；本项目拟配备 4 名辐射工作人员要求上岗前应通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。建设单位应为其建立职业健康档案和个人剂量监测档案。

以后如有新增辐射工作人员，建设单位应及时组织其自主学习后，通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台或者微信小程序“HJSLY”报名并参加定期组织的考核（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）。建设单位所有辐射工作人员必须通过考核后方能正式进行探伤作业，且将确保辐射安全管理机构人员中持有辐射安全与防护考核合格证。此外，担任本项目辐射防护负责人的相关工作人员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

本项目为新建项目，南通金丝楠膜材料有限公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》针对本项目完善辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等，在实际工作中公司还应不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对制定各项管理制度要点提出如下建议：

- **操作规程：**制定加速器操作人员的资质条件要求、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。

- **岗位职责：**完善管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对加速器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，补充加速器辐照室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。
- **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定期监测方案，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。发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。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主管部门报告。

辐射事故应急措施：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）的要求结合本项目可能发生的辐射事故完善事故应急预案，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。

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。

南通金丝楠膜材料有限公司新建 1 台自屏蔽电子加速器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

南通金丝楠膜材料有限公司根据管理要求，应制定如下监测方案：

- 1) 请有资质的单位定期对电子加速器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。

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》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。

南通金丝楠膜材料有限公司拟配置 1 台辐射剂量巡测仪，本项目应为电子加速器配备 2 台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对电子加速器机房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

公司本项目拟配备 4 名辐射工作人员，公司拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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。

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。

辐射事故应急预案

南通金丝楠膜材料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。

南通金丝楠膜材料有限公司依据《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。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。公司应经常监测自屏蔽电子加速器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**

南通金丝楠膜材料有限公司因业务发展需要，拟在光伏胶膜车间内新建1台工业电子加速器，用于薄膜在线辐照交联，该项目的建设有利于提高产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。采取适当的安全和防护措施后，该项目的建设和运行对社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

2. 与产业政策的相符性

本项目使用自屏蔽电子加速器对公司生产的产品进行辐照改性，根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》及《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（国家发展改革委令2021年第49号），本项目属于鼓励类。根据《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012年本）》（苏政办发〔2013〕9号）及《关于修改〈江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012年本）〉部分条目的通知》（苏经信产业〔2013〕183号）的相关规定，本项目属于鼓励类。故本项目的建设符合国家现行产业政策。

3. 选址、布局合理性

本项目位于南通金丝楠膜材料有限公司厂区内，厂区东北侧为经九路；东南侧和西南侧为南通东方雨虹建筑材料有限公司；西北侧为纬九路。公司地理位置示意图见附图1，公司周围环境示意图见附图2。

本项目自屏蔽电子加速器拟放置于公司光伏胶膜车间南侧的辐照房间内。光伏胶膜车间东北侧、西南侧、西北侧均为厂区道路，东北侧隔厂区道路为仓库一、仓库二；西南侧隔厂区道路由南向北为地下污水处理池、消防水泵房、35kV变电站、危废品库及危化品库、室外氮气罐；西北侧隔厂区道路为PE膜车间；东南侧为中转仓库及流延膜车间。CEB-500电子加速器拟建址东北侧为五金备件存放区；东南侧为车间辅房3；西南侧为厂区道路；西北侧为配液间和风机房。电子加速器所在厂房平面布置图见附图3。

本项目电子加速器拟建址周围50m范围内无居民区、医院、学校等环境敏感目标，

50m范围涉及建筑包括建设单位厂房，另涉及厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事电子加速器操作的辐射工作人员及周围公众。

4. 辐射屏蔽能力分析

南通金丝楠膜材料有限公司本项目自屏蔽电子加速器通过自带钢板及铅板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备自屏蔽电子加速器辐照装置以最大功率运行时其表面外 5cm 处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）剂量率限值要求。

5. 保护目标剂量

根据理论计算结果，本项目自屏蔽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）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

6. 辐射安全措施

CEB500 型电子加速器配备钥匙开关；电子加速器开机钥匙由专人保管；主屏蔽体设计有行程开关联锁；主屏蔽体设计有能量联锁、束流联锁以及臭氧排风联锁等电子联锁装置；主屏蔽体的顶部设备平台未设置爬梯，开机调试时顶部平台无人停留；加速器控制柜顶部设计工作状态指示灯；加速器电子束控制柜设计有一个紧急停机按钮；主屏蔽体设计有辐射监测系统与剂量联锁装置；电子加速器设有束下装置联锁；拟在加速器主屏蔽体外醒目位置设置电离辐射警告标志。

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，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司拟配置 1 台辐射剂量巡测仪，拟为本项目电子加速器配置 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。

7. 辐射环境管理

- 1)委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2)公司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)公司拟为本项目拟配备 4 名辐射工作人员，公司拟委托有资质的单位对辐射工

作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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，南通金丝楠膜材料有限公司新建 1 台自屏蔽电子加速器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) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评 [2017] 4 号，生态环境部办公厅 2017 年 11 月 22 日印发）第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时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：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射防护措施	加速器主体辐照室其中 2 面采用 180mm 钢板进行屏蔽，另外 2 面采用 240mm 钢板进行屏蔽；顶部采用 180mm 钢板进行屏蔽（顶部与加速缸筒连接处部分采用 160mm 钢板+20mm 铅板进行屏蔽）；底部电子束辐照范围采用 180mm+20mm 铅板进行屏蔽，其余部分采用 250mm 钢板进行屏蔽；辐照室物料进出口内设有迷道，迷道隔墙采用 30mm 铅板进行屏蔽，且安装有滚轴装置，进出口无屏蔽体；加速器钢筒四周采用 10mm 钢板+10mm 铅板进行屏蔽，顶部采用 54mm 钢板+18mm 铅板进行屏蔽，底部采用 41mm 钢板进行屏蔽。辐照室外排风管道及冷却风管道设计采用 30mm 铅板和 15mm 铅板进行屏蔽。	辐射剂量率能够满足《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）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）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）。	65
污染防治措施	辐照室拟采用机械通风装置，通风管道位于加速器辐照室外，出风口位于车间顶棚。电子加速器风机排放速率为 3130m ³ /h	能够满足《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）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	CEB500 型电子加速器配备钥匙开关；电子加速器开机钥匙由专人保管；主屏蔽体设计有行程开关联锁；主屏蔽体设计有能量联锁、束流联锁以及臭氧排风联锁等电子联锁装置；主屏蔽体的顶部设备平台未设置爬梯，开机调试时顶部平台无人停留；加速器控制柜顶部设计工作状态指示灯；加速器电子束控制柜设计有一个紧急停机按钮；主屏蔽体设计有辐射监测系统与剂量联锁装置；电子加速器设有束下装置联锁；拟在加速器主屏蔽体外醒目位置设置电离辐射警告标志。	能够满足《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）和《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）的管理要求	5
	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	
	拟购置 1 台辐射巡测仪、拟购置 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	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	/

安全管理	管理制度：完善操作规程、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。	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。	/
	辐射安全与防护培训：本项目拟配备4名辐射工作人员，辐射工作人员在上岗前参加辐射安全与防护培训，通过考核后才能上岗。（每5年）	根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员应持有培训合格证或考核合格证。	定期投入
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过3个月。个人剂量档案终生保存）	根据《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检测，根据《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第55号），个人剂量档案应终生保存。	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。）	根据《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入