

核技术利用建设项目

江苏天润启云新材料有限公司

新建 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置项目

环境影响报告表

江苏天润启云新材料有限公司（盖章）

2025 年 8 月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目概况	1
表 2 放射源	4
表 3 非密封放射性物质	4
表 4 射线装置	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	6
表 6 评价依据	7
表 7 保护目标与评价标准	10
表 8 环境质量和辐射现状	13
表 9 项目工程分析与源项	18
表 10 辐射安全与防护	25
表 11 环境影响分析	30
表 12 辐射安全管理	44
表 13 结论与建议	48
表 14 审批	52
附表	53

表 1 项目概况

建设项目名称		新建 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置项目			
建设单位		江苏天润启云新材料有限公司			
法人代表姓名		联系人		联系电话	
注册地址		江苏省常州经济开发区横林镇武青路 15 号			
项目建设地点					
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		项目环保总投资（万元）	7	投资比例（%） （环保投资/总投资）	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ）
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

项目概述

1 建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

江苏天润启云新材料有限公司成立于 2025 年 2 月 21 日，注册地位于江苏省常州经济开发区横林镇武青路 15 号，由江苏天润盛凯新材料股份有限公司（以下简称“天润盛凯公司”）、启云纳米科技（绍兴）有限公司共同投资设立，租赁天润盛凯公司位于常州经济开发区横林镇武青路 15 号的 11#车间用于生产（租赁协议复印件见附件 9），租赁车间面积 2835m²。所在厂区的其他场所目前由天润盛凯公司自用。

江苏天润启云新材料有限公司主要经营范围包括：纸制品制造；纸制品销售；人造板制造；人造板销售；新型膜材料制造；新型膜材料销售；塑料制品制造；塑料制品销售；工程塑料及合成树脂制造；工程塑料及合成树脂销售；新材料技术研发等。

1.2 项目规模及任务由来

传统装饰纸的涂层固化采用热固化与 UV 固化，常使用涂装工艺，如果是有机溶

剂，在生产过程中就产生有机废气并需要大量能耗。而 EB 固化不需要高温环境、溶剂和引发剂，以非常低的能耗实现快速固化，使用的 EB 涂料可不含有有机溶剂组分，生产过程产生的挥发性有机污染物较传统工艺大幅减少。基于以上考虑，江苏天润启云新材料有限公司拟新建 EB 固化装饰纸项目（备案证见附件 8），在 11#车间洁净间西部 EB 固化室配备 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置，采用 EB 电子束固化清洁生产工艺替代传统的固化工艺。

“江苏天润启云新材料有限公司 EB 固化装饰纸项目”的装饰纸原纸、塑料膜均外购，待加工的装饰纸原纸、塑料膜分别经放卷、除尘、涂布（辊涂，使用 EB 涂料）后复合，再通过传输系统至本项目自屏蔽电子加速器辐照装置辐照室内进行 EB 固化，经 EB 固化后的装饰纸通过传输系统转移至下料区，人工检验合格后收卷包装入库待运。除 EB 固化（辐照）外其他生产工艺另行申报相关环保手续，本项目不进行评价。

本项目拟配备 2 名辐射工作人员，拟采取一班制的工作方式，每班工作 8 小时，年工作 250 天，则本项目每名辐射工作人员年工作时间约为 2000 小时，自屏蔽电子加速器辐照装置年开机总时间约为 2000 小时。本项目核技术应用项目基本情况见下表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置情况一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	能量 (MeV)	束流 (mA)	最大束流功 率 (kW)	射线装 置类别	工作场所名称
1	EPD 0.2-80/1400 型 自屏蔽电子加速器辐照装置	1 台	0.2	80	16	II	11#车间洁净间 西部 EB 固化室

本项目使用 II 类射线装置，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》及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》等法律法规的规定，应编制环境影响报告表。受江苏天润启云新材料有限公司的委托，江苏蓝联环境科技有限公司在资料调研、工程分析、现场勘察及委托江苏卓然辐射检测技术有限公司现场监测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及选址情况

江苏天润启云新材料有限公司位于江苏省常州经济开发区横林镇武青路 15 号，租赁天润盛凯公司现有闲置 11#车间，地理位置见附图 1。11#车间在天润盛凯公司厂区西南角，其北面隔厂区内道路为天润盛凯公司 1#车间，东面隔厂区内道路为天润盛

凯公司 10#车间（成品仓库）、12#车间（办公楼），南面隔天润盛凯公司南侧厂界围墙为空地，西侧隔车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙为空地、池塘，所在厂区平面布置及周边环境见附图 2。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于 11#车间一层洁净间西部 EB 固化室内，11#车间为二层建筑，无地下构筑物。EB 固化室周边设置实体物理隔断将本项目装置与洁净间内生产设备、辅房及通道隔开，占地面积约为 $9.4\text{m} \times 6.8\text{m}$ ，自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址北侧为洁净间内辅房（配液室、更衣室等）、洁净间外厂房内通道、生产区、成品堆场、厂区内道路、天润盛凯公司 1#车间，东侧为洁净间内区域（通道、其他生产设备区等）、洁净间外厂房内通道、原料堆场、办公室及辅房、成品展间、厂区内道路、天润盛凯公司 10#车间（成品仓库）和 12#车间（办公楼），南侧为洁净间内区域（涂布机等）、洁净间外厂房内通道、辅房及 EB 涂料仓库、天润盛凯公司南侧厂界围墙、空地，西侧为洁净间内区域、11#车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙、空地、池塘，正上方二楼为仓库。11#车间一层平面布局图见附图 3，二层全部为仓库。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，确定以本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址边界周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查分析及附图 2 可知，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员及自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址周围评价范围内的公众人员。

3 原有核技术利用许可情况

本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

4 实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加项目拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其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》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

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已经产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器 辐照装置	II	1 台	EPD 0.2-80/1400	电子	0.2	80 mA	辐照加工	11#车间一层洁 净间西部 EB 固 化室	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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)	用途	工作场所	操作方式		备注
									活度 (Bq)	贮存方式	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订版), 国家主席令第 9 号公布, 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 年修正版), 国家主席令第 24 号公布, 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》, 2003 年 6 月 28 日中华人民共和国主席令第六号公布, 2003 年 10 月 1 日起施行; (4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修订本), 国务院令第 682 号公布, 2017 年 10 月 1 日起施行; (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年修正版), 国务院令第 709 号公布, 2019 年 3 月 2 日起施行; (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年版), 生态环境部令第 16 号公布, 2021 年 1 月 1 日起施行; (7) 《关于发布<射线装置分类>的公告》, 原环境保护部、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; (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年修正版), 生态环境部令第 20 号公布, 2021 年 1 月 4 日起施行; (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 原环境保护部第 18 号令, 2011 年 5 月 1 日起施行; (10) 《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, 2006 年 9 月 26 日起施行; (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 号发布, 2020 年 1 月 1 日起施行; (12) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修正版), 江苏省人大常委会公告第 2 号公布, 2018 年 5 月 1 日起施行; (13) 《江苏省国家级生态保护红线规划》, 苏政发〔2018〕74 号, 2018 年 6 月 9 日; (14) 《江苏省生态空间管控区域规划》, 苏政发〔2020〕1 号, 2020 年 1 月 8 日;
------	---

	(15) 《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2024〕777号，2024年9月23日； (16) 《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日； (17) 《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号发布，2019年11月1日起施行； (18) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号公布，2019年11月1日起施行； (19) 《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》，2019年10月24日生态环境部公告2019年第38号发布，2019年11月1日起施行； (20) 《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。
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； (2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）； (3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (6) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）； (7) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）； (8) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）（原国家卫生计生委于2016年12月28日发布通告（国卫通[2016]24号），公布该标准转为推荐性标准）； (9) 参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）。

其他	(1) 项目委托书 (附件 1) (2) 建设单位营业执照及法人身份证 (附件 2) (3) 射线装置使用情况承诺书 (附件 3) (4) 辐射屏蔽防护设计说明 (附件 4) (5) 加速器技术参数说明 (附件 5) (6) 加速器供应商辐射安全许可证正副本复印件 (附件 6) (7) 本项目辐射环境现状监测报告及检测单位计量认证证书 (附件 7) (7) 《江苏天润启云新材料有限公司 EB 固化装饰纸项目》备案证 (附件 8) (9) 租赁协议 (附件 9)
----	---

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-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”，确定以本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址边界周围 50m 的范围作为本项目的评价范围。

保护目标

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。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省自然资源厅关于常州市武进区生态空间管控区域调整方案的复函》，本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域，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。

本项目利用自屏蔽电子加速器辐照装置进行辐照改性，占用资源少，不会降低项目周边的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合“三线一单”相关要求。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目环境保护目标主要为辐射工作人员及加速器拟建址周围评价范围内的公众人员。本项目 50m 评价范围内保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内保护目标一览表

保护目标名称	位置	方位	最近距离(m)	规模(人数)	环境保护要求
辐射工作人员					职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众					公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a

部位的测量。测量结果一般应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

本项目装置表面外 5cm 处空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ （本项目装置为《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）中的 I 类电子束辐照装置）。

4 辐射环境质量现状检测评价参考值

参考《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（1993 年 3 月《辐射防护》第 13 卷 2 期），江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位： nGy/h ）

	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (S)	7.0	12.3	14.0

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。

[2]现状评价时，以测值范围作为参考值。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置

江苏天润启云新材料有限公司位于江苏省常州经济开发区横林镇武青路 15 号，租赁天润盛凯公司现有闲置厂房（11#车间），地理位置见附图 1。11#车间在天润盛凯公司厂区西南角，其北面隔厂区内道路为天润盛凯公司 1#车间，东面隔厂区内道路为天润盛凯公司 10#车间（成品仓库）、12#车间（办公楼），南面隔天润盛凯公司南侧厂界围墙为空地，西侧隔车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙为空地、池塘，所在厂区平面布置及周边环境见附图 2。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于 11#车间一层洁净间西部 EB 固化室内，11#车间为二层建筑，无地下构筑物。EB 固化室周边设置实体物理隔断将本项目装置与洁净间内生产设备、辅房及通道隔开，占地面积约为 $9.4\text{m} \times 6.8\text{m}$ ，自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址北侧为洁净间内辅房（配液室、更衣室等）、洁净间外厂房内通道、生产区、成品堆场、厂区内道路、天润盛凯公司 1#车间，东侧为洁净间内区域（通道、其他生产设备区等）、洁净间外厂房内通道、原料堆场、办公室及辅房、成品展间、厂区内道路、天润盛凯公司 10#车间（成品仓库）和 12#车间（办公楼），南侧为洁净间内区域（涂布机等）、洁净间外厂房内通道、辅房及 EB 涂料仓库、天润盛凯公司南侧厂界围墙、空地，西侧为洁净间内区域、11#车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙、空地、池塘，正上方二楼为仓库。11#车间一层平面布局图见附图 3，二层全部为仓库。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员及自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址周围评价范围内的公众人员。

本项目拟建址及周围环境现状见图 8-1（现状为闲置厂房，洁净间尚未建设）。

2 环境现状评价的对象、检测因子和检测点位

评价对象：自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址及周围辐射环境

检测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

检测点位：在自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址及周围布置监测点位，共计 10 个点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

检测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2025 年 8 月 1 日

检测仪器：NT6101-S75 型 X- γ 辐射空气比释动能率仪，仪器编号：ZRFS-SB-001

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：48KeV~3MeV

检定单位：北京市计量检测科学研究院，检定日期：2024 年 8 月 30 日~2025 年 8 月 29 日，检定证书编号：JT240830034

环境条件：天气：阴、温度：29℃、湿度：62%RH。

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，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并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 HJ1157-2021 中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy

3.2 质量保证措施

检测单位：江苏卓然辐射检测技术有限公司，该公司已通过资质认定

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，实施全过程质量控制

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有合格证书，

检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，检测仪器使用前经过校准或检验，检测报告实行三级审核

3.3 检测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，检测结果见表 8，详细检测结果见附件 7。

表 8 本项目拟建址及周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	点位描述	测量结果 (nGy/h)	备注
1			室内 (楼房)
2			室内 (楼房)
3			室内 (楼房)
4			室内 (楼房)
5			室内 (楼房)
6			室内 (楼房)
7			室外 (道路)
8			室外 (道路)
9			室外 (道路)
10			室内 (平房)

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值 (12nGy/h)；

楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.8，平房对宇宙射线的屏蔽修正因子取 0.9，道路对宇宙射线的屏蔽修正因子取 1。

图 8-2 本项目监测点位示意图

(4) 环境现状调查结果评价

从表 8 监测结果可知,本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内环境 γ 辐射水平为 (63~92) nGy/h, 室外道路环境 γ 辐射水平为 (60~61) nGy/h, 分别处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果中室内、道路的测值范围内(室内: 50.7~129.4nGy/h, 道路: 18.1~102.3nGy/h), 属于正常辐射水平。

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

公司因业务发展需要，拟在 11#车间一层洁净间西部 EB 固化室内新建 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置，采用 EB 电子束固化清洁生产工艺替代传统的固化工艺。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置型号为 EPD 0.2-80/1400 型，其最大能量为 0.2MeV，最大束流强度为 80mA，详细技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置技术参数一览表

设备厂商	无锡爱邦辐射技术有限公司
产品型号	
装置整体尺寸（长×宽×高）	
装置主体尺寸（长×宽×高）	
最大电子束能量（MeV）	
最大电子束流强度（mA）	
扫描宽度（m）	
最大束流功率（kW）	
束流损失点能量（MeV）	
束流损失率（%）	
工作方式	连续

本项目 EPD 0.2-80/1400 型电子加速器辐照装置为自屏蔽式低能电子加速器辐照装置，其设备主要包括：加速器控制柜、加速器高压电源、真空系统抽盒、辐照室、物料出入口、传输设备、移动屏蔽、固定屏蔽、支架等，移动屏蔽、固定屏蔽闭合后形成装饰纸进出口通道、辐照室，辐照室位于中部。移动屏蔽打开后可对通道内的装饰纸进行整理，或对辐照室、通道内部进行检修，移动屏蔽设有门机联锁（位置详见附图 4），只有移动屏蔽闭合加速器才能开机出束，加速器运行时一旦被打开则加速器立刻自动断开高压。本项目电子加速器结构示意图见图 9-1。

本项目被辐照产品为装饰纸，被辐照的装饰纸拟采用连续传输的方式从加速器左侧上部装饰纸进口进入，经屏蔽隧道进入辐照室，被辐照后经屏蔽隧道从加速器左侧下部装饰纸出口传出，加速器运行时电子束朝向装置左侧照射（以电控柜所在侧为右侧）。该装置仅有两个检修门，即真空屏蔽室检修门，分别位于真空屏蔽室正面（东侧）、背面（西侧），该真空屏蔽室检修门仅在加速器初始安装或检修时开启，加速器安装或检修完成后均为封闭状态，且设门机联锁（位置详见附图 4）。

正视图

俯视图

1、控制柜；2、高压电源；3、支架总成；4 加速器钢桶；5、高压电缆插接器；6、扫描盒、真空管道屏蔽室（简称真空屏蔽室）；7、固定屏蔽；8、废气排放管道；9、移动屏蔽；10、扫描室；11、扫描盒；12、加速器钢桶屏蔽室；13、加速器外罩壳

图 9-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置结构示意图

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置系统采用可编程控制系统（PLC）来控制，主要由 PLC 组成的主控制器高压控制系统、束流控制系统、真空系统、测量单元、安全联锁单元和辅助设备等控制单元组成，监测与控制系统采用分布式结构。系统结构图见图 9-2。

高压控制系统：通过 PLC 控制器将输入输出电压进行升压匹配，全范围实现闭环控制，加载减载恒压控制，过冲及失调信号优化，保证高压电场建立。

束流控制系统：通过 PLC 控制器将所提供的灯丝电流转化为最终的束流，系统采

用恒流控制原理，对束流及栅压同时控制，保证束流均匀稳定。

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。在真空腔体的一侧设置有利于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、低温泵、闸板阀和真空硅等。

安全联锁系统：主要包括辐照室的移动屏蔽门机联锁、真空屏蔽室检修门机联锁、紧急按钮、剂量监测联锁和故障报警指示组成。

主控制器：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：人机界面实现人机交互作用外，还用来存储数据资料。操作人员可以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。

排风系统：本项目加速器的辐照室内将持续不断充盈氮气用以隔绝空气，从而杜绝射线电离空气产生臭氧及氮氧化物。装置设有低动力排风机，主要用于排放装饰纸涂层产生的极少量挥发性废气，集气口位于进出口附近（屏蔽通道内），各集气管最终合并至 1 个废气排放口，位于设备顶部。

辅助装置的功能：辅助设备控制主要包括隔氧充氮系统、水机组等，保证工艺实现。

图 9-2 本项目电子加速器系统结构图

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 IGBT 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；再将此电压平滑滤波形成直流高压电场。加速器电子枪中的（多组）灯丝产生的电子云，引入到加了高压的平行电场，最终形成一定能量的多段电子束，引出的电子通过电磁聚焦使得电子在引出窗口均匀分布，再照射在被照物上。

公司使用的自屏蔽电子加速器辐照装置工作原理示意图见图 9-3。

图 9-3 电子加速器工作原理示意图

EB 固化是一种新型的涂层干燥或涂层固化技术，本项目被辐照的产品为装饰纸，利用电子束辐照对装饰纸涂层进行固化，电子束能量引发具有化学活性的液态材料（丙烯酸酯类）快速固化交联，瞬间固化成固态材料。相较于传统涂装固化，EB 涂料主要为高分子预聚体和活性成分，不添加有机溶剂（但装饰纸涂料中单体有少量挥发性组分），无光引发剂，从而避免了由光引发剂残留带来的毒性。

图 9-4 电子束对物质作用示意图

3 工艺流程及产污环节

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置辐照的产品为装饰纸，本项目自动化较高，不需要人员进行原材料的输送，装饰纸通过预设的传送装置和孔洞自动进出辐照室，辐照期间辐射工作人员在辐照室外的操作位进行工作即可。

辐照固化工作流程如下，其产污环节示意图见图 9-5。

(1) 装饰纸原纸采用卷筒包装，置于涂布复合收放卷设备的首端进行放卷后开始加工。

(2) 确定加速器所有安全联锁装置、加速器冷却系统等工作正常；

(3) 启动加速器电源，调节到所需束流强度和电子束能量，开启传输系统、运行电子加速器。辊涂设备末端与加速器的装饰纸入口经传输装置连接，装饰纸在除尘、辊涂后经持续滚动的滚轴自动传输至加速器左侧上部的装饰纸入口进入辐照室内部进行辐照固化，再由加速器左侧下部的装饰纸出口输出成品传送至辐照室外。该环节会产生 X 射线、电子束等辐射影响；

(4) 从加速器左侧下部的装饰纸出口传出的辐照后的装饰纸，经传输系统传至收卷机。

(5) 完成装饰纸辐照工作后，关闭加速器电源。

X射线、电子束

图 9-5 本项目辐照加工工艺流程和主要产污环节图

4 工作机制

本项目投入运行后，公司计划为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟采取一班制的工作方式，每班工作 8 小时，年工作 250 天，则本项目每名辐射工作人员年工作时间约为 2000 小时，自屏蔽电子加速器辐照装置年开机总时间约为 2000 小时。

污染源项描述

1 辐射污染分析

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束，电子束打在机头、装饰纸及其他高 Z 物质时会产生高能 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；其次，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，对加速器壳体产生一定的辐射影响。加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此，在加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

根据厂家无锡爱邦辐射技术有限公司提供资料，自屏蔽电子加速器辐照装置在加速过程中的束流损失率为 0.625%（即电子束流强度为 0.5mA），束流损失点的能量为 0.12MeV。

表 9-2 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置源项参数一览表

技术指标	参数
型号	
最大电子束能量（MeV）	
最大电子束流强度（mA）	
0° 方向的 X 射线发射率 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	
90° 方向的 X 射线发射率 ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	
最大束流损失（mA）	
束流损失点能量（MeV）	

2 非辐射污染源分析

本项目运行过程中没有放射性废水、废气及放射性固体废物产生。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置工作时采用内循环冷却水系统，冷却水循环使用，不外排，损失主要来自于自然蒸发。每 24 个月委托冷水机组厂家更换回收。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用时拟将辐照室内充满氮气，因此在加速器

使用过程中，不会产生臭氧。氮气从氮气管道内充入，使得辐照室内始终保持正压。由于氮气化学性质稳定，辐照过程中不会发生反应，运行过程中辐照室内始终保持正压，氮气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集后随少量挥发性有机废气一起送“两级活性炭吸附装置”处理后，通过 15m 高的 P1 排气筒排放至大气环境。

本项目待辐照装饰纸涂层，其涂料虽未添加有机溶剂，但装饰纸涂料中单体有少量挥发性组分，故装置设有低动力排风机（保证辐照室内始终正压），主要用于排放装饰纸涂层产生的极少量挥发性废气，废气排放口在设备顶部。运行过程中，产生的少量挥发性废气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集送“两级活性炭吸附装置”处理后，通过 15m 高的 P1 排气筒排放。该过程的废气污染物已通过公司一般项目环评评价，故本项目后续不重复分析。

本项目辐射工作人员会产生一定量的生活废水和生活垃圾。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，每名人员生活用水约 50L/d，年工作按 250 天计，则辐射工作人员生活用水量为 25t/a，污水产生系数取 0.8，则生活污水产生量约 20t/a。生活垃圾按每人每天 0.5kg 计，产生量约为 250kg/a。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施 1 工作场所布局及分区 公司拟将自屏蔽电子加速器辐照装置摆放于 11#车间一层洁净间西部 EB 固化室内，EB 固化室周边设置实体物理隔断与周边生产设备、洁净间内辅房及通道隔开，占地面积约为 9.4m×6.8m，内设视频监控装置，并在南侧设两个出入口（常闭门）。此外，公司在加速器及其控制柜外设置了无顶外罩壳（主要为了美观，不影响加速器运行，外罩壳与加速器无门机连锁），外罩壳尺寸约为 8.2m（长）×3.2m（宽）×3.2m（高），外罩壳示意图见图 10-1。 （左视图 右视图） （正视图） 图 10-1 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置外罩壳示意图 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置主要通过自带屏蔽体进行屏蔽防护，装饰纸进口、出口朝向南侧，加速器控制柜拟设于装置北侧。加速器运行时电子束朝向装置左侧照射（以电控柜所在侧为右侧），整个辐照工艺流程流水线为自动运行，辐射工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，处于辐照室右侧，避开

了电子束出束方向。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置工作场所布局合理。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置在运行时，公司拟将装置屏蔽体及内部区域划为控制区（图 10-2 中红色区域），在装置表面醒目位置设置电离辐射警告标志，运行时任何人员禁止进入；拟将洁净间 EB 固化室内除电子加速器自屏蔽体外的区域划为监督区（图 10-2 中黄色区域），监督区边界设有实体物理隔断，监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，运行时无关人员不得进入，在 EB 固化室物理隔断、外罩壳外表面醒目位置设置电离辐射警告标志。该项目分区管理能够满足《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 本项目控制区、监督区划分示意图

2 屏蔽防护设计

公司拟使用的 EPD 0.2-80/1400 型自屏蔽电子加速器辐照装置拟采用自屏蔽方式。根据设备厂家提供的屏蔽资料，本项目加速器屏蔽设计图见附图 5，屏蔽设计参数列表如下。

表 10 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽设计表

型号	部位	屏蔽材料及厚度（mm）
EPD 0.2-80/1400 型		

	真空管道、扫描盒		
	辐照室		
	屏蔽隧道 (不含中部辐照室)		
	排气管道		
	氮气管道		
	水冷管道		

注：辐照室设计有移动屏蔽（束下）与固定屏蔽（束上），两者闭合后形成装饰纸进出口通道、辐照室，辐照室位于中部，其上部为进料口通道、下部为出料口通道，统称为屏蔽隧道。

不锈钢 304、Q235B 均以“Fe”表示。

移动屏蔽、固定屏蔽前后两侧均有设有屏蔽。工作状态下，移动屏蔽两侧与固定屏蔽两侧之间形成嵌入式咬合（移动屏蔽两侧在内），避免射线直接贯穿。

3 辐射安全和防护措施分析

为保障本项目安全运行，本项目设计有相应的辐射安全装置和保护措施，见附图 4。由于正常运行时，辐射工作人员无法进入本项目辐照装置辐照室内部（移动屏蔽闭合状态下，辐照室内部体积约 0.2m^3 ；移动屏蔽打开后对通道内的装饰纸进行整理，或对辐照室、通道内部进行检修），故辐照室内部未设置巡检按钮、急停装置、防人误入装置、摄像监控等安全防护措施。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置配备的辐射安全装置和保护措施主要有：

（1）电子束控制柜上配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行。钥匙开关

和移动屏蔽、真空屏蔽室检修门联锁。如从控制柜上取出该钥匙，加速器将自动停机。

(2) 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。

(3) 电子束控制柜设计有紧急停机按钮。当紧急情况发生时，触发急停按钮，加速器立即断开高压，停止出束。

(4) 辐照室设计有移动屏蔽（束下）与固定屏蔽（束上），两者闭合后形成装饰纸进出口通道、辐照室，辐照室位于中部。移动屏蔽、真空屏蔽室检修门均与束流控制和加速器高压联锁，当任一开合装置打开时，加速器不能开机出束，如果加速器运行中任一开合装置被打开则加速器能自动断开高压。其中，移动屏蔽联锁设置在移动屏蔽左侧，真空屏蔽室检修门联锁设置在真空屏蔽室正面、背面检修门处，具体位置见图 4。

(5) 装置控制与束下装置的控制拟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，加速器能自动断开高压，停止出束。

(6) 装置顶部外拟设计声光报警装置和工作状态指示灯，包括设备运行状态及设备停机状态指示，同时加速器开机时发出声音警示，提醒设备即将开机。

(7) 拟设辐射监测系统与剂量联锁装置，监测系统分别在真空屏蔽室正面和背面、装饰纸入口及出口、辐照室移动屏蔽外各设一个辐射剂量探头，用于检测装饰纸进出口、真空屏蔽室、辐照室外等处的辐射剂量水平，显示装置均设于控制柜上，当任一监测探头处的辐射泄漏剂量大于设定阈值时，设备将自动断开高压，停止出束。

(8) 真空屏蔽室正面、辐照室移动屏蔽正面、外罩壳外、所在物理隔断外拟设置电离辐射警告标志，警示无关人员勿靠近。

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。

三废治理

1 废气处理措施

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用时拟将辐照室内充满氮气，氮气从氮气管道内充入，使得辐照室内始终保持正压，防止空气进入辐照室内。氮气管道入口处采用 6mm 钢板+12mm 铅防护罩进行屏蔽。由于氮气化学性质稳定，辐照过程中不会发生反应，运行过程中辐照室内始终保持正压，氮气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集后随少量挥发性有机废气一起送“两级活性炭吸附装置”处理后，通过 15m 高的 P1 排气筒排放至大气环境，氮气化学性质稳定，对环境影响较小。

本项目待辐照装饰纸涂层，其涂料虽未添加有机溶剂，但装饰纸涂料中单体有少量挥发性组分，故装置设有低动力排风机（保证辐照室内始终正压），主要用于排放装饰纸涂层产生的极少量挥发性废气，废气排放口在设备顶部。运行过程中，产生的少量挥发性废气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集送“两级活性炭吸附装置”处理后，通过 15m 高的 P1 排气筒排放至大气环境。该过程的废气污染物已通过公司一般项目环评评价，故本项目后续不重复分析。

2 生活废水和生活垃圾处置措施

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的少量生活废水和办公垃圾，该两类污染物依托公司的生活污水处理系统和保洁措施处置，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响 本项目拟新建 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置，在车辆运输和拆卸、安装过程中，将产生施工噪声、扬尘和生活垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响： （1）大气：本项目机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘；c.对施工机械和车辆燃油造成的废气排放污染应引起重视，应要求其燃用符合国家标准的高热值清洁燃料，安装尾气净化器，尽量减少废气污染物的排放。 （2）噪声：整个装置安装阶段，拆卸、安装设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。 （3）固体废物：安装人员在安装过程中将产生办公垃圾及生活垃圾，拟收集后交由城市环卫部门处理。 （4）废水：安装人员在安装过程中将产生生活污水，拟依托厂区的生活污水处理系统收集处理后排入城市污水管网。 综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在公司局部区域，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 1.1 加速器辐照室屏蔽影响分析 （1）计算模式选择 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置最大能量为 0.2MeV，最大束流为 80mA，本项目拟采用最大能量、最大束流进行预测。 本项目自屏蔽电子加速器辐照装置为卧式电子加速器辐照装置，装置从右到左依次为加速器钢筒、真空管道系统、扫描盒、辐照室。加速器开机运行时，电子束出束

方向朝左侧（南侧）辐照室，辐照室主要采用钢板+铅板+钢板（Fe+Pb+Fe）进行防护，故被辐照的靶材料有辐照室底部（钢板）、辐照产品（装饰纸）。因以上轰击物质中钢板 Z 值最大，X 射线发射率最高，本项目选取辐照室钢板为轰击靶来进行辐射防护评价。由于自屏蔽电子加速器辐照装置电子束朝左，不直射向其他侧的屏蔽体，因此本次项目评价时，主屏蔽体的上、下、前、后侧辐射影响主要考虑韧致辐射所致、与电子束入射方向成 90° 的韧致辐射初级 X 射线辐射，右侧则考虑与电子束入射方向成 150°到 180° 的韧致辐射初级 X 射线辐射影响，左侧则考虑与电子束入射方向成 0° 的韧致辐射初级 X 射线辐射影响。计算点位示意图见附图 6。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体辐射防护屏蔽评价，参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中提供的计算模式及相关参数计算。

屏蔽体外剂量预测可参考以下公式：

$$H_M = \frac{B_X D_{10}}{d^2} (1 \times 10^6) \quad (11-1)$$

$$B_X = 10^{-\left\{1 + \left[\frac{S - T_1}{T_e}\right]\right\}}$$

式中：H_M—参考点周围剂量当量率，μSv/h；

B_X—屏蔽体对应的透射因子；

d—X 射线源与参考点之间的距离，m；

S—屏蔽体的厚度，cm；

T₁、T_e—分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层厚度，cm；T₁ 取值参考附录 A 表 A.2，T_e 取值参考附录 A 表 A.3；

D₁₀—距离 X 射线辐射源 1m 处的吸收剂量率，Gy/h；

$$D_{10} = 60 \cdot Q \cdot I \cdot f_e \quad (11-2)$$

式中：Q—X 射线发射率，Gy · m² · mA⁻¹ · min⁻¹；

I—电子束流强度，mA；

f_e—X 射线发射率修正系数，被辐照的靶材料为“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。

由于本项目自屏蔽电子加速器辐照装置电子束固定朝左（南），不直射向其他侧的屏蔽体，因此辐照室的上、下、前、后以及右侧考虑以垂直左侧（南侧）的电子束轰击钢材料在 90° 方向上产生的 X 射线的屏蔽防护，根据厂家提供的资料，0.2MeV

(2) 计算结果

根据上述公式及有关参数，自屏蔽电子加速器辐照装置主屏蔽体外参考点处辐射剂量核算结果见表 11-1。

表 11-1 加速器辐照室屏蔽效果计算

关注点	$S^{[1]}$ (cm)	T_1 (cm)	T_e (cm)	B_x	$d^{[2]}$ (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	剂量率参考 控制水平 (μ Sv/h)
辐照室左侧 (南侧) A	2Fe+2Pb						1.06E-13	2.5
辐照室上侧 B	3.5Fe+3.6Pb						7.49E-32	
辐照室右侧 (北侧) C/D	8.3Fe+1.6Pb						1.05E-13	
辐照室下侧 E	3.5Fe+3.6Pb						7.49E-32	
辐照室前侧 (东侧) F	3.2Fe+2.6Pb						1.87E-21	
辐照室后侧 (西侧) G	3.2Fe+2.6Pb						1.87E-21	
装饰纸入口处 H	2Fe+2Pb						3.72E-15	
装饰纸出口处 I	2Fe+2Pb						3.72E-15	

由表 11-1 可知，加速器辐照室外参考点处的辐射剂量率最大值约为 $1.06\text{E-}13\mu\text{Sv/h}$ ，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。

1.2 加速器真空腔体四周屏蔽影响分析

（1）计算模式选择

本项目扫描盒及真空系统位于辐照室右侧，其辐射场主要由三部分叠加：辐照室内与入射电子束成 150° 到 180° 方向的韧致辐射初级 X 射线，经过辐照室右侧不完全屏蔽的贯穿辐射场；辐照室内的 0° 方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经左侧 180° 方向散射后的次级 X 射线，通过加速器真空腔体的孔洞直接照射入真空腔体形成的；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与加速器真空腔体作用产生的束流损失辐射场。

辐照室内 0° 方向上产生的韧致辐射初级 X 射线，经左侧 180° 方向散射后的次级 X 射线，通过加速器真空腔体的孔洞直接照射入真空腔体形成散射辐射场，该散射射线将受到加速器真空腔体的屏蔽，其产生辐射剂量较少。

为简化计算，加速器真空腔体辐射防护屏蔽评价，仅考虑电子加速器辐照装置加速过程中束流损失辐射场的影响及辐照室内与入射电子束成 150° 到 180° 方向的韧致辐射初级 X 射线经过辐照室右侧屏蔽对周围参考点的影响。为安全起见，成 150° 到 180° 方向的发射率常数保守取 90° 方向的发射率常数。

（2）束流损失辐射场辐射屏蔽计算

根据厂家提供数据，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置束流损失率为 0.625% （即

估算时采用公式（11-1）及公式（11-2）进行估算，加速器真空腔体束流损失屏蔽效果估算结果见表 11-2。

表 11-2 加速器真空腔体束流损失屏蔽效果计算

关注点	$S^{[1]}$ (cm)	T_1 (cm)	T_e (cm)	B_x	$d^{[2]}$ (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	剂量率参考 控制水平 (μ Sv/h)
前侧（东侧）J	8Fe						0.0215	2.5
上侧 C	8Fe						0.0521	
后侧（西侧）K	8Fe						0.0215	
下侧 D	8Fe						0.0521	
右侧（北侧）L	8Fe						0.0585	

（3）辐照室贯穿辐射屏蔽计算

估算时采用公式（11-1）及公式（11-2）进行估算，加速器辐照室贯穿辐射屏蔽计算结果见表 11-3。

表 11-3 辐照室顶部 150° 到 180° 方向韧致辐射初级 X 射线贯穿辐射屏蔽效果核算表

关注点	$S^{[1]}$ (cm)	T_1 (cm)	T_e (cm)	B_x	$d^{[2]}$ (m)	D_{10} (Gy/h)	H_M (μ Sv/h)	剂量率参 考控制水 平 (μ Sv/h)
前侧（东侧）J							1.10E-34	2.5
上侧 C							2.63E-34	
后侧（西侧）K							1.10E-34	
下侧 D							2.63E-34	
右侧（北侧）L							3.21E-35	

表 11-4 真空腔体上下前后及右侧关注点处束流损失场与贯穿辐射场叠加影响

关注点位置		剂量率（ μ Sv/h）		
		束流损失	贯穿辐射	叠加值
真空屏蔽室周围	前侧（东侧）J			
	上侧 C			

	后侧（西侧）K		
	下侧 D		
	右侧（北侧）L		

由表 11-4 可知，真空屏蔽室外参考点处的辐射剂量率最大不超过 $0.0585\mu\text{Sv/h}$ ，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。

1.3 加速器钢筒屏蔽影响分析

根据本项目加速器辐照装置的结构图可知，本项目加速器钢筒与辐照室之间由带屏蔽的真空系统、扫描盒隔开，因此，辐照室内与入射电子束成 150° 到 180° 方向的韧致辐射初级 X 射线，经过辐照室右侧不完全屏蔽的贯穿辐射场大部分均可由带屏蔽的扫描盒和真空系统屏蔽掉，且加速器钢筒外设有钢板屏蔽罩，因此，加速器钢筒屏蔽罩外参考点处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）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。

1.4 天空反散射辐射影响分析

根据上述本项目装置上侧的辐射剂量率最大约 $0.0521\mu\text{Sv/h}$ ，天空反散射在地面关注点处的辐射剂量率更小。辐照室周围关注点处的辐射剂量率均小于 $0.00001\mu\text{Sv/h}$ ，故天空反散射在地面关注点处的剂量率与穿出辐照室的透射线在该注点处的剂量率叠加后将小于 $0.0521\mu\text{Gy/h}$ ，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，因此可不考虑天空反散射影响。

1.5 装饰纸进出口辐射防护分析

本项目加速器辐照室设有极窄的弧形阶梯式装饰纸进出口通道（见图 11-1），由图 11-1 可知辐照室内 X 射线至少经过 3 次散射方能到达装饰纸进出口。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 指出：“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，加速器辐照室装饰纸进出口设计能够满足辐射防护的要求”。

图 例
→ 散射路径

图 11-1 装饰纸进口防护示意图（出口同进口）

1.6 氮气管道、排气管道辐射防护分析

（1）氮气管道

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用过程中，辐照室内部将充入高纯氮气，氮气管道自真空屏蔽室底部引入，在真空屏蔽室内部（扫描盒外部）走线，自真空屏蔽室左侧插入辐照室固定屏蔽上部和下部，在扫描盒屏蔽室入口外部采用6mmFe+12mmPb防护罩进行屏蔽，铅防护罩采用迷道式设计（见图11-2），根据散射路径（概化的散射走向示意图见图11-3）可知辐照室内X射线至少散射三次方能到达管道口外。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189指出：“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，可推断氮气管道进口设计能够满足辐射防护的要求。

图 11-2 氮气管道走线及入口处防护示意图

图 例
→ 散射路径

图 11-3 氮气管道概化的散射走向示意图

(2) 排气管道

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用时拟将辐照室内充满氮气，因此不产生臭氧、氮氧化物，氮气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集后经排气筒排放至大气环境，氮气化学

性质稳定，对环境的影响较小。

本项目待辐照装饰纸涂层，其涂料虽未添加有机溶剂，但装饰纸涂料中有少量挥发性组分，故装置设有低动力排风机（保证辐照室内始终正压），主要用于排放装饰纸涂层产生的极少量挥发性废气，集气口位于进出口附近（屏蔽通道内），集气管为直径 76mm 的软管，各集气管最终合并至 1 个废气排放口，排口直径约 160mm，位于设备顶部。本项目装置排气管道布置示意图见图 11-4，散射路径示意图 11-5。

（为移动屏蔽打开状态）

图 11-4 本项目装置排风管道布置示意图

图 例
→ 散射路径

图 11-5 排风管道散射线路走线示意图

2 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目辐射工作人员主要在控制柜前的操作位处操作，控制柜在加速器钢筒右侧（北侧），因此辐射工作人员年有效剂量拟保守取真空屏蔽室右侧（北侧）L 的辐射剂量率进行计算。公众主要为自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址外 50m 范围内其他人员，本项目拟将装置周围区域（EB 固化室内）划为监督区，工作时无关人等不得进入，公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算，根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区内外各点位的辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \quad (11-3)$$

式中：H₁：距射线源 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂：距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁：加速器屏蔽体外 5cm 处距射线源的距离，m；

R₂：监督区边界外表面距射线源的距离，m。

监督区外各点位辐射剂量率计算结果见表 11-5。

表 11-5 检验室外周围人员计算点位辐射剂量率

计算点		距射线源 R ₁ 处的剂量率 H ₁ (μSv/h)	距射线源最近距离 R ₁ (m)	距射线源最近距离 R ₂ (m) ^[1]	辐射剂量率取值 H ₂ (μSv/h)
监督区	东侧（装置前侧）	0.0215	1.166	3.116	0.0030
	南侧（装置左侧）	<0.001	1.514	2.464	<0.001
	西侧（装置后侧）	0.0215	1.166	3.616	0.0022
	北侧（装置右侧）	0.0585	0.707	3.657	0.0022
	正上方二层（装置上侧）	0.0521	0.749	5.199	0.0011

注：R₂ 取值为各计算点距加速器屏蔽体的最近距离（见表 7-1）+R₁-0.05m。

对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

$$E_{eff} = D \cdot t \cdot T \cdot U \quad (11-4)$$

式中：E_{eff}—人员年有效剂量，μSv/年；

D—参考点处辐射剂量率，μSv/h；

t—一年工作时间，单位 h；

T—居留因子；

U—使用因子，本项目 U 取 1。

自屏蔽电子加速器辐照装置周围辐射工作人员及公众年有效剂量见表 11-6。

表 11-6 加速器周围辐射工作人员及公众年有效剂量计算结果一览表

预测点位	人员	D ($\mu\text{Sv/h}$)	T (h)	T	U	E _{eff} (mSv)
加速器操作位	辐射工作人员	0.0585	2000	1	1	0.1170
监督区东侧	公众	0.0030	2000	1	1	0.0060
监督区南侧	公众	<0.001	2000	1	1	0.0020
监督区西侧	公众	0.0022	2000	1	1	0.0044
监督区北侧	公众	0.0022	2000	1	1	0.0044
正上方二楼	公众	0.0011	2000	1	1	0.0022

根据表 11-6 计算结果可知，本项目自屏蔽电子加速器辐照装置周围辐射工作人员年有效剂量约 0.1170mSv，周围公众的年有效剂量小于 0.0060mSv。

对于本项目评价范围内的其他工作人员，在经过车间的屏蔽和距离的进一步衰减后，本项目对其他人员的辐射影响很小，可湮没在本底辐射中。

综上所述，本项目工作人员及周围公众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》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目剂量约束值要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

3 三废的治理评价

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用时拟将辐照室内充满氮气，氮气从氮气管道内充入，使得辐照室内始终保持正压，防止空气进入辐照室内。由于氮气化学性质稳定，辐照过程中不会发生反应，运行过程中辐照室内始终保持正压，氮气将经装饰纸进出口或进出口附近的集气管收集后排出辐照室、进入洁净间 EB 固化室，最终经洁净间负压收集后随少量挥发性有机废气一起送“两级活性炭吸附装置”处理后，通过 15m 高的 P1 排气筒排放至大气环境，氮气化学性质稳定，对环境的影响较小。

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的少量生活废水和办公垃圾，该两种污染物的处置依托公司的生活污水处理系统和保洁措施，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理，对外环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1 潜在事故分析

自屏蔽电子加速器辐照装置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。本项目为自屏蔽电子加速器辐照装置，工作时人员无法进入辐照室，因此本项目可能发生的事故主要为：

（1）辐射工作人员误操作或者运行时设备安全联锁装置失灵造成射线泄漏至自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体外，发生人员超剂量照射事故；

（2）维修时设备安全联锁装置失灵以及自屏蔽体损坏等情况，造成射线泄漏至自屏蔽电子加速器辐照装置屏蔽体外，发生人员超剂量照射事故；

（3）液氮的极低温度可能导致严重的冻伤，液氮在室温下迅速汽化，体积膨胀约 650 倍，如果容器没有适当的压力释放机制，可能会导致爆炸。

2 辐射事故预防措施

江苏天润启云新材料有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中定期对装置周围的辐射水平进行监测，定期检查设备安全联锁装置是否能正常使用，不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）在每次开启自屏蔽电子加速器辐照装置前，严格按照操作流程检查各项安全联锁装置的有效性，同时做好个人的防护，佩戴个人剂量报警仪及个人剂量计。

（2）定期监测自屏蔽电子加速器辐照装置周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

（3）定期认真地对本公司自屏蔽电子加速器辐照装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

（4）凡涉及对自屏蔽电子加速器辐照装置进行操作，必须有明确的操作规程，辐照作业时至少有 2 名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

（5）每日对自屏蔽电子加速器辐照装置的常用安全设备进行检查，包括安全联锁控制显示状况，辐照装置安全联锁控制显示状况，个人剂量报警仪和便携式辐射监测

仪器工作状况等，发现异常情况时必须及时修复。

(6) 每月对自屏蔽电子加速器辐照装置的安全设备或安全程序进行定期检查，包括操作台及其他所有紧急停止按钮的有效性等，验证安全联锁功能的有效性，发现异常情况时必须及时修复或改正。

(7) 每 6 个月对自屏蔽电子加速器辐照装置的安全状况进行定期检查，包括配合年检的检测，全部安全设备和控制系统运行情况，发现异常情况必须及时采取改正措施。

(8) 自屏蔽电子加速器辐照装置遇到故障时，公司将联系加速器厂家人员进行维修。公司不自行维修自屏蔽电子加速器辐照装置，维修人员维修前取下钥匙开关，以防发生辐射事故。

(9) 设立故障及异常情况下的安全保障控制程序：

a) 停电情况下，全部安全联锁系统失去作用。这时，自屏蔽电子加速器辐照装置不能加高压，不能开机。

b) 计算机控制程序故障，系统能自动停机。

c) 人员开启自屏蔽电子加速器辐照装置时，佩戴个人剂量报警仪，一旦报警仪报警，应立即按下急停开关。

(10) 工作人员使用液氮前必须接受专业培训，了解液氮的特性、危险性及正确操作方法，定期对液氮储罐进行检查和维护，包括检查密封性能、安全阀的有效性以及外壳的完整性。

通过定期检查确保辐射安全措施正常运行，如有失效必须及时修理，不能“带病作业”。通过日常自行检测及委托年度检测，及时发现辐射异常区域并查明原因进行整改，避免自屏蔽电子加速器辐照装置周边人员受到异常照射或超剂量照射。

3 辐射事故处置方法

本项目拟使用的自屏蔽电子加速器辐照装置属于 II 类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

(1) 事故情况下立即切断自屏蔽电子加速器辐照装置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、公安等有关管理部门，并做好辐射事故档案记录；

（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）对发生事故的自屏蔽电子加速器辐照装置，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。

当发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急措施，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，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《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》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。 江苏天润启云新材料有限公司拟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。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员（其中 1 名兼职辐射防护负责人），辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上科目为“工业辐照电子加速器”的考核方可上岗，辐射防护负责人应通过生态环境部培训平台上科目为“辐射安全管理”的考核方可上岗。
辐射安全管理规章制度 本项目为新建项目，江苏天润启云新材料有限公司拟按照《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》规定为本项目制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射安全和防护管理制度、设备维修检修制度、人员培训计划、监测方案等，并在以后的实际工作中对各种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。现对其提出相应的建议和要求： 操作规程：明确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，重点是工作前的安全检查工作，辐射工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。 岗位职责：明确管理人员、操作人员、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，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，重点是对自屏蔽电子加速器辐照装置的安全防护和维修要落实到个人。 设备检修维护制度：明确自屏蔽电子加速器辐照装置各项安全联锁装置及设施在

日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保加速器的辐射安全设施有效地运转。明确定期对加速器和辐射监测设备进行检查、维护，包括日检查、月检查和半年检查，并建立维修维护记录制度，对运行及维修维护期间进行日志记录；发现问题应及时维修，确保加速器、安全设施、辐射监测仪器等仪器设备保持良好工作状态。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

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，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

监测方案：明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测，监测方式包括企业自主监测和有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，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部门报告。公司应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

台账管理制度：建立健全的射线装置使用台账登记制度，并在日常工作中落实到位，对公司加速器的使用时间、使用工况及使用人员等信息均需记录在台账上，做到有据可查。

辐射事故应急预案：成立辐射事故应急指挥小组，明确各小组成员的职责与分工，以及应急事故处理相关的联系方式。定期组织应急人员进行应急演练，在演练过程中发现问题能够及时解决。明确应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备，明确辐射事故分类与应急响应的措施。

辐射监测

1 监测仪器

根据《粒子加速器辐射防护规定》中“每台加速器必须根据其特点配备其他的辐射监测装置，如个人剂量计、可携式监测仪”以及当前辐射管理要求，江苏天润启云新材料有限公司应配备与辐射类型相适应的防护用品和监测仪器。

江苏天润启云新材料有限公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

2 监测方案

江苏天润启云新材料有限公司应在本项目环境保护设施竣工后 3 个月内（最长不超过 1 年），委托有资质单位对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，并落实以下辐射监测内容：

应定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测；

在开展调试作业时，公司应定期（建议不少于 1 次/月）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；

本项目辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1 次/月，最长不超过 1 次/3 个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司应定期（不超过 2 年/次）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

公司应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。

辐射监测方案见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射监测计划

监测对象	监测项目	监测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位
自屏蔽电子加速器辐照装置	周围剂量当量率	竣工环保验收监测	X- γ 辐射剂量率	委托资质单位监测，建设项目竣工后 3 个月内，1 次	①四周屏蔽体外 5cm 处； ②装饰纸进出口外 5cm 处； ③氮气口、排气口外 5cm 处； ④操作位处； ⑤监督区周围； ⑥评价范围内其他保护目标处。
		年度监测	X- γ 辐射剂量率	委托资质单位监测，不少于 1 次/年	
		日常监测	X- γ 辐射剂量率	定期自行开展，建议不少于 1 次/月	
辐射工作	个人剂量	/	职业性外照	定期委托有资质单位进行	/

人员	监测		射个人剂量	监测, 1 次/月, 最长不超过 1 次/3 个月	
----	----	--	-------	------------------------------	--

落实以上措施后, 公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

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, 江苏天润启云新材料有限公司拟针对项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案, 应急方案内容应包括:

- (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) 辐射事故分级与应急响应措施;
- (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。

公司拟依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急方案, 建立应急机构, 明确人员职责分工, 加强应急人员的组织、培训, 同时做好与所在市、(县区)辐射事故应急预案和实施程序的衔接, 完善辐射事故分类与应急响应措施, 并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练, 落实相关要求。

发生辐射事故时, 公司应立即启动本单位的事故应急方案, 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。事故发生后公司将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 13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

江苏天润启云新材料有限公司位于江苏省常州经济开发区横林镇武青路 15 号，租赁天润盛凯公司现有闲置 11#车间，地理位置见附图 1。11#车间在天润盛凯公司厂区西南角，其北面隔厂区内道路为天润盛凯公司 1#车间，东面隔厂区内道路为天润盛凯公司 10#车间（成品仓库）、12#车间（办公楼），南面隔天润盛凯公司南侧厂界围墙为空地，西侧隔车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙为空地、池塘。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建于 11#车间一层洁净间西部 EB 固化室内，11#车间为二层建筑，无地下构筑物。EB 固化室周边设置实体物理隔断将本项目装置与洁净间内生产设备、辅房及通道隔开，占地面积约为 $9.4\text{m} \times 6.8\text{m}$ ，自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址北侧为洁净间内辅房（配液室、更衣室等）、洁净间外厂房内通道、生产区、成品堆场、厂区内道路、天润盛凯公司 1#车间，东侧为洁净间内区域（通道、其他生产设备区等）、洁净间外厂房内通道、原料堆场、办公室及辅房、成品展间、厂区内道路、天润盛凯公司 10#车间（成品仓库）和 12#车间（办公楼），南侧为洁净间内区域（涂布机等）、洁净间外厂房内通道、辅房及 EB 涂料仓库、天润盛凯公司南侧厂界围墙、空地，西侧为洁净间内区域、11#车间外仓库、天润盛凯公司西侧厂界围墙、空地、池塘，正上方二楼为仓库。

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址边界外 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为本项目辐射工作人员及自屏蔽电子加速器辐照装置拟建址周围评价范围内的公众人员。

1.2 实践正当性评价

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其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》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

1.3 项目布局及分区

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置主要通过自带屏蔽体进行屏蔽防护，装饰纸进口、出口朝向南侧，加速器控制柜拟设于装置北侧。加速器运行时电子束朝向装置左

侧照射（以电控柜所在侧为右侧），整个辐照工艺流程流水线为自动运行，辐射工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，处于辐照室右侧，避开了电子束出束方向。本项目自屏蔽电子加速器辐照装置工作场所布局合理。

本项目拟将装置屏蔽体及内部区域划为控制区，在装置表面醒目位置设置电离辐射警告标志，运行时任何人员禁止进入；拟将洁净间 EB 固化室内除电子加速器自屏蔽体外的区域划为监督区，监督区边界设有实体物理隔断，监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌，运行时无关人员不得进入，在 EB 固化室物理隔断、外罩壳外表面醒目位置设置电离辐射警告标志。项目分区管理能够满足《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。

1.4 辐射安全措施

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置均拟设置以下辐射安全措施：①电子束控制柜配备钥匙开关；加速器开机钥匙由专人负责保管；②电子束控制柜设计有紧急停机按钮；③设有门机联锁，移动屏蔽、真空屏蔽室检修门均与束流控制和加速器高压联锁；④加速器装置控制与束下装置的控制拟建立可靠的接口和协议文件；⑤装置顶部外拟设计声光报警装置和工作状态指示灯；⑥真空屏蔽室正面及背面、装饰纸入口及出口、辐照室移动屏蔽外拟设辐射监测系统与剂量联锁装置。⑦真空屏蔽室正面、辐照室移动屏蔽正面、外罩壳外、所在物理隔断外拟设置电离辐射警告标志，警示无关人员勿靠近。

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。

1.5 辐射安全管理

江苏天润启云新材料有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。公司拟根据相关法规条例及本报告提出的要求制定辐射安全管理制度。公司计划为本项目配备 2 名辐射工作人员（其中 1 名兼职辐射防护负责人），辐射工作人员在上岗前应通过生态环境部培训平台上的考核。

公司拟为本项目配备 1 台便携式辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

公司应定期（不少于 1 次/年）请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并委托资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

根据理论预测可知，本项目加速器辐照室、真空屏蔽室及加速器钢筒等的辐射防护设计均能满足防护要求；装饰纸进出口、氮气管道、排气管道的设置合理可行，未破坏加速器屏蔽体的屏蔽效果，辐射屏蔽设计能够满足《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 2.5μGy/h 的要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论分析预测，本项目辐射工作人员及公众年受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

2.3 三废处理处置

本项目自屏蔽电子加速器辐照装置使用时拟将辐照室内充满氮气，氮气从氮气管道内充入，使得辐照室内始终保持正压，防止空气进入辐照室内。氮气管道入口处采用 6mm 钢板+12mm 铅防护罩进行屏蔽。由于氮气化学性质稳定，辐照过程中不会发生反应，运行过程中辐照室内始终保持正压，氮气将从装饰纸进出口排出辐照室，最终逸散在大气环境中。

本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的少量生活废水和办公垃圾，该两种污染物的处置依托公司的生活污水处理系统和保洁措施，统一收集后进入城市污水管网及垃圾处理站集中处理，对外环境影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述，江苏天润启云新材料有限公司新建 1 台自屏蔽电子加速器辐照装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其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，该项目的建设运行是可行的。

建议和承诺

(1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对辐射工作人员的培训，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) 项目建设完成后，企业应及时办理辐射安全许可证。

(5) 项目投产运行后，企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收，环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月，最长不超过 12 个月。

表 14 审批

审批意见

经办人：

公 章
年 月 日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施内容	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中“应当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”的要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目加速器主体为自屏蔽装置，装置主体尺寸	加速器屏蔽体周围参考点的辐射剂量率均能够满足《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 μGy/h的要求；同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：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。	/
	本项目自屏蔽电子加速器辐照装置均拟设置以下辐射安全措施：①电子束控制柜配备钥匙开关；加速器开机钥匙由专人负责保管；②电子束控制柜设计有紧急停机按钮；③设有门机联锁，移动屏蔽、真空屏蔽室检修门均与束流控制和加速器高压联锁；④加速器装置控制与束下装置的控制拟建立可靠的接口和协议文件；⑤装置顶部外拟设计声光报警装置和工作状态指示灯；⑥真空屏蔽室正面及背面、装饰纸入口及出口、辐照室移动屏蔽外拟设辐射监测系统与剂量联锁装置。⑦真空屏蔽室正面、辐照室移动屏蔽正面、外罩壳外、所在物理隔断外拟设置电离辐射警告标志，	满足相关标准中关于辐射安全设施的相关要求。	5

项目	“三同时”措施内容	预期效果	预计投资 (万元)
	警示无关人员勿靠近。		
人员配备	公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过辐射安全知识考核后方可上岗。本项目拟配备的 2 名辐射工作人员均拟开展个人剂量监测，送检周期最长不超过 3 个月/次，并拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案。 本项目拟配备的 2 名辐射工作人员均拟定期进行职业健康体检，体检周期不超过 2 年/次，并拟建立职业健康监护档案	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。	定期投入
监测仪器和防护用品	公司拟为本项目配备 1 台环境辐射剂量巡测仪以及 2 台个人剂量报警仪。	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。	2
辐射安全管理制度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐照装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	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。	/
合计	/	/	7

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。