

报告编号：WKFHP-25081

核技术利用建设项目

温州市超宇特种材料有限公司

电子加速器辐照装置应用项目

环境影响报告表

(公示稿)

温州市超宇特种材料有限公司

2026年3月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

温州市超宇特种材料有限公司

电子加速器辐照装置应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：温州市超宇特种材料有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路
1527 号安全应急产业园南区 8 幢 101 室

邮政编码：

联系人：

电子邮箱：

联系电话：

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	17
表 9	项目工程分析与源项	20
表 10	辐射安全与防护	26
表 11	环境影响分析.....	30
表 12	辐射安全管理	40
表 13	结论与建议	46
表 14	审批	50

表 1 项目基本情况

建设项目名称		温州市超宇特种材料有限公司电子加速器辐照装置应用项目			
建设单位		温州市超宇特种材料有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 8 幢 101 室			
项目建设地点		浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 10 幢 101 室			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		1600	项目环保投资 (万元)	25	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)	不新增占地
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				

1.1 项目概况

1.1.1 建设单位简介

温州市超宇特种材料有限公司（以下简称“公司”）成立于 2023 年 5 月 9 日，注册地位于浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 8 幢 101 室，是一家主要从事特种纸生产、销售的公司。公司营业执照见附件 2。2025 年 12 月，公司委托浙江科寰环境科技有限公司编制完成了《温州市超宇特种材料有限公司年产 2500 吨离型纸建设项目环境影响评价报告表》，并由温州市生态环境局海经分局审查通过（温环海建[2025]

026号，见附件6），该项目正在建设中，不具备竣工环保验收条件。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为满足公司发展需求，现计划新建2台EB500型低能自屏蔽式电子加速器生产EB固化离型纸，以实现国产替代。温州市超宇特种材料有限公司从浙江心思应急产业发展有限公司（曾用名：温州心思功量科技发展有限公司）购置厂房（瓯采路1527号安全应急产业园南区10幢101室），拟实施新建电子加速器辐照装置项目。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目电子加速器为“工业辐照用加速器”，属于II类射线装置。对照生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目——使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，温州市超宇特种材料有限公司委托卫康环保科技（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《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）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.1.3 建设内容与规模

公司拟在瓯采路1527号安全应急产业园南区10幢101室中部建设围墙，围成辐照工作区域，在围墙内配置2台EB500型低能自屏蔽式电子加速器（最大能量0.4MeV，最大电子束流150mA），用于辐照生产EB固化离型纸，用于辐照改性。辐射装置参数详见表1-1。

表 1-1 本项目电子加速器情况表

装置名称	类别	型号	数量	最大能量	额定电流	工作场所	辐照出束方向
自屏蔽式电子加速器	II类	EB500	2台	0.4MeV	150mA	10幢101室中部围墙内	西北方向

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 公司地理位置

温州市超宇特种材料有限公司位于温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路1527号安全应急产业园南区8幢101室和10幢101室，地理位置见附图1。

1.2.2 项目周边环境概况

本项目电子加速器辐照装置拟建于瓯采路1527号安全应急产业园南区10幢101室中部围墙内，10幢101室平面布局图见附图4，所属建筑的结构为地上5层（其中一层层高7.5m，

二层层高 4.5m，其余楼层层高 3.9m），无地下层。本项目 2 台电子加速器辐照装置东北-西南方向并列放置，视为一个整体。辐照装置拟建址正上方二至四层为温州创欣文具有限公司，五层闲置；西北侧 50m 内由近及远依次为仓库、斜上方仓储阁楼、温州利得隆包装有限公司、温州合美电器科技有限公司；东北侧 50m 内由近及远依次为东北侧厂区道路、温州市美德文具有限公司、餐厅；东南侧 50m 内由近及远依次为操作台、东南侧厂区道路、宿舍；西南侧 50m 内由近及远依次为仓库、配电房、西南侧厂区道路、园区 16 幢。本项目周围环境关系示意图见附图 2，周围环境实景图见附图 3。

1.2.3 环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内从事辐照装置操作的辐射工作人员及公众成员。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 10 幢 101 室，用地性质为工业用地（见附件 4），项目建设符合《浙江温州海经区浅滩一期北单元、南单元详细规划》的用地规划要求（见附图 6）。

1.3.2 “三区三线”符合性分析

2022 年 9 月 30 日自然资源部办公厅发布了《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，其中“三区”是指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应农业空间、生态空间、城镇空间中划定的永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。其中，城镇开发边界内可分为城镇集中建设区、城镇弹性发展区和特别用途区。

根据温州市区三区三线图（见附图 7），本项目位于城镇集中建设区，项目用地及评价范围均不涉及永久基本农田、生态保护红线，因此符合浙江省“三区三线”相关规定和管理要求。

1.3.3 生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

根据《温州市生态环境局关于印发<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（温环发〔2024〕49 号），生态环境分区管控是以改善生态质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定生态环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建生态环境分区管控体系。本项目生态环境分区管控动态更新方案符合性判定情况见表 1-4。

表 1-4 本项目生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

生态保护红线	根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》及《温州市区三区三线图》（见附图 7），本项目不涉及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，本项目拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
生态环境准入清单	<p>根据《温州市生态环境分区管控动态更新方案》（见附图 8），本项目所在地属于浙江省温州市洞头区一般管控单元（编码：ZH33030530001），该管控单元生态环境准入清单内容要求如下：</p> <p>①空间布局约束</p> <p>原则上禁止新建三类工业项目，现有三类工业项目扩建、改建不得增加污染物排放总量并严格控制环境风险。禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目，改建、扩建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、持久性有机污染物排放的二类工业项目不得增加管控单元污染物排放总量；禁止在工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外新建其他二类工业项目，一二产业融合的加工类项目、利用当地资源的加工项目、工程项目配套的临时性项目等确实难以集聚的二类工业项目除外；工业功能区（包括小微园区、工业集聚点等）外现有其他二类工业项目改建、扩建，不得增加管控单元污染物排放总量。建立集镇居住商业区、耕地保护区与工业功能区等集聚区块之间的防护带。严格执行畜禽养殖禁养区规定，根据区域用地和消纳水平，合理确定养殖规模。加强基本农田保护，严格限制非农项目占用耕地。</p> <p>②污染物排放管控</p> <p>落实污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。加强农业面源污染治理，严格控制化肥农药施加量，合理水产养殖布局，控制水产养殖污染，逐步削减农业面源污染物排放量，推动农业领域减污降碳协同。依法严禁秸秆露天焚烧。因地制宜选择适宜的技术模式对农田退水进行科学治理，有序推进农田退水“零直排”工程建设。</p> <p>③环境风险管控</p> <p>加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。</p> <p>④资源开发效率要求</p> <p>实行水资源消耗总量和强度双控，推进农业节水，提高农业用水效率。优化能源结构，加强能源清洁利用。加强生态公益林保护与建设，防止水土流失。禁止向农用地排放重金属或者其他有毒有害物质含量超标的污水、污泥，以及可能造成土壤污染的清淤底泥、尾矿、矿渣等。加强农田土壤、灌溉水的监测及评价，对周边或区域环境风险源进行评估。</p> <p>本项目符合性：本项目属于核技术利用建设项目，不属于二类和三类工业项目，不涉及工业污染物总量排放，不涉及畜禽养殖，不涉及公益林和农用地，本项目实施过程中加强节水管理，提高循环水比例，减少水资源消耗。因此，本项目的实施符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的管控要求。</p>

综上所述，本项目符合生态环境分区管控动态更新方案的建设要求。

1.4 选址合理性分析

本项目位于浙江省温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业

园南区 10 幢 101 室，不新增土地。同时，本项目所在地的土地利用性质属于一类工业用地，周围无环境制约因素。项目周围 50m 范围内均为安全应急产业园内部区域，无自然保护区、风景名胜區、饮用水水源保护区、居民区及学校等环境敏感区。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

本项目为电子加速器辐照装置项目，根据《产业结构调整指导目录》（2024 年本），本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，属于国家鼓励类产业。因此，本项目建设符合产业政策要求。

1.6 实践正当性分析

本项目核技术利用项目的开展，通过辐照技术对特种纸进行改性处理，可以使特种纸获得特殊性能，更好地满足市场需求，项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，经辐射屏蔽防护和安全管理后，其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的年有效剂量符合剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。因而，按照规范正当操作，本项目是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“实践的正当性”原则的。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，无原有核技术利用项目及许可情况。

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
本项目不涉及								

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
本项目不涉及										

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)	电子束流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	自屏蔽式电子加速器	II类	2台	EB500	电子	0.4	150	辐照改性	10幢101室中部围墙内	拟购，本次评价

(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
本项目不涉及									

(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	
本项目不涉及													

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	最终排放去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	由排风系统引至外环境

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

法律文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，主席令第九号，1989 年 12 月 26 日通过，2014 年 4 月 24 日修订，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》，主席令第二十四号，2002 年 10 月 28 日通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第二次修正；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令第 253 号发布，2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日国务院令第 449 号公布，2005 年 12 月 1 日起施行，2019 年 3 月 2 日第二次修订；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日原环境保护部令 18 号公布，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日原环境保护总局令 31 号公布；2006 年 3 月 1 日起施行；2021 年 1 月 4 日第四次修正；</p> <p>(8) 《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；</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》，原国家环境保护总局，环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日国家发展和改革委员会令 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(11) 《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2080 号，2022 年 9 月 30 日起施行；</p> <p>(12) 关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知，环环评〔2024〕41 号，2024 年 7 月 6 日起施行；</p> <p>(13) 《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》，生态环境</p>
------	--

	<p>部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发；</p> <p>(15)《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，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(16)《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 71 号，2022 年 8 月 1 日起施行；</p> <p>(17)《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011 年 10 月 25 日浙江省人民政府令第 288 号公布，2011 年 12 月 1 日起施行，2014 年 3 月 13 日第一次修正，2018 年 1 月 22 日第二次修正，2021 年 2 月 10 日第三次修正；</p> <p>(18)《浙江省辐射环境管理办法(2021 年修正)》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行；</p> <p>(19)浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2024 年本)》的通知，浙环发〔2024〕67 号，2025 年 2 月 2 日起施行；</p> <p>(20)浙江省生态环境厅关于印发《浙江省生态环境分区管控动态更新方案》的通知，浙环发〔2024〕18 号，2024 年 3 月 28 日起施行；</p> <p>(21)《温州市生态环境局关于印发<温州市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，温州市生态环境局，温环发[2024]49 号，2024 年 11 月 15 日起实施。</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>(1)《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)，2016 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(2)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(3)《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985) 1986 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(4)《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)，2002 年 6 月 1 日实施；</p> <p>(5)《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)，2011 年 5 月 1 日实施；</p> <p>(6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020 年 4 月 1 日实施；</p> <p>(7)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；</p> <p>(8)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021 年 5 月 1 日实施；</p>

	<p>(9)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021), 2021年8月1日实施;</p> <p>(10)《环境空气质量标准》(GB 3095-2026), 2026年3月1日实施。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的工程设计图纸及技术参数资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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)的规定：“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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，结合本项目的辐射污染特点，故确定本项目评价范围为电子加速器辐照装置自屏蔽体外 50m 的区域，评价范围示意图见图 2。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为电子加速器辐照装置自屏蔽体周围 50m 内从事辐照装置操作的辐射工作人员及周围公众成员，具体见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标基本情况

	环境保护目标		方位	与辐照装置边界最近距离	人数	保护要求
10 幢 101 室中部围墙内	职业人员	操作台	东南侧	2m	4 人	剂量约束值 $\leq 5\text{mSv/a}$
	公众成员	仓库	西北侧	3m	2 人	剂量约束值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$
		温州利得隆包装有限公司		26m	35 人	
		温州合美电器科技有限公司		49m	10 人	
		厂区道路	东北侧	11m	100 人次/天	
		温州市美德文具有限公司		21m	20 人	
		餐厅		42m	20 人	
		厂区道路	东南侧	21m	400 人次/天	
		宿舍		38m	200 人	
		仓库	西南侧	2m	2 人	
		配电房		2m	1 人	
		厂区道路		19m	50 人次/天	
		园区 16 幢		28m	60 人	
		温州创欣文具有限公司	上方	3m	20 人	
		仓储阁楼		2m	1 人	

注：将 2 台电子加速器辐照装置看作一个整体；10 幢 101 室正下方为土层，无地下层，属于人员不可达区域；10 幢五层闲置，因此不作为环境保护目标。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

(1) 防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，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保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束的潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

(2) 辐射工作场所的分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 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。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 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。

(3) 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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；

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

(4) 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的 25%、公众照射剂量限值的 10%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表 7-2。

表 7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.1mSv/a

7.3.2 《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）

本规定适用于加速粒子的单核能量低于 100MeV 的粒子加速器（不包括医疗加速器和象

密封型中子管之类的可移动加速器) 设施。

2 剂量当量限值

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 5.0mSv。

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

3.3 辐射安全系统

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。

4 运行中的辐射安全

4.5 通风

4.5.1 加速器停机后, 在人员进入有气载放射性的区域前, 应先对该区域进行适当通风, 使其浓度低于附录 C 所列导出空气浓度。但在符合内外照射低于年有效剂量当量限值的原則下, 可容许 1 次或多次吸入空气中的放射性物质的浓度超过附录 C 所列的导出空气浓度。

4.6 应急程序

4.6.1 根据加速器的实际情况, 应制定出处理可能发生的重大事故(或失误)时所需的应急程序, 包括人员的撤离, 个人剂量的确定, 医学追踪, 环境评价等。

4.7 可靠性检验

4.7.1 必须对辐射安全系统进行定期检查或维修, 时间间隔不得超过 6 个月, 并应做好检查记录。

附录 E 有关非放射危害的几个问题

E.2 臭氧

E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7.3.3 《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)

本标准适用于各种类型的 γ 源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。

5.1.3 I、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 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}$ 。

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

本标准适用于能量为 $0.15\text{MeV}\sim 15\text{MeV}$ 的各类辐射加工用电子加速器工程。

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下：

- a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于 C20，密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ；
- b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商的土建工艺指导数据；
- c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB 18871-2002 和 GB 5172-85 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 ；
- d) 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；
- e) 控制区和监督区及其入口处应设置电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志；
- f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备；
- g) 其他物理因素安全要求应满足 GBZ 2.2-2007 规定的标准要求。

7.3.5 《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) 及修改单

序号	中文名	英文名	化学文摘号 CAS 号	OELs (mg/m)		
				MAC	PC-TWA	PC-STEL
35	臭氧	Ozone	10028-15-6	0.3	—	—
95	氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮)	Nitrogen oxides(Nitric oxide, Nitrogen dioxide)	10102-43-9; 10102-44-0	—	5	10

7.3.6 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》(GB 5172-85)、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T 25306-2010)、《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)与《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》(GB22.1-2019)及第1号修改单等评价标准,确定本项目的管理目标:

①周围环境辐射剂量率控制水平:电子加速器辐照装置沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②个人剂量约束值:辐射工作人员个人年有效剂量不超过 5mSv/a ;公众成员个人年有效剂量不超过 0.1mSv 。

③加速器停机后,辐照装置屏蔽室内的臭氧浓度应不大于 0.3mg/m^3 ,氮氧化物浓度应不大于 5mg/m^3 。

7.3.7 《环境空气质量标准》(GB 3095-2026)

根据温州市环境空气质量功能区划分图(见附图9),本项目区域属于二类环境空气功能区,常规污染物浓度限值执行《环境空气质量标准》(GB 3095-2026)。该标准表1和表2中规定了各项环境空气污染物不允许超过的浓度限值: O_3 不允许超过的1小时平均浓度限值(二级标准)为 0.2mg/m^3 , NO_x 不允许超过的1小时平均浓度限值(二级标准)为 0.25mg/m^3 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

8.1.1 项目地理位置

温州市超宇特种材料有限公司位于温州市温州海洋经济发展示范区昆鹏街道瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 8 幢 101 室和 10 幢 101 室，地理位置见附图 1。

8.1.2 项目场所位置

本项目电子加速器辐照装置拟建于瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 10 幢 101 室中部围墙内。辐照装置拟建址正上方二至四层为温州创欣文具有限公司，五层闲置；西北侧 50m 内由近及远依次为仓库、斜上方仓储阁楼、温州利得隆包装有限公司、温州合美电器科技有限公司；东北侧 50m 内由近及远依次为东北侧厂区道路、温州市美德文具有限公司、餐厅；东南侧 50m 内由近及远依次为操作台、东南侧厂区道路、宿舍；西南侧 50m 内由近及远依次为仓库、配电房、西南侧厂区道路、园区 16 幢。本项目周围环境关系示意图见附图 2，周围环境实景图见附图 3。

8.2 环境现状评价对象

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）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为电子加速器辐照装置拟建址及周围环境。

8.3 辐射环境质量现状评价

8.2.1 监测目的

通过现场监测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2 监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3 监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目辐射工作场所及周围环境进行监测布点。本项目共布设 15 个监测点位，布点情况见附图 5，监测报告及监测资质见附件 5。

8.2.4 监测方案

- (1) 监测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；
- (2) 监测时间：2025年11月19日；
- (3) 监测方式：现场检测；
- (4) 监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 监测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以10秒的间隔读取10个数据；
- (6) 监测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：晴；室内温度11℃；室外温度：11℃；相对湿度：41%；
- (8) 监测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

表 8-1 监测仪器设备参数

检测仪器	x、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H+6150 AD-b/H
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	外置探头：10 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h；主机：0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	外置探头：20keV-7MeV；主机：60keV-1.3MeV
检定证书编号	2025H21-20-5773017001
检定证书有效期	2025年2月28日~2026年2月27日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.06
探测限	10nSv/h

8.2.5 质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.2.6 监测结果及评价

监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目拟建场所及周围环境环境辐射本底监测结果

位点编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		位置
		平均值	标准差	
▲1	拟建辐照装置位置	137	2	室内
▲2	拟建辐照装置东北侧	137	3	室内
▲3	拟建辐照装置东南侧	137	3	室内
▲4	拟建辐照装置西南侧	141	2	室内
▲5	拟建辐照装置西北侧	139	2	室内
▲6	东北侧厂区道路	129	2	道路
▲7	东南侧厂区道路	128	1	道路
▲8	西南侧厂区道路	127	3	道路
▲9	温州创欣文具有限公司（正上方）	117	2	室内
▲10	温州利得隆包装有限公司	121	3	室内
▲11	温州合美电器科技有限公司	121	3	室内
▲12	温州市美德文具有限公司	139	1	室内
▲13	餐厅	139	3	室内
▲14	宿舍	111	1	室内
▲15	厂区 16 幢	128	2	室内

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除测点处宇宙射线响应值 25.5nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，▲6~▲8 点位取 1，其余点位取 0.8。

由表 8-2 可知：本项目电子加速器辐照装置拟建址及周围环境各检测点位道路的 γ 辐射空气吸收剂量率为 127nGy/h~129nGy/h；室内 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 111nGy/h~141nGy/h。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，温州市道路上 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 36nGy/h~154nGy/h；温州市室内的 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围为 73nGy/h~198nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设期工程分析

本项目电子加速器辐照装置属于一体化设计和制造的成套设备，无需施工建设，因此无施工期废物排放。设备调试时会产生 X 射线及少量的臭氧与氮氧化物。本项目建设期较短，对周围环境产生的影响是短暂的，随建设期结束，环境影响也随之停止。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 设备组成

(1) 电子加速部分

电子加速部分用途为产生高能电子束，由加速钢桶以及设在加速钢桶内的电子枪、电子枪加热电源加速管、电子流检测等部分组成。

①电源钢桶和加速钢桶

电源钢桶与加速钢桶通过压力容器接口连接。在加速钢桶里设有加速管的管电流输出端子以及电子枪加热控制电缆输出口。在电源钢桶侧面设有测量、监视气体温度的温度表，电源钢桶顶部设有安全排气阀。

②电子枪

电子枪是通过设在加速管顶部的“电子枪阴极”通电加热，产生热电子。由于电子枪阴极有使用寿命，需要定期更换电子枪阴极。

③加速管

加速管是由陶瓷和加速电极相互迭层连接而成，其内部和扫描盒及漂移管连接在一起并保持高真空。

在加速管的周围设有将直流高压的分压电压送给各加速电极的“柱形电阻”，提供用于电子发射、加速的电场。

(2) 加速器控制系统

根据系统功能要求和加速器的特点，系统采用 PLC（可编程控逻辑控制器）。主要由 PLC 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、安全联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体系结构。对于高电压和现场数据采集采用多重隔离措施。

①主控制器（PLC）

主控制器由 PLC 和 IO 模块组成，PLC 是整个控制系统的核心部分。PLC 执行数据采集

并控制加速器设备各项功能。

控制系统的任务及要求如下：

- a、对加速器及辅助设备各种运行状态的实时监控，当出现异常故障时自动采取必要的控制措施以保证设备及人身安全，并作出相应的故障显示；
- b、满足加速器各种运行操作要求的各种操作控制功能（包括参数设置、查询、修改等）；
- c、对高压、束流、漏电流、真空等参数进行实时采集并送到上位机进行监控；
- d、对系统设备的逻辑控制和人身安全联锁及保护控制；
- e、对扫描系统故障检测并控制系统正常或紧急停机；
- f、对系统高压、束流、冷却等辅助设备的控制；

②高压控制系统

a、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，即接通高压操作开关，PLC 的高压设定信号输出就会按照事先设定的时间函数上升高压到设定值。

b、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。

③束流控制系统

通过 PLC 的控制信号对束流控制系统的控制，通过对电子枪灯丝电压的控制，并可以使电子枪灯丝输出电流值和设置值相同。即当允许引出束流后，PLC 的束流值设定信号输出给束流控制系统，电子枪就会输出按照事先设定的时间函数上升的束流。本项目的辐照改性源项为 X 射线。

④扫描偏转系统

a、扫描线圈由沿着照射范围长方向进行电子束扫描的“X 扫描线圈”及与其呈直角方向扫描，将通过钛箔的电子束进行分散的“Y”扫描线圈组成，它们都安装在扫描盒顶部的漂移管上。

b、扫描偏转电源由操作台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。

(3) 安全联锁系统

主要包括屏蔽室的门机联锁、急停装置、剂量监测联锁和信号警示装置组成。主要对防护门的监测、供电系统进行监控。具备如下功能：

- a、具有开机，关机指示；
- b、具有紧急停机按钮，开机前警灯和警铃报警；
- c、具有门开关限位联锁装置和机械鸣锁（由钥匙控制）；
- d、具有射线泄漏检测联锁装置；
- e、具有运行参数检测联锁装置；
- f、各种关键联锁装置都能切断设备高压，确保人员和设备安全；

（4）辅助设备

a、辅助设备主要包括真空机组，排风机、调压器。

b、真空机组。主要为电子束的产生和传输提供真空，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于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空硅等。

c、储气罐。用于高压电源及存储 SF6 气体。

d、排风机。主要排除辐照室产生的臭氧，防止臭氧溢出到生产车间对设备和人的伤害。排风管道口，直径为 200mm。排气通风系统的风量为 2400m³/h 和风压为 3600 帕，要求排风机风室为不锈钢。烟囱应高于附近 10 米内最高建筑 2 米，具体由土建设计人员根据国家有关规定确定。

e、调压器。用于为高压电源供电。

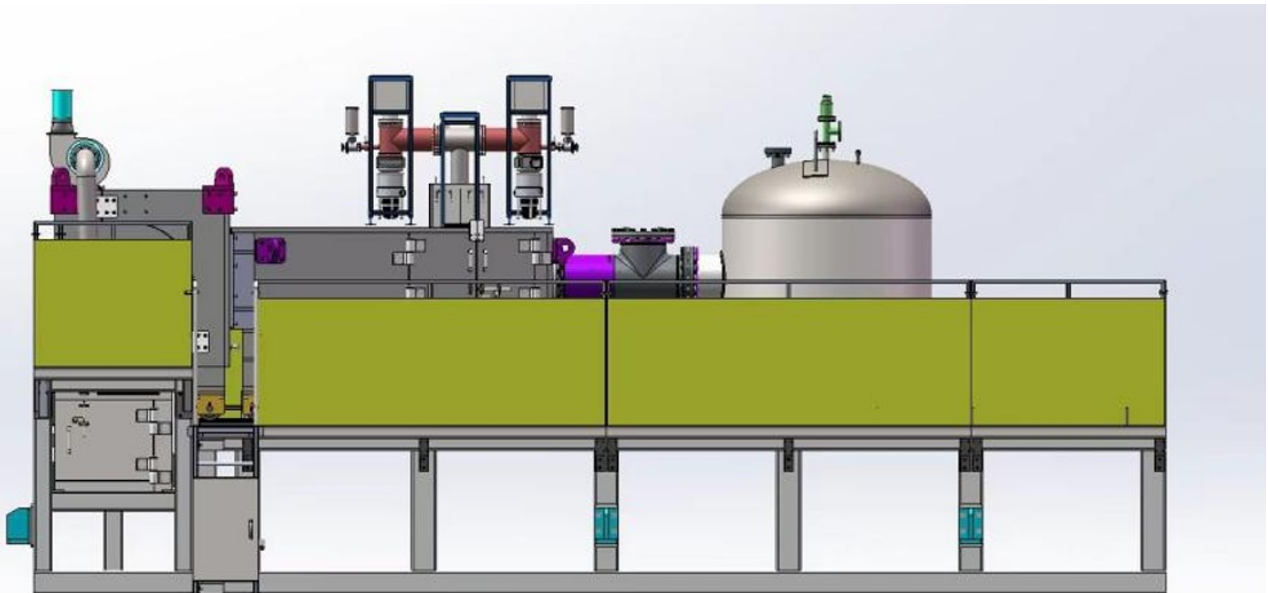


图 9-1 本项目电子加速器辐照装置示意图

9.2.2 工作原理

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。

当高能电子束直接轰击涂布材料分子（本项目为脂肪族聚氨酯丙烯酸酯），打断了丙烯酸酯双键或主链上的化学键，产生了反应活性极高的自由基，这些自由基迅速攻击周围的其他树脂分子，形成新的化学键，像链条一样把它们连接起来，形成致密的三维网状结构，材料瞬间由胶状转变为固态，从而完成固化。

9.2.3 工艺流程

- （1）将待加工的基材进行导开处理；
- （2）对基材表面使用脂肪族聚氨酯丙烯酸酯涂布处理；
- （3）将处理后的基材经放卷机输送至进料口，固定于传输系统；
- （4）确定所有安全联锁装置、臭氧排风系统、加速器冷却系统等工作正常；
- （5）启动加速器电源，调节到所需束流强度和电子束能量后，开启传输系统运行开关，调节运行速度至工艺要求的速度，匀速前进进行辐照加工；该环节会产生 X 射线、电子等辐射影响；
- （6）辐照后的基材从装置出料口传出，经传输系统传至收卷机，当收卷机上纸张卷取达到设定卷径或长度时，执行纸张换卷过程，将完成辐照的纸卷卸下，换上新的收卷芯轴，继续进行后续辐照成品的收卷。

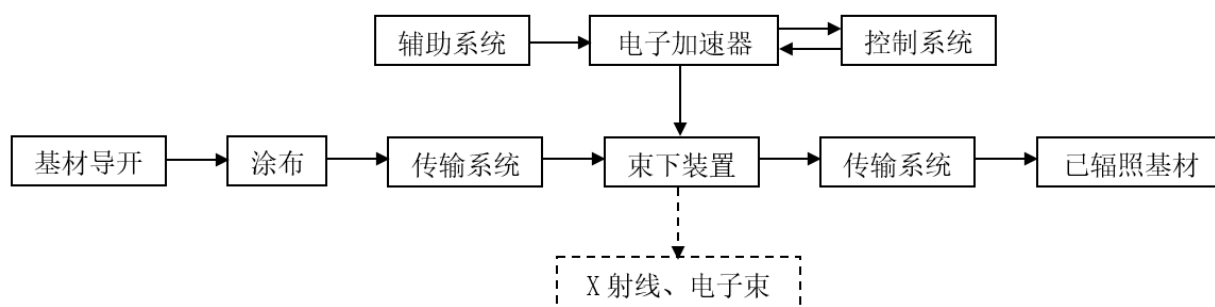


图 9-2 本项目工艺流程图

9.2.4 工作负荷与人员配置

根据建设单位提供的资料，本项目辐照加工材料为纸张，纸张宽度为 1000mm~1900mm，厚度为 0.2mm~0.5mm。本项目建成后，计划年辐照加工量为 1000t。

本项目电子加速器辐照装置正常运行情况下，采用连续作业方式，辐照出束方向朝西北方向，单台辐照装置每天开机时长为 8 小时，每周开机 6 天，一年工作 50 周，年开机时长共计 2400 小时。

本项目拟设 2 台辐照装置同时运行，每台辐照装置拟配备 2 名辐射工作人员，共 4 名辐射工作人员，每名辐射工作人员的年受照时间为 2400 小时。

9.3 污染源项描述

9.3.1 运行期正常工况污染源项

1、电子束、X 射线

加速器利用电子束对产品进行辐照，电子在加速器过程中，部分电子丢失，它们打在加速管壁上，产生 X 射线。此外，电子束打到高原子序数物质时也会产生高能 X 射线。由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境辐射造成辐射污染，但该 X 射线影响关机后即消失，仅高压无束流时无漏射束。

加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 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，在加速器开机的时间内，电子束产生的韧致辐射（X 射线）为主要污染因素，X 射线源项情况见表 9-1。

表 9-1 本项目电子加速器辐照装置 X 射线源项情况

设备	型号	最大能量	电子束流	入射电子在距靶 1m 处侧向 90°方向上的发射率常数（未修正）	入射电子在距靶 1m 处 0°方向上的发射率常数（未修正）
电子加速器辐照装置	EB500	0.4MeV	150mA	0.22Gy · m ² /mA · min	0.006Gy · m ² /mA · min

2、非放射性污染

(1) 废水

本项目电子加速器辐照装置拟配套循环冷却水，其使用的冷却水为纯水，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，循环冷却水定期补充，不外排。冷却用纯水为项目厂区自制，纯水制备过程中产生的浓水主要含一定盐分，可直接纳管排放。

本项目辐射工作人员从公司现有的工作人员中调配，故无新增废水。

(2) 废气

辐照固化不需添加引发剂且无需溶剂，本项目使用的涂布材料为脂肪族聚氨酯丙烯酸酯，根据 MSDS，脂肪族聚氨酯丙烯酸酯在常温常压下未见挥发，物质稳定。辐照时，脂肪族聚氨酯丙烯酸酯可瞬间发生链式聚合反应，将松散的分子连接在一起，形成高强度固态膜，使之更不易挥发。因此本项目不产生有机废气。

电子加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧和氮氧化物。其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

（3）噪声

本项目运行后噪声源主要为设备噪声，所有设备选用低噪声设备，噪声源强一般小于 70dB(A)。

（4）固体废物

本项目辐射工作人员从公司现有的工作人员中调配，故无新增固体废物。

9.3.2 运行期事故工况污染源项

（1）加速器安全联锁发生故障，导致加速器故障工况下射线发生器出束，射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；

（2）由于加速器故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

事故工况产生的污染物与正常工况下相同。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局

本项目辐照装置拟建于 10 幢 101 室中部，辐照装置的西北、西南侧拟建围墙，东南、东北侧为车间墙体，非辐射工作人员及普通公众成员禁止进入该区域，围墙外主要为仓库，不涉及居留因子较大的功能区域。

本项目操作台位于辐照装置东南侧，靠近围墙门，便于辐射工作人员出入。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布局基本合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 条款规定，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指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的区域。

根据两区划分原则，本项目对辐射工作场所实行分区管理，具体划分情况见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射工作场所控制区和监督区的划分

分区	控制区	监督区
区域	电子加速器屏蔽体实体区域	围墙内除控制区外区域
管理要求	在正常工作过程中，控制区内不得有无关人员进入，在控制区的进出口及其他适当位置处设置电离辐射警告标志和中文警示说明。	以黄线警示监督区的边界，在监督区的入口处的适当地点设立标明监督区的标牌，在正常工作过程中，监督区内不得有无关人员滞留。

控制区和监督区划分示意图见附图 10。

10.1.3 辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目自屏蔽式电子加速器辐照装置屏蔽防护设计方案见表 10-2。

表 10-2 辐照装置屏蔽防护设计方案

项目		屏蔽防护设计方案
主屏蔽室	四周、顶部	172mm 钢板+10mm 铅板
	底部	164mm 钢板+20mm 铅板
扫描盒	西北侧、东南侧、顶部、底部	112mm 钢板+10mm 铅板
排风机管道		6mm 钢板+10mm 铅板
加速钢桶		15mm 钢板+10mm 铅板
真空管道		10mm 钢板+10mm 铅板

走料屏蔽室	四周	72mm 钢板+10mm 铅板
	走料口、进出口	2mm 不锈钢+10mm 铅板
	走料进出情况	通过电动滑轨系统将滑动屏蔽室移开，将被辐照物穿过主屏蔽室后，再将滑动屏蔽室移动到预定位置，与固定屏蔽室闭合，完成穿料。
注：钢的密度不低于 7.85g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.3g/cm ³ 。		

本项目辐照装置屏蔽防护设计示意图见附图 11。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

为确保辐射安全，保障加速器安全运行，避免在辐照装置运行期间内发生误照事故，本项目的辐照装置设计有相应的辐射安全装置和保护措施。辐照装置辐射安全装置和保护措施见附图 12。辐照装置主要辐射安全装置和保护措施如下：

(1) 辐射屏蔽设计

本项目辐照装置采用结构简单紧凑的自屏蔽辐照加速器，辐照加速器屏蔽防护情况详见表 10-2 和附图 11，根据本报告中理论预测分析均能满足本项目的辐射防护要求。

(2) 安全设施

①钥匙控制：电子束控制系统配备钥匙开关，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，在运行中该钥匙是唯一且只能由运行值班长使用。

②门机联锁：主屏蔽室通过四层钢板搭接而成，物料进出口侧的四层钢板可上下移动，任意层移动均设置四路以上微动联锁保护开关，两路用于控制硬件回路，两路用于软件检测与控制。卸下任何一块钢板，微动联锁开关启动，加速器自动断电停机。

③信号警示装置。主屏蔽室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，绿色表示设备停机，黄色表示设备故障。同时设置开机前警灯和警铃报警。

④急停装置。加速器电子束配电控制系统和电子束控制系统设计有紧急停机按钮，当紧急情况发生时，触发急停按钮，加速器立即停止出束。

⑤剂量监测联锁。主屏蔽室设计有辐射监测系统，并分别在设备左右两侧设有两路检测探头，用于检测钢板微动联锁情况，任意一路检测辐射泄漏剂量大于 1.0 μ Sv/h，设备将自动停机。

⑥警戒措施：拟在加速器醒目位置设置电离辐射警告标志和中文警示说明，加速器外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

⑦监测设备与防护用品

表 10-3 本项目监测设备与防护用品配置计划表

序号	名称	拟配置数量
1	便携式辐射监测报警仪	1 台
2	个人剂量计	4 个
3	个人剂量报警仪	4 个
4	固定式辐射监测仪	4 个（设备自带）

⑧直梯爬行开关：加速器主屏蔽体的顶部设置防护栏，在防护栏爬梯上安装挡板并设置联锁保护开关，当挡板打开时，联锁开关启动，加速器自动断电停机，确保加速器运行时顶部不会有人员逗留。

⑨围墙：辐照装置的西北、西南两侧均拟砌砖墙，围墙门设置电离辐射警告标志和中文警示说明，防止无关人员进入围墙；围墙内临近操作台处拟张贴辐射环境管理规章制度及操作规程。

综上所述，本项目辐射安全设计能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）的相关要求及辐射安全防护需求。

10.1.5 日常检修（管理）及记录

1、装置的维护与维修

营运单位必须制定装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）每台装置的主要安全设备，保持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。

（1）日检查

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以下内容：

- ①工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- ②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态。

（2）月检查

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验证安全联锁功能的有效性。

(3) 年检查

装置的安全状况应每年定期进行检查，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。

2、记录

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) 装置产品的情况；

(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。

10.2 三废的治理

本项目运行期间，没有放射性废水、放射性废气及放射性固体废物产生，主要为臭氧和氮氧化物等非放射性气体。

电子加速器产生的高能射线在屏蔽室内会电离空气中气体分子，产生少量臭氧和氮氧化物。电子束流越大，臭氧和氮氧化物产生量越高。其中臭氧产额大于氮氧化物，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本节主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

EB500 型电子加速器辐照装置采用机械排风，排风口从主屏蔽室顶部引出。每台辐照装置主屏蔽室顶部拟设置 1 套机械排风系统（风量约 2400m³/h），加速器运行期间及停机后一直保持运行，臭氧和氮氧化物通过排风系统排放到外环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出外环境的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周围环境影响轻微。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目电子加速器辐照装置属于一体化设计和制造的成套设备，因此本项目不涉及土建施工。

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目电子加速器辐照装置需安装和调试后方可使用，安装调试期对于环境主要影响为 X 射线、电子束、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目的安装调试均由设备厂家安排的专业人员进行，建设单位不得自行安装和调试设备。本项目电子加速器辐照装置为自屏蔽设备，因此安装调试阶段的 X 射线和电子束经过屏蔽防护后，不会对周围环境造成电离辐射影响。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料作为一般固体废物进行处理，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段辐射环境影响分析

11.2.1 场所辐射水平预测

11.2.1.1 电子束对周围环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》（张丹枫、赵兰才主编），电子在物质中最大射程可由下式计算：

$$d = \frac{1}{2\rho} \times E_{\rho\max} \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

式中：

d ——最大射程，cm；

ρ ——防护材料的密度，g/cm³；

$E_{\rho\max}$ ——电子最大能量，MeV。

电子束的最大能量为 0.4MeV 时，在空气中（0.00129g/cm³）的最大射程约为 155cm，在钢（7.85g/cm³）的最大射程约为 0.025cm，在铅（11.3g/cm³）的最大射程约为 0.018cm。本项目屏蔽室铅板厚均在 1cm 以上，因此加速器发射的电子束对辐照装置外环境辐射影响可以忽略不计。

11.2.1.2 初级 X 射线对周围环境的影响

本项目电子加速器辐照装置为 2 台 EB500 型自屏蔽加速器（最大能量 0.4MeV，最大电

子束流 150mA)，本次评价需考虑加速器对环境的影响，采用理论估算的方法进行评估。

1、剂量关注点选取

根据本项目工程特征及辐照装置周围环境状况，选择剂量关注点为屏蔽墙外 5cm 处。关注点的分布情况见图 11-1~11-2，剂量关注点情况列于表 11-1。

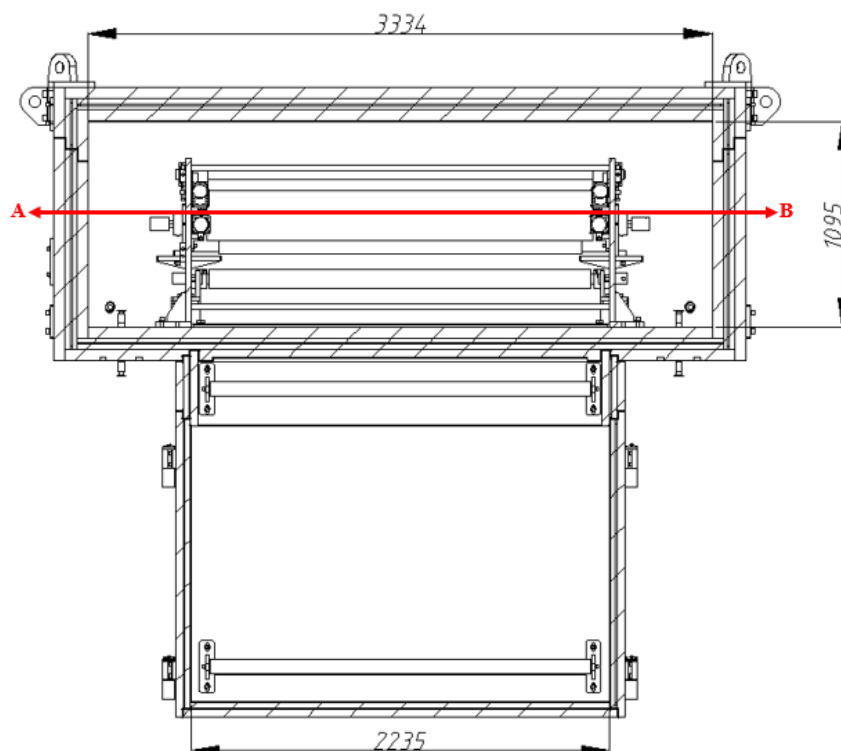


图 11-1 辐照装置剖面设计及关注点分布图（西南-东北方向，mm）

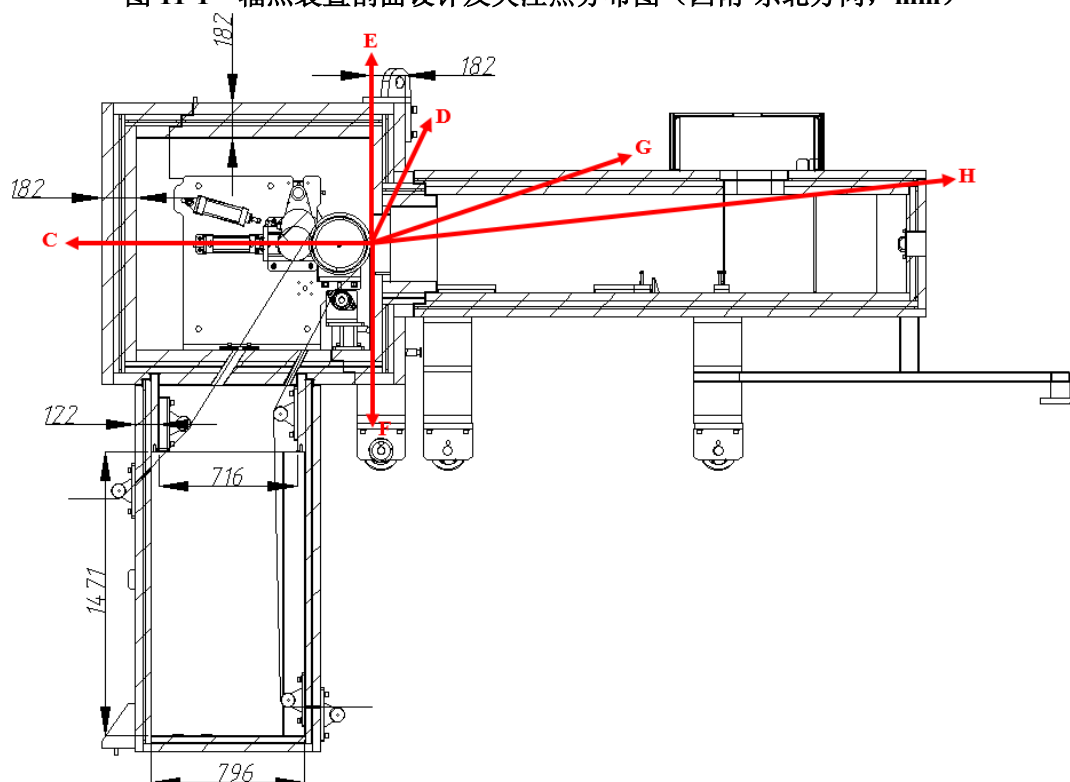


图 11-2 辐照装置剖面设计及关注点分布图（西北-东南方向，mm）

表 11-1 剂量关注点情况一览表

关注点	点位描述	X 射线源与参考点之间的距离 (m)
A	主屏蔽室	西南侧屏蔽墙外 5cm 处
B		东北侧屏蔽墙外 5cm 处
C		西北侧屏蔽墙外 5cm 处
D		东南侧屏蔽墙外 5cm 处
E		顶部屏蔽墙外 5cm 处
F		底部屏蔽墙外 5cm 处
G	扫描盒顶部 5cm 处	
H	加速钢桶最近位置外 5cm 处	

2、预测模式

加速器的辐射防护屏蔽计算模式采用《辐射防护导论》（方杰主编）第三章第三节中的计算公式。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot \delta_{\alpha} \cdot \eta_x \cdot q}{1.67 \times 10^{-2} \cdot r^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中：

\dot{H} ——参考点剂量率，Sv/h，乘以 10^6 换算成 $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ——电子束流强，mA；

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

1.67×10^{-2} ——与 1min 相当的小时数；

r ——X 射线源与参考点之间的距离，m；

q ——居留因子，本次评价保守考虑，全部取 1；

η_x ——透射比，无量纲，是 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，其计算公式为：

$$\eta_x = \frac{1}{10^n} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

$$n = \frac{d - \Delta_{1/10,1}}{\Delta_{1/10,e}} + 1 \dots\dots\dots \text{(式 11-4)}$$

式中：

n ——减弱倍数；

d ——设计的屏蔽层厚度，cm；

$\Delta_{1/10,1}$ ——靠近辐射源的第一个十倍减弱厚度，cm；

$\Delta_{1/10,e}$ ——平衡十倍减弱厚度，cm。

3、参数选取

(1) 主屏蔽室 X 射线发射率分析

本项目关注点 C 为主射线方向参考点，考虑 0° 方向的韧致辐射初级 X 射线；关注点 A、B、E、F 考虑 90° 方向的韧致辐射初级 X 射线；关注点 D 保守按 90° 方向的韧致辐射初级 X 射线考虑。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3， 0.4MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 方向上的发射率常数 $\delta_\alpha(90^\circ)=0.22\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为纸张，因此 90° 方向的修正系数 f_e 保守取 0.3 ，进行修正后的 $\delta_\alpha(90^\circ)=6.60 \times 10^{-2}\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.25， 0.4MeV 电子 90° 方向等效入射电子能量约为 0.25MeV 。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.25MeV 的 $\Delta_{1/10,1}=1.79\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=1.79\text{cm}$ ；铅对电子能量 0.25MeV 的 $\Delta_{1/10,1}=0.30\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=0.20\text{cm}$ 。

根据《辐射防护导论》（方杰编）图 3.3， 0.4MeV 入射电子在距靶 1m 处 0° 方向上的发射率常数保守取 $\delta_\alpha(0^\circ)=0.006\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。本项目被辐照的靶材料为纸张，因此 0° 方向的修正系数 f_e 保守取 0.5 ，进行修正后的 $\delta_\alpha(0^\circ)=3.00 \times 10^{-3}\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 。查《辐射防护导论》（方杰编）图 3.23，钢对电子能量 0.4MeV 的 $\Delta_{1/10,1}=2.56\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=2.56\text{cm}$ ；铅对电子能量 0.4MeV 的 $\Delta_{1/10,1}=0.35\text{cm}$ ， $\Delta_{1/10,e}=0.35\text{cm}$ 。

(2) 加速器钢桶及扫描盒分析

加速器钢桶及扫描盒内的辐射场由三部分叠加：主屏蔽室内与入射电子束形成的韧致辐射初级 X 射线，经过扫描盒屏蔽室顶部不完全屏蔽的贯穿辐射场；主屏蔽室内的 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，通过扫描盒屏蔽室上的孔洞直接照射入加速钢桶内形成的散射辐射场；尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与加速钢桶作用产生的束流损失辐射场。

由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级 X 射线能量较低，受到加速器钢桶和扫描盒的屏蔽后，对外的环境影响很小。

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，束流损失仅为 $8\mu\text{A}$ ，其产生的辐射剂量很少。再经过进一步屏蔽后，束流损失对加速器钢桶和扫描盒外的辐射影响很小。因此，为简化计算，加速器钢桶及扫描盒辐射防护屏蔽评价，仅考虑扫描盒屏蔽室内贯穿辐射场的影响，保守按 90° 方向的韧致辐射初级 X 射线考虑。

4、预测结果

表 11-2 单台加速器运行时辐照装置周围环境辐射水平预测结果

参数	A	B	C	D	E	F	G	H
电子束流强 I (mA)	150							
修正后 X 射线 发射率 δ_{α} (Gy·m ² · mA ⁻¹ ·min ⁻¹)	6.60×10 ⁻²	6.60×10 ⁻²	3.00×10 ⁻³	6.60×10 ⁻²	6.60×10 ⁻²	6.60×10 ⁻²	6.60×10 ⁻²	6.60×10 ⁻²
屏蔽层厚度 d	172mm 钢板+10mm 铅板					164mm 钢板 +20mm 铅板	112mm 钢板+ 10mm 铅板	
钢 $\Delta_{1/10,1}$ (cm)	1.79	1.79	2.56	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
钢 $\Delta_{1/10,e}$ (cm)	1.79	1.79	2.56	1.79	1.79	1.79	1.79	1.79
铅 $\Delta_{1/10,1}$ (cm)	0.3	0.3	0.35	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
铅 $\Delta_{1/10,e}$ (cm)	0.2	0.2	0.35	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
透射比 η_x	7.77×10 ⁻¹⁵	7.77×10 ⁻¹⁵	7.77×10 ⁻¹⁵	7.77×10 ⁻¹⁵	7.77×10 ⁻¹⁵	2.18×10 ⁻¹⁹	1.75×10 ⁻¹¹	1.75×10 ⁻¹¹
距离 r (m)	1.90	1.90	1.44	0.47	0.78	0.78	1.32	2.93
居留因子 q	1							
剂量率 \dot{H} (μ Sv/h)	1.28×10 ⁻⁶	1.28×10 ⁻⁶	3.44×10 ⁻⁴	2.09×10 ⁻⁵	7.57×10 ⁻⁶	2.12×10 ⁻¹⁰	5.95×10 ⁻³	1.21×10 ⁻³

由上表可知，单台加速器正常运行时，关注点位辐射剂量率最大值为 $5.95 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)的限值要求。

本项目 2 台电子加速器辐照装置东北-西南方向并列放置，间距 16m，根据周围剂量当量率与距离平方成反比的特性可以判断：当 2 台加速器同时运行时，其中一台对另一台关注点位辐射剂量率贡献小于 $1.9^2 / (1.9+16)^2 \approx 1/88$ 。因此 2 台加速器同时运行时各关注点位辐射剂量率仍小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)的限值要求。

11.2.1.3 局部贯穿辐射影响分析

(1) 辐照物料进出口

加速器开机时，发出的射线需经至少三次以上散射才能到达物料进出口，具体见图 11-3。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。这时，迷道口也只需要采用普通门”。因此，本项目辐照装置的物料进出口设计满足辐射防护要求，射线经多次散射后，进出口处辐射剂量率较低，在标准限值范围内。

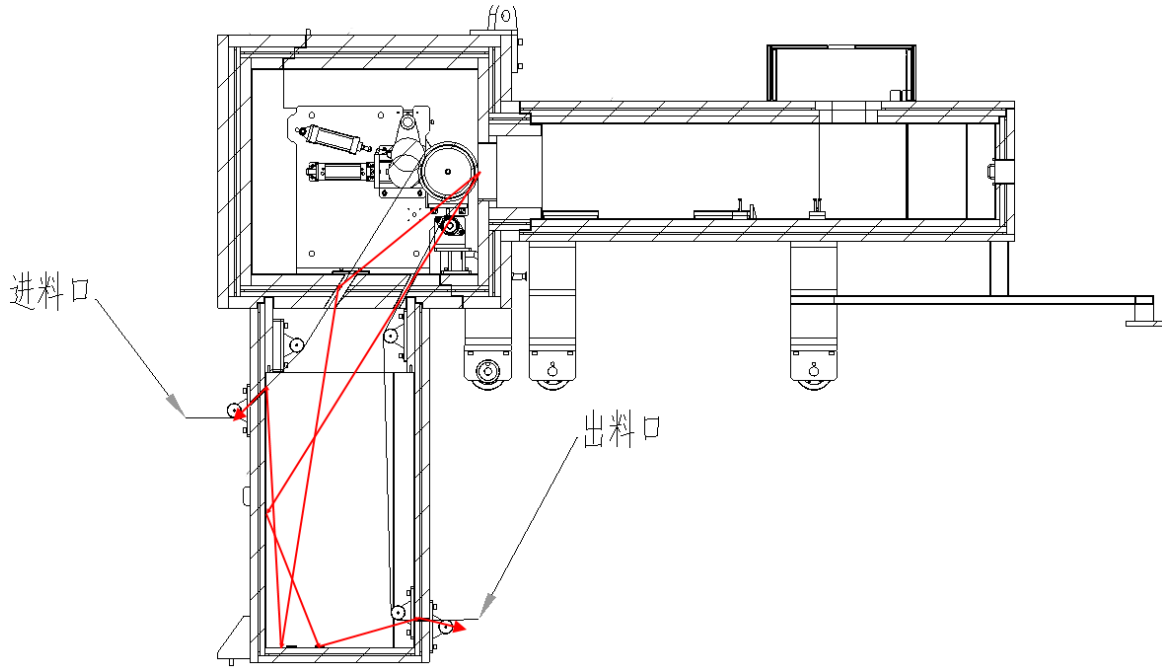


图 11-3 辐照装置进出口散射路径示意图

(2) 通风管道

辐照装置内设有排风管道，排风设计见图 11-4，排风管以“U”型穿过主屏蔽室的西南侧屏蔽墙，管径 200mm，管壁采用 6mm 钢板+10mm 铅板屏蔽，设计风量为 2400m³/h。射线至少经过 3 次以上的散射才到管道出口处，辐射能量已大大降低，射线通过排风管道外漏可忽略不计。因此，本项目排风管道的布设不会影响屏蔽墙的屏蔽效果。

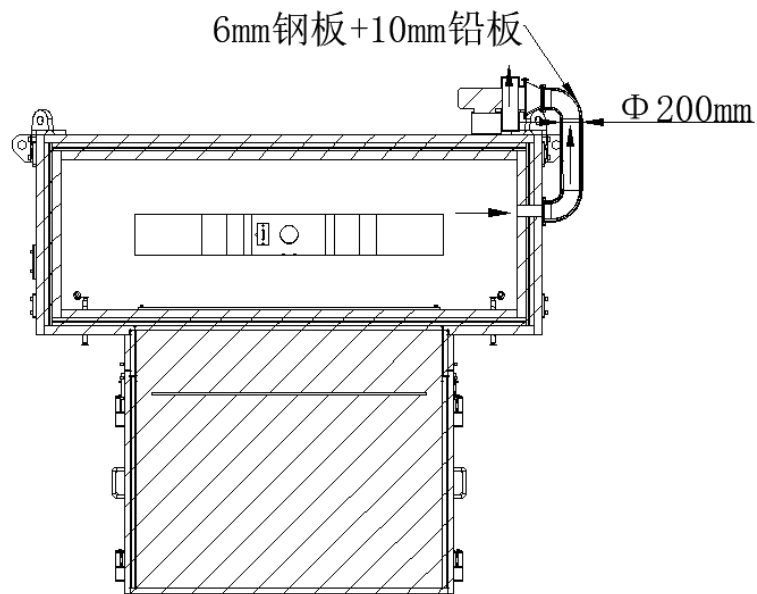


图 11-4 排风管道剖面示意图

11.2.2 人员受照剂量

1、年有效剂量计算公式

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 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$E = H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots \text{（式 11 - 5）}$$

式中：

E ——年有效剂量，mSv/a；；

H ——关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U ——使用因子，本项目均取 1；

T ——居留因子，参考 *NCPR REPORT No.151* 中 TABLE B.1 进行取值；

t ——年受照时间，h/a。

2、估算结果

本项目拟建电子加速器辐照装置共 2 台，相距 16m，因此人员受照剂量考虑 2 台射线装置叠加影响。利用表 11-2 的相关数据，本项目相关人员的预期年剂量水平的计算见表 11-3。

表 11-3 人员年有效剂量计算结果

保护目标		方向	居留因子	源点与关注点距离 (m)	源点与保护目标距离 (m) ①	保护目标处辐射剂量率取值 ($\mu\text{Sv/h}$) ②	保护目标处辐射剂量率总取值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年受照时间 (h/a)	年受照总剂量 (mSv/a)																																																																																					
职业	操作台	东南侧	1	0.47	9.8	4.81×10^{-8}	9.60×10^{-8}	2400	2.31×10^{-7}																																																																																					
					9.8	4.81×10^{-8}				公众	仓库	西北侧	1/20	1.44	3.2	6.97×10^{-5}	1.39×10^{-4}	2400	1.67×10^{-5}	3.2	6.97×10^{-5}	温州利得隆包装有限公司	1	1.44	26.2	1.04×10^{-6}	2.08×10^{-6}	2400	4.99×10^{-6}	26.2	1.04×10^{-6}	温州合美电器科技有限公司	1	1.44	52.2	2.62×10^{-7}	5.24×10^{-7}	2400	1.26×10^{-6}	52.2	2.62×10^{-7}	厂区道路	东北侧	1/40	1.90	5.4	1.58×10^{-7}	1.65×10^{-7}	2400	9.90×10^{-9}	26.4	6.63×10^{-9}	温州市美德文具有限公司	1	1.90	15.4	1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}	36.4	3.49×10^{-9}	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库
公众	仓库	西北侧	1/20	1.44	3.2	6.97×10^{-5}	1.39×10^{-4}	2400	1.67×10^{-5}																																																																																					
					3.2	6.97×10^{-5}					温州利得隆包装有限公司	1	1.44	26.2	1.04×10^{-6}	2.08×10^{-6}	2400	4.99×10^{-6}	26.2	1.04×10^{-6}	温州合美电器科技有限公司	1	1.44	52.2	2.62×10^{-7}	5.24×10^{-7}	2400	1.26×10^{-6}	52.2	2.62×10^{-7}	厂区道路	东北侧	1/40	1.90	5.4	1.58×10^{-7}	1.65×10^{-7}	2400	9.90×10^{-9}	26.4	6.63×10^{-9}	温州市美德文具有限公司	1	1.90	15.4	1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}	36.4	3.49×10^{-9}	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}			
	温州利得隆包装有限公司	1	1.44	26.2	1.04×10^{-6}	2.08×10^{-6}	2400	4.99×10^{-6}																																																																																						
				26.2	1.04×10^{-6}				温州合美电器科技有限公司		1	1.44	52.2	2.62×10^{-7}	5.24×10^{-7}	2400	1.26×10^{-6}	52.2	2.62×10^{-7}	厂区道路	东北侧	1/40	1.90	5.4	1.58×10^{-7}	1.65×10^{-7}	2400	9.90×10^{-9}	26.4	6.63×10^{-9}	温州市美德文具有限公司	1	1.90	15.4	1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}	36.4	3.49×10^{-9}	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}														
	温州合美电器科技有限公司	1	1.44	52.2	2.62×10^{-7}	5.24×10^{-7}	2400	1.26×10^{-6}																																																																																						
				52.2	2.62×10^{-7}				厂区道路		东北侧	1/40	1.90	5.4	1.58×10^{-7}	1.65×10^{-7}	2400	9.90×10^{-9}	26.4	6.63×10^{-9}	温州市美德文具有限公司	1	1.90	15.4	1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}	36.4	3.49×10^{-9}	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																								
	厂区道路	东北侧	1/40	1.90	5.4	1.58×10^{-7}	1.65×10^{-7}	2400						9.90×10^{-9}																																																																																
					26.4	6.63×10^{-9}			温州市美德文具有限公司		1	1.90	15.4		1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}	36.4	3.49×10^{-9}	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																		
	温州市美德文具有限公司	1	1.90	15.4	1.95×10^{-8}	2.30×10^{-8}	2400	5.52×10^{-8}																																																																																						
				36.4	3.49×10^{-9}				餐厅		1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}	57.4	1.40×10^{-9}	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																													
	餐厅	1/5	1.90	36.4	3.49×10^{-9}	4.89×10^{-9}	2400	2.35×10^{-9}																																																																																						
				57.4	1.40×10^{-9}				厂区道路		东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400	6.66×10^{-10}	28.8	5.57×10^{-9}	宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																																							
	厂区道路	东南侧	1/40	0.47	28.8	5.57×10^{-9}	1.11×10^{-8}	2400						6.66×10^{-10}																																																																																
					28.8	5.57×10^{-9}			宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}		4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}	45.8	2.20×10^{-9}	仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																																																		
宿舍	1	0.47	45.8	2.20×10^{-9}	4.40×10^{-9}	2400	1.06×10^{-8}																																																																																							
			45.8	2.20×10^{-9}				仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																																																														
仓库	西	1/20		4.4	2.39×10^{-7}	2.46×10^{-7}	2400	2.95×10^{-8}																																																																																						

	配电房	南侧	1/40	1.90	25.4	7.16×10^{-9}	2.46×10^{-7}	2400	1.48×10^{-8}
					4.4	2.39×10^{-7}			
					25.4	7.16×10^{-9}			
					21.4	1.01×10^{-8}			
					42.4	2.57×10^{-9}			
					30.4	5.00×10^{-9}			
	厂区道路	1/40	1.90	21.4	1.01×10^{-8}	1.27×10^{-8}	2400	7.62×10^{-10}	
				42.4	2.57×10^{-9}				
	园区 16 幢	1	1.90	30.4	5.00×10^{-9}	6.75×10^{-9}	2400	1.62×10^{-8}	
				51.4	1.75×10^{-9}				
	温州创欣文具有限公司	上方	1	1.32	4.7	4.69×10^{-3}	9.38×10^{-4}	2400	2.25×10^{-3}
					4.7	4.69×10^{-3}			
仓储阁楼	1/20		1.32		3.7	7.57×10^{-4}	1.51×10^{-3}	2400	1.81×10^{-4}
					3.7	7.57×10^{-4}			

注：1、源点与保护目标距离=辐照装置边界与保护目标距离+源点与辐照装置边界距离；

2、利用周围剂量当量率与距离平方成反比的关系求得保护目标处辐射剂量率。

由上表可知，本项目电子加速器辐照装置运行后所致辐射工作人员受照年有效剂量为 $2.31 \times 10^{-7} \text{mSv/a}$ ；所致公众最大受照年有效剂量为 $2.25 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ 。满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中规定的辐射工作人员和公众成员年剂量限值的要求，同时也满足本项目对辐射工作人员和公众成员的年剂量约束值（职业人员 $\leq 5 \text{mSv/a}$ ；公众成员 $\leq 0.1 \text{mSv/a}$ ）的要求。

11.2.3 非放射性污染环境的影响分析

11.2.3.1 废水影响分析

本项目自辐照装置拟配套循环冷却水，其使用的冷却水为纯水，不会在管壁结垢也不会腐蚀设备，循环冷却水定期补充，不外排。冷却用纯水为项目厂区自制，纯水制备过程中产生的浓水主要含一定盐分，可直接纳管排放。本项目辐射工作人员为从公司现有的工作人员中调配，故无新增废水。综上所述，本项目不对周围水环境造成影响。

11.2.3.2 废气影响分析

本项目辐照固化不产生有机废气。

电子加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧和氮氧化物。氮氧化物的产率约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物。因此，本报告在考虑有害气体的影响时，仅考虑臭氧的影响。

本项目电子加速器辐照装置产生的臭氧浓度根据《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-85)附录 E 的计算公式进行估算。

(1) 臭氧的产生

$$C_{O_3} = 2.79 \times \frac{I d}{V} \times (1 - e^{-\frac{v}{V} t}) \dots\dots\dots \text{(式 11-11)}$$

式中：

C_{O_3} ——屏蔽室内臭氧浓度， mg/m^3 ；

I ——电子束流强度， mA ；本项目取 $150mA$ ；

d ——电子束在空气中的径迹长度， cm ；结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.3keV/cm$ 和辐照室尺寸选取，本项目电子束的最大能量为 $0.4MeV$ ，因此取 $174cm$ ；

V ——屏蔽室体积， m^3 ；本项目取 $12.2m^3$ ；

v ——排气速率， m^3/s ；本项目风机风量为 $0.67m^3/s$ ；

t ——辐照时间， s ；本项目连续作业，连续出束时间为 $8h$ ，即 $28800s$ 。

根据式 11-11 计算可知，本项目电子加速器辐照装置工作结束后屏蔽室内的臭氧浓度为 $5.97 \times 10^3 mg/m^3$ ，该浓度远高于 GBZ 2.1 所规定的工作场所最高容许浓度。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行。

(2) 臭氧的排放

根据《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-85) 附录 E 的计算公式进行变形，关闭加速器后风机运行的持续时间公式如下：

$$T = \ln\left(\frac{C_{O_3}}{C}\right) \times \frac{V}{v} \dots\dots\dots \text{(式 11-12)}$$

式中：

T ——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间， s ；

C ——GBZ 2.1 规定的臭氧的最高容许浓度， $C=0.3mg/m^3$ ；

根据式 11-12 计算可知，加速器停止运行后需通过 $180s$ ，即 $3min$ 的通风排气，屏蔽室内的臭氧浓度可低于 GBZ 2.1 规定的最高容许浓度 $0.3mg/m^3$ 。

(3) 环境空气质量影响分析

经 AERSCREEN 模型进行估算，臭氧的 C_{max} 为 $0.17\mu g/m^3$ ，氮氧化物的 C_{max} 为 $0.06\mu g/m^3$ 。由于项目臭氧和氮氧化物产生量较低，加之臭氧和氮氧化物不稳定，在常温下不断分解，排出的臭氧和氮氧化物经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，可满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2026) 中二级标准的要求。

11.2.3.3 噪声影响分析

本项目运行后噪声源主要为设备噪声，所有设备选用低噪声设备，对周围声环境影响很小。

11.2.3.4 固废影响分析

本项目辐射工作人员为从公司现有的工作人员中调配，故无新增固废，不对周围环境造成影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险事故识别

本项目辐照装置为自屏蔽式电子加速器，不运行时不存在辐射安全事故，也不存在影响辐射环境质量事故，只有在开机运行状态下才会发出高能电子，韧致辐射产生 X 射线，因此，环境风险因子主要为 X 射线。

本项目辐照装置固有安全性良好，因此风险事故发生率极低，最大可能性事故情景分析如下：

- 1、加速器安全联锁发生故障，导致加速器故障工况下射线发生器出束，射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；
- 2、由于加速器故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。

11.3.2 风险防范措施

1、为避免误照射事故发生，建设单位应该加强管理，制定详细完整的安全操作规程，每次辐照加工作业均严格执行操作规程，职业人员应该在确保工作场所内无人停留后，方可开机作业。

2、电子加速器辐照装置自屏蔽体外设计有电离辐射警告标志等。建设单位应定期对安全联锁装置、报警装置、急停按钮等进行检查，确保其正常运行。

3、定期对划定的警戒线进行刷新，提醒周围人员勿在警示线内停留，，加速器开机状态下严禁任何人员进入控制区。

4、对辐射工作人员违规操作或误操作的问题，建设单位拟提前对辐射工作人员进行技术培训，确保其掌握本项目加速器的操作流程和技术方法。在项目投运后，建设单位将加强管理，提高操作人员安全意识，禁止未经培训的辐射工作人员操作电子加速器辐照装置。

5、定期开展辐射防护知识的宣传、教育，最大程度避免事故的发生。

11.3.3 应急处置办法

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

表 12 辐射安全管理

12.1 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（2019 年修订）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位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；从事辐射工作的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。

12.1.1 管理机构的设置

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。温州市超宇特种材料有限公司承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）辐射安全和防护培训

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），建设单位拟安排所有辐射工作人员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（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，报名参加考核并取得合格的成绩单后方可上岗，并按要求及时参加再培训。

根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，本项目从事电子加速器设备操作的辐射工作人员辐射安全考核专业类别为电子加速器辐照。

（2）个人剂量监测

建设单位拟为所有辐射工作人员配置个人剂量计，定期送检具备资质的个人剂量监测技术服务机构（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月），并建立个人剂量档案。根据《放射工作人员职业健康管理办法》第十一条规定，建设单位拟建立并终生保存个人剂量监测档案。

（3）职业健康体检

本项目辐射工作人员上岗前，拟进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位

时，建设单位拟对其进行离岗前的职业健康检查。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第四十一条规定，建设单位拟建立完善的职业健康档案，并长期保存。

（4）所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。

12.2 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许可管理办法（2021年修改）》规定，使用射线装置的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

因此，建设在从事辐射工作前，应结合现行法律法规要求及实际工作情况，制定一系列相关辐射安全管理规章制度，形成完善的体系，为本项目的安全开展、辐射防护和环境保护提供有力保障。建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度名录见表 12-1。

表 12-1 建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度名录

序号	项目	制度名称
1	综合	辐射防护和安全保卫制度
2		安全防护设施的维护及维修制度
3	场所	加速器操作规程
4		场所分区管理规定
5		电子加速器使用登记制度
6	监测	监测方案
7		监测仪表使用与校验管理制度
8	人员	岗位职责
9		辐射工作人员培训/再培训制度
10		辐射工作人员个人剂量管理制度
11		辐射工作人员职业健康管理制
12	应急	辐射事故应急预案
13	三废	“三废”管理制度
14	其他	辐射安全档案管理制度

除此以外，建设单位还将严格按照《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）中第 6.3 条款的相关要求，除妥善保存加速器原辐射防护设计档案外，还保存下列资料：

- a、个人剂量的记录；
- b、辐射事故情况报告及其处理意见，辐射防护评价报告和有价值的监测结果，以及本底调查资料；
- c、辐射测量仪器的检修和刻度记录；

d、辐射联锁线路的检修和改动情况的记录。

其中《加速器操作规程》、《辐射事故应急预案》等制度需张贴上墙于相关辐射工作场所现场处，上墙制度的内容应字体醒目，简单清楚，体现现场操作性和实用性。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目的安全运行，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测设备配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第十六条规定，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。

本项目计划配置4台个人剂量报警仪、1台便携式辐射监测报警仪、4个固定式辐射监测仪（本项目辐照装置自带）。监测仪器按要求配备齐全后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，公司计划每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2 个人剂量监测

公司应严格按照国家关于个人剂量监测有关规定，为辐射工作人员配备个人剂量计。同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），建立个人剂量监测档案。

12.3.3 工作场所监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

（1）正式使用前监测：建设单位应委托有相关监测资质的监测单位对核技术利用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：建设单位定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。参考《 γ 射线和电子束辐照装

置防护检测规范》(GBZ 141-2002) 4.1.1 检测内容中“定期检测至少每年一次”,本项目辐照装置常规监测为 1 次/年。

(3) 年度监测: 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测, 年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定, 年度监测周期为 1 次/年。

本项目工作场所监测计划见表 12-2。

表 12-2 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测内容	监测类型	监测点位	监测频次	监测方式
辐照装置	周围剂量当量率	年度监测	1、通过巡测发现的辐射水平异常高的位置, 并进行重点监测; 2、辐照装置各侧屏蔽墙外 5cm 处; 3、工作人员操作台、各类管道穿孔处等区域及评价范围内主要环境保护目标处。	1 次/年	委托监测
		常规监测		1 次/年	自行监测
		验收监测		竣工验收期间监测 1 次	委托监测

所有辐射监测记录应建档保存, 测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。公司应定期对辐射监测结果进行评价, 监测中发现异常情况应查找原因并及时报告, 提出改进辐射防护工作的意见和建议。

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定, 公司应对本单位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 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容:

- (一) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况;
- (二) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况;
- (三) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况;
- (四) 射线装置台账;
- (五) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据;
- (六) 辐射事故及应急响应情况;
- (七) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况;
- (八) 存在的安全隐患及其整改情况;
- (九) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的, 应当立即整改。

12.5 竣工环保验收

建设单位是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范——核技术利用》（HJ 1326-2023）等规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，组织成立由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式协助开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。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。验收报告公示期满后5个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

本项目竣工环境保护验收一览表见表12-3。

表 12-3 “三同时” 验收一览表

项目	“三同时” 措施	验收要求
辐射安全管理机构	拟设专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派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。	满足《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》中有关要求。
屏蔽防护设计	本项目辐照装置屏蔽防护设计方案详见表10-1。	电子加速器辐照装置沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率不大于2.5μSv/h。
辐射防护措施	本项目辐射安全和防护措施详见10.1.4。	满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-85）、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）的相关要求及辐射安全防护需求。
人员配备	本项目4名新增辐射工作人员均应参加辐射防护培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《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）的要求。
	本项目4名辐射工作人员拟配置个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量计监测周期最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）的要求。
	本项目4名辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，拟建立个人健康档案。	满足《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》中有关要求。
辐射安全管理制度	建设单位拟制定一系列辐射安全管理制度，详见表12-1。	满足《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》中的有关要求。

12.6 辐射事故应急

12.6.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十一条规定，公司应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事故应急预案主要包括以下内容：

- （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）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话；
- （6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地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，应同时向当地卫生主管部门报告。

12.6.2 本项目应急预案的要求

本项目投入运行后，建设单位拟做好以下工作：

（1）辐射事故应急预案内容应包括：紧急出动、现场应急、善后处理、事故总结、信息发布等过程，落实每一步骤的具体参加人员、负责人，明确各自职责以及时限要求等，其内容应当全面具体，具有可操作性。

（2）制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。每年应至少演练1次，演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

（3）公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

（4）公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足公司发展需求，现计划新建 2 台 EB500 型低能自屏蔽式电子加速器生产 EB 固化离型纸，以实现国产替代。温州市超宇特种材料有限公司从浙江心思应急产业发展有限公司（曾用名：温州心思功量科技发展有限公司）购置厂房（瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 10 幢 101 室），拟实施新建电子加速器辐照装置项目。

13.1.2 项目位置

本项目电子加速器辐照装置拟建于瓯采路 1527 号安全应急产业园南区 10 幢 101 室中部围墙内。辐照装置拟建址正上方二至四层为温州创欣文具有限公司，五层闲置；西北侧 50m 内由近及远依次为仓库、斜上方仓储阁楼、温州利得隆包装有限公司、温州合美电器科技有限公司；东北侧 50m 内由近及远依次为东北侧厂区道路、温州市美德文具有限公司、餐厅；东南侧 50m 内由近及远依次为操作台、东南侧厂区道路、宿舍；西南侧 50m 内由近及远依次为仓库、配电房、西南侧厂区道路、园区 16 幢。

13.1.3 辐射安全防护措施结论

（1）本项目辐照装置为自屏蔽式电子加速器，由理论计算可知，实体屏蔽能够满足辐射防护要求。

（2）本项目辐射工作场所实行分区管理，拟设置钥匙控制、门机联锁、信号警示装置、急停装置、剂量联锁、警戒措施、直梯爬行开关等辐射安全设施，并配置便携式辐射监测报警仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等监测设备与防护用品。

13.1.4 环境影响分析结论

（1）主要污染因子

本项目主要污染因子为电子束、X 射线与非放射性污染（臭氧和氮氧化物）。

（2）辐射环境影响预测及保护目标剂量

经理论预测，本项目电子加速器投入运行时，电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 5cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）的限值要求。在做好辐射安全措施的基础上，本项目辐射工作人员和公众成员的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）中对职业人员和公众成员的年剂量限值要求以及本项目的年剂量约束值

(职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.1\text{mSv/a}$)的要求。

(3) 臭氧和氮氧化物

电子加速器开机运行时，产生的 X 射线与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧和氮氧化物。其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此，在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

经理论预测，本项目电子加速器停机后，辐照室内的排风机继续工作排风约 3min 后，其室内臭氧浓度可达到《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) 及第 1 号修改清单控制要求(最高容许浓度为 0.3mg/m^3)。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周边环境影响轻微。

13.1.4 辐射安全管理结论

(1) 公司拟成立辐射安全管理小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

(2) 公司拟组织所有辐射工作人员参加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相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加再培训。

(3) 公司拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检有资质单位(常规监测期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月)，并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的职业健康档案。

(4) 公司拟按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.5 项目可行性结论

(1) 产业政策符合性

本项目属于核技术在工业领域内的应用，根据《产业结构调整指导目录》(2024 年本)，本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 4 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策要求。

(2) 实践正当性

本项目的建设可以更好地满足市场需求，核技术利用项目的开展，对提高工业企业产品的质量及安全起了十分重要的作用，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，项目产生的经济利益和社会效益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

（3）相关规划符合性及选址合理性

本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，符合用地规划要求，符合相关规划环评要求。项目建设不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，符合《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的建设要求，符合“三区三线”的划定要求，项目周围对本项目的实施均无潜在的安全隐患。本项目辐照装置评价范围 50m 内无居民区和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健的辐射影响是可接受的。

因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

（4）项目区域辐射环境背景水平

本项目辐射工作场所拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地本底水平，未见异常。

（5）环保可行性结论

综上所述，温州市超宇特种材料有限公司电子加速器辐照装置应用项目的建设符合土地利用规划、“三区三线”及《温州市生态环境分区管控动态更新方案》的建设要求，项目选址合理，符合国家和地方产业政策要求和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

（1）公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

（2）辐射工作人员增加，需按规定为辐射工作人员配备个人剂量计，建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并完善

相关制度。

13.2.2 承诺

(1) 本项目环评公示后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

(2) 建设项目竣工后，建设单位承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环〔2017〕4号）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日