

2025-F-001

核技术利用建设项目

2025-F-001

无锡市南方耐材有限公司 迁建 1 台 X 射线实时成像装置项目 环境影响报告表

2025-F-001



生态环境部监制

表 1 项目基本情况

建设项目名称		迁建 1 台 X 射线实时成像装置项目				
建设单位		无锡市南方耐材有限公司				
法人代表姓名		杭文明	联系人		联系电话	
注册地址		宜兴市湖父镇银湖路				
项目建设地点		银湖路北侧厂区五分厂包装区				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		20	项目环保总投资 (万元)	2.5	投资比例 (环保投资/总投资)	12.5%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他(迁建)			占地面积 (m ²)	6.2
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	/					
<p>1、项目概述</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>无锡市南方耐材有限公司成立于 1995 年 10 月，公司注册地址位于宜兴市湖父镇银湖路，包括银湖路北侧厂区和银湖路南侧厂区，本项目位于银湖路北侧厂区。公司主要经营耐火材料制品、特种陶瓷、工业用电炉、精密机械设备、电气设备的制造、销售；耐火工程的设计、施工、技术服务、技术转让；自营和代理各类商品及技术的进出口业务。</p> <p>1.2 项目规模及任务由来</p>						

无锡市南方耐材有限公司现已在银湖路北侧厂区五分厂南区一层车间及银湖路北侧厂区八分厂南区一层开展核技术利用项目，用于公司生产的连铸三大件的无损检测工作。

企业共获批 2 台 X 射线实时成像装置，现因生产业务发展需要，无锡市南方耐材有限公司拟进行内部平面布局调整，将其中一台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区。该装置于 2022 年 11 月 4 日取得环境影响报告表批复，2023 年 7 月 12 日完成装置竣工环境保护验收。

公司配置 4 名 X 射线探伤操作人员及 1 名辐射防护负责人。因人员变动，现有 1 名探伤操作人员离职，新补入人员张劲松须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后，方可正式上岗。在张劲松考核合格并上岗前，为保障作业安全，两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行，须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。搬迁后，调配 2 名探伤操作人员负责本项目检测工作。

项目拟每周抽检工件 1200 件，每个工件曝光时间 20-30 秒，X 射线实时成像装置每周曝光时间预计不超过 10h，年工作 50 周，年曝光时间预计不超过 500h。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表。

表 1-1 无锡市南方耐材有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称、型号	数量(台)	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置	1	320	5	II	银湖路北侧厂区五分厂包装区	使用	本次环评	主射线朝南照射

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目使用 X 射线实时成像装置进行无损检测，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。受无锡市南方耐材有限公司委托，无锡市希悦林霞环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。无锡市希悦林霞环保科技有限公司通过资料调研、现场监测和评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置使用承诺书见附件 2。

2、项目周边保护目标及项目选址情况

无锡市南方耐材有限公司位于宜兴市湖父镇银湖路，包括银湖路北侧厂区和银湖路南侧厂区，本项目位于银湖路北侧厂区，地理位置图见附图 1。本项目所在厂区东侧为大东村村道，南侧为银湖路，西侧为宜兴市湖父曙光耐火材料厂，北侧为宜兴市旭日耐材制品有限公司。银湖路北侧厂区平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目拟将一台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区，五分厂包装区为一层建筑。X 射线实时成像装置东侧、南侧、西侧、北侧均为五分厂包装区内部场所，上方无建筑，下方为土层。五分厂包装区平面布局图见附图 3。

本项目 X 射线实时成像装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目 X 射线实时成像装置 50m 范围内涉及无锡市南方耐材有限公司(五分厂包装区、八分厂北区)、宜兴市旭日耐材料制品有限公司、大东村村道。本项目周围环境保护目标主要为从事 X 射线实时成像装置操作的辐射工作人员及周围公众。

3、实践正当性分析

无锡市南方耐材有限公司使用 X 射线实时成像装置对公司生产的连铸三大件进行无损检测以控制产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，X 射线实时成像装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他等有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4.原有核技术利用项目许可情况

4.1 辐射安全许可情况

无锡市南方耐材有限公司现已开展核技术利用项目，获批的 2 台 X 射线实时成像装置分别于 2019 年 8 月 30 日和 2022 年 11 月 4 日取得环境影响报告表批复；2 台装置分别于 2020 年 6 月 24 日和 2023 年 7 月 12 日完成装置竣工环境保护验收。

无锡市南方耐材有限公司目前已申领无锡市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证【B1086】”，种类和范围为“使用 II 类射线装置”，发证日期为 2024

年 8 月 27 日, 有效期至: 2029 年 10 月 29 日, 许可使用 2 台 II 类射线装置, 辐射安全许可证见附件 5, 发证机关为无锡市生态环境局。

原有核技术利用项目已履行相关环保手续(见附件 7)。公司原有核技术利用项目情况见表 1-2。

表 1-2 无锡市南方耐材有限公司原有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	备注
1	XG-3202N/C 型 X 射线实时成像装置	1	320	2	II	八分厂南区	使用	已取得环评批复 2019 年 8 月 30 日	已许可	已验收	/
2	XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置	1	320	5	II	五分厂南区一层车间	使用	已取得环评批复 2022 年 11 月 4 日	已许可	已验收	拟迁建设备

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活度种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器: 包括医用、工农业、科研、教学等各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
1	X 射线实时成像 装置	II类	1	XYG-3205/2 型	320	5	无损检测	银湖路北侧厂区五 分厂包装区	主射线朝南照 射
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器, 包括中子管, 但不包括放射性中子源

序 号	名称	类别	数量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、 氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过防护门及通风口排入外环境，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为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正），中华人民共和国主席令第 24 号公布，2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，国家主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订版），中华人民共和国 2020 年主席令第 43 号，2020 年 4 月 29 日修订，2020 年 9 月 1 日施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修订，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行</p> <p>(7) 《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，自 2021 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(8) 《国家危险废物名录（2025 年版）》，生态环境部令第 36 号公布，自 2025 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行</p> <p>(10) 《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，2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>(13) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境</p>
------	---

	<p>部令第 9 号, 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》, 生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 39 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(16) 《关于发布〈建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法〉配套文件的公告》, 生态环境部公告 2019 年第 38 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修订版), 江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号, 2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(18) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》, 苏政发〔2018〕74 号, 2018 年 6 月 9 日</p> <p>(19) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》, 苏政发〔2020〕1 号, 2020 年 1 月 8 日</p> <p>(20) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》, 苏政发〔2020〕49 号, 2020 年 6 月 21 日</p> <p>(21)《江苏省自然资源厅关于溧阳市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2024〕778 号</p> <p>(22) 《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</p> <p>(23) 《江苏省生态空间管控区域调整管理办法》, 苏政办发〔2021〕3 号, 2021 年 2 月 1 日起施行</p> <p>(24) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》, 苏自然资函〔2023〕880 号, 2023 年 10 月 10 日起施行</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)</p>

	<p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)</p> <p>(8) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及修改单</p>
其它	<p>附图:</p> <p>附图1 项目地理位置图</p> <p>附图2 项目周围环境示意图及厂区平面布置图</p> <p>附图3 项目所在厂房平面布置图</p> <p>附图4 项目X射线实时成像装置辐射安全与防护示意图</p> <p>附图5 项目与生态空间管控区域相对位置关系图</p> <p>附图6 项目与生态环境分区管控单元相对位置关系图</p> <p>附件:</p> <p>附件1 委托书</p> <p>附件2 射线装置使用承诺书</p> <p>附件3 屏蔽设计说明</p> <p>附件4 营业执照</p> <p>附件5 辐射安全许可证正副本</p> <p>附件6 辐射工作人员职业健康体检报告、成绩单及个人剂量监测报告</p> <p>附件7 原有核技术利用项目环评批复及验收意见</p> <p>附件8 本项目检测报告及资质</p> <p>附件9 建设单位关于成立辐射安全与环境保护管理机构的决定文件</p> <p>附件10 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为迁建 1 台 X 射线实时成像装置项目，X 射线实时成像装置属于 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》(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”相关规定，确定本项目评价范围为 X 射线实时成像装置曝光室边界外 50m 区域，见附图 2。

保护目标

本项目位于宜兴市湖父镇银湖路无锡市南方耐材有限公司厂房内，本项目迁建的 1 台 X 射线实时成像装置拟建址位于五分厂包装区内。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》(苏政发〔2018〕74 号)、《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)，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，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图 5。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合江苏省及无锡市“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)相关要求。本项目 X 射线实时成像装置周围 50m 范围内没有居民区、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、操作 X 射线实时成像装置的辐射工作人员；
- 2、X 射线实时成像装置周围公众。

表 7-1 本项目 X 射线实时成像装置拟建址评价范围内敏感保护目标情况一览表

环境保护目标		规模	方位	最近距离	剂量约束值
职业	辐射工作人员	2 人	北侧	紧邻	5mSv/a
公众	公司银湖路北侧厂区五分厂包装区工作人员	约 10 人	东侧、南侧、西侧、北侧	约 2m	0.1mSv/a

	大东村村道上行人	流动	东侧	约 37m	
	八分厂北区工作人员	约 10 人	南侧	约 15m	
	宜兴市旭日耐材制品有限公司内其他工作人员	约 20 人	北侧	约 25m	

评价标准

1、工作人员职业照射和公众照射剂量限值

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值, 如下表:

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值: ①年有效剂量, 1mSv; ②特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一 年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2、剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30% (即 0.1mSv~0.3mSv) 的范围之内, 但剂量约束的使用不应取代最优化要求, 剂量约束值只能作为最优化值的上限。确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下:

(1) 辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中职业人员年剂量限值的 1/4, 即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a;

(2) 公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中公众照射剂量限值的 10%, 即公众年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

3、职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:

a)关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 对公众场所, 其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$;

b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；

b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

(1)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

(2)本项目X射线实时成像装置表面外(含顶部)30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。(设备高度顶部人手可达)

(3)本项目X射线探伤室顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ (本项目探伤室顶部人员不可达)。

4、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于500kV以下的工业X射线探伤装置的探伤室。

3.2需要屏蔽的辐射

3.2.1相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度(TVL)或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个TVL时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度(HVL)。

5、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》(辐射防护第13卷第2期，1993年3月)，江苏省环境监测站。

表7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平(单位: nGy/h)

/	原野	道路	室内
测值范围	$33.1\sim72.6$	$18.1\sim102.3$	$50.7\sim129.4$

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。宇宙射线响应的扣除方法采用文献(全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组(支仲骥执笔)。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究(1983-1990 年)。辐射防护, 1992.12(2):96)中的方法。

[2] 现状评价时, 参考“测值范围”数值进行评价。

参考资料

- 1) 《辐射防护导论》,方杰主编, 辐射防护导论[M].北京: 原子能出版社, 1991;

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

无锡市南方耐材有限公司位于宜兴市湖父镇银湖路，包括银湖路北侧厂区和银湖路南侧厂区，本项目位于银湖路北侧厂区，地理位置图见附图 1。本项目所在厂区东侧为大东村村道，南侧为银湖路，西侧为宜兴市湖父曙光耐火材料厂，北侧为宜兴市旭日耐材制品有限公司。银湖路北侧厂区平面布局及周围环境图见附图 2。

本项目拟将一台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区，X 射线实时成像装置东侧、南侧、西侧、北侧均为五分厂包装区内部场所，楼上楼下无建筑。五分厂包装区平面布局图见附图 3。本项目 X 射线实时成像装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。

本项目 X 射线实时成像装置周围环境现状见图 8-1。



X 射线实时成像装置拟建址东侧



X 射线实时成像装置拟建址南侧



图 8-1 本项目 X 射线实时成像装置拟建址周围环境现状

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X 射线实时成像装置拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 射线辐射剂量率

监测点位：X 射线实时成像装置拟建址周围布置监测点位，共 5 个监测点位

3、检测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 检测方案

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)在 X 射线实时成像装置拟建址及周围布设监测点位，测量 X 射线实时成像装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司

检测仪器：FH40G/FHZ672E-10 型 X- γ 剂量率仪（仪器编号：1026，检定有效期：2025.10.28~2026.10.27，检测范围： $1\times10^{-8}\text{Gy/h}\sim1\times10^{-4}\text{Gy/h}$

环境条件：天气：晴，T：14.2°C，RH：46.3%

检测项目：X- γ 周围剂量当量率

检测布点：在 X 射线实时成像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 12 月 25 日

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，检测仪器测量量值为周围剂量当量率 \dot{H}^* (10)，测量结果经过系数转换（空气比释动能 K_a 和周围剂量当量 H^* (10) 的转换系数为 $H^*(10)/K_a=1.20\text{Sv/Gy}$ ）。

3.2 质量保证措施

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司，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；

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) 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，制定有质量管理体系文件，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检测上岗证，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，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 8-1，详细检测结果见附件 8。

表 8-1 本项目 X 射线实时成像装置拟建址周围 γ 辐射水平测量结果

序号	检测点位	X、 γ 射线辐射剂量率 (nGy/h)	备注
1	射线装置拟建址处	70.0	室内(平房)
2	射线装置拟建址东侧	78.1	室内(平房)
3	射线装置拟建址南侧	75.1	室内(平房)
4	射线装置拟建址西侧	85.2	室内(平房)
5	射线装置拟建址北侧	73.9	室内(平房)

注：测量结果已扣除检测仪器对宇宙射线辐射的响应值并进行了建筑物屏蔽修正后的结果（平房取 0.9）。

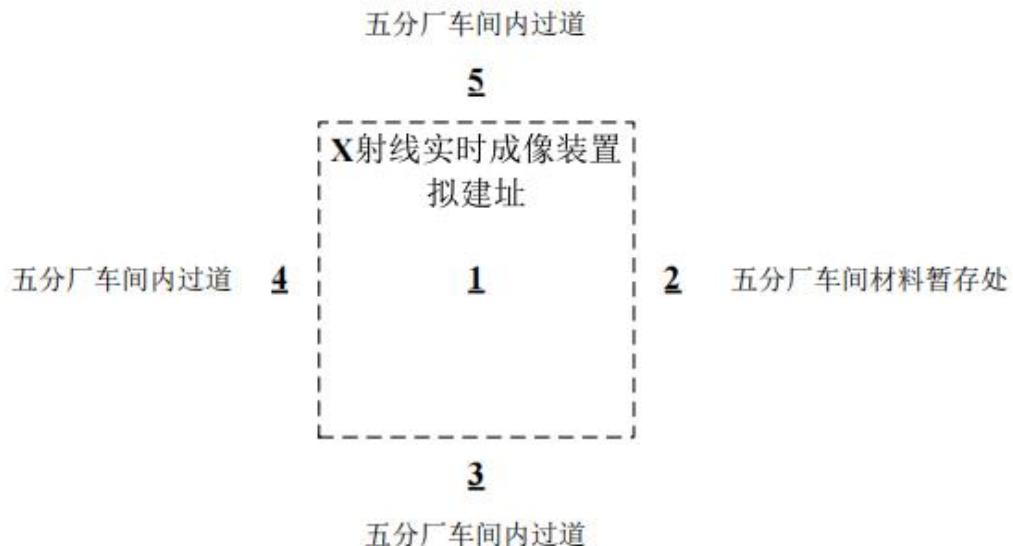


图 8-2 本项目拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

根据表 8-1 的监测结果可知，无锡市南方耐材有限公司本项目 X 射线实时成像装置拟建址周围环境中 γ 辐射空气吸收剂量率在 (70.0~85.2) nGy/h 范围内，均处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率测值范围内。

表9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1、工程设备

根据生产、检测需要，无锡市南方耐材有限公司拟将一台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区，用于开展公司生产的连铸三大件的无损检测工作，主要检测工件长度为 1350mm-1750mm，直径为 100mm-250mm，厚度 35-55mm。该装置的型号为 XYG-3205/2 型，管电压为 320kV，管电流为 5mA，主射线朝南照射，拟将装置防护门朝西摆放在五分厂包装区，操作室位于装置曝光室北侧。探伤操作人员进出门位于操作室的西侧，操作台位于操作室南侧。

本项目 X 射线实时成像装置包含曝光室、操作台、高压发生器、配电柜、运输轨道等。装置射线管可在竖直方向上下移动，移动范围为 550mm，离顶部屏蔽体最近距离为 744mm，离底部屏蔽体最近距离为 1324mm，离东侧屏蔽体最近距离为 1184mm，离南侧屏蔽体最近距离为 1834mm，离西侧屏蔽体最近距离为 1484mm，离北侧屏蔽体最近距离为 484mm。

公司配置 4 名 X 射线探伤操作人员及 1 名辐射防护负责人。搬迁后，调配 2 名探伤操作人员负责本项目检测工作，设备年开机曝光时间约为 500 小时。本项目 X 射线实时成像装置样式图见图 9-1。

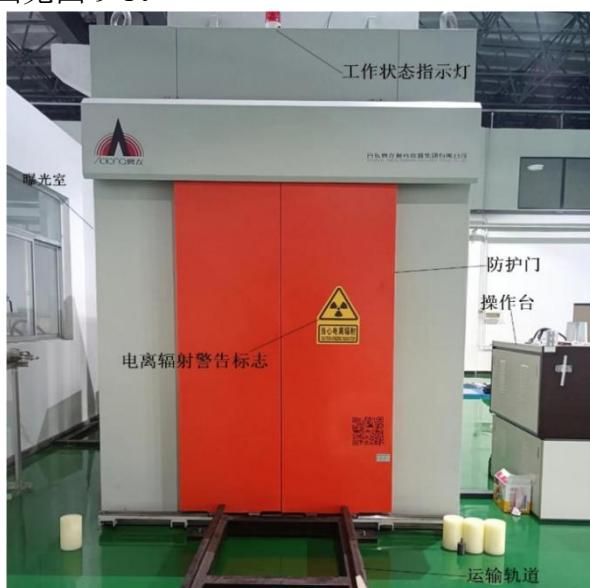


图 9-1 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置结构图

2、工作原理

2.1X 射线产生工作原理

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属(如钨、铂、金、钼等)制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 $0.001\sim10\text{nm}$ 。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

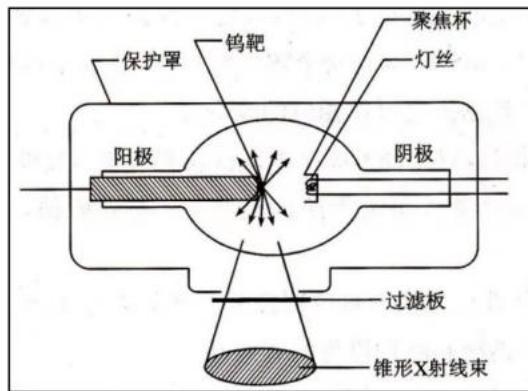


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

2.2X 射线实时成像系统原理

X 射线实时成像装置由整机控制器系统、X 射线系统、图像重建系统、机械传动系统、防护机柜、冷却系统、监视器等几部分组成。其结构工作原理如图 9-3。X 射线源提供系统扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据 X 射线在工件内的衰减情况实

现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。机械传动系统实现计算机扫描时工件的旋转或平移，以及射线源-工件-探测器空间位置的调整；探测器系统用来测量穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后送入计算机进行图像重建。图像重建系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。防护机柜用于射线安全防护。

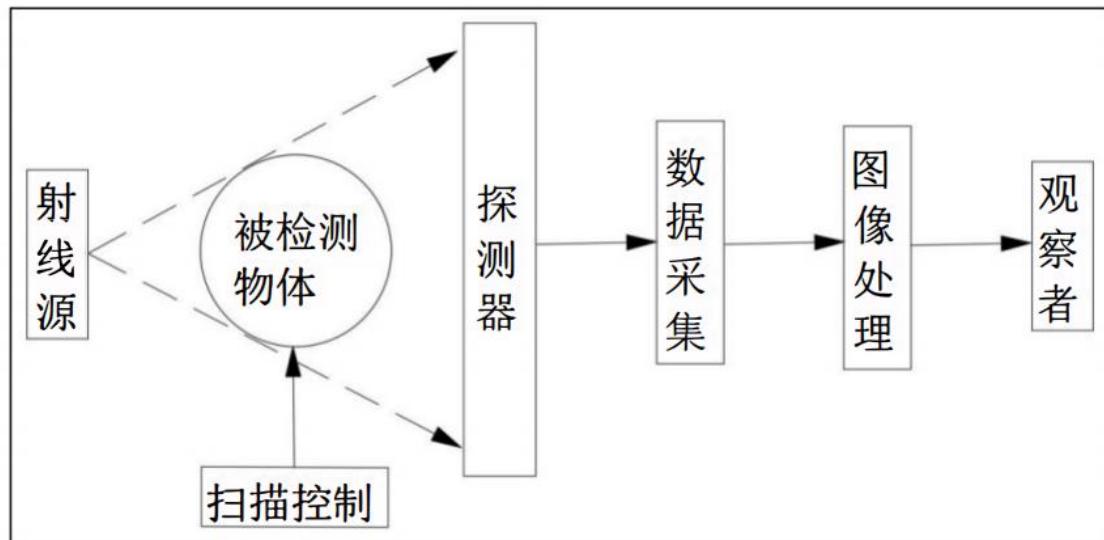


图 9-3 X 射线实时成像装置工作原理简图

3、工艺流程及产污环节

检测时辐射工作人员通过操作台控制被测工件运输至工件测试台上，关闭防护门后，辐射工作人员在操作台处进行操作，对检测工件内部缺陷情况进行无损检测，其工作流程如下：

- (1) 辐射工作人员通过操作台控制被检测工件运输至工件测试台上；
- (2) 关闭防护门，辐射工作人员首先在操作台处控制工件测试平台按钮，将工件

测试平台调整到合适位置，然后开启 X 射线实时成像装置进行检测，检测过程中会产生 X 射线及少量 O₃、NO_x；

- (3) 通过控制台处的显像器对被检工件的缺损状况进行辨别；
- (4) 检测完毕后，关机，打开防护门，将被测工件运出曝光室。

本项目 X 射线实时成像装置工作流程及产污环节示意图见图 9-4。

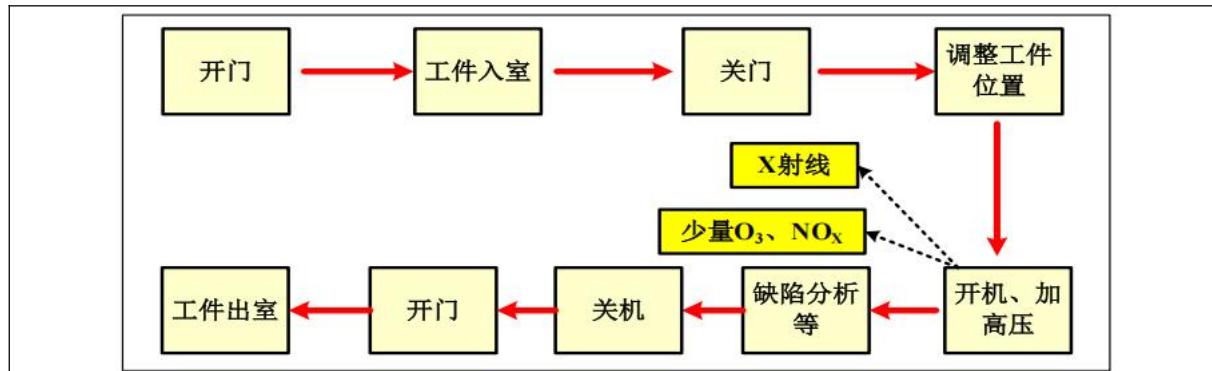


图 9-4 本项目 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置工作流程及产污环节

4、工件信息

本项目 X 射线实时成像装置检测的工件为用于开展公司生产的连铸三大件的无损抽检工作，主要检测工件的材质为铝碳，长度为 1350mm-1750mm，直径为 100mm-250mm，厚度为 35-55mm。

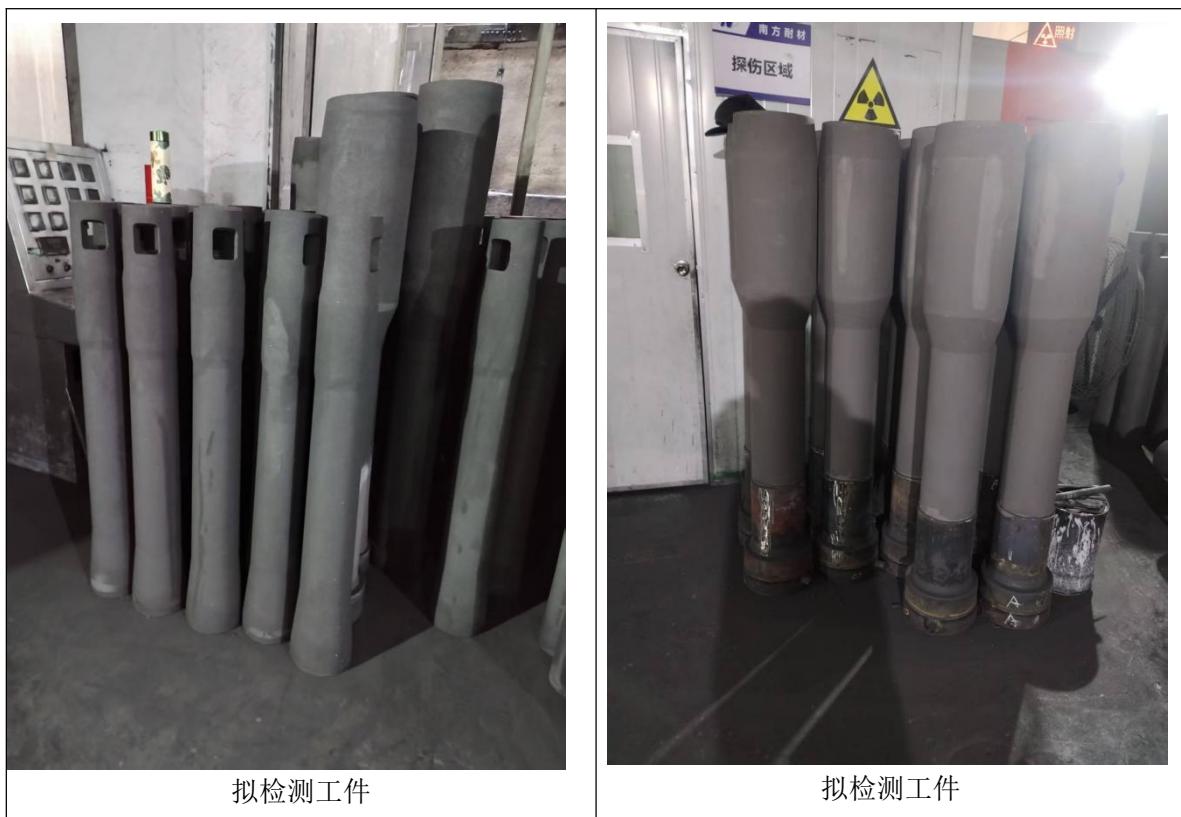


图 9-5 本项目拟检测工件照片

5、人员配置及工作制度

无锡市南方耐材有限公司配置 4 名 X 射线探伤操作人员及 1 名辐射防护负责人。搬迁后，调配 2 名探伤操作人员负责本项目检测工作，本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。本项目拟采取一班制工作制。

6、原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证手续。

建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。

建设单位现有项目辐射工作人员均已取得辐射安全考核合格成绩，辐射工作人员均已进行职业健康体检，体检结果均合格，已委托检测单位对辐射工作人员进行个人剂量监测，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。

建设单位提供的辐射工作人员个人剂量监测报告中，(2025)常环宇检(剂)字第(1381)号及(2025)常环宇检(剂)字第(4440)号两份报告不符合《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128—2019)“个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在1个月内出具检测/检验报告”的规定，该检测结果无效。建设单位应对检测单位提出要求，及时检测，避免出具无效报告。

污染源项描述

1、放射性污染源分析

由 X 射线实时成像装置工作原理可知, X 射线实时成像装置只有在开机并处于出束状态时(曝光状态)才会发出 X 射线, 对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射, 因此 X 射线实时成像装置在开机曝光期间, X 射线是项目主要污染物。

本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类:

有用线束辐射: X 射线装置发出的用于工件检测的辐射束, 又称为主射线束。参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)表 B.1, 保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值 ($20.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 及 $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$) 进行插值计算得到: X 射线实时成像装置 320kV 的 X 射线管 1m 处的输出量为 $21.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

漏射线辐射: 由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 本项目 X 射线实时成像装置距辐射源点(靶点) 1m 处的泄漏辐射剂量率取 $5\times 10^3\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

散射线辐射: 当主射线照射到检测工件时, 会产生散布于各个方向上的散射辐射, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 2, 320kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线为 250kV。

详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线实时成像装置参数一览表

设备型号	XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置
最大管电压	320kV
最大管电流	5mA
X 射线机的发射率常数	取 $21.4\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$
泄漏辐射剂量率	取 $5000\mu\text{Sv}/\text{h}$
90° 散射后能量	250kV
滤过条件	南侧 40mmPb+4mmFe 其他侧 30mmPb+4mmFe

2、非放射性污染源分析

X 射线实时成像装置在工作状态时, 产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物, 通过防护门及通风口排入外环境, 臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气, 对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

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

无锡市南方耐材有限公司拟将一台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区。搬迁完成后，五分厂南区一层车间西部原工作场所处须清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

该台 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置项目包括曝光室和操作台等，其中操作台位于曝光室北侧，X 射线实时成像装置布局设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中关于操作室与曝光室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 X 射线实时成像装置曝光室边界作为本项目的辐射防护控制区边界（图 10-1 中红色方框），在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将曝光室外 1m 范围区域及操作台作为辐射防护监督区（图 10-1 中蓝色方框），装置周围 1m 范围区域拟设置警戒围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得进入。本项目 X 射线实时成像装置平面布局及分区图见图 10-1，本项目辐射防护分区的划分符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

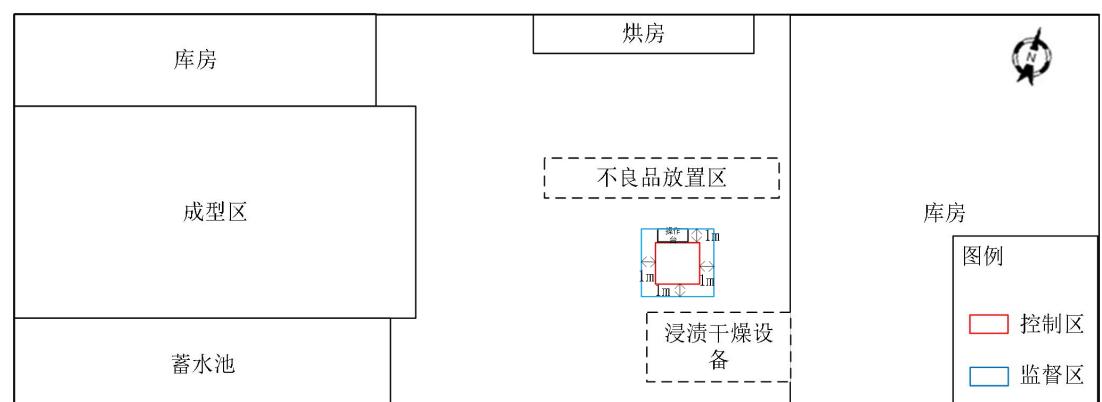


图 10-1 本项目 X 射线实时成像装置监督区及控制区示意图

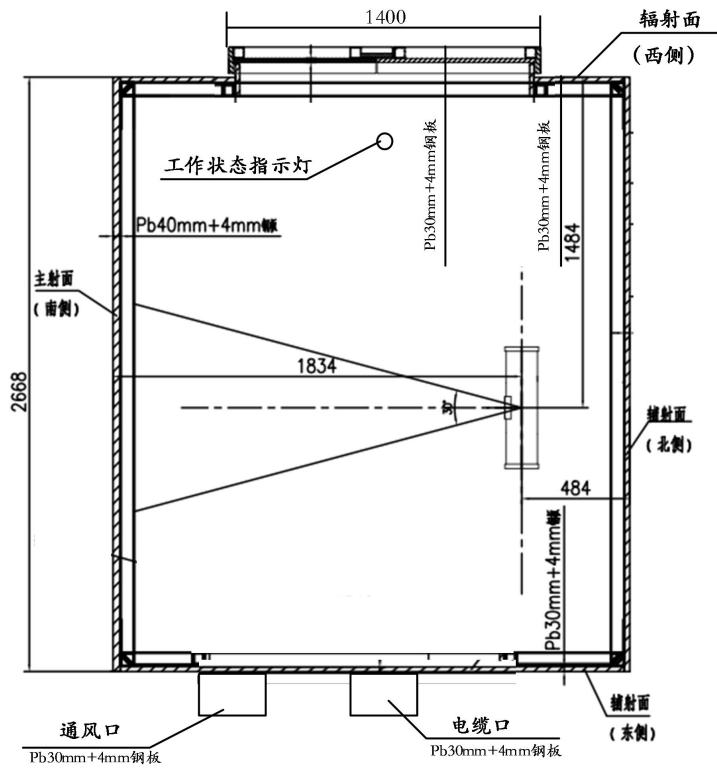


图 10-2 本项目 X 射线实时成像装置平剖图

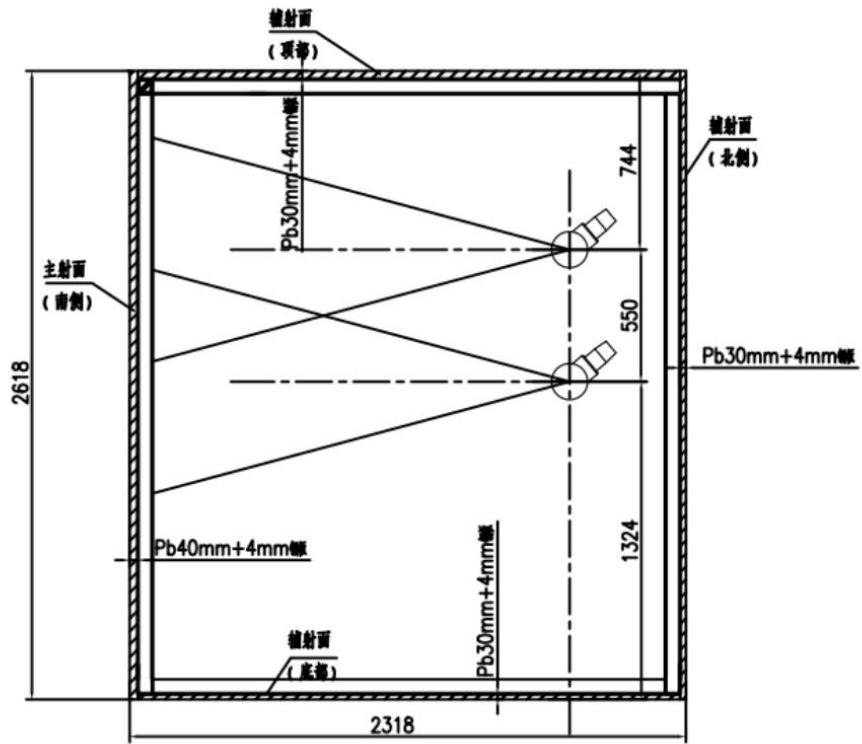


图 10-3 本项目 X 射线实时成像装置立剖图

2、工作场所辐射屏蔽设计

本项目 X 射线实时成像装置曝光室屏蔽防护设计见表 10-1, 设计图见附图 4。

表 10-1 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像装置屏蔽设计参数

X 射线实时成像装置型号	曝光室屏蔽参数		尺寸参数	主射线方向		
	防护材料	厚度				
XYG-3205/2 型	东侧屏蔽体	30mmPb+4mmFe	2.668m(长)×2.318m(宽)×2.618m(高)	主射线朝南照射		
	南侧屏蔽体	40mmPb+4mmFe				
	西侧屏蔽体	30mmPb+4mmFe				
	北侧屏蔽体	30mmPb+4mmFe				
	顶部屏蔽体	30mmPb+4mmFe				
	底部屏蔽体	30mmPb+4mmFe				
	防护门(西侧)	30mmPb+4mmFe				
	通风口(东侧)	30mmPb+4mmFe				
	电缆口(东侧)	30mmPb+4mmFe				
防护门门洞 1320mm 宽×2000mm 高, 防护门 1400mm 宽×2080mm 高防护门上下左右各搭接 40mm 防护门与屏蔽体缝隙宽度小于 4mm						
电缆口及通风口开口均为 140mm×140mm 两个开口均罩有方形铅防护罩, 尺寸为 500mm 长×300mm 宽×150mm 高						

3、工作场所辐射安全和防护措施

为确保辐射安全, 保障 X 射线实时成像装置安全运行, 无锡市南方耐材有限公司已设置相应的辐射安全装置和保护措施。主要有:

(1) X 射线实时成像装置的曝光室防护门设置门机联锁装置, 只有当防护门完全关闭后 X 射线才能出束, 意外打开时立即停止 X 射线照射, 关上门不能自动开始 X 射线照射。操作台处设置钥匙开关, 只有在打开操作台钥匙开关后, X 射线管才能出束; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(2) X 射线实时成像装置的曝光室内顶部及曝光室外设置工作状态指示灯和声音提示装置, 并与 X 射线管联锁。X 射线实时成像装置工作时, 警示灯开启, 警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号设置有明显的区别, 并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置设置了对“照射”和“预备”信号意义的说明。

(3) 本项目 X 射线实时成像装置曝光室内及曝光室出入口均设置视频监控装置, 控制室的操作台配备有专用监视器, 可监视曝光室内情况。

(4) X 射线实时成像装置表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射

警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(5) X 射线实时成像装置通过操作台控制工件进出曝光室，辐射工作人员无需进入曝光室内。在操作台及曝光室防护门处均设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。

(6) 曝光室设置机械通风装置，排风口朝向东侧，东侧为库房，非人员活动密集区。

(7) 曝光室配置固定式场所辐射探测报警装置。

(8) 本项目射线装置不再使用时，应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 6.3 要求实施退役：

1)X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

2)当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

3)清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

4)对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

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

本项目的 X 射线实时成像装置在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧 (O₃) 和氮氧化物 (NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过防护门及通风口排出曝光室，装置紧邻五分厂包装区，臭氧和氮氧化物最终排入车间外。本项目装置曝光室体积约为 16.2m³，通风装置的通风量设置为 370m³/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线实时成像装置为整体搬迁设备，在设备搬迁及安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

(1)噪声：X 射线实时成像装置在搬迁及安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目评价范围大部分位于公司厂区内部，部分为其他公司，设备安装组装噪声远远小于厂区内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

(2)固体废物：X 射线实时成像装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

(3)废水：X 射线实时成像装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水，进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理，对周围环境影响较小。

该单位在施工及设备安装阶段计划采取上述污染防治措施，将建设阶段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

辐射环境影响分析

本项目 X 射线实时成像装置投入运行后每周平均开机曝光时间约 10 小时, 年曝光时间为 500 小时。X 射线实时成像装置的最大管电压为 320kV, 最大管电流为 5mA, 主射线朝南照射。本次评价选取 X 射线实时成像装置满功率运行时的工况进行预测。

因 X 射线实时成像装置运行时主射线朝南照射, 故计算时将曝光室南侧屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算, 将东侧、西侧、北侧、顶部、底部屏蔽体、防护门、通风口及电缆口按照非有用线束照射进行预测计算。本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的计算公式。本项目 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置射线管可在竖直方向上下移动, 移动范围为 550mm, 离顶部最近距离为 744mm, 离底部最近距离为 1324mm, 计算示意见图 11-1、图 11-2 及表 11-1。

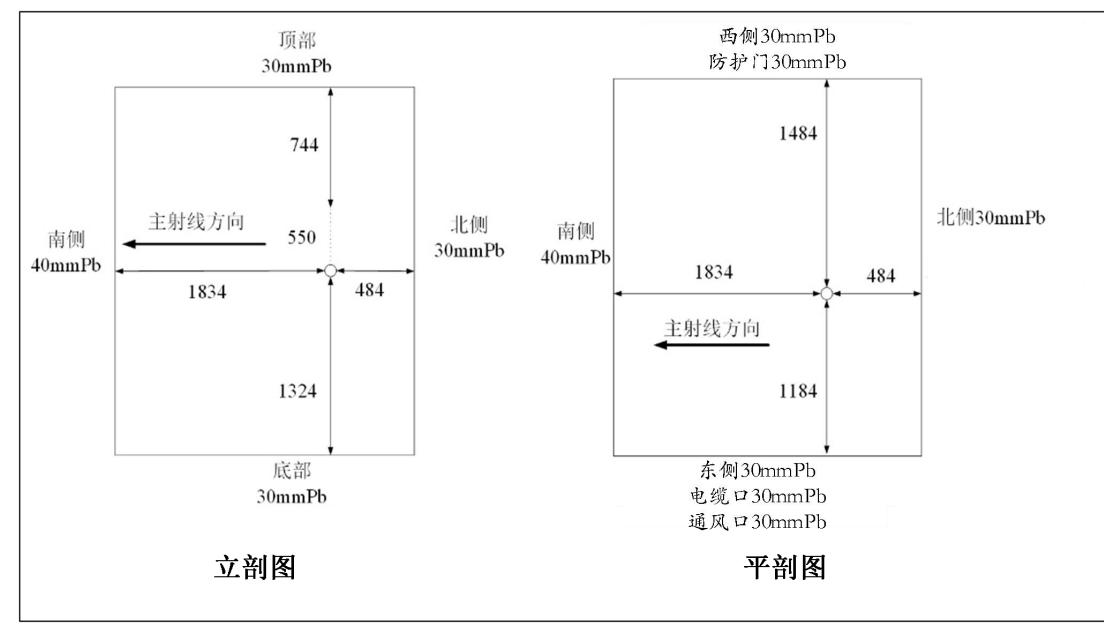


图 11-1 本项目 X 射线实时成像装置计算示意图

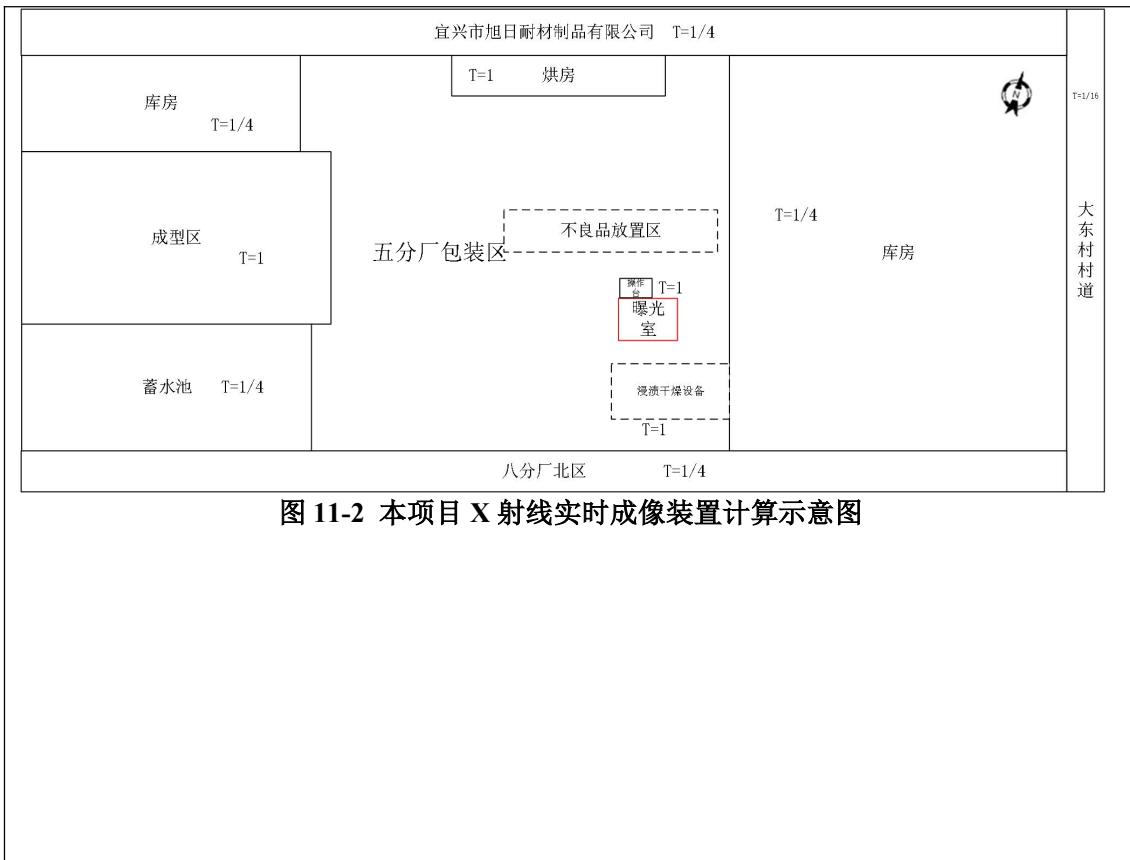


图 11-2 本项目 X 射线实时成像装置计算示意图

表 11-1 各关注点需要预测计算的射线类型

关注点	射线类型
东侧(五分厂包装区-库房)	非有用射束
东侧(大东村村道)	非有用射束
南侧 (五分厂包装区-浸渍干燥设备)	有用射束
南侧 (八分厂北区)	有用射束
西侧(五分厂包装区-成型区、库房、蓄水池)	非有用射束
北侧(操作台)	非有用射束
北侧(五分厂南区车间-不良品放置区)	非有用射束
北侧(五分厂南区车间-烘房)	非有用射束
北侧(宜兴市旭日耐材制品有限公司)	非有用射束

1、理论预测公式

1.1 有用线束屏蔽估算

装置主射线照射方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中有用线束屏蔽估算的计算公式:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-1)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

H_0 : 距辐射源点(靶点)1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的附录表 B.1;

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的表 B.2 中对应的 TVL 值, 然后按公式 (11-2) 计算得出:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \dots \dots \dots \quad (11-2)$$

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL: 屏蔽材料的什值层厚度。

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m 。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

(GBZ/T250-2014) 中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

①泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-3)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

\dot{H}_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的表 1;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m ;

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的表 B.2 中对应的 TVL 值, 然后按公式(11-2)计算得出。

②散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots \dots \dots \quad (11-4)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

H_0 : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中表 2 确定 90°散射辐射的射线能量, 然后按公式(11-2)计算得出;

F : R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积(1m^2)散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的附录 B 表 B.3;

R_s : 散射体至关注点的距离, m ;

R_0 : 辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m 。

1.3 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots \dots \dots \quad (11-5)$$

式中: H_c : 参考点的年剂量水平, mSv/a ;

$\dot{H}_{c,d}$: 参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t : 探伤装置年照射时间, h/a ;

U : 探伤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。

2、屏蔽计算结果参考点处剂量率理论计算结果

2.1 理论计算结果

本项目 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置有用线束方向屏蔽效果计算结果见下表。

表 11-2 用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度(mm)	I (mA)	$H_0^{\text{(1)}}$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	$B^{\text{(2)}}$	R ⁽³⁾ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
南侧	40mmPb + 4mmFe	5	$21.4 \times 60 \times 10^3$	3.53E-07	2.134	4.98E-01	2.5	满足

注:① H_0 : 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》附录表 B.1, 保守以 300kV 及 400kV 下 X 射线管输出量较大值 ($20.9 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 及 $23.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$) 进行插值计算得到: X 射线实时成像装置 320kV 的 X 射线管 1m 处的输出量为 $21.4 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

②B: 取值因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中图 B.1 无本项目参数对应的曲线, 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中的表 B.2, 通过 300kV 及 400kV 铅的 TVL 值插值计算得到 320kV 下铅的 TVL 值为 6.2mm, 然后按公式 11-2 计算得出;

③R: 南侧屏蔽体=出束口到南侧屏蔽体的距离 $1.834\text{m} + 0.3\text{m} = 2.134\text{m}$ 。

本项目 XYG-3205/2 型 X 射线实时成像装置非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测见下表。

表 11-3 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

关注点		东侧屏蔽体/通风口防护罩/电缆口防护罩	西侧屏蔽体/防护门	北侧屏蔽体	顶部屏蔽体	底部屏蔽体
X 设计厚度		30mmPb+ 4mmFe	30mmPb+ 4mmFe	30mmPb+ 4mmFe	30mmPb+ 4mmFe	30mmPb+ 4mmFe
泄漏辐射	TVL(mm)	6.2				
	B ⁽¹⁾	1.45E-05	1.45E-05	1.45E-05	1.45E-05	1.45E-05
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)	5.00E+03	5.00E+03	5.00E+03	5.00E+03	5.00E+03
	R ⁽²⁾ (m)	1.484	1.784	0.784	1.044	1.624
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	0.033	0.023	0.118	0.067	0.027

散射辐射	散射后能量对应的 kV 值	250kV				
	TVL(mm)	2.9				
	B ^①	4.52E-11	4.52E-11	4.52E-11	4.52E-11	4.52E-11
	I(mA)	5	5	5	5	5
	H ₀ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	$21.4 \times 60 \times 10^3$				
	F(m ²)	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \text{ 取 } \frac{1}{50}$				
	α	(数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014)B.4.2)				
	R ₀ (m)	1.484	1.784	0.784	1.044	1.624
	$\dot{H}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	0.033	0.023	0.118	0.067	0.027	
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：①B 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》中表 B.2 的什值层计算得出；
②R_{东侧屏蔽体、通风口防护罩、电缆口防护罩}=出束口到东侧屏蔽体、通风口防护罩、电缆口防护罩的距离 1.184m+参考点 0.3m=1.484m；
R_{西侧屏蔽体、防护门}=出束口到西侧屏蔽体的距离 1.484m+参考点 0.3m=1.784m；
R_{北侧屏蔽体}=出束口到北屏蔽体的距离 0.484m+参考点 0.3m=0.784m；
R_{顶部屏蔽体}=出束口到顶部屏蔽体的距离 0.744m+参考点 0.3m=1.044m；
R_{底部屏蔽体}=出束口到底部屏蔽体的距离 1.324m+参考点 0.3m=1.624m；
③保守计算，散射体至关心点距离 R_s 取值与 R 相同。

从表 11-2 及表 11-3 中预测结果可知，本项目 X 射线实时成像装置满功率运行时，X 射线实时成像装置曝光室四周屏蔽体、顶部及底部外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 0.498 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

2.2 年度辐射环境监测结果

根据江苏宁大卫防检测技术有限公司 2025 年 11 月 10 日出具的辐射环境监测报告（监测编号：HF2511008），监测结果见下表。

表 11-4 辐射环境监测结果

检测点编号	检测点位置	X、 γ 射线辐射剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
1	操作位	0.106
2	屏蔽工作门表面 30cm 处(中)	0.118
3	屏蔽工作门表面 30cm 处(左)	0.149

4	屏蔽工作门表面 30cm 处(右)	0.128
5	屏蔽工作门表面 30cm 处(上)	0.121
6	屏蔽工作门表面 30cm 处(下)	0.123
7	东侧防护体表面 30cm 处(左)	0.109
8	东侧防护体表面 30cm 处(右)	0.110
9	南侧防护体表面 30cm 处(左)	0.106
10	南侧防护体表面 30cm 处(中)	0.119
11	南侧防护体表面 30cm 处(右)	0.122
12	西侧防护体表面 30cm 处(左)	0.124
13	西侧防护体表面 30cm 处(中)	0.124
14	西侧防护体表面 30cm 处(右)	0.126
15	北侧防护体表面 30cm 处(左)	0.123
16	北侧防护体表面 30cm 处(中)	0.122
17	北侧防护体表面 30cm 处(右)	0.121
18	公众区	0.105
/	本底值	91-101nSv/h

从表 11-4 中监测结果可知, 本项目 X 射线实时成像装置实际运行时, X 射线实时成像装置曝光室四周屏蔽体、屏蔽工作门 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.149\mu\text{Sv}/\text{h}$, 能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

2.3 天空反散射影响分析

根据表 11-3, 本项目 X 射线实时成像装置满功率运行时, 由于顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.067\mu\text{Sv}/\text{h}$, 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“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

2.4 底部反散射

本项目曝光室为下沉式设计, 且屏蔽厚度同其他侧, 无需考虑底部反散射影响。

2.5 电缆口、通风口、防护门缝隙处辐射影响分析

本项目 X 射线实时成像装置电缆口及通风口开口均为 $140\text{mm} \times 140\text{mm}$, 两个开口均罩有方形铅防护罩 (30mmPb), 尺寸为 $500\text{mm 长} \times 300\text{mm 宽} \times 150\text{mm 高}$ 。根据表 11-3 可知通风口及电缆口处铅防护罩表面 30cm 处泄漏辐射的剂量率均为 $0.033\mu\text{Sv}/\text{h}$, 能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)

及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ”的要求。

根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，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”。本项目铅防护罩均设计迷道形式，X 射线至少会经过 3 次散射到达铅防护罩外，可推断通风口及电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风口散射示意图见图 11-3，电缆口散射示意图见图 11-4。

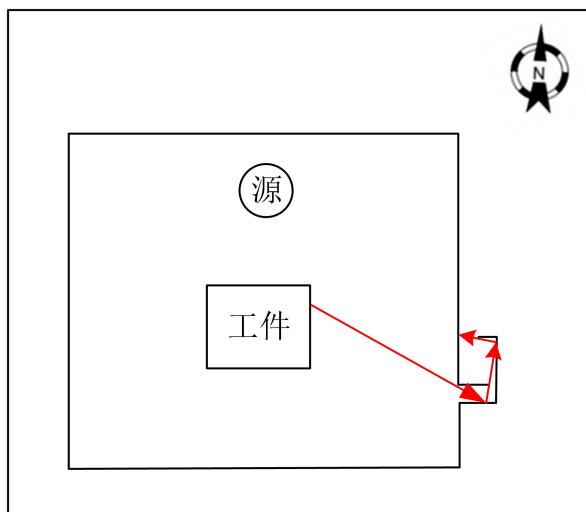


图 11-3 通风口散射示意图

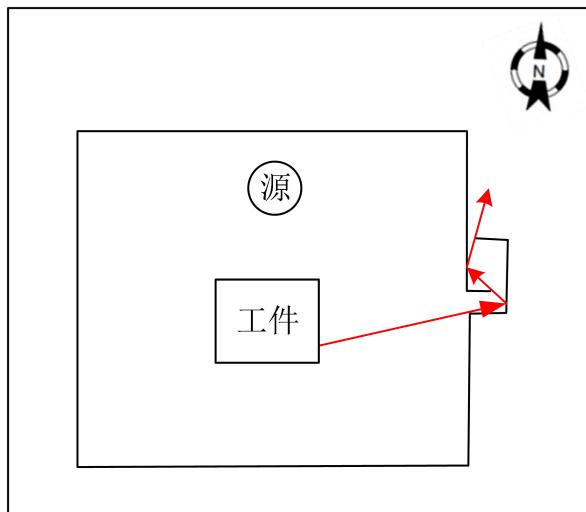


图 11-4 电缆口散射示意图

2.6 年有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 X 射线实时成像装置曝光室 50m 范围内其他人员。根据表 11-2 和表 11-3 估算结果代入公式(11-5)，分别选取各参考点处最大辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算。

表 11-5 本项目 X 射线实时成像装置周围人员周受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子(U)	居留因子(T)	距离 R(m)	剂量率值(μSv/h)	周工作时间(t)	周剂量估算值(μSv/周)	目标管理值(μSv/周)	评价
东侧 (五分厂包装区-库房)	1/4	1/4	4	0.142	10	0.089	5 (公众)	满足
东侧 (大东村村道)	1/4	1/16	37	0.002	10	0.0003	5 (公众)	满足
南侧 (五分厂包装区-浸渍干燥设备)	1	1	4.13	0.133	10	1.328	5 (公众)	满足
南侧 (八分厂北区)	1	1/4	17.13	0.008	10	0.019	5 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-成型区)	1	1	21.78	0.005	10	0.048	5 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-库房)	1	1/4	31.78	0.002	10	0.006	5 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-蓄水池)	1	1/4	25.02	0.004	10	0.009	5 (公众)	满足
北侧 (操作台)	1/4	1	0.78	3.692	10	9.231	100 (职业人员)	满足
北侧 (五分厂南区车间-不良品放置区)	1/4	1/4	4.78	0.099	10	0.062	5 (公众)	满足
北侧 (五分厂南区车间-烘房)	1/4	1/4	10.78	0.020	10	0.012	5 (公众)	满足
北侧 (宜兴市旭日耐材制品有限公司)	1/4	1/4	35.78	0.002	10	0.001	5 (公众)	满足

注：东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行周计量估算。

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 X 射线实时成像装置曝光室周围

辐射工作人员周有效剂量最大值为 $9.231\mu\text{Sv}$ ，周围公众成员周有效剂量最大为 $1.328\mu\text{Sv}$ ，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ 。

表 11-6 本项目 X 射线实时成像装置周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子(U)	居留因子(T)	距离R(m)	剂量率值($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	年工作时间(t)	年剂量估算值(mSv/a)	目标管理值(mSv/a)	评价
东侧 (五分厂包装区-库房)	1/4	1/4	4	0.142	500	0.004	0.1 (公众)	满足
东侧 (大东村村道)	1/4	1/16	37	0.002	500	0.00001	0.1 (公众)	满足
南侧 (五分厂包装区-浸渍干燥设备)	1	1	4.13	0.133	500	0.066	0.1 (公众)	满足
南侧 (八分厂北区)	1	1/4	17.13	0.008	500	0.001	0.1 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-成型区)	1	1	21.78	0.005	500	0.002	0.1 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-库房)	1	1/4	31.78	0.002	500	0.0003	0.1 (公众)	满足
西侧 (五分厂包装区-蓄水池)	1	1/4	25.02	0.004	500	0.0005	0.1 (公众)	满足
北侧 (操作台)	1/4	1	0.78	3.692	500	0.462	5 (职业人员)	满足
北侧 (五分厂南区车间-不良品放置区)	1/4	1/4	4.78	0.099	500	0.003	0.1 (公众)	满足
北侧 (五分厂南区车间-烘房)	1/4	1/4	10.78	0.020	500	0.001	0.1 (公众)	满足
北侧 (宜兴市旭日耐材制品有限公司)	1/4	1/4	35.78	0.002	500	0.0001	0.1 (公众)	满足

注：东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行年计量估算

从表 11-6 中预测结果可以看出，本项目 X 射线实时成像装置曝光室周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.462mSv，周围公众成员年有效剂量最大为 0.066mSv，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 X 射线实时成像装置 50m 评价范围内其他公众距装置相对较远，经距离的进一步衰减后，其有效剂量将更低，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

3、三废治理评价

本项目的 X 射线实时成像装置在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），少量臭氧和氮氧化物可通过防护门及通风口排出曝光室，装置紧邻五分厂包装区，臭氧和氮氧化物最终排入车间外。本项目装置曝光室体积约为 16.2m³，通风装置的通风量为 370m³/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

1、潜在事故分析

本项目 X 射线实时成像系统只有在开机出束时曝光时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照事故，主要有：

(1) 由于安全联锁装置失灵，导致工件门及检修门未关闭时人员开机工作受到误照射。

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

(3) 二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

2、辐射事故预防措施

无锡市南方耐材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以及辐射安全意识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司采取以下预防措施：

(1) 公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在 X 射线实时成像系统开机前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机检测。

(3) 辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应采取应对措施，必要时可远程控制停止出束。

(4) 开机作业需由 2 人或以上共同操作，开机状态下人员不得脱岗。

3、辐射事故处置方法

本项目所用 X 射线实时成像装置属Ⅱ类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条关于事故的分级原则现将本项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-7 中。

表 11-7 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
--------	------	------

X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或者 10 人以上(含 10 人)急性重度放射病、局部器官残疾	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡	特别重大辐射事故

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》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，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

- (1) 辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；
- (2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；
- (3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，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，还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

本项目拟搬迁的 X 射线实时成像装置，属II类射线装置。根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年 1 月 4 日修订) 的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。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。

无锡市南方耐材有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责（附件 9），负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司配置 4 名 X 射线探伤操作人员及 1 名辐射防护负责人。因人员变动，现有 1 名探伤操作人员离职，新补入人员张劲松须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后，方可正式上岗。在张劲松考核合格并上岗前，为保障作业安全，两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行，须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。公司辐射工作人员相关信息详见表 12-1（核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单见附件 6）。辐射工作人员考核成绩到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

表 12-1 现有辐射相关工作人员一览表

序号	姓名	岗位	成绩单编号	有效期	有效情况	备注
1	房中明	X 射线探伤	FS23JS1201002	2023.4.29-2028.4.29	有效	X 射线探伤操作人员
2	曹晨	X 射线探伤	FS24JS1201306	2024.10.9-2029.10.9	有效	
3	陆文君	X 射线探伤	FS23SH1200895	2023.12.22-2028.12.22	有效	
4	张劲松	X 射线探伤	已报名核技术利用辐射安全与防护考核			
5	朱虹芳	辐射安全管理	FS21JS2200570	2021.11.22-2026.11.22	有效	辐射防护负责人

辐射安全管理规章制度

无锡市南方耐材有限公司已按照《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》制定了一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度、监测异常报告制度等。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。具体制度见表 12-2。

表 12-2 辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况	是否落实
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护安全保卫制度》	已落实
操作规程	《辐射工作操作规程》	已落实
岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	已落实
设备检修维护制度	《X-Ray 设备检修、维护和保管制度》	已落实
使用登记、台账管理制度	《X-Ray 设备使用登记、台账制度》	已落实
监测方案	《使用 X-Ray 个人剂量及环境监测方案》	已落实
人员培训计划	《X-Ray 操作人员培训计划》	已落实
辐射事故应急	《辐射事故处理应急预案》	已落实
监测异常报告制度	《监测异常报告制度》	已落实

公司还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

- 操作规程：明确 X 射线实时成像装置辐射工作人员的资质条件要求、操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线实时成像装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。
- 岗位职责：明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关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完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线实时成像装置的运行和维修时辐射安全管理。此外，应着重关注控

制台钥匙管理，应专人保管，使用时应进行使用记录登记，确保开机钥匙的安全性。

●设备检修维护制度：明确 X 射线实时成像装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线实时成像装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

●射线装置使用登记、台账管理制度：根据射线装置使用具体情况完善，重点是射线装置使用状况的记录。

●人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

●监测方案：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。方案中应明确选用的个人剂量报警仪及辐射环境巡测仪需按规定进行定期检定/校准，取得相应证书；使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等，以确保仪器的使用是有效的。

●事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发〔2006〕145号文)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部令第18号)及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故(意外照射等)完善事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫健委调查事故原因，并做好后续工作。

●监测异常报告制度：如果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。如果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，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021年1月4日修订)中“应当有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施”的要求。无锡市南方耐材有限公司应严格按照制度执行，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

无锡市南方耐材有限公司现有 4 名辐射工作人员已佩戴个人剂量计，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，参考公司 2024 年第四季度~2025 年第三季度辐射工作人员个人剂量监测报告，辐射工作人员个人剂量监测结果均未见异常，个人剂量监测情况见表 12-3（监测报告见附件 6）。

表 12-3 个人剂量监测结果

序号	姓名	个人剂量当量 Hp(10)/mSv				年剂量当量 /mSv
		第四季度 (2024 年度)	第一季度	第二季度	第三季度	
1	房中明	0.239	0.0194	0.0258	0.299	0.5832
2	曹晨	0.27	0.0194	0.0258	0.079	0.3942
3	陆文君	0.159	0.0696	0.0258	0.0191	0.2735
4	朱虹芳	0.273	0.106	0.0258	0.0191	0.4239

注：企业提供的辐射工作人员个人剂量监测报告中，(2025)常环宇检(剂)字第(1381)号及(2025)常环宇检(剂)字第(4440)号两份报告不符合《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128—2019)“个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在 1 个月内出具检测/检验报告”的规定，该检测结果无效，此处仅引用参考。企业应对检测单位提出要求，及时检测，避免出具无效报告。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年 1 月 4 日修订)和《放射工作人员职业健康管理办法》(卫生部第 55 号令)的要求，为保护辐射工作人员身体健康，企业每两年组织辐射工作人员进行健康体检。现已委托宜兴宜安职业病防治所对 4 名辐射工作人员进行了职业健康体检，职业健康体检结果均可继续从事原放射工作。现有辐射相关工作人员职业健康体检结果见表 12-4 (体检报告见附件 6)。

表 12-4 现有辐射相关工作人员职业健康体检结果

序号	姓名	体检报告日期	体检结果	备注
1	房中明	2025.6.28	可继续从事原放射工作	/
2	曹晨	2025.6.28	可继续从事原放射工作	/
3	陆文君	2025.6.26	可继续从事原放射工作	/
4	朱虹芳	2025.6.26	可继续从事原放射工作	/

企业已按相关要求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。本项目运行后，公司应认真落实以上个人剂量监测及职业健康体检方案，安排本项目辐射工作人员定期进行个人剂量测量(1 个月/次，最长不超过 3 个月/次)以及职业健康体检(两次检查的时间间隔不应超过 2 年)，并妥善保管监测档案。

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。”无锡市南方耐材有限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。2024 年度已按时在全国核技术利用辐射安全申报系统上传年度评估报告。

本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1. 监测方案

1) 请有资质的单位定期对本项目 X 射线实时成像装置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(常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月)送有资质部门进行监测，并建立个人剂量档案；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、卫生健康部门调查处理。

3) X 射线实时成像装置进行作业时辐射安全管理人员定期对 X 射线实时成像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。

本项目辐射监测方案具体见表 12-5。

表 12-5 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
X 射线实时成像检测装置	验收监测	X- γ 周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②X 射线实时成像装置防护门表面外 30cm 离地面高度为 1m 处，左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；③X 射线实时成像装置表面外 30cm 离地面高度为 1m 处，每面至少测 3 个点；④装置顶部 30cm 处，至少包括有用线束到达范围的 5 个检测点；⑤人员经常活动的位置；⑥每次出束结束后，检测 X 射线实时成像装置防护门口，以确保射线装置已经停止工作。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

注：日常探伤过程中开启巡测仪。

2、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等要求,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;无锡市南方耐材有限公司已配备1台辐射剂量巡测仪及4台个人剂量报警仪,项目运行后应定期对X射线实时成像装置周围环境辐射水平监测,并做好监测记录。

公司已于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

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

无锡市南方耐材有限公司已依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定了辐射事故应急预案,明确建立了应急机构和人员职责分工,应急人员的组织、培训以及应急,辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面,并具有一定的可行性,公司开展辐射活动至今,未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训,并定期组织应急人员进行应急演练。

无锡市南方耐材有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案,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。

无锡市南方耐材有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发〔2006〕145号文)、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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》。报告内容包括单位信息,许可证信息,事故发生时间、地点、类

型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后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。

无锡市南方耐材有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目X射线实时成像装置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、辐射安全与防护分析结论

1.1项目位置

本项目所在北厂区东侧为大东村村道，南侧为银湖路，西侧为宜兴市湖父曙光耐火材料厂，北侧为宜兴市旭日耐材制品有限公司。本项目拟将一台XYG-3205/2型X射线实时成像装置从五分厂南区一层车间西部搬迁至五分厂包装区，五分厂包装区为一层建筑。X射线实时成像装置东侧、南侧、西侧、北侧均为五分厂包装区内部场所，上方无建筑，下方为土层。本项目X射线实时成像装置周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，

1.2产业政策符合性和实践正当性评价

本项目利用 X 射线实时成像装置对公司连铸三大件进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》），本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目符合国家和地方现行产业政策。

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项目分区及布局

本项目拟将X射线实时成像装置曝光室边界作为本项目的辐射防护控制区边界，在曝光室表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；将曝光室外1m范围区域及操作台作为辐射防护监督区，装置周围1m范围区域拟设置警戒围栏，悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人员不得进入。本项目辐射防护分区的划分符合《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）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X射线实时成像装置的曝光室防护门设置门机联锁装置，只有当防护门完全关闭后X射线才能出束，意外打开时立即停止X射线照射，关上门不能自动开始X射线照射。操作台处设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；X射线实时成像装置的曝光室内顶部及曝光室外设置工作状态指示灯和声音提示装置，并与X射线管联锁。X射线实时成像装置工作时，

警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号设置有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置设置了对“照射”和“预备”信号意义的说明；本项目X射线实时成像装置曝光室内及曝光室出入口均设置视频监控装置，控制室的操作台配备有专用监视器，可监视曝光室内情况；X射线实时成像装置表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留；X射线实时成像装置通过操作台控制工件进出曝光室，辐射工作人员无需进入曝光室内。在操作台及曝光室防护门处均设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法；曝光室设置机械通风装置，排风口朝向东侧，东侧为库房，非人员活动密集区；曝光室配置固定式场所辐射探测报警装置；本项目射线装置不再使用时，应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.3要求实施退役。

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。

1.5 辐射安全管理

公司已成立辐射防护管理机构，将以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定和完善辐射安全管理制度。公司配备5名辐射工作人员，待本项目运行后，调配2名探伤操作人员专职负责本项目检测工作，现有辐射工作人员均取得辐射安全培训合格成绩，新进辐射工作人员须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后方可正式上岗，辐射工作人员辐射安全培训成绩单到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；公司应对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司已配备1台辐射巡测仪和4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。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2、环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目X射线实时成像装置曝光室尺寸为2.668m(长)×2.318m(宽)×2.618m(高)，东侧、西侧、北侧、顶部、底部、防护门、通风口及电缆口屏蔽材料均采用30mmPb+4mmFe，南侧屏蔽材料采用40mmPb+4mmFe。

根据理论预测结果，公司配备的X射线实时成像装置满功率运行时曝光室各侧屏蔽

体外30cm处辐射剂量率能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的剂量率限值要求。

2.2保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和周围公众年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）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100 μ Sv，公众周有效剂量不超过5 μ Sv；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

本项目无放射性三废产生。本项目X射线实时成像装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过防护门及通风口排出曝光室，臭氧在空气中50min可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3、可行性分析结论

综上所述，无锡市南方耐材有限公司迁建1台X射线实时成像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，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1)该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2)各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3)定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4)建设单位在获得本项目环评批复后且项目建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求重新申领辐射安全许可证。

5)根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

6)建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于1月31日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见

公 章

经办人

年 月 日

附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资(万元)
辐射安全管理机构	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责	/
辐射安全和防护措施	<p>本项目 X 射线实时成像装置曝光室尺寸为 2.668m(长)×2.318m(宽)×2.618m(高)，东侧、西侧、北侧、顶部、底部、防护门、通风口及电缆口屏蔽材料均采用 30mmPb+4mmFe，南侧屏蔽材料采用 40mmPb+4mmFe</p> <p>(1) X 射线实时成像装置的曝光室防护门设置门机联锁装置，只有当防护门完全关闭后 X 射线才能出束，意外打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。操作台处设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。</p> <p>(2) X 射线实时成像装置的曝光室内顶部及曝光室外设置工作状态指示灯和声音提示装置，并与 X 射线管联锁。X 射线实时成像装置工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号设置有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置设置了对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p> <p>(3) 本项目 X 射线实时成像装置曝光室内及曝光室出入口均设置视频监控装置，控制室的操作台配备有专用监视器，可监视曝光室内情况。</p> <p>(4) X 射线实时成像装置表面明显位置设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。</p> <p>(5) X 射线实时成像装置通过操作台控制工件进出曝光室，辐射工作人员无需进入曝光室内。在操作台及曝光室防护门处均设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。</p>	<p>X 射线实时成像装置周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中“关注点最高剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$”的要求</p> <p>满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的相关要求</p>	利旧

	<p>(6) 曝光室设置机械通风装置, 排风口朝向东侧, 东侧为库房, 非人员活动密集区。</p> <p>(7) 曝光室配置固定式场所辐射探测报警装置。</p> <p>(8) 本项目射线装置不再使用时, 应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 6.3 要求实施退役。</p>		
人员配备	公司配置 4 名 X 射线探伤操作人员及 1 名辐射防护负责人。因人员变动, 现有 1 名探伤操作人员离职, 新补入人员张劲松须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后, 方可正式上岗。在张劲松考核合格并上岗前, 为保障作业安全, 两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行, 须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。搬迁后, 调配 2 名探伤操作人员负责本项目检测工作	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	2.5
	委托有资质的单位对 2 名辐射工作人员开展个人剂量检测, 送检周期 3 个月 1 次, 并建立辐射工作人员个人剂量监测档案		
	定期组织 2 名辐射工作人员(两次检查的时间间隔不应超过 2 年)进行职业健康体检, 并建立职业健康监护档案		
监测仪器和防护用品	公司已配备 1 台辐射巡测仪和 4 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	利旧
辐射安全管理制度	公司已根据相关标准要求, 针对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预案	/

以上措施必须在项目运行前落实。