

核技术利用建设项目

扩建1台X射线数字成像检测设备项目  
环境影响报告表

无锡小天鹅电器有限公司（公章）

2026年3月

生态环境部监制



## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	7
表 3 非密封放射性物质 .....	7
表 4 射线装置 .....	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	9
表 6 评价依据 .....	10
表 7 保护目标与评价标准 .....	13
表 8 环境质量和辐射现状 .....	17
表 9 项目工程分析与源项 .....	21
表 10 辐射安全与防护 .....	30
表 11 环境影响分析 .....	38
表 12 辐射安全管理 .....	48
表 13 结论与建议 .....	52
表 14 审批 .....	57
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 .....	58

**附图：**

- 1) 附图 1 本项目地理位置图
- 2) 附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境图
- 3) 附图 3-1 本项目所在 B 栋滚筒车间 1 楼平面布置图  
附图 3-2 本项目所在 B 栋滚筒车间 2 楼平面布置图
- 4) 附图 4 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图
- 5) 附图 5 本项目 X 射线数字成像检测设备屏蔽设计图

**附件：**

- 1) 附件1 委托书
- 2) 附件2 射线装置承诺书
- 3) 附件3 营业执照
- 4) 附件4 不动产权证书
- 5) 附件5 设备参数说明文件
- 6) 附件6 现状检测报告及检测资质
- 7) 附件7 辐射安全许可证正副本

表1 项目基本情况

建设项目名称		扩建1台X射线数字成像检测设备项目				
建设单位		无锡小天鹅电器有限公司				
法人代表	肖毅	联系人		联系电话		
注册地址		无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号				
建设项目地点		无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号B栋滚筒车间				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投资 (万元)		投资比例(环保投资/总投资)		
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积(m <sup>2</sup> )	35
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	/				
	<b>项目概述:</b>					
<b>1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况</b>						
无锡小天鹅电器有限公司前身始建于1958年,是中国最早经营洗衣机业务的企业。历经60多年发展,从单一洗衣机,逐步发展为洗衣机、干衣机、洗烘套装全品类经营的国际化公司。小天鹅拥有国家认定企业技术中心、国家级实验室、国家级博士后工作站、国家级工业设计中心,现有研发人员900人,连续三年专利申请量和授权量居江						

苏省第一位。荣获全国首家智能制造能力成熟度“研产销服”四级企业、江苏省首批工业设计研究院、中国外观设计金奖、国家知识产权示范企业、国家智能制造标杆企业、江苏省工业互联网标杆示范工厂等称号。

无锡小天鹅电器有限公司现已开展核技术利用项目，已取得辐射安全许可证（见附件 7），证书编号为苏环辐证[B1760]，种类和范围为“使用Ⅲ类射线装置”，有效期至 2029 年 2 月 27 日，发证机关为无锡市生态环境局。

因生产的洗衣机滚筒质量检测需求，无锡小天鹅电器有限公司拟购置 1 台 UND150 型 X 射线数字成像检测设备，最大管电压 150kV，最大管电流 0.4mA，最大功率 60W。该设备主要用于检测公司生产的洗衣机滚筒，材质主要为不锈钢，直径约为 600mm，高度约为 850mm。本项目 UND150 型 X 射线数字成像检测设备拟放置于 B 栋滚筒车间柔性内筒线检测区，X 射线数字成像检测设备检测室工件门朝向西北侧摆放，操作台位于装置检测室西北侧。

无锡小天鹅电器有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼任辐射防护负责人。本项目 X 射线数字成像检测设备预计每周曝光时间不超过 20h，年工作 50 周，年曝光时间不超过 1000h（包含训机时间）。

核技术利用项目详见表 1-1：

表 1-1 无锡小天鹅电器有限公司核技术利用项目情况表

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	许可情况	验收情况	备注
1	UND150 型 X 射线数字成像检测设备	1	150	0.4	II	B 栋滚筒车间柔性内筒线检测区	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率 60W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为使用 X 射线数字成像检测设备，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。受无锡小天鹅电器有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，

射线装置承诺书见附件 2。

## 2. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号无锡小天鹅电器有限公司B栋滚筒车间内，无锡小天鹅电器有限公司东北侧为长江南路，东南侧为宅基路，西南侧为珠江路，西北侧为白堍浜河道。

本项目X射线数字成像检测设备拟建址位于无锡小天鹅电器有限公司B栋（共2层）滚筒车间柔性内筒线检测区，B栋滚筒车间东南侧隔厂区道路为C栋，西南侧隔厂区道路为E栋，西北侧隔厂区道路为白堍浜河道，东北侧隔厂区道路为A栋。本项目拟建址位于B栋一楼柔性内筒线检测区内，柔性内筒线东南侧为厂区道路，西南侧隔车间过道为齐套区，西北侧隔车间过道为柔二线，东北侧隔车间过道为数据运营中心，楼上为前后桶生产线，楼下为土层，无地下建筑或可利用空间。本项目地理位置见附图1，本项目厂区平面布置及周围环境见附图2，本项目所在B栋滚筒车间平面布置见附图3。

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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，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。本项目位置属于重点管控单元（无锡国家高新技术产业开发区）。本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系见附图4。

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。

本项目的建设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）要求。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及无锡小天鹅电器有限公司B栋、C栋、连廊、厂区道路及地下地铁3号线。本项目周围环境保护目标主要为从事无锡小天鹅电器有限公司X射线数字成像检测设备操作的辐射工作人员及装置周围公众。

## 3. 实践正当性

无锡小天鹅电器有限公司因产品质量检测需要，拟购置 1 台 X 射线数字成像检测设备对生产的洗衣机滚筒质量进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，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 射线数字成像检测设备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，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，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.与产业政策的相符性

本项目使用 X 射线数字成像检测设备对公司生产的洗衣机滚筒进行无损检测，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，本项目的建设符合国家现行产业政策。

#### 5.原有核技术利用项目许可情况

##### 5.1 辐射安全许可情况

无锡小天鹅电器有限公司现已开展核技术利用项目，已取得辐射安全许可证（见附件 7），证书编号为苏环辐证[B1760]，种类和范围为“使用Ⅲ类射线装置”，有效期至 2029 年 2 月 27 日，发证机关为无锡市生态环境局。

公司现有核技术利用项目情况见表 1-2。

表 1-2 无锡小天鹅电器有限公司现有核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	射线装置名称及型号	数量（台）	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	许可情况	验收情况
1	Y.Cougar Basic 型 X 射线检测装置	1	160	1	Ⅲ	无锡小天鹅电器有限公司	使用	已填报登记表	已许可	/

##### 5.2 辐射安全与环境保护管理机构情况

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），无锡小天鹅电器有限公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，已成立辐射安全与环境保护管理小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司现有的辐射安全与环境保护管理机构为辐射安全与环境保护管理机构小组，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）中的相关要求，可以满足公司日常辐射安全与环境保护管理的要求。

### 5.3 辐射安全与环境保护管理制度

无锡小天鹅电器有限公司已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、人员培训计划、监测方案、事故应急预案等。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。

### 5.4 辐射工作人员考核证书、职业健康体检及个人剂量情况

无锡小天鹅电器有限公司现有辐射工作人员共计 2 人，均参加了公司组织的从事 III 类射线装置使用活动的辐射工作人员自主考核，并考核合格，详见表 1-3。

表 1-3 现有辐射相关工作人员一览表

序号	姓名	岗位	考核有效期	有效情况
1	张曼玉	电控测试员	2023-10-12 至 2028-10-11	有效
2	李倩	电控测试员	2023-10-12 至 2028-10-11	有效

无锡小天鹅电器有限公司现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，已委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司开展个人剂量监测，根据近一年的检测报告结果表明现有辐射工作人员连续四个季度个人剂量监测结果均未出现超标情况。近一年个人剂量监测情况见表 1-4。

表 1-4 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
		2025 第一季度	2025 第二季度	2025 第三季度	2025 第四季度	
1	张曼玉	0.019	0.019	0.019	0.019	0.076
2	李倩	0.019	0.019	0.019	0.019	0.076

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》2017 年修订（国家环境保护部令第 47 号）和《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部第 55 号令）的要求，为保护辐射工作人员身体健康，企业已委托对 2 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为可继续原放射工作。

表 1-5 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
1	张曼玉	2024 年 1 月 15 日	可继续原放射工作
2	李倩	2024 年 1 月 15 日	可继续原放射工作

无锡小天鹅电器有限公司现已配备1台REN200型个人剂量报警仪，对现有1台Ⅲ类射线装置每月开展自主监测，暂未委托有资质单位对该Ⅲ类射线装置进行过辐射环境检测，无锡小天鹅电器有限公司应尽快完善相关检测，以此确保射线装置工作时，装置表面外辐射剂量率满足相应标准要求。

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。”无锡小天鹅电器有限公司每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

综上所述，无锡小天鹅电器有限公司已成立辐射安全管理机构，已制定相关的辐射安全管理规章制度；原有辐射工作人员均通过了自主考核，已委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测及职业健康体检，并建立了辐射工作人员个人剂量监测档案及职业健康档案；公司应尽快委托有资质单位对现有辐射工作场所进行辐射环境检测，并按时上报全国核技术利用辐射安全申报系统；原有核技术利用项目运行良好，工作场所辐射环境检测有待完善。

**表 2 放射源**

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

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

**表 3 非密封放射性物质**

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

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

表 4 射线装置

## (一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

## (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 射线数字成像检测 设备	II	1 台	UND150 型	150	0.4	无损检测	B 栋滚筒车间 柔性内筒线 检测区	最大功率 60W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	经装置排风扇及开关工件门,再经车间门窗直接排入大气,臭氧在常温常压下稳定性较差,常温常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为50分钟,可自动分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/l 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>)和活度 (Bq)。

**表 6 评价依据**

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</li> <li>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</li> <li>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</li> <li>4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</li> <li>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</li> <li>6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</li> <li>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</li> <li>8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</li> <li>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</li> <li>10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</li> <li>11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行；</li> <li>12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</li> <li>13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，中华</li> </ol>
------	---

	<p>人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号），自2024年2月1日起施行；</p> <p>15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；</p> <p>16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；</p> <p>17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>18) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>19) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>

<p>其他</p>	<p><b>附图：</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 附图 1 本项目地理位置图</li><li>2) 附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境图</li><li>3) 附图 3-1 本项目所在 B 栋滚筒车间 1 楼平面布置图 附图 3-2 本项目所在 B 栋滚筒车间 2 楼平面布置图</li><li>4) 附图 4 本项目与江苏省生态环境分区管控综合服务系统管控区相对位置关系图</li><li>5) 附图 5 本项目 X 射线数字成像检测设备屏蔽设计图</li></ol> <p><b>附件：</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 附件1 委托书</li><li>2) 附件2 射线装置承诺书</li><li>3) 附件3 营业执照</li><li>4) 附件4 不动产权证书</li><li>5) 附件5 设备参数说明文件</li><li>8) 附件6 现状检测报告及检测资质</li><li>9) 附件7 辐射安全许可证正副本</li></ol>
-----------	--

表7 保护目标与评价标准

<p><b>评价范围</b></p> <p>本项目为扩建1台X射线数字成像检测设备项目，X射线数字成像检测设备为工业用X射线探伤装置，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本项目X射线数字成像检测设备屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>
<p><b>保护目标</b></p> <p>本项目位于无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号无锡小天鹅电器有限公司B栋滚筒车间内，无锡小天鹅电器有限公司东北侧为长江南路，东南侧为宅基路，西南侧为珠江路，西北侧为白堍浜河道。</p> <p>本项目X射线数字成像检测设备拟建址位于无锡小天鹅电器有限公司B栋（共2层）滚筒车间柔性内筒线检测区，B栋滚筒车间东南侧隔厂区道路为C栋，西南侧隔厂区道路为E栋，西北侧隔厂区道路为白堍浜河道，东北侧隔厂区道路为A栋。本项目拟建址位于柔性内筒线检测区，柔性内筒线东南侧为厂区道路，西南侧隔车间过道为齐套区，西北侧隔车间过道为柔二线，西南侧隔车间过道为数据运营中心，楼上为前后桶生产线，楼下为土层，无地下建筑或可利用空间。</p> <p>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》和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，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。本项目位置属于重点管控单元（无锡国家高新技术产业开发区）。</p> <p>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。</p> <p>本项目的建设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）要求。</p> <p>本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及无锡小天鹅电器有限公司B栋、C栋、连廊、厂区道路及地下地铁3号线。本项目周围环境保护目标主要为从事无锡小天鹅电器有限公司X射线数字成像检测设备操作的辐射工作人员及装置周围公众。</p>

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射线数字成像检测设备的辐射工作人员；
- 2.X射线数字成像检测设备周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

装置名称	工作场所	保护目标	方位	距装置屏蔽体最近距离	人员规模	保护目标类型	年剂量约束值 (mSv/a)	
UND150型X射线数字成像检测设备	B栋滚筒车间	操作台	西北侧	约0.3m	2人	辐射工作人员	5.0	
		柔性内筒线自动化生产线	西南侧	约1m	约5人	公众	0.1	
			其他检测设备检测区	东北侧	约1m			约2人
			齐套区	西南侧	约36m			约2人
			柔二线	西北侧	约9m			约10人
			内筒线	西北侧	约31m			约2人
			SCOTT3线	西北侧	约44m			约2人
			精益培训道场	北侧	约31m			流动人员
			展厅	北侧	约10m			流动人员
			数据运营中心	东北侧	约9m			约2人
			洗手间	北侧	约38m			流动人员
		车间过道	西南侧	约35m	流动人员			
			西北侧	约6m				
			东北侧	约2m				
		B栋滚筒车间2楼	前后桶生产线、前后桶AGV区、前封门AGV区、总装前后桶部装区	楼上	约3m			约30人
			员工培训中心	楼上	约3m			流动人员
			车间过道	楼上	约3m			流动人员
			洗手间	楼上	约3m			流动人员
			连廊	楼上	约3m			流动人员
		厂区道路	东南侧	约1m	流动人员			
			东北侧	约35m	流动人员			
		C 栋	东南侧	约31m	约30人			
		地铁 3 号线	地下	约16m	流动人员			

注：楼上保护目标及地下保护目标仅考虑垂直距离。

**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:**

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“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。”的要求,职业人员按年剂量限值1/4取值,公众按照其年剂量限值的1/10取值,确定本项目剂量约束值如下:

**A) 职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a;**

**B) 公众照射的年剂量约束值不超过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》(GBZ 117-2022)“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100μSv/周,对公众场所,其值应不大于5μSv/周”的要求,确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下:

**A) 职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平,其值应不大于 100μSv/周,**

**B) 公众每周的周围剂量当量参考控制水平,其值应不大于 5μSv/周;**

**4) X 射线数字成像检测设备屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平:**

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足: b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。”以及“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 $\mu$ Sv/h。”的要求确定本项目X射线数字成像检测设备表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

**A) X射线数字成像检测设备四周表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu$ Sv/h；**

**B) X射线数字成像检测设备顶部表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu$ Sv/h（X射线数字成像检测设备检测室上方在自辐射源点到检测室内表面边缘所张立体角区域内存在建筑物）。**

### 5) 辐射环境质量现状检测评价参考值

根据《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表 7-3 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

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

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。其中宇宙射线响应的扣除方法采用文献[2]（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。

### 6) 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

## 环境质量和辐射现状

## 1. 项目地理和场所位置

本项目位于无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号无锡小天鹅电器有限公司B栋滚筒车间内，无锡小天鹅电器有限公司东北侧为长江南路，东南侧为宅基路，西南侧为珠江路，西北侧为白堍浜河道。

本项目X射线数字成像检测设备拟建址位于无锡小天鹅电器有限公司B栋（共2层）滚筒车间柔性内筒线检测区，B栋滚筒车间东南侧隔厂区道路为C栋，西南侧隔厂区道路为E栋，西北侧隔厂区道路为白堍浜河道，东北侧隔厂区道路为A栋。本项目拟建址位于B栋一楼柔性内筒线检测区内，柔性内筒线东南侧为厂区道路，西南侧隔车间过道为齐套区，西北侧隔车间过道为柔二线，东北侧隔车间过道为数据运营中心，楼上为前后桶生产线，楼下为土层，无地下建筑或可利用空间。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及无锡小天鹅电器有限公司B栋、C栋、连廊、厂区道路及地下地铁3号线。本项目周围环境保护目标主要为从事无锡小天鹅电器有限公司X射线数字成像检测设备操作的辐射工作人员及装置周围公众。

本项目X射线数字成像检测设备拟建址及周围环境照片见图8-1。

图 8-1 本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围环境现状

## 2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

**评价对象：**本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围辐射环境。

**监测因子：**本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

**监测点位：**在 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围布置监测点位，分别位于 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围，共计 11 个监测点位。

## 3. 监测方案、质量保证措施

**监测方案：**根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围布设监测点位，测量 X 射线数字成像检测设备拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

**质量保证措施：**检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织

的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

#### 4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- $\gamma$ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512+BG7030

设备编号：RY-J001

检定有效日期：2025.3.11——2026.3.10

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

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

测量范围：10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

仪器的宇宙射线响应值：11nGy/h

监测日期：2025.12.18

天气：晴；温度：12.9℃；相对湿度：52.9%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	标准差	备注
1	东南侧	79	2	室内、楼房
2	西南侧	78	1	室内、楼房
3	西北侧	77	2	室内、楼房
4	东北侧	80	1	室内、楼房
5	中部	79	1	室内、楼房
6	西南侧柔性内筒线	76	1	室内、楼房
7	西北侧柔二线	76	2	室内、楼房
8	东北侧车间过道	73	1	室内、楼房

9		楼上前后桶生产线	58	1	室内、楼房
10		东南侧厂区道路	36	1	道路
11		东南侧 C 栋西北侧	35	1	道路

注：①已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）。X-γ辐射监测仪检定使用  $^{137}\text{Cs}$  辐射源。

②建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，道路取值为 1。

根据表 8-1 的监测结果可知，无锡小天鹅电器有限公司本项目 X 射线数字成像检测设备拟建址周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率在（35~80）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（58~80）nGy/h 范围内，道路环境辐射剂量率为（35~36）nGy/h，均处于江苏省天然 $\gamma$ 辐射剂量率水平测量范围内。

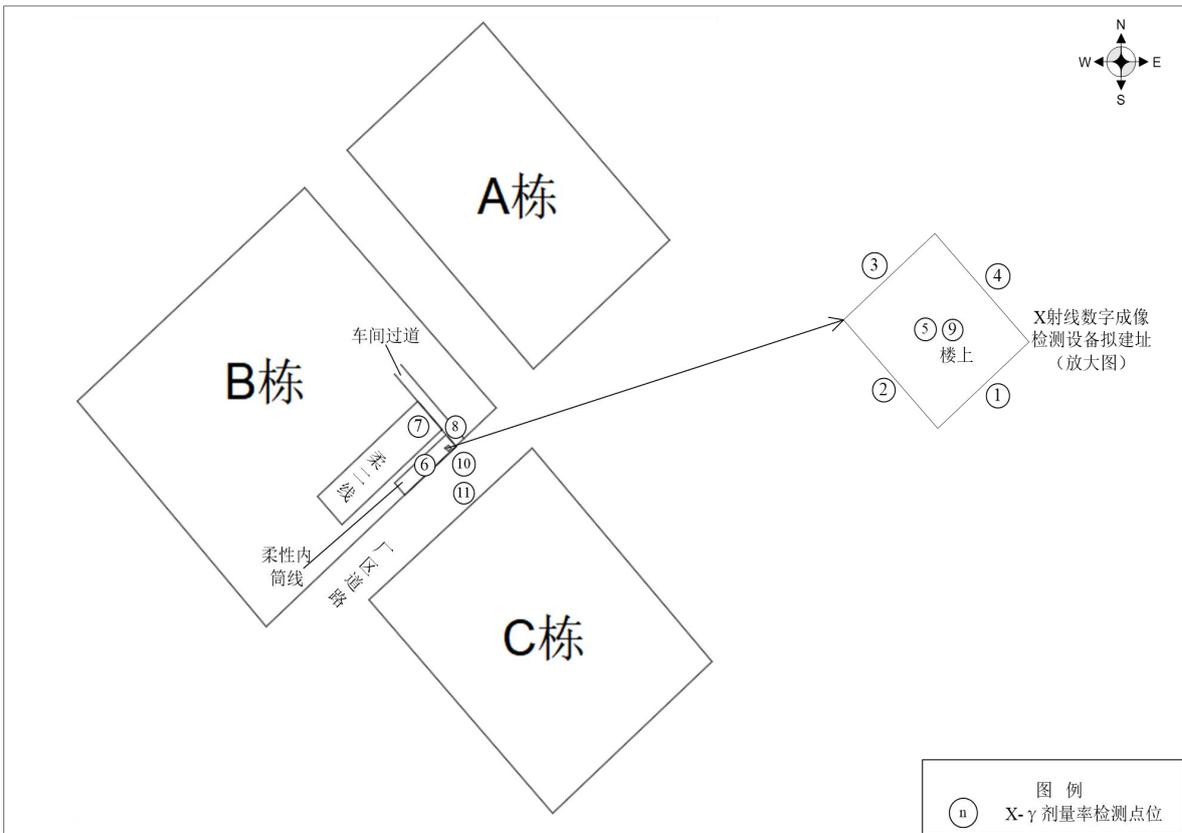


图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 1. 工程设备情况

#### 1.1 系统组成

本项目为使用 1 台 X 射线数字成像检测设备项目，该设备主要由 X 射线系统、探测器成像系统、图像处理系统、机械传动系统、射线防护系统、电气控制系统及监控系统组成。功能简述如下：

(1) X 射线系统：是聚焦与出束装置，提供 X 射线成像的能量线束用以穿透试件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征图像；

(2) 探测器成像系统：探测器表面的闪烁体将透过物体后衰减的 X 线转换为可见光，闪烁体下的非晶硅光电二极管阵列又将可见光转换为电信号，在光电二极管自身的电容上形成存储电荷，每个像素的存储电荷量与入射 X 线强度成正比，在控制电路的作用下，扫描读出各个像素的存储电荷，经 A/D 转换后输出数字信号，传送给计算机进行图像处理从而形成 X 线数字影像。

(3) 图像处理系统：图像处理硬件系统由工控机，显示器，操作台，鼠标等硬件组成；图像软件由日联科技自主开发，功能强大，全菜单操作模式（手动模式、自动模式），软件正常启动时为全中文操作界面，主要包括工具栏，工具条，图像调节，图像显示区，状态栏，参数显示区等；

(4) 机械传动系统：机械传动系统主要由 C 型臂、移动小车系统、立柱传动系统，射线管机构，探测器机构组成，各机构模块化设计，高可靠性，高稳定性，高集成度；

(5) 射线防护系统：①铅房：外侧为钢—铅—钢夹层结构；内壁为方管焊接而成的框架，在寿命期限内有足够的强度、刚度、稳定性、耐腐蚀性、抗疲劳性等性能，以确保试验机和操作人员的安全；②安全联锁单元：维修或紧急情况下，切断安全联锁单元，可断开射线源，各运动轴停止运动，为设备及人身安全提供保障措施；③安全报警单元：铅门上方安装有声光报警器，当射线开启时，声光提醒工作人员注意辐射安全；④紧急按钮：铅房内有紧急停止按钮，按下该停止按钮设备停止运行，保证维修时安全；

(6) 电气控制系统：电气控制单元主要由计算机处理系统与 PLC 逻辑控制单元

组成，采用中央集成式控制方式，以可编程逻辑控制器 PLC 为核心，现场各传感器的信号反馈给 PLC，根据检测工艺，PLC 经过逻辑程序运算，完成相应电机运动控制；达到自动精确运动控制，同时保证人员和设备安全。

(7) 监控系统：现场监控主要由红外高清摄像头、录像机、显示器三部分组成，检测室内安装有红外高清摄像头，实时监控检测室检测状态，方便调整工件检测角度和安全监控检测室是否有人。

## 1.2 屏蔽结构及主要技术参数

本项目使用 1 台 X 射线数字成像检测设备，X 射线数字成像检测设备由检测室和操作台组成，检测室铅房为自屏蔽设计，与装置一体化设计、安装；操作台位于检测室铅房外，单独设置。检测室（铅房）内设置有 1 个 X 射线管，X 射线管可上下移动，行程 1000mm，不可前后左右移动，X 射线管可绕机械结构轴心  $\pm 15^\circ$  旋转。

X 射线数字成像检测设备整体尺寸为 2560mm（长） $\times$ 2350mm（宽） $\times$ 2492mm（高），内部净尺寸 2006mm（长） $\times$ 2229mm（宽） $\times$ 2058mm（高）。检测室采用钢—铅—钢结构对 X 射线进行屏蔽。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室工件门朝向西北侧摆放，检测室西南侧屏蔽体为 3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板（主射面），西北侧、东北侧、东南侧屏蔽体为 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板（非主射面），顶部、底部主射范围屏蔽体（宽度 500mm）为 3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板，非主射范围屏蔽体为 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板。装置最大管电压为 150kV，最大管电流为 0.4mA，最大功率 60W，射线管出束角度  $25^\circ$ ，主射线固定朝西南侧照射，主射线照射范围涉及顶部西南端、西南侧、底部西南端屏蔽体，射线管 1m 处的输出量为  $110\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。装置样式见图 9-1，内部机械结构见图 9-2，内部结构及主射线照射范围见图 9-3。射线装置具体参数见表 9-1。

表 9-1 X 射线数字成像检测设备参数一览表

型号	UND150 型 X 射线数字成像检测设备
最大管电压 (kV)	150
最大管电流 (mA)	0.4
最大功率 (W)	60
射线管 1m 处输出量	$110\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$
出束角度	$25^\circ\times 25^\circ$ （收光后出束角度）
C 型臂检测机构	以铅房中心面及光管、平板中心交点摆动 $\pm 15^\circ$

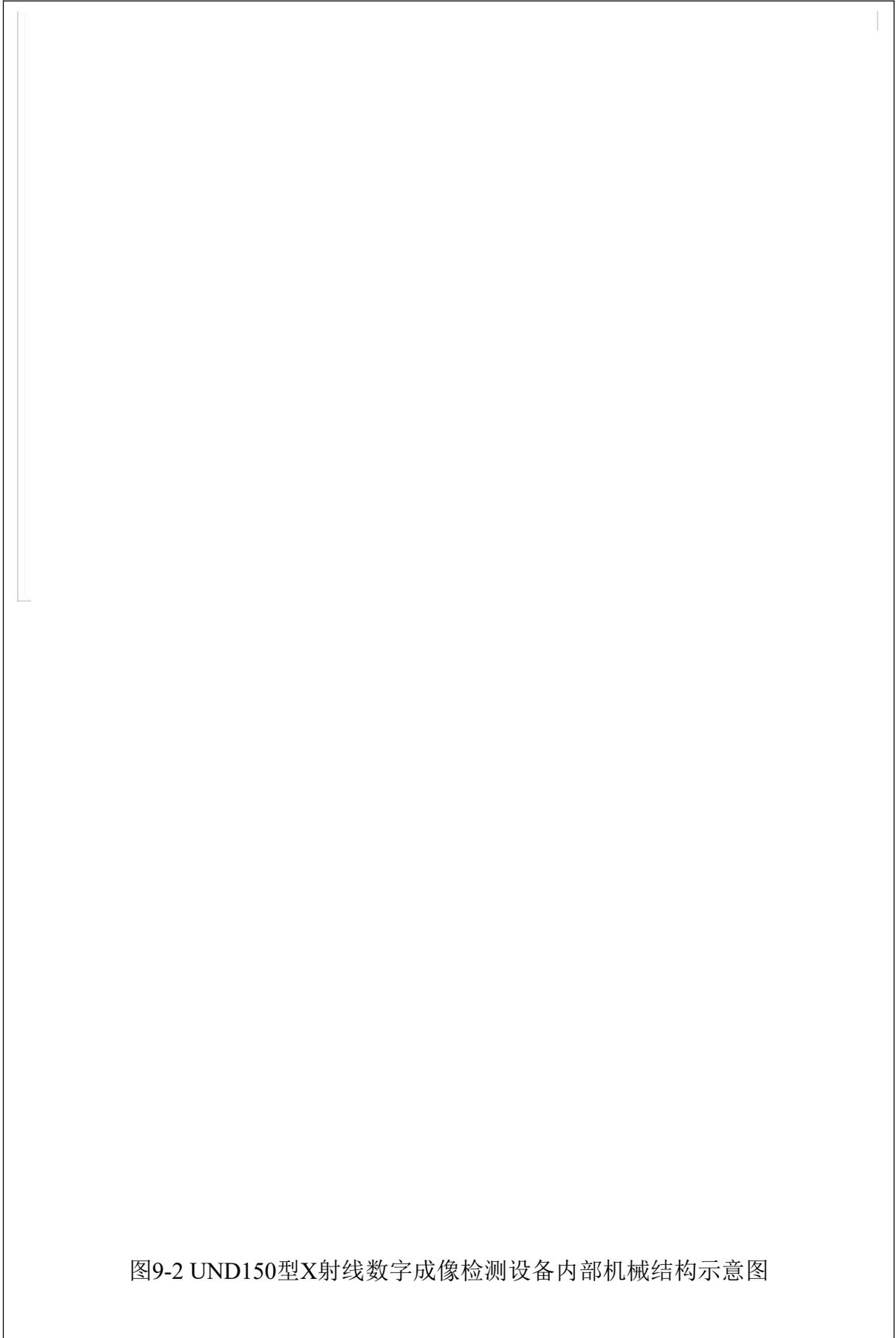


图9-2 UND150型X射线数字成像检测设备内部机械结构示意图

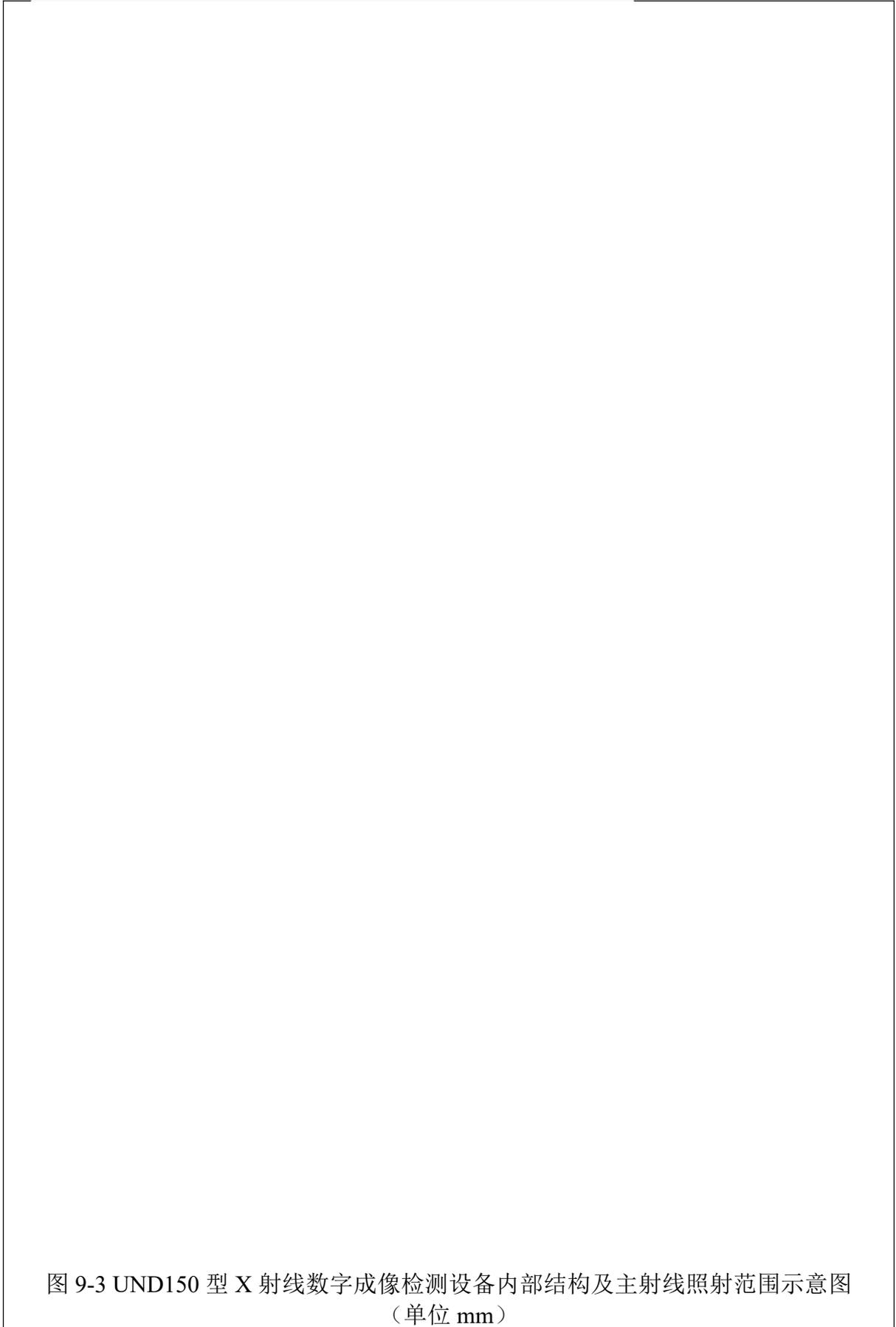


图 9-3 UND150 型 X 射线数字成像检测设备内部结构及主射线照射范围示意图  
(单位 mm)

## 2. X 射线数字成像检测设备工作原理

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  $0.001 \sim 10\text{nm}$ 。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，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。

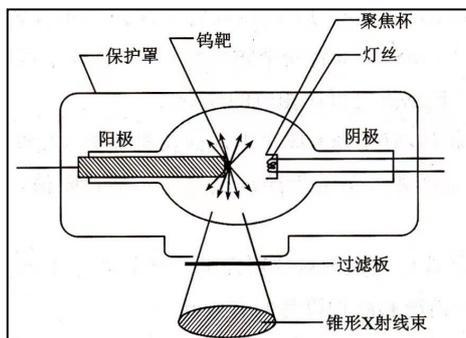


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

X 射线数字成像检测设备由整机控制器系统、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 9-5。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。

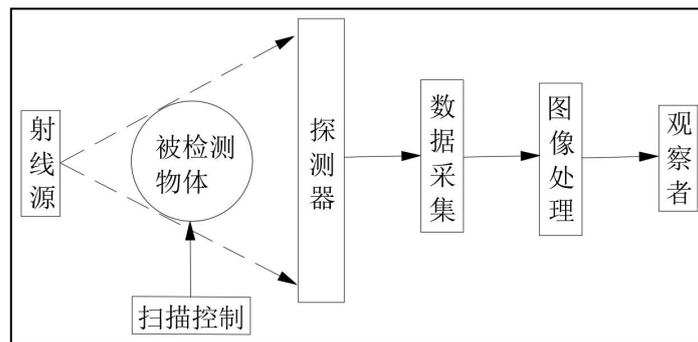


图 9-5 X 射线数字成像检测设备结构工作原理简图

### 3. 工艺流程及产污环节分析

X射线数字成像检测设备工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置检测室内，辐射工作人员在装置操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 设备启用前，辐射工作人员检查各辐射安全措施的有效性，对辐射安全措施有效性进行确认，确认所有辐射安全措施有效后开展检测工作；
- 2) 辐射工作人员到达操作台，启动主电源开关，启动检测装置控制界面；
- 3) 辐射工作人员打开工件门；
- 4) 辐射工作人员将工件送入铅房内载物台上（一般情况下，辐射工作人员仅需要通过手臂将工件摆放至载物台上，无需身体完全进入铅房内进行工件摆放，特殊情况下，不受限制，辐射工作人员身体可完全进入铅房内部），将工件调整至合适的位置；
- 5) 确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- 6) 辐射工作人员开启X射线数字成像检测设备进行无损检测，加高压、打开X射线出束开关，开始检测；装置利用载物台旋转移动工件调整至不同位置及调整射线管位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的图像。开机曝光时会发出X射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 7) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门；
- 8) 辐射工作人员在操作台对图像进行分析，判断工件质量、缺陷等；
- 9) 全部检测完成，装置关机。

本项目 X 射线数字成像检测设备工作流程及产污环节如下图所示：

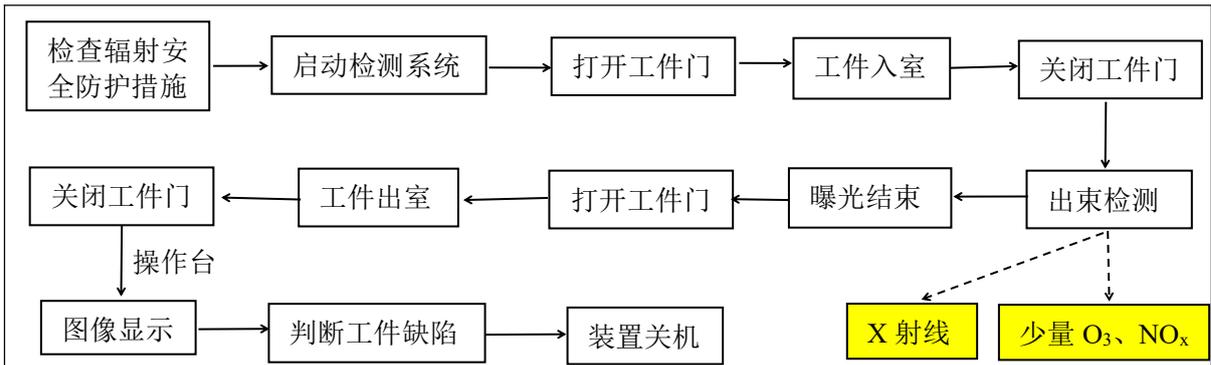


图 9-6 X 射线数字成像检测设备工作流程及产污环节

此外，若X射线数字成像检测设备长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线、少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）。训机工作流程及产污环节为：

（1）清场、关门：检查检测室及监督区内无关人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门；

（2）训机：辐射工作人员在操作台主屏幕寻找到X射线控制器，从控制部分的下拉菜单中选择适当的预热选项，然后选择“启动预热”按钮；X射线数字成像检测设备进入训机状态，从低千伏值一点一点地往高训。同时X射线源将产生X射线污染，X射线将使检测室内的空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>）；

（3）训机结束：当训到最高千伏值后，X射线控制器将会自动关闭X射线，此时训机结束。

本项目X射线数字成像检测设备设置自动训机功能，训机均在检测区内进行，装置训机曝光时间包含在年最大曝光时间1000h内。

#### 4.工件信息

本项目X射线数字成像检测设备检测的工件为生产的洗衣机滚筒，材质主要为不锈钢，直径约为600mm，高度约为850mm。本项目检测产品示意图见图9-7。

图 9-7 本项目产品示意图

### 5.人员配置及工作制度

无锡小天鹅电器有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼任辐射防护负责人。本项目 X 射线数字成像检测设备预计周曝光时间 20h，年工作 50 周，年曝光时间不超过 1000h（包含训机时间），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。

### 6. 原有工艺不足和改进情况

建设单位已取得辐射安全许可证（见附件 7），许可证编号为苏环辐证[B1760]，种类和范围为“使用Ⅲ类射线装置”。核技术利用项目投运以来未发生辐射事故，日常工作过程辐射工作人员遵守操作规程及岗位职责。公司最新一次辐射项目已完成环评手续。公司各项辐射安全与防护措施及相关制度齐全并已落实。辐射工作人员均已通过自主培训考核，建设单位已为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。

无锡小天鹅电器有限公司每月开展自主监测，暂未委托有资质单位对该Ⅲ类射线装置进行过辐射环境检测，无锡小天鹅电器有限公司应尽快完善相关检测，以此确保射线装置工作时，装置表面外辐射剂量率满足相应标准要求。

由于公司现有装置不能满足生产检测需求，因此本项目拟扩建 1 台 X 射线数字成像检测设备进行产品检测。

## 污染源项描述

### 1. 辐射污染源分析

由 X 射线数字成像检测设备工作原理可知，X 射线数字成像检测设备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 射线数字成像检测设备在开机曝光期间，X 射线是项目主

要污染物。本项目运行后不会产生放射性固体废物及放射性废水。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

本项目 X 射线数字成像检测设备最大管电压为 150kV，最大管电流为 0.4mA，根据厂家提供资料（见附件 5），本项目 X 射线数字成像检测设备射线管滤过为 0.51mmBe，本项目 X 射线数字成像检测设备射线管 1m 处的输出量为  $110\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，为主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 中取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为  $2500\mu\text{Sv/h}$ ，即泄漏射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得  $90^\circ$  散射辐射最高能量为 150kV，为散射线源强。汇总见表 9-2。

表9-2 本项目X射线数字成像检测设备输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射 输出量 $\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$	有用线束辐射 输出剂量率 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	泄漏辐射 1m 处输出量 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射辐 射能量 (kV)
1	X 射线数字成 像检测设备	UND150 型	110	6.6E+06	2500	150

注：散射辐射能量保守不考虑损失。

## 2. 非辐射污染源分析

### 2.1 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

### 2.2 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

### 2.3 气体废物

X 射线数字成像检测设备在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

## 1. 工作场所布局及分区

本项目 X 射线数字成像检测设备设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置检测室西北侧，X 射线管主射线固定朝西南侧照射，主射线照射范围为顶部西南端、西南侧、底部西南端屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围；本项目 X 射线数字成像检测设备布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求。本项目 X 射线数字成像检测设备工作场所布局设计基本合理。

本项目 X 射线数字成像检测设备检测室西南侧 1m、西北侧 3m、东北侧 1m 均拟设置栅栏，并与东南侧 1m 车间墙壁围成一个封闭区域；本项目拟将 X 射线数字成像检测设备检测室作为控制区，拟将 X 射线数字成像检测设备检测室屏蔽体与西南侧 1m、西北侧 3m、东北侧 1m 栅栏及东南侧 1m 车间墙壁围成区域（含操作台）作为监督区，在监督区边界设置监督区标牌，并做好相关警示提醒，如指示灯、警告标识等，以免无关人员误入。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 X 射线数字成像检测设备监督区及控制区示意图见图 10-1。

图 10-1 本项目 X 射线数字成像检测设备监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	X 射线数字成像检测设备检测室	X 射线数字成像检测设备检测室屏蔽体与西南侧 1m、西北侧 3m、东北侧 1m 栅栏及东南侧 1m 车间墙壁围成区域（含操作台）
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者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”。6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，X 射线数字成像检测设备在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	X 射线数字成像检测设备表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	监督区边界设置监督区标牌，并做好相关警示提醒，如指示灯、警告标识等。

## 2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目 X 射线数字成像检测设备由检测室和操作台组成，检测室铅房为自屏蔽设计，与装置一体化设计、安装；操作台位于检测室铅房外，单独设置。

X 射线数字成像检测设备整体尺寸为 2560mm（长）×2350mm（宽）×2492mm（高），内部净尺寸 2006mm（长）×2229mm（宽）×2058mm（高）。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室工件门朝向西北侧摆放，检测室西南侧屏蔽体为 3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板（主射面），西北侧、东北侧、东南侧屏蔽体为 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板（非主射面），顶部、底部主射范围屏蔽体（宽度 500mm）为 3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板，非主射范围屏蔽体为 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板。

本项目工件门尺寸为 971mm（宽）×1955mm（高），门洞尺寸为 900mm（宽）×1845mm（高），上下搭接 55mm，左右搭接 35.5mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。本项目检测室后方设置两扇电柜门，该电柜门打开仅能维修电气柜内的电气设备，与铅房内部不相通。本项目在检测室的东南侧屏蔽体下方设置电缆孔，孔洞直径约为 50mm，并

在电缆孔处外部设置 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽。本项目在检测室顶部屏蔽体上方设置通风孔，孔洞直径约为 155mm，并在通风孔处外部设置 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽。

本项目装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 X 射线数字成像检测设备屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	备注	
UND150 型 X 射线数字成像检测设备	检测室西南侧屏蔽体	3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	主射线	
	检测室西北侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板	非主射线	
	检测室东北侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板	非主射线	
	检测室东南侧屏蔽体	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板	非主射线	
	检测室顶部屏蔽体		3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	主射线 (长度 500mm)
			3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板	非主射线
	检测室底部屏蔽体		3mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	主射线 (长度 500mm)
			3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板	非主射线
	电缆孔	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢	非主射线	
	通风孔	3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢	非主射线	

### 3. 工作场所辐射安全和防护措施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表10-3 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。	X 射线数字成像检测设备设计有操作台与检测室，操作台与检测室分开独立设置，操作台位于装置西北侧，X 射线管主射线朝西南侧照射，操作台已避开有用线束照射方向。	是
2	两区划分	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	本项目 X 射线数字成像检测设备检测室西南侧 1m、西北侧 3m、东北侧 1m 均拟设置栅栏，并与东南侧 1m 车间墙壁围成一个封闭区域；本项目拟将 X 射线数字成像检测设备检测室作为控制区，拟将 X 射线数字成像检测设备检测室屏	是

			蔽体与西南侧 1m、西北侧 3m、东北侧 1m 栅栏及东南侧 1m 车间墙壁围成区域（含操作台）作为监督区，在监督区边界设置监督区标牌，并做好相关警示提醒，如指示灯、警告标识等，以免无关人员误入。	
3	门机联锁	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目 X 射线数字成像检测设备工件门设有门机联锁装置，只有在工件门完全关闭时 X 射线数字成像检测设备才能出束照射，工件门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射。	是
4	指示灯和声音提示装置	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内、室外和操作台上各设有 1 个三色工作状态指示灯（通电状态绿灯亮，预备状态黄灯亮，照射状态红灯亮；可区分“预备”、“照射”两种状态）和声音提示装置；检测室外表面上方另设置 1 个声光报警器；工作状态指示灯、声光报警器与 X 射线管联锁；拟在装置表面外及内部张贴指示灯中文标识，且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近逗留。	是
5	视频监控	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。	本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内设有摄像装置，监控探头位于工件门内部上方，显示器位于操作台上；通过电脑显示屏能清楚地看见检测室内情况，避免误照射情况发生。	是
6	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目 X 射线数字成像检测设备表面外拟设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。	是
7	急停按钮	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	本项目 X 射线数字成像检测设备检测室外工件门旁及操作台上各设有 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内工件门旁设有 1 个紧急停机按钮，确保人员误入的情况下，能够通过按下此按钮停止出束，避免发生误照射事件。急停按钮均设置标签说明。	是
8	通风	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。	本项目 X 射线数字成像检测设备内采取工件门自然进风，顶部屏蔽体上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，最大程度上避免射线泄漏；装置顶部屏蔽体	是

			上方设置轴流风机，检测室内部体积约为 9.2m <sup>3</sup> ，装置配置轴流风机进行排风，通风量为 330m <sup>3</sup> /h，能够满足每小时有效换气次数不小于 3 次的通风需求。	
9	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目 X 射线数字成像检测设备工作时，辐射工作人员无需进入检测室内，仅在检测室外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修，检修完成后在检测室外调试，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	是
10	其他	/	<p>①钥匙开关：本项目操作台位于 X 射线数字成像检测设备检测室外，操作台上设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后 X 射线数字成像检测设备才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；</p> <p>②本项目工件门尺寸为 971mm（宽）×1955mm（高），门洞尺寸为 900mm（宽）×1845mm（高），上下搭接 55mm，左右搭接 35.5mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；</p> <p>③电缆孔防护：本项目在检测室的东南侧屏蔽体下方设置电缆孔，孔洞直径约为 50mm，并在电缆孔处外部设置 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽；</p> <p>④通风孔防护：本项目在检测室顶部屏蔽体上方设置通风孔，孔洞直径约为 155mm，并在通风孔处外部设置 3mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽。</p>	此部分内容额外增加内容，不参考 GBZ 117-2022
11	规章制度	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司已成立辐射防护管理机构，已制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，在检测过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。	是
12	监测设备	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	公司拟为本项目配备 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪及 2 台 X-γ个人剂量报警仪，用于对 X 射线数字成像检测设备周围环境辐射水平监测，并做好监测记录；并委托有资质单位对 2 名辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是
13	其他	/	<b>开门按钮：</b> 本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内设置 1 个开门按钮（功能集成于内部急停按钮上），确保人员误入的情况下，能够通过按下此按钮打开工件门，即按下内部急停按钮同时工件门就会打开，从而逃离检测室。	/

本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-3。

图 10-3 本项目辐射安全设施平面布置示意图

综上所述，以上辐射安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

#### 4.工作场所探伤操作的放射防护要求

①每次使用 X 射线数字成像检测设备检测前应检查门-机联锁装置、工作状态指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员工作时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪（装置工作时用于周围巡测）。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即离开 X 射线数字成像检测装置，同时防止其他人靠近 X 射线数字成像检测装置，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量 X 射线数字成像检测设备外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

④当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始无损检测工作。

⑤在每一次照射前，操作人员都应该确认 X 射线数字成像检测设备内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门、检修门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

#### 5.退役

当 X 射线数字成像检测设备不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①X 射线数字成像检测设备的 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。

#### 三废的治理

##### 1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

##### 2. 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

##### 3. 气体废物

X 射线数字成像检测设备在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内采取开

关工件门自然进风，顶部屏蔽体上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含 5mm 铅板。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内部体积约为  $9.2\text{m}^3$ ，装置配置轴流风机进行排风，风机通风量为  $330\text{m}^3/\text{h}$ ，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时 X 射线数字成像检测设备所在车间空间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

**表 11 环境影响分析**

**建设阶段对环境的影响**

本项目 X 射线数字成像检测设备为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

**①噪声**

X 射线数字成像检测设备在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目位于公司厂房内部，经厂房墙体、门窗隔声及距离衰减，对周围环境影响较小。

**②固体废物**

X 射线数字成像检测设备在组装过程中，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液体废物**

X 射线数字成像检测设备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，经厂区污水管网接管至市政污水管网处理，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

本项目 X 射线数字成像检测设备通过含铅板+钢板的检测室对 X 射线进行防护，根据无锡小天鹅电器有限公司所提供的数据，本项目运行后 X 射线数字成像检测设备年曝光时间最大约为 1000h。本项目 X 射线数字成像检测设备最大管功率为 60W，最大管电压为 150kV，最大管电流为 0.4mA，以此来进行预测计算。

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/T 250-2014）中的计算公式。

**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/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

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

$I$ ：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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值见表 9-2；

$B$ ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在给定屏蔽物质厚度  $X$  时，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下铅的什值层后，再根据  $B=10^{-X/TVL}$  计算得到  $B$  值；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

## 2. 非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

### ① 泄漏辐射

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

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

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为  $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

$B$ ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得散射辐射能量；再根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下铅的什值层后，再根据  $B=10^{-X/TVL}$  计算得到  $B$  值；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

### ② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots(3)$$

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

$I$ ：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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值见表 9-2；

$B$ ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得散射辐射能量；再根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下铅的什值层后，再根据  $B=10^{-X/TVL}$

计算得到 B 值：

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $m^2$ ；

$\alpha$ ：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  $\alpha$  值时，可以用水的  $\alpha$  值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）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。

### 3. 参考点的周/年剂量水平估算

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

式中： $H_c$ ：参考点的周剂量水平， $\mu Sv/周$ 、 $\mu Sv/年$ ；

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

$t$ ：探伤装置周照射时间， $h/周$ 、 $h/年$ ；

$U$ ：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。

### 4. 参考点处剂量率理论计算结果

图 11-1 X 射线数字成像检测设备各关注点位示意图（1）（单位：mm）

图 11-1 X 射线数字成像检测设备各关注点位示意图 (2) (单位: mm)

表 11-1 X 射线数字成像检测设备有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	铅当量厚度 (mm)	I (mA)	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
①-1 顶部							2.5	满足
②西南侧							2.5	满足
⑥-1 底部							2.5	满足

注: ①R 取值见图 11-1, 取装置表面外 30cm 距离; 保守不考虑钢板屏蔽作用; 底部不接地, 且距离小于 30cm, 保守按地面考虑;

②B 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 B.2, 150kV 下铅的半值层为 0.96mm。

表 11-2 X 射线数字成像检测设备非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点				
		①-2 顶部	⑥-2 底部	③西北侧	④东北侧	⑤东南侧
铅当量厚度 (mm)						
泄漏辐射	TVL1(mm)					
	B <sub>1</sub>					
	$\dot{H}_L$ (μSv/h)					
	R(m)					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
散射辐射	散射线能量 (kV)					
	TVL2(mm)					
	B <sub>2</sub>					
	I(mA)					
	$H_0$ (μSv·m <sup>2</sup> / (mA·h))					
	$F * \alpha / R_0$					
	$R_s$ (m)					
	$\dot{H}$ (μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 (μSv/h)						
剂量率参考控制水平 (μSv/h)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

注：①R 值根据图 11-1 取值，取装置表面外 30cm 为关注点；保守不考虑钢板屏蔽作用；底部不接地，保守按地面考虑；

②B<sub>1</sub> 以射线能量为 150kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，150kV 下铅的半值层为 0.96mm。

③B<sub>2</sub> 以射线能量为 150kV 取值，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 B.2，150kV 下铅的半值层为 0.96mm。

根据表 11-1、11-2 中预测结果，当本项目 X 射线数字成像检测设备满功率运行时，装置表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

### 5.反散射辐射影响分析

本项目 X 射线数字成像检测设备顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 **6.30E-01μSv/h**，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 **6.30E-01μSv/h**；本项目 X 射线检测装置底部外辐射剂量率为 **8.44E-01μSv/h**，经地面反散射到达装置表面外辐

射剂量率远小于  $8.44E-01\mu\text{Sv/h}$ ；二者保守叠加四周屏蔽体外的最大剂量率  $5.57E-01\mu\text{Sv/h}$  后为  $2.031\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

#### 6. 电缆孔、通风孔、门缝搭接辐射影响分析

本项目 X 射线数字成像检测设备电缆孔采用内置迷宫铅防护罩、通风孔采用外置迷宫铅防护罩，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆孔、通风孔，X 射线进入电缆孔后散射示意图如图 11-2，进入通风孔后散射示意图如图 11-3。X 射线进入电缆孔及通风孔均需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P193 “一般经三次以上散射后  $\gamma$  射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目 X 射线数字成像检测设备电缆孔、通风孔设计能够满足辐射防护要求。

图 11-2 电缆孔散射示意图（单位：mm）

图 11-3 通风孔散射示意图（单位：mm）

本项目工件门尺寸为 971mm（宽）×1955mm（高），门洞尺寸为 900mm（宽）×1845mm（高），上下搭接 55mm，左右搭接 35.5mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

### 7.保护目标剂量评价

根据表 11-1、11-2 中预测结果结合，本项目 X 射线数字成像检测设备四周（除顶部、底部）表面外 30cm 处辐射剂量率最大为 **5.57E-01μSv/h**，本项目辐射工作人员正常工作时主要位于装置西北侧，考虑到辐射工作人员也会到达其他侧，保守以此来估算辐射工作人员年有效剂量。

**表 11-3 辐射工作人员年有效剂量估算结果**

位置	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	剂量率控制水平(μSv/h)	周剂量估算值 (μSv/周)	目标管理值 (μSv/周)	年剂量估算值 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)	结论
西北侧									满足

注：本项目 X 射线数字成像检测设备周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。

本项目 X 射线数字成像检测设备周围公众周有效剂量及年有效剂量计算结果见表 11-4，由于辐射剂量率随距离增大而衰减，车间内更远处的关注点辐射剂量率不会高于该位置，相应有效剂量也不会高于该位置。

**表 11-4 周围公众及保护目标年有效剂量估算结果**

序号	关注点	关注点方位及最近距离	距源点最近距离 (m)	使用因子 U	居留因子 T	关注点辐射剂量率 (μSv/h)	周剂量当量 (μSv/周)	目标管理值 (μSv/周)	年有效受照剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/年)
1	B栋滚筒车间1楼	柔性内筒线自动化生产线								
		柔性内筒线其他检测设备检测区								
		齐套区								
		柔二线								
		内筒线								
		SCOTT3线								
		精益培训道场								

		展厅	
		数据运营中心	
		洗手间	
		车间过道	
2	B栋 滚筒 车间 2楼	前后桶生产 线、前后桶 AGV区、前 封门AGV 区、总装前 后桶部装区	
		员工培训 中心	
		车间过道	
		洗手间	
		连廊	
3		厂区道路	
4		C 栋	
5		地铁 3 号线	

注：①本项目保护目标处辐射剂量率，主射线方向采用公式（1）进行预测计算，非主射线方向采用公式（2）及公式（3）进行预测计算，北侧保护目标取东北侧距离；地铁 3 号线不考虑土层屏蔽。

②本项目 X 射线数字成像检测设备周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。

③柔性内筒线其他检测设备检测区仅在检测需求时工作人员才会驻留。

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可以看出，本项目 X 射线数字成像检测设备满功率运行时，辐射工作人员所受周剂量当量最大为  $1.11E+01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为  $5.57E-01\text{mSv}$ ；周围公众所受周剂量当量最大为  $7.15E-01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为  $3.58E-02\text{mSv}$ 。根据理论计算结果，本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv}$ ，周有效剂量不超过  $100\mu\text{Sv}$ ；公众年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ ，周有效剂量不超过  $5\mu\text{Sv}$ ）。

### 8.三废措施评价

本项目 X 射线数字成像检测设备不产生放射性固体废物、放射性废水及放射性

废气。

X 射线数字成像检测设备在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内采取开关工件门自然进风，顶部屏蔽体上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含 5mm 铅板。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内部体积约为 9.2m<sup>3</sup>，装置配置轴流风机进行排风，风机通风量为 330m<sup>3</sup>/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时 X 射线数字成像检测设备所在车间空间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

## 事故影响分析

### 1) 主要事故风险

①X 射线数字成像检测设备门机联锁失效，导致设备工件门、检修门未关闭就对工件进行曝光检测，或在工作状态中，设备工件门及检修门被意外打开，X 射线数字成像检测设备未能立即停止出束照射，致使人员受到意外照射。

②X 射线数字成像检测设备进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射。

### 2) 事故预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出预防措施：

①应加强管理，加强对辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程；

②定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③X 射线数字成像检测设备工作时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录；

④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；

⑤仅允许厂家专业人员维修，严禁自行拆装维修。维修时，辐射防护负责人应在现场进行监督，确保维修人员无滞留情况发生。

无锡小天鹅电器有限公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线数字成像检测设备进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行 X 射线数字成像检测设备操作，每次操作前检查 X 射线数字成像检测设

备门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测 X 射线数字成像检测设备的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，制定辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应按照计划进行应急演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行，并形成记录。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

### 3) 事故处理方法

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，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的 X 射线数字成像检测设备属于 II 类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，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；

④发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实与调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

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**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

无锡小天鹅电器有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；无锡小天鹅电器有限公司本项目拟新增配备 2 名辐射工作人员。本项目辐射工作人员应通过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。通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员需再通过“辐射安全管理”类别的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

**辐射安全管理规章制度**

无锡小天鹅电器有限公司已开展核技术利用项目，已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，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。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。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。

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内，公司还应根据本项目情况对相关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要点提出如下建议进行完善：

- **岗位职责：**完善管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。
- **操作规程：**完善本项目射线装置辐射人员的资质条件要求、射线装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确射线装置操作步骤以及

作业过程中必须采取的辐射安全措施。建设单位应严格执行操作规程。

- **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，重点是射线装置的运行和维修时辐射安全管理。建设单位应严格执行辐射防护和安全保卫制度。
- **设备检修维护制度：**完善射线装置的辐射监测设备维修计划、维修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，确保射线装置、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，委托有资质单位开展的监测结果应定期上报生态环境行政主管部门。
- **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、公安部门及卫生部门调查事故原因，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。

无锡小天鹅电器有限公司应严格按照制度执行，日常维护保养、运行、定期安全检查须形成记录，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性，及时对原有辐射安全管理制度和应急预案进行修订，以满足Ⅱ类射线装置管理要求。

## 辐射监测

### 1. 监测方案

1) 委托有资质单位定期对 X 射线数字成像检测设备周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2) X 射线数字成像检测设备进行无损检测时公司辐射安全管理人员对 X 射线数字成像检测设备周围的辐射水平进行监测（每月一次），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。

3) 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测及职业健康体检，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案及职业健康监护档案；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。个人剂量档案终生保存。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 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 射线数字成像检测设备	验收监测	X- $\gamma$ 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 射线数字成像检测设备表面外 30cm 处，工件门、检修门四周门缝及表面外 30cm 处； ③电缆口外； ④人员经常活动的位置。
	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	个人剂量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

### 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；无锡小天鹅电器有限公司拟配备 1 台 X- $\gamma$ 辐射剂量巡测仪和 2 台 X- $\gamma$ 个人剂量报警仪，项目运行后应定期对 X 射线数字成像检测设备周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

## 辐射事故应急

无锡小天鹅电器有限公司已依据《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。

无锡小天鹅电器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。

无锡小天鹅电器有限公司应依据《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。

无锡小天鹅电器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射线数字成像检测设备周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1. 实践正当性

无锡小天鹅电器有限公司因产品质量检测需要，拟购置1台X射线数字成像检测设备对生产的洗衣机滚筒质量进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，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射线数字成像检测设备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，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，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。

### 2. 与产业政策的相符性

本项目使用X射线数字成像检测设备对公司生产的洗衣机滚筒进行无损检测，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，本项目的建设符合国家现行产业政策。

### 3. 辐射安全与防护分析结论

#### 1) 选址、布局合理性

本项目位于无锡市新吴区国家高新技术开发区长江南路18号无锡小天鹅电器有限公司B栋滚筒车间内，无锡小天鹅电器有限公司东北侧为长江南路，东南侧为宅基路，西南侧为珠江路，西北侧为白堍浜河道。

本项目X射线数字成像检测设备拟建址位于无锡小天鹅电器有限公司B栋（共2层）滚筒车间柔性内筒线检测区，B栋滚筒车间东南侧隔厂区道路为C栋，西南侧隔厂区道路为E栋，西北侧隔厂区道路为白堍浜河道，东北侧隔厂区道路为A栋。本项目拟建址位于B栋一楼柔性内筒线检测区内，柔性内筒线东南侧为厂区道路，西南侧隔车间过道为齐套区，西北侧隔车间过道为柔二线，东北侧隔车间过道为数据运营中心，楼上为前后桶生产线，楼下为土层，无地下建筑或可利用空间。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及无锡小天鹅电器有限公司B栋、C栋、连廊、厂区道路及地下地铁3号线。本项目周围环境

保护目标主要为从事无锡小天鹅电器有限公司X射线数字成像检测设备操作的辐射工作人员及装置周围公众。

## 2) 辐射防护措施

本项目X射线数字成像检测设备由检测室和操作台组成，检测室铅房为自屏蔽设计，与装置一体化设计、安装；操作台位于检测室铅房外，单独设置。

X射线数字成像检测设备整体尺寸为2560mm（长）×2350mm（宽）×2492mm（高），内部净尺寸2006mm（长）×2229mm（宽）×2058mm（高）。本项目X射线数字成像检测设备检测室工件门朝向西北侧摆放，检测室西南侧屏蔽体为3mm钢板+8mm铅板+2mm钢板（主射面），西北侧、东北侧、东南侧屏蔽体为3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板（非主射面），顶部、底部主射范围屏蔽体（宽度500mm）为3mm钢板+8mm铅板+2mm钢板，非主射范围屏蔽体为3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板。

本项目工件门尺寸为971mm（宽）×1955mm（高），门洞尺寸为900mm（宽）×1845mm（高），上下搭接55mm，左右搭接35.5mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。本项目检测室后方设置两扇电柜门，该电柜门打开仅能维修电气柜内的电气设备，与铅房内部不相通。本项目在检测室的东南侧屏蔽体下方设置电缆孔，孔洞直径约为50mm，并在电缆孔处外部设置3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板结构防护罩进行屏蔽。本项目在检测室顶部屏蔽体上方设置通风孔，孔洞直径约为186mm，并在通风孔处外部设置3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板结构防护罩进行屏蔽。

## 3) 辐射安全措施

本项目X射线数字成像检测设备工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置表面外、装置内部和操作台均设置三色工作状态指示灯和声音提示装置，装置表面外上方设置1个声光报警器；工作状态指示灯、声光报警器与X射线管联锁，定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯、声光报警装置，确保有效；装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目X射线数字成像检测设备表面外、操作台上及检测室内拟设计安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。检测室内设置1个开门按钮（功能集成于内部急停按钮上），确保人员误入的情况下，能够通过按下此按钮打开工件门，从而逃离检

检测室。操作台上拟设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后X射线数字成像检测设备才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。检测室内拟设置视频监控，监控显示器位于操作台上。公司拟配备1台辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，用于对X射线数字成像检测设备工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

本项目X射线数字成像检测设备检测室西南侧1m、西北侧3m、东北侧1m均拟设置栅栏，并与东南侧1m车间墙壁围成一个封闭区域；本项目拟将X射线数字成像检测设备检测室作为控制区，拟将X射线数字成像检测设备检测室屏蔽体与西南侧1m、西北侧3m、东北侧1m栅栏及东南侧1m车间墙壁围成区域（含操作台）作为监督区，在监督区边界设置监督区标牌，并做好相关警示提醒，如指示灯、警告标识等，以免无关人员误入。

#### 4) 通风措施评价

X 射线数字成像检测设备在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内采取开关工件门自然进风，顶部屏蔽体上方设置轴流风机，出风口设有铅防护罩，内含 5mm 铅板。本项目 X 射线数字成像检测设备检测室内部体积约为 9.2m<sup>3</sup>，装置配置轴流风机进行排风，风机通风量为 330m<sup>3</sup>/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时 X 射线数字成像检测设备所在车间空间较大且有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

#### 4. 辐射环境影响分析结论

本项目 X 射线数字成像检测设备通过自带铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目 X 射线数字成像检测设备以最大功率运行时装置表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众所受周剂量当量、年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年

有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100 $\mu$ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv）。

### 5. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 拟为本项目配置 1 台辐射巡测仪及 2 台 X- $\gamma$ 个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。
- 4) 在项目运行前安排 2 名辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。
- 5) 无锡小天鹅电器有限公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前完善辐射安全管理制度；本项目拟配备 2 名辐射工作人员；项目投运后，若新增辐射工作人员，上岗前应报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业。

综上所述，无锡小天鹅电器有限公司扩建 1 台 X 射线数字成像检测设备项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

### 建议和承诺

- 1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。
- 2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。
- 3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。
- 4) 建设单位在获得本项目环评批复后且建成后根据《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。建设单位在本项目建设完成,且取得辐射安全许可证后,应当对本项目进行竣工环保验收。

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(工业射线探伤类)》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

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

附表

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

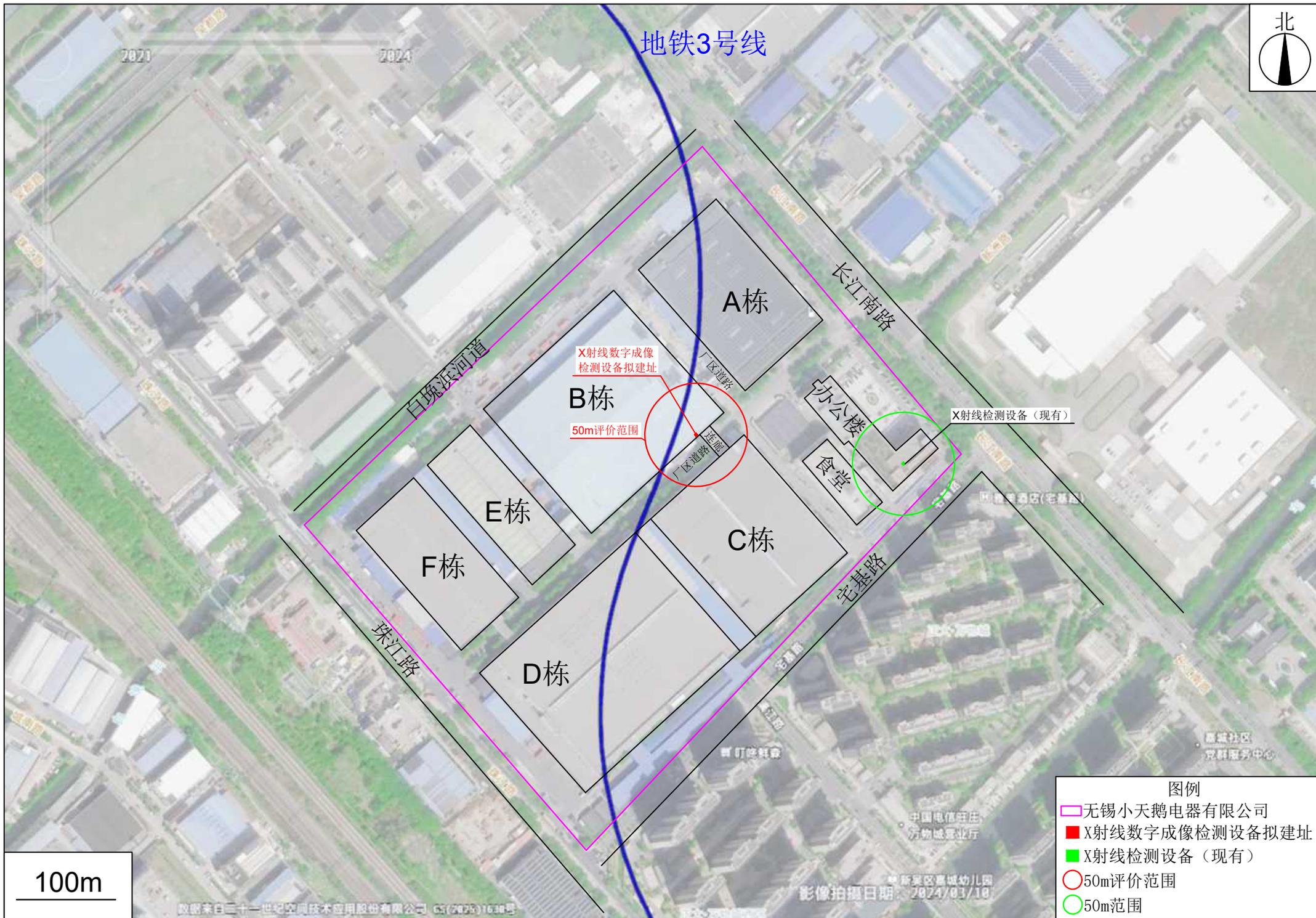
项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
辐射防护措施	X射线数字成像检测设备整体尺寸为2560mm(长)×2350mm(宽)×2492mm(高),内部净尺寸2006mm(长)×2229mm(宽)×2058mm(高)。本项目X射线数字成像检测设备检测室工件门朝向西北侧摆放,检测室西南侧屏蔽体为3mm钢板+8mm铅板+2mm钢板(主射面),西北侧、东北侧、东南侧屏蔽体为3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板(非主射面),顶部、底部主射范围屏蔽体(宽度500mm)为3mm钢板+8mm铅板+2mm钢板,非主射范围屏蔽体为3mm钢板+5mm铅板+2mm钢板。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的剂量率限值要求。 辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及本项目剂量管理目标(职业人员年有效剂量不超过5mSv,周有效剂量不超过100μSv;公众年有效剂量不超过0.1mSv,周有效剂量不超过5μSv)。	
辐射安全措施	本项目X射线数字成像检测设备工件门与装置设置门-机安全联锁装置,装置表面外、装置内部和操作台均设置三色工作状态指示灯和声音提示装置,装置表面外上方设置1个声光报警器;工作状态指示灯、声光报警器与X射线管联锁,定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯、声光报警装置,确保有效;装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明,提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目X射线数字成像检测设备表面外、操作台上及检测室内拟设计安装有紧急停机按钮,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。检测室内设置1个开门按钮(功能集成于内部急停按钮上),确保人员误入的情况下,能够通过按下此按钮打开工件门,从而逃离检测室。操作台上拟设有钥匙开关,只有打开操作台钥匙开关后X射线数字成像检测设备才能出束,钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。检测室内拟设置视频监控,监控显示器位于操作台上。 本项目X射线数字成像检测设备检测室西南侧1m、西北侧3m、东北侧1m均拟设置栅栏,并与东南侧1m车间墙壁围成一个封闭区域;本项目拟将X射线数字成像检测设备检测室作为控制区,拟将X射线数字成像检测设备检测室屏蔽体与西南侧1m、西北侧3m、东北侧1m栅栏及东南侧1m车间墙壁围成区域(含操作台)作为监督区,在监督区边界设置监督区标牌,并做好相关警示提醒,如指示灯、警告标识等,以免无关人员误入。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。	
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定各项规章制度。	

	拟配置 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪及 2 台 X-γ个人剂量报警仪。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	
<b>污染防治措施</b>	废气：本项目通过装置顶部屏蔽体上方轴流风机、开关装置工件门进行通风换气，同时通过车间门窗进行排风换气，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对环境影响较小。	/
<b>辐射安全管理</b>	完善辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《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》完善安全管理机构。	/
	管理制度：完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备 2 名辐射工作人员，上岗前通过辐射安全与防护考核。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。个人剂量档案终生保存）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量监测，根据《放射工作人员职业健康管理办法》，个人剂量档案应终生保存。	每年投入
职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案	每年投入	

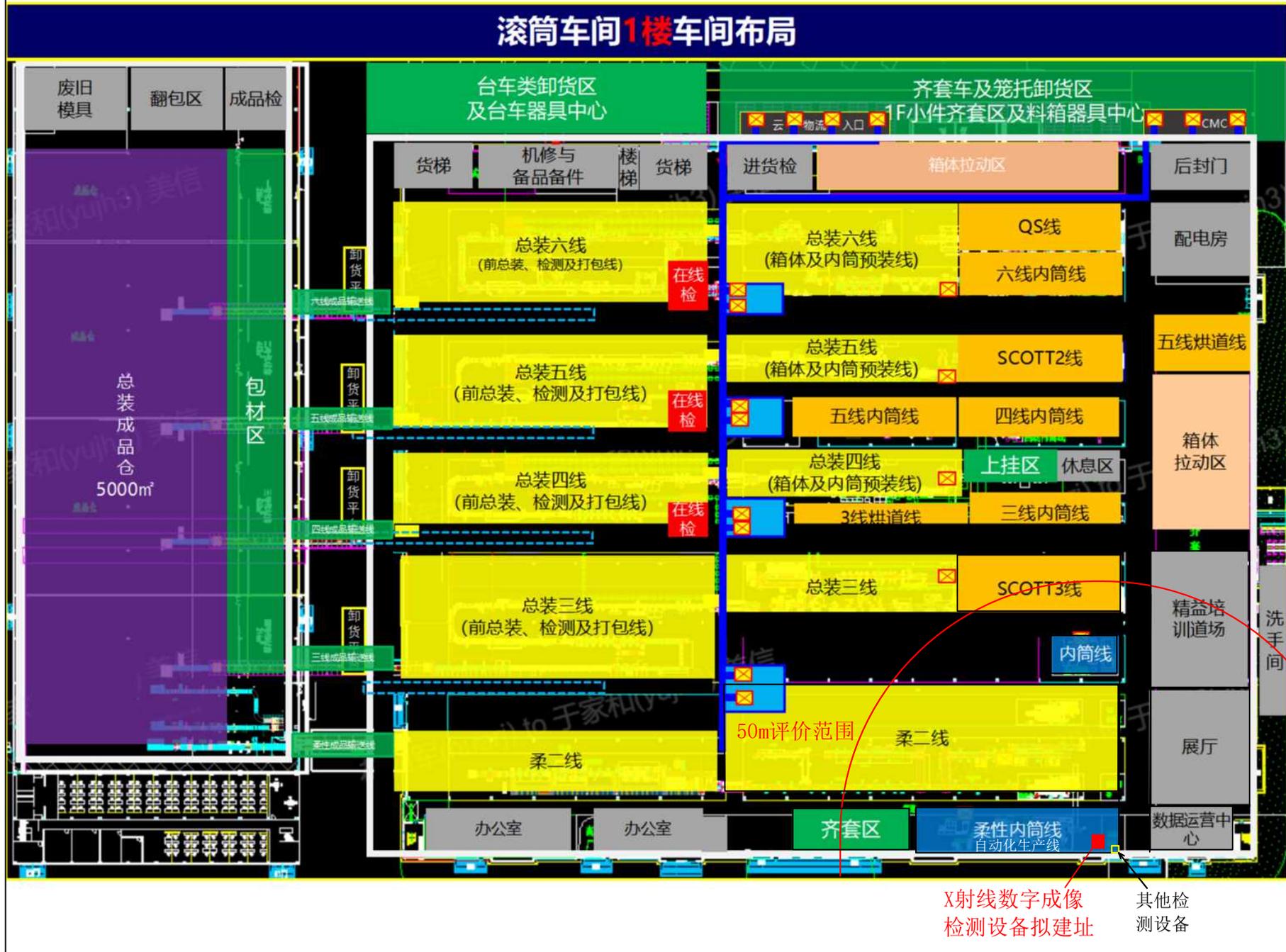
以上措施必须在项目运行前落实。



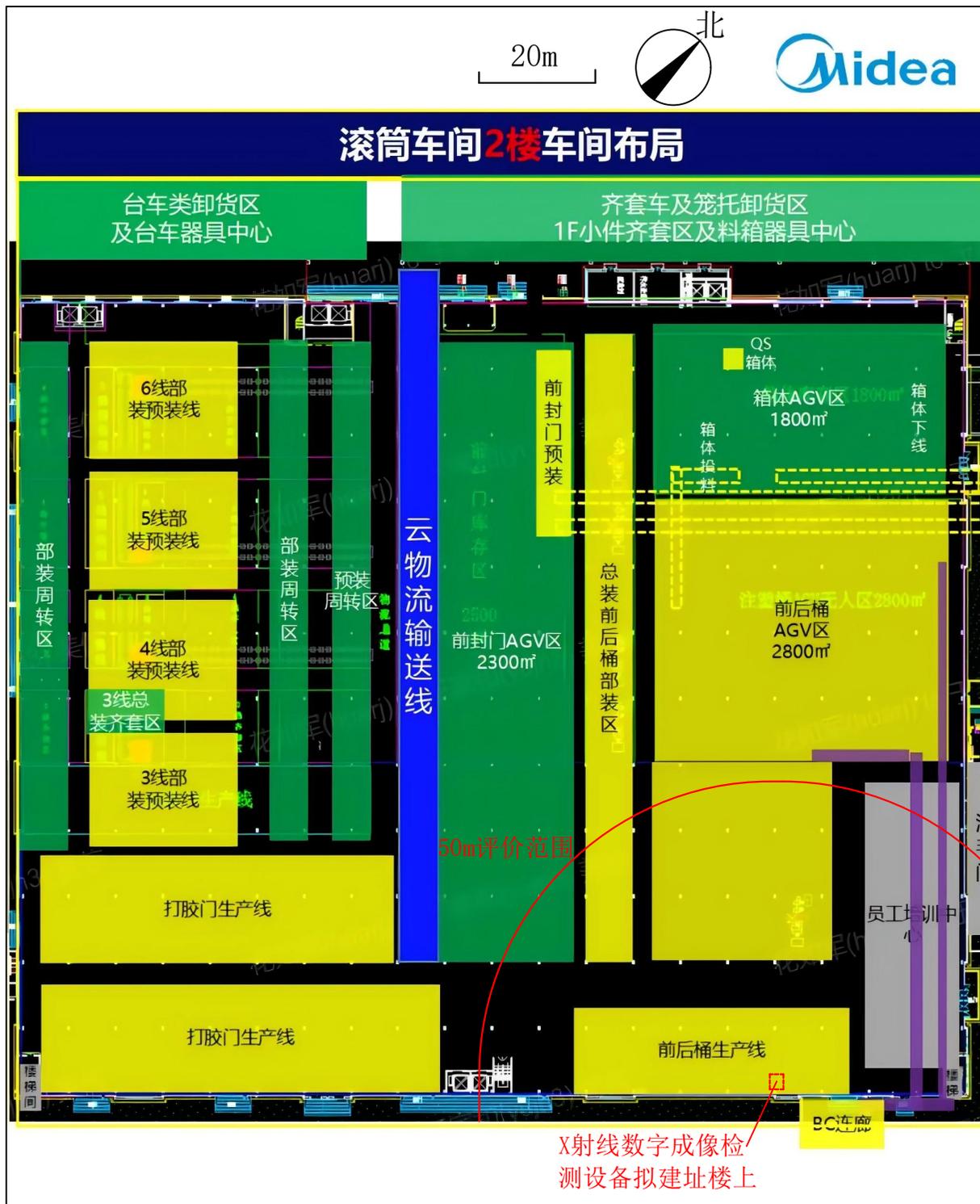
附图1 本项目地理位置图



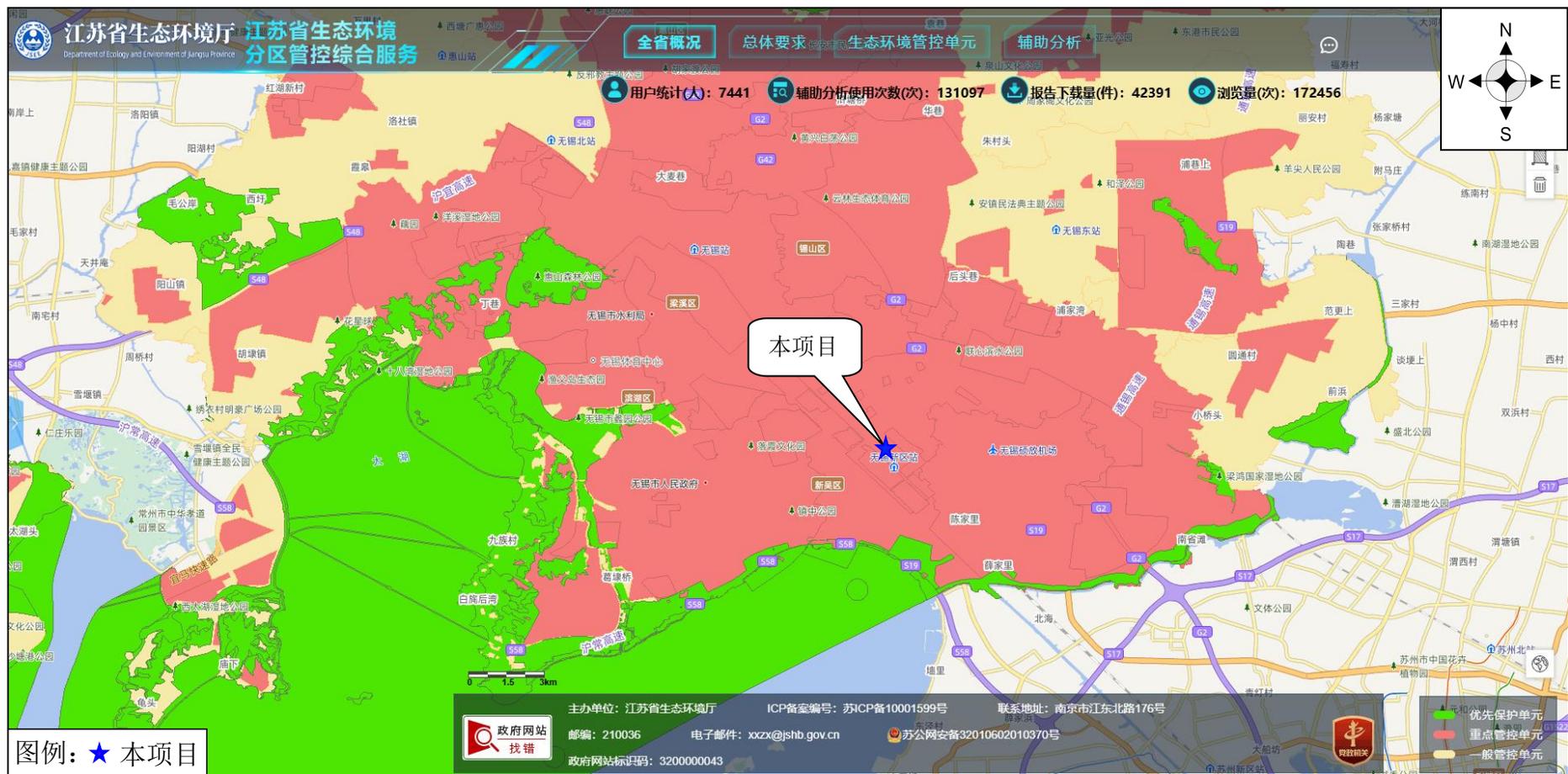
附图2 本项目厂区平面布置及周围环境图



附图3-1 本项目所在B栋滚筒车间1楼平面布置图

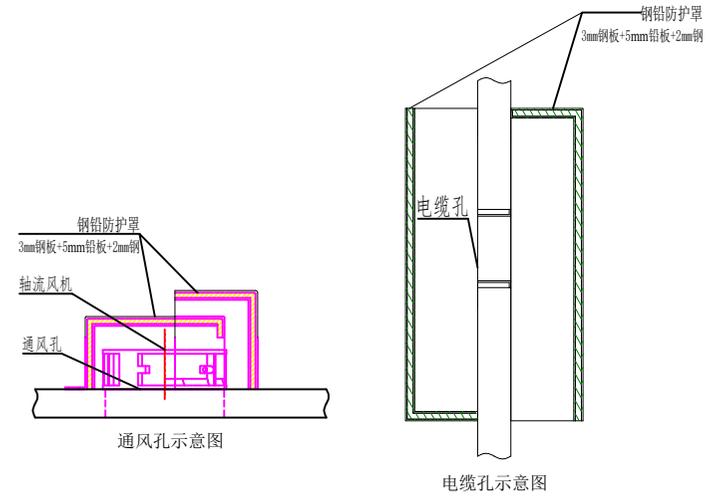
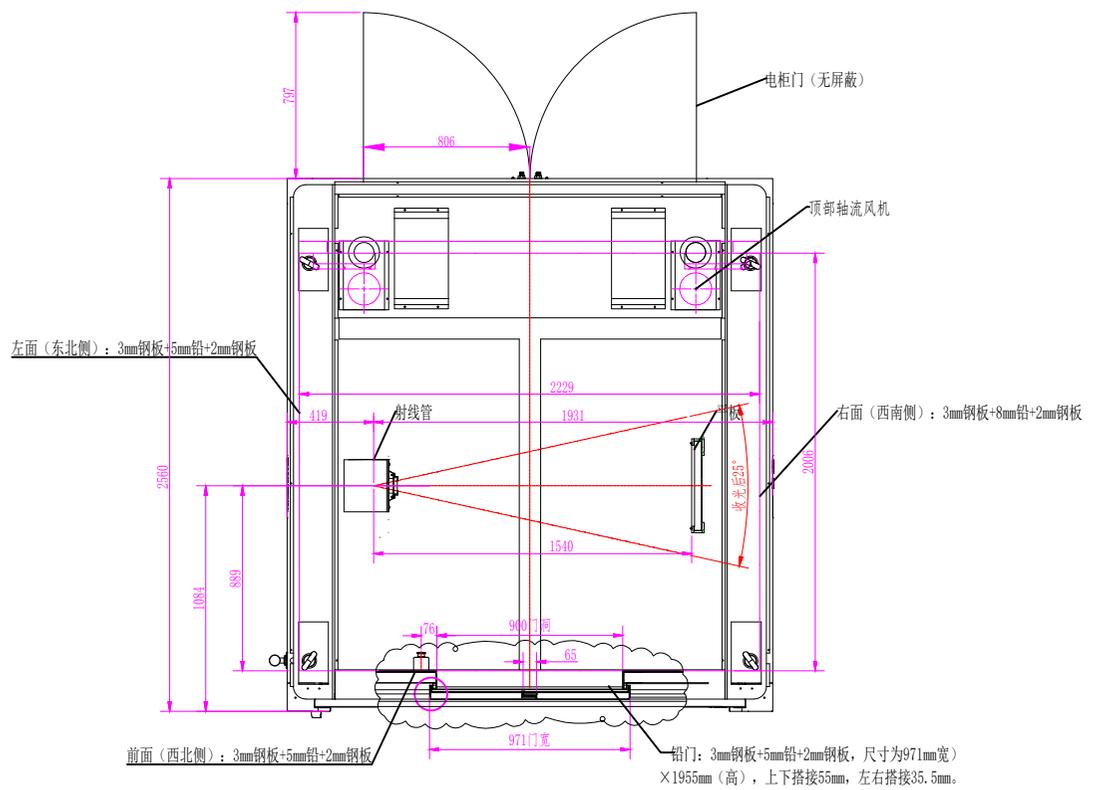
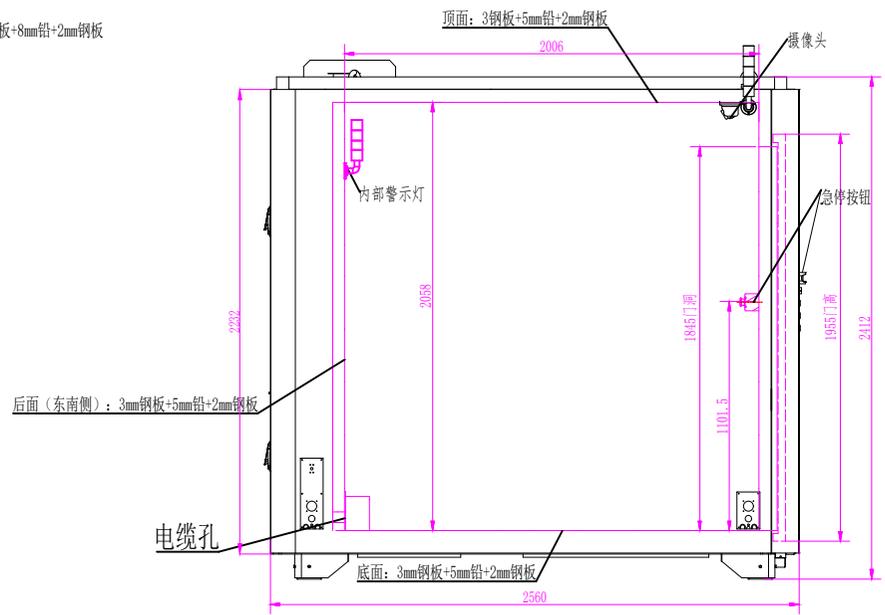
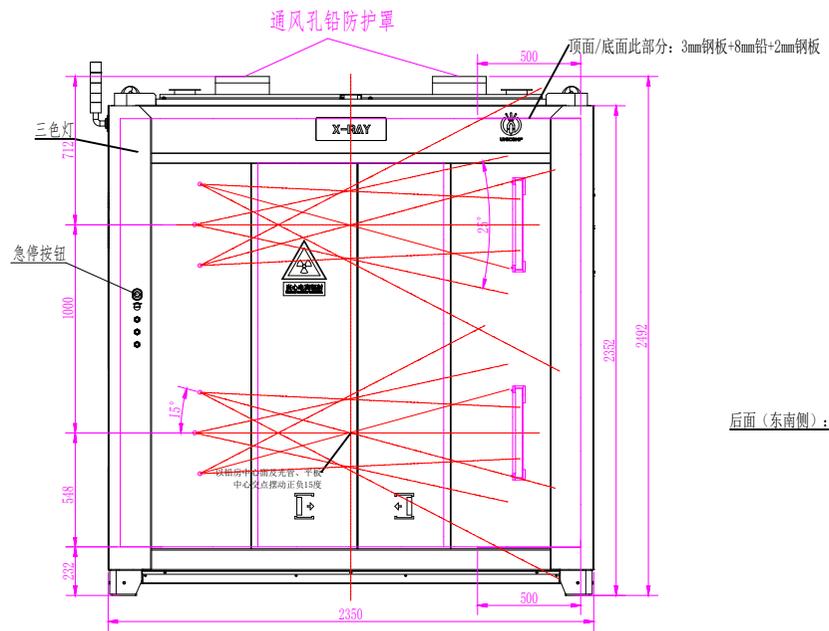


附图3-2 本项目所在B栋滚筒车间2楼平面布置图



注: 截图来自江苏省生态环境分区分管控综合服务系统。

附图 4 本项目与江苏省生态环境分区分管控综合服务系统管控区相对位置关系图



单位: mm

附图5 本项目X射线数字成像检测设备屏蔽设计图