

核技术利用建设项目

长电微电子（江阴）有限公司
新建 2 台 X 射线实时成像装置项目
环境影响报告表

长电微电子（江阴）有限公司(公章)

2026 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

长电微电子（江阴）有限公司 新建 2 台 X 射线实时成像装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：_____长电微电子（江阴）有限公司_____

建设单位法人代表（签字或盖章）：_____

通讯地址：_____江阴市高新区城东街道东安路 1 号_____

邮政编码：_____214400_____ 联系人：_____

电子邮箱：_____ / _____ 联系电话：_____

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	5
表 3 非密封放射性物质	5
表 4 射线装置	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	11
表 8 环境质量和辐射现状	15
表 9 项目工程分析与源项	20
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	49
表 13 结论与建议	53
表 14 审批	59
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	60

附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周围环境及厂区平面布置图
- 附图 3 项目所在 厂房一层平面布置图
- 附图 4 项目 X-Ray 房平面布置图
- 附图 5 项目与生态空间管控区域相对位置关系图
- 附图 6 项目与无锡市生态管控单元相对位置关系图
- 附图 7 项目与生态环境分区管控单元（重点管控单元）相对位置关系图
- 附图 8 项目与最近优先保护单元相对位置关系图

附件：

- 附件1 委托书
- 附件2 射线装置承诺书
- 附件3 射线装置参数说明
- 附件4 营业执照
- 附件5 现状检测报告及检测资质
- 附件6 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		长电微电子（江阴）有限公司新建 2 台 X 射线实时成像装置项目			
建设单位		长电微电子（江阴）有限公司			
法人代表		吴靖宇	联系人		联系电话
注册地址		江阴市高新区城东街道东安路 1 号			
建设项目地点		江阴市高新区城东街道东安路 1 号长电微电子(江阴)有限公 X-Ray 房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		200 万美元	项目环保投资 (万元)	10 万美元	投资比例(环保投资/总投资) 5%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²) 43.23
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放 射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他				
	项目概述：				
1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来					
长电微电子（江阴）有限公司成立于2021年10月18日，法定代表人为吴靖宇，注册资本为50000万美元，统一社会信用代码为91320281MA278FT9X7，企业注册地址位于江阴市高新区城东街道东安路1号，经营范围包含一般项目：电力电子元器件制造；电力电子元器件销售；集成电路制造；集成电路销售；集成电路芯片及产品制造，集					

成电路芯片及产品销售；集成电路芯片设计及服务(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)。

现因生产检测需要，长电微电子（江阴）有限公司拟在公司

X-Ray 房，拟购置 2 台 X 射线实时成像装

X-Ray 房拟实行三班制，公司拟为本项目 X 射线实时成像装置配备 12 名辐射操作人员和 1 名辐射防护负责人。每台装置预计周出束时间不超过 100h，年工作 52 周，年出束时间不超过 5200h。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。

本项目核技术利用项目详见表 1-1：

表 1-1 本项目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											

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 射线实时成像装置，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。受长电微电子（江阴）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

本项目位于江阴市高新区城东街道东安路 1 号长电微电子（江阴）有限公司厂区内。公司东侧为大寨河及黄岐路，隔路为江阴圣邦微电子制造有限公司及空地；南侧为东安路，隔路为新杰科技；西侧为长山大道，隔路为盛合晶微半导体（江阴）有限

公司；北侧为东盛路。公司厂区内主要建筑物自北向南依次

本项目位于

项目地理位置图见附图 1，项目周围环境及厂区平面布置图见附图 2。

平面布置图见附图 3。

两台 X 射线实时成像装置由东向西并排摆放，东侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray1）控制台位于其西侧，X-Ray1 北侧加装一套工件自动输送线，输送线操作控制台位于自动输送线的西侧。西侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray2）控制台位于其北侧。项目 X-Ray 房平面布置图见附图 4。

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》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》及《江苏省自然资源厅关于江阴市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2025〕164 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见附图 5。

对照《无锡市 2025 年度生态环境分区管控动态更新成果》，本项目评价范围内不涉及无锡市生态环境优先保护单元，本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系见附图 6。

根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（见附件 6），本项目地块属于重点管控单元江阴高新技术产业开发区（包含江阴综合保税区），本项目与生态环境分区管控单元（重点管控单元）相对位置关系见附图 7，项目与最近优先保护单元相对位置关系见附图 8。

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 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 范围内仅涉

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

长电微电子（江阴）有限公司拟使用 X 射线实时成像装置对公司研发和生产的电子元器件进行检测以控制产品质量。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、经济和其他有关因素之后等有关因素之后，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. 与产业政策的相符性

本项目拟使用 X 射线实时成像装置对公司研发和生产的电子元器件进行检测以控制产品质量，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。

5. 原有核技术利用项目许可情况

长电微电子（江阴）有限公司原有不涉及核技术利用项目许可。

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》（GB18871-2002）。

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	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	X射线实时成像 装置								

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接排入大气,臭氧在常温常压下稳定性较差,常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟,可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	/	/	50kg	600kg	/	暂存	由公司统一收集后,交给环卫部门清运
生活污水	液态	/	/	4m ³	48m ³	/	不暂存	经厂区污水管网接管至污水处理厂处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

法规文件	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《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； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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； 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
------	--

	<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) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15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) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号），2021年5月31日印发；</p> <p>19) 《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>20) 《江苏省自然资源厅关于江阴市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2025〕164号。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>

其他	附图：
	附图 1 项目地理位置图
	附图 2 项目周围环境及厂区平面布置图
	附图 3 项目所在 一层平面布置图
	附图 4 项目 X-Ray 房平面布置图
	附图 5 项目与生态空间管控区域相对位置关系图
	附图 6 项目与无锡市生态管控单元相对位置关系图
	附图 7 项目与生态环境分区管控单元（重点管控单元）相对位置关系图
	附图 8 项目与最近优先保护单元相对位置关系图
	附件：
	附件1 委托书
	附件2 射线装置承诺书
	附件3 射线装置参数说明
	附件4 营业执照
附件5 现状检测报告及检测资质	
附件6 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书	

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>本项目为新建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本项目X射线实时成像装置屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>
<p>保护目标</p> <p>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 范围内仅涉</p> <p style="text-align: right;">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。</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》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》及《江苏省自然资源厅关于江阴市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2025〕164 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见附图 5。</p> <p>对照《无锡市 2025 年度生态环境分区管控动态更新成果》，本项目评价范围内不涉及无锡市生态环境优先保护单元，本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系见附图 6。</p> <p>根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（见附件 6），本项目地块属于重点管控单元江阴高新技术产业开发区（包含江阴综合保税区），本项目与生态环境分区管控单元（重点管控单元）相对位置关系见附图 7，项目与最近优先保护单元相对位置关系见附图 8。</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>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p>

- 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 本项目保护目标情况一览表

装置名称	工作场所	保护目标名称	方位	距装置屏蔽体最近距离	规模	保护目标类型	年剂量约束值 (mSv)
X射线实时成像装置							

评价标

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》(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 μ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于5 μ Sv/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 100 μ Sv/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 5 μ Sv/周。

4) CT 设备外 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》(GBZ117-2022)“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2.5 μ Sv/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 μ Sv/h。”的要求确定本项目曝光室外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下:

A) 本项目 X 射线实时成像装置外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h;

B) X 射线实时成像装置顶外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

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 γ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

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

注：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。

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；
- 2) 《辐射防护手册》（第三分册，李德平、潘自强主编）。

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

本项目位于江阴市高新区城东街道东安路 1 号长电微电子（江阴）有限公司厂区内。公司东侧为大寨河及黄岐路，隔路为江阴圣邦微电子制造有限公司及空地；南侧为东安路，隔路为新杰科技；西侧为长山大道，隔路为盛合晶微半导体（江阴）有限公司；北侧为东盛路。公司厂区内主要建筑物自北向南依次为

本项目位于

项目地理位置图见附图 1，项目周围环境及厂区平面布置图见附图 2。

平面布置图见附图 3。

两台 X 射线实时成像装置由东向西并排摆放，东侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray1）控制台位于其西侧，X-Ray1 北侧加装一套工件自动输送线，输送线操作控制台位于自动输送线的西侧。西侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray2）控制台位于其北侧。项目 X-Ray 房平面布置图见附图 4。

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 范围内仅涉

。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。

本项目 X 射线实时成像装置拟建址及周围环境现状照片见图 8-1。

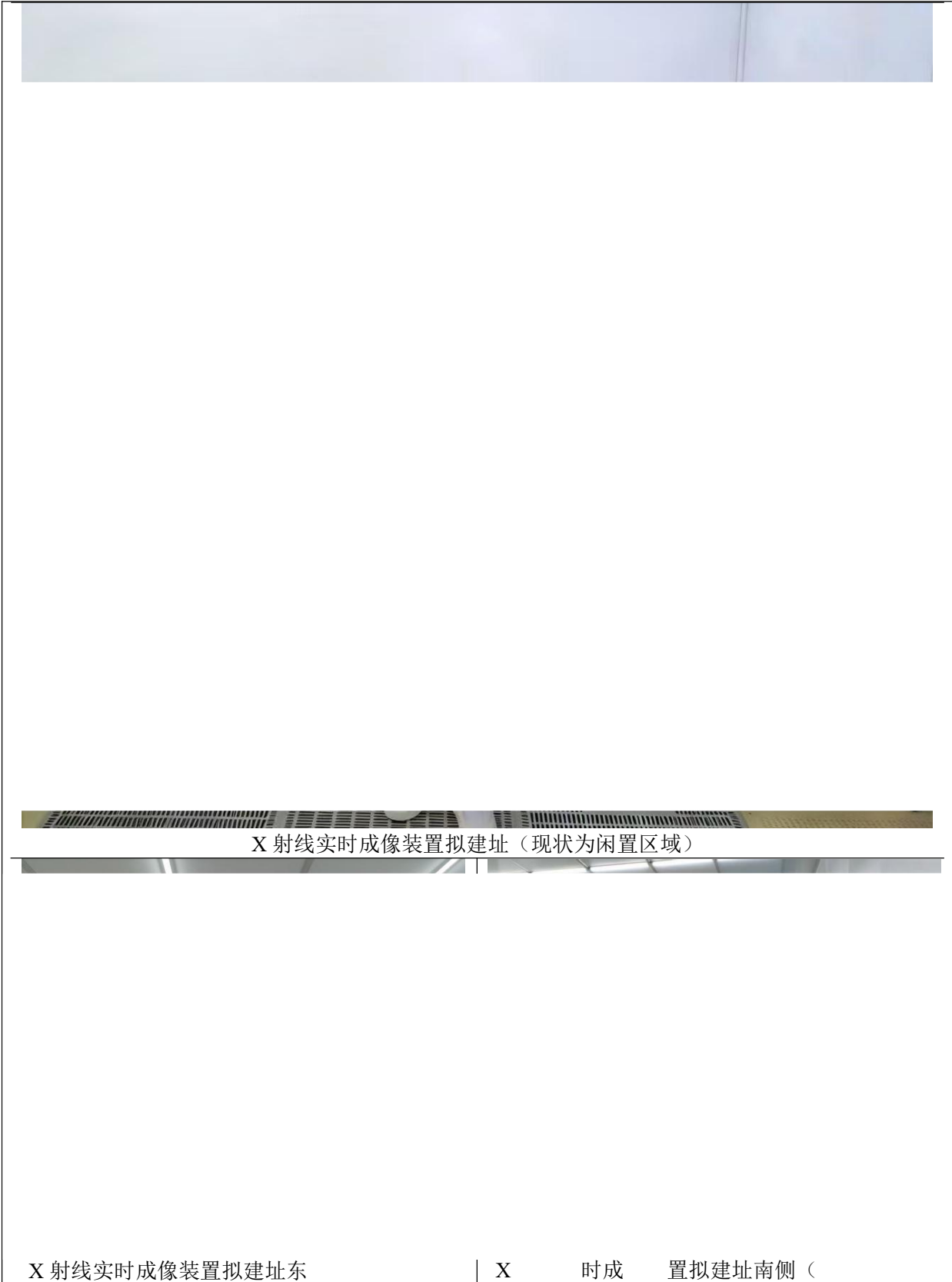




图 8-1 本项目 X 射线实时成像装置拟建址及周围环境现状

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 射线实时成像装置拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目 X 射线实时成像装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在 X 射线实时成像装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于 X 射线实时成像装置拟建址及周围，共计 6 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）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及周围环境 γ 辐射剂量率。

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

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： $1\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 1\times 10^{-4}\text{Gy/h}$

环境条件：天气：晴，T：22.4℃，RH：35.7%

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：2026 年 1 月 16 日

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

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

监测结果：本项目 X 射线实时成像装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 5），监测布点示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目 X 射线实时成像装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	备注
1	拟建地		
2	拟建地东侧		
3	拟建地南侧		
4	拟建地西侧		
5	拟建地北侧		
6	拟建地上方(二层)		

注：X- γ 剂量率仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。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，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1，上述结果为已扣除宇宙响应值并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。

根据表 8-1 的监测结果可知，长电微电子（江阴）有限公司本项目 X 射线实时成像装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率在 (19.5~42.6) nGy/h 范围内，由于厂房较高比较空旷，厂房使用钢混结构，建筑物材料的本底辐射较低，环境 γ 辐射剂量率低于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率测值 (50.7~129.4) nGy/h 范围。



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

本项目 Phoenix Nanome|x Neo 180 型 X 射线实时成像装置主要由铅房、X 射线管、数字平板探测器、样品控制机构、计算机图像处理系统及控制台组成，铅房内部安装有样品控制机构、X 射线管与数字平板探测器。本项目 Phoenix Nanome|x Neo 180 型 X 射线实时成像装置设备参数见表 9-1。

表 9-1 设备参数一览表

设备型号	数量 (台)	最大管 电压	最大管电 流 (mA)	射线出 束方向	滤过条件	辐射角度	额定功 率 (W)
—							

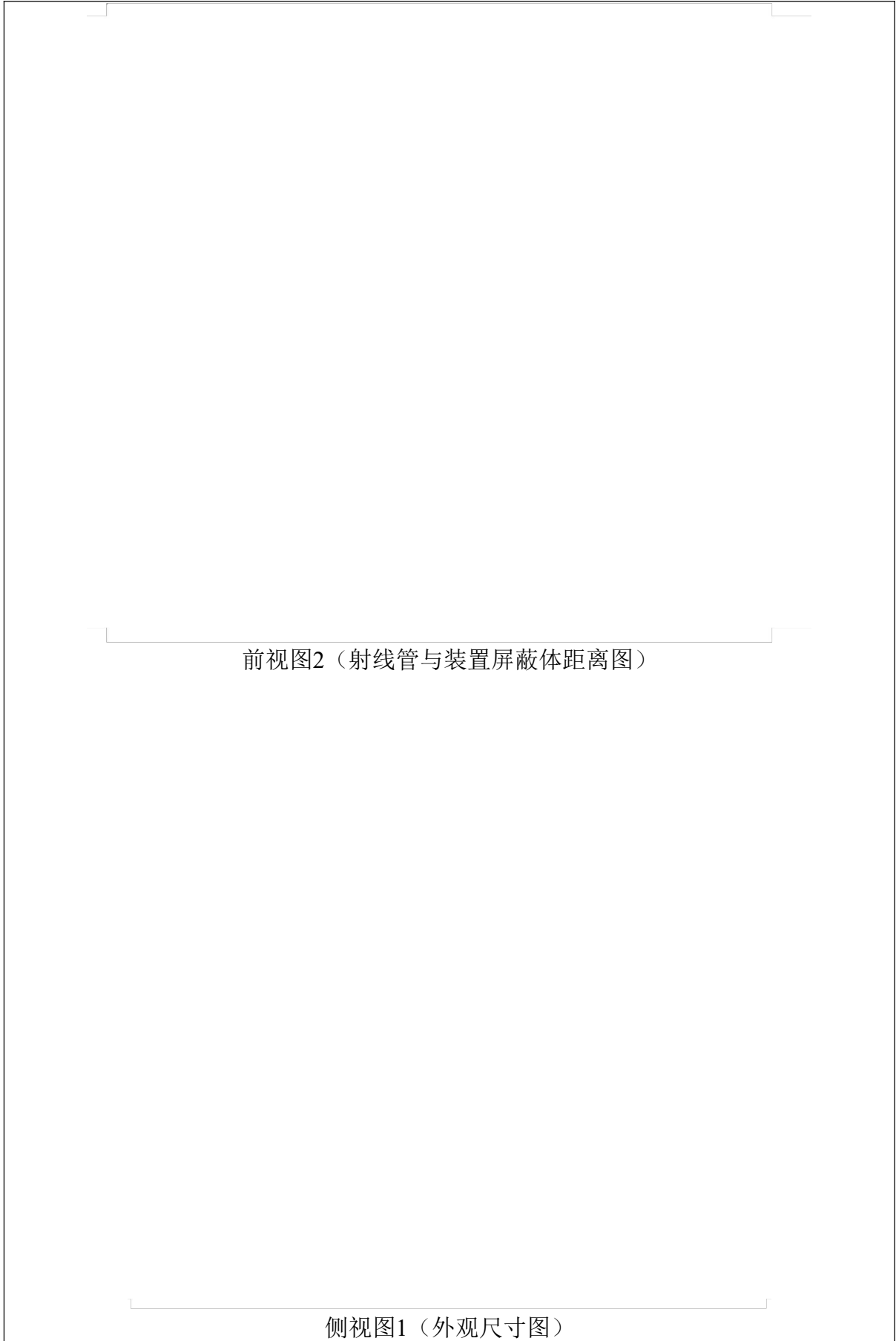
X 射线实时成像装置外观示意图见图 9-1、外观尺寸图及射线管与装置屏蔽体距离图见图 9-2。

9-1 X

2



前视图1（外观尺寸图）



侧视图2（射线管与装置屏蔽体距离图）

俯视图

图9-2 X射线实时成像装置外观尺寸图及射线管与装置屏蔽体距离图（单位：mm）

2. 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，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 9-3。

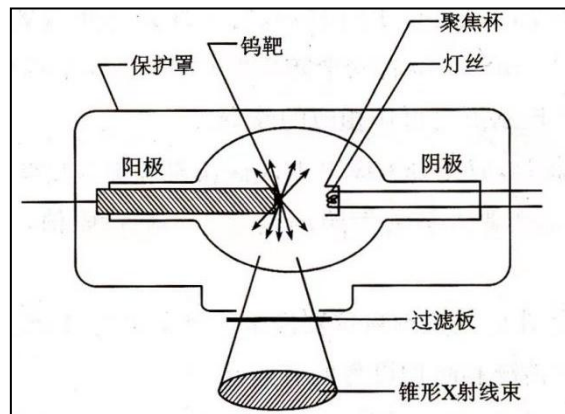


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

X 射线实时成像装置是将穿过零件的 X 射线经图像增强器、CCD(电荷耦合器件)摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。X 射线实时成像装置是结合 X 射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造

船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

X射线实时成像装置系统通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成其工作原理示意图如图9-4所示。其中，最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，机械扫描系统实现扫描时工件的旋转或平移，以及载物台、工件、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机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。

本项目 X 射线实时成像装置具备 CT 功能，可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。

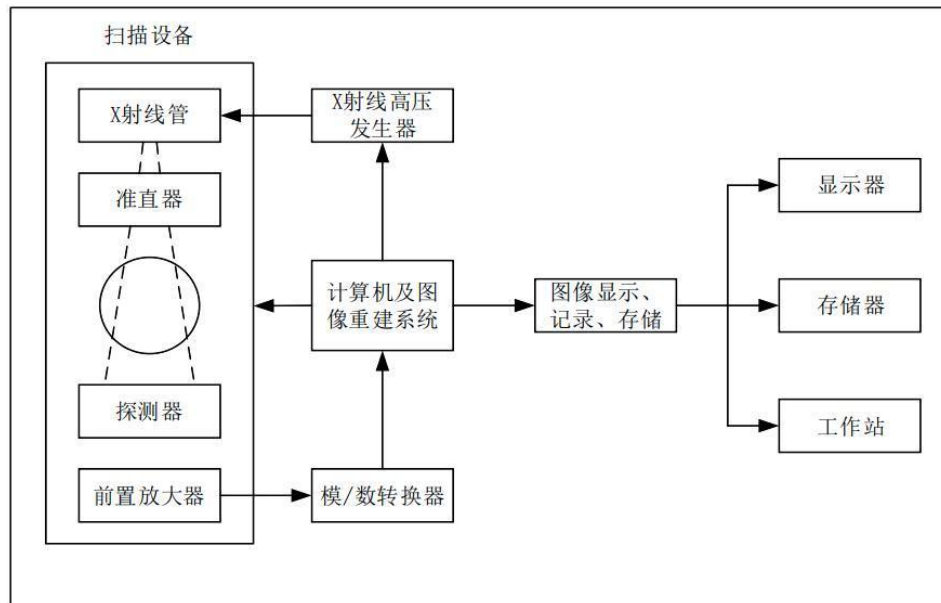


图 9-4 X 射线实时成像装置原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

本项目X射线实时成像装置工作时，辐射工作人员将被检测工件通过工件传输线传输至装置铅房内（X-Ray1）或者将检测工件手工放置于铅房内（X-Ray2）。关闭工件门后，辐射工作人员在操作控制台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，以图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况，其工作流程如下：

- （1）辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；
- （2）确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员启动检测系统；

- (3) 辐射工作人员控制X射线实时成像装置，打开工件门；
- (4) X-Ray1辐射工作人员启动工件输送系统将工件输送至铅房样品控制机构，关闭工件输送系统；
- X-Ray2辐射工作人员手工放置工件至铅房内样品控制机构；
- (5) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- (6) 辐射工作人员在操作控制台处控制检测系统，将样品控制机构调整到合适位置；
- (7) 加高压、打开X射线出束开关，开始检测；装置利用样品控制机构旋转和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的断层扫描图像。检测期间X射线管发出X射线，X射线电离铅房中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物(NO_x)；
- (8) 曝光结束，关闭X射线；
- (9) X-Ray1辐射工作人员启动工件输送系统将工件输送出铅房，关闭工件输送系统，关闭工件门；
- X-Ray2辐射工作人员开启工件门，手工移出工件，关闭工件门；
- (10) 检测结束后，辐射工作人员通过操作控制台处的显像器调取储存的图像进行缺陷分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断工件质量、缺陷等；
- (11) 装置关机。
- 本项目工作流程如下图所示：

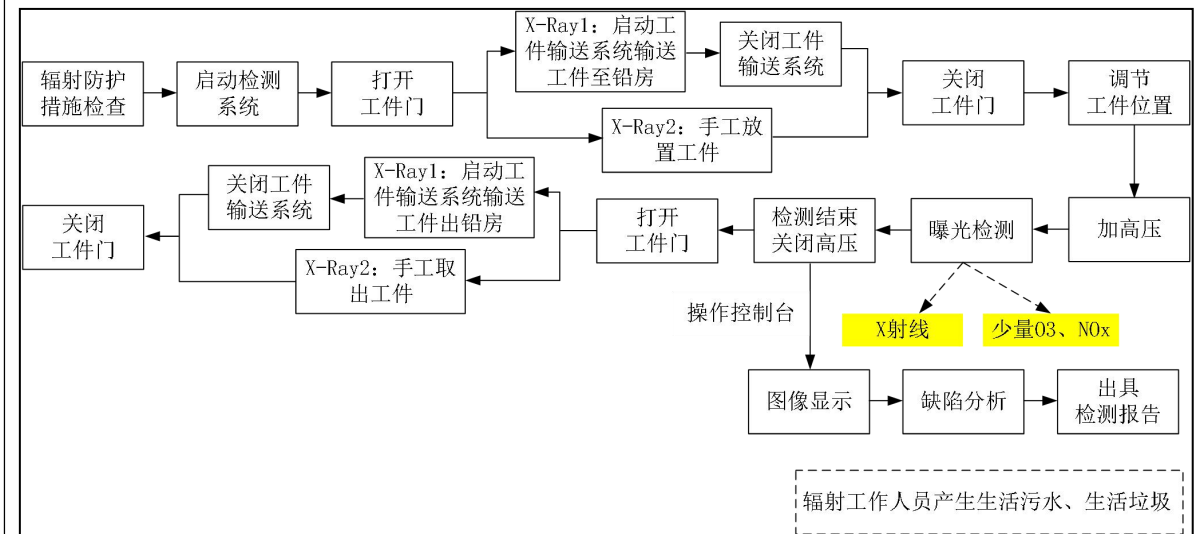


图 9-5 本项目 X 射线实时成像装置工作流程及产污环节

此外，若 X 射线实时成像装置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（O₃）和氮氧化物（NO_x）。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 射线实时成像装置进入训机状态，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（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

（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 射线实时成像装置设置自动训机功能，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 5200h 内。

4. 人员配置及工作制度

X-Ray 房拟实行三班制，长电微电子（江阴）有限公司拟为本项目 X 射线实时成像装置配备 12 名辐射操作人员和 1 名辐射防护负责人。每台装置预计周出束时间不超过 100h，年工作 52 周，年出束时间不超过 5200h。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。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

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。

有用线束辐射：X 射线机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。本项目 X 射线检测系统型号

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）中表 1，本项目距 X 射线机辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

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面上的散射辐射，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），X 射线经检测工件 90° 散射后，散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。本项目 180kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。

X 射线实时成像装置输出量参数汇总见表 9-2。

表9-2 实时成像装置输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	1m 处的泄漏辐射剂量率	散射辐射能量 (kV)
1	X 射线实时成像装置				

2. 非辐射污染源项分析

（1）固体废物

本项目不产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 50kg，年排放量为 600kg。

（2）废水

本项目不产生放射性液体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 4m^3 ，年排放量为 48m^3 。

（3）气体废物

X 射线实时成像装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目人员无需进入铅房内，X 射线实时成像装置铅房内不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。装置电器柜设有通风口，未破坏 X 射线实时成像装置内部铅房主体屏蔽。同时本项目所在 厂房设置新风系统，通风效果较好。通过新风系统送回风方式进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出厂外，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分解半衰期为 50 分钟，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。

表 10 辐射安全与防护

<p>项目安全措施</p> <p>1. 工作场所布局及分区</p> <p>本项目 X 射线实时成像装置设置有操作控制台和铅房，操作控制台与铅房独立设置，X-Ray1 操作控制台位于铅房西侧，工件门位于装置前侧（北侧），X-Ray2 操作控制台及工件门均位于铅房前侧（北侧）。本项</p> <p>作台避开了 X 射线主射线方向，本项目布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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 射线实时成像装置拟安装于</p> <p>-Ray 房，X-Ray 房四周墙体采用防静电彩钢建设进行物理隔离，并在四周地面设置黄色警戒线，X-Ray 房拟设有门禁系统，仅本项目辐射工作人员有进入钥匙。本项目 X 射线实时成像装置工作场所布局设计基本合理。本项目拟将 X 射线实时成像装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将 X-Ray 房内除铅房以外的区域作为监督区。</p> <p>本项目拟在 X 射线实时成像装置表面外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 X-Ray 房入口粘贴监督区标牌，监督区入口设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不能擅自靠近或进入 X-Ray 房，且 X-Ray 房内拟设置监控监视。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 X 射线实时成像装置监督区及控制区示意图见图 10-1，两区划分情况表见表 10-1。</p>



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

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 射线实时成像装置铅房	X-Ray 房内除铅房以外的区域
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”。 6.4.2.2a)“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 射线实时成像装置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》（GB18871-2002）6.4.1.4c)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》（GB18871-2002）6.4.2.2b)在监督区入口处的适当地点设立监督区的标牌。
辐射防护措施	X 射线实时成像装置表面外拟粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	X-Ray 房入口处拟粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

侧，该装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 本项目 X 射线检测系统曝光室屏蔽防护参数一览表

装置名称	铅房尺寸	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
------	------	-------	------------

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与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	本项目 X 射线实时成像装置设置有操作控制台和铅房，操作控制台与铅房分开独立设置，X-Ray1 操作控制台位于铅房西侧，X-Ray2 操作控制台位于铅房前侧（北侧），X 射线管主射线固定朝下照射，操作控制台已避开有用线束照射的方向并与铅房分开。装置的屏蔽厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。	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 GB18871 的要求。	本项目拟将 X 射线实时成像装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将 X-Ray 房内除铅房以外的区域作为监督区。	是
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 射线实时成像装置工件门及左右检修门均设计有门机联锁装置，只有在工件门及左右检修门完全关闭时 X 射线实时成像装置才能出束照射，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 射线实时成像装置前侧及左右两侧共设有 5 处工作状态指示灯，指示灯与出束系统联锁（橙灯亮表示预备，红灯亮表示照射），故无需另外安装显示“预备”“照射”字样的指示灯，因辐射工作人员无需进入装置内部，故装置内部不再设置工作状态指示灯；拟在装置表面外张贴指示灯信号指示意义的说明，指示灯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做不必要的逗留；本项目 X 射线实时成像装置放置在单独 X-Ray 房，设有门禁系统，装置及 X-Ray 房内部均设置视频监控，工作时无关人员均无法靠近，因此未安装声音提示装置。	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 射线实时成像装置内部拟设置 4 处视频监控以监测探伤设备的运行情况。装置所在 X-Ray 房同样将设置视频监控。本项目辐射工作人员无需进入装置内部。	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 射线实时成像装置表面外拟设置“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 射线实时成像装置前侧工件门外左前侧设有 1 处急停按钮和操作控制台处设有 1 处急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，且拟在急停按钮旁带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。同时本项目 X 射线实时成像装置内部及所在 X-Ray 房均将设置视频监控。	能达到与标准安全水平

长电微电子（江阴）有限公司新建 2 台 X 射线实时成像装置项目

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。	本项目辐射工作人员无需进入装置内部，装置工作时产生的臭氧及氮氧化物通过开关工件门进行换气，同时装置所在的 厂房设置有新风系统，通风效果较好。	是
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-Ray 房拟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 X 射线实时成像装置设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后 X 射线实时成像装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；</p> <p>②门缝搭接：本项目工件门门洞宽高为 700mm×470mm，工件门设计宽高为 880mm×520mm。工件门左右两侧搭接 50mm，上线搭接 25mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm，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 X 射线实时成像装置电缆管道位于装置后侧及顶部，开口尺寸均为 75mm×75mm，其防护补偿结构均为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度均为 6mm，尺寸均为 300mm×120mm×90mm，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射线缆口。</p>	是
11	监测设备	<p>4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。</p> <p>4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。</p>	公司拟配备 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪和 4 台 X-γ个人剂量报警仪，用于对 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；并委托有资质单位对 13 名辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是
<p>本项目辐射防护措施图见图10-2。</p>				



图10-2 本项目辐射防护措施图

4.工作场所探伤操作的放射防护要求

①每次使用 X 射线实时成像装置检测前应检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员在进入 X-Ray 房时，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-γ剂量率仪。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退出 X-Ray 房，同时防止其他人进入 X-Ray 房，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量 X 射线实时成像装置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-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ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 射线实时成像装置内部状态并关闭工件门。只有在工件门关闭、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 射线实时成像装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①X 射线实时成像装置的 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 X 射线实时成像装置从现场移走后，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。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 50kg，年排放量为 600kg。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运

2. 废水

本项目运行后不会产生放射性液体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 4m³，年排放量为 48m³。本项目产生的生活污水经厂区污水管网接管至无锡市锡山云林污水处理有限公司处理。

3. 气体废物

X 射线实时成像装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目人员无需进入铅房内，X 射线实时成像装置铅房内不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气。装置电器柜设有通风口，未破坏 X 射线实时成像装置内部铅房主体屏蔽。同时本项目所在 厂房设置新风系统，通风效果较

好。通过新风系统送回风方式进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出厂外，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分解半衰期为 50 分钟，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。

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购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声、废水和固体废物。

①噪声

X 射线实时成像装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，经距离衰减及实体屏蔽后，施工噪声对周围环境影响较小。

②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排入市政污水管网，对周围环境影响较小。

③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公司现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线实时成像装置铅房采用铅板和铅玻璃防护设计对 X 射线进行防护，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线实时成像装置工作时产生的 X 射线对周围环

用线束照射进行预测计算，其它方位屏蔽体均按照非有用线束照射进行预测计算。

设备四周、顶部、底部和工件门辐射环境影响进行

预测，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：

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：

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

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；

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：当屏蔽材料为铅时，管电压为 150kV 时对应的 TVL 值为 0.96mm，管电压为 200kV 时对应的 TVL 值为 1.4mm，内插法计算得管电压为 180kV 时对应的 TVL 值为 1.224mm，然后按公式（2）计算得出。

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

式中： X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL：什值层厚度，单位为毫米（mm）。

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/T250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

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

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/T250-2014）表 1；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，根据附录 B 中的表 B.2，取得相应电压条件下铅的什值层，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

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

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，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：当屏蔽材料为铅时，管电压为 150kV 时对应的 TVL 值为 0.96mm，然后按公式（2）计算得出；

F： R_0 处的辐射野面积， m^2 ； $F=\pi\times(R_0\times\tan(60/2)^\circ)^2$ ；

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 保守取值 0.0475；

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。

$$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} = \frac{\pi \times (R_0 \times \tan(60/2)^\circ)^2}{R_0^2} \times \alpha = \pi \times (\tan(60/2)^\circ)^2 \times \alpha = 0.05$$

3. 参考点处剂量率理论计算结果

关注点位示意图见图 11-1。

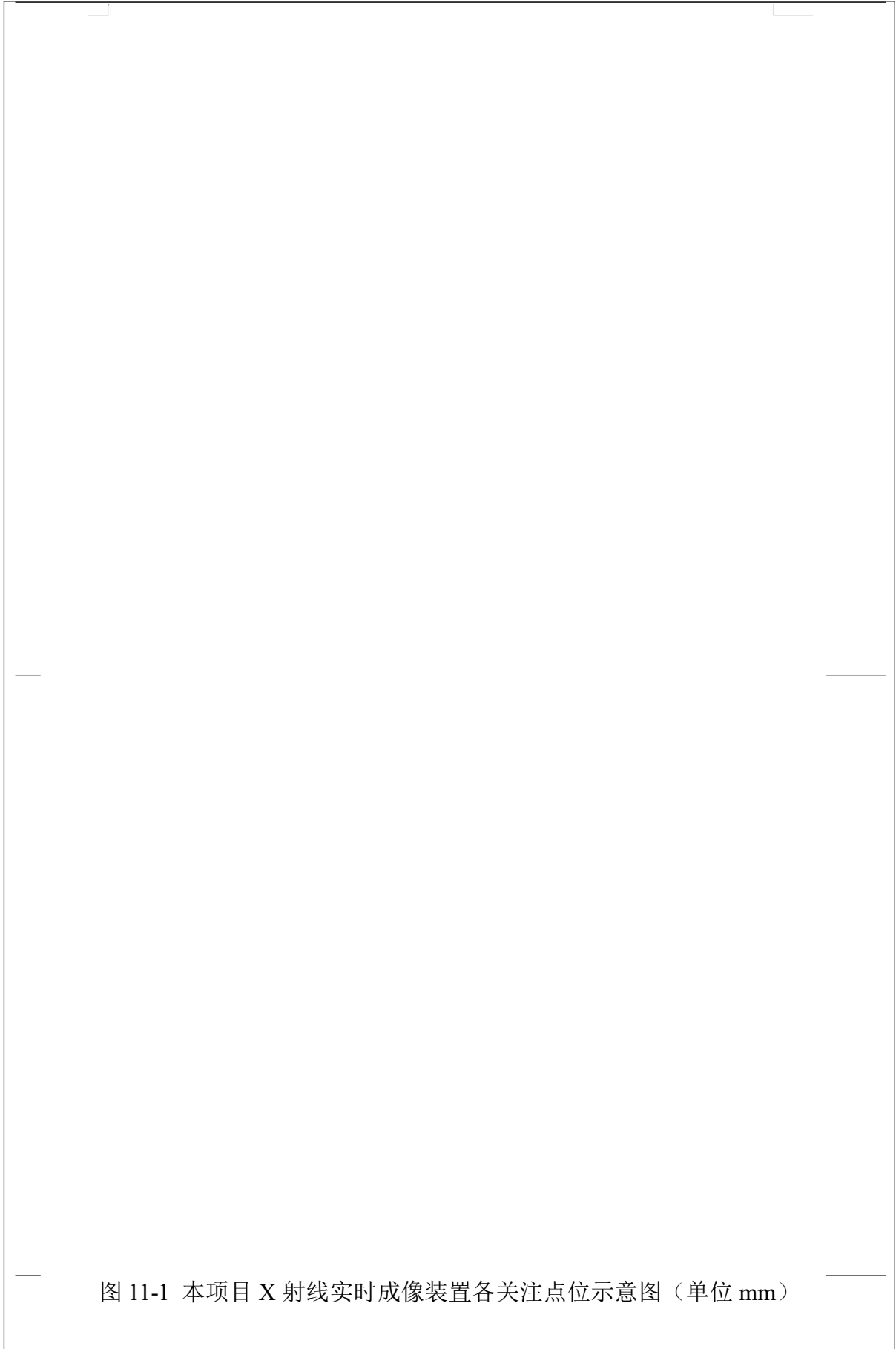


图 11-1 本项目 X 射线实时成像装置各关注点位示意图（单位 mm）

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计铅厚度 (mm)	I (mA)	H_0 ① $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B②	R③ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	评价
							2.5	满足

注：① H_0 取值为设备供应商提供；

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 150kV 及 200kV 铅的 TVL 值插值计算得到 180kV 下铅的 TVL 值为 1.224mm，然后按公式 2 计算得出；

③ $R_{\text{底部}}$ =出束口到底部屏蔽体的距离 1.006m+0.098m（底部距离地面距离）=1.104m。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点		参数						
设计前厚度 (mm)								
泄漏辐射	TVL(mm)							
	B_1 ①							
	H_L ($\mu\text{Sv/h}$)							
	R②(m)							
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)							
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值							
	TVL(mm)							
	B_2 ③							
	I(mA)							
	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$							
	F(m^2)							
	α							
	R_0 (m)							
	R_s ④(m)							
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)							
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)								
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：① B_1 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 150kV 及 200kV 铅的 TVL 值插值计算得到 180kV 下铅的 TVL 值为 1.224mm，然后按公式 2 计算得出；

②R 值根据图 11-1 取值，装置四周取装置表面外 30cm 为关注点；

③ B_2 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录表 B.2（150kV 管电压什值层厚度为 0.96mm）；

④保守计算，散射体至关心点距离 R_s 取值与 R 相同。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，本项目 X 射线实时成像装置四周、顶部表面外 30cm 处及底部地面的辐射剂量率最大为 0.90 $\mu\text{Sv/h}$ ，装置四周、顶部表面外 30cm 处及

底部地面的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。

当本项目 2 台 X 射线实时成像装置以最大管电流 0.667mA、额定功率 20W 运行时，此时管电压为 30kV，透射因子 B 将呈指数衰减，衰减的倍数远大于管电流增大的倍数，故当 X 射线检测系统以最大管电流 0.667mA、额定功率 20W 的工况运行时，本项目 X 射线检测系统屏蔽室的屏蔽防护能力也能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

4. 天空、底部地面反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1.2b)1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。”

根据表 11-2，本项目 X 射线实时成像装置顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 $0.025\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $0.025\mu\text{Sv/h}$ ，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要求。

根据表 11-1 计算结果，本项目 X 射线实时成像装置底部地面剂量率为 $0.90\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $0.90\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中辐射周围剂量当量率参考控制水平的要求，因此计算装置周围辐射工作人员及公众的辐射剂量时以装置四周关注点的剂量率作为参考点剂量率，不考虑底部散射剂量率。

5. 通风口、电缆口辐射影响分析

本项目 X 射线实时成像装置铅房内不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气，装置电器柜设有通风口，未破坏 X 射线实时成像装置内部铅房主体屏蔽。X 射线实时成像装置工件门内含 6mm 铅板，本项目工件门门洞宽高为 700mm×470mm，工件门设计宽高为 880mm×520mm。工件门左右两侧搭接 50mm，上线搭接 25mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 2mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 X 射线实时成像装置射线出束方向为固定朝下照射，电缆管道位于装置后

侧及顶部，开口尺寸均为 75mm×75mm，其防护补偿结构均为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度均为 6mm，尺寸均为 300mm×120mm×90mm，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射线缆口，X 射线进入线缆管道后散射示意图如图 11-2。X 射线进入线缆管道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γ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 射线实时成像装置线缆管道设计能够满足辐射防护要求。



图 11-2 本项目电缆管道散射示意图

6. 保护目标剂量评价

(1) 关注点处辐射剂量率

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为装置拟建址周围 50m 范围内其他人员。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到各关注点处辐射剂量率：

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \dots \dots \dots (5)$$

式中：H₁—距射线源 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁—装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R₂—监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

(2) 周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \dots\dots\dots (6)$$

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

参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

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

t ：探伤装置周照射时间， $\text{h}/\text{周}$ ；

探伤装置年照射时间， $\text{h}/\text{年}$ ；

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。

本项目迁建的 2 台 X 射线实时成像装置均拟建于 X-Ray 内，考虑到这 2 台实时成像装置未来运行情况，本项目辐射工作人员和 50m 范围内公众受 2 台 X 射线实时成像装置的剂量率叠加影响。2 台装置通过距离衰减后再叠加，忽略墙体屏蔽效果。项目两台设备对关注点的叠加影响见下表。

表 11--3 项目两台设备对关注点的剂量率叠加影响

关注点	X-Ray1		X-Ray2		叠加后 关注点 剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
	方位及距 射线源最近 距离(m)	关注点剂 量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	方位及距 射线源最近 距离(m)	关注 点剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	

： ， cm 。

根据表 11-3 中预测的叠加影响结果，可估算出本项目 2 台 X 射线实时成像装置所致辐射工作人员和周围公众的周受照剂量，具体计算参数及计算结果见下表。

表 11-4 本项目 2 台 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)	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	周照射时间 (t) h/周	周剂量估算值 Sv/周	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	评价
						100 (职业人员)	满足
						100 (职业人员)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足
						5 (公众)	满足

员均为三班制，故周照

射时间取 $100/3=33.3\text{h}$ 。

本项目 2 台 X 射线实时成像装置所致辐射工作人员和周围公众的年受照剂量，具体计算参数及计算结果见下表。

表 11-5 本项目 2 台 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	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年照射时间 (t) h/a	年剂量估算值 mSv/a	目标管理值 (mSv/a)	评价
						5 (职业人员)	满足
						5 (职业人员)	满足
						0.1 (公众)	满足
						0.1 (公众)	满足
						0.1 (公众)	满足
						0.1 (公众)	满足
						0.1 (公众)	满足

0.1 (公众)	满足
0.1 (公众)	满足
0.1 (公众)	满足
0.1 (公众)	满足

200h。装置操作人员

从表 11-4 及表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 X 射线实时成像装置满功率运行时，辐射工作人员所受周有效剂量最大为 4.28 μ Sv，年有效剂量最大为 2.23E-01mSv；周围公众所受周有效剂量最大为 0.20 μ Sv，年有效剂量最大为 1.05E-02mSv。由于辐射剂量率随距离增大而衰减，更远处的关注点辐射剂量率随距离增加数值降低，相应有效剂量也越低。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 5mSv，周有效剂量不超过 100 μ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 μ Sv）。

事故影响分析

1) 本项目可能发生的辐射事故

- ①X 射线实时成像装置门机连锁失效，设备工件门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射；
- ②维修人员检修 X 射线实时成像装置时，设备进行曝光，人员受到意外照射；
- ③X 射线实时成像装置在对工件进行曝光的工况下，二人作业，配合失误受照。

2) 针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性的给出处理方法或者预防措施：

- ①公司应加强管理，加强对辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程，防止人员误入误留在装置内；
- ②定期检查门机连锁装置，确保无损检测工作正常进行；
- ③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；
- ④对可能受到超剂量照射的人员，及时送医检查并治疗；
- ⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察；

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对 X 射线实时成像装置进行检查、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 射线实时成像装置操作，每次操作前检查 X 射线实时成像装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测 X 射线实时成像装置的周围辐射水平，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，制定切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。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) 辐射事故处置方法

发生辐射事故时，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，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。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具、个人剂量计及个人剂量报警仪。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少辐射事故的发生率或避免辐射事故的发生，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

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”，辐射操作人员考核类型为“X 射线探伤”。

长电微电子（江阴）有限公司拟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。本项目拟配备 12 名辐射操作人员和 1 名辐射防护负责人，13 名辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，担任本项目的辐射防护负责人的考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。以后如有新增辐射工作人员，建设单位应及时组织其自主学习后，通过官方渠道进行报名并参加定期组织的考核。此外后续有新任命辐射防护负责人仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

长电微电子（江阴）有限公司拟开展核技术利用项目，将按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定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。在实际工作中公司还应不断对其进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

- **岗位职责：**明确管理人员、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：**明确本项目 X 射线实时成像装置辐射人员的资质条件要求、X 射线实时成像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 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。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制

度，重点是 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制定，重点是射线装置使用状况的记录。
- **人员培训计划：**制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。
- **监测方案：**制定监测方案，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）制定事故应急预案，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、应急演练计划；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系电话、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。

长电微电子（江阴）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

本项目为新建项目，公司拟为辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测，并根据职业病防治法安排辐射工作人员分别于上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检；公司拟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。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 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，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。

表 12-1 监测方案一览表

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；
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	②X 射线实时成像装置表面外 30cm 处，工件门、检修门四周门缝及表面外 30cm 处；
	自主监测		自行监测	每月一次	③人员经常活动的位置； ④50m 范围内的保护目标处。
辐射工作人员	个人剂量当量监测	年有效剂量	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；长电微电子（江阴）有限公司拟配备 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪和配备 4 台 X- γ 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。

长电微电子（江阴）有限公司拟为本项目配备 13 名辐射工作人员，应在项目运行

前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并根据职业病防治法安排辐射工作人员分别于上岗前、在岗期间和离岗时的职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

长电微电子（江阴）有限公司应针对本射线检测项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，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。

长电微电子（江阴）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。

长电微电子（江阴）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. 项目概况

为保证公司生产产品质量，长电微电子（江阴）有限公司拟
，用于对公司产品进行无损检测工作，拟购置的 X 射线实时成像装置型号

2. 实践正当性评价

长电微电子（江阴）有限公司拟使用 X 射线实时成像装置对公司研发和生产的电子元器件进行检测以控制产品质量。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、经济和其他有关因素之后等有关因素之后，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。

3. 与产业政策的相符性

本项目拟使用 X 射线实时成像装置对公司研发和生产的电子元器件进行检测以控制产品质量，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。

4. 选址、布局合理性评价

本项目位于江阴市高新区城东街道东安路 1 号长电微电子（江阴）有限公司厂区内。公司东侧为大寨河及黄岐路，隔路为江阴圣邦微电子制造有限公司及空地；南侧为东安路，隔路为新杰科技；西侧为长山大道，隔路为盛合晶微半导体（江阴）有限公司；北侧为东盛路。公司厂区内主要建筑物自北向南依次为

本项目位

项目地理位置图见附图 1，项目周围环境及厂区平面布置图见附图 2。

平面布置图见附图 3。

两台 X 射线实时成像装置由东向西并排摆放，东侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray1）控制台位于其西侧，X-Ray1 北侧加装一套工件自动输送线，输送线操作控制台位于自动输送线的西侧。西侧 X 射线实时成像装置（编号 X-Ray2）控制台位于其北侧。项目 X-Ray 房平面布置图见附图 4。

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》、《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》及《江苏省自然资源厅关于江阴市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函〔2025〕164 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见附图 5。

对照《无锡市 2025 年度生态环境分区管控动态更新成果》，本项目评价范围内不涉及无锡市生态环境优先保护单元，本项目与无锡市生态空间管控区域相对位置关系见附图 6。

根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书（见附件 6），本项目地块属于重点管控单元江阴高新技术产业开发区（包含江阴综合保税区），本项目与生态环境分区管控单元（重点管控单元）相对位置关系见附图 7，项目与最近优先保护单元相对位置关系见附图 8。

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 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 范围内仅涉及 主要为：①拟建

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。

本项目拟将 X 射线实时成像装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将 X-Ray 房内除铅房以外的区域作为监督区。拟在 X 射线实时成像装置表面外设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在 X-Ray 房入口粘贴监督区标牌，仅辐射工作人员能够进入。

5. 辐射防护措施评价

本项目 X 射线实时成像装置铅房采用铅板和铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护

本项目 X 射线实时成像装置电缆管道位于装置后侧及顶部，开口尺寸均为 75mm×75mm，其防护补偿结构均为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度均为 6mm，尺寸均为 300mm×120mm×90mm，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射线缆口。

6. 辐射安全措施

本项目 X 射线实时成像装置工件门及左右检修门均设计有门机连锁装置，只有在工件门及左右检修门完全关闭时 X 射线实时成像装置才能出束照射，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。

本项目 X 射线实时成像装置前侧及左右两侧共设有 5 处工作状态指示灯，指示灯与出束系统连锁（橙灯亮表示预备，红灯亮表示照射），故无需另外安装显示“预备”“照

射”字样的指示灯，因辐射工作人员无需进入装置内部，故装置内部不再设置工作状态指示灯；拟在装置表面外张贴指示灯信号指示意义的说明，指示灯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做不必要的逗留；本项目X射线实时成像装置放置在单独X-Ray房，设有门禁系统，装置及X-Ray房内部均设置视频监控，工作时无关人员均无法靠近，因此未安装声音提示装置。

本项目X射线实时成像装置内部拟设置4处视频监控以监测探伤设备的运行情况。装置所在X-Ray房同样将设置视频监控，监视器位于操作控制台。

本项目X射线实时成像装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。

本项目X射线实时成像装置前侧工件门外左前侧设有1处急停按钮和操作控制台处设有1处急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，且拟在急停按钮旁带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。

7. 通风措施评价

X 射线实时成像装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线实时成像装置铅房内不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气，装置电器柜设有通风口，未破坏 X 射线实时成像装置内部铅房主体屏蔽。同时本项目所在 厂房设置新风系统，通风效果较好。通过新风系统送回风方式进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出厂外，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分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对环境的影响较小。

8. 辐射环境影响分析结论

本项目 X 射线实时成像装置通过自带铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目 X 射线实时成像装置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 X 射线实时成像装置满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和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》（GBZ 117-2022）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 μ Sv；

公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 μ Sv）。

9. 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) 拟配备 1 台辐射剂量巡测仪和 4 台个人剂量报警仪，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 13 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) 长电微电子（江阴）有限公司拟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。在项目运行前制定辐射安全管理制度；本项目拟配备 13 名辐射工作人员，项目投运前辐射工作人员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，长电微电子（江阴）有限公司新建 2 台 X 射线实时成像装置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 X 射线实时成像装置建成后根据《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（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 (万美元)
辐射防护措施	<p>本项目 X 射线实时成像装置铅房采用铅板、铅玻璃的防护设计对 X 射线进行防护，本项目 X 射线实时成像装置外尺寸为：</p>	<p>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）剂量率限值要求。 辐射工作人员及公众周有效剂量和年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《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。（辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。</p>	8
辐射安全措施	<p>本项目X射线实时成像装置工件门及左右检修门均设计有门机联锁装置，只有在工件门及左右检修门完全关闭时X射线实时成像装置才能出束照射，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。</p> <p>本项目X射线实时成像装置前侧及左右两侧共设有5处工作状态指示灯，指示灯与出束系统联锁（橙灯亮表示预备，红灯亮表示照射），故无需另外安装显示“预备”“照射”字样的指示灯，因辐射工作人员无需进入装置内部，故装置内部不再设置工作状态指示灯；拟在装置表面外张贴指示灯信号指示意义的说明，指示灯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做不必要的逗留；本项目X射线实时成像装置放置在单独X-Ray房，设有门禁系统，装置及X-Ray房内部均设置视频监控，工作时无关人员均无法靠近，因此未安装声音提示装置。</p> <p>本项目X射线实时成像装置内部拟设置4处视频监控以监测探伤设备的运行情况。装置所在X-Ray房同样将设置视频监控，监视器位于操作控制台。</p> <p>本项目X射线实时成像装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。</p> <p>本项目X射线实时成像装置前侧工件门外左前侧设有1处急停按钮和操作控制台处设有1处急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，且拟在急停按钮旁带有标签标明使用方法，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的管理要求。</p>	1.7

	能立即停止照射。 本项目拟将X射线实时成像装置铅房实体边界作为本项目的控制区边界，拟将X-Ray房内除铅房以外的区域作为监督区。拟在X射线实时成像装置门上设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在X-Ray房入口粘贴监督区标牌，仅辐射工作人员能够进入。		
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》完善各项规章制度。	/
	拟配置 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪和 4 台个人剂量报警仪。	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。	0.3
污染防治措施	废气：X 射线实时成像装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。本项目 X 射线实时成像装置铅房内不单独设置通风设施，通过开关工件门进行通风换气，装置电器柜设有通风口，未破坏 X 射线实时成像装置内部铅房主体屏蔽。同时本项目所 厂房设置新风系统，通风效果较好。通过新风系统送回风方式进行无组织排放，将臭氧和氮氧化物排出厂外，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分解半衰期为 50 分钟，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。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对环境影响较小。	/
	废水：本项目产生的生活污水经厂区污水管网接管至污水处理有限公司处理。	本项目产生的生活污水及生活垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	/
	一般固废：本项目产生的生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运。		/
辐射安全管理	拟成立辐射安全管理机构，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》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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 13 名辐射工作人员（其中 1 名为辐射防护负责人），12 名辐射操作人员上岗前应通过辐射安全与防护考核，考核类型选择为“X 射线探伤”，1 名辐射管理人员考核类型选择为“辐射安全管理”。	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	每年投入

	<p>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。）</p>	<p>档案应终生保存。</p> <p>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。</p>	<p>每年投入</p>
--	--	---	-------------

以上措施必须在项目运行前落实。