

核技术利用建设项目

苏州清陶动力科技有限公司 2 台 X 射线检测装置扩建项目 环境影响报告表

苏州清陶动力科技有限公司

2026 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

苏州清陶动力科技有限公司 2 台 X 射线检测装置扩建项目 环境影响报告表

建设单位名称：苏州清陶动力科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：昆山开发区金桂路 1 号

邮政编码：215300

电子邮箱

联系人：

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	10
表 8	环境质量和辐射现状	14
表 9	项目工程分析与源项	22
表 10	辐射安全与防护	30
表 11	环境影响分析	36
表 12	辐射安全管理	44
表 13	结论与建议	48
表 14	审批	52
附表		53

附图

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目周围环境图
- 附图 3 项目所在厂区平面布局图
- 附图 4 1#电芯厂房 3 层平面布局图
- 附图 5 1#电芯厂房 2 层平面布局图
- 附图 6 2#电芯厂房 3 层平面布局图
- 附图 7 2#电芯厂房 2 层平面布局图
- 附图 8 项目所在地生态环境分区管控图

附件

- 附件 1 项目委托书
- 附件 2 射线装置使用情况承诺书
- 附件 3 营业执照、法人身份证明材料
- 附件 4 公司现有辐射安全许可证
- 附件 5 环境辐射水平现状检测报告
- 附件 6 厂商辐射安全许可证
- 附件 7 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置参数依据文件
- 附件 8 ACT-1900 型离线 CT 检测机参数依据文件
- 附件 9 项目主动公开信息一览表
- 附件 10 公示删减说明
- 附件 11 环境保护措施承诺
- 附件 12 环评技术合同

表 1 项目基本情况

建设项目名称		2 台 X 射线检测装置扩建项目			
建设单位		苏州清陶动力科技有限公司			
法人代表	施展	联系人		联系电话	
注册地址		昆山开发区金桂路 1 号			
项目建设地点		昆山开发区金桂路 1 号 1#电芯厂房 3 层装配车间、2#电芯厂房 3 层叠片车间			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	285	项目环保投资 (万元)	87	投资比例 (环保投资/总投资)	30.5%
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 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	/			

项目概述

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

苏州清陶动力科技有限公司成立于 2021 年 03 月 10 日，位于昆山开发区金桂路 1 号，主要从事固态锂电池生产。

苏州清陶动力科技有限公司已开展核技术利用项目，现于 1#电芯厂房 1 层使用 10 枚 V 类放射源，已投产使用；拟于 2#厂房 1 层使用 12 枚 V 类放射源、3 层使用 1 台 LX9350 型 X-RAY 检测机，暂未投产使用。苏州清陶动力科技有限公司目前已申领苏州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[E2609]”，许可种类和范围为“使用 V 类放射

源；使用III类射线装置”，发证日期为 2026 年 04 月 09 日，有效期至 2029 年 06 月 02 日，辐射安全许可证见附件 4。苏州清陶动力科技有限公司现有核技术应用项目情况见表 1-1。

表 1-1 苏州清陶动力科技有限公司现有核技术应用项目情况表

放射源							
序号	辐射活动场所名称	核素	类别	活动种类	总活度(贝可) ×枚数	环评情况	许可情况
1	1#电芯厂房涂布工序	Kr-85	V类	使用	1.85E+10*10	已环评	已许可
2	2#电芯厂房涂布工序	Kr-85	V类	使用	1.85E+10*12	已环评	已许可

射线装置									
序号	射线装置名称、型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况
1	LX9350 型 X-RAY 检测机	1	130	0.5	III	2#电芯厂房 装配工序	使用	已环评	已许可

因生产的锂电池极片质检需求，公司拟在 1#电芯厂房 3 层装配车间扩建 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置，在 2#电芯厂房 3 层叠片车间扩建 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机对生产的锂电池极片进行检测。

苏州清陶动力科技有限公司现有辐射相关工作人员共计 12 人，拟为本项目新增 4 名辐射工作人员专门从事本次新增的 2 台 X 射线检测装置的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

本项目核技术应用情况见表 1-2。

表 1-2 本项目核技术应用情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	最大允许功率	类别	工作场所名称	活动种类
1	AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置	1	110	0.2	16	II	1#电芯厂房 3 层装配车间	使用
2	ACT-1900 型离线 CT 检测机	1	225	3	500	II	2#电芯厂房 3 层叠片车间	使用

对照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”项目，应编制环境影响报告表。受苏州清陶动力科技有限公司委托，苏州苏大卫生与环境技术研究所有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2、项目周边保护目标及项目选址情况

苏州清陶动力科技有限公司位于昆山开发区金桂路 1 号，公司所在厂区东侧为南亚加工丝（昆山）有限公司，南侧为吴淞江，西侧为青阳港，北侧为车塘河。

苏州清陶动力科技有限公司厂区被绿能路分为南侧地块和北侧地块。本项目 2 台 X 射

线检测装置均位于苏州清陶动力科技有限公司厂区北侧地块。北侧地块，自东往西依次为3#电芯厂房、2#电芯厂房、1#电芯厂房，各厂房之间设有连廊。1#电芯厂房西侧自北向南依次排列布置为危化品原材料仓库1、危废原材料仓库、罐区、1#电芯测试室、2#电芯测试室、综合楼、一般固体原材料仓库、污水站；1#电芯厂房北侧自西向东依次为地下雨水收集池、1#地下事故池。本项目地理位置图见附图1，周围环境示意图见附图2，厂区总平面布置图见附图3。

本项目拟于1#电芯厂房3层装配车间扩建1台AXI-5100-A2型X射线实时成像装置，1#电芯厂房为3层建筑，1层层高10m，2层层高6.5m，3层层高6.9m，项目拟建场址目前前有1台热压机，后期调整布局用于放置本项目1台AXI-5100-A2型X射线实时成像装置。布局调整后，本项目1台AXI-5100-A2型X射线实时成像装置东侧50m评价范围内依次为装配车间、车间通道、动辅机房4、厂区道路、2#电芯厂房；南侧50m评价范围内依次为装配车间、负极模切、正极模切、楼梯间、闲置区域、动辅机房5；西侧50m评价范围内依次为装配车间、注液烘烤车间、闲置区域、动辅机房1、楼梯间、动辅机房2；北侧50m评价范围内依次为装配车间、高温静止库、二封装、楼梯间、动辅机房3、化成车间、缓冲通道、更衣室；下方为二层生产车间；上方为楼顶。

本项目1#电芯厂房3层平面布局图见附图4、1#电芯厂房2层平面布局图见附图5。

本项目拟于2#电芯厂房3层叠片车间扩建1台ACT-1900型离线CT检测机，2#电芯厂房为3层建筑，1层层高10m，2层层高6.5m，3层层高6.9m。本项目1台ACT-1900型离线CT检测机东侧50m评价范围内依次为叠片车间、车间通道；南侧50m评价范围内依次为匀浆投料车间、楼梯间2、动辅机房2、电气间、原材料仓库；西侧50m评价范围内依次为车间通道、卫生间、厂区道路、1#电芯厂房；北侧50m评价范围内依次为叠片车间、楼梯间1、动辅机房1、极卷库；下方为二层生产车间；上方为楼顶。

本项目2#电芯厂房3层平面布局图见附图6、2#电芯厂房2层平面布局图见附图7。

根据现场调查可知，本项目2台X射线检测装置周围50m评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标。项目周围环境保护目标主要为从事本项目2台X射线检测装置操作的辐射工作人员及设备周围公众。

3、实践正当性

苏州清陶动力科技有限公司拟在厂区内扩建2台X射线检测装置，对公司生产的锂电池极片内部结构进行检测，确保其产品质量。虽然在运行期间可能会对周围环境、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、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和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。

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 射线实时成像装置	II	1	AXI-5100-A2	110	0.2	无损检测	1#电芯厂房 3 层装配车间	/
2	离线 CT 检测机	II	1	ACT-1900	225	3	无损检测	2#电芯厂房 3 层叠片车间	/
/	/		/	/	/	/	/	/	/

(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	用途	工作场 所	氚靶情况			备注
										活度	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	本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机和 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置铅房内设置通风装置，通过排风装置排入外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，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 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	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年 4 月 24 日修正通过），2015 年 1 月 1 日起实施； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正本），2018 年 12 月 29 日起实施； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施； 4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订本），2019 年 3 月 2 日； 5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日公布实施； 7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施； 8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； 9) 《关于发布射线装置分类的公告》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； 10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日印发； 11) 产业结构调整指导目录（2024 年本）； 12) 《江苏省辐射污染防治条例》（修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第 2 号公告公布，2018 年 5 月 1 日起实施； 13) 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（生态环境部公告第 38 号，2019 年 10 月 25 日印发）； 14) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第 39 号，2019 年 10 月 25 日印发）； 15) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行； 16) 《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 日发布； 17) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版），苏政办函〔2020〕26 号，
------	--

	<p>2020年2月19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日发布；</p> <p>19)《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1号，2025年9月21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γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)</p> <p>4)《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>6)《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)(参考)</p> <p>7)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及第 1 号修改单</p> <p>8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)</p>
其他	<p>报告附件：</p> <p>1)环境辐射水平现状检测报告，附件 5</p> <p>2)厂商辐射安全许可证及设备参数依据文件，附件 6、附件 7、附件 8</p> <p>3)苏州清陶动力科技有限公司提供的其他资料</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目扩建 2 台 X 射线检测装置，属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 2 台 X 射线检测装置屏蔽体边界外 50m 区域。

保护目标

本项目建设地点位于昆山开发区金桂路 1 号苏州清陶动力科技有限公司厂区。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）及《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），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。对照“江苏省生态环境分区管控综合服务”后可以确定，本项目管控分类为重点管控单元，项目的建设符合重点管控单元的要求，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。对照《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。

本项目 2 台 X 射线检测装置周围 50m 评价范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为 2 台 X 射线检测装置的辐射工作人员及评价范围内的公众。

表 7-1 周围保护目标一览表

装置	主要环境保护目标	方位	场所名称	距 X 射线实时成像装置边界最近距离	规模	环境保护要求
AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置	本项目辐射工作人员	南侧	装配车间	最近 0.3m	2 人	年受照剂量约束值 5mSv/a
	项目评价范围内公众	东侧	装配车间内其他工作人员	最近约 2.474m	约 30 人	年受照剂量约束值 0.1mSv/a
		南侧		最近约 1m		
		西侧		最近约 1.5m		
		北侧		最近约 1m		
		东侧	车间通道	约 7.8m	流动人员	
			动辅机房 4	约 11.5m	偶有检修人员	
厂区道路	约 20m		流动人员			

			2#电芯厂房	约 35m	约 10 人	
		南侧	负极模切	约 8 m	约 4 人	
			正极模切	约 12.5m	约 4 人	
			楼梯间	约 29m	流动人员	
			闲置区域	约 30m	/	
			动辅机房 5	约 32m	偶有检修人员	
			西侧	注液烘烤车间	约 3m	
		闲置区域		约 14.5m	/	
		动辅机房 1		约 35m	偶有检修人员	
		楼梯间		约 41m	流动人员	
		动辅机房 2		约 42m	偶有检修人员	
		北侧		高温静止库	约 18m	
			二封装	约 20m	约 18 人	
			楼梯间	约 26m	流动人员	
			动辅机房 3	约 30m	偶有检修人员	
			化成车间	约 28m	约 4 人	
			缓冲通道	约 40m	流动人员	
			更衣室	约 40m	流动人员	
		正上方	楼顶	约 4.3m	流动人员	
		正下方	二层生产车间	约 4.8m	约 125 人	
一层生产车间	约 13.8m		约 36 人			
ACT-1900 型离线CT 检测机	本项目辐射 工作人员	东侧	叠片车间	最近 0.3m	2 人	年受照剂 量约束值 5mSv/a
	项目评价范 围内公众	北侧	极卷库	约 45m	流动人员	
			动辅机房 1	约 10m	偶有检修人员	
			楼梯间 1	约 7.5m	流动人员	
			叠片车间	最近约 2m	约 37 人	
		东侧	叠片车间	最近约 2m		
			车间通道	约 44m	流动人员	
		南侧	匀浆投料车 间	约 2m	约 12 人	
			楼梯间 2	约 6m	流动人员	
			动辅机房 2	约 8m	偶有检修人员	
						年受照剂 量约束值 0.1mSv/a

			电气间	约 36m	偶有检修人员
			原材料仓库	约 41m	流动人员
		西侧	车间通道	约 2m	流动人员
			卫生间	约 5m	流动人员
			厂区道路	约 12.5m	流动人员
			1#电芯厂房	约 30m	约 40 人
		正上方	楼顶	约 4.7m	流动人员
		正下方	2 层生产车间	约 4.8m	约 36 人
			1 层生产车间	约 15m	约 22 人

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

类型 \ 限值	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）“4.3.4.1 剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值”的要求。本项目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：

- 1) 职业照射的年有效剂量约束值不超过 5mSv/a；
- 2) 公众照射的年有效剂量约束值不超过 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：

- 1) 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，
- 2) 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、2台X射线检测装置屏蔽体外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》（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X射线检测装置表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

- 1) 2台X射线检测装置四周、底部表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h；
- 2) 2台X射线检测装置顶部表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h。

5、辐射环境质量现状监测评价参考值

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 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
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。

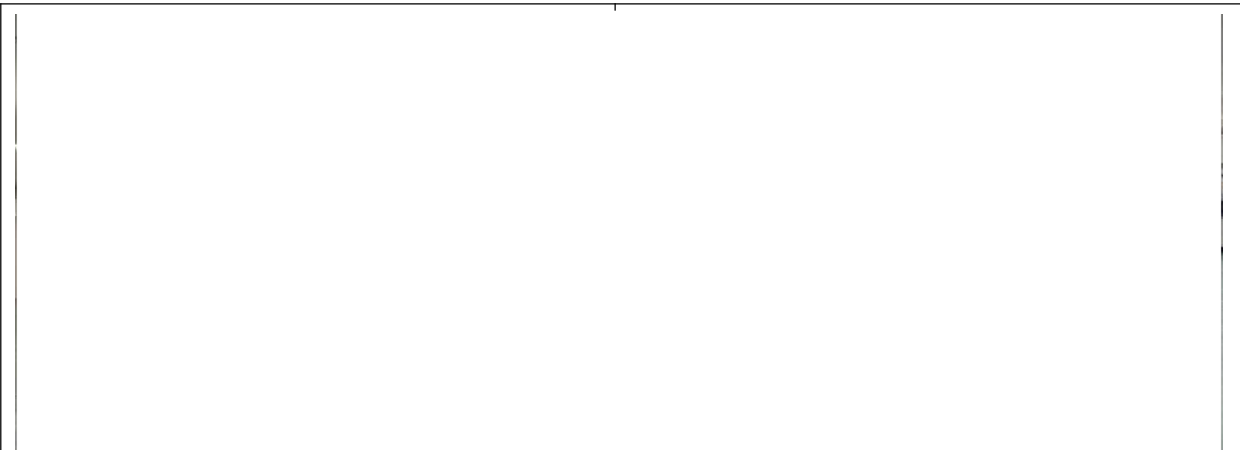
表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本项目拟于 1#电芯厂房 3 层装配车间扩建 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置，1#电芯厂房为 3 层建筑，项目拟建场址目前放有 1 台热压机，后期调整布局用于放置本项目 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置。布局调整后，本项目 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置东侧 50m 评价范围内依次为装配车间、车间通道、动辅机房 4、厂区道路、2#电芯厂房；南侧 50m 评价范围内依次为装配车间、负极模切、正极模切、楼梯间、闲置区域、动辅机房 5；西侧 50m 评价范围内依次为装配车间、注液烘烤车间、闲置区域、动辅机房 1、楼梯间、动辅机房 2、；北侧 50m 评价范围内依次为装配车间、高温静止库、二封装、楼梯间、动辅机房 3、化成车间、缓冲通道、更衣室；下方为二层生产车间；上方为楼顶。

AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置拟建场址和周边环境现状见图 8-1。

	
X 射线实时成像装置拟建址及北侧	X 射线实时成像装置拟建址东侧

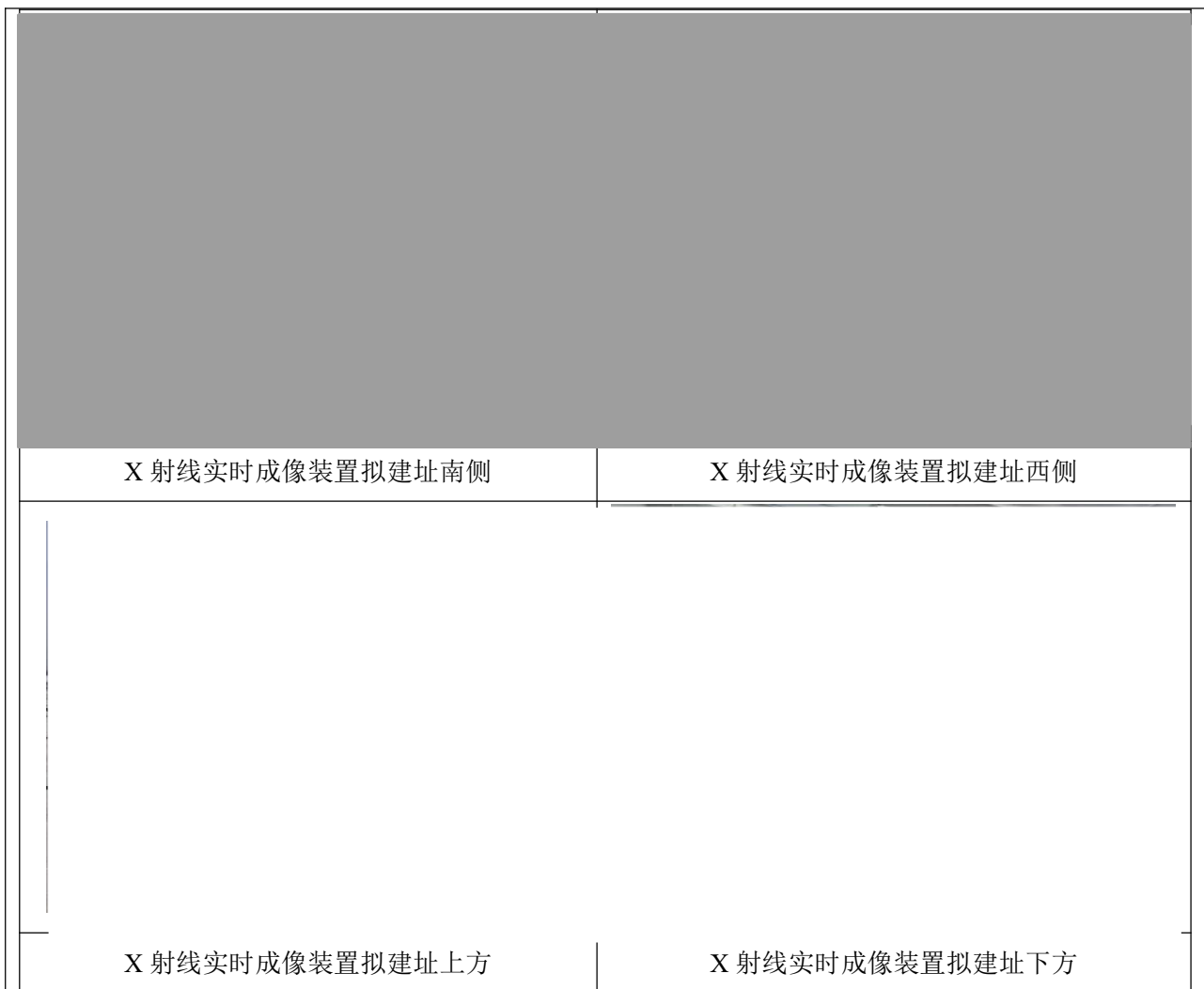


图 8-1 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置拟建场址和周边环境

本项目拟于 2#电芯厂房 3 层叠片车间扩建 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机，2#电芯厂房为 3 层建筑。本项目 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机东侧 50m 评价范围内依次为叠片车间、车间通道；南侧 50m 评价范围内依次为匀浆投料车间、楼梯间 2、动辅机房 2、电气间、原材料仓库；西侧 50m 评价范围内依次为车间通道、卫生间、厂区道路、1#电芯厂房；北侧 50m 评价范围内依次为叠片车间、楼梯间 1、动辅机房 1、极卷库；下方为二层生产车间；上方为楼顶。

ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建场址和周边环境现状见图 8-2。

ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建址	ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建址东侧
ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建址南侧	ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建址西侧



图 8-2 ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建场址和周边环境

2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：2 台 X 射线检测装置拟建址周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在拟建址周围布置监测点位

3、监测方案、质量保证措施及监测结果

(1) 监测方案

监测项目：环境 γ 辐射剂量率

监测布点：在 2 台 X 射线检测装置拟建址周围布置监测点位，具体点位见图 8-3、图 8-4

监测时间：2026 年 03 月 09 日、2026 年 04 月 14 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司

监测仪器：FH40G 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ672E-10）

监测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，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。

（2）质量保证措施

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定；

监测布点质量保证：选择适用的监测方法，本项目根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）有关布点原则进行布点；

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求，实施全过程质量控制；

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核，主要监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核。

（3）监测结果

本项目监测仪器为 FH40G 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪（探头型号 FHZ 672 E-10），X- γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源，折算系数为 1.2Sv/Gy。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。

评价方法：参照江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平调查结果，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目拟建址周围环境 γ 辐射剂量率测量结果

检测点位描述			检测结果 ^[1] （nGy/h）	
测点编号	位置	属性	平均值	标准差
AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置				
1-1#	项目拟建地	室内（楼房）	56.0	2.5
1-2#	项目拟建地东侧 1	室内（楼房）	69.3	1.8
1-3#	项目拟建地东侧 2	室内（楼房）	71.8	2.4

1-4#	项目拟建地南侧 1	室内（楼房）	69.7	2.8
1-5#	项目拟建地南侧 2	室内（楼房）	71.0	2.0
1-6#	项目拟建地西侧 1	室内（楼房）	70.7	1.8
1-7#	项目拟建地西侧 2	室内（楼房）	70.5	1.6
1-8#	项目拟建地北侧	室内（楼房）	55.4	1.5
1-9#	项目拟建地楼下	室内（楼房）	63.3	3.0
1-10#	项目拟建地楼上	室内（楼房）	64.3	2.2
ACT-1900 型离线 CT 检测机				
2-1#	项目拟建地	室内（楼房）	62.3	0.8
2-2#	项目拟建地东侧	室内（楼房）	61.0	1.3
2-3#	项目拟建地南侧	室内（楼房）	57.2	0.9
2-4#	项目拟建地西侧 1	室内（楼房）	57.2	2.5
2-5#	项目拟建地西侧 2	室内（楼房）	79.4	1.0
2-6#	项目拟建地西侧 3	道路	62.0	1.6
2-7#	项目拟建地北侧	室内（楼房）	55.7	3.1
2-8#	项目拟建地楼上	室内（楼房）	44.3	2.3
2-9#	项目拟建地楼下	室内（楼房）	63.5	1.5

注：[1]测量结果已扣除宇宙射线响应值，检测仪器的宇宙射线响应值为 10.1nGy/h。

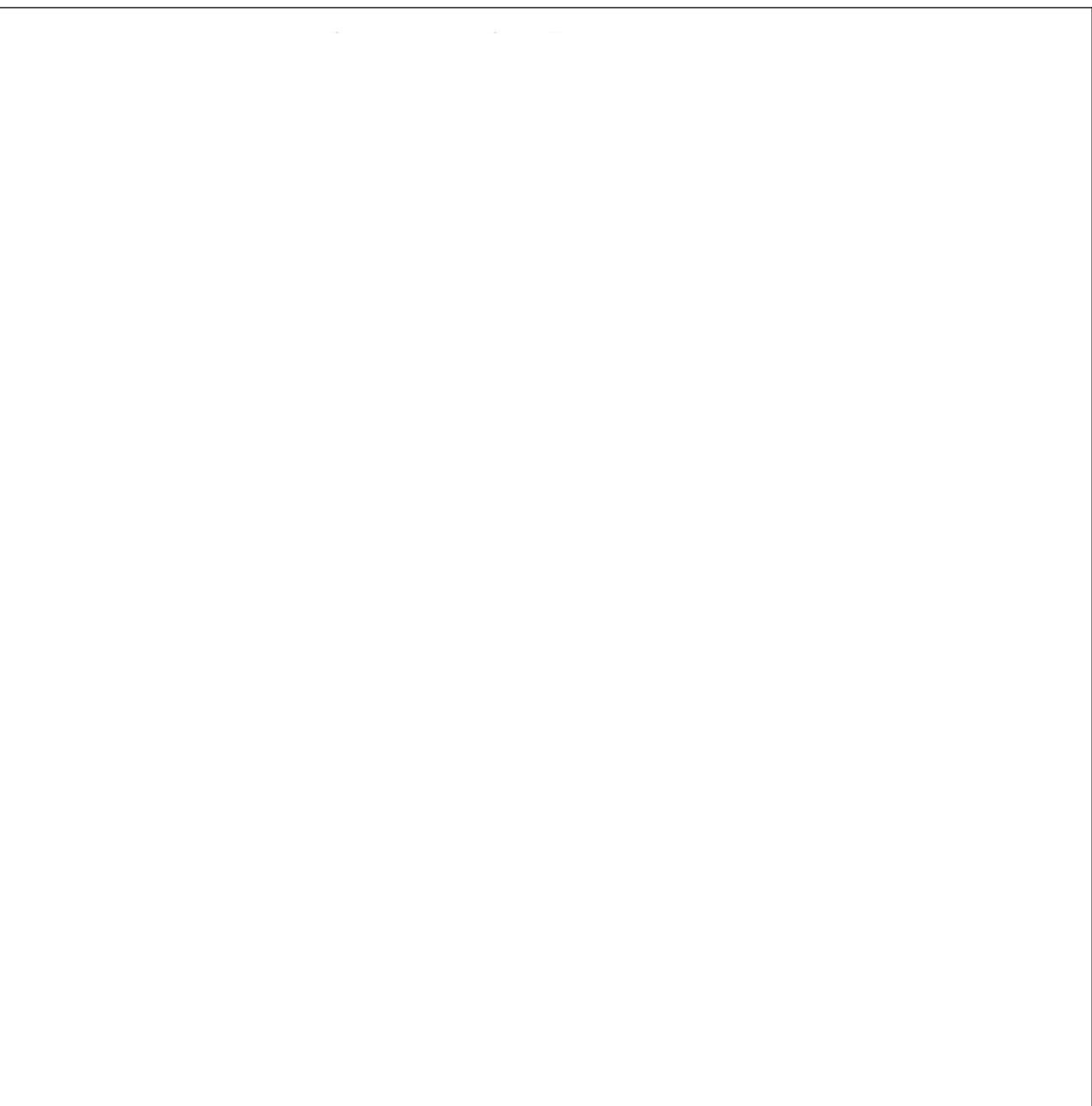


图 8-3 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

图 8-4 ACT-1900 型离线 CT 检测机拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

4、环境现状调查结果评价

从监测结果可知，本项目监测点位 1-1#~1-10#、2-1#~2-5#、2-7#~2-9#位于室内（楼房），环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 55.4~79.4nGy/h，处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果中室内的测值范围内（50.7~129.4nGy/h）；监测点位 2-6#位于室外道路，环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 62.0nGy/h，处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果中道路的测值范围内（18.1~102.3nGy/h）。

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

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置尺寸为 3150mm（长）×4200mm（宽）（含防尘罩和输送带）×2630mm（高），主要由操作面板、检测铅房、防护罩、上料输送带、下料输送带组成，铅房内部安装有 2 根 X 射线管（2 根 X 射线管参数一致）、2 个数字平板探测器、载物台、监视系统。定义工件进出口所在面为装置正面（前侧），操作面板位于装置左侧，检修门位于装置后侧。2 根 X 射线管可以同时照射，定义右侧 X 射线光管为射线源 1，左侧 X 射线光管为射线源 2，射线源 1 照射方向固定为向后、向左；射线源 2 照射方向固定为向后、向右。

X 射线实时成像装置后侧设有检修门，前侧设有进料工件门、出料工件门。本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置样式图见图 9-1、装置尺寸示意图见图 9-2。

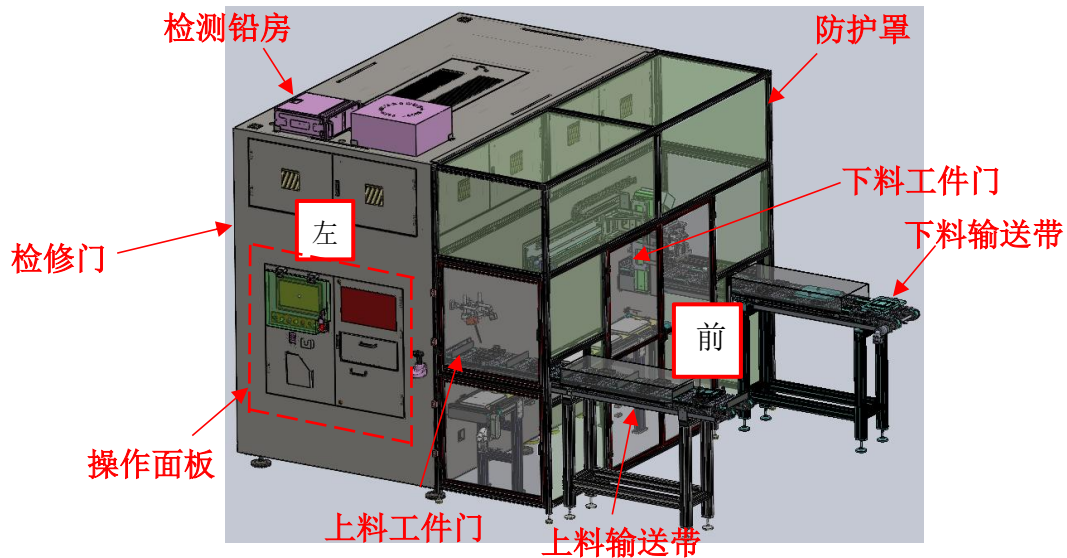


图 9-1 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置样式图

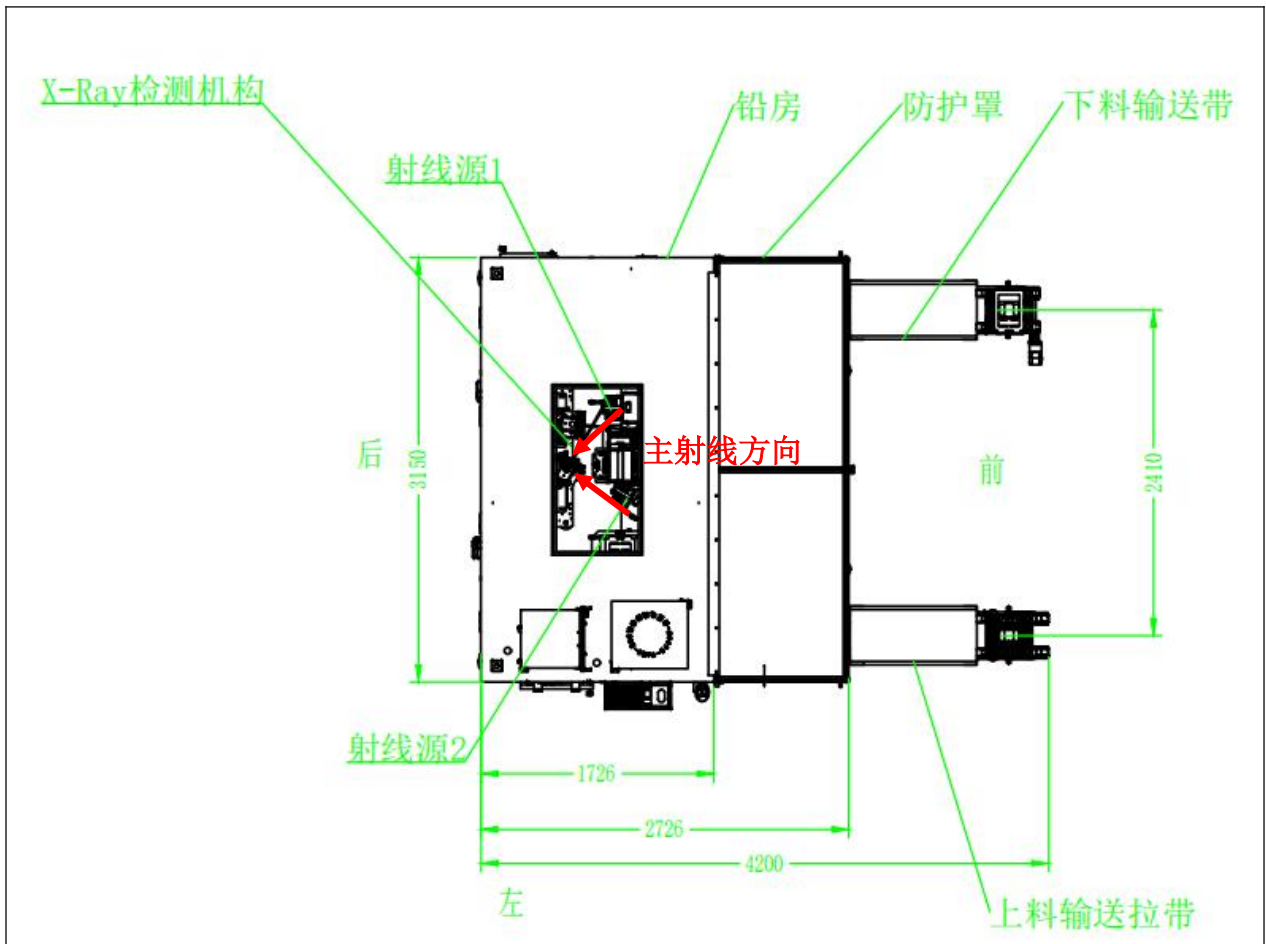


图 9-2 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置尺寸示意图 单位：mm

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机尺寸为 2974mm（长）×1962mm（宽）×2227mm（高），主要由操作台、检测铅房组成，铅房内部安装有 1 根 X 射线管、数字平板探测器、载物台、监视系统。定义工件门所在面为装置正面（前侧），X 射线管的照射方向固定为从左向右，本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机前侧设有工件门，左侧设有电柜门、后侧设有检修门。

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机样式图见图 9-3、装置尺寸示意图见图 9-4。

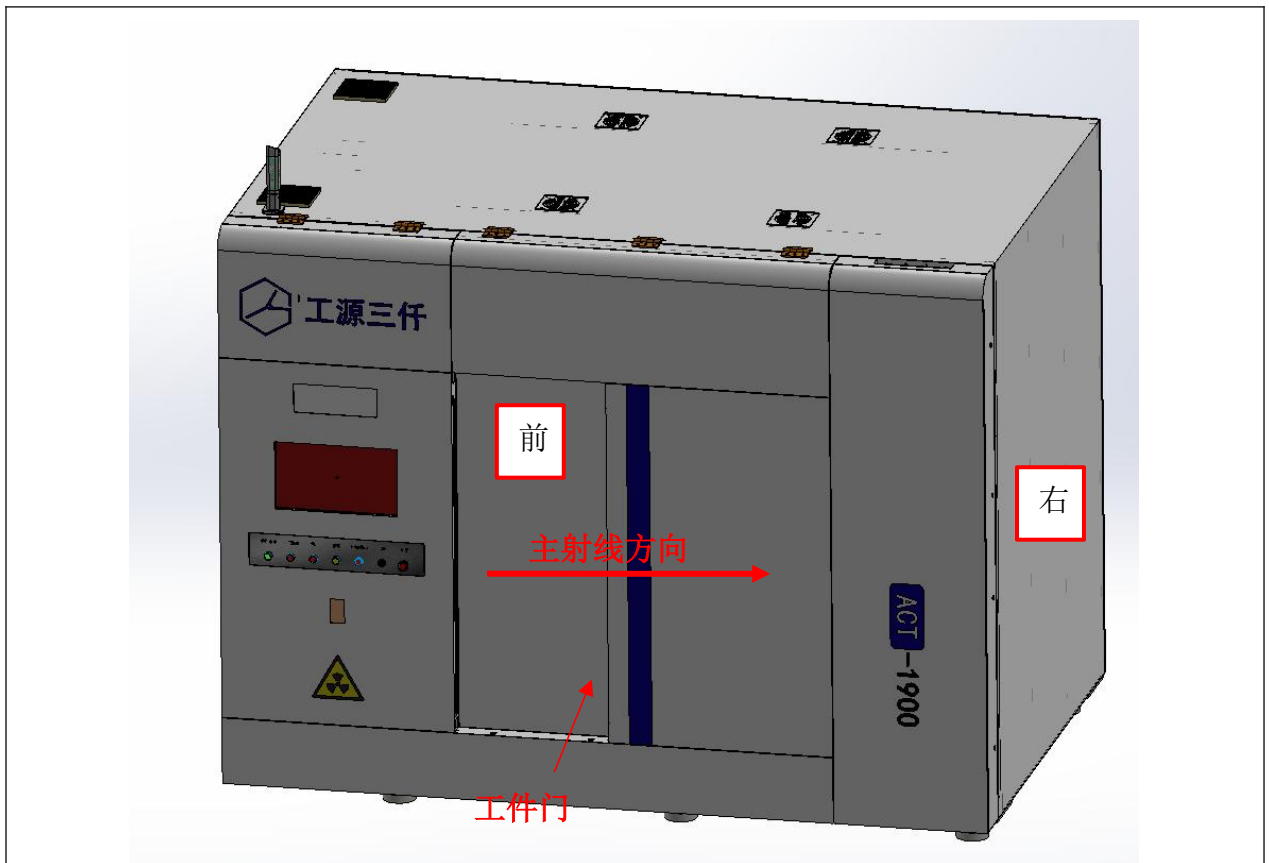


图 9-3 ACT-1900 型离线 CT 检测机样式图

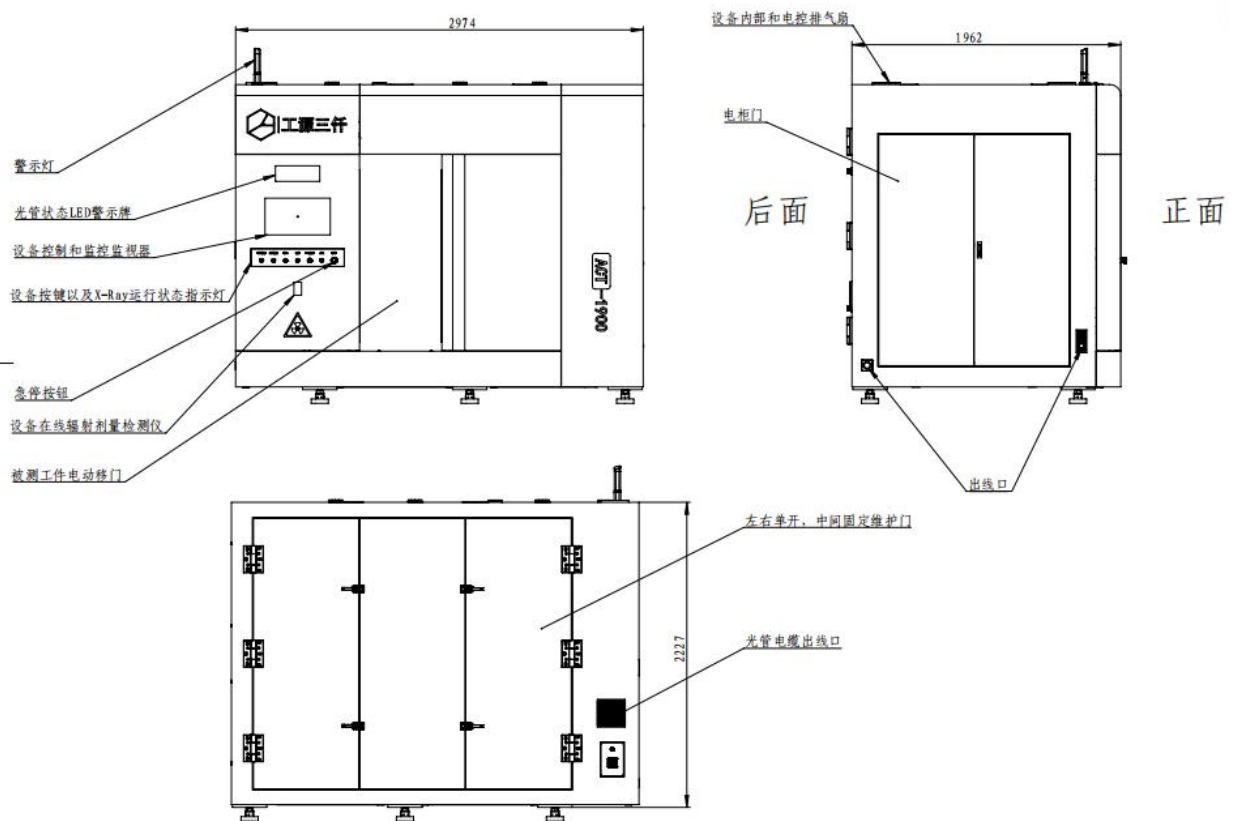


图 9-4 ACT-1900 型离线 CT 检测机尺寸示意图

单位: mm

2、X 射线检测装置工作原理

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、钽等）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，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子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 $0.001\sim 0.1\text{nm}$ 。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 9-5。

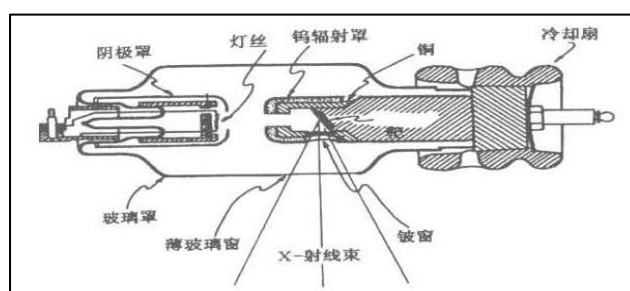


图 9-5 典型的 X 射线管结构图

X 射线检测装置原理是依据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，物质密度越大，射线强度减弱越大，X 射线穿透被检工件后被数字平板探测器所接收，数字平板探测器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像，按照一定的图像重建算法，即可获得被检工件截面一薄层无影像重叠的断层扫描（CT）图像，重复上述过程又可获得一个新的断层图像，当测得足够多的二维断层图像就可重建出三维图像。同时，可根据三维图像查看工件内部的缺陷性质、大小、位置等信息，可迅速对工件缺陷进行辨别，从而达到无损检测的目的。

3、工艺流程及产污环节

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置工艺流程

本项目使用的 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置连接在生产线上，辐射工作人员设置好检测参数后，装置进行自动连续作业。工件从前道热压机输出，通过上料输送带自动传输至 X 射线实时成像装置检测铅房内的载物台，工件门自动开合，X 射线出束期间，X 射线实时成像装置自动完成检测并保存分析数据，无需人员实时干预曝光检测，检测后的工件通过下料输送带自动传输至后道烘烤机。

具体工作流程如下：

①准备：辐射工作人员巡视设备周围情况，检查设备安全装置情况，须所有辐射安全措施均有效情况下才能进行工件检测；

②开机、启动：辐射工作人员在操作面板处启动设备，打开操作软件，开启自动检测程序，根据待检工件的材质、厚度选取曝光条件、确定曝光参数；

③工件传入：工件从前道热压机输出，上料工件门自动打开，工件通过上料输送带自动传输至 X 射线实时成像装置检测铅房内的载物台，上料工件门自动关闭；

(4) 曝光检测：装置进入自动采集扫描状态，X 射线出束开关自动打开，启动曝光，进行无损检测，检测期间 X 射线管发出 X 射线电离曝光室中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；达到预定的曝光时间后关机，停止出束，完成曝光作业；

(5) 工件传出：检测完成后，X 射线出束开关自动关闭，待 X 射线不再出束后，下料工件门自动打开，工件通过下料输送带自动传输至后道烘烤机，下一个待检工件通过上料输送带自动传输至检测铅房内部，开始下一循环的检测。

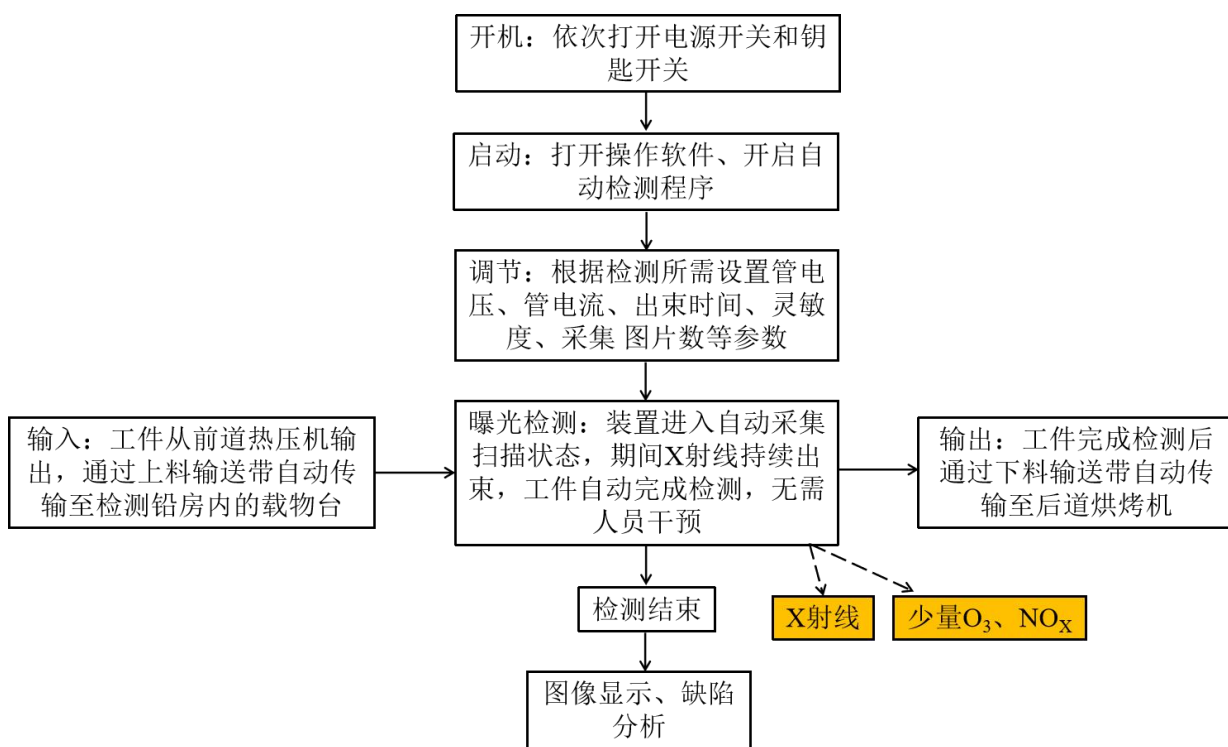


图 9-6 本项目 X 射线实时成像装置工艺流程及产污环节分析示意图

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机工艺流程

①准备：工作人员巡视设备周围情况，检查设备安全装置情况，须在所有辐射安全措施均有效情况下才能进行工件检测，根据待检工件的材质、厚度选取曝光条件、确定曝光参数；

②放置工件：辐射工作人员从离线 CT 检测机正面手动打开工件门，辐射工作人员位于离线 CT 检测机工件门外，无需进入检测室，人工用手将被测件置于样品台，关闭工件门，辐射工作人员在操作面板处通过控制系统调节探测器，使被测件处在合适的检测位置；

③曝光检测：设置管电压、管电流、曝光时间等参数后，打开 X 射线出束开关，启动曝光，进行无损检测，检测期间 X 射线管发出 X 射线电离检测室中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；达到预定的曝光时间后关机，停止出束，完成曝光作业；

④读片：检测过程中，数字探测器接收 X 射线图像，然后再由图像分析软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。工作人员根据图像进行缺陷分析，判断样品是否合格；

⑤工件取出：检测完成后，关闭 X 射线出束开关，待 X 射线不再出束后，打开工件门，人工将工件取出。

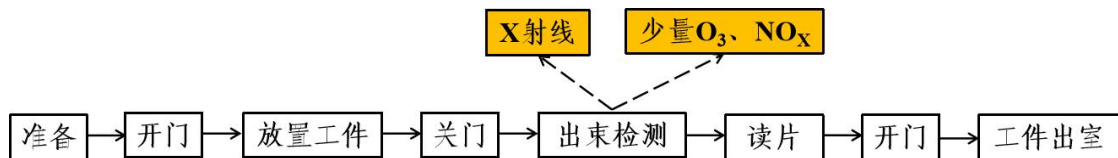


图 9-7 本项目离线 CT 检测机工艺流程及产污环节分析示意图

4、人员配置及工作制度

工作制度：本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置检测对象为锂电池极片，形状为矩形，规格为 150mm×300mm×15mm，日检测最大工件数 1200 片，单个工件曝光检测时间 2s，设备日开机曝光时间约 0.66 小时，每年工作约 300 天（50 周），每台设备年曝光时间约为 200h。AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置为两班制运行，设备每班日开机曝光时间约 0.33 小时，每班年曝光时间约 100 小时。

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机检测对象为锂电池极片，形状为矩形，规格为 10~70mm×140~350mm×85~250mm，日检测最大工件数 280 片，单个工件曝光检测时间 2s，设备日开机曝光时间约 0.156 小时，每年工作约 300 天（50 周），每台设备年曝光时间约为 47h。ACT-1900 型离线 CT 检测机为两班制运行，设备每班日开机曝光时间约 0.078

小时，每班年曝光时间约 23.5 小时。

人员配置：本项目扩建 2 台 X 射线检测装置，均为两班制运行，公司拟新增 4 名辐射工作人员专门从事本次扩建 2 台 X 射线检测装置的辐射工作，不再从事其他辐射工作。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位现有 22 枚V类放射源，建设单位已建立辐射安全与防护相关规章制度，各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。每年对放射源进行防护检测，建设单位现有 12 名辐射工作人员，已委托检测单位对 12 名辐射工作人员进行个人剂量检测，已建立辐射工作人员个人剂量监测档案，定期对辐射工作人员进行培训。原有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）相应要求。

污染源项描述

1、辐射污染源分析

由 X 射线检测装置工作原理可知，只有在 X 射线检测装置开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，因此正常工况时，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有用线束辐射、漏射线辐射、散射线辐射三类：

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 AXI-5100-A2型X射线实时成像装置配有2根X射线光管，2根X射线光管参数一致。ACT-1900型离线CT检测机配有1根X射线光管。本项目AXI-5100-A2型X射线实时成像装置、ACT-1900型离线CT检测机X射线输出量使用厂家提供剂量率资料中数据，详细参数见表9-1。

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。本项目AXI-5100-A2型X射线实时成像装置、ACT-1900型离线CT检测机根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表1读取本项目距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率。

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/T 250-2014），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 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置最大管电压为 110kV，90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值保守取 110kV；ACT-1900 型离线 CT 检测机最大管电压为 225kV，X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 200kV。

表 9-1 本项目 2 台 X 射线检测装置技术参数一览表

设备名称及型号	AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置	ACT-1900 型离线 CT 检测机
最大管电压	110kV	225kV
最大管电流	0.2mA	3mA
额定功率	16W	320W
滤过条件	0.8mmBe	0.6mmAl
有用线束张角	120°	30°
1m 处主射束输出量	3.5mSv·m ² / (mA·min) =3.5×6×10 ⁴ μSv·m ² / (mA·h)	33mSv·m ² / (mA·min) =33×6×10 ⁴ μSv·m ² / (mA·h)
泄漏辐射剂量率	1×10 ³ μSv/h	5×10 ³ μSv/h
90°散射后能量	110kV	200kV

2、非辐射污染源分析

本项目 2 台 X 射线检测装置运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废物产生。

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置和 ACT-1900 型离线 CT 检测机在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，2 台 X 射线检测装置铅房内均设置通风装置，臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，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周围环境空气质量影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、工作场所布局及分区

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置正面朝东，X 射线实时成像装置设计有检测铅房及操作面板，操作面板位于 X 射线实时成像装置南侧（左侧）外部，与装置相连，射线源 1 照射方向固定为向后、向左；射线源 2 照射方向固定为向后、向右。

本项目将 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置检测铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置南北方向 1m、西侧 1.5m、东侧传送带区域范围作为本项目的辐射防护监督区，在监督区边界地面划定警示线，工作期间禁止无关人员进入。AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置控制区及监督区示意图见图 10-1。

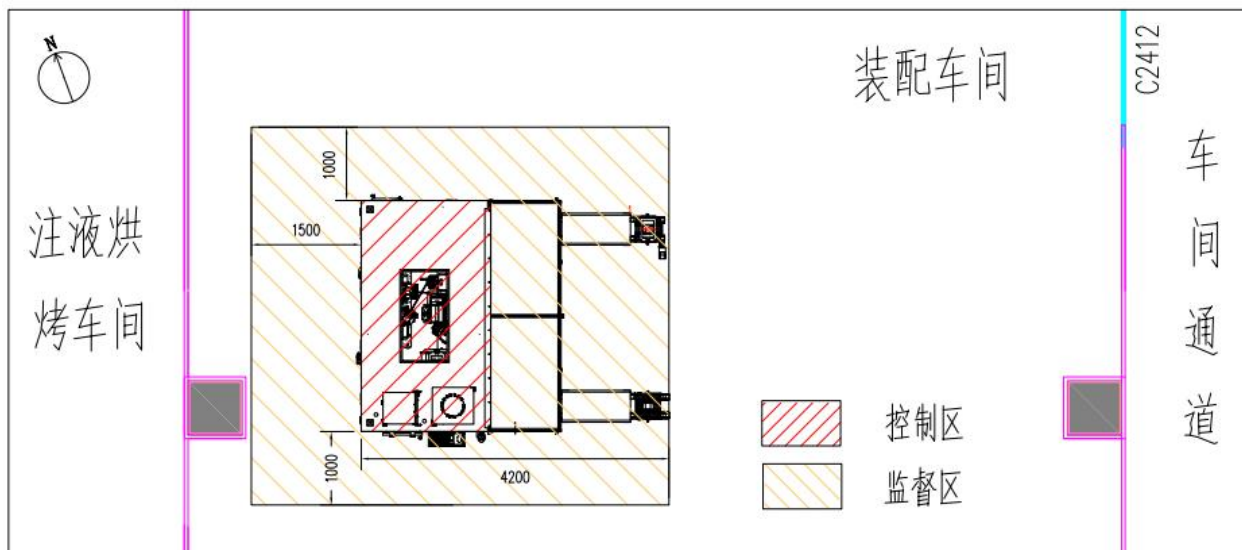


图 10-1 本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置监督区及控制区示意图（单位 mm）

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机正面朝东，离线 CT 检测机设计有检测铅房和操作台，操作台与检测铅房分开独立设置，操作台放置于检测铅房东南侧（前方左侧），避开主射线方向。

本项目将 ACT-1900 型离线 CT 检测机检测铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 ACT-1900 型离线 CT 检测机周围 2m 区域范围作为本

项目的辐射防护监督区，在监督区边界地面划定警示线，工作期间禁止无关人员进入。

ACT-1900 型离线 CT 检测机控制区及监督区示意图见图 10-2。

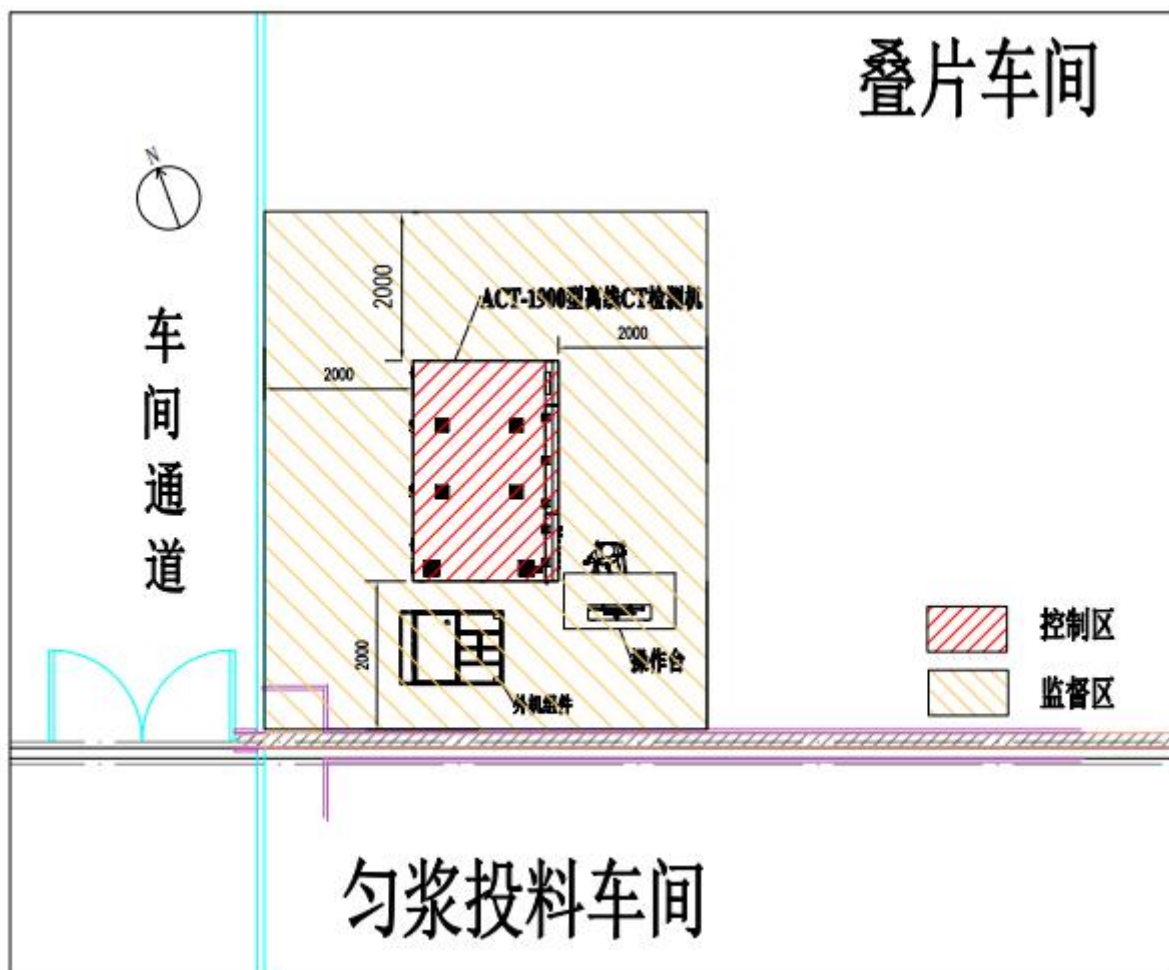


图 10-2 本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机监督区及控制区示意图（单位 mm）

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》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。

2、工作场所辐射屏蔽设计及射线装置主要参数

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置检测铅房屏蔽防护参数见表 10-1。

表 10-1 本项目 X 射线实时成像装置曝光室屏蔽防护参数一览表

X 射线实时成像装置型号	屏蔽参数		检测装置尺寸参数	主射线方向
	位置	屏蔽体材料及厚度		
AXI-5100-A2	前面及进料工件门、出料工件门	5mm Pb	3150mm (长) ×4200mm	射线源 1 朝向 后、左；
	左侧	5mm Pb		

	右侧	5mm Pb	(宽) (含 防尘罩和输 送带) ×2630mm (高)	射线源 2 朝向 后、右; 最大出 束角度 为 120°
	后侧及检修门	5mm Pb		
	顶部	5mm Pb		
	底部	5mm Pb		
	电缆孔	6mm Pb		
	通风口	6mm Pb		

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机检测铅房屏蔽防护参数见表 10-2。

表 10-2 本项目离线 CT 检测机曝光室屏蔽防护参数一览表

离线 CT 检测机型号	屏蔽参数		检测装置尺寸参数	主射线方向
	位置	屏蔽体材料及厚度		
ACT-1900	前面及工件门	2mmFe+12mm Pb+2mmFe	2974mm (长) ×1962mm (宽) ×2227mm (高)	主射线方向从左向右照射,最大出束角度为 30°
	左侧	2mmFe+14mm Pb+2mmFe		
	右侧	2mmFe+14mm Pb+2mmFe		
	后侧及检修门	2mmFe+12mm Pb+2mmFe		
	顶部	2mmFe+12mm Pb+2mmFe		
	底部	2mmFe+8mm Pb+20mmFe		
	通风口	2mmFe+8mm Pb+2mmFe		
	电缆孔	2mmFe+8mm Pb+2mmFe		

3、工作场所辐射安全措施

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置

①AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置辐射工作人员在装置工作时无法进入检测装置内部, 本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置设计有门机联锁装置, 只有在门 (包括工件门、检修门) 关闭后才能进行出束, 探伤作业。在探伤过程中, 任一防护门被意外打开时, 能立刻停止出束

②本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置左侧操作面板上方设显示“预备”和“照射”状态的指示灯, 检测装置工作时, 指示灯开启, 警告无关人员勿靠近装置或在装置周围做不必要的逗留。“预备”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“预备”和“照射”信号意义的说明。

③本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置表面设置“当心电离辐射”警告标志和中

文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

④本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置左侧操作面板设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，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。

⑤本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置在左侧操作面板，铅房内左侧、右侧各安装 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

⑥本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置内部设有 2 个视频监控，可监视检查装置区域内检查装置的运行情况。

⑦本项目 AXI-5100-A2 型 X 射 X 射线实时成像装置的工件门、检修门与屏蔽体的间隙微小（可忽略），并设置搭接，防止射线泄漏。

⑧项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置电缆走线孔和通风口加装带 6mm 铅板夹层的屏蔽保护罩作为开口地方的屏蔽补偿，屏蔽保护罩将走线孔和通风口完全遮蔽，确保电缆孔不破坏检测铅房的整体防护效果。

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机

①本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机设计有门机联锁装置，只有在门（包括工件门、检修门）关闭后才能进行出束，探伤作业。在探伤过程中，任一防护门被意外打开时，能立刻停止出束

②本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机顶部和正面设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，正面设显示光管状态 LED 警示牌，检测装置工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置周围做不必要的逗留。“预备”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“预备”和“照射”信号意义的说明。

③本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

④本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机在检测机外部前侧，内部左前、左后、右后侧各安装 1 个急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

⑤本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机检测铅房内部设有 2 个视频监控，可覆盖监控整个检测铅房内部情况，监控器设置在检测机前侧，操作人员可通过监控器实时观察检测铅房内部情况。

⑥本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机配置设备在线辐射剂量检测仪。

⑦本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机的工件门、检修门与屏蔽体的间隙微小（可忽

略)，并设置搭接，防止射线泄漏。

⑧项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机电缆走线孔和通风口加装带 6mm 铅板夹层的屏蔽保护罩作为开口地方的屏蔽补偿，屏蔽保护罩将走线孔和通风口完全遮蔽，确保电缆孔不破坏检测铅房的整体防护效果。

4、探伤操作的放射防护措施

(1) 正常使用时，辐射工作人员应检查装置防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施是否有效。

(2) 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，当剂量率达到设定的报警阈值报警时，应立即停止检测工作，并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 定期测量 X 射线检测装置周围区域的剂量率水平，包括辐射工作人员工位和公众居留处，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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员交接班或当班使用便携式 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，辐射工作人员都应该检查安全装置，只有在防护门关闭、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、探伤设施的退役要求

(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) 清除本项目涉及的所有电离辐射警告标志和安全告知。

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、液体废物

本项目运行后不会产生放射性液体废物。

3、气体废物

本项目 X 射线检测装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置设置通风装置，通过排风装置（排风量约为 1080m³/h）进行换气，装置检测铅房体积约为 14.3m³，换气次数大于 3 次/小时；ACT-1900 型离线 CT 检测机设置通风装置，通过排风装置（排风量约为 286m³/h）进行换气，装置体积约为 13m³，换气次数大于 3 次/小时。臭氧常温下 50 分钟后可自行分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 2 台 X 射线检测装置建设项目，已在生产工厂内组装完成，仅在厂内完成安装，过程中会产生少量的噪声和固体废物。本项目施工期很短施工量小，对车间厂房周围环境的影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 2 台 X 射线检测装置工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响，本项目 2 台 X 射线检测装置设备自带铅房进行屏蔽防护。1#电芯厂房 3 层 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置与 2#电芯厂房 3 层 ACT-1900 型离线 CT 检测机相距约 128m，根据理论估算结果和距离衰减，2 台 X 射线检测装置之间基本无影响，故不考虑 2 台 X 射线检测装置之间的叠加影响。

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置配有 2 根 X 射线管，射线源 1 距离 X 射线实时成像装置外表面最近距离为前侧 740mm、后侧 986mm、左侧 2034mm、右侧 1116mm、顶部 1187mm、底部 825mm，朝向后侧、左侧照射，有用线束张角 120°。射线源 2 距离 X 射线实时成像装置最近距离为前侧 740mm、后侧 986mm、左侧 1420mm、右侧 1730mm、顶部 1187mm、底部 825mm，朝向后侧、右侧照射，有用线束张角 120°。本项目保守将 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置各面均按照有用线束照射进行预测计算。

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机运行时，主射线固定从左向右照射，本项目离线 CT 检测机运行时，X 射线管距离线 CT 检测机左侧外表面为 1025mm，距离右侧外表面为 1949mm，距离线 CT 检测机前侧外表面为 746mm，距离线 CT 检测机后侧外表面为 1216mm，距离线 CT 检测机底部外表面最近距离为 754mm，距离线 CT 检测机顶部外表面最近距离为 673mm，有用线束张角 30°，本项目计算时将离线 CT 检测机右侧按照有用线束照射进行预测计算，将前、后、左、检修门、工件门、顶部、底部按照非有用线束照射进行预测计算。

1、有用线束屏蔽估算

本项目有用线束屏蔽预测计算模式采用《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：

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

式中：

I ：X 射线检测装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

B ：屏蔽透射因子，本项目有用线束屏蔽透射因子根据公式（4）进行计算。

2、非有用线束方向屏蔽效果预测

本项目非有用线束屏蔽预测计算模式采用《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

漏射辐射屏蔽计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (2)$$

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

H_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

B ：屏蔽透射因子，本项目根据公式（4）进行计算。

② 散射辐射

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

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

I ：X 射线检测装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

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；

R_s ：散射体至关注点的距离，单位为（m）；

R_0 ：辐射源点（靶点）至散射体的距离，单位为（m）；

B ：屏蔽透射因子，本项目根据公式（4）进行计算。

$$B=10^{-X/TVL}$$

(4)

式中：X：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL：半值层厚度。

3、参考点处剂量率理论计算结果

(1) AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置有用线束方向关注点处的屏蔽防护计算结果见表 11-1。

表 11-1 有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	$I^{\text{①}}$ (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ (mA·h)	$B^{\text{②}}$	射线源 1		射线源 2		2 根 X 射线管叠加后 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
					$R^{\text{③}}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	$R^{\text{④}}$ (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	
前侧及进料工件门、出料工件门	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	1.04	0.055	1.04	0.055	0.111
后侧及检修门	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	1.286	0.036	1.286	0.036	0.072
左侧	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	2.334	0.011	1.72	0.020	0.031
右侧	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	1.416	0.030	2.03	0.015	0.044
顶部	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	1.487	0.027	1.487	0.027	0.054
底部	5mmPb	0.145	$3.5\times 6\times 10^4$	1.96×10^{-6}	1.125	0.047	1.125	0.047	0.095

注：①X 射线实时成像装置以额定功率 16W、最大管电压 110kV 运行时，管电流为 $16/110=0.145\text{mA}$

②取值参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，管电压 100kV 时，TVL 为 0.84mm 铅，管电压 150kV 时，TVL 为 0.96mm 铅，内插法计算得管电压 110kV 时，TVL 为 0.876mm 铅，然后按公式（4）计算得出

③取值为射线源 1 距离 X 射线实时成像装置外表面最近距离外 30cm

④取值为射线源 2 距离 X 射线实时成像装置外表面最近距离外 30cm

从表 11-1 预测结果可以看出，当本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置在管电压为 110kV，管电流为 0.145mA 的满功率运行时，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“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置使用最大管电流 0.2mA 满功率运行时，此时管电压为 80kV，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，故项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置的屏蔽防护能力也能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

(2) ACT-1900 型离线 CT 检测机

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机有用线束方向关注点处的屏蔽防护计算结果见表 11-2。

表 11-2 有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度 ^①	I ^② (mA)	H ₀ μSv·m ² / (mA·h)	B ^③	R ^④ (m)	H (μSv/h)
右侧	14mmPb	1.422	33×6×10 ⁴	3.08×10 ⁻⁷	2.246	0.17

注：①本项目不考虑钢板的屏蔽效果，仅保守考虑铅的屏蔽效果

②X 射线实时成像装置以额定功率 320W、最大管电压 225kV 运行时，管电流为 320/225=1.422mA

③取值参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，管电压 200kV 时，TVL 为 1.4mm 铅，管电压 250kV 时，TVL 为 2.9mm 铅，内插法计算得管电压 225kV 时，TVL 为 2.15mm 铅，然后按公式（4）计算得出

④取值为 X 射线管距离 ACT-1900 型离线 CT 检测机右侧外表面最近距离外 30cm

本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机非有用线束方向关注点处的屏蔽防护计算结果见表 11-3。

表 11-3 非有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	前侧及工件门	后侧及检测门	左侧	底部	顶部	
X 设计厚度 ^①	12mmPb	12mmPb	14mmPb	8mmPb	12mmPb	
泄漏辐射	B ^②	2.62×10 ⁻⁶	2.62×10 ⁻⁶	3.08×10 ⁻⁷	1.90×10 ⁻⁴	2.62×10 ⁻⁶
	H _L (μSv/h)	5×10 ³	5×10 ³	5×10 ³	5×10 ³	5×10 ³
	R (m) ^③	1.046	1.516	1.325	1.054	0.973
	Ḣ(μSv/h)	0.012	0.006	0.001	0.856	0.014
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值	200kV	200kV	200kV	200kV	200kV
	B ^④	2.68×10 ⁻⁹	2.68×10 ⁻⁹	1×10 ⁻¹⁰	1.93×10 ⁻⁶	2.68×10 ⁻⁹
	I (mA) ^⑤	1.422	1.422	1.422	1.422	1.422
	H ₀ μSv·m ² / (mA·h)	33×6×10 ⁴	33×6×10 ⁴	33×6×10 ⁴	33×6×10 ⁴	33×6×10 ⁴
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	取 1/50（数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）B.4.2）				
	Rs ^⑥ (m)	1.046	1.516	1.325	1.054	0.973
	Ḣ(μSv/h)	0.001	0.001	<0.001	0.979	0.002
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	0.013	0.006	0.001	1.835	0.015	

注：①本项目不考虑钢板的屏蔽效果，仅保守考虑铅的屏蔽效果

②取值参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，管电压 200kV 时，TVL 为 1.4mm 铅，管电压 250kV 时，TVL 为 2.9mm 铅，内插法计算得管电压 225kV 时，TVL 为 2.15mm 铅，然后按公式（4）计算得出

- ③取值为 X 射线管距离 ACT-1900 型离线 CT 检测机外表面对应方向的最近距离外 30cm
- ④取值参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，管电压 200kV 时，TVL 为 1.4mm 铅，然后按公式（4）计算得出
- ⑤X 射线实时成像装置以额定功率 320W、最大管电压 225kV 运行时，管电流为 $320/225=1.422\text{mA}$
- ⑥散射体至关注点的距离保守不考虑辐射源点与散射体之间的距离影响。

从表 11-2、表 11-3 预测结果可以看出，当本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机在管电压为 225kV，管电流为 1.422mA 的满功率运行时，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“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机使用最大管电流 3mA 满功率运行时，此时管电压为 107kV，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，故项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机的屏蔽防护能力也能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。

4、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：

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

式中： H_1 —距射线源 R_1 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_2 —距射线源 R_2 处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_1 —装置各屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R_2 —监督区外各计算点位距射线源的距离，m。

（2）年剂量估算

对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

$$H_C = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (6)$$

式中： H_C ：关注点的年剂量水平， mSv/a ；

$H_{c,d}$ ：关注点处剂量率， mSv/h ；

t ：X 射线检测装置年照射时间， h/a ；

U ：X 射线检测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。

根据表 11-1、11-2、11-3 与公式 (5)，可以得出各参考点位处辐射剂量率水平，再根据公式 (6)，可估算出本项目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表 11-4、11-5。

表 11-4 本项目 AXI-5100-A2 型 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	人员	关注点与装置铅房外表面最近距离(m)	辐射剂量率取值($\dot{H}_{c,d}$) ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 U	居留因子 T	周工作时间 (h)	周剂量估算值($\mu\text{Sv/周}$)	剂量约束值($\mu\text{Sv/周}$)	年工作时间(h)	年剂量估算值(mSv/年)	剂量约束值(mSv/年)	结论
操作位	职业人员	0.3	0.031	1	1	2	0.062	100	100	0.003	5	满足
东侧装配车间工作人员	公众	2.474	0.010	1	1	2	0.019	5	3000	0.001	0.1	满足
南侧装配车间工作人员		1	0.010	1	1	2	0.019	5	3000	0.001	0.1	满足
西侧装配车间工作人员		1.5	0.015	1	1	2	0.029	5	3000	0.001	0.1	满足
北侧装配车间工作人员		1	0.017	1	1	2	0.035	5	3000	0.002	0.1	满足
楼顶		4.3	0.003	1	1/8	2	0.001	5	3000	<0.001	0.1	满足
二层生产车间工作人员		4.8	0.003	1	1	2	0.007	5	3000	<0.001	0.1	满足

表 11-5 本项目 ACT-1900 型离线 CT 检测机周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点	人员	关注点与装置铅房外表面最近距离(m)	辐射剂量率取值($\dot{H}_{c,d}$) ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 U	居留因子 T	周工作时间 (h)	周剂量估算值($\mu\text{Sv/周}$)	剂量约束值($\mu\text{Sv/周}$)	年工作时间(h)	年剂量估算值(mSv/年)	剂量约束值(mSv/年)	结论
操作位	职业人员	0.3	0.013	1	1	0.47	0.006	100	23.5	<0.001	5	满足
东侧叠片车间工作人员	公众	2	0.002	1	1	0.47	0.001	5	23.5	<0.001	0.1	满足
南侧匀浆投料车间工作人员		2	0.000	1	1	0.47	<0.001	5	23.5	<0.001	0.1	满足

西侧车间通道	2	0.001	1	1/4	0.47	<0.001	5	23.5	<0.001	0.1	满足
北侧叠片车间工作人员	2	0.056	1	1	0.47	0.026	5	23.5	0.001	0.1	满足
楼顶	4.7	0.001	1	1/8	0.47	<0.001	5	23.5	<0.001	0.1	满足
二层生产车间工作人员	4.8	0.066	1	1	0.47	0.031	5	23.5	0.002	0.1	满足

从表 11-4、11-5 中预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众的年受照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》（GB 18871-2002）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）。

事故影响分析

1、主要事故风险

X 射线检测装置只有在开机曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线检测装置多为开机误照射事故，主要有：

（1）门-机联锁装置失灵，工件门、检修防护门未关闭就进行无损检测作业或者无损检测时工件门、检修防护门被意外打开，致使 X 射线泄漏到检测室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（2）机器调试、检修时误照。X 射线检测装置在调试或检修过程中，责任者脱岗，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

2、辐射事故预防措施

苏州清陶动力科技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的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行无损检测作业，每次使用 X 射线检测装置前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性；

（2）定期检测装置周围的辐射水平，确保工作安全有效运转；

（3）公司拟制定辐射安全管理制度，同时，公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训；

（4）定期检查 X 射线检测装置及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生，从而保证项目

正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在事故发生后 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。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》等法律法规要求，使用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 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

苏州清陶动力科技有限公司已成立了专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确了各成员管理职责。公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员、1 名辐射安全与环境保护管理工作人员，本项目辐射安全与环境保护管理工作人员和辐射工作人员均需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核技术利用辐射安全与防护考核，通过考核后，方能从事本项目辐射工作。

核技术利用辐射安全考核内容包括公共科目和专业科目两部分。公共科目包括《核技术利用辐射安全法律法规》、《电离辐射安全与防护基础》，专业科目辐射安全与环境保护管理工作人员报考类别为“辐射安全管理”，辐射工作人员报考类别为“X 射线探伤”。

辐射安全管理规章制度

苏州清陶动力科技有限公司根据《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求，并针对现有核技术利用项目具体情况制定了辐射安全管理制度，但已制定辐射安全管理制度主要针对苏州清陶动力科技有限公司现有 V 类放射源管理要求，公司需对现有的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，现对各项辐射安全管理制度需完善的要点提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：进一步根据单位的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线检测装置的安全防护和管理落实到个人。

操作规程：完善 X 射线检测装置操作规程，明确 X 射线检测装置辐射工作人员的资质条件要求、操作步骤以及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确 X 射线检测装置的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪

或检测仪器。

岗位职责：完善岗位职责，明确 X 射线检测装置操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

设备检修维护制度：公司设备检修委托厂商进行，在日常使用过程中，明确 X 射线检测装置的安全联锁装置、工作状态指示灯等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是 X 射线检测装置的辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确 X 射线检测装置操作人员的培训内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

个人剂量监测和职业健康体检制度：完善个人剂量监测和职业健康体检制度，明确 X 射线检测装置操作人员开展辐射工作时应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，明确 X 射线检测装置操作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：完善辐射环境监测方案，明确 X 射线检测装置日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：针对 X 射线检测装置可能产生的辐射事故完善辐射事故应急预案，明确 X 射线检测装置辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，公司应当立即启动事故应急预案，采取必要的防范措施，并在事故发生后一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。同时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告。

监测异常报告制度：补充制定监测异常报告制度，明确按照相关标准要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测；当发现辐射工作场所及周围环境监测出现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告；当发现个人剂量监测结果异常的，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。

本项目 X 射线检测装置操作人员应在公司辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。

此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度应张贴于 X 射线检测装置拟建处附近的醒目处。

辐射监测

1、监测仪器

公司使用的 X 射线检测装置属于 II 类射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用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。

公司拟为本项目配备 2 台便携式 X- γ 剂量率仪，用于对本项目 X 射线检测装置日常运行时周围的辐射水平进行监测；拟为本项目辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

2、监测方案

苏州清陶动力科技有限公司根据辐射管理要求，拟制定如下监测方案：

(1) 请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，周期：每年 1 次；

(2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，个人剂量档案应当长期保存；

(3) 利用自配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，建议每季度一次，并记录档案。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，苏州清陶动力科技有限公司应针对本公司具体项目产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容包括：

- (1) 应急机构、组成人员以及职责分工；
- (2) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (3) 应急人员的组织、培训及联系方式；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 应急演习计划。

苏州清陶动力科技有限公司应依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，明确建立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。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司将积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

因生产的锂电池极片质检需求，公司拟在 1#电芯厂房 3 层装配车间扩建 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置，在 2#电芯厂房 3 层叠片车间扩建 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机对生产的锂电池极片进行检测。

2、实践正当性评价和产业政策

苏州清陶动力科技有限公司拟在厂区内扩建 2 台 X 射线检测装置，对公司生产的锂电池极片内部结构进行检测，确保其产品质量。在做好辐射防护的基础上，其建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够弥补其可能引起的辐射危害，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

本项目使用 X 射线检测装置对建设单位生产的锂电池极片内部结构进行无损检测，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中“十四、机械中 工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

3、选址、布局合理性评价

本项目建设地点位于昆山开发区金桂路 1 号苏州清陶动力科技有限公司厂区。

本项目拟于 1#电芯厂房 3 层装配车间扩建 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置，1#电芯厂房为 3 层建筑，本项目 1 台 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置东侧 50m 评价范围内依次为装配车间、车间通道、动辅机房 4、厂区道路、2#电芯厂房；南侧 50m 评价范围内依次为装配车间、负极模切、正极模切、楼梯间、闲置区域、动辅机房 5；西侧 50m 评价范围内依次为装配车间、注液烘烤车间、闲置区域、动辅机房 1、楼梯间、动辅机房 2、；北侧 50m 评价范围内依次为装配车间、高温静止库、二封装、楼梯间、动辅机房 3、化成车间、缓冲通道、更衣室；下方为二层生产车间；上方为楼项。

本项目拟于 2#电芯厂房 3 层叠片车间扩建 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机，2#电芯厂房为 3 层建筑。本项目 1 台 ACT-1900 型离线 CT 检测机东侧 50m 评价范围内依次为叠片车间、车间通道；南侧 50m 评价范围内依次为匀浆投料车间、楼梯间 2、动辅机房 2、电气间、原材料仓库；西侧 50m 评价范围内依次为车间通道、卫生间、厂区道路、1#电芯厂房；北侧 50m 评价范围内依次为叠片车间、楼梯间 1、动辅机房 1、极卷库；

下方为二层生产车间；上方为楼顶。

本项目评价范围内无居民区、学校等环境敏感目标，且不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域。根据现场检测与环评预测，本项目的建设符合江苏省生态环境分区管控要求。因此，本项目周围无环境制约因素，项目选址合理。

4、辐射防护措施评价

本项目 2 台 X 射线检测装置通过自带铅板的检测铅房对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目拟配备的 2 台 X 射线检测装置以额定功率运行时其表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的剂量率限值要求。

本项目将 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置检测铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置南北方向 1m、西侧 1.5m、东侧传送带区域范围作为本项目的辐射防护监督区，在监督区边界地面划定警示线，工作期间禁止无关人员进入。

本项目将 ACT-1900 型离线 CT 检测机检测铅房边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 ACT-1900 型离线 CT 检测机周围 2m 区域范围作为本项目的辐射防护监督区，在监督区边界地面划定警示线，工作期间禁止无关人员进入。

5、辐射安全措施评价

本项目拟落实的辐射安全措施包括：AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置设计有门机联锁装置；左侧操作面板上方设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明；装置表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；装置左侧操作面板设置钥匙开关；装置在左侧操作面板，铅房内左侧、右侧各安装 1 个急停按钮；装置内部设有 2 个视频监控。

ACT-1900 型离线 CT 检测机设计有门机联锁装置；离线 CT 检测机顶部和正面设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，正面设显示光管状态 LED 警示牌，在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明；离线 CT 检测机表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；离线 CT 检测机在检测机外部前侧，内部左前、左后、右后侧各安装 1 个急停按钮；检测铅房内设有 2 个视频监控；离线 CT 检测机配置设备在线辐射剂量检测仪。

公司拟为本项目配备 2 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪，用于对 X 射线检测装置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。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算结果，本项目在做好个人防护措施、安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的要求。

7、三废处理处置

本项目 X 射线检测装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目 AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置设置通风装置，通过排风装置（排风量约为 1080m³/h）进行换气，装置体积约为 14.3m³，换气次数大于 3 次/小时；ACT-1900 型离线 CT 检测机设置通风装置，通过排风装置（排风量约为 286m³/h）进行换气，装置体积约为 13m³，换气次数大于 3 次/小时。臭氧常温下 50 分钟后可自行分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

8、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）公司配置辐射剂量监测仪器，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- （3）在项目运行前，公司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）在项目运行前对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。

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。同时在项目运行前完善相关的辐射安全管理制度；严格履行管理职能，评价认为企业具有使用和管理第II类射线装置的能力。

综上所述，苏州清陶动力科技有限公司 2 台 X 射线检测装置扩建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）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，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。

建议与承诺

(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) 建议项目环境保护设施竣工后 3 个月内进行竣工环保验收。

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员的管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用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的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施：本项目采用铅板对 X 射线进行屏蔽。</p> <p>AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置：检测铅房四周、顶部、底部、工件门、检修门均采用 5mm 厚铅板。</p> <p>ACT-1900 型离线 CT 检测机：定义工件门为装置前侧，检测铅房前面及工件门、后侧及检修门、顶部均采用 2mmFe+12mm Pb+2mmFe；左侧及右侧均采用 2mmFe+14mm Pb+2mmFe；底部采用 2mmFe+8mm Pb+20mmFe。</p>	<p>装置外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量率限值要求。辐射工作人员及周围公众年受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.1mSv）的要求。</p>	78
	<p>安全措施：AXI-5100-A2 型 X 射线实时成像装置设计有门机联锁装置；左侧操作面板上方设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明；装置表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；装置左侧操作面板设置钥匙开关；装置在左侧操作面板，铅房内左侧、右侧各安装 1 个急停按钮；装置内部设有 2 个视频监控。</p> <p>ACT-1900 型离线 CT 检测机设计有门机联锁装置；离线 CT 检测机顶部和正面设显示“预备”和“照射”状态的指示灯，正面设显示光管状态 LED 警示牌，在醒目的位置处应有对“预备”和“照射”信号意义的说明；离线 CT 检测机表面设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；离线 CT 检测机在检测机外部前侧，内</p>	<p>能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。</p>	

	部左前、左后、右后侧各安装 1 个急停按钮；检测铅房内设有 2 个视频监控；离线 CT 检测机配置设备在线辐射剂量检测仪。		
	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。		
污染防治措施	废气：2 台 X 射线检测装置铅房内设置通风装置，臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，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。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的管理要求。	2
人员配备	公司辐射工作人员均参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中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的管理要求。	1
	公司辐射工作人员均配备个人剂量计，每 3 个月定期送检，并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	1
	公司辐射工作人员均定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	1
监测仪器和防护用品	拟为本项目配备 2 台便携式 X-γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	4
辐射安全管理制度	在项目运行前完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。