

核技术利用建设项目

爱尔集新能源科技（南京）有限公司 3D 电子 计算机断层自动检测设备购置项目 环境影响报告表 （公示本）

爱尔集新能源科技（南京）有限公司（公章）

2023 年 9 月

生态环境部监制

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	6
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	13
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	25
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析	40
表 12 辐射安全管理	51
表 13 结论与建议	55
表 14 审批	59
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	60

附图：

附图 1 爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目地理位置示意图

附图 2 爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目周围环境示意图

附图 3 爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区 2 栋 3 层（中部）平面布置图

附图 4 爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区 2 栋 2 层（中部）平面布置图

附图 5 本项目工业 CT 辐射防护屏蔽设计图

附图 6 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置图

附件：

附件1 委托书及环评合同

附件2 射线装置承诺书

附件3 营业执照

附件4 江苏省投资项目备案证

附件5 辐射安全许可证

附件6 原有项目环保手续

附件7 原有辐射工作人员情况汇总结果

附件8 本项目工业CT装置拟建址辐射环境现状检测报告及检测资质

附件 9 装置厂家说明书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		3D 电子计算机断层自动检测设备购置项目			
建设单位		爱尔集新能源科技（南京）有限公司			
法人代表		***	联系人	***	联系电话
注册地址		南京市江宁区江宁街道弘利路 16 号、18 号			
建设项目地点		南京市江宁区江宁街道弘利路 16 号一期厂区 2 栋厂房 3 层			
立项审批部门		南京市江宁区行政审批局	批准文号	江宁审批投备（2023）298 号	
建设项目总投资（万元）		784.49	项目环保投资（万元）	79	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 ² ）
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他				
	<p>项目概述：</p> <p>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</p> <p>爱尔集新能源科技（南京）有限公司成立于2018年08月23日，原名乐金化学（南京）新能源科技有限公司，注册地位于江苏省南京市江宁区江宁街道弘利路16号、18号，法定代表人为林政焕。经营范围包括电池正极、电池负极、能量型动力电池单体及锂离子电池（锂离子动力电池、锂离子储能电池及锂离子小型电池）（含电池芯、</p>				

电池模块、电池组）的研究、开发、生产、加工；销售本公司生产的产品；自营和代理各类商品和技术的进出口业务（国家限定公司经营或禁止进出口的商品和技术除外），电池零配件销售。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司3D电子计算机断层自动检测设备购置项目已于2023年6月5日取得南京市江宁区行政审批局《江苏省投资项目备案证》（江宁审批投备〔2023〕298号），本项目代码为2302-320115-89-03-332259（见附件4）。爱尔集新能源科技（南京）有限公司现已取得辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证[A0917]”，种类和范围为“使用V类放射源；使用II类、III类射线装置”，有效期至2025年04月27日（见附件5）。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司因扩大生产需要，需新增1台工业CT装置，拟建于南京市江宁区江宁街道弘利路16号爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区2栋厂房3层组装half #2西侧，工业CT装置型号为SEC EVB-CTLS型，用于检测锂离子电池缺陷。该工业CT最大管电压为240kV，最大管电流为0.5mA，最大功率80W（装置厂家说明书见附件9）。工业CT装置预计日曝光时间4h、年开机工作250天、年曝光时间不超过1000h，公司拟为本项目工业CT装置新配备2名辐射工作人员。本项目无损检测工件为锂离子电池，电池表面由电池隔膜包裹，内部为电极片，其主要尺寸一般为：长514.4~548.2mm，宽77.1~109.7mm，厚7.493~8.115mm。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目核技术利用情况详见下表1-1：

表 1-1 爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目核技术利用情况表

射线装置											
序号	射线装置名称	数量	管电压(kV)	管电流(mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	备注
1	SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置	1	240	0.5	II	一期厂区 2 栋 厂房 3 层组装 half #2 西侧	使用	本次环评	/	/	最大功率 80W

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。根据《射线装置分类》，本项目工业 CT 属于II类射线装置；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），本项目属于“172

核技术利用建设项目”中“使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受爱尔集新能源科技（南京）有限公司委托，江苏润环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，编制了该项目环境影响报告表。委托书及环评合同见附件 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

本项目位于江苏省南京市江宁区江宁街道弘利路 16 号爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，一期厂区东侧为弘利路，南侧为飞鹰路，西侧为瑞风路，北侧为宝象路。本项目地理位置图见附图 1，本项目周围环境示意图见附图 2。

本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置拟放置于一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，拟建址东侧为 half #2，南侧为 Lns 生产线，西侧为货品堆放区和 PKG 生产线，北侧为临时办公区，楼下为阴极 6 号机，楼上为不可上人屋面。本项目所在一期厂区 2 栋 3 层（中部）平面布置图见附图 3，本项目所在一期厂区 2 栋 2 层（中部）平面布置图见附图 4。

本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京市“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。

本项目工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m 范围内涉及本公司 2 栋厂房、SRP 系统（溶剂精炼回收设备区）、动力厂房和厂区道路。

3. 实践正当性

爱尔集新能源科技（南京）有限公司因生产需要，拟扩建 1 台工业 CT 装置对公司生产的锂离子电池进行无损检测，主要对电池缺陷进行检查。本项目的建设将满足公司产品质量检测的需求，从经济角度而言，可以提升公司产品竞争力，增加公司利

益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事故发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 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，但在公司做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的前提下，可将上述辐射影响降至尽可能小。

因此，在考虑了社会和经济等有关因素之后，本次工业 CT 装置的增设对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4. 原有核技术利用项目许可情况

爱尔集新能源科技（南京）有限公司现有核技术利用种类和范围包括：使用40枚 V 类放射源、1台 III 类射线装置、7台 II 类射线装置。原有项目环保手续见附件6，爱尔集新能源科技（南京）有限公司现有核技术利用项目情况详见下表：

表 1-2 爱尔集新能源科技（南京）有限公司现有核技术利用项目情况表

放射源										
序号	放射源名称	数量	单枚活度 (Bq)	放射源类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况	
1	Kr-85	12	1.554×10 ¹⁰	V	电极生产 1 号线	使用	已填写登记表 2019.5.23 2019.8.13 2020.4.2 2020.12.4	已许可	/	
2	Kr-85	8	1.554×10 ¹⁰	V	电极生产 2 号线	使用				
3	Kr-85	10	1.480×10 ¹⁰	V	电极生产 3 号线	使用				
4	Kr-85	10	1.554×10 ¹⁰	V	电极生产 4 号线	使用				
射线装置										
序号	射线装置名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
1	PRO-X112 型在线式 X-RAY 检测设备	1	90	0.15	III	活性化生产：1 楼现场 ESS1#处	使用	已填写登记表 2019.10.29	已许可	/
2	Nordson XCT-1000L 型 X 射线工业 CT 检测装置	1	150	0.5	II	FAROOM	使用	已批复 2020.8.27	已许可	已验收
3	X-eye 9300AXI 型 CT 机	1	240	0.5	II	组装 3 楼生产车间	使用	已批复 2021.12.14	已许可	已验收
4	v tome x m240 型 CT 机	1	240	3	II	活性化生产：电池一工厂	使用	已批复 2021.12.14	已许可	已验收
5	v tome x m300 型 CT 机	1	300	3	II	FAROOM：电池信赖测试中心	使用	已批复 2021.12.14	已许可	已验收

6	X-eye EVB-CTs 型 工业 CT 装置	1	240	0.5	II	组装 3 楼生 产车间	使用	已批复 2022.3.25	已许可	已验收
7	X-eye EVB-CTs 型 工业 CT 装置	1	240	0.5	II	活性化生产：1 层专用 OCV 区 域西侧	使用	已批复 2023.7.7	/	/
8	X-eye EVB-CTs 型 工业 CT 装置	1	240	0.5	II	活性化生产：3 层（实际 2 层） 专用 OCV 区域 西侧	使用	已批复 2023.7.7	/	/

公司已根据《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》等相关法律法规，成立了辐射安全管理小组，并制定了相关辐射安全管理制度。辐射安全与环境保护管理小组负责辐射防护与安全工作的领导工作。

公司现有 17 名辐射工作人员，已通过核技术利用辐射安全与防护考核。公司已委托有资质的单位（南京瑞森辐射技术有限公司）对辐射工作人员开展个人剂量检测。公司已为辐射工作人员进行岗前职业健康体检，已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。

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。爱尔集新能源科技（南京）有限公司每年已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。

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	工业 CT 装置	II	1	SEC EVB-CTLS 型	240	0.5	无损检测	一期厂区 2 栋厂房 3 层组 装 half#2 西侧	最大功率 80W

（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	通过开关工件门和检修门进行换气，后经一期厂区 2 栋厂房新风系统排入大气，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	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	暂存	进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入滨江新城污水处理厂处理。

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），中华人民共和国主席令第九号，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年主席令第二十四号，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年主席令第六号，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年国务院令第六百八十二号，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十八号公布，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年国务院令第七百零九号，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二十号修正，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十六号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和原国家卫生和计划生育委员会2017年公告第六十六号，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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第五十七号，自2020年1月1日起施行； 12) 《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年第二号，自2018年5月1日起施行； 13) 《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； 14) 《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
------	--

	<p>府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>15) 《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>16) 《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会2019年令29号），自2020年1月1日起施行；</p> <p>17) 《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（国家发展和改革委员会2021年令49号），自2021年12月30日起施行。</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》（GBZ117-2022）；</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。</p>

<p>其他</p>	<p>附图：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 附图1 爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目地理位置示意图2) 附图2 爱尔集新能源科技（南京）有限公司本项目周围环境示意图3) 附图3 爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区2栋3层（中部）平面布置图4) 附图4 爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区2栋2层（中部）平面布置图5) 附图5 本项目工业CT辐射防护屏蔽设计图6) 附图6 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置图 <p>附件：</p> <ol style="list-style-type: none">1) 附件1 委托书及环评合同2) 附件2 射线装置承诺书3) 附件3 营业执照4) 附件4 江苏省投资项目备案证5) 附件5 辐射安全许可证6) 附件6 原有项目环保手续7) 附件7 原有辐射工作人员情况汇总结果8) 附件8 本项目工业CT装置拟建址辐射环境现状检测报告及检测资质9) 附件9 装置厂家说明书
-----------	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围						
<p>本项目为扩建1台工业CT装置，工业CT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工业CT装置检测室实体屏蔽外50m区域，详见附图2。</p>						
保护目标						
<p>本项目建设地点位于南京市江宁区江宁街道弘利路16号，本项目工业CT装置屏蔽体外50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m范围内涉及本公司2栋厂房、SRP系统（溶剂精炼回收设备区）、动力厂房和厂区道路。</p> <p>本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京市“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>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、从事工业CT装置操作的辐射工作人员； 2、工业CT装置项目拟建址周围公众。 <p>本项目保护目标情况见表7-1。</p>						
表7-1 本项目保护目标情况一览表						
装置名称	保护目标名称		方位	最近距离	人员数量	保护目标类型
SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置	辐射工作人员（操作位）		装置东侧	约0.3m	2 人	辐射工作人员
	2 栋 厂房	half #2	装置东侧	约 9m	约2人	公众
		Lns 生产线	装置南侧	约 6m	约15人	公众
		货品堆放区	装置西侧	约 1.5m	约2人	公众

	PKG 生产线	装置西侧	约 13m	约10人	公众
	临时办公区	装置北侧	约 5m	约4人	公众
	其他区域	装置四周	约 9.5m	约60人	公众
	阴极 6 号机 (二层)	装置下方	约 4.5m	约20人	公众
	SRP 系统 (溶剂精炼回收设备区)	装置北侧	约 29m	流动人员 预计<5人/天	公众
	动力厂房	装置西北侧	约 37m	约 5 人	公众
	厂区道路	装置北侧	约 13m	流动人员 预计<50人/天	公众

评价标准

1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《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

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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束。

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其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。

11.4.3 放射性残存物持续照射的剂量约束

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv~0.3mSv）的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限（见4.3.4）。

2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损

检测参考使用。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。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。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T250。

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。

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；

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门—机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.3 应定期测量探伤室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，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 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，则不应开始探伤工作。

3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

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

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射

的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

参考资料

- 1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射水平调查结果 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“均值 \pm 3s”数值：原野为(50.4 \pm 21.0)nGy/h；道路为(47.1 \pm 36.9)nGy/h；室内为(89.2 \pm 42.0)nGy/h。

项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），确定本项目的管理目标。

1) 本项目工业CT装置辐射剂量率控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.3、6.1.4要求：

本项目工业CT装置屏蔽体四周、防护门表面外30cm处辐射剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

顶部外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

2) 本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

本项目年剂量约束值职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值 1/4 取值，公众按照 1/10 取值。

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 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.3a）关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ 。

职业人员周有效剂量不超过**100 μ Sv**;

公众周有效剂量不超过**5 μ Sv**。

表 8 环境质量和辐射现状

<p>环境质量和辐射现状</p> <p>1. 项目地理和场所位置</p> <p>本项目位于江苏省南京市江宁区江宁街道弘利路 16 号爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，一期厂区东侧为弘利路，南侧为飞鹰路，西侧为瑞风路，北侧为宝象路。本项目地理位置图见附图 1，本项目周围环境示意图见附图 2。</p> <p>本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置拟放置于一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，拟建址东侧为 half #2，南侧为 Lns 生产线，西侧为货品堆放区和 PKG 生产线，北侧为临时办公区，楼下为阴极 6 号机，楼上为不可上人屋面。本项目所在一期厂区 2 栋 3 层（中部）平面布置图见附图 3，本项目所在一期厂区 2 栋 2 层（中部）平面布置图见附图 4。</p> <p>本项目工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m 范围内涉及本公司 2 栋厂房、SRP 系统（溶剂精炼回收设备区）、动力厂房和厂区道路。</p> <p>本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状照片及工程师踏勘现场照片见图 8-1。</p>	
 <p>工业 CT 拟建址现状</p>	 <p>工业 CT 拟建址东侧（half #2）</p>



图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状照片及工程师踏勘现场照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

- 评价对象：本项目工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。
- 监测因子：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。
- 监测点位：工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置拟建址东南西北侧、中间及楼下、周围保护目标处，共计 19 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 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在工业 CT 装置拟建址东南西北侧、中间及楼下、周围保护目标处布设监测点位，测量工业 CT 拟建址周围环境 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；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- γ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J018

检定有效日期：2023.2.21-2024.2.20

检定单位：上海市计量测试技术研究院

检定证书编号：2023H21-20-4422438001

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2023.6.8

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

环境条件：天气晴。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射水平监测结果见表 8-1（报告见附件 8），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址周围环境 γ 辐射水平监测结果表

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	备注
1	拟建址东侧	27	室内
2	拟建址南侧	26	室内
3	拟建址西侧	29	室内
4	拟建址北侧	26	室内
5	拟建址中央	28	室内
6	拟建址东侧 half #2 西侧	30	室内
7	拟建址南侧 Lns 生产线北侧	31	室内
8	拟建址西侧货品堆放区东侧	28	室内
9	拟建址西侧 PKG 生产线东侧	30	室内
10	拟建址北侧临时办公区南侧	32	室内
11	拟建址所在 2 栋厂房 3F 东部	37	室内
12	拟建址所在 2 栋厂房 3F 南部	30	室内
13	拟建址所在 2 栋厂房 3F 西部	33	室内
14	拟建址所在 2 栋厂房 3F 北部	31	室内
15	拟建址所在 2 栋厂房中部	34	室内
16	拟建址楼下	30	室内
17	拟建址北侧 SRP 系统南侧	51	道路
18	拟建址西北侧动力厂房东南侧	48	道路
19	拟建址北侧厂区道路南侧	50	道路

注：已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为13nGy/h）。X- γ 辐射监测仪检定使用¹³⁷Cs辐射源，折算系数为1.2Sv/Gy。各测点检测数据扣除仪器宇宙响应值已进行了建筑物的屏蔽因子修正。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。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目工业 CT 装置拟建址周围及内部环境 γ 辐射水平在（26~51）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射水平在（26~37）nGy/h 范围内，道路环境辐射水平在（48~51）nGy/h 范围内。由于本项目拟建址位于公司厂房内，厂房内承重柱、屋顶和地面均采用钢筋混凝土浇灌，地面铺环氧地坪，墙体均为石膏板，厂房建筑物材料的本底辐射水平较低，室内环境辐射水平略低于江苏省天然 γ 辐射水平涨落范围；道路环境辐射剂量率均处于江苏省天然 γ 辐射本底水平涨落范围内。

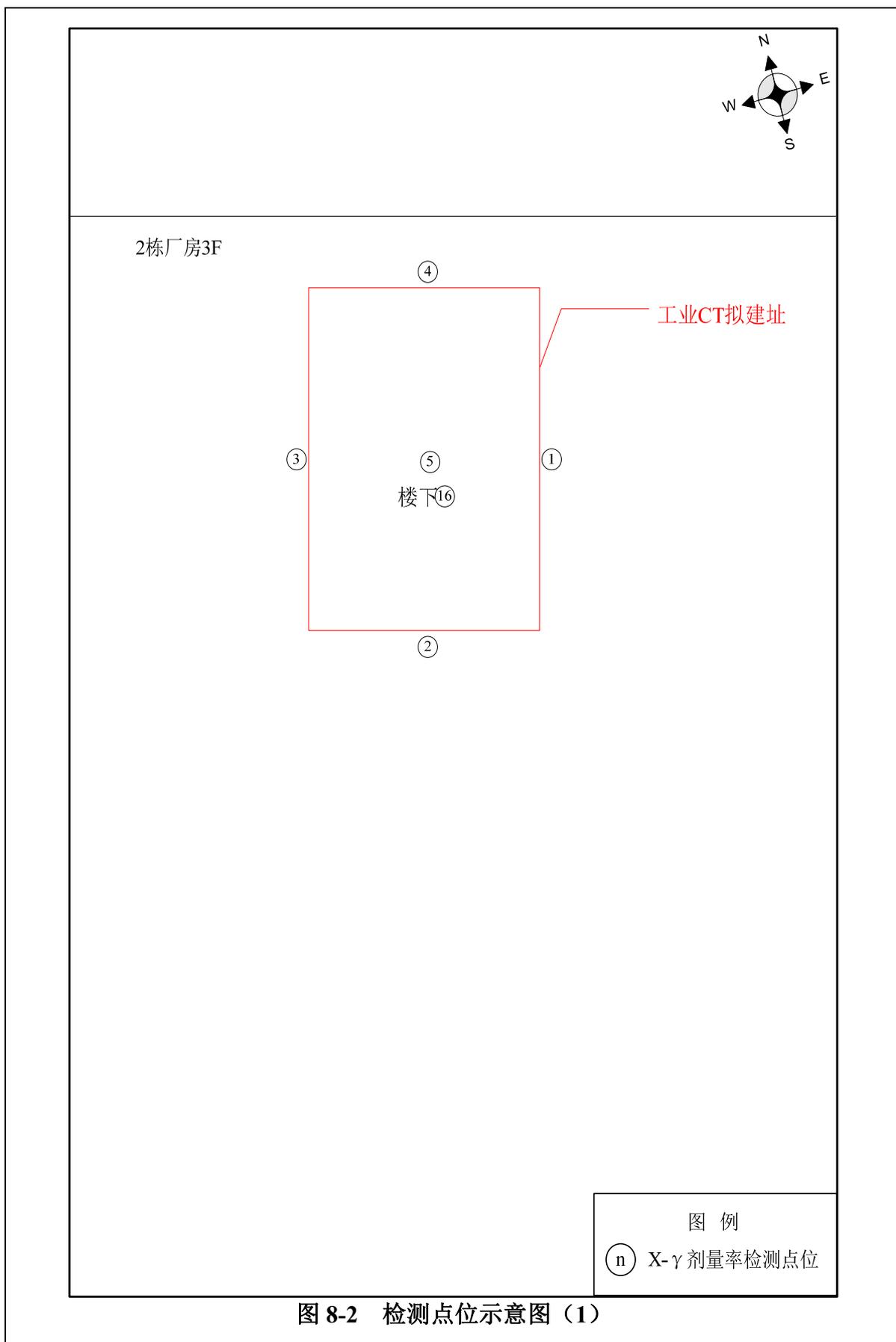


图 8-2 检测点位示意图（1）

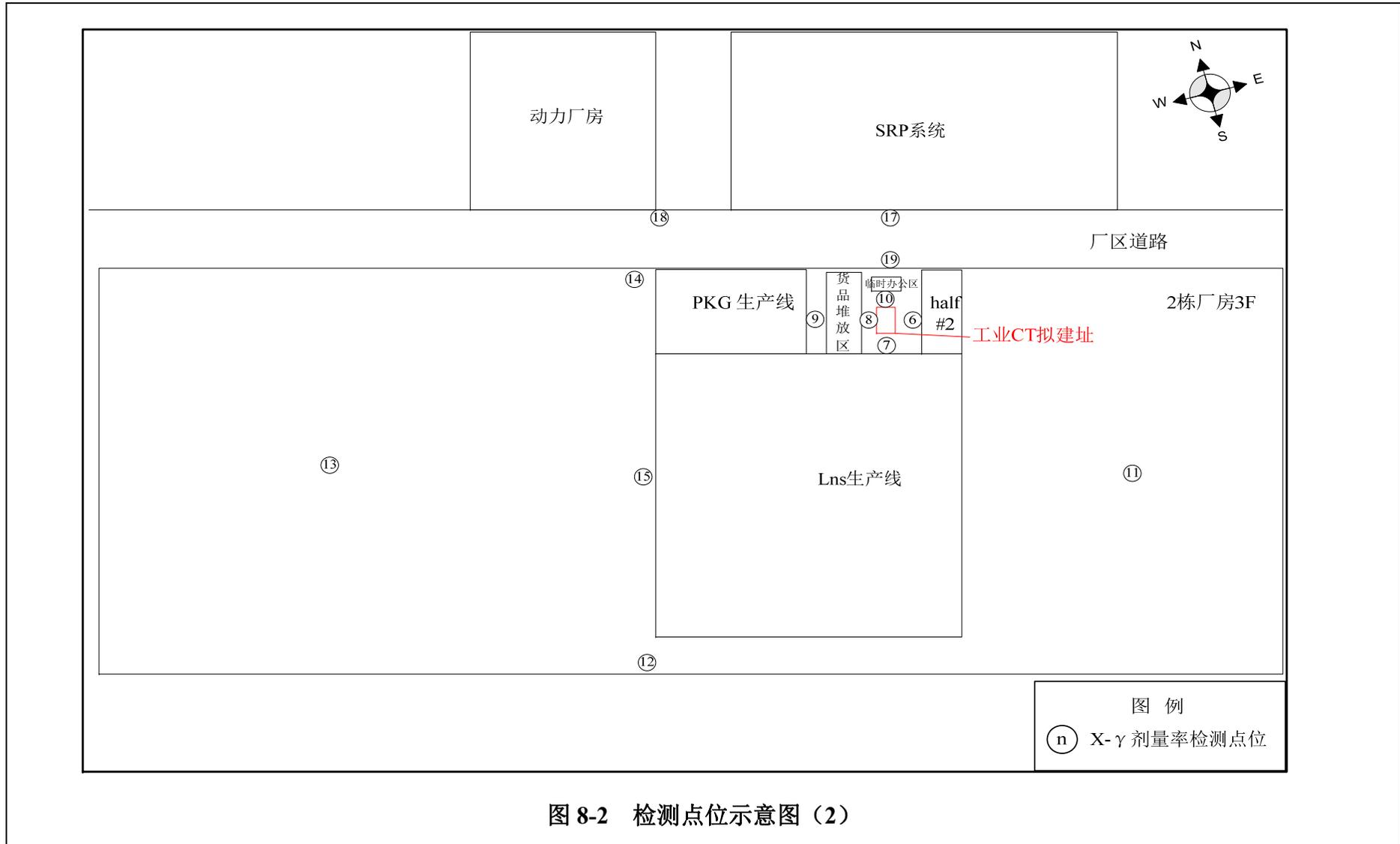


图 8-2 检测点位示意图（2）

表 9 项目工程分析与源项

<p>工程设备和工艺分析</p> <p>1. 工程设备情况</p> <p>本项目扩建 1 台工业 CT 装置，型号为 SEC EVB-CTLS 型。工业 CT 装置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。</p> <p>SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置系统组成包括 X 射线产生系统、控制系统、平板探测器系统、图像处理系统和其他辅助系统等。X 射线产生系统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；控制系统通过将控制命令从 PLC 传送到运动控制器、运动驱动器、电机以及各轴来运行，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以及输送机传送工件等。平板探测器系统 FPD 可将 X 射线转换为电子信号，并将信号发送到利用像素产生图像的 TFT 显示屏，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处理。图像处理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。</p> <p>SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置设备组件由 X 射线检测室、装载输送机、卸载输送机（含坏品输送机）及操作台组成。工业 CT 装置按照“一”字型组装而成，X 射线检测室位于装载输送机和卸载输送机（含坏品输送机）中部，操作台位于检测室右前侧。X 射线检测室采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽；装载输送机由电池检测传感器、条码阅读器、限位器、输送机电机、输送轨道、装载机外壳防护罩等组成；卸载输送机由电池检测传感器、冗余检测传感器、输送机电机、条码阅读器、限位器、坏品输送机（坏品排序器、坏品运载器、坏品托盘）和卸载器外壳防护罩等组成。</p> <p>装置整体尺寸为 6400mm（长）×3300mm（宽）×2400mm（高），检测室位于装置中部，采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽，定义检修门所在面为装置前侧（实际安装时检修门朝东）。检测室四周（包含检修门、工件门）、底部及顶部屏蔽体内含 12mm 铅板，观察窗为 12mm 铅当量防护玻璃，2 扇检修门分别位于检测室左侧屏蔽体和右侧屏蔽体，具体见图 9-2；工业 CT 装置最大管电压为 240kV，最大管电流为 0.5mA，主射线方向固定向上照射。检测室内部空间小，人员无法进入。</p>

本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置具体参数见表 9-1，装置厂家说明书见附件 9。本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置外观图见图 9-1~图 9-3。

表 9-1 工业 CT 装置型号及参数一览表

序号	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	最大功率 (W)	装置尺寸	射线管数量	射线出束照射方向	工作方式
1	SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置	240	0.5	80	长: 6400mm 宽: 3300mm 高: 2400mm	1 个	固定向上	间歇式工作 2:1 ^①

备注：①对每个工件出束照射 16s，间隔 8s 后，对下一个工件进行出束照射。
②本项目厂家说明书未包含滤过条件。

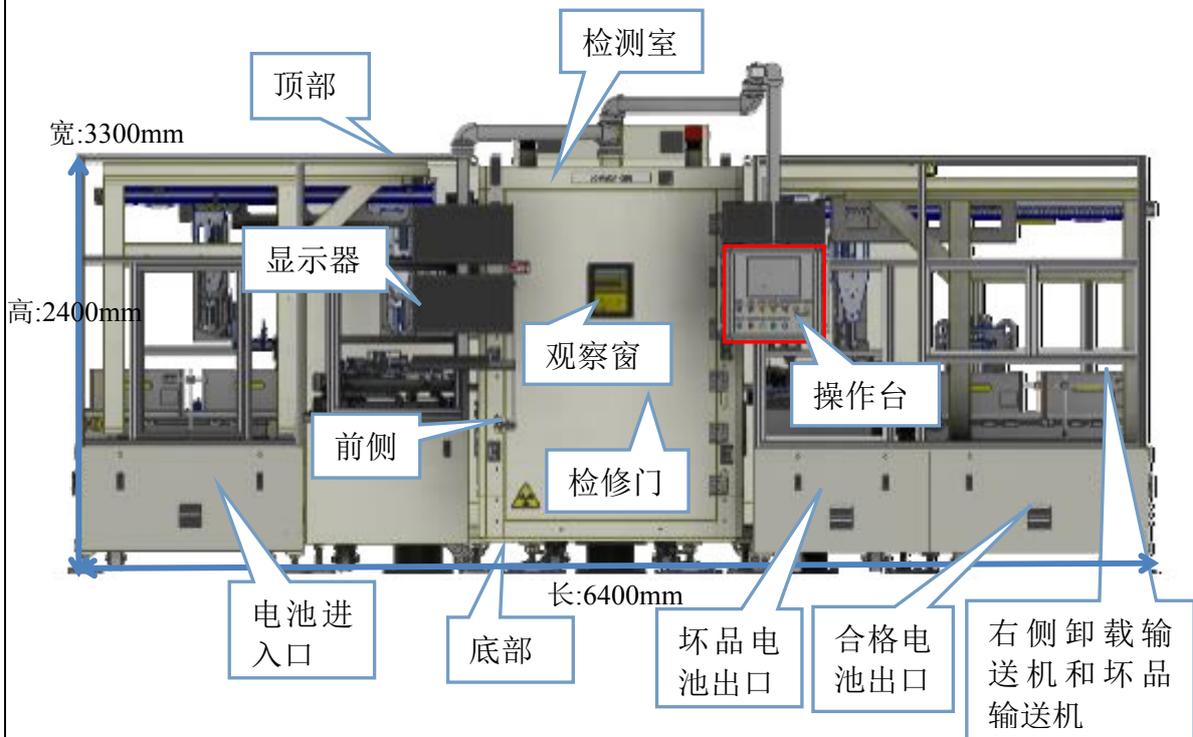


图 9-1 本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置外观图

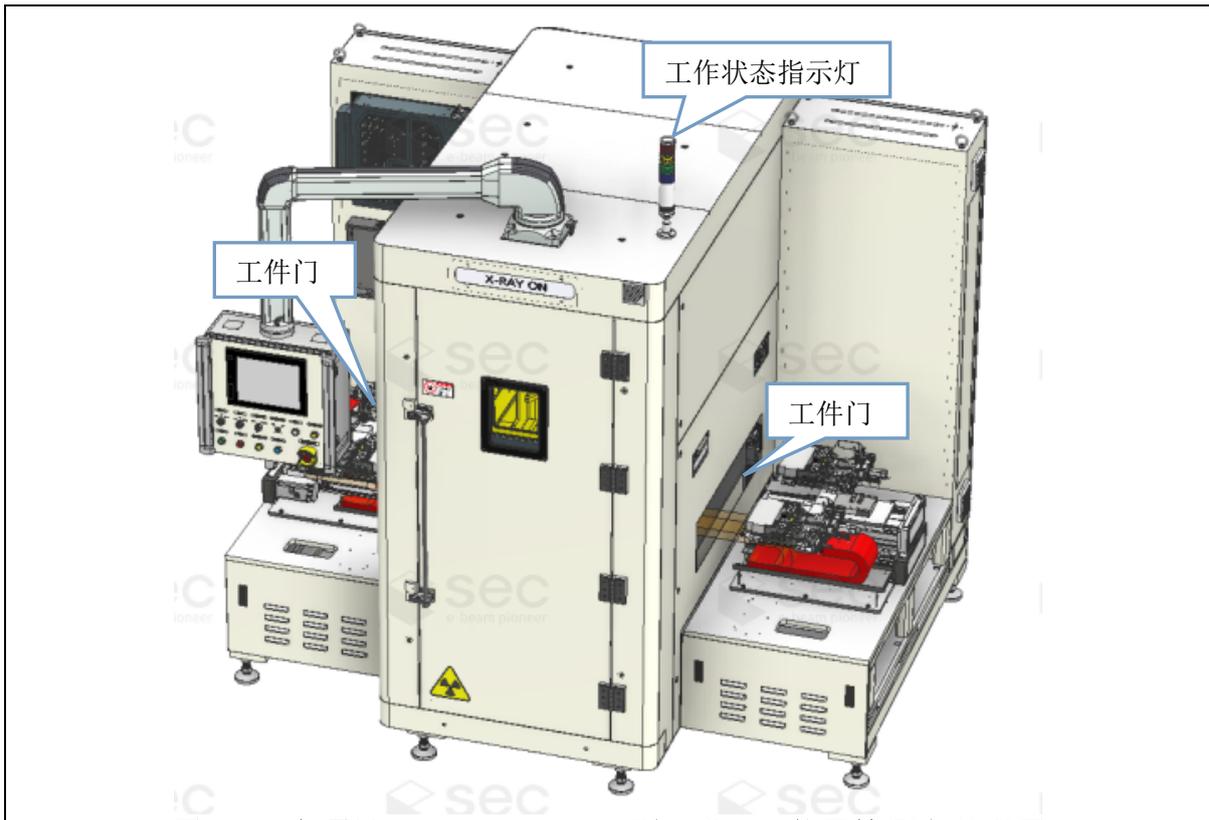


图 9-2 本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置检测室外观图

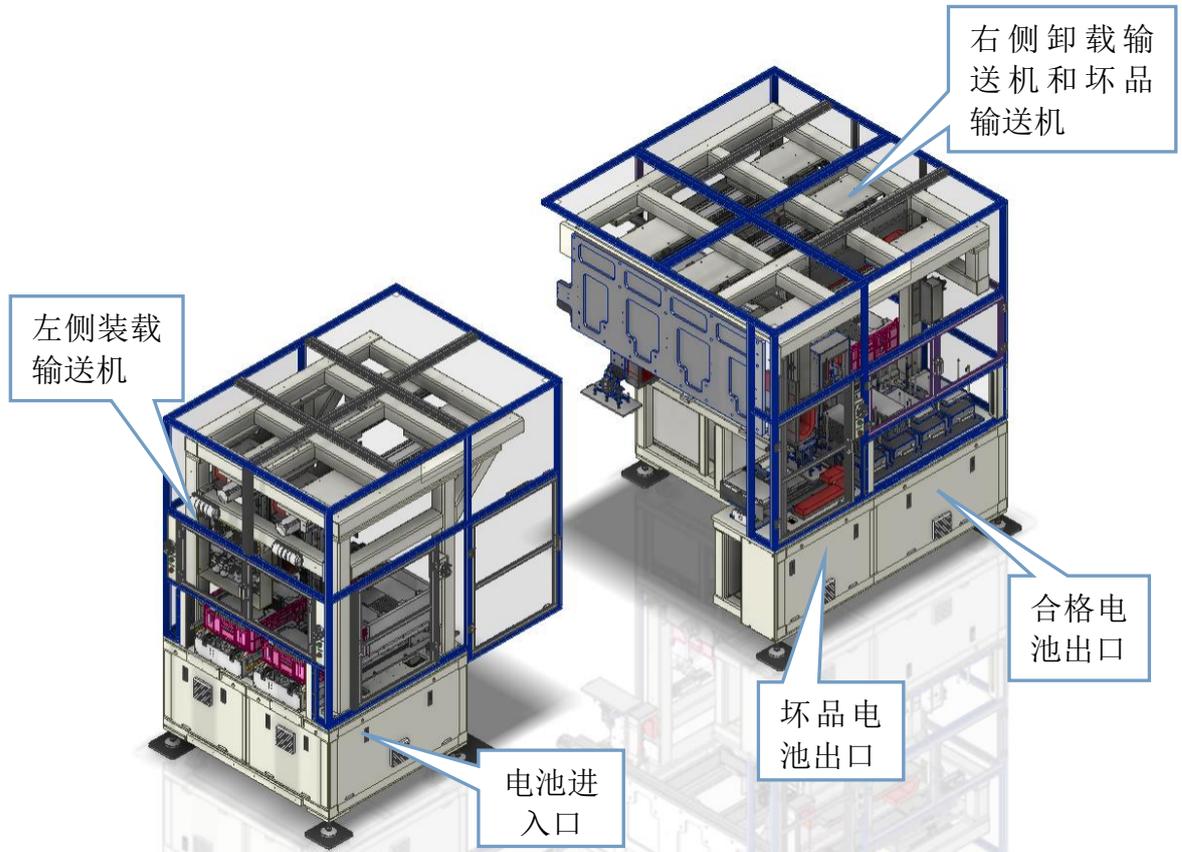


图 9-3 本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置装载输送机和卸载输送机外观图

2. 工业 CT 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、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 0.001~10nm。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 9-4。

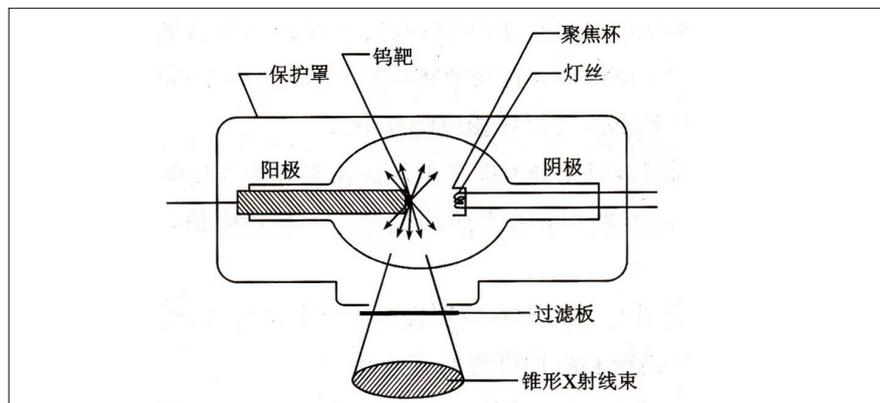


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

工业CT机检测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。工业CT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。

工业CT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。其中最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业CT切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

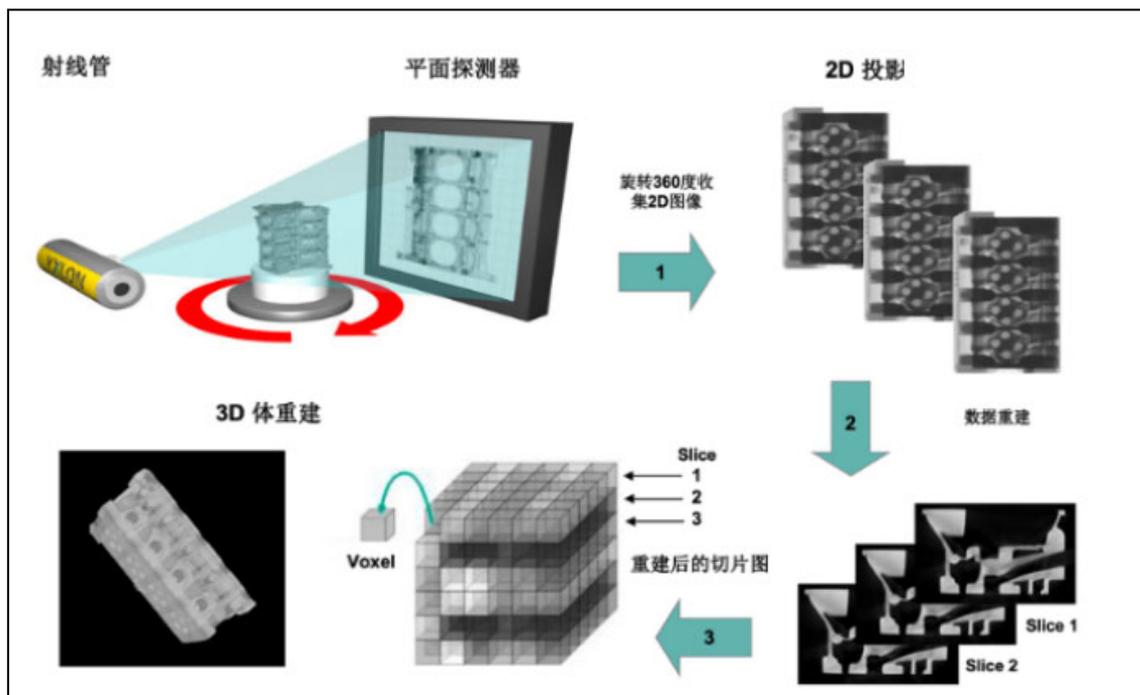


图9-5 工业CT原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

该工业 CT 装置与装载、卸载载具结合使用。工作时，工作人员在装置前侧操作台处进行操作，对电池内部进行无损检测，用于检查电池缺陷，其工作流程如下：

1) 工作人员到达操作台，插入钥匙，启动主电源开关，启动检测系统，检查设备运行是否正常；

2) 工作人员将被检测电池放置于左侧装载输送机上，电池进入后经条码阅读器扫描系统后触动电池检测传感器，电池通过左侧输送机轨道输送到达左侧工件门处，工件门通过光电传感器可自动开启和关闭（工件门自动开启和自动关闭功能与门-机联锁的功能相兼容），电池穿过左侧工件门进入装置内部，工件门关闭；

3) X射线出束检测电池，同时产生X射线、少量臭氧及氮氧化物；显示器显示图

像，判断电池缺陷，计算机系统记录坏品电池条码；

4) 检测结束后，被检测电池穿过右侧工件门传送出检测室，经过右侧输送机轨道传送，在卸载输送机内电池先经条码阅读器扫码，系统自动分选后进入坏品输送机轨道或合格品卸载输送机轨道，通过卸载输送机和坏品输送机传输至相应的托盘内；

5) 启动下一个检测程序；

6) 所有任务结束后，关闭检测系统后拔出钥匙。

本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节如下图所示：

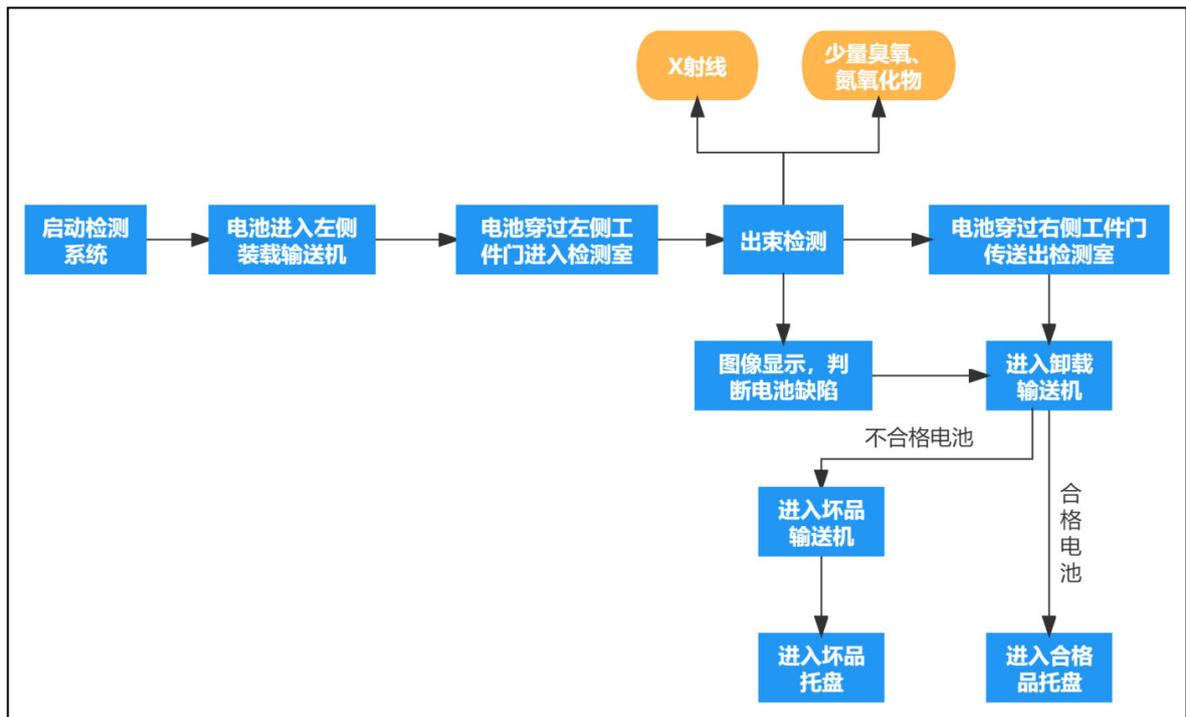


图9-6 本项目工业CT装置工作流程及产污环节

4. 工件信息

本项目无损检测工件为锂离子电池，电池表面由电池隔膜包裹，内部是电极片，主要尺寸一般为：长514.4~548.2mm，宽77.1~109.7mm，厚7.493~8.115mm。本项目无损检测工件样图见图9-7。

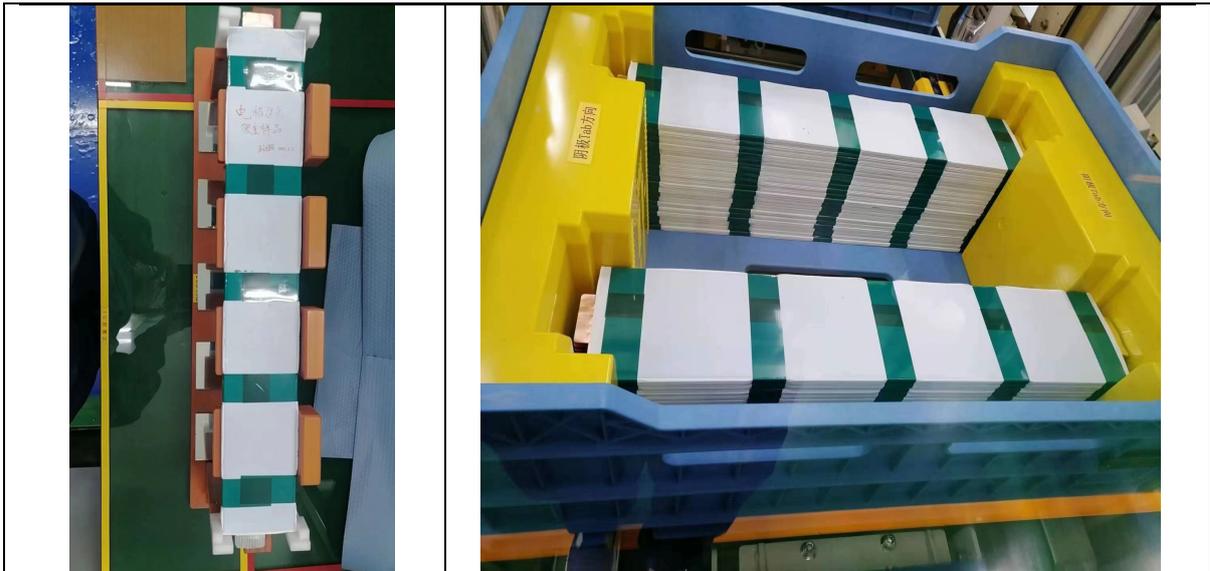


图9-7 本项目无损检测工件

5. 人员配置及工作制度

爱尔集新能源科技（南京）有限公司计划为本项目新增 2 名辐射工作人员。本项目工业 CT 装置年曝光时间约为 1000h。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

建设单位原有核技术利用项目均具有完善的环保手续，原有工业 CT 装置均可实现样品三维微观结构的扫描，三维数字化直观显示电池的内部结构，满足公司电池质量检测的需求，提高了公司电池质量，原有工艺不存在不足和需改进的情况。

随着公司产品升级，公司无损检测需求也相应增加，公司现有 X 射线检测装置检测负荷不能完全满足锂离子电池无损检测需求，因此，爱尔集新能源科技（南京）有限公司拟新增 1 台工业 CT 检测装置，用于锂离子电池无损检测。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，工业 CT 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，因此工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。

本项目扩建 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置，其最大管电压为 240kV，最大管电流为 0.5mA，由于未取得厂商给出的滤过条件且《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中无 240kV 输出量，本项目保守参考《工业 X 射线探伤室

辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 250kV 管电压 0.5mm 铜滤过条件下的输出量 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 与 200kV 管电压 2mm 铝滤过条件下的输出量 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 通过内插法得到 240kV 输出量为 $26.26\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

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。

2. 非辐射污染源项分析

2.1 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月产生量为 30kg，年产生量为 360kg。

2.2 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

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 2.4m^3 ，年排放量为 28.8m^3 。

2.3 废气

工业 CT 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

<p>项目安全措施</p> <p>1. 工作场所布局及分区</p> <p>本项目工业 CT 装置由 X 射线检测室、装载输送机、卸载输送机（含坏品输送机）及操作台组成。工业 CT 装置按照“一”字型组装而成，X 射线检测室位于装载输送机和卸载输送机（含坏品输送机）中部，操作台位于检测室右前侧。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）“6.1 探伤室放射防护要求 6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。”的相关要求，本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置拟放置于一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，本项目计划实际安装时检修门朝东摆放，操作台位于装置东侧，有用线束方向固定向上照射。本项目辐射工作人员位于装置前侧操作台处，电池入口及出口分别位于装置左前侧和右前侧，方便辐射工作人员现场操作，装置现场摆放方位较合理，本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。</p> <p>根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）“6.1 探伤室放射防护要求 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。”的相关要求，本项目拟将 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置实体边界作为本项目的控制区边界，以工业 CT 装置实体边界及装置各侧最远边界距离外延 1m 范围围成的区域（包括操作台）作为本项目监督区，监督区边界拟设置实体栅栏，在栅栏东部拟设置唯一入口作为监督区入口，并在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌，禁止无关人员进入。在检测室门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明。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 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1。两区划分情况见表 10-1。</p>
--

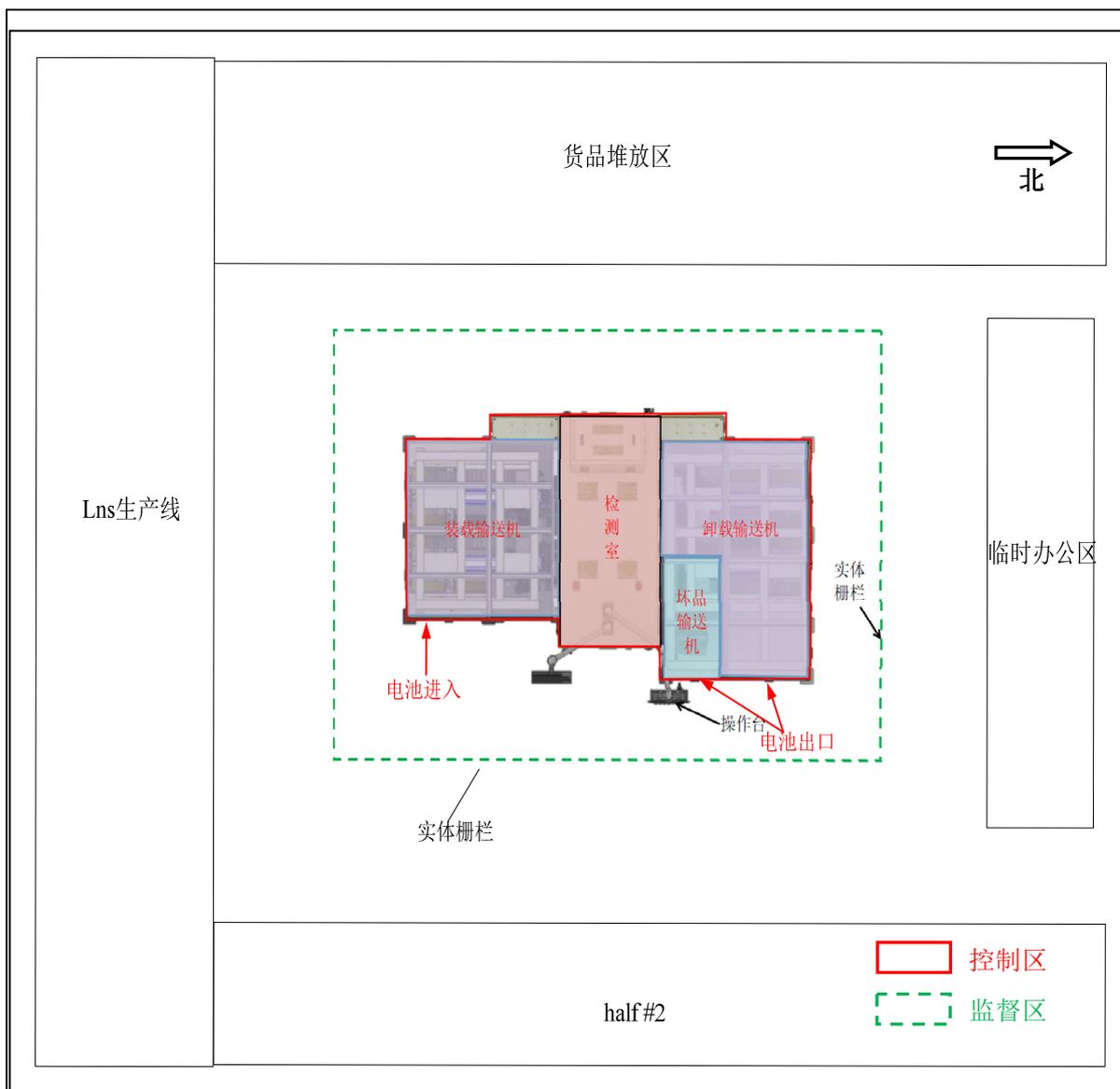


图 10-1 本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

两区	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 装置实体边界	以工业 CT 装置实体边界及装置各侧最远边界距离外延 1m 范围围成的区域（包括操作台）作为本项目监督区。
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，工业 CT 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	监督区为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》

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。

（GB 18871-2002）6.4.2.2 b）在监督区边界安装实体栅栏，监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置由检测室和操作台等组成。检测室采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽，定义检修门所在面为装置前侧。该装置辐射屏蔽设计图见附图 5，该装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 工业 CT 屏蔽设计参数表

装置名称	尺寸	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度
SEC EVB-CTLS 型 工业 CT 装置	6400mm（长） ×3300mm（宽） ×2400mm（高）	检测室前侧屏蔽体（包括检修门）	内含 12mm 铅板
		观察窗	12mm 铅当量防护玻璃
		检测室后侧屏蔽体	内含 12mm 铅板
		检测室左侧屏蔽体（包括工件门）	内含 12mm 铅板
		检测室右侧屏蔽体（包括工件门）	内含 12mm 铅板
		检测室顶部屏蔽体	内含 12mm 铅板
		检测室底部屏蔽体	内含 12mm 铅板

3. 工作场所辐射安全和防护措施

（1）屏蔽防护：本项目工业 CT 装置通过自带铅板和铅玻璃对 X 射线进行防护；

（2）联锁装置：本项目工业 CT 装置工件门和检修门均设有门机联锁装置，工业 CT 装置通过防护门感应传感器感知防护门状态，感应传感器设置于防护门闭合接口处，当工件门和检修门均完全关闭后，感应传感器方能形成闭合回路，此时 X 射线产生系统才能启动程序，只有在工件门和检修门完全关闭时才能出束照射，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；

（3）工作状态指示灯：本项目工业 CT 装置检测室外前侧上方设有工作状态指示灯，红灯亮提示 X 射线照射状态开启，红灯灭提示 X 射线照射状态关闭；

（4）电离辐射警告标志：本项目工业 CT 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；

（5）控制台：本项目操作台位于工业 CT 装置检测室外，与检测室相连，操作台设有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。操作台上设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后工业 CT 装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；本项目操作台设置高压接通或断开指示灯，当 X 射线管电压及高压接通后，指示灯亮，从而判断工业 CT 装置是否正常通电；设置显示器，通过显示器能

够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识，提醒辐射工作人员预防危险及非辐射工作人员禁止操作，从而避免事故发生；

(6) 观察窗：本项目检修门含 12mm 铅当量防护玻璃，可监视工业 CT 检测室内工件摆放的情况和内部射线装置的运行情况等；

(7) 门缝搭接：本项目工件门和检修门与装置外壳搭接处重叠宽度均为 30mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 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；

(8) 线缆口设计：本项目工业CT检测室电缆管道位于装置后侧下方，开口尺寸 50mm×50mm，避开射线出束方向，避免X射线直接照射线缆管道口，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为12mm，从而防止射线泄漏；

(9) 辐射防护仪器设备：公司已配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配备 2 台个人剂量报警仪，用于对工业 CT 装置周围环境辐射水平进行监测，并做好监测记录。

将本项目拟采取的辐射安全措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.5~6.1.11要求进行对照分析，详见下表：

表10-3 本项目拟采取的辐射安全措施与GBZ117-2022要求对照分析一览表

序号	措施	标准原文	拟采取措施
1	检测室与操作台分开	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。 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。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。	本项目操作台位于检测室右前侧，工业 CT 装置有用线束照射方向为固定向上，本项目操作台已避开有用线束照射方向且与检测室分开。 本项目工业 CT 检测室四周（包含检修门、工件门）、底部及顶部屏蔽体内均含 12mm 铅板，观察窗为 12mm 铅当量防护玻璃，检测室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，防护门的防护性能均不小于同侧屏蔽体的防护性能。
2	门机连锁	6.1.5 探伤室应设置门—机连锁装置，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—机连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	本项目工业 CT 装置防护门设有门机连锁装置，工业 CT 装置通过感应传感器感知防护门状态，只有在防护门完全关闭时才能出束照射，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；检测室内部空间小，人员无

		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。	法进入。
3	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。	本项目工业 CT 装置检测室外前侧上方设有工作状态指示灯，红灯亮提示 X 射线照射状态开启；本项目工业 CT 装置整机购买和安装，工作状态指示灯位于顶部明显位置，公众在远处即可观测到工作状态指示灯并远离，未设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。
4	观察窗	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。	本项目工业 CT 检测室内未设置监视装置，检修门设有铅玻璃观察窗，可监视工业 CT 检测室内工件摆放的情况和内部射线装置的运行情况等；且工业 CT 装置所在车间设有监视装置，可覆盖本项目工业 CT 拟建址区域。
5	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。	本项目工业 CT 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；
6	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。	本项目工业 CT 装置操作台设有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。检测室内部空间小，人员无法进入，检测室内部未设置紧急停机按钮。
7	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。	本项目工业 CT 装置未设置机械通风装置，工作时通过开关工件门和检修门进行换气，装置所在一期厂区 2 栋厂房设有新风系统，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至厂房外。
8	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。	由于检测室内部布线受限及整机定制设计等问题，本项目工业 CT 装置未设置固定式剂量率仪。
<p>本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-2。</p>			

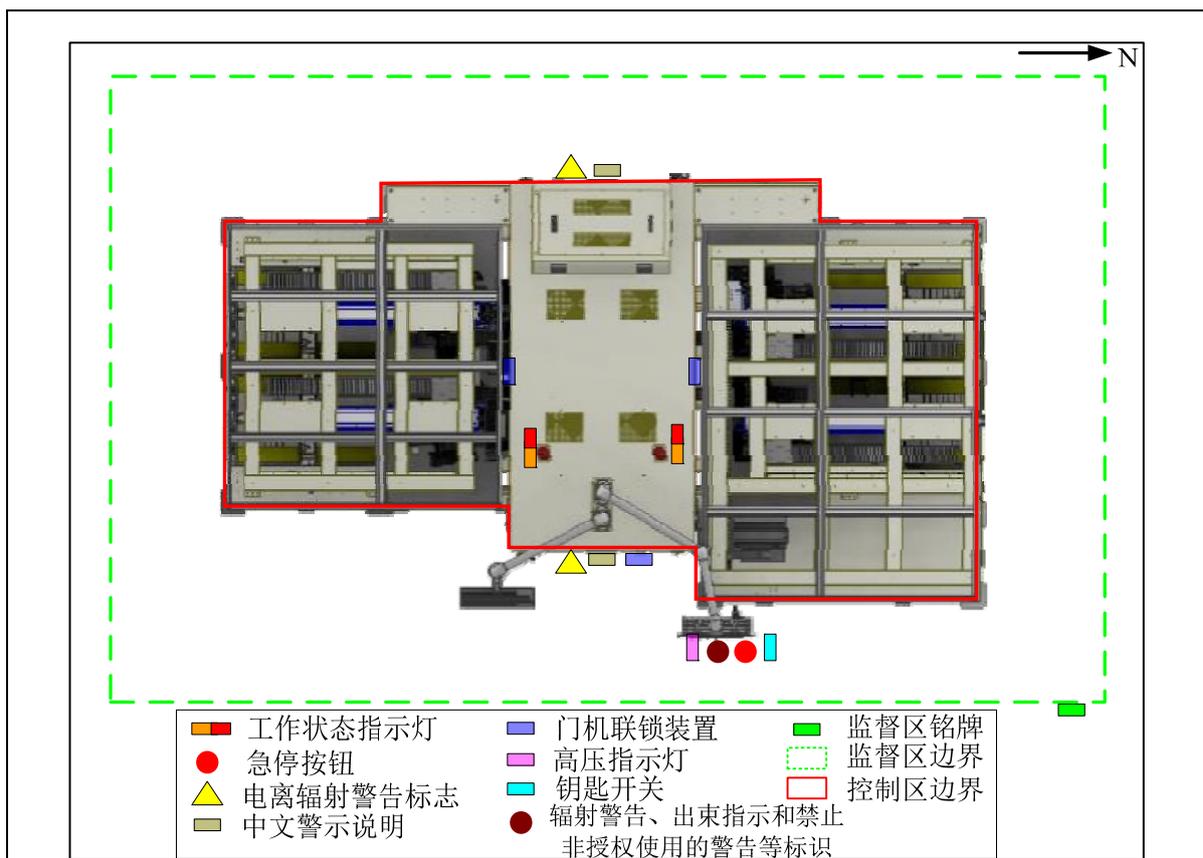


图 10-2 辐射安全设施平面布置示意图

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。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月产生量为 30kg，年产生量为 360kg。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废水。

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 2.4m³，年排放量为 28.8m³；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入滨江新城污水处理厂处理。

3. 废气

本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置处于工作状态时，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，本项目工业 CT 装置工作时通过开关工件门和检修门进行换气，装置所在一期厂区 2 栋厂房设有新风系统，将产生的

少量臭氧和氮氧化物排至厂房外；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

本项目工业 CT 装置为整体购买设备，在设备安装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

1. 噪声

工业 CT 装置在安装过程中会产生少量噪声，由于本项目在公司厂区内部安装，时间较短，设备安装噪声远远小于厂区内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

2. 固体废物

工业 CT 装置在安装过程中，会拆除一定的外包装材料。包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

3. 废水

工业 CT 装置在安装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水。生活污水进入公司污水管道，经公司污水处理站处理后达标接管进入滨江新城污水处理厂处理，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置通过含铅板和铅玻璃的检测室对 X 射线进行防护，根据爱尔集新能源科技（南京）有限公司所提供的数据，本项目运行后工业 CT 装置年曝光时间最长约为 1000h。SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置工作时主射线固定向上照射。SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置最大管电压 240kV，最大管电流 0.5mA，最大功率 80W，本报告预测时以满功率运行的最大工况进行预测，即管电压为 240kV，管电流为 0.33mA，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：

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

式中：

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中无 240kV 输出量，本项目工业 CT 装置输出量按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 250kV 管电压 0.5mm 铜滤过条件下的输出量 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 与 200kV 管电压 2mm 铝滤过条件下的输出量 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 通过内插法得到，1m 处的输出量为 $26.26\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

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/T 250-2014）中附录表 B.2，通过内插法求得 240kV 管电压下铅什值层厚度为 2.6mm；再根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 240kV 下 12mm 铅板对应透射因子为 2.42×10^{-5} ；

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

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

式中：

H ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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

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/T 250-2014）中附录表 B.2，通过内插法求得 240kV 管电压下铅什值层厚度为 2.6mm；再根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 240kV 下 12mm 铅板对应透射因子为 2.42×10^{-5} ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离， m 。

② 散射辐射

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

式中：

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中无 240kV 输出量，本项目工业 CT 装置输出量按照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 250kV 管电压 0.5mm 铜滤过条件下的输出量 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 与 200kV 管电压 2mm 铝滤过条件下的输出量 $28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 通过内插法得到，1m 处的输出量为 $26.26\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

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/T 250-2014）中附录表 B.2，200kV 管电压下铅值层厚度为 1.4mm；再根据公式 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 200kV 下 12mm 铅板对应透射因子为 2.68×10^{-9} ；

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，m； $R_s = \sqrt{R_0^2 + R^2}$

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目为 0.5m。

3. 参考点的周剂量及年有效剂量水平估算

$$H_C = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

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

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

t ：探伤装置周/年照射时间，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

本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置各关注点位示意图见图 11-1。

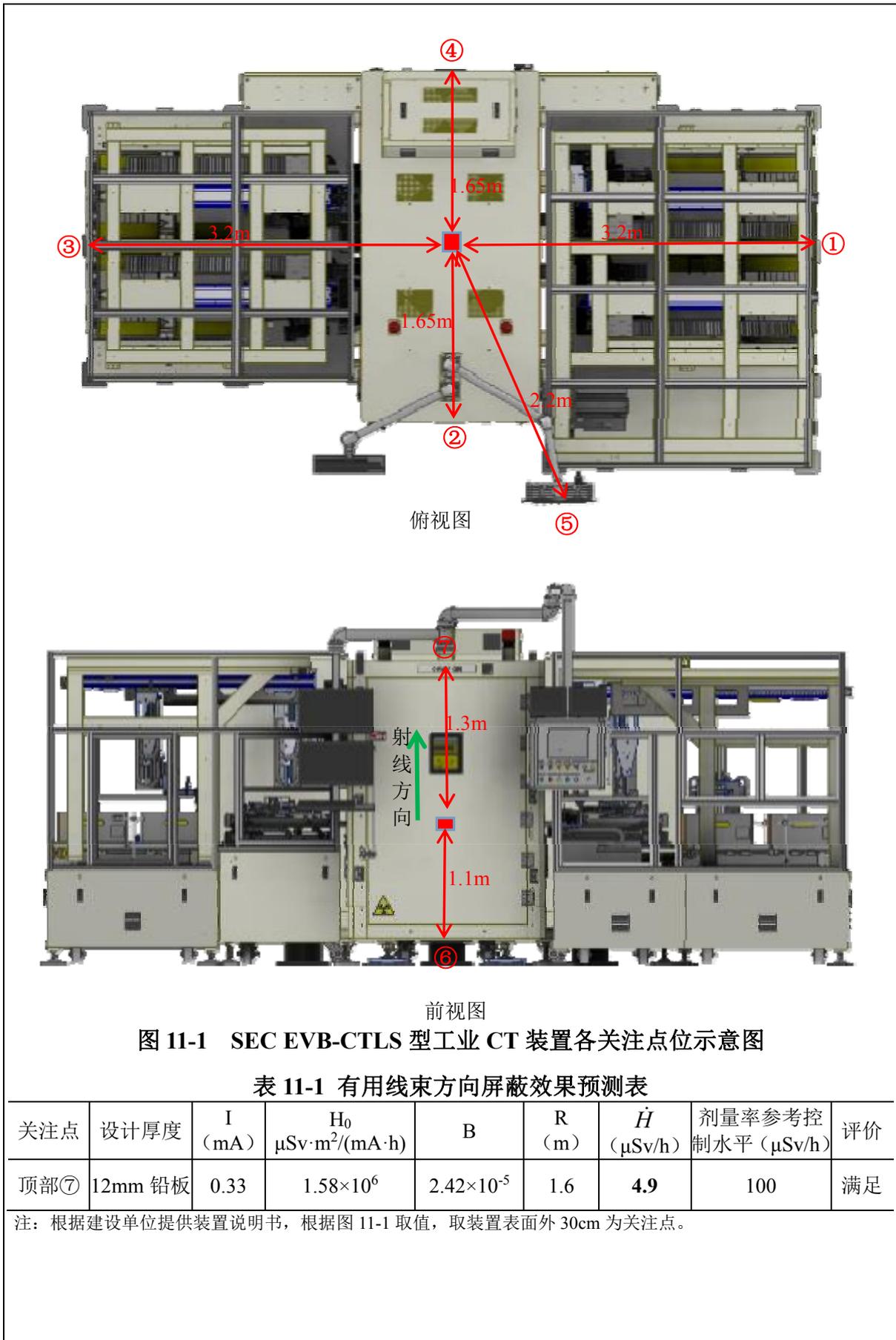


表 11-2 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点					
		右侧①	前侧（包括检修门、观察窗）②	左侧③	后侧④	操作位⑤	底部⑥
铅板厚度（mm）		12	12	12	12	12	12
泄漏辐射	B_1	2.42×10^{-5}	2.42×10^{-5}	2.42×10^{-5}	2.42×10^{-5}	2.42×10^{-5}	2.42×10^{-5}
	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3	5×10^3
	R（m）	3.5	1.95	3.5	1.95	2.5	1.15
	$H(\mu\text{Sv/h})$	9.88×10^{-3}	3.18×10^{-2}	9.88×10^{-3}	3.18×10^{-2}	1.94×10^{-2}	9.15×10^{-2}
散射辐射	散射线能量（kV）	200					
	B_2	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}	2.68×10^{-9}
	I（mA）	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
	$H_0(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	1.58×10^6	1.58×10^6	1.58×10^6	1.58×10^6	1.58×10^6	1.58×10^6
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	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）					
	R_s （m）	3.54	2.01	3.54	2.01	2.55	1.25
	$H(\mu\text{Sv/h})$	2.23×10^{-6}	6.92×10^{-6}	2.23×10^{-6}	6.92×10^{-6}	4.30×10^{-6}	1.79×10^{-5}
泄漏辐射和散射辐射的复合作用（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		9.88×10^{-3}	3.18×10^{-2}	9.88×10^{-3}	3.18×10^{-2}	1.94×10^{-2}	9.15×10^{-2}
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
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：R 值结合建设单位提供装置说明书，根据图 11-1 取值，取装置表面外 30cm 为关注点。由于装置底部与地面有 5cm 间隙，取装置表面外 5cm 为关注点。

根据表 11-1、11-2 中预测结果，本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置四周表面外 30cm 处及底部辐射剂量率最大为 $4.9\mu\text{Sv/h}$ ，本项目满功率运行时，均能够满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

5.剂量率叠加影响

本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置拟放置于一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，本项目拟建址 100m 范围（本项目评价范围为工业 CT 装置检测室边界外 50m 区域）内无其他射线装置，因此不考虑原有射线装置与本项目的剂量率叠加影响。

6.反散射辐射影响分析

6.1 天空反散射

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 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。”

参考 NCRP-151 号报告，根据公式 5.1 可以演变得到。

$$H = 2.5 \cdot 10^{-2} (B_{XS} \cdot D_{10} \Omega^{1.3}) / (d_1^2 d_s^2) \dots\dots\dots (5)$$

式中：H：在距离X射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的X射线周围剂量当量率，Sv/h；

D_{10} ：距离X射线辐射源1m处的标准参考点的周围剂量当量率，Sv/h；

B_{XS} ：X射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω ：由X射线源于屏蔽墙对向的立体角，Sr（球面度）， $\Omega=4\text{tg}^{-1}(ab/cd)$ （a是屋顶受照最长范围之半（周向机）；b是屋顶主射线范围之半；c是辐射源到屋顶外表面中心的最小距离；d是源到屋顶边缘的距离， $d=(a^2+b^2+c^2)^{1/2}$ ）；

d_1 ：在屋顶上方2m处距离靶的垂直距离，m；

d_s ：X射线源至天空反散射关注点，m。

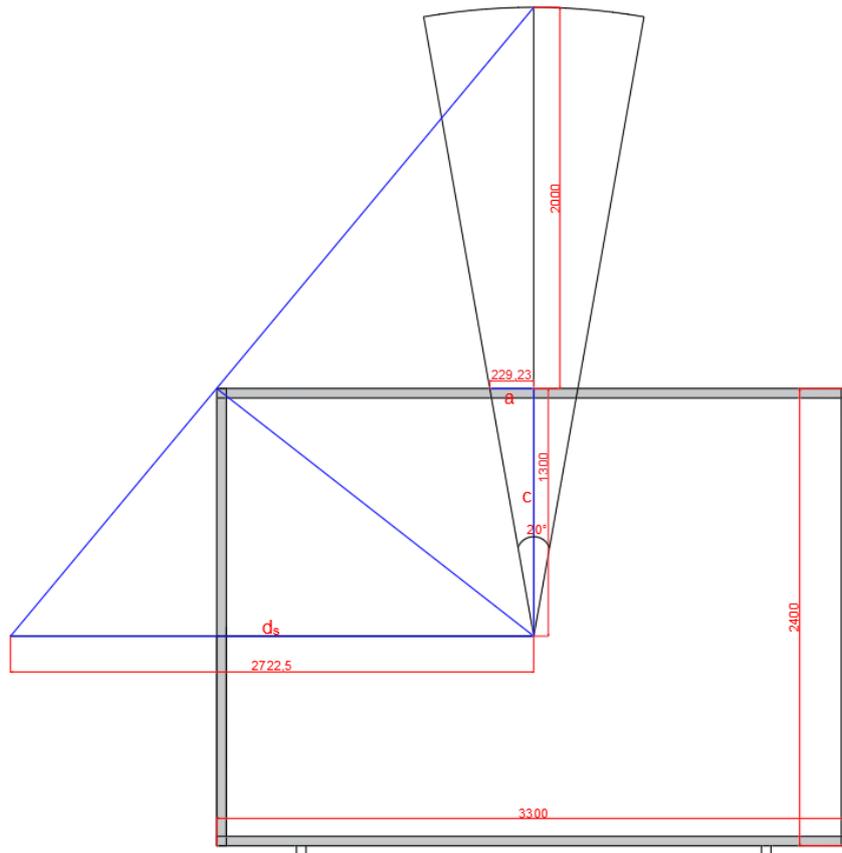


图 11-2 天空反散射示意图

表11-3 天空反散射对于地面关注点处周围剂量当量率贡献值

a (m)	b (m)	c (m)	d (m)	Ω	B_{xs}	D_{10} (Sv/h)	d_i (m)	d_s (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
0.229	0.229	1.3	1.34	0.12	2.42×10^{-5}	9.48	3.3	2.72	2.76×10^{-2}

表 11-4 泄漏及散射在天空反散射地面关注点处剂量率

参数	铅板厚度 (mm)	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)		B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
泄漏射线	12mm	5×10^3		2.42×10^{-5}	2.72	1.64×10^{-2}
参数	设计厚度 (mm)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)
散射射线	12mm	0.33	1.58×10^6	2.68×10^{-9}	2.77	9.11×10^{-6}
合计						1.64×10^{-2}

由上表可知，天空反散射对地面关注点处周围剂量当量率为 $2.76 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，叠加泄漏及散射线束在天空反散射地面关注点处周围剂量当量率 $1.64 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ 后，合计为 $4.40 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

6.2 底部反散射

由于装置主射线向上照射，非有用线束通过底部屏蔽体到达地面，再经地面散射从装置底部与地面的缝隙到达装置四周关注点和操作位。根据表 11-2 计算结果，到达地面剂量率为 $9.15 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，根据散射线规律可知，散射的剂量率与主射线剂量率相差较大数量级（屏蔽相同情况），故经底部地面散射后剂量率远远小于 $9.15 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。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。

7. 电缆口辐射影响分析

本项目工业 CT 检测装置通过开关工件门及检修门进行换气，工件门和检修门内含 12mm 铅板，本项目工件门和检修门与装置外壳搭接处重叠宽度均为 30mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 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；本项目工业 CT 检测室电缆管道位于装置后侧下方，开口尺寸 50mm×50mm，避开射线出束方向，避免 X 射线直接照射电缆管道口，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为 12mm，X 射线至少散射 3 次才能到达屏蔽体外。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。”可推断本项目电缆口屏蔽体外辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目工业 CT 装置电缆口散射示意图见图 11-3。

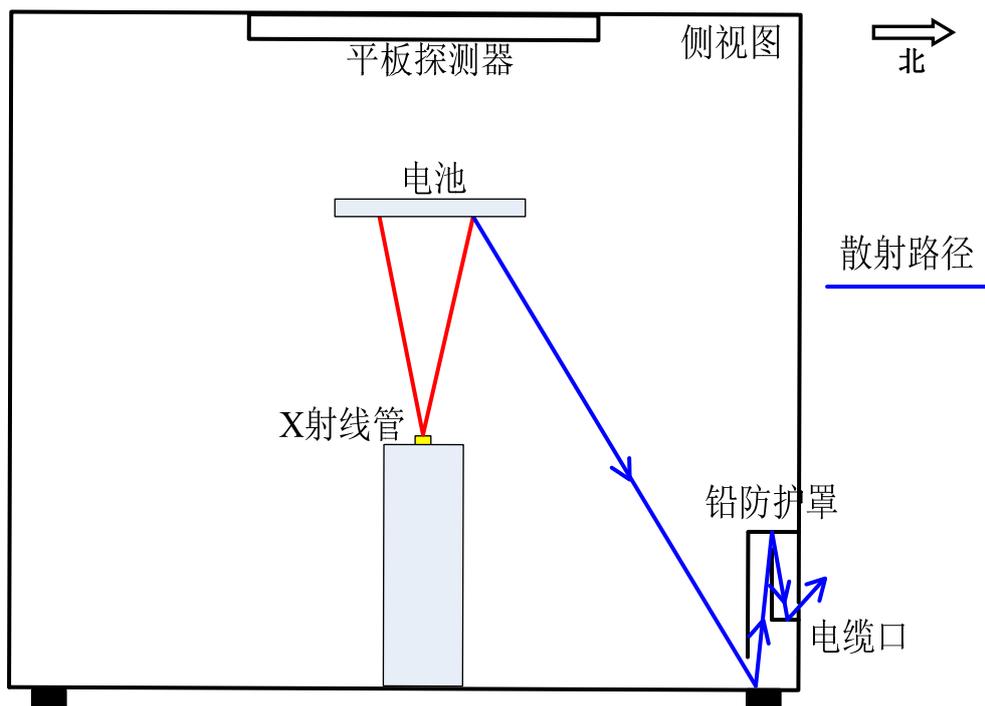


图 11-3 本项目工业 CT 装置电缆口散射示意图

8. 保护目标剂量评价

本项目工业 CT 装置辐射工作人员正常工作时主要位于装置前侧，根据表 11-2 预测结果估算辐射工作人员周/年有效剂量。

表 11-3 辐射工作人员年有效剂量估算结果

保护目标名称	位置	使用因子 U	居留因子 T	关注点辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量估算值 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)
本项目辐射工作人员	装置前侧	1	1	1.94×10^{-2}	3.88×10^{-1}	100 (工作人员)	1.94×10^{-2}	5 (工作人员)

注：①本项目工业 CT 装置操作台位于装置前侧（拟建址东侧），居留因子取 1；

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1000h。

本项目工业 CT 装置周围公众周/年有效剂量估算，根据表 11-1 和表 11-2 预测结果估算公众周/年有效剂量，2 栋厂房选择距 CT 装置周围最近保护目标中剂量率预测最大结果为代表，SRP 系统（溶剂精炼回收设备区）、动力厂房和厂区道路周/年有效剂量估算，选择距离最近侧装置外剂量率仅考虑距离衰减估算周/年有效剂量，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不会高于已列关注点，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	保护目标名称	关注点方位及最近距离	使用因子 U	居留因子 T	关注点处辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周有效受照剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效受照剂量 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/年)	
1	2 栋厂房	货品堆放区	装置西侧 1.5m	1	1/4	1.96×10^{-2}	9.78×10^{-2}	5(公众)	4.89×10^{-3}	0.1 (公众)
2		half #2	装置东侧 9m	1	1	5.43×10^{-4}	1.09×10^{-2}	5(公众)	5.43×10^{-4}	0.1 (公众)
3		Lns 生产线	装置南侧 6m	1	1	1.22×10^{-3}	2.44×10^{-2}	5(公众)	1.22×10^{-3}	0.1 (公众)
4		临时办公区	装置北侧 5m	1	1	1.76×10^{-3}	3.52×10^{-2}	5(公众)	1.76×10^{-3}	0.1 (公众)
5		监督区边界外	装置四周最近 1m	1	1/4	4.40×10^{-2}	2.20×10^{-1}	5(公众)	1.10×10^{-2}	0.1 (公众)
6		阴极 6 号机 (二层)	装置下方 4.5m	1	1	4.52×10^{-3}	9.04×10^{-2}	5(公众)	4.52×10^{-3}	0.1 (公众)
7	SRP 系统 (溶剂精炼回收设备区)	装置北侧, 最近 29m	1	1/4	5.23×10^{-5}	2.62×10^{-4}	5(公众)	1.31×10^{-5}	0.1 (公众)	
8	动力厂房	装置西北侧, 最近 37m	1	1	3.21×10^{-5}	6.43×10^{-4}	5(公众)	3.21×10^{-5}	0.1 (公众)	
9	厂区道路	装置北侧, 最近 13m	1	1/4	2.60×10^{-4}	1.30×10^{-3}	5(公众)	6.51×10^{-5}	0.1 (公众)	

注: ①根据表 11-1 至表 11-4 预测结果, 2 栋厂房装置四周关注点处辐射剂量率保守取装置四周预测结果中最大值根据距离衰减进行计算 (楼下二层关注点处辐射剂量率值以装置底部预测值根据距离衰减估算), 即参考点处辐射剂量率值/距离/距离;

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h; 一年按照 50 周计算, 年曝光时间约为 1000h。

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可以看出, 本项目辐射工作人员所受周有效剂量最大为 $3.88 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $1.94 \times 10^{-2} \text{mSv}$; 周围公众所受周有效剂量最大为 $2.20 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$, 年有效剂量最大为 $1.10 \times 10^{-2} \text{mSv}$ 。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 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

①工业 CT 装置检测室的密封性受到破坏, 造成 X 射线泄漏事故, 辐射工作人员和公众受到意外照射;

②工业 CT 装置门一机联锁失效, 设备防护门未关闭就对工件进行曝光, 人员受

到意外照射。

③工业 CT 装置检修、维修时发生误照射对周围人员造成意外照射。

④二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

2) 事故处理方法及预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出处理方法或者预防措施：

①公司应加强管理，加强辐射工作人员培训，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；

③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保工业 CT 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。

⑦辐射工作人员进入辐射工作场所除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪。

⑧建设单位需完善《工业 CT 装置操作规程》。凡涉及对工业 CT 装置进行操作，必须按操作规程执行，必须按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的显眼位置；每次在开启 CT 装置前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障情况下开机检测。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业 CT 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工业 CT 装置操作，每次操作前检查工业 CT 装置门—机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测工业 CT 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，从而能够有序应对辐射事故。此外，公司应完善应急演练计划，配备应急物资，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。

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许可管理办法》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；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的培训和考核。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确了辐射防护负责人及各成员管理职责。本项目工业 CT 装置拟新增 2 名辐射工作人员，辐射工作人员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。

辐射安全管理规章制度

本项目为扩建 II 类射线装置项目，爱尔集新能源科技（南京）有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了一系列相关的辐射安全管理制度，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。公司已制定辐射应急预案，已于每年组织应急演练，通过应急演练完善辐射应急预案，公司目前辐射安全管理制度、环境监测及应急预案执行情况良好。本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理，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。建设单位管理制度汇总对照表见 12-1。

表12-1 建设单位管理制度汇总对照表

序号	规定的制度及内容	执行与落实情况
1	岗位职责： 制定管理人员、辐射工作人员、维修人员岗位责任，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。	原有项目已制定，已落实。应进一步完善细化工作人员岗位责任。
2	操作规程： 明确工业CT装置辐射人员的资质条件要求、工业CT装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业CT装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。	原有项目已制定，已落实。应补充针对本项目相关操作规程。
3	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，重点是工业CT装置运行和维修时的辐射安全管理。	原有项目已制定，已落实，应针对本项目完善制度。
4	设备维修制度： 明确工业CT装置维修计划，做好维修记录，明确其在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，	原有项目已制定，已落实。新增设备应补

	确保工业CT装置、剂量报警仪等仪器保持良好工作状态。	充制定维修制度。
5	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。	原有项目已制定，已落实，需将本项目纳入日常管理。
6	人员培训计划： 制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。	原有项目已制定，已落实，需将本项目辐射工作人员纳入日常管理。
7	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。发现个人剂量异常的，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。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，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。	原有项目已制定，已落实，根据本次环评周围环境保护目标情况制定本项目工业CT装置监测方案，方案中应明确监测频次和监测点位，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。
8	事故应急方案： 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）的要求建立事故应急预案，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。	原有项目已制定，已落实，已于每年组织应急演练，公司应通过应急演练不断完善辐射应急预案。
<p>公司目前辐射安全管理制度及应急预案执行情况良好。公司应进一步完善相关管理制度，并严格按照制度执行。</p>		
<p>辐射监测</p> <p>本项目为扩建项目，公司已为现有辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检，现有辐射工作人员最新连续四季度个人剂量结果未出现超标情况；公司已委托有资质单位每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求，公司每年定期编制本单位的放射源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。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：</p> <p>1. 监测方案</p> <p>1) 委托有资质单位定期对本项目工业CT装置周围环境辐射剂量率进行监测，每年1~2次。</p> <p>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1个月，最长不应超过3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</p>		

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环境、卫生健康部门调查处理。

3)工业 CT 装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业 CT 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 12-2 监测方案一览表

监测方案	监测因子	监测频次	监测点位
验收检测	本项目工业 CT 装置 拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率	在本项目环境 保护设施竣工 后及时进行竣 工环保验收	工业 CT 装置拟建址及周围布置监 测点位，分别位于工业 CT 装置拟建 址东南西北侧、中间及楼上/下、周 围保护目标处
年度检测	本项目工业 CT 装置 拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率	每年 1~2 次	工业 CT 装置拟建址及周围布置监 测点位，分别位于工业 CT 装置拟建 址东南西北侧、中间及楼下、周围 保护目标处
自主检测	本项目工业 CT 装置 拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率	定期	工业 CT 装置拟建址及周围布置监 测点位，分别位于工业 CT 装置拟建 址东南西北侧、中间及楼下、周围 保护目标处
个人剂量检 测	辐射工作人员 个人剂量当量	一般为 1 个月， 最长不应超过 3 个月	/

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，并按规定进行定期校准，取得相应证书。爱尔集新能源科技（南京）有限公司已配置 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配备 2 台 X- γ 个人剂量报警仪，项目运行后应定期对工业 CT 装置周围环境辐射水平进行监测，并做好监测记录。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司拟为本项目新增 2 名辐射工作人员，应在项目运行前委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，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

爱尔集新能源科技（南京）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。公司已制定的辐射事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司每年组织对应急人员进行应急处理措施培训，并定期组织应急人员进行应急演练，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司应通过定期应急演练不断完善辐射应急预案。

爱尔集新能源科技（南京）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，立即启动本公司应急预案，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》。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。

爱尔集新能源科技（南京）有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。定期对本项目工业 CT 装置周围的环境辐射剂量率进行监测，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效进行。

表 13 结论与建议

<p>结论</p> <p>1. 实践正当性</p> <p>爱尔集新能源科技（南京）有限公司因生产需要，拟扩建 1 台工业 CT 装置对公司生产的锂离子电池进行无损检测，主要对电池缺陷进行检查。本项目的建设将满足公司产品质量检测的需求，从经济角度而言，可以提升公司产品竞争力，增加公司利益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事故发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 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，但在公司做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的前提下，可将上述辐射影响降至尽可能小。</p> <p>因此，在考虑了社会和经济等有关因素之后，本次工业 CT 装置的增设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。</p> <p>2. 辐射安全与防护分析结论</p> <p>1) 选址、布局合理性</p> <p>本项目位于江苏省南京市江宁区江宁街道弘利路 16 号爱尔集新能源科技（南京）有限公司一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，一期厂区东侧为弘利路，南侧为飞鹰路，西侧为瑞风路，北侧为宝象路。本项目地理位置图见附图 1，本项目周围环境示意图见附图 2。</p> <p>本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置拟放置于一期厂区 2 栋厂房 3 层组装 half #2 西侧，拟建址东侧为 half #2，南侧为 Lns 生产线，西侧为货品堆放区和 PKG 生产线，北侧为临时办公区，楼下为阴极 6 号机，楼上为不可上人屋面。本项目所在一期厂区 2 栋 3 层（中部）平面布置图见附图 3，本项目所在一期厂区 2 栋 2 层（中部）平面布置图见附图 4。</p> <p>本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》第三条中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域，本项目的建设符合江苏省及南京</p>

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。

本项目工业 CT 装置屏蔽体外 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m 范围内涉及本公司 2 栋厂房、SRP 系统（溶剂精炼回收设备区）、动力厂房和厂区道路。

2) 辐射防护措施

本项目工业 CT 装置通过自带铅板和铅玻璃的检测室对 X 射线进行屏蔽。由理论预测结果可知，本项目拟配备的工业 CT 装置以最大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）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的剂量率限值要求。

3) 辐射安全措施

工业CT装置防护门（工件门和检修门）与装置均设置门—机安全联锁装置，装置设置工作状态指示灯，门—机联锁装置和工作状态指示灯应定期检查，确保有效；设备外表面拟设置“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置操作台设计有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，操作台上设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业CT装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。操作台设置X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及定值显示装置；设置高压接通时的外部报警或指示装置；拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。公司已配置1台辐射剂量巡测仪，拟为本项目配置2台个人剂量报警仪，用于对工业CT装置工作时周围环境辐射水平的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。

3. 辐射环境影响分析结论

本项目工业 CT 装置通过自带铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽。由理论预测结果可知，本项目工业 CT 以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）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）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所受周有效剂量和年有效剂量及周围公众

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》（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，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

4. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质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) 公司已配置 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪，拟为本项目配置 2 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。
- 5) 爱尔集新能源科技（南京）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，同时在项目运行时完善辐射安全管理制度。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，上岗前需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，爱尔集新能源科技（南京）有限公司 3D 电子计算机断层自动检测设备购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》（GBZ 117-2022）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，将具备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，以避免意外事故对公众和职业人员造成的附加影响，将其对环境的影响降到最低。
- 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) 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。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。

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

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	本项目 SEC EVB-CTLS 型工业 CT 装置由 X 射线检测室、装载输送机、卸载输送机、坏品输送机及操作台组成,该装置操作台位于检测室外部,与装置相连。该装置检测室尺寸约为 6400mm (长)×3300mm (宽)×2400mm。检测室采用铅板和铅玻璃对 X 射线进行屏蔽,定义检修门所在面为装置前侧(实际安装时检修门朝东)。检测室四周(包含检修门、工件门)、底部及顶部屏蔽体内含 12mm 铅板,观察窗为 12mm 铅当量防护玻璃。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)的剂量率限值要求。 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)。	68
辐射安全措施	工业 CT 装置防护门(工件门和检修门)与装置均设置门-机安全联锁装置,装置设置工作状态指示灯,门-机联锁装置和工作状态指示灯应定期检查,确保有效;设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志,提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业 CT 装置操作台设计有紧急停机按钮,确保出现紧急事故时,能立即停止照射,操作台上设有钥匙开关,只有打开钥匙开关后工业 CT 装置才能出束,钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。操作台设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示,以及管电压、管电流和照射时间选取及定值显示装置;设置高压接通时的外部报警或指示装置;设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)管理要求,采取设置门-机联锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯及紧急停机按钮等各项措施。	10.5
	公司已配置 1 台辐射剂量巡测仪,拟为本项目配置 2 台个人剂量报警仪,用于对工业 CT 装置工作时周围环境辐射水平的监测以及对瞬时辐射剂量率的实时报警。	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、辐射监测等仪器,满足工作场所日常监测要求。	0.5
污染防治措施	废气:工业 CT 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,人员不进入装置内,本项目工业 CT 装置工作时通过开关工件门和检修门进行换气,装置所在一期厂区 2 栋厂房设有新风系统,将产生的少量臭氧和氮氧化	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,其产生的臭氧和氮氧化物对环境的影响较小。	/

	<p>物排至 2 栋厂房外。</p> <p>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, 预计月产生量为 30kg, 年产生量为 360kg; 生活垃圾由公司统一收集后, 交给环卫部门清运。</p> <p>废水: 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 2.4m³, 年排放量为 28.8m³; 生活污水进入公司污水管道, 经公司污水处理站处理后达标接管进入滨江新城污水处理厂处理。</p>		
	<p>已成立辐射安全管理机构, 并以文件形式明确各成员职责。</p>	<p>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》完善辐射安全管理机构。</p>	/
	<p>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、事故应急制度等。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。</p>	/
辐射安全管理	<p>本项目拟配备 2 名辐射工作人员, 辐射工作人员在上岗前应参加辐射安全与防护培训, 通过考核后才能上岗(每 5 年重新参加考核)。</p>	<p>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培训合格证或考核合格证。</p>	定期投入
	<p>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 1 个月, 最长不应超过 3 个月。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁, 或者停止辐射工作三十年)。</p>	<p>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《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第 18 号), 个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁, 或者停止辐射工作三十年。</p>	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>根据《放射工作人员职业健康管理办法》, 应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。</p>	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。