

核技术利用建设项目
松下新能源（无锡）有限公司
扩建1台工业CT项目
环境影响报告表

松下新能源（无锡）有限公司



生态环境部监制

核技术利用建设项目
松下新能源（无锡）有限公司
扩建1台工业CT项目
环境影响报告表

建设单位名称：松下新能源（无锡）有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：无锡市新吴区长江路40号

邮政编码：214142

联系人：吴莘

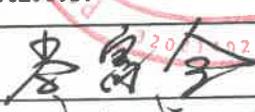
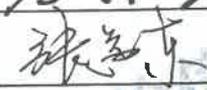
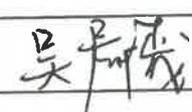
电子邮箱：wuxin02@cn.panasonic.com 联系电话：18251554945



吴莘

打印编号: 1769494621000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	r0gk34		
建设项目名称	松下新能源（无锡）有限公司扩建1台工业CT项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	松下新能源（无锡）有限公司		
统一社会信用代码	913202147290298010		
法定代表人（签章）	李富全		
主要负责人（签字）	张益东		
直接负责的主管人员（签字）	季芳		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	无锡国通环境检测技术有限公司		
统一社会信用代码	91320205572604627C		
三、编制人员情况			
1 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
吴晨曦	20230503532000000058	BH074036	
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴晨曦	全文编制	BH074036	

编制主持人和主要编制人信息

	<h3>环境影响评价工程师</h3> <p>Environmental Impact Assessment Engineer</p>	
<p>本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。</p>		姓名：吴晨曦
		证件号码：
		性别：男
		出生年月：
		批准日期：2023年05月28日
		管理号：20230503532000000058
		

江苏省社会保险权益记录单 (参保单位)

请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：无锡国通环境检测技术有限公司

现参保地：锡山区

统一社会信用代码：91320205572604627C

查询时间：202511-202601

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险	
缴费总人数	142	142	142	
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)	缴费起止年月	缴费月数
1	吴晨曦		202511 - 202601	3

说明：

- 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
- 本权益单为打印时参保情况。
- 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
- 本权益单记录单出具后有效期内(6个月)，如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证(可多次验证)。



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	- 9 -
表 7 保护目标与评价标准.....	- 12 -
表 8 环境质量和辐射现状.....	- 16 -
表 9 工程分析与源项.....	- 21 -
表 10 辐射安全与防护.....	- 27 -
表 11 环境影响分析	- 33 -
表 12 辐射安全管理	- 45 -
表 13 结论与建议	- 50 -
表 14 审批	- 54 -
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....	- 55 -

附图：

附图 1 企业地理位置图

附图 2 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图 3 松下新能源（无锡）有限公司厂区周围环境及评价范围图

附图 4 本项目工业 CT 装置所在楼层（1F）平面布置图

附图 5 本项目工业 CT 装置设计图

附件： -

附件 1 项目委托书

附件 2 射线装置使用承诺书

附件 3 辐射安全许可证

附件 4 装置参数说明

附件 5 屏蔽设计说明

附件 6 辐射环境现状检测报告及检测单位资质证书

附件 7 辐射工作人员连续 4 个季度个人剂量检测报告

附件 8 辐射安全与防护培训证书

附件 9 现有辐射项目年度检测报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称		松下新能源（无锡）有限公司扩建1台工业CT项目			
建设单位		松下新能源（无锡）有限公司 (统一社会信用代码: 913202147290298010)			
法人代表	李富全	联系人	吴莘	联系电话	18251554945
注册地址		无锡市新吴区长江路40号			
项目建设地点		无锡市新吴区长江路40号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保总投资 (万元)	10	投资比例(环保 投资/总投资)	2%
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)	33
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>一、建设单位基本情况、项目建设规模及由来</p> <p>1、建设单位基本情况</p> <p>松下新能源（无锡）有限公司位于无锡市新吴区长江路40号，主要从事锂离子电池、镍氢电池、组合电池等二次电池、锂一次电池、充电器及配件的开发、生产和销售，并提供售后服务。</p>				

2、项目建设及由来

松下新能源（无锡）有限公司目前已许可使用1台工业CT装置。现根据生产、检测需要，公司拟将厂区D栋厂房一层解析分析室进行改造，具体为①将解析分析室进行隔断，设置单独的隔间用于放置本项目CT装置，隔间命名为CT室；②CT室南、北侧设置单独的门道。本项目工业CT装置用于圆柱电池、方形电池和电池组的检测。检测工件的长度最大为300mm、宽度最大为300mm、厚度最厚为300mm。

本项目工业CT装置型号为FF35CT型，装置内设有1个X射线管，X射线管最大管电压为225kV，最大管电流为3.0mA，最大功率为675W，射线管主射线由东（右）往西（左）照射，操作台拟设于装置南侧，操作位已避开了X射线主射线方向。

企业拟为本项目配备4名辐射工作人员负责检测工作，4名辐射工作人员均为原辐射工作人员，除本项目外还从事厂区其他射线装置的操作。2班制，每班配备2名辐射工作人员。本项目工业CT装置周开机曝光时间不超过20小时，每班不超过10小时。年开机曝光时间不超过1000小时，每班不超过500小时。

为保护环境和公众利益，防止辐射污染，根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本次扩建1台工业CT项目属于核技术应用项目，需进行环境影响评价。受松下新能源（无锡）有限公司的委托，无锡国通环境检测技术有限公司承担了该单位扩建1台工业CT项目的环境影响评价工作。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），本次扩建1台工业CT项目，属于“172 核技术利用建设项目”中“使用II类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。无锡国通环境检测技术有限公司接受委托后，在资料调研、项目工程分析、现场勘察及现场检测等工作的基础上，编制了该项目环境影响报告表。本项目射线装置基本情况见下表1-1，承诺书见附件2。

表1-1 本项目射线装置基本情况一览表

序号	装置名称、型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	FF35CT型工业CT装置	1	225	3	II	D栋厂房一层CT室	使用	本次环评	扩建

二、项目周边保护目标以及场址选址等情况

松下新能源（无锡）有限公司位于无锡市新吴区长江路40号，厂区东侧为长江路，南侧为高浪路，西侧为珠江路，北侧为岷山路。企业地理位置图见附图1，厂区周围环境及评价范围见附图3。

本项目工业CT装置拟建于厂区D栋厂房一层CT室，拟建址东侧依次为会议室、卫生间、楼梯间、餐厅、产品展览室、大厅、洽谈区、楼梯间、休息室、客梯、走廊、厂区内道路；南侧依次为试验室、分析室、圆筒2号水洗、部品评价室、楼梯间、卫生间、厂区内道路；北侧依次为车间走廊、试验室、评价设备预留区、制造办公室、安全性试验室、厂区内道路；西侧依次为展示区、前处理室、圆筒组立后工程、圆筒1号水洗；楼上为综合办公室，楼下无建筑物。本项目工业CT装置所在楼层平面布局图见附图4。

本项目工业CT装置拟建址周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业CT装置拟建址周围评价范围内公众。

三、原有核技术利用项目许可情况

松下新能源（无锡）有限公司目前已申领无锡市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为“苏环辐证【00986】”，种类和范围为“使用V类放射源；使用II类、III类射线装置”，发证日期为2024年12月25日，有效期至：2026年10月24日，许可使用9枚V类放射源、15台III类射线装置及1台II类射线装置。上述射线装置均为正常使用状态。

公司辐射安全许可证见附件3，公司已有核技术应用项目环保手续文件见附件7，公司现有核技术应用项目见表1-2。

表1-2 现有核技术应用项目许可情况

放射源								
序号	核素	单枚出厂活度(Bq)	类别	枚数	工作场所名称	许可情况	备注	
1	Kr-85	1.6×10 ⁹	V	6	C栋源泉	已许可	使用	
2	Kr-85	1.6×10 ³	V	3	C栋源泉	已许可	使用	
射线装置								
序号	射线装置名称、型号	数量	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	备注
1	X射线实时成像系统 SMX-225 225/1	1	II	D栋技术实验室	使用	已审批 2008年	已许可、已验收	/
2	X射线荧光分析仪 X-MET8000 50/0.03	1	III	D栋技术实验室	使用	已登记备案	已许可	/

3	SMX-1000 90/0.25	1	III	A栋二楼X射线室	使用	已登记备案	已许可	/
4	自动卷偏检查机 90/0.2	11	III	C栋2楼角形科组立	使用	已登记备案	已许可	/
5	8M构成机配套 手动X线机 90/0.2	1	III	D栋圆筒二科	使用	已登记备案	已许可	/
6	18650电池在线 x-ray监测设备 110/0.8	1	III	D栋圆筒科手动线	使用	已登记备案	已许可	/

建设单位已针对现有核技术利用项目制定了较为完善的辐射安全管理制度并进行了落实，每年已委托有资质单位对所有已许可的在用辐射工作场所进行场所防护的辐射环境监测。

建设单位已针对现有核技术利用项目制定了辐射安全事件应急预案，对应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备以及辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施等方面做出规定，并开展应急演练，加强应急预案的可操作性。

参与本项目 II 类射线装置相关工作的4名辐射工作人员均已取得全国核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，厂区其他辐射工作人员均已通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核或已通过自主考核，均已完成辐射工作人员职业健康体检，均已开展个人剂量监测并建立个人剂量档案。

四、实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加工业CT装置拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求，本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的收益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

五、“生态环境分区管控”相符性分析

经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于无锡国家高新技术产业开发区重点管控单元（编码：ZH32021423643）内，评价范围内不涉及优先保护单元和一般管控单元。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。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号）及《无锡市生态空间管控区域监督管理实施细则（试行）》划分的生态红线区域，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及无锡市生态环境空间保护区域。对照《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）和《无锡市生态空间管控区域监督管理实施细则（试行）》，本项目为核技术利用项目，符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）的相关要求，不会降低管控区的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(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	FF35CT型	225	3	电池检测	D栋厂房一层CT室	扩建

(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	可通过装置通风口排出，再依托车间内通风系统排出车间；臭氧常温下50min可自行分解为氧气，对外环境影响较小。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

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

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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2011年原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），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；</p> <p>(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2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>(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2021年生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，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2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>(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》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日印发；</p> <p>(11) 《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，自2019年11月1日起施行；</p> <p>(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；</p> <p>(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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1</p>
-------------	--

	<p>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>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</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》（GB 18871-2002）；</p> <p>(6) 《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）；</p> <p>(7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单。</p>

其他	<ul style="list-style-type: none">(1) 《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社）；(2) 项目委托书（附件 1）；(3) 射线装置使用承诺书（附件 2）；(4) 辐射安全许可证（附件 3）；(5) 装置参数说明（附件 4）；(6) 屏蔽设计说明（附件 5）；(7) 辐射环境现状检测报告及检测单位资质证书（附件 6）；(8) 辐射工作人员连续 4 个季度个人剂量检测报告（附件 7）(9) 辐射安全与防护培训证书（附件 8）；(10) 现有辐射项目年度检测报告（附件 9）。
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

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》（HJ 10.1-2016）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”的规定，结合本项目的特点，确定本项目评价范围为本项目X射线检测装置屏蔽体边界外50m区域。

保护目标

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。根据《关于加强生态保护红线管理的通知》（自然资发〔2022〕142号）《生态环境分区管控管理暂行规定》（环环评〔2024〕41号）和《无锡市生态空间管控区域监督管理实施细则（试行）》的要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于无锡国家高新技术产业开发区重点管控单元（编码：ZH32021423643）内，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》（HJ 19-2022），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。

本项目主要考虑工业CT工作时可能对周围环境产生的辐射影响。本项目工业CT装置拟建址周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及工业CT装置拟建址周围评价范围内公众，详见表7-1。

表7-1 本项目环境保护目标一览表

保护对象类型	场所名称	保护目标	方位/位置	距离	规模
本项目辐射工作人员	CT室	操作人员	南侧	毗邻	4名
公众					约5名
					约2名
					约2名
					约22名

					约5名
					约5名
					约10名
					约3名
					约39名
					约6名
					约5名
					约3名
					约5名
					约15名
					约5名
					约10名
					约30名
					约350名

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

①剂量限值

根据《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及公众的年照射剂量限值，见表 7-2。

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值表

种类	剂量限值
职业照射	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（但不可做任何追溯平均），20mSv； ②任何一年中有效剂量，50mSv。
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估算不应超过下述限值： ③年有效剂量，1mSv； ④特殊情况下，如果 5 年连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某个单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

②辐射管理分区

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和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。

(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2002)

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.3 X 射线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 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。

(3) 项目剂量约束值

综合考虑 GB18871-2002 和 GBZ117-2022，本项目剂量约束值为：

①**辐射剂量率控制水平：**本项目工业 CT 装置屏蔽体四周、底部表面 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h；本项目工业 CT 装置上方为二楼办公区，顶部外表面 30cm 处的剂量率取不大于 2.5 μ Sv/h。

②**周受照剂量控制水平：**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。

③**年受照剂量控制水平：**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。

(4) 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 1993 年 3 月第 13 卷第 2 期），江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

类别	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：（1）测量值已扣除宇宙射线响应值。

（2）现状评价值，取测值范围数值：即原野为（33.1~72.6）nGy/h；道路为（18.1~102.3）nGy/h；室内为（50.7~129.4）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理位置和场所描述

松下新能源（无锡）有限公司位于无锡市新吴区长江路40号，厂区东侧为长江路，南侧为高浪路，西侧为珠江路，北侧为岷山路。企业地理位置图见附图1，厂区周围环境及评价范围见附图3。

本项目工业CT装置拟建于厂区D栋厂房一层CT室，拟建址东侧依次为会议室、卫生间、楼梯间、餐厅、产品展览室、大厅、洽谈区、楼梯间、休息室、客梯、走廊、厂区内道路；南侧依次为试验室、分析室、圆筒2号水洗、部品评价室、楼梯间、卫生间、厂区内道路；北侧依次为车间走廊、试验室、评价设备预留区、制造办公室、安全性试验室、厂区内道路；西侧依次为展示区、前处理室、圆筒组立后工程、圆筒1号水洗；楼上为综合办公室，楼下无建筑物。本项目工业CT装置所在楼层平面布局图见附图4。

本项目工业CT装置周围环境见图8-1。

评价范围内	
本项目工业 CT 拟建址现状	工业 CT 拟建址楼上办公室
工业 CT 拟建址北侧车间走廊	工业 CT 拟建址北侧试验室



工业 CT 拟建址南侧车间走廊	工业 CT 拟建址南侧实验室
工业 CT 拟建址南侧分析室	工业 CT 拟建址南侧圆筒 2 号水洗
工业 CT 拟建址南侧部品评价室	
编制主持人现场踏勘照片	
 <p>打卡 09:36 江苏省无锡市新吴区任庄街道松下新能源(无锡)有限公司 31.526077 N, 120.370174 E 2025-12-30 星期二 今日水印 相机 11:11:11</p>	
厂区大门	本项目 CT 装置拟建址

图8-1工业CT拟建址及周围环境现状图

2、辐射环境质量监测

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）相关方法和要求对本项目进行辐射环境现状调查，在拟建址及周围进行布点，测量辐射现状剂量率，监测结果见表8-1，监测点示意图见图8-2。

图8-2 本项目CT装置拟建址及周围辐射环境现状监测点位示意图
表8-1 本项目辐射剂量率现状监测结果

测点编号	检测地点	检测结果 (nGy/h)	备注
1			室内楼房
2			室内楼房
3			室内楼房
4			室内楼房
5			室内楼房
6			室内楼房
7			室内楼房
8			室内楼房

- 1.表中结果扣除仪器宇宙响应值，宇宙响应值为12.68nSv/h；
- 2.楼房对宇宙射线的屏蔽修正因子取0.8，平房对宇宙射线的屏蔽修正因子取0.9，原野、道路对宇宙射线的屏蔽修正因子取1；
- 3.根据HJ 1157-2021，使用¹³⁷Cs作为检定校准参考辐射源，换算系数取1.20Sv/Gy。

从现场检测结果可知，本项目CT装置拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内辐射 γ 辐射水平为（83.5~114.1）nGy/h，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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，本项目工业CT装置拟建址周围室内检测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内测量值范围内，属于正常辐射水平。

表 9 工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、设备组成及工作方式

本项目工业CT装置型号为FF35CT型，装置内设有1个X射线管，射线管最大管电压为225kV，最大管电流为3.0mA，最大功率为675W，射线管可上下移动，移动范围为0.5m。

本项目工业CT装置主要由硬件部分和软件部分组成，硬件部分有主防护箱体、X射线管、探测器、载物台、控制柜等，软件部分有操作系统、控制系统和成像系统。装置尺寸为2960mm长×1590mm宽×2120mm高。

装置装载门尺寸为790mm宽×1190mm高，门洞尺寸为650mm宽×790mm高，装载门左右各搭接70mm，上下各搭接200mm，门缝宽度为5mm。探测器维修门尺寸为990mm宽×1340mm高，门洞尺寸为790mm宽×1190mm高，维修门左右各搭接100mm，上下各搭接75mm，门缝宽度为5mm。射线管维修门尺寸为820mm宽×1770mm高，门洞尺寸为560mm宽×1660mm高，维修门左右各搭接130mm，上下各搭接55mm，门缝宽度为5mm。装载门、探测器维修门、射线管维修门与屏蔽体重叠部分不小于防护门与屏蔽体缝隙宽度的10倍。

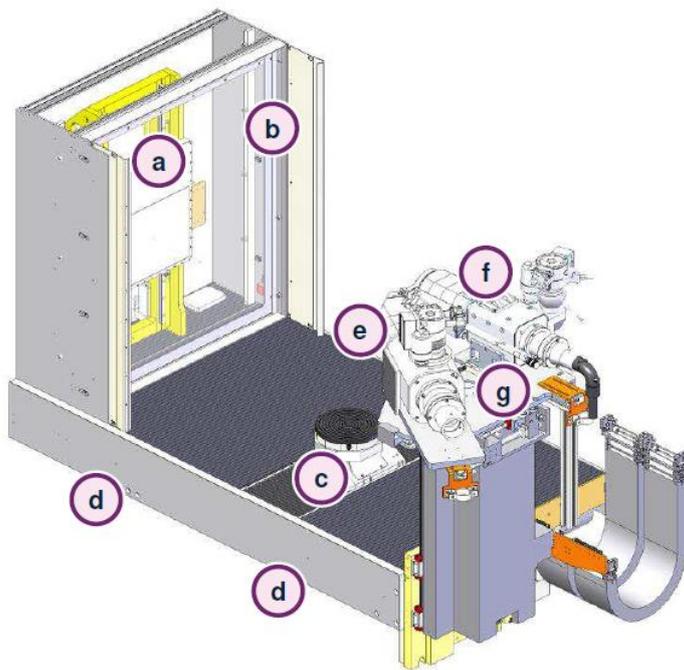
工业CT装置设备参数见表9-1，设备外部、内部结构见图9-1~9-2。

表9-1FF35CT型工业CT装置技术参数一览表

技术参数	
	射线管型号
	最大管电压
	最大管电流
	最大功率
	过滤材质及厚度
	主射束方向
	出束角度
装置屏蔽参数	前面防护板
	左面防护板 (平板探测器侧)
	后面防护板
	右面防护板
	上面防护板
	底板防护(左)
	底板防护(右)
	电缆管线口
	排风口



图9-1本项目CT装置外部结构图



插图说明

- a 探测器
- b 探测器保护板
- c 试件台
- d 用于隔振的器件
- e 225 kV 直接辐射 X 射线管
- f 190 kV 传输 X 射线管(选项)
- g 用于防撞保护的摄像机

图9-2本项目CT装置内部结构图

2、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射线管结构见图9-3。

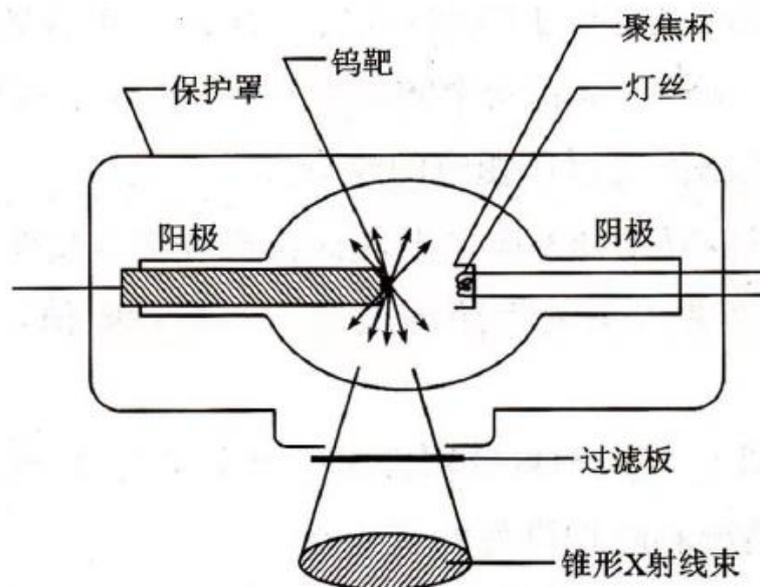


图9-3 典型的X射线管结构图

电子计算机断层摄影（Computed tomography，简称CT）是近十年来发展迅速的电子计算机和X射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的影像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）

数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部密度的微小变化。

CT装置一般由射线管、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成。射线管提供CT扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的CT图像重建。机械扫描系统实现CT扫描时工件的旋转、水平移动或垂直移动，以及载物台、样品、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过样品的射线信号，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。

3、工艺流程及产污环节

本项目工业CT装置工作流程及产污环节见图9-4。

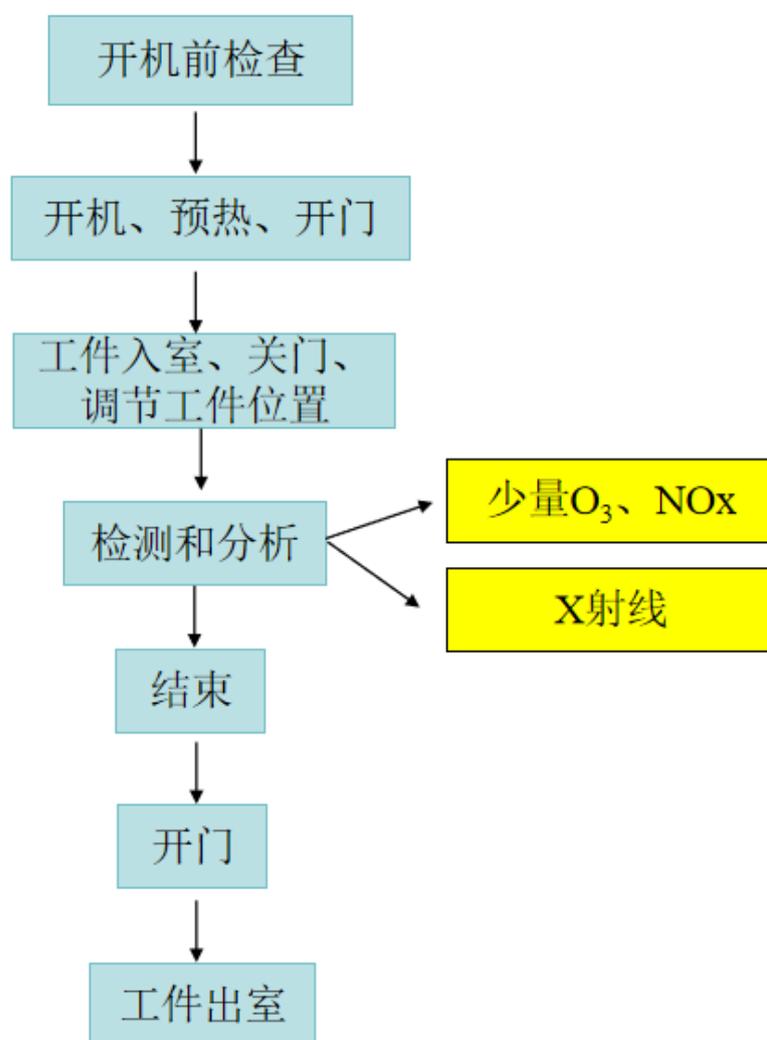


图9-4 工作流程及产污环节图

检测时辐射工作人员将被测工件放置在工件测试台上，关闭工件门后，辐射工作人员在操作台处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，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) 辐射工作人员在开展检测工作前对工业CT装置进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作。

(2) 依次打开主电源开关和钥匙开关，开启操作系统，抽真空和预热X射线管。

(3) 人工将待检工件通过装载门放入载物台上，关闭装载门，打开计算机控制、采集分析系统；根据工件形状、大小，通过操作台将载物台、射线管、探测器调节至合适位置，在操作系统中设置管电压、管电流、功率、出束时间等参数。

(4) 确认装载门关闭到位和各项安全设施正常后，通过操作系统开启X射线，装置进入自动采集扫描状态，载物台自动旋转，X射线透过待检工件后由探测器接收，再由成像软件进行成像处理。期间X射线持续出束，设备自动完成检测，无需人员干预。此过程会产生X射线及少量O₃、NO_x。

(5) X射线自动停止出束，操作人员打开装载门取出工件，关机，完成数据处理和样品分析。

4、原有工艺不足和改进情况分析

根据现场调查可知，公司已有的工业CT装置项目工艺流程合理，已根据相应标准要求进行检测过程中采取安全防护措施。本项目拟扩建的1台工业CT装置与已有项目工艺流程一致，不存在工艺改进情况。

5、工作负荷及人员配置

企业拟为本项目配备4名辐射工作人员负责检测工作，4名辐射工作人员均为原辐射工作人员，除本项目外还从事厂区其他射线装置的操作。2班制，每班配备2名辐射工作人员。本项目工业CT装置周开机曝光时间不超过20小时，每班不超过10小时。年开机曝光时间不超过1000小时，每班不超过500小时。

污染源项描述

1、放射性污染源分析

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。

各射线输出量见表9-2。

表9-2 本项目工业CT装置输出量参数

序号	射线装置名称、型号	射线管型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	靶点在1m处的X射线输出量 $mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$	泄漏辐射1m处剂量率 ($\mu Sv/h$)	散射辐射能量 (kV)
1	工业CT、FF35CT型						

2、非放射性污染源分析

本项目工业CT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。辐射工作人员在日常工作中会产生生活污水和生活垃圾。

本项目工业CT装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1、项目工作场所布局合理性分析

本项目工业CT装置硬件包括主防护箱体、X射线管、探测器、载物台、控制柜、操作台等，射线管主射线由东（右）往西（左）照射，操作台拟设于装置南侧，操作位已避开了X射线主射线方向。本项目工业CT装置布局设计满足《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与探伤室分开”的要求。

控制区：注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

根据控制区和监督区的定义，本项目拟将工业CT装置整体作为本项目的辐射防护控制区，在装置表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将工业CT装置所在的CT室作为辐射防护监督区，监督区边界拟设置地面警戒线，边界处竖立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得靠近。

本项目辐射工作场所分区示意图见图10-1，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。

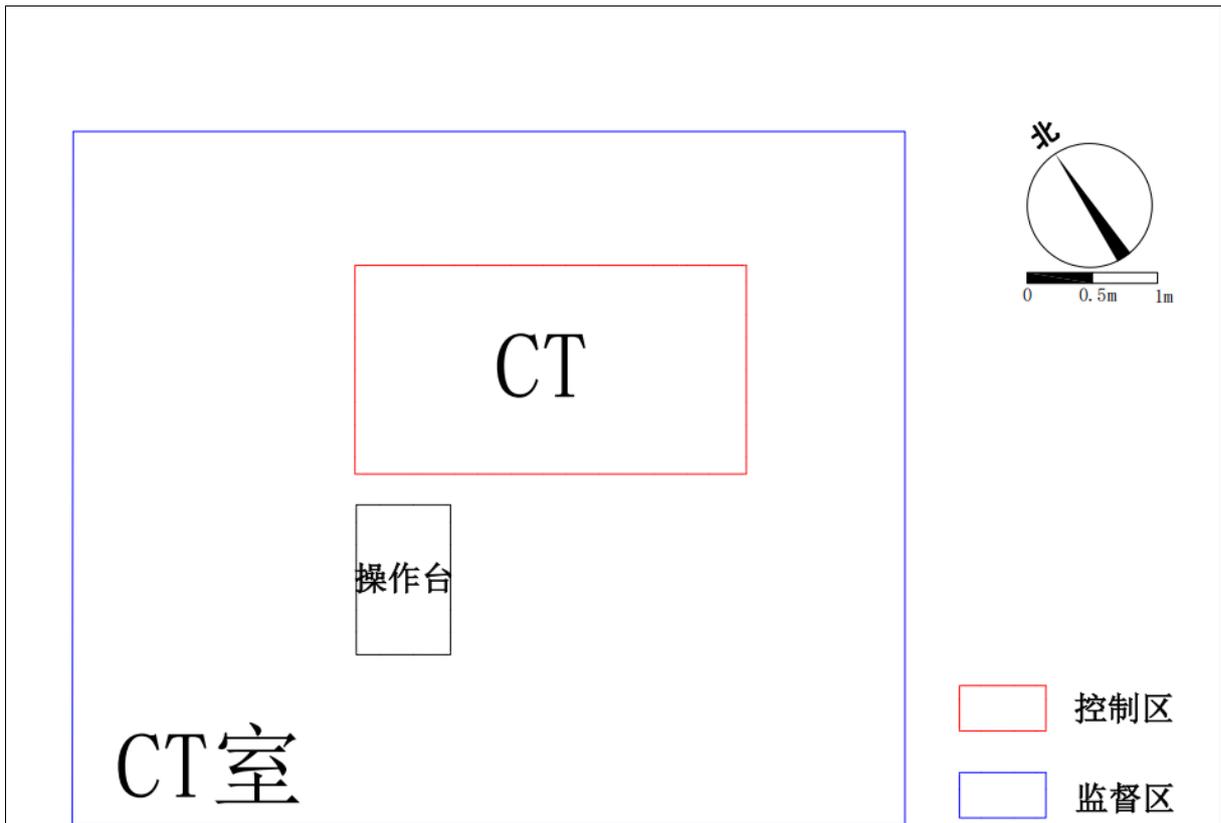


图10-1 本项目辐射工作车间分区示意图

2、辐射屏蔽设计

(1) 主体屏蔽设计

本项目使用的FF35CT型工业CT装置自带钢铅结构屏蔽体，屏蔽体参数见表10-1。

表10-1 FF35CT型工业CT装置屏蔽参数

	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	折合铅当量
FF35CT 型工业C T	前面防护板		
	左面防护板 (平板探测器侧)		
	后面防护板		
	右面防护板		
	上面防护板		
	底板防护(左)		
	底板防护(右)		
	电缆管线口		
	排风口		

3、辐射安全与防护措施

3.1 辐射防护措施

本项目工业CT装置采取的辐射安全装置和保护措施如下：

(1) 本项目的射线装置拟设置安全联锁系统，安全联锁设计要求钥匙开关关闭、急停按钮复位、装载门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位射线装置不能启动。X射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X射线立即切断出束，复位后X射线不会自动出束。

(2) 本项目工业CT拟设置门机联锁装置，在装载门和维修门各设有限位开关。只有当装载门和维修门关闭到位后，同时触发限位装置，高压电源才能接通，射线装置才能开启。装载门和维修门打开与限位装置分离时，射线装置高压电源将被切断，并且射线装置系统界面会报告异常，无法出束。

(3) 装置顶部拟设置工作状态指示灯，并与X射线管进行联锁。工业CT装置工作时，射线管出束，指示灯开启，黄灯闪烁代表X射线处于工作状态，熄灭表示高压断开，警告无关人员勿靠近工业CT装置或在装置附近做不必要的逗留。

设备还自带1个光带形指示灯，X射线出束时，光带形指示灯亮，辐射工作人员可从距射线装置较远的地方知晓射线装置的工作状态。灯带状态：绿灯代表正在扫描；蓝灯表示控制软件关闭，处于待机状态，无法开启射线；白灯表示控制软件打开，处于待机状态，可以开启射线。建设单位将在X射线检测区内醒目位置张贴射线装置信号指示意义的说明。

(4) 装置表面明显位置、维修门上拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

(5) 装置正面显眼位置、操作台和装置装载门右侧内拟各设置1个急停按钮，确保出现紧急事故时，射线管能立即停止照射。紧急停机按钮应当带有标签，标明使用方法。

(6) 本项目的射线装置在设备正面设有1个主电源开关，在操作台上设有1个钥匙开关，只有两个开关同时打开后设备才能启动，任何一道开关未打开区射线都将无法正常出束。工业CT的钥匙由辐射安全管理机构组长进行保管，只有授权的本项目辐射工作人员才能使用，无关人员无法使用钥匙，使用钥匙时需要填写使用登记表。

(7) 装置内部拟设置视频监控，辐射工作人员可通过操作面板处监视器监视铅房内部设备运行情况。

由于本项目CT装置在工作时人员无需进入工业CT装置内部，同时设备维修人员均在设备断电的状态下进入设备进行维修，故装置未设置固定式场所辐射探测报警装置。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。本项目工业CT装置辐射安全与防护分布图见图10-2。



插图说明

- a 观察监控器
- b 任务控制器
- c 钥匙开关
<获准运行 X 射线装置>
- d RESET(复位)按键
- e E 紧急停机按键
- f 带有系统软件的计算机
- g 操作台高度调节装置
- h 重建 PC 计算机显示器

图10-2 辐射安全与防护设施位置示意图

3.2操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中5.1.2要求对工业CT装置进行检查,重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常。

(2) 使用便携式X- γ 剂量率仪前,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,则不应开始检测工作。

(3) 拟定期测量检测工业CT装置外周围区域的辐射剂量率水平,包括操作位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,应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 工作人员工作时,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。

(5) 在每一次照射前,辐射工作人员都必须确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下,才能开始检测工作。

(6) 公司拟对工业CT装置的设备维护负责,每年至少维护一次,设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行,并做好设备维护记录。维修人员进入设备曝光室内部时,除佩戴常规个人剂量计外,还需携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪。

3.3探伤设备退役措施

当工业CT装置不再使用时,实施退役程序。

(1) 工业CT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) 清除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。

4、设备的监测仪器和防护用品

建设单位拟配备4名辐射工作人员进行设备操作。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必要的防护用品和监测仪器。建设单位拟配备监测仪器清单见表10-2,满足使用的需求。

建设单位拟为辐射工作人员配备4台个人剂量报警仪，工作期间随身佩戴，个人剂量报警仪工作期间保持开机状态。个人剂量报警仪设置报警阈值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，一旦听到报警，需立即切断装置的电源，排查报警原因后方可继续工作。

拟配备1台便携式剂量率仪用于日常检测，使用便携式剂量率仪定期（每月1次）对设备的各个面进行巡测和定点检测，设置台账记录每次使用记录，如有异常，将立即切断电源，停止使用该设备，应及时通知厂家对设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备，辐射检测仪器应定期送检。

表10-2 本项目拟配备防护用具清单

序号	名称	数量	单位
1	个人剂量报警仪	4	台
2	X- γ 辐射剂量率仪	1	台

三废的治理

本项目CT装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物经设备通风口排至车间内，最终经车间新风系统排至室外环境，本项目所在CT室体积约为 99m^3 ，通风系统通风量为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ ，能够满足每小时有效换气次数3次的通风需求，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示检测结果，不涉及胶片、影片等感光材料废物。无放射性废物及放射性废气、废水和固废的产生。本项目运行期间不产生放射性废气、废液以及固体废物。辐射工作人员产生的生活污水接管城市污水处理厂，产生的生活垃圾委托环卫部门定期清运。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段涉及到墙体隔断与内饰装潢，以及设备和各类辐射安全防护措施的安装等工程，在项目的建设过程中，应采取污染防治措施，减轻对企业及周边地区的环境影响。机房建设时将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，建设施工时对环境会产生如下影响：

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的建筑装修等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：**a.**及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；**b.**车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；**c.**施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声对周边人群造成一定的影响。因此，在施工时应严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2025）标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时施工过程中，避免在中午休息时间施工。本项目施工工期相对较短，在严格执行噪声标准，并且合理安排施工时间的情况下，噪声对周围人群的环境影响是暂时的。

（3）固体废物：施工期间，将产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

（4）废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，统一收集后由企业进行处理。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

运行阶段对环境的影响

1、辐射环境影响分析

本项目工业CT装置射线管主射线由东（右）往西（左）照射，射线管可上下移动，移动范围为0.5m。本项目工业CT有用线束角度为45°， $L/2=1.62\text{m}\times\tan 22.5^\circ=0.67\text{m}$ ，可照射整个左侧屏蔽体和部分的前侧、后侧、顶部、底部的屏蔽体。

计算时将装置左侧屏蔽体（含维修门）按照有用线束照射进行预测计算，前侧屏蔽体（含装载门、维修门）、后侧屏蔽体、顶部、底部屏蔽体按照有用线束照射和非有用线束照射进行复合预测计算，将右侧屏蔽体按照非有用线束照射进行预测计算，本报告选取工业CT装置屏蔽体外0.3m处为辐射水平关注点。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。本项目工业CT装置预测计算示意图见图11-1。

图11-1 工业CT装置预测计算示意图

1.1有用线束屏蔽估算

装置主射线照射方向预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中：

\dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流（mA）；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。根据厂家提供的参数说明（附件4），射线管滤过条件为1mmAl，射线管在225kV、3mA条件下距靶点1m处的X射线输出量为 $37.8 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

B ：屏蔽透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），对于给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录B.1曲线查出相应的屏蔽透射因子 B ；因图B.1无法直接取得 B 值，保守参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中的表B.2，取得相应电压条件下铅的什值层后，根据下式计算，取得 B 值

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

式中：

X ：屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL ：不同能量射线对应什值层厚度TVL，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.2进行插值法计算，得225kV的什值层取值为2.15mm；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

关注点的辐射水平估算按照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中提供的公式及参数进行理论计算。根据上述情况，可计算本项目设备主射方向外表面30cm处的辐射剂量率水平，计算结果见表11-1。

表11-1装置主射方向屏蔽体表面30cm辐射剂量率计算

关注点	有效屏蔽厚度 (mmPb)	I (mA)	屏蔽透射因子B	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 /$ (mA·h)	R^* (m)	$\dot{H}_{\text{主}}$ ($\mu\text{Sv/h}$)
①左侧屏蔽体						
②前侧屏蔽体						
③后侧屏蔽体						
④顶部屏蔽体						

⑤底部屏蔽体 (左)					
<p>*R_{左侧屏蔽体}=出束口到左侧屏蔽体表面的距离1.62m+参考点0.3m=1.92m; R_{前侧屏蔽体}=出束口到前侧屏蔽体表面的距离1.50m+参考点0.3m=1.80m; R_{后侧屏蔽体/通风口/电缆口}=出束口到后侧屏蔽体表面的距离1.40m+参考点0.3m=1.70m; R_{顶部屏蔽体}=出束口到顶部屏蔽体表面的距离0.78m+参考点0.3m=1.08m。 R_{底部屏蔽体(左)}=出束口到底部屏蔽体(左)表面的距离1.49m+参考点0.3m=1.79m; 有效屏蔽厚度计算为18mm(屏蔽体厚度)/sin22.5°=47mm; 有效屏蔽厚度计算为13mm(屏蔽体厚度)/sin22.5°=34mm。</p>					

1.2 泄漏辐射屏蔽效果预测

泄漏辐射计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中泄漏辐射屏蔽估算的计算公式:

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

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/T 250-2014)中的表1值, 即 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

B : 屏蔽透射因子, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), 对于给定屏蔽物质厚度 X 时, 由附录B.1曲线查出相应的屏蔽透射因子 B ; 因图B.1无法直接取得 B 值, 保守参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录B中的表B.2, 取得相应电压条件下铅的半值层后, 根据下式计算, 取得 B 值

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

式中:

X : 屏蔽物质厚度, 与TVL取相同的单位;

TVL : 不同能量射线对应半值层厚度TVL, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表B.2进行插值法计算, 得225kV的半值层取值为2.15mm;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米(m)。

1.3 散射辐射屏蔽效果预测

散射辐射预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中散射辐射屏蔽估算的计算公式:

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

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), 本项目X射线管功率为675W, CT装置管电压225kV时, 管电流最大为3mA;

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m处输出量, $\mu\text{Sv/h}\cdot\text{m}^2$ (mA·h)。根据厂家提供的参数说明 (附件4), 射线管滤过条件为1mmAl, 射线管在225kV、3mA条件下距靶点1m处的X射线输出量为 $37.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$;

B : 屏蔽透射因子, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录B中的表B.2, 取得相应电压条件下铅的半值层后, 根据下式计算, 取得B值

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

式中:

X : 屏蔽物质厚度, 与TVL取相同的单位;

TVL : 不同能量射线对应半值层厚度TVL, 根据GBZ/T250-2014中90°散射辐射的TVL: X射线90°散射辐射的最高能量低于入射X射线的最高能量, 使用该散射X射线最高能量相应的X射线的半值层计算其在屏蔽物质中的辐射衰减, 本项目射线装置最大管电压为225kV, X射线90°散射辐射最高能量为200kV, 根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)表B.2得200kV的半值层取值为1.4mm;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m²) 散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与改面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关, 在未获取相应物质的 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/T 250-2014)中的附录B表B.3;

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, m。

表11-2 装置非有用线束屏蔽体表面30cm辐射剂量率计算

关注点	⑥右侧屏蔽体	⑦底部屏蔽体 (左)	⑧底部屏蔽体 (右)	⑨后侧屏蔽体	⑩前侧屏蔽体	⑪顶部屏蔽体	⑫装置右侧
铅当量 (mmPb))							
泄漏辐射	B						
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)						
	R (m) *						
	H ($\mu\text{Sv/h}$)						
散	散射后的能量对应的kV值						

射 辐 射	B	
	I (mA)	
	H_0 ($\mu\text{Sv/h}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	
	F (m^2)	
	α	
	R_0 (m)	
	R_s (m)	
	H ($\mu\text{Sv/h}$)	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		
<p>*$R_{\text{右侧屏蔽体}}$=出束口到右侧屏蔽体表面的距离0.88m+参考点0.3m=1.18m; $R_{\text{底部屏蔽体(左)}}$=出束口到底部屏蔽体(左)表面的距离0.57m+参考点0.3m=0.87m; $R_{\text{底部屏蔽体(右)}}$=出束口到底部屏蔽体(右)表面的距离1.10m+参考点0.3m=1.40m; $R_{\text{顶部屏蔽体}}$=出束口到顶部屏蔽体表面的距离0.30m+参考点0.3m=0.60m; $R_{\text{后侧屏蔽体}}$=出束口到后侧屏蔽体表面的距离0.51m+参考点0.3m=0.81m; $R_{\text{前侧屏蔽体}}$=出束口到前侧屏蔽体表面的距离0.62m+参考点0.3m=0.92m; $R_{\text{装置右侧}}$=出束口到右侧装置表面的距离0.37m+参考点0.3m=1.67m。</p>		

由表11-1和11-2可知，射线管出束时，装置四周屏蔽体、顶部、底部外30cm处的最大辐射剂量率约为0.57 $\mu\text{Sv/h}$ ；能够满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

1.4天空反散射影响分析

根据表11-1、11-2可知，本项目工业CT装置屏蔽体顶部外30cm处辐射剂量率最大为5.90E-05 $\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于5.90E-05 $\mu\text{Sv/h}$ ，保守叠加装置西侧屏蔽体表面外0.3m处剂量率0.57 $\mu\text{Sv/h}$ 后为0.57 $\mu\text{Sv/h}$ ，剂量率小于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

1.5底部反散射影响分析

本项目工业CT装置底部留有空隙，射线穿过底部屏蔽体，再次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。根据表11-1、11-2计算结果，底部屏蔽体外30cm处剂量率最大为6.87E-03 $\mu\text{Sv/h}$ ，经地面散射至四周剂量远小于6.87E-03 $\mu\text{Sv/h}$ ，保守叠加装置西侧屏蔽体表面外0.3m处剂量率0.57 $\mu\text{Sv/h}$ 后为0.58 $\mu\text{Sv/h}$ ，剂量率小于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

1.6电缆口、通风口、防护门辐射影响分析

(1) 电缆口辐射影响分析

本项目工业CT装置电缆口位于工件门内侧，电缆口防护罩采用14mmPb进行屏蔽防护，铅防护罩采用迷宫式设计，X射线经过3次散射才能出防护罩。根据《辐射防护导论》第189页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷宫，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断电缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求，电缆口散射示意图见图11-3。

图11-3 电缆口X射线散射示意图

(1) 通风口辐射影响分析

本项目工业CT装置通风口位于装置后侧，通风孔防护罩采用14mmPb进行屏蔽防护，铅防护罩采用迷宫式设计，X射线经过4次散射才能出防护罩。根据《辐射防护导论》第189页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷宫，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断通风口处的辐射剂量率能够满足标准要求，通风口散射示意图见图11-4。

图11-4 通风口X射线散射示意图

(2) 防护门辐射影响分析

本项目CT装置装载门尺寸为790mm宽×1190mm高，门洞尺寸为650mm宽×790mm高，装载门左右各搭接70mm，上下各搭接200mm，门缝宽度为5mm。探测器维修门尺寸为990mm宽×1340mm高，门洞尺寸为790mm宽×1190mm高，维修门左右各搭接100mm，上下各搭接75mm，门缝宽度为5mm。射线管维修门尺寸为820mm宽×1770mm高，门洞尺寸为560mm宽×1660mm高，维修门左右各搭接130mm，上下各搭接55mm，门缝宽度为5mm。装载门、探测器维修门、射线管维修门与屏蔽体重叠部分不小于防护门与屏蔽体缝隙宽度的10倍。射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断、装载门、维修门缝隙处辐射剂量率能够满足标准要求。

1.7 保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为工业CT装置检测室外50m范围内其他人员。辐射工作人员年有效剂量拟按照本项目CT装置四周最大辐射剂量率进行计算。公众人员年有效剂量拟按照监督区外辐射剂量率取值计算。根据剂量率与距离的平方成反比公式可得到监督区周围的辐射剂量率。

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

式中：H₁—距射线源点 R₁ 处的剂量率，μSv/h；

H₂—距射线源 R₂ 处的剂量率，μSv/h；

R₁—装置屏蔽体外 30cm 处距射线源的距离，m；

R₂—监督区外各点位距射线源的距离，m。

表11-4 本项目工业CT装置周围人员关注点位辐射剂量率

序号	关注点	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
1	装置东侧监督区外				
2	装置南侧监督区外				
3	装置西侧监督区外				
4	装置北侧监督区外				
5	装置楼上（二楼）				

参考点的年剂量水平估算：

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

式中：H_c：参考点的年剂量水平，mSv/a；

$\dot{H}_{c,d}$:参考点处剂量率，μSv/h；

t: 年照射时间，h/a；

U: 探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T: 人员在相应关注点驻留的居留因子。

通过计算可得到本项目工业CT装置辐射工作人员及周围公众的周有效剂量结果，见表11-5。

表11-5本项目工业CT装置周围人员周受照有效剂量结果评价

序号	关注点	剂量率值 (μSv/h)	居留因子	使用因子	周受照时间 (h)	周有效剂量 (μSv/周)	剂量约束值 (μSv/周)
1	*装置西侧屏蔽体外						
2	装置东侧监督区外						
3	装置南侧监督区外						
4	装置西侧监督区外						
5	装置北侧监督区外						
6	装置楼上（二楼）						

注：*辐射工作工作人员剂量率选取装置四周最大剂量率。

从表11-5中的计算结果可以看出，当本项目工业CT装置在满功率运行时，辐射工作人员的周有效剂量最大值为11.4 μ Sv；公众周有效剂量最大值为0.5 μ Sv，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中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。

本项目配备的4名辐射工作人员，除本项目外还从事其他射线装置操作，4名工作人员2025年度个人剂量监测结果见表11-6。

表11-6 本项目辐射工作人员2025年个人剂量监测结果统计表

序号	姓名	性别	职业类别	2025年个人剂量（mSv）				个人剂量汇总（mSv/a）
				第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
1	唐秀芬	女	其他应用3G					
2	王新媛	女	其他应用3G					
3	钱志豪	男	其他应用3G					
4	崔强	男	其他应用3G					

注：

①个人剂量检测报告中，最低探测水平（MDL）：0.05mSv；

②当工作人员的外照射个人监测结果小于MDL值时，报告中的监测结果表述为<MDL，职业照射的统计以MDL值的一半来记录。

本项辐射工作人员年有效剂量叠加原有辐射设备所致有效剂量后进行计算，辐射工作人员及周围公众的年有效剂量结果见表11-7。

表11-7 本项目工业CT装置周围人员年受照有效剂量结果评价

序号	关注点	剂量率值（ μ Sv/h）	居留因子	使用因子	年受照时间（h）	年有效剂量（mSv/a）	叠加剂量（mSv/a）	合计（mSv/a）	剂量约束值（mSv/a）
1	*装置西侧屏蔽体外								
2	装置东侧监督区外								
3	装置南侧监督区外								
4	装置西侧监督区外								
5	装置北侧监督区外								
6	装置楼上（二楼）								

注：*辐射工作工作人员剂量率选取装置四周最大剂量率。

从表11-6、11-7中的计算结果可以看出，本项目工业CT装置辐射工作人员叠加原

有辐射设备所致有效剂量后，年有效剂量最大值为0.695mSv；公众年有效剂量最大值为0.025mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。

1.8 叠加辐射影响

1.8.1 评价范围内辐射工作人员叠加剂量评价

本项目CT装置50m评价范围内有1台II射线装置（型号为SMX-225），该设备为本项目配备的4名工作人员进行操作，设备对4名工作人员所致辐射剂量已包含在工作人员2025年个人剂量检测报告中，叠加辐射影响计算结果已在表11-7中体现。

1.8.2 评价范围内公众叠加剂量评价

本项目CT装置拟建址与现有的1台II射线装置（型号为SMX-225）中间的走廊处公众年有效剂量考虑叠加影响。针对现有的1台II射线装置，根据公式5、公式6对走廊处公众年有效剂量进行计算。

表11-8 现有CT装置（型号为SMX-225）周围人员关注点位辐射剂量率

序号	关注点	H ₁ (μSv/h)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	H ₂ (μSv/h)
1	装置北侧走廊处				

注*数据来自于建设单位提供的检测报告（编号：FF250458）。

表11-9 现有CT装置（型号为SMX-225）周围人员年受照有效剂量结果

序号	关注点	剂量率值 (μSv/h)	居留因子	使用因子	年受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)
1	装置北侧走廊					

由表11-9计算结果可知，现有CT装置（型号为SMX-225）北侧走廊处公众年有效剂量值为2.75E-04mSv/a，由表11-6计算结果可知，本项目CT装置南侧公众年有效剂量最大值为6.53E-07mSv/a，叠加后2台装置所致公众年有效剂量最大约为2.82E-04mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

1.9 三废措施评价

本项目工业CT装置不产生放射性废水和放射性废气。辐射工作人员产生的生活污水接管城市污水处理厂，产生的生活垃圾委托环卫部门定期清运。

本项目CT装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物经设备通风口排至车间内，最终经车间新风系统排至室外环境，本项目所在CT室体积约为99m³，通风系统通风量为15000m³/h，能够满

足每小时有效换气次数3次的通风需求，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

事故影响分析

1、本项目可能产生的辐射事故主要有：

(1) 由于安全联锁装置失灵，导致维修门未完全关闭时开机工作，人员误入或误留受到误照射；在检测过程中，维修门被意外打开，导致人员受到误照射。

(2) 机器调试、检修时误照。工业CT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。

(3) 工业CT屏蔽体受损，致使X射线泄漏到检测铅房外面，给周围活动的人员成不必要的照射。

2、事故预防措施

为杜绝事故隐患，公司应加强管理，建立并严格按操作规程操作，在每次无损检测作业前检查各项安全联锁装置的有效性，工作人员在进行无损检测时，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，并定期使用辐射监测仪器对工业CT进行巡检，确保工作安全有效运转。

3、应急处理措施

(1) 切断电源，确保X射线机停止出束；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗；

(4) 若工业CT屏蔽体受损，应请设备厂家进行维修，维修并检测合格后方可继续使用。

松下新能源（无锡）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无损检测作业，并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，定期检查设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

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

本项目开展工业X射线探伤使用的设备为工业CT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》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

松下新能源（无锡）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。本项目拟配备4名辐射工作人员，辐射工作人员均为原辐射操作人员，均已参加生态环境部培训平台“X射线探伤”类考核，且通过考核取得证书。本项目拟配备1名辐射管理人员，管理人员上岗前将参加“辐射安全管理”科目考核，并且通过考核取得证书。辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

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》中的有关要求，松下新能源（无锡）有限公司已针对现有核技术利用项目制定了相关的辐射安全管理制度，主要有《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》等并进行了落实，每年已委托有资质单位对所有已许可的在用辐射工作场所进行场所防护的辐射环境监测。

同时编制了《辐射事故应急预案》，对应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备以及辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施等方面做出规定，并开展应急演练，加强应急预案的可操作性。

参与本项目Ⅱ类射线装置相关工作的4名辐射工作人员均已取得全国核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，厂区其他辐射工作人员均已通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核或已通过自主考核，均已完成辐射工作人员职业健康体检，均已开展个人剂量监测并建立个人剂量档案。

公司还应根据本项目具体情况对现有辐射安全管理规章制度进行补充和完善，本报告对各项制度需补充的要点提出以下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况补充完善相应的辐射防护和安全保卫制度，重点是工业CT的安全防护和管理落实到个人。

操作规程：根据本项目补充制定工业CT探伤操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤。重点是明确工业CT检测的操作步骤，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：根据本项目完善岗位职责，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。

设备检修维护制度：根据本项目完善设备检修维护制度，明确设备和辐射安全装置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运转；重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

台账管理制度：根据本项目对工业CT的使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对射线装置进行严格管理。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确本项目辐射工作人员的培训内容、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。

个人剂量监测方案和职业健康管理：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确个人剂量计的佩戴和监测周期，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；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，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：针对本项目购置相应的监测设备，完善辐射环境监测方案，明确本项目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。每年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日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

事故应急方案：针对本项目可能产生的辐射事故补充完善辐射事故应急方案，明确相应的辐射防护措施及事故处理程序等，并完善预案中应急机构的组成、职责分工、应急人员的培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，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：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。

本项目辐射工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，定期对设备的辐射安全措施进行检查。公司在之后的实际工作中还应不断根据法律法规及实际情况对各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。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工业CT装置所在车间墙面的醒目处。

辐射监测

1、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》要求，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，包括个人剂量报警、便携式辐射监测等设备。

松下新能源（无锡）有限公司已为本项目配备1台便携式X- γ 剂量率仪和4台个人剂量报警仪。落实后，能够满足辐射监测仪器配备要求。

2、监测方案

松下新能源（无锡）有限公司根据辐射管理要求，已制定了如下监测方案：

（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，每年1~2次；

（2） 辐射工作人员佩带个人剂量计监测累积剂量，定期（不少于1次/三个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案；

（3） 所有辐射工作人员上岗前进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症。开展辐射工作后，定期开展职业健康体检（不少于1次/2年），并建立个人职业健康档案；

公司已为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

本项目及公司现有核技术利用项目均应认真落实以上监测方案，每年请有资质监测单位对现有辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，并不定期的进行自主监测。公司应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送有资质部门进行个人剂量监测，定期组织所有辐射工作人员进行职业健康体检，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。公司应于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。本项目落实上述监测方案后，方能满足辐射安全管理的要求。本项目监测方案见表12-1。

表12-1 本项目辐射监测计划

监测项目	检测类型	监测因子	监测单位和监测频次	监测点位
工作场所监测	竣工环保验收监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，建设项目竣工后3个月内	① 工业CT装置四周屏蔽体、顶部外30cm处； ② 工业CT装置装载门、维修门外30cm处及门缝隙处、电缆口、通风口处； ③ 操作位、工业CT装置周围人员经常活动的位置。
	年度监测	X-γ辐射剂量率	请有资质单位监测，不少于1年	
	日常监测	X-γ辐射剂量率	自主监测，建议不少于1次/月	
个人剂量监测	/	职业性外照射个人剂量	定期送有资质单位进行监测，不少于1次/三个月	/

根据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修订版），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行政主管部门报告；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。

辐射事故应急

依照国家环保总局的《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）中的有关要求，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大事故、较大事故和一般辐射事故。本项目事故多为工业CT开机误照射事故，通常情况下属于一般辐射事故。

为加强辐射工作过程中的辐射安全和管理，预防和控制放射性突发事件的发生而造成的危害，保障辐射工作人员和周围公众的健康与安全，公司已根据现有核技术利用项目制定了事故应急方案，应急方案内容包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）辐射事故分级与应急响应措施；
- （3）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （4）应急演习计划；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

公司制定的应急预案有效可行，满足环保相关要求。此外，公司应根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，还应根据本项目可能产生的辐射事故对辐射事故应急方案进行补充和完善，明确相应的辐射防护措施及事故处理程序等，使其具有一定的操作性。公司应加强管理，加强职工辐射防护知识的培训，学习结束后应进行总结，积极开展辐射应急演习，发现问题及时解决，并在实际工作中不断完善辐射安全管理制度，尽可能避免辐射事故的发生，确保辐射工作安全有效运转。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》，发生辐射事故时，应当立即启动事故应急方案，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。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

本项目拟在松下新能源（无锡）有限公司厂区D栋厂房一层CT室扩建1台工业CT装置（FF35CT型），用于圆柱电池、方形电池和电池组的检测。装置内设有1个X射线管，射线管最大管电压为225kV，最大管电流为3mA，最大功率为675W，属于II类射线装置。

2、产业符合性和实践正当性评价

本项目不属于国家发改委《产业结构调整指导目录（2024年本）》中限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策。

本项目的建设和运行满足了企业的发展需求，提高了企业的检测能力和产品质量，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和辐射安全管理后，本项目对辐射工作人员和公众的影响在剂量约束值和剂量限值范围内。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，本项目的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》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、辐射安全与防护分析结论

1) 选址、布局合理性评价

松下新能源（无锡）有限公司位于无锡市新吴区长江路40号，本项目工业CT装置位于厂区D栋厂房一层CT室。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“三线一单”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。

本项目工业CT装置硬件包括主防护箱体、X射线管、探测器、载物台、控制柜、操作台等，射线管主射线由东（右）往西（左）照射，操作台拟设于装置南侧，操作位已避开了X射线主射线方向，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。

本项目拟将工业CT装置作为本项目的辐射防护控制区，在装置表面明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明；拟将工业CT装置所在的CT室作为辐射

防护监督区，监督区边界拟设置地面警戒线，边界处竖立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语。

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。

2) 辐射防护措施

本项目工业CT装置尺寸为2960mm长×1590mm宽×2120mm高。曝光室前侧、后侧、顶部屏蔽体拟采用18mmPb，左侧屏蔽体拟采用14mmPb，右侧和底部屏蔽体（右）拟采用12mmPb，底部屏蔽体（左）拟采用13mmPb，电缆口及通风口防护罩拟采用14mmPb。

本项目工业CT装置的屏蔽防护设计能够满足其所配置的X射线机的防护要求，CT装置周围辐射剂量率满足相应剂量率管理限值要求。

3) 辐射安全措施

本项目工业CT装置装载门、维修门拟设置门机联锁装置；装置外顶部拟设置工作状态指示灯，装置表面设光带形指示灯，上述指示灯均与X射线管进行联锁；装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置内外拟设置2个急停按钮；操作台设1个急停按钮及1个钥匙开关；装置设有视频监控装置。

辐射工作人员拟在开展检测工作前按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中5.1.2要求对工业CT装置进行检查，重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常。使用便携式X-γ剂量率仪前，检查是否能正常工作。定期测量装置外周围区域的辐射剂量率水平，包括操作位和周围毗邻区域人员居留处。工作人员工作时，佩戴常规个人剂量计外，并携带个人剂量报警仪。每一次照射前，辐射工作人员都必须确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。公司拟对工业CT装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

当工业CT装置不再使用时，拟实施退役程序。工业CT装置的X射线发生器拟处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

4) 通风措施评价

本项目CT装置在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物经设备通风口排至车间内，最终经车间新风系统排至室外环境，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

4、辐射环境影响分析结论

根据理论估算结果，本项目工业CT装置的屏蔽防护设计能够满足其所配置的X射线机的防护要求，检测铅房周围辐射剂量率满足相应剂量率管理限值要求。

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，辐射工作人员和公众周受照剂量和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》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员周受照剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，年受照剂量不超过 5mSv ；公众周受照剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ，年受照剂量不超过 0.1mSv ）的剂量限值要求。

5、辐射安全管理评价

公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，同时制定了各项辐射安全管理制度。松下新能源（无锡）有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。本项目拟配备4名辐射工作人员，辐射工作人员均为原辐射操作人员，均已参加生态环境部培训平台“X射线探伤”类考核，且通过考核取得证书。本项目拟配备1名辐射管理人员，管理人员上岗前将参加“辐射安全管理”科目考核，并且通过考核取得证书。公司已对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟配备1台便携式X- γ 剂量率仪和4台个人剂量报警仪。落实后，能够满足辐射监测仪器配备要求。

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

6、可行性结论：

综上所述，松下新能源（无锡）有限公司扩建1台工业CT项目在落实本报告所提出的各项污染防治和管理措施后，该单位具备与其所从事的辐射活动相适应的

技术能力和辐射安全防护措施，其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，该项目的建设运行是可行的。

7、建议和承诺

(1) 项目取得批复并建成后，应根据有关规定及时重新申领辐射安全许可证。

(2) 项目运行后，将严格遵循操作规程，加强对工作人员的培训，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。

(3) 建设项目工作人员持证上岗，按要求定期进行辐射防护知识的培训和考核、个人剂量监测和职业健康检查并建立档案。

(4) 建设项目竣工后，公司应按照国家生态环境行政主管部门规定的程序和标准，对配套建设的环境保护设施进行验收，验收期限最长不超过12个月。

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)
辐射安全管理机构	公司已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》中使用放射性同位素和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的要求。	/
辐射安全和防护措施	<p>屏蔽措施：</p> <p>本项目工业CT装置曝光室前侧、后侧、顶部屏蔽体拟采用18mmPb，左侧屏蔽体拟采用14mmPb，右侧和底部屏蔽体（右）拟采用12mmPb，底部屏蔽体（左）拟采用12mmPb，电缆口及通风口防护罩拟采用14mmPb。</p> <p>CT装置装载门尺寸为790mm宽×1190mm高，门洞尺寸为650mm宽×790mm高，装载门左右各搭接70mm，上下各搭接200mm，门缝宽度为5mm。探测器维修门尺寸为990mm宽×1340mm高，门洞尺寸为790mm宽×1190mm高，维修门左右各搭接100mm，上下各搭接75mm，门缝宽度为5mm。射线管维修门尺寸为820mm宽×1770mm高，门洞尺寸为560mm宽×1660mm高，维修门左右各搭接130mm，上下各搭接55mm，门缝宽度为5mm。</p>	辐射工作场所表面外辐射剂量率满足本项目辐射剂量管理限值要求辐射工作人员和公众周受照剂量和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》（GB18871-2002）和本项目剂量约束值（职业人员周受照剂量不超过100μSv，年受照剂量不超过5mSv；公众周受照剂量不超过5μSv，年受照剂量不超过0.1mSv）的剂量限值要求。	15
	<p>辐射安全措施：</p> <p>本项目工业CT装置装载门、维修门拟设置门机联锁装置；装置外顶部拟设置工作状态指示灯，装置表面设光带形指示灯，上述指示灯均与X射线管进行联锁；装置表面明显位置拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；装置内外拟设置2个急停按钮；操作台设1个急停按钮及1个钥匙开关；装置设有视频监控装置。</p> <p>辐射工作人员拟在开展检测工作前按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中5.1.2要求对工业CT装置进行检查，重点检查安全联锁和指示灯等是否运行正常。使用便携式X-γ剂量率仪前，检查是否能正常工作。定期测量检测铅房外周围区域的</p>	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于固定式X射线探伤的安全措施的设置要求。	

	辐射剂量率水平，包括操作位和周围毗邻区域人员居留处。工作人员工作时，佩戴常规个人剂量计外，并携带个人剂量报警仪。每一次照射前，辐射工作人员都必须确认在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始检测工作。公司拟对工业CT装置的设备维护负责，每年至少维护一次，设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。		
人员 配备	本项目拟配备 4 名辐射工作人员，辐射工作人员均为原辐射操作人员，均已参加生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，且通过考核取得证书。本项目拟配备 1 名辐射管理人员，管理人员上岗前将参加“辐射安全管理”科目考核，并且通过考核取得证书。辐射工作人员考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核后方可再次上岗。	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。	3
	本项目辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检（不少于 1 次/三个月），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职业健康体检的管理要求。	
	本项目辐射工作人员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》中辐射工作人员必须开展职业健康体检的管理要求。	
监测仪 器和防 护用品	拟配备 1 台辐射巡测仪和 4 台个人剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器的配置要求。	1
辐射安 全管理	针对本项目具体情况对已制定的《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《监测方案》《台账管理制度》及《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度进行补充和完善，在之后的实际工作中落实到实处。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用放射性同位素和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。	1

注：“三同时”措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行。