

JXHG(35)-2026-005

# 核技术利用建设项目

福建龙净储能电池有限公司

1 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

(公开版)



福建龙净储能电池有限公司

二〇二六年五月

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		福建龙净储能电池有限公司 1 台工业 CT 机项目			
建设单位		福建龙净储能电池有限公司			
法人代表	安*强	联系人	蓝*和	联系电话	150****5260
注册地址		福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号			
项目建设地点		福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号 3#电芯厂房 1 楼东南侧 CT 检测室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）	**	项目环保投资（万元）	**	投资比例（环保投资/总投资）	**%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m <sup>2</sup> ）	38.4
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	/				

**1.1 建设单位情况**

福建龙净储能电池有限公司成立于 2022 年 12 月 6 日，注册地址位于福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号，是福建龙净环保股份有限公司旗下的新能源板块子公司，专注于储能电池技术研发与智能制造。公司经营范围以储能电池及相关材料的制造、销售与技术服务为主，涵盖电池制造、储能技术服务、新材料技术研发及电池零配件生产销售等。

福建龙净储能电池有限公司年产 5GWH 储能电芯制造项目已于 2023 年 8 月 31 日取得

了龙岩市生态环境局环评批复文件，批复文号为“龙环审（2023）226号”，目前生产设施及厂房（含3#电芯厂房）均已建成并投入使用。

## 1.2 项目建设内容与项目由来

### （一）建设内容

为满足储能电池生产过程中电芯、模组的无损检测需求，福建龙净储能电池有限公司拟在福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道9号3#电芯厂房1楼东南侧CT检测室安装使用1台nanoVoxel 2200型工业CT机（最大管电压180kV，最大管电流3mA，属于II类射线装置），用于锂电池电芯/模组的内部结构无损检测。通过计算机技术及图像重建技术，识别电池电芯、模组内部细微缺陷，为改进缺陷、提升产品质量提供依据。本项目工业CT机自带屏蔽体，拟固定安装于CT检测室内。本项目工业CT机应用情况见表1-1。

表 1-1 工业 CT 机应用情况一览表

序号	设备名称	数量（台）	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	设备位置
1	工业CT机	1	nanoVoxel 2200	180	3	II类	3#电芯厂房1楼东南侧CT检测室

### （二）项目由来

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号）可知，本项目工业CT机属于II类射线装置。

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》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第653号）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令 第20号）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令 第16号）等国家环境管理相关法律法规的规定，本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》中“五十五、核与辐射”类中的“172、核技术利用建设项目”，本次评价涉及的工业CT机对应该类别中“使用II类射线装置”项目，因此福建龙净储能电池有限公司1台工业CT机项目应进行辐射环境影响评价并编制环境影响报告表。

福建龙净储能电池有限公司于2026年4月正式委托江西省地质局实验测试大队进行辐射环境影响评价（委托书详见附件1）。江西省地质局实验测试大队受委托后，立即组织人员进行现场踏勘和资料收集等相关工作，在此基础上编制完成了本项目环境影响报告表。

### 1.3 项目地理位置及周边环境

#### (1) 项目位置

本项目工业 CT 机位于福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号 3#电芯厂房 1 楼东南侧 CT 检测室，地理坐标为东经 116°35'27.5"，北纬 25°06'11.5"。3#电芯厂房东侧、南侧、西侧、北侧均为内部道路。

CT 检测室东侧为内部道路，南侧为 9#楼梯，西侧为过道，北侧为运营商机房，楼上为弱电间、动辅用房，楼下为土层。本项目工作场所周围情况见表 1-2。

表 1-2 本项目周围场所一览表

位置	东侧	南侧	西侧	北侧	楼上	楼下
3#电芯厂房	内部道路	内部道路	内部道路	内部道路	/	/
CT 检测室	内部道路	9#楼梯	过道	运营商机房	弱电间、 动辅用房	土层

本项目工业 CT 机位于 3#电芯厂房 1 楼东南侧 CT 检测室内，距离 CT 检测室东墙内侧 2m，南墙内侧 1.9m，西墙内侧 3.3m，北墙内侧 1.2m，楼顶内侧 3.4m。

根据现场踏勘及调查，本项目工业 CT 机自屏蔽体外东侧 18m 为 11#变电站、东南侧 26m 为废水站。本项目工业 CT 机自屏蔽体外 50m 范围内均为福建龙净储能电池有限公司厂内区域，辐射环境保护目标主要为项目辐射工作人员及 11#变电站、废水站、内部道路的公众人员，无居民点、学校、行政办公区等人群密集区，项目选址合理。

本项目地理位置图见图 1-1，厂区总平面图见图 1-2，3#电芯厂房一层和一层夹层（分区 a）平面图分别见图 1-3 和图 1-4，CT 检测室平面图见图 1-5，项目四至图见图 1-6，项目区域现状照片见图 1-7，项目所选地块涉及的生态环境管控单元图见图 1-8。

### 1.4 与“生态环境分区管控”相符性分析

#### (1) 生态保护红线

本项目用地位于福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号，项目用地不在国家级和省级禁止开发区域内（国家公园、自然保护区、森林公园的生态保育区和核心景观区、风景名胜区的核心景区、地质公园的地质遗迹保护区、世界自然遗产的核心区和缓冲区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、饮用水水源地的一级保护区、水产种质资源保护区的核心区等），不涉及生态保护红线。

#### (2) 环境质量底线

根据现场监测，本项目 1 台工业 CT 机拟建址及周围环境的辐射本底水平未见异常。根据辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。项目无放射性废气、废水和固体废弃物产生，工业 CT 机运行时产生的少量氮氧化物和臭氧，通过机械通风可满足相关要求，符合环境质量底线要求。

### (3) 资源利用上线

本项目运营过程中会消耗一定量的水、电资源，主要来自工作人员的日常工作用水和设施用电，但项目规模小，资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。本项目生态环境准入要求符合性分析表见表 1-3。

### (4) 生态环境准入清单

根据福建省生态环境分区管控综合查询报告（见附件 14），本项目所在位置属于上杭县重点管控单元一上杭县新材料科创谷（ZH35082320003），经对照，本项目符合该管控单元要求。

表 1-3 本项目生态环境准入要求符合性分析表

环境管控单元名称及代码	单元类型	生态环境准入要求		本项目情况	符合性
上杭县新材料科创谷（ZH35082320003）	重点管控单元	空间布局约束	1.禁止建设非自用氯氟烃项目。2.居住用地周边禁止布局潜在废气扰民的建设项目。	本项目为工业CT（II类射线装置）无损检测项目，不涉及氯氟烃的生产、销售及经营性使用，仅为企业内部自用，不存在非自用氯氟烃相关建设内容；项目运营过程中仅产生设备散热废气及少量臭氧和氮氧化物，无有毒有害、恶臭或扰民类废气排放，且选址远离居住用地，不存在潜在废气扰民问题，符合空间布局约束要求。	符合
		污染物排放管控	建立健全环境风险防控体系，制定环境风险应急预案，建立完善有效的环境风险防控设施和有效拦截、降污、导流等措施，防止泄漏物和事故废水污染地表水、地下水和土壤环境。	本项目已建立健全环境风险防控体系，制定了辐射环境风险应急预案；项目配备完善的辐射防护设施（如安全联锁装置等），本项目无生产废水及泄漏废水产生，不存在废水污染地表水、地下水	符合

				及土壤环境的风险，满足 污染物排放管控要求。	
		环境风险 防控	/	/	/
		资源开发 效率要求	/	/	/

## 1.5 可行性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目拟使用的工业CT机属于“十四、机械中的1、科学仪器和工业仪表，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

工业CT机的应用具备其他技术无法替代的特点，可对材料内部是否存在缺陷进行判断，对减少因材料质量问题对生产造成的影响起到十分重要的作用，具有明显的社会效益和经济效益。本项目工业CT机在使用过程中产生电离辐射，对周围环境产生一定影响，但在使用过程中采取了必要的防护措施减少本项目的辐射影响，使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

## 1.6 评价目的

（1）对本项目核技术利用场所及周边的辐射环境现状进行现场调查和监测，掌握该场址的辐射水平和辐射环境质量现状。

（2）通过环境影响评价，预测本项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染对策，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

（3）对不利影响和存在的问题提出防治措施，使辐射环境影响满足相关标准要求并减少到“可合理达到的尽量低的水平”。

（4）提出环境管理和环境监测计划，使该项目满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为辐射环境管理提供科学依据。

## 1.7 本项目环评内容、评价因子及评价重点

本项目污染因子为工业CT机应用产生的电离辐射。本次评价因子包括：周围剂量当量率，有效剂量等，重点评价其产生的电离辐射对环境及敏感点人群的影响。

## 1.8 原有核技术利用项目许可情况

### (一) 许可情况

福建龙净储能电池有限公司已取得辐射安全许可证，证书编号为“闽环辐证[F0420]”，许可种类和范围为使用 V 类放射源。公司使用的 V 类放射源均已履行了环境影响评价备案手续，辐射安全许可证详见附件 2，有效期至 2028 年 10 月 7 日。福建龙净储能电池有限公司已许可放射源一览表见表 1-4。

表 1-4 福建龙净储能电池有限公司已许可放射源一览表

序号	核素名称	数量（枚）	单枚活度（Bq）	类别	用途	备案情况
1	<sup>85</sup> Kr	12	1.11×10 <sup>10</sup>	V类	测厚	备案号： 202335082300000111

### (二) 辐射安全管理

福建龙净储能电池有限公司现有辐射工作场所的辐射防护设施运行工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实等方面运行良好。

(1) 公司已成立了福建龙净储能电池有限公司辐射安全与防护管理领导小组，负责辐射工作场所的辐射安全及应急管理工作，配套制订了《安全操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射仪器检修维护制度》《从业人员培训计划》《辐射监测方案》《辐射安全事故应急预案》等规章制度，并要求工作人员严格按照规章制度要求执行。

(2) 公司制定有辐射监测方案，并将监测数据记录存档。辐射工作场所监测结果满足相关标准要求。

(3) 公司每年委托有资质的单位对公司辐射工作场所进行监测，监测结果表明，公司各辐射工作场所周围剂量当量率均符合相关标准要求。

(4) 公司于每年 1 月 31 日前提交上一年度年度评估报告，2025 年年度评估报告已上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”进行备案。

(5) 福建龙净储能电池有限公司现有辐射工作人员参加了辐射安全与防护培训，均在有效期内，已配备个人剂量计，接受剂量监测，建立个人剂量监测档案并存档，根据 2025 年第二季度至 2026 年第一季度年度个人剂量监测结果可知，辐射工作人员年有效剂量均低于 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求；已组织现有辐射工作人员进行了职业健康体检，建立了辐射工作人员职业健康监护档案，体检结果显示可从事放射性工作。

## 1.9 环保投资

本项目总投资为\*\*万元，其中环保投资为\*\*万元，占总投资的\*\*%。项目环保投资情况见表 1-5。

表 1-5 环保投资情况一览表

环保投资项目	投资内容	投资金额（万元）	
辐射防护	工业 CT 机自屏蔽体、防护门、工作状态指示灯、观察窗等。	**	**
辐射监测仪器	个人剂量报警仪 2 个、便携式 X-γ剂量率仪 1 台。	**	
个人剂量监测、职业健康体检等	新增辐射工作人员个人剂量监测及职业健康体检等费用。	**	
环保手续	环评、竣工环保验收和年度监测费用等。	**	

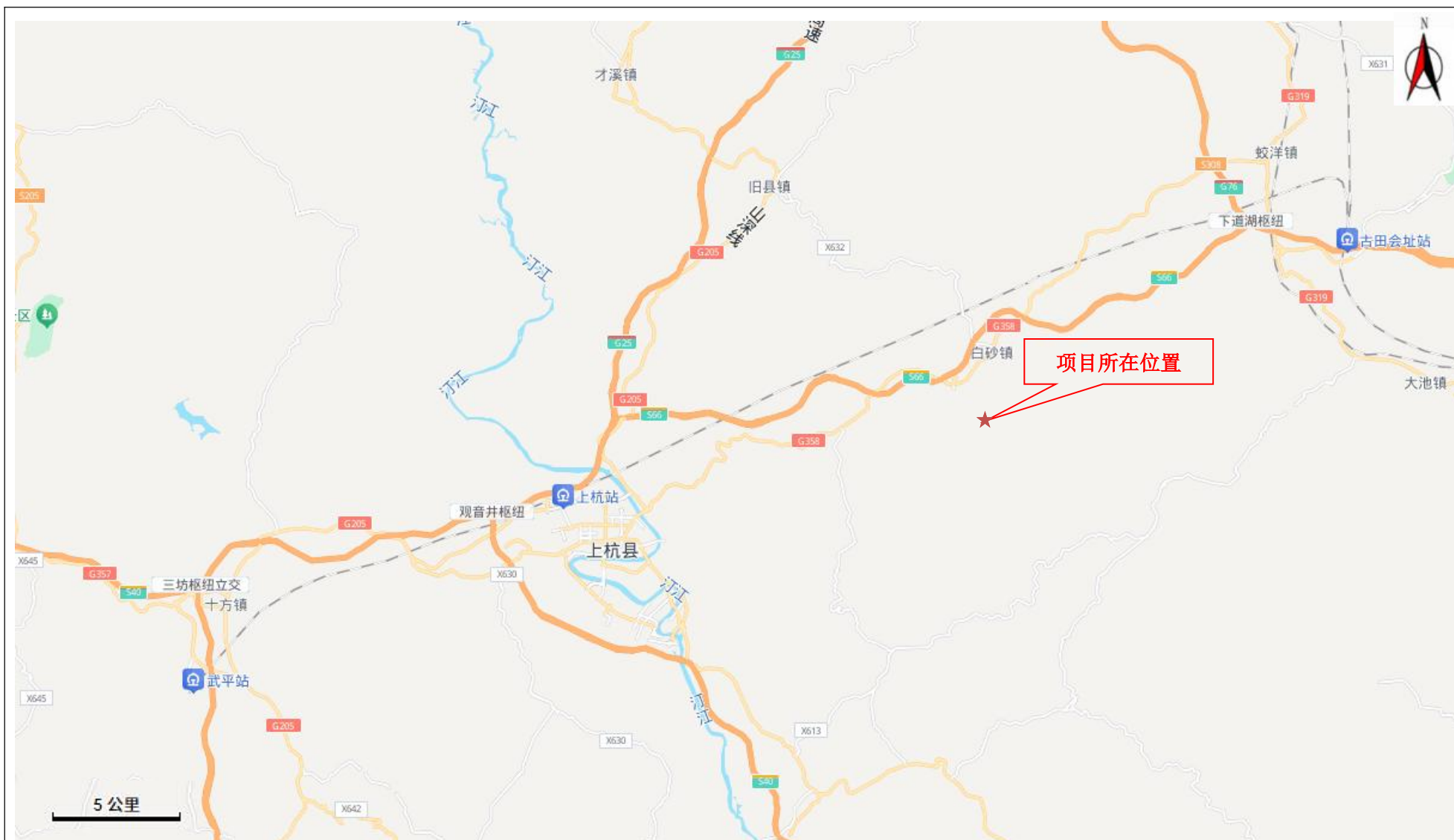


图 1-1 项目地理位置图

**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) 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 (μA)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 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 机	II类	1 台	nanoVoxel 2200	180	3	无损检测	3#电芯厂房 1 楼 东南侧 CT 检测室	设备自带 屏蔽体
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/



**表 6 评价依据**

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年4月24日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，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》（中华人民共和国主席令第二十四号，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》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《国务院关于修改&lt;建设项目环境保护管理条例&gt;的决定》（国务院令682号，2017年10月1日起实施）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令709号，2019年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版，生态环境部令16号）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定，生态环境部令20号）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环境保护部令18号，2011年5月1日起施行）；</p> <p>(9) 《关于印发辐射安全许可座谈会会议纪要的函》（环办函〔2006〕629号，2006年9月28日印发）；</p> <p>(10) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（2023年12月1日第6次委务会议审议通过，自2024年2月1日起施行）；</p> <p>(11) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），自2017年12月6日起施行；</p> <p>(12) 《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，2006年9月26日）；</p> <p>(13) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》（环办辐射函〔2016〕430号）；</p> <p>(14) 原福建省环保厅关于印发《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》（试行）的通知（闽环保辐射〔2013〕10号）；</p> <p>(15) 《福建省生态环境保护条例》（福建省第十三届人民代表大会常务委员会第32次会议通过，2022年5月1日施行）；</p> <p>(16) 《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9号，2019</p>
------	--

	<p>年11月1日起施行)；</p> <p>(17) 《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》(生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起实施)；</p> <p>(18) 《国家危险废物名录(2025 年版)》，2025 年 1 月 1 日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《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>(2) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)；</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)；</p> <p>(6) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)；</p> <p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书(附件 1)；</p> <p>(2) 《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版)；</p> <p>(3) 《辐射防护基础》(李星洪等编)；</p> <p>(4) 建设单位提供的其他资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

本项目拟使用的工业 CT 机运行过程中主要为电离辐射对周围环境的影响。依据《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) 评价范围和保护目标的相关规定,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(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围),考虑到本项目的实际情况,确定本项目评价范围为工业 CT 机自带屏蔽体外 50m 以内的区域。

### 7.2 保护目标

本项目工业 CT 机自屏蔽体外周围 50m 范围内辐射环境保护目标主要为本项目辐射工作人员、11#变电站以及内部道路的公众。

本项目环境保护目标及与本项目相对位置见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标一览表

场所名称	环境保护对象	方位	距离	人数	辐照类型	剂量约束值 (mSv/a)	
工业 CT 机	CT 机操作台	辐射工作人员	/	紧邻	6 人	职业照射	5
	9#楼梯	公众	南侧	1.9m	2 人	公众照射	0.25
	运营商机房	公众	北侧	1.2m	1 人	公众照射	0.25
	过道	公众	西侧	3.3m	流动人员	公众照射	0.25
	弱电间	公众	楼上	3.4m	1 人	公众照射	0.25
	动辅用房	公众	楼上	3.4m	4 人	公众照射	0.25
	3#电芯厂房	公众	四周	≥0.3m	300 人	公众照射	0.25
	11#变电站	公众	东侧	18m	12 人	公众照射	0.25
	废水站	公众	东南侧	26m	1 人	公众照射	0.25
	内部道路	公众	东侧、南侧	2m	流动人员	公众照射	0.25

### 7.3 评价标准

#### 7.3.1 职业照射、公众照射剂量限值与剂量约束值

##### 1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

附录B中对“剂量限值”要求如下:

### (1) 职业照射剂量限值

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) 公众照射剂量限值

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。

本项目取四分之一即0.25mSv/a作为剂量约束值。

## 2. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

第6.1.1款规定：对职业照射用年有效剂量评价，应符合GB18871-2002的B1.1的规定。第6.1.3款规定：对职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，还应作进一步调查，本标准建议的年调查水平为有效剂量5.0mSv/a。

综上所述，本次评价以不超过 5.0mSv 作为辐射工作人员年有效剂量约束值；以不超过 0.25mSv 作为公众人员年剂量约束值。

### 7.3.2 辐射管理分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），应将辐射工作场所分为控制区、监督区。

对于需要专门防护手段或安全措施的区域划分为控制区，对于未被设定为控制区，不需要专门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的区域，划分为监督区。对控制区和监督区的人员活动进行限制，辐射控制区和辐射监督区以外区域对人员活动不限制。

### 7.3.3 工作场所周围剂量当量率控制水平

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。

### 7.3.4 防护要求

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

#### 6 固定式探伤的放射防护要求

##### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 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/T 250。

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 GB 18871 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。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

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- $\gamma$ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。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，才能开始探伤工作。

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

#### 1.项目地理和场所位置

本项目工业 CT 机位于福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号 3#电芯厂房 1 楼东南侧 CT 检测室。

#### 2.监测内容与点位

根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）第 4.2.2 条中有关布点原则和方法并结合本项目的实际情况进行监测布点，本次监测主要针对拟建辐射工作场所及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

#### 3.监测仪器与规范

电离辐射监测仪器的参数与规范见表 8-1。

表 8-1 电离辐射监测仪器的参数与规范表

仪器型号	FH40G+FHZ672 E-10, F119
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
监测规范	《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
监测单位	江西省地质局实验测试大队
监测时间	2026 年 4 月 15 日
校准单位	中国计量科学研究院
校准证书编号	****
校准日期	2025 年 6 月 30 日
量程范围	****
能量响应范围	****

#### 4.质量保证措施

- 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- 监测仪器每年定期经计量部门校准/检定，校准/检定合格后方可使用。
- 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

### 8.2 辐射环境质量现状监测结果

本项目委托江西省地质局实验测试大队于 2026 年 4 月 15 日对本项目场址及周围的辐射环境现状进行监测，监测结果见表 8-2，监测报告见附件 10。

表 8-2 项目周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测数据

序号	测点位置	环境 $\gamma$ 辐射剂量率 (nGy/h)	标准差	备注
		平均值		
1	拟建工业 CT 机位置	**	**	室内监测点位
2	CT 检测室东侧内部道路	**	**	室外监测点位
3	CT 检测室南侧 9#楼梯	**	**	室内监测点位
4	CT 检测室西侧过道	**	**	
5	CT 检测室北侧运营商机房门口	**	**	
6	CT 检测室楼上动辅用房	**	**	
7	3#电芯厂房东侧内部道路	**	**	室外监测点位
8	3#电芯厂房南侧内部道路	**	**	
9	3#电芯厂房西侧内部道路	**	**	
10	11#变电站西侧	**	**	
11	废水站南侧	**	**	

注：①以上数据均已扣除宇宙射线的贡献；②现场检测所有点位探头均朝下，离地 1m。

本项目表 8-2 所列监测数据已根据《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）第 5.5 条扣除仪器对宇宙射线的响应值，环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量结果按下式计算：

$$\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$$

式中： $\dot{D}_\gamma$ —测点处环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

$k_1$ —仪器检定/校准因子，此处取\*\*；

$k_2$ —仪器检验源效率因子，本仪器无检验源，此处取\*\*；

$R_\gamma$ —仪器测量读数均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数为\*\*Sv/Gy），Gy/h；

$k_3$ —建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取\*\*，道路取\*\*；

$\dot{D}_c$ —测点处宇宙射线响应值，依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）附录 D 节进行修正，修正后为\*\*nGy/h。

### 8.3 辐射环境质量现状评价

由上表 8-2 可知，福建龙净储能电池有限公司拟建工业 CT 机工作场所室内环境 $\gamma$ 辐射剂量率为：\*\*~\*\*nGy/h；室外环境 $\gamma$ 辐射剂量率为：\*\*~\*\*nGy/h。

本评价项目建设区域室内、室外道路的环境 $\gamma$ 辐射（空气吸收）剂量率（已扣除宇宙射线的贡献）均在龙岩市室内、室外辐射环境本底范围值内（注：龙岩市室内辐射环境本底范围值 78.6~285.3nGy/h，室外辐射环境本底范围值 34.2~214.5nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年 7 月第 1 版）第 391~392 页）。

## 表9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备和工艺分析

#### 1.设备组成

本项目拟使用的 nanoVoxel 2200 型工业 CT 机主要由 X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成。

#### 2.运行方式

本项目工业 CT 机自带屏蔽体，待检工件通过防护门放入屏蔽体内进行检测，防护门通过电脑操作台的操作面板或开关按键方式进行开合，具有门机联锁功能，人员不能进入屏蔽体内部。操作人员放置好工件、关闭防护门、设置好检测参数后，设备可自动完成分析测试工作，自动保存分析数据，通过操作位置上的图像摄制和处理系统对检测图像进行进一步处理。X 射线出束期间，操作人员一般位于工业 CT 机西南侧的电脑操作台，出束期间无需人员干预。操作人员离开现场时，将 CT 检测室门关闭，CT 检测室门设有门禁，只有授权人员才能进入。

本项目工业 CT 机 X 射线源可沿上下移动，移动距离为\*\*m（以观察窗一侧为正面）。待检工件放在样品台上后，可通过控制面板调节机械转盘至合适位置。X 射线透过待检工件后由平板探测器接收，然后再由重构软件进行图像重建，以得到可视化的内部结构等信息。扫描过程中，工件可以在样品台上进行 360 度旋转，以获取工件每个位置的 2D 图像，在获取 360 度工件不同位置的 2D 图片后，进行 3D 重构，得到工件的 3D 内部结构图。

#### 3.工作原理

##### (1) X 射线管原理

工业 CT 机通过 X 射线管产生 X 射线，X 射线管由密封在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。X 射线管阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，灯丝上产生大量活跃电子，聚焦杯使这些电子聚集成束，向嵌在阳极中的金属靶体射击，灯丝电流愈大，产生的电子数量越多。在阴阳两极高压作用下，电子流向阳极高速运动撞击金属靶，撞击过程中，电子突然减速，其损失的动能会以光子（X 射线）形式释放，形成 X 光光谱的连续部分，称之为轫致辐射，产生的 X 射线最大能量等于电子的动能。从 X 射线装置阴极上产生射向金属靶上的电子形成的电流叫作管电流，加在 X 射线装置两极上的高压即为管电压。X 射线装置产生的 X 射线强度正比于靶物质的原子序数、电子流强度和管电压的平方。所以 X 射线机的管电压、管电流和阳极靶物质是影响 X 射线强度的直接因素。虽然电子轰击靶体时所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线机保护罩上的薄窗口引出来，其他方向发射的 X

射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，准直性较高。

## **(2) 工业 CT 机扫描原理**

### **①工业 CT 机扫描原理**

电子计算机断层摄影（Computed Tomography，简称 CT）是近几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，用来重建该剖面的图像，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。

工业 CT 机一般由射线源、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。射线源提供 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 扫描时工件的旋转或平移，以及载物台、工件、图像探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图像重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

## **4.工作流程及产污环节**

本项目工业 CT 机检测流程如下：

### **①准备**

工作人员巡视设备周围情况，检查设备情况，选取曝光条件，确定曝光参数。

### **②放置工件**

待检工件由工作人员通过防护门放入工业 CT 机屏蔽体内样品台上。

### **③曝光**

工作人员设置管电流、管电压、曝光时间等参数后，单色指示灯亮，说明箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源。启动曝光后，工作状态指示灯（单色）处于闪烁状态，实施扫描作业（此时射线处于打开状态）；达到预定的曝光时间后，射线停止出束，单色指示灯熄灭，完成曝光作业。

### **④判断样品是否合格**

检测过程中，X 射线透射工件后，经数字图像增强器接收转换成放大的数字信号后，经计算机处理得到数字化图像。工作人员在电脑操作台显示器上得到实时数字图像，根据

实时数字图像，判断样品是否合格。

⑤检测完毕取下工件

工作结束后，打开防护门，取出待检工件，检测完成。

### 5.工作负荷

本项目拟配置 6 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员。工作人员实行两班轮班作业，每班次配备辐射工作人员 3 名。工业 CT 机投入使用后，预计平均每天检测 20 个工件，每个工件检测出束时间平均\*\*min，工业 CT 机每天出束\*\*h。公司每周工作\*\*天，年工作时间为\*\*周，工业 CT 周出束时间为\*\*h，年出束时间为\*\*h。

## 9.2 污染源项分析

### 9.2.1 施工期的污染源项

本项目使用成品电气设备，由生产厂家搬送至辐射工作场所，不涉及施工建设，不会产生施工废水和扬尘，同时不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。本项目主要环境影响因子是设备搬运和安装时产生的噪声及设备包装材料等固体废物。

### 9.2.2 运行期的污染源项

#### 一、辐射污染源项

本项目内容为使用工业 CT 机，相关参数及源项见表 9-1。

表9-1 工业CT机相关参数及源项

序号	设备名称	型号	数量 (台)	最大管电压、 最大管电流	圆锥束中心轴和圆锥边界夹角(°)	过滤条件	辐射源点 1m 处剂量率		
							有用线束 mGy.m <sup>2</sup> /(mA.min)	泄漏辐射 (μSv/h)	散射辐射 mGy.m <sup>2</sup> /(mA.min)
1	工业 CT 机	Nano Voxel 2200 型	1	180kV、 3mA	**	**	**	**	**

注：本项目设备型号、最大管电压、最大管电流、圆锥束中心轴和圆锥边界夹角、过滤条件等相关参数均为建设单位提供，有用线束、泄漏辐射、散射辐射辐射源点 1m 处的源项取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.1 和表 1，设备的有用线束辐射源点 1m 处的源项取值参照 200kV X 射线在距辐射源点（靶点）1m 处输出量，H<sub>0</sub> 取值为\*\*mGy•m<sup>2</sup>/(mA•min)；泄漏辐射源点 1m 处的源项取值为\*\*μSv/h。

#### （一）正常工况下污染源分析

本项目主要污染因子为 X 射线，随 X 射线源的开和关而产生和消失。在正常工况下，检测过程中产生的射线可以得到屏蔽体的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、漏射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围的公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

#### （二）事故工况下污染源分析

本项目在事故工况下，可能产生辐射影响的情形有以下几点：

a.装置防护门安全联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；

b.装置防护门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启机器产生射线，导致工作人员被意外照射；

c.装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使检修人员受到意外照射。

## 二、非放射性源项

本项目工业 CT 机采用数字成像方式，在显示屏上直接显示结果，不涉及胶片，显影、定影液等感光材料废物；无放射性废气、废水和固体废物产生。工业 CT 机开机出束时，工业 CT 机的 X 射线能量较低，X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气。

工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，会产生废旧阴极射线管，根据《国家危险废物名录》（2025年版），产生的废旧阴极射线管属于危险废物，属于HW49 其他废物（废物代码900-044-49），应委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的工业CT机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 工作场所布局

本项目设有独立的 CT 检测室作为辐射工作场所，CT 检测室设置了门禁，只有授权人员才能进入。工业 CT 机放置在 CT 检测室中部，充分考虑了周围的辐射安全。有用线束方向为自西向东（机身从左向右，以观察窗一侧为正面），受主束覆盖角度影响，射线范围会延伸至机身的上、前侧部分区域。电脑操作台设在工业 CT 机西南侧位置，避开了有用射线方向，工作场所布局合理。

#### 10.1.2 辐射工作场所分区

##### （1）划分原则

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

①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。

②把未被定为控制区，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的区域划分为监督区。

##### （2）两区划分情况

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关规定，将辐射工作场所进行分区管理，建设单位拟将工业 CT 机自带屏蔽体内部划为控制区，将控制区外整个 CT 检测室划为监督区。辐射工作场所布局和分区示意图如图 10-1 所示，分区管理措施如下：

控制区通过实体屏蔽、紧急停机按钮、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明和门禁等进行管理。综上所述，辐射工作场所的布局和分区方案有利于分区管理，可有效隔离非辐射工作人员进入监督区，布局和分区合理。

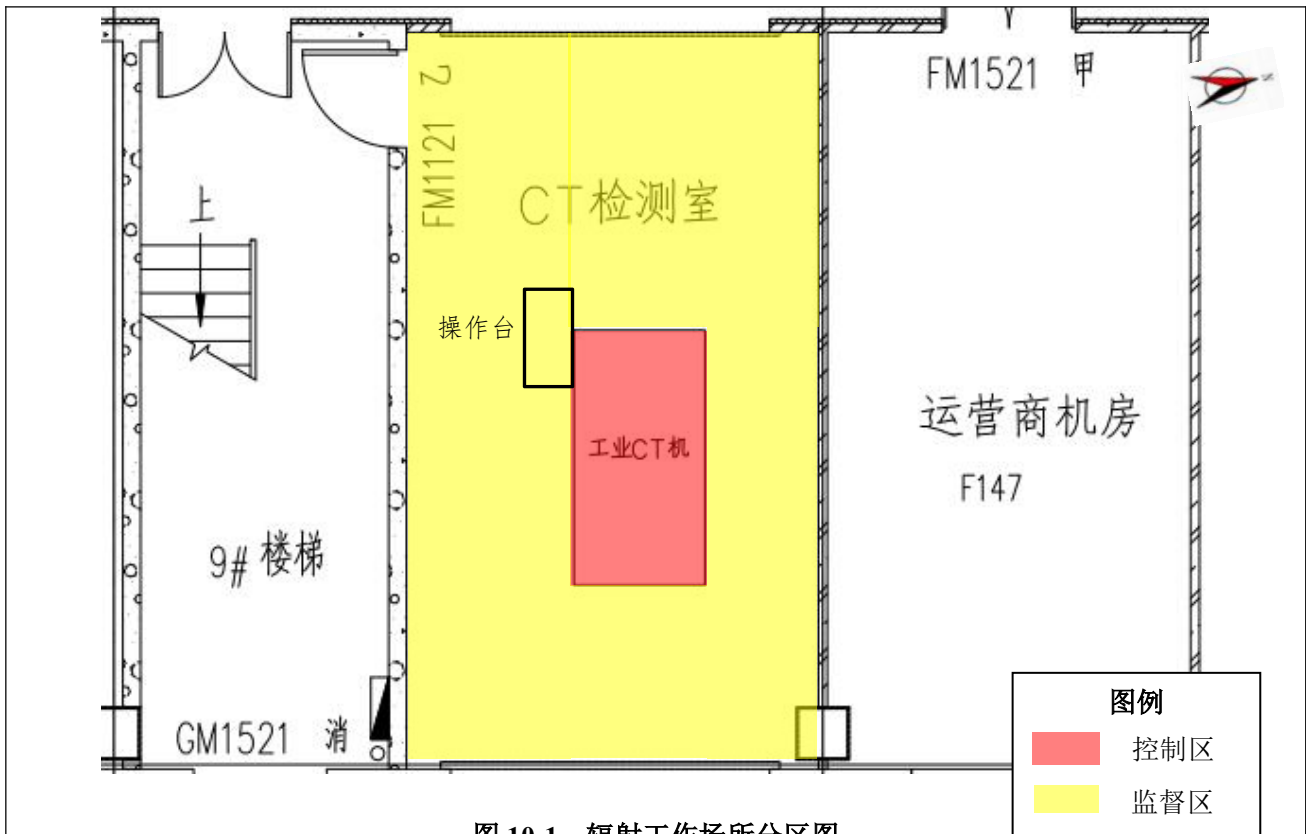


图 10-1 辐射工作场所分区图

### 10.1.3 辐射安全场所屏蔽设计方案

本项目 CT 检测室北墙为 100mm75 轻钢龙骨+双层 9mm 纤维增强硅酸盐板墙体，西墙和东墙为 40mmC100 轻钢龙骨+双侧 12mm 硅酸盐防火板，南墙为 200mm 厚蒸压加气混凝土砌块墙，地板和顶部为 15cm 混凝土。本项目拟使用的工业 CT 机自带钢铅结构的屏蔽体，X 射线管带有铅保护外壳，位于屏蔽体内部，工业 CT 机自带屏蔽参数见表 10-1。

表 10-1 工业 CT 机自屏蔽体参数一览表

设备型号	nanoVoxel 2200 型	
最大管电压、最大管电流	180kV、3mA	
主射线方向	**	
圆锥束中心轴和圆锥边界夹角	**°	
整机外尺寸	**mm (长) × **mm (宽) × **mm (高)	
进出料口防护门尺寸	**mm (宽) × **mm (高)	
屏蔽厚度 (设备自带)	前部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	后部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	左部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	右部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	顶部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	底部	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板
	防护门	**mm 铅板
	检修门	**mm 铅板
观察窗	**mmPb	

注：铅板密度为 11.3g/cm<sup>3</sup>，钢板密度为 7.8g/cm<sup>3</sup>。

## 10.1.4 工业 CT 机辐射安全与防护措施

### (1) 工业 CT 机固有安全性

①开机时系统自检，开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该设备会示意操作者可以进行出束操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

②当 X 射线发生器接通高压产生 X 射线后，系统将始终实时监测 X 射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断 X 射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，提醒操作人员发生了故障。

③当出束阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段。

④过电流保护，设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

⑤过电压保护，设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

⑥继电保护，冷却循环油流量继电器、温度继电器及射线屏蔽室门开关的触点均为串联，在正常时均接通；若有一个没接通，不能达到高压。

### (2) 工业 CT 机的防护措施

#### ①安全连锁系统

本项目工业 CT 机设有门机连锁、多重开关等安全连锁系统。本项目工业 CT 机防护门安装了 2 个安全互锁传感器作为门机连锁装置；本项目工业 CT 机设有 1 个钥匙开关、1 个主电源开关，均设在设备正面。

具体实现如下：本项目安全连锁设计要求主电源开关打开、钥匙开关闭合、紧急停机按钮复位、防护门和检修门正常关闭、指示灯正常的情况下工业 CT 机才能启动和正常出束，一旦其中有一道设施未到位，工业 CT 机不能启动。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紧急停机按钮

本项目的工业 CT 机在正面控制面板设有 1 个紧急停机按钮和一个主电源开关，发生紧急事故时可以迅速切断设备的电源或者按下紧急停机按钮，工业 CT 机立即停止出束。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。

#### ③警示设施和工作状态指示灯

建设单位将在工业 CT 机的正面张贴包含中文警示信息的“电离辐射警告标志”；CT 检测室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。本项目的工

业 CT 机设有工作状态指示灯与声音提示装置，均与工业 CT 射线装置联锁，指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯亮（仪器处于开机状态），黄灯亮（箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源），红灯亮（射线源处于发射 X 射线状态）。建设单位将在 CT 检测室内醒目位置张贴工业 CT 机 3 种信号指示意义的中文说明。

#### ④辐射监测设施

建设单位拟为 6 名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计，工作期间均按要求佩戴，确保个人剂量监测数据可追溯；同时配置 2 台个人剂量报警仪，项目实行两班轮替制，每个作业班次均确保至少 1 台个人剂量报警仪在岗使用，可有效满足日常辐射监测与自我防护需求。拟将参考控制水平  $1.67\mu\text{Sv/h}$  设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。建设单位拟配备 1 台便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪，定期使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪（每个月 1 次）对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。

本项目工业 CT 机自带 2 台固定辐射剂量报警仪，1 台布置于设备内部，用于监测腔内辐射水平并参与设备联锁；1 台布置于设备外侧人员操作区域，用于实时监测环境。本项目辐射监测设施清单见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射监测设施清单

序号	防护用品名称	数量
1	个人剂量报警仪	2 台
2	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	1 台
3	个人剂量计	6 个
4	固定辐射剂量报警仪（设备自带）	2 台

#### ⑤设备排风设计及穿线孔屏蔽

本项目工业 CT 机自带通风设施，排风孔位于设备左侧，拟设置排风孔防护罩，屏蔽厚度为  $**\text{mmPb}$ ，不低于同侧，即主箱体防护罩左侧铅板屏蔽厚度（ $**\text{mmPb}$ ），不影响主箱体防护罩的屏蔽防护效果。本项目工业 CT 机排风扇排风量为  $**\text{m}^3/\text{min}$ ，主箱体防护罩体积约  $**\text{m}^3$ ，则每小时主箱体防护罩换气次数可达  $**$ 次，CT 检测室设置新风通风装置，通过新风送风维持室内微正压，室内空气（含设备排出的臭氧等气体）经机械排风系统收集后统一排至室外，为室内人员及设备提供良好的运行环境。

本项目工业 CT 机穿线孔设置铅防护罩，屏蔽厚度不低于同侧，不影响主箱体防护罩的屏蔽防护效果。

#### ⑥监控摄像头

本项目工业 CT 机内无人到达，工业 CT 机正面设有铅玻璃观察窗，可观察工业 CT 机内部的运行情况。拟在 CT 检测室内及西侧过道各设置 1 个监控摄像头，用于实时监视检测室内人员活动，监控显示器设置在 CT 检测室内，保障辐射安全与现场作业管理。

### 10.1.5 辐射安全与防护措施符合性分析

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）各项具体要求，对本项目工业 CT 机的辐射防护设施及措施与标准对照分析，详见表 10-3。

表 10-3 本项目辐射防护设施及措施与标准对照情况

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	设计情况	符合性
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。	本项目工业 CT 机自带屏蔽体，放在独立的房间（CT 检测室）内使用，充分考虑了邻近场所的辐射安全。本项目电脑操作台设置在工业 CT 机西南侧，避开了有用线束方向（从左向右，以观察窗一侧为正面）。	符合
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。	建设单位拟将工业 CT 机自带屏蔽体内部划为控制区，将控制区外整个 CT 检测室划为监督区。控制区通过实体屏蔽、门机联锁装置等进行控制，监督区通过警示说明和门禁等进行管理。	符合
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 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。	由表 11 理论估算结果可知，本项目运行对关注点人员的周剂量满足对职业工作人员不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众不大于 5 $\mu$ Sv/周的要求。 本项目工业 CT 机屏蔽体外关注点最高周围剂量当量率最大值为** $\mu$ Sv/h，满足不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的控制水平。	符合
6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 $\mu$ Sv/h。	由表 11 理论估算结果可知，工业 CT 机上方屏蔽体外 30cm 的周围剂量率为** $\mu$ Sv/h，满足不大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的控制水平。	符合
6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	本项目的工业 CT 机防护门安装了 2 个安全互锁传感器作为门机联锁装置，只有在防护门关闭好的情况下安全回路才会接通，若门没有关好，门机联锁不能就绪，射线管无法出束。工业 CT 机内部无人进入，紧急情况使用紧急停机按钮可以停止工业 CT 机出束。设备运行过程中，任何一处可开启之处被外力开启时，会中断高压发生器的主供电，X 射线立即停止出束。	符合
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	本项目正常工作时，人员无需进入设备内部，因此在屏蔽体内部设置状态指示灯和声音提示装置的要求不适用。 本项目的工业 CT 机设有工作状态指示灯与声音提示装置，均与工业 CT 射线装置联锁，指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯	符合

<p>的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。</p>	<p>亮（仪器处于开机状态），黄灯亮（箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源），红灯亮（射线源处于发射 X 射线状态），与工作场所内其他报警信号有明显区别。将在 CT 检测室醒目位置张贴射线装置 3 种信号指示意义的说明。</p>	
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 机内无人到达，工业 CT 机正面设有铅玻璃观察窗，可观察工业 CT 机内部的运行情况。拟在 CT 检测室内及 CT 室西侧过道各安装 1 个监控摄像头。用于实时监视检测室内人员活动，保障辐射安全与现场作业管理。</p>	符合
<p>6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。</p>	<p>建设单位将在工业 CT 机正面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在 CT 检测室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。</p>	符合
<p>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。</p>	<p>本项目正常工作时，人员无需进入设备内部，因此屏蔽体内安装紧急停机按钮或拉绳的要求不适用本项目。 工业 CT 机正面机身处的显眼位置设有 1 个紧急停机按钮和 1 个主电源开关，发生紧急事故时不用穿过有用线束迅速切断装置的多项部件的电源，立即终止出束。紧急停机按钮将标明功能和使用方法。</p>	符合
<p>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。</p>	<p>本项目工业 CT 机排风扇排风量为 <math>^{**}m^3/min</math>，主箱体体积约 <math>^{**}m^3</math>，每小时排风次数为 <math>^{**}</math> 次。本项目 CT 检测室室内配置空调系统，以维持作业环境的温湿度条件；CT 检测室设置新风通风装置，通过新风送风维持室内微正压，室内空气（含设备排出的臭氧等气体）经机械排风系统收集后统一排至室外，为室内人员及设备提供良好的运行环境。</p>	符合
<p>6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。</p>	<p>本项目工业 CT 机自带 2 台固定辐射剂量报警仪，1 台布置于设备内部，用于监测腔内辐射水平并参与设备连锁；1 台布置于设备外侧人员操作区域，用于实时监测环境辐射水平并提供声光报警。</p>	符合
<p>6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。</p>	<p>工作人员作业前检查工业 CT 机门-机连锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施，发现异常立刻停止工作并查找原因，排查异常后才能继续工作。</p>	符合
<p>6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。</p>	<p>由于工业 CT 机工作时人员无需进入设备内，建设单位拟为 6 名辐射工作人员各配备 1 个人剂量计，工作期间均按要求佩戴，确保个人剂量监测数据可追溯；同时配置 2 台个人剂量报警仪，项目实行两班轮替制，每个作业班次均确保至少 1 台个人剂量报警仪在岗使用，可有效满足日常辐射监测与自我防护需求。拟将参考控制水平 <math>^{**}\mu Sv/h</math> 设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员将立即停止工</p>	符合

	作，同时阻止其他人进入辐射工作场所，并立即向辐射工作负责人报告。	
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。	建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪用于日常辐射监测，对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测（每月 1 次），做好巡测记录。当测量值高于参考控制水平时，立刻停止工作并向辐射防护负责人报告并查找原因。计划每年一次委托有资质的第三方检测机构对工业 CT 机外的环境辐射水平进行年度检测。	符合
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。	工作人员工作前先检查便携式 X-γ 剂量率仪是否正常工作，如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作时，则不能开始检测工作。	符合
6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。	在每次照射前，辐射工作人员需确认工业 CT 机各项安全联锁设施全部正常的情况下，工业 CT 机才能启动和出束，把潜在的辐射降到最小。	符合
6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。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，才能开始探伤工作。	本项目工业 CT 机较小，一般情况下人员无法进入。辐射工作人员在辐射工作前确认各项安全联锁系统正常的情况下，工业 CT 机才能启动，并开始辐射工作。	符合

从表 10-3 可知，建设单位拟采取的辐射工作场所布局和分区、辐射屏蔽、各项辐射安全与防护措施、安全操作要求等满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

### 10.1.6 日常检查与维护

#### （一）日常安全检查

工业 CT 机开机使用时检查防护门门-机联锁装置以及出束信号指示灯等辐射安全与防护措施，若发现任意一项安全措施异常应立刻停止辐射工作，排除异常后才能继续工作。每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- （1）工业 CT 机外观是否完好；
- （2）电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- （3）防护门是否正常关闭；
- （4）安全联锁是否正常工作；
- （5）钥匙开关闭合、紧急停机按钮复位是否正常；
- （6）报警设备和警示灯是否正常运行；
- （7）固定式场所辐射探测报警装置、个人剂量报警仪及便携式 X-γ 剂量率仪是否正常运行。

#### （二）设备维护

- （1）建设单位应对工业 CT 机维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由具备资质

的厂家专业人员负责，由设备管理员做好维修维护记录。

(2) 设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(3) 当设备有故障或损坏，需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品。

(4) 做好设备维护记录。

## 10.2 三废的治理

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、显影液、定影液等感光材料废物，无放射性三废的产生。

工业CT机使用时，X射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧50分钟后自动分解为氧气，这部分废气产生量较少。本项目工业CT机排风扇排风量为 $2.96\text{m}^3/\text{min}$ ，主箱体防护罩体积约 $5.5\text{m}^3$ ，每小时主箱体防护罩换气次数可达32.1次，CT检测室设置新风通风装置，通过新风送风维持室内微正压，室内空气（含设备排出的臭氧等气体）经机械排风系统收集后统一排至室外，为室内人员及设备提供良好的运行环境。工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，会产生废旧阴极射线管，根据《国家危险废物名录》（2025年版），产生的废旧阴极射线管属于危险废物，属于HW49其他废物（废物代码900-044-49），将委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的工业CT机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目使用成品电气设备，由生产厂家搬送至辐射工作场所现场，不涉及土建施工建设，不会产生施工废水和扬尘，同时不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体。本项目主要环境影响因子为设备搬运和安装时产生的噪声及设备包装材料等固体废物。

#### (一) 施工期噪声环境影响分析

设备搬运和安装时产生间歇性噪声和振动，搬运和安装工作将选择在 8:00~12:00 或 14:00~17:00 进行，避开午间和夜间休息时间，减少对项目周边人员产生影响。

#### (二) 施工期固体废物环境影响分析

设备包装材料属于一般固废，经收集后交由资源回收单位处理，对周边环境不产生影响。

本项目建设期间不涉及射线装置的使用，不会对周边环境产生电离辐射影响，但在安装调试的过程中，需严格按照相关使用说明、相关管理制度执行。本工程规模较小，建设时间较短，对周边环境影响程度均仅局限在厂区内。通过控制作业时间、加强施工现场管理措施，对周围环境影响较小，且该影响是暂时的，随着建设期的结束而消除。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 工业 CT 机关注点剂量率控制水平

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平：

探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ $H_c$ ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平  $H_c$  如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按下式计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots \text{式 (11-1)}$$

式中：

$H_c$ ——周剂量参考控制水平，单位为微希弗每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，有用线束方向使用因子取 1，电脑操作

台会受到漏射线和散射线的影响，使用因子保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

b)关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max}$ ：

$$\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}$$

c)关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$  为上述 a)中的  $\dot{H}_{c,d}$  和 b)中的  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小值。

探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量率参考控制水平同探伤室墙和入口门外周围剂量当量率参考控制水平。

b)除上述 a)的条件外，应考虑下列情况：

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透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按探伤室墙和入口门外的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，不同场所与环境条件下的居留因子取值见下表 11-1。

表 11-1 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

根据各关注点环境性质，不同场所与环境条件下的居留因子取值见表 11-1。利用式 11-1 计算探伤室各关注点导出剂量率参考控制水平，相关计算参数和结果详见表 11-2、11-3。

表 11-2 工业 CT 机屏蔽体外剂量率参考控制水平

关注点	工业 CT 机前表面外 30cm	工业 CT 机后表面外 30cm	工业 CT 机上表面外 30cm	工业 CT 机下表面外 30cm	工业 CT 机右表面外 30cm
周剂量参考控制水平 $H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )	**	**	**	**	**
周照射时间 $t$ (h)	**	**	**	**	**
使用因子 $U$	**	**	**	**	**
居留因子 $T$	**	**	**	**	**
导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	**	**	**	**	**
关注点的最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,\max}$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	**	**	**	**	**
剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	**	**	**	**	**

11.2.2 辐射环境影响分析

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目相关计算公式如下：

(1) 有用线束的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot I \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-2)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。根据厂家提供资料，本项目滤过条件为\*\*mm 铝，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.1，本项目管电压为 180kV 计算参照 200kV X 射线在距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $H_0$  取值为\*\* $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；

$I$ ——工业 CT 机最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目为 3mA；

$R$ ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$B$ ——辐射屏蔽透射因子；对于给定屏蔽物质厚度  $X$ ，相应的辐射屏蔽透射因子  $B$  按下式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots \text{式 (11-3)}$$

$X$  为屏蔽物质厚度 mm，TVL 为 X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度 mm。

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 的表 B.2 计算可知，

X 射线管电压为 200kV 时，TVL 铅取\*\*mm。参考《辐射防护基础》（李星洪等编）图 5-15，X 射线管电压为 200kV 时，TVL 钢取\*\*mm。

(2) 泄漏辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-4)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ——距辐射源点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 可知，180kV 的 X 射线管组装体 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率  $2500\mu\text{Sv/h}$ ；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B——辐射屏蔽透射因子。

(3) 散射辐射的屏蔽

对于给定的屏蔽物质厚度时，屏蔽体外关注点的剂量率计算公式如下：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_0 \cdot I \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{式 (11-5)}$$

$\dot{H}$ ——屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_0$ ——距辐射源点 1m 处的输出量， $\text{mGy} \times \text{m}^2 / (\text{mA} \times \text{min})$ ；

$R_0$ ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

$R_s$ ——散射体至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

B——辐射屏蔽透射因子；

F—— $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ； $F = \pi (\tan\theta \cdot R_0)^2$ ，该 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为\*\*°；

$\alpha$ ——散射因子，本项目保守取 $\alpha_w \times 10000/400$ ， $\alpha_w$  参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.3 保守取 200kV 时，入射辐射被表面为\*\* $\text{cm}^2$  水模体散射至\*\*m 处的相对剂量比份 $\alpha_w$  为\*\*，则散射因子 $\alpha$  为\*\*。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，180kV X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 为 150kV，由附录 B 表 B.2 知，X 射线管电压为 150kV 时，TVL 铅取\*\*mm，参考《辐射防护基础》（李星洪等编）图 5-15，X 射线管电压为 150kV 时，TVL

取\*\*mm。屏蔽透射因子根据式（11-3）计算。工业 CT 机圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为\*\*°， $F \cdot \alpha/R_0^2 = \pi(\tan^{**\circ})^2 \cdot ** = **$ 。

本项目圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为\*\*°，有用线束方向为自西向东（机身从左向右，以观察窗一侧为正面）受主束覆盖角度影响，工业 CT 机的前、上、右均存在主射线照射。保守计算，工业 CT 机屏蔽体外关注点周围剂量当量率除后、下、左方外均按有用线束计算。

本项目工业 CT 机 X 射线源可沿上下移动，移动距离为\*\*m（以观察窗一侧为正面）。本项目工业 CT 机圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为\*\*°。X 射线管距工业 CT 机前表面最近距离为\*\*m，距工业 CT 机后表面最近距离为\*\*m；X 射线管距工业 CT 机左表面最近距离为\*\*m，右表面最近距离为\*\*m；X 射线管距工业 CT 机上表面最近距离为\*\*m，下表面最近距离为\*\*m。在屏蔽体外 30cm 处设置参考点，参考点和辐射路径示意图见图 11-1。

根据式（11-2）和式（11-3）计算得工业 CT 机屏蔽体外参考点剂量率见表 11-3；根据式（11-4）和式（11-5）计算得泄漏、散射辐射方向关注点外剂量率及其相加结果见表 11-4~表 11-6。

表 11-3 有用线束方向关注点外剂量率计算结果

位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	$\dot{H}_0$ mGy×m <sup>2</sup> / (mA×min)	I(mA)	R(m)	$\dot{H}$ (μSv/h)	剂量率控制水平(μSv/h)
工业 CT 机右表面外 30cm (b)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机前表面外 30cm (c)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机前表面外 30cm (c' , 观察窗)	**mmPb	**	**	**	**	**	**
工业 CT 机上表面外 30cm (e)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**	**

注：本项目 R 值计算采用保守原则，未考虑屏蔽物质厚度，未考虑设备底部厚度尺寸。

表 11-4 泄漏辐射方向关注点外剂量率计算结果

序号	位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	$\dot{H}_L$ (μSv/h)	R(m)	$\dot{H}$ (μSv/h)
1	工业 CT 机左表面外 30cm (a)	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板	**	**	**	**
2	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板	**	**	**	**
3	工业 CT 机后表面外 30cm (d)	**mm 钢板+**mm 铅板+**mm 钢板	**	**	**	**

表 11-5 散射辐射关注点处剂量率计算结果

序号	位置	屏蔽物质厚度	透射因子 B	$\dot{H}_0$ mGy×m <sup>2</sup> /(mA×min)	电流 I (mA)	R <sub>s</sub> (m)	$\dot{H}$ (μSv/h)
1	工业 CT 机左表面外 30cm (a)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**
2	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**
3	工业 CT 机后表面外 30cm (d)	**mm 钢板 +**mm 铅板 +**mm 钢板	**	**	**	**	**

表 11-6 泄漏辐射与散射辐射叠加后剂量率计算结果

序号	位置	泄漏辐射剂量率 (μSv/h)	散射辐射剂量率 (μSv/h)	合计 (μSv/h)	剂量率控制水平 (μSv/h)
1	工业 CT 机左表面外 30cm (a)	**	**	**	**
2	工业 CT 机下表面外 30cm (f)	**	**	**	**
3	工业 CT 机后表面外 30cm (d)	**	**	**	**

由表 11-3~11-6 计算结果可知，工业 CT 机运行时，工业 CT 机屏蔽体外 30cm 处的剂量率在\*\*~\*\*μSv/h 之间，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求，亦满足剂量率控制水平，不大于\*\*μSv/h 的要求。

### 11.3 辐射工作人员和公众人员受照剂量估算

个人年有效剂量计算公式如下：

$$H_{\gamma} = D_{\gamma} \times T \times t \times 10^{-3} (\text{mSv}) \dots \dots \dots \text{式 (11-6)}$$

式中：H<sub>γ</sub>—γ辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D<sub>γ</sub>—γ辐射剂量率，μSv/h；

T—居留因子；

t—年工作时间，h。

本项目拟新增 6 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员，工作人员实行两班轮班作业，每班次配备辐射工作人员 3 名。工业 CT 机投入使用后，预计工业 CT 机平均每天检测 20 个工件，每个工件检测出束时间平均\*\*min，每台工业 CT 机每天出束\*\*h。公司每周工作\*\*天，年工作时间为\*\*周，工业 CT 周出束时间为\*\*h，年出束时间为\*\*h。本项目工业 CT 机使用过程中，CT 检测室内不会有公众人员停留。根据 CT 检测室周围环境保护范围内公众的可到

达性及停留时间，取 CT 检测室各方向区域辐射剂量率，考虑距离的衰减，对公众的年受照剂量进行分析，预测结果见表 11-7、表 11-8。

表 11-7 各方向区域剂量率计算结果

位置	屏蔽物质厚度	R(m)	主要辐射方式	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	
工业 CT 机左墙外 30cm (过道)	**mm 钢板+**mm 铅板 +**mm 钢板	**	泄漏	**	**
			散射	**	
工业 CT 机右墙外 30cm (内部道路)	**mm 钢板+**mm 铅板 +**mm 钢板	**	主束	**	
工业 CT 机前墙外 30cm (9#楼梯)	**mm 钢板+**mm 铅板 +**mm 钢板	**	主束	**	
工业 CT 机后墙外 30cm (运营商机房)	**mm 钢板+**mm 铅板 +**mm 钢板	**	泄漏	**	**
			散射	**	
工业 CT 机上方楼板外 100cm (弱电间、动辅用房)	**mm 钢板+**mm 铅板 +**mm 钢板	**	主束	**	

注：本项目 R 值计算采用保守原则，取值方式为辐射源点至各区域的距离，未考虑墙体厚度。

表 11-8 本项目工业 CT 机对工作人员和公众成员造成的最大年有效剂量

对象		辐射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	年曝光 (工作) 时间 (h)	周曝光 (工作) 时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)	周有效剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )
每组工作人员	1 号工业 CT 机操作台	**	**	**	**	**	**
公众人员	工业 CT 机左面 (过道)	**	**	**	**	**	**
	工业 CT 机右面 (内部道路)	**	**	**	**	**	**
	工业 CT 机前面 (9#楼梯)	**	**	**	**	**	**
	工业 CT 机后面 (运营商机房)	**	**	**	**	**	**
	工业 CT 机上面 (弱电间、动辅用房)	**	**	**	**	**	**

由表 11-8~表 11-9 可知，本项目工业 CT 机对工作人员职业照射的最大年有效剂量值和周有效剂量值分别为\*\*mSv/a 和\*\* $\mu\text{Sv/周}$ ；对公众人员的最大年有效剂量值和周有效剂量值分别为\*\*mSv/a 和\*\* $\mu\text{Sv/周}$ 。本项目辐射工作人员和公众受照剂量均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中的相关要求，且低于剂量约束值(工作人员

5mSv/a，公众 0.25mSv/a）；同时满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众不大于 5 $\mu$ Sv/周”的要求。

## 11.4 非放射性废物排放对环境的影响

### （1）臭氧及氮氧化物

工业 CT 机开机出束时，工业 CT 机的 X 射线能量较低，X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧 50 分钟后自动分解为氧气。本项目由主机电脑控制出束成像，不洗片，无放射性三废产生，无废胶片、废显影液产生。

本项目工业 CT 机排风扇排风量为\*\*m<sup>3</sup>/min，主箱体体积约\*\*m<sup>3</sup>，每小时排风次数为 32.1 次，CT 检测室设置新风通风系统，对周围环境影响较小。

### （2）固体废物

根据《国家危险废物名录（2025年版）》，工业CT机达到设备使用年限或是阴极射线管损坏进行更换时，产生的废旧阴极射线管属于危险废物，危废代码为HW49，应委托有资质单位处置，拆除阴极射线管的工业CT机在任何情况下均不会再产生X射线，可由企业按照一般设备报废的相关规定进行处置。

## 11.5 事故影响分析

按照原《福建省环保厅关于印发<核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲>（试行）的通知》（闽环保辐射〔2013〕10号）要求，建设单位已编制《福建龙净储能电池有限公司辐射安全事故应急预案》。

### （一）可能发生的辐射事故

①装置防护门安全联锁发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线出束，X 射线泄漏使工作人员受到不必要的照射；

②装置防护门安全联锁失效，工作人员在取放工件的过程中，意外开启机器产生射线，导致工作人员被意外照射；

③装置检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启机器产生射线，使检修人员受到意外照射。

### （二）事故等级

参考《实用辐射安全手册第二版》关于急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系，见表 11-9。



1m 处剂量率为\*\*mGy·m<sup>2</sup>/(mA·min)，则单次事故造成的人员可能受到的意外受照剂量为\*\*  
 $\times ** \div ** \times ** \text{mGy} \approx ** \text{mGy}$ 。

由上可见，单次辐射事故中，人员可能受到的意外照射剂量超出公众年剂量约束值，参照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第 40 条的分级规定评估各种事故可能的类别，本项目可能发生的辐射事故为“射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”的类别，属于一般辐射事故。

#### （四）辐射事故处置方案

一旦发生辐射事故，必须马上停机，切断总电源开关，对相关受照人员进行身体检查，确定对人身是否有损害，以便采取相应的救护措施。其次对设备、设施进行安全检查，确定其功能和安全性能。事故发生后，立即启动本单位的辐射事故应急方案，按照事故应急响应程序处理，并在 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。造成或者可能造成人员超剂量照射时，还应同时向当地卫生健康部门报告。事故处理完成后，应查找事故原因，分清事故责任，避免该类事故的再次发生。

#### （五）辐射事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设单位严格执行以下风险预防措施：

（1）建设单位应定期对设备的各个安全装置进行检修和维护。

（2）在辐射工作期间正确佩戴个人剂量报警仪，并定期检查个人剂量报警仪的运行情况。

（3）设备的检修和维护工作应由具有资质的设备厂家工作人员来进行，检修时应采取可靠的断电措施，切断需检修设备上的电器电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修，禁止合闸”安全标志。

（4）发生事故的风险主要在于建设单位的辐射安全管理情况，建设单位应定期完善辐射安全管理规章制度、操作规程，并严格执行，让辐射工作人员增强辐射安全意识，尽量避免辐射事故的发生。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 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》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责。

福建龙净储能电池有限公司成立了以黎\*程为组长；吕\*、赵\*荣为副组长；曹\*成、全\*余、杜\*克、谢\*玲、董\*、林\*强、李\*霖、赵\*、林\*飞、李\*恩、董\*泽、郝\*、黄\*业、蓝\*和、曾\*琴为成员的辐射安全与防护管理领导小组。

### 12.2 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许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，应建立和实施放射防护管理制度和措施。

为规范管理本单位的辐射工作，有效预防和控制可能发生的辐射事故，强化辐射事故危害意识和责任意识，建设单位制定了《安全操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《辐射仪器检修维护制度》《从业人员培训计划》《辐射监测方案》《辐射安全事故应急预案》等相关制度，见表12-1。

表12-1 建设单位已制定的规章制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求成立的制度	建设单位已建立的管理制度	
	名称	内容
《操作规程》	《安全操作规程》	规定了辐射工作人员操作射线装置的流程，能减少辐射事故的发生。
《岗位职责》	《射线装置操作人员岗位职责》	明确了操作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
《辐射防护和安全保卫制度》	《辐射防护和安全保卫制度》	明确了辐射安全保卫、辐射防护管理要求。
《设备维修维护制度》	《辐射仪器检修维护制度》	明确了射线装置维护及保养、防护用品日常维护及保养、应对措施、规范记录等要求。
《辐射工作人员培训考核计划》	《从业人员培训计划》	明确了辐射工作人员的培训、考核方式。

《监测方案》	《辐射监测方案》《放射工作人员个人剂量管理制度》	明确了个人剂量监测、辐射环境监测方案。
《有完善的辐射事故应急措施》	《辐射事故处理应急制度》 《辐射安全事故应急预案》	明确了应急管理机构及职责、辐射事故应急处理程序、事故报告等内容。

### 12.3 辐射工作人员的培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十二条规定：取得辐射安全培训合格证书的人员，应当每五年接受一次再培训。根据《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》（公告 2019 年第 57 号），辐射安全与防护培训需求的人员可通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn/>）参加辐射安全与防护培训，参加相关考试并通过考核，做到持证上岗。

本项目配置的 6 名辐射工作人员和 1 名辐射管理人员均尚未参加对应的辐射安全与防护专项培训及考核，因当前设备暂未投入运行，计划在工业 CT 项目正式投运前，组织其完成生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”的专项培训并分别通过射线装置操作、辐射安全管理考核，确保满足岗位辐射安全要求；针对本工业 CT 项目的射线装置操作专项培训，计划在上岗前组织该 7 名人员参加，确保全员具备对应岗位的辐射防护能力。

### 12.4 辐射监测

本项目使用 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》，本项目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、固定式和便携式辐射监测等设备。

福建龙净储能电池有限公司拟为本项目配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，6 台个人剂量报警仪。

为保护环境和辐射工作人员及公众健康，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等的要求。福建龙净储能电池有限公司针对本项目制定相应的辐射监测计划，包括：

#### 1. 辐射工作人员个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即

核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案；个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案；辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求：应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的规定，职业照射个人剂量档案应终身保存。

建设单位将按照有关要求，对辐射工作人员上岗前进行职业健康检查，经检查合格后方可从事辐射工作。委托检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，工作人员按要求佩戴检测机构发放的个人剂量计上岗，定期回收读出个人受照剂量，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

在现有的核技术利用项目管理中，建设单位委托了检测机构对辐射工作人员进行个人剂量监测，根据最新 4 个季度的个人剂量监测报告，现有辐射工作人员的年有效剂量均低于评价标准提出的工作人员的年有效剂量约束值。

## 2.年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。福建龙净储能电池有限公司将执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对福建龙净储能电池有限公司的辐射工作场所进行年度监测。年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报原发证机关。

## 3.竣工环保验收

福建龙净储能电池有限公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收

不合格的，不得投入生产或者使用。本项目环保设施验收期限一般不超过 3 个月，需要对该类环保设施进行调试或者整改的，验收期限可适当延期，但最长不超过 12 个月。

#### 4.工作场所和周围环境监测

建设单位拟为每位辐射工作人员各配备 1 个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求。将 1.67 $\mu$ Sv/h 设为个人剂量报警仪的报警阈值，当个人剂量报警仪报警时，辐射工作人员应立即停止工作，同时阻止其他人进入辐射工作区域，并立即向辐射工作负责人报告。

福建龙净储能电池有限公司制定的辐射监测计划见表 12-2。

**表 12-2 辐射监测计划**

监测对象		监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
工业 CT 机	防护性能	工业 CT 机自屏蔽体上、前、后、左、右 30cm 处，管线孔；自屏蔽体周围人员经常停留位置。	周围剂量当量率	每月 1 次	自行监测
				每年 1 次	委托有资质单位监测
	安全联锁	实测并检查	安全	每次使用前	自行检查
辐射工作人员		佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	操作时，常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月	送有资质单位检测
外环境		实测	周围剂量当量率	每年 1 次	委托有资质单位监测
竣工环境保护验收监测		工业 CT 机自屏蔽体上、前、后、左、右 30cm 处，管线孔；自屏蔽体周围人员经常停留位置。	周围剂量当量率	本项目运行后监测 1 次	委托有资质单位监测

建设单位制定的工作场所辐射监测计划满足相关法律法规的要求，在原核技术利用项目中，按要求定期对射线装置周围剂量当量率进行了巡测并做好记录，并委托检测机构对辐射设备的环境辐射水平进行年度检测。在后续的管理中，建设单位应严格按照监测计划做好环境辐射监测工作。

### 12.5 辐射事故应急

为确保公司射线装置的正常、安全使用，及时有效地预防和应对突发的辐射事故，提高应急响应能力，避免或减少因辐射事故造成的人员伤害和财产损失，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的规定，特制定本辐射安全事故应急预案。

辐射事故应急处理领导小组，由组长吕\*，副组长曹\*成，成员蓝\*和、赖\*材、曾\*琴组

成。组长全面负责小组工作，现场指挥工作。成员负责事发现场安全保卫工作，对辐射操作人员和维修人员的日常管理，人员培训工作。小组的具体职责有：

(1) 组织制定辐射事故应急处理预案。

(2) 负责组织协调辐射事故应急处理工作。

(3) 组织辐射事故应急人员的培训；

(4) 负责与上级主管部门和生态环境部门的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查审定；

(5) 负责辐射事故应急处理期间的后勤保障工作；

(一) 预防事故措施

(1) 健全辐射管理的各项规章制度，机器旁悬挂或放置操作规程卡片；

(2) 加强辐射工作人员的机器操作规程和辐射防护应急培训，持证上岗；

(3) 定期检查维修机器，使其处于正常工作状态；

(4) 加装应急开关或电源总开关；

(5) 定期检查工业 CT 机设备联锁装置、屏蔽防护结构及通风系统，确保其处于正常工作状态；

(6) 工业 CT 机操作区设置明显辐射警示标识与工作状态指示灯，避免无关人员误入。

(二) 应急处理措施

1.辐射事故发生后，按以下程序启动预案：

(1) 现场操作人员发现事故后，立即向辐射安全管理人员报告；

(2) 辐射安全管理人员接到报告后，立即向辐射事故应急处理领导小组组长报告；

(3) 组长确认事故情况后，宣布启动本预案，下达应急处置指令。

2.辐射事故发生后，立即开展先期处置：

(1) 紧急疏散周边无关人员至安全区域，设置警示隔离带，禁止无关人员进入；

(2) 对事故现场进行警戒，划定控控区域，保护现场；

(3) 立即切断射线装置主控电源/关闭放射源出束开关，控制或切断放射性污染蔓延途径；

(4) 开展初步辐射水平监测，判断事态发展趋势，最大限度避免人员伤亡。

3.医学救援

(1) 对受照/受伤人员开展现场紧急救护（如止血、包扎）；

(2) 立即联系当地卫生健康部门，将受照人员转送具备辐射医学救治能力的医疗机构；

(3) 配合医疗人员开展受照剂量估算与医学观察，记录相关信息。

#### 4.现场监测

- (1) 由应急监测组使用辐射检测仪开展现场监测；
- (2) 重点监测：辐射剂量率分布、表面污染水平；
- (3) 保存完整监测记录，为事故研判、信息上报及处置决策提供数据支撑；
- (4) 明确监测人员需佩戴个人剂量计与辐射防护装备，确保自身安全。

#### 5.现场处置

按事故类型制定针对性处置方案：

(1) 放射源失控：立即隔离现场，由专业人员使用长柄工具将放射源回收至屏蔽铅罐，严禁非专业人员操作；

(2) 工业 CT 无法停束：紧急停机、断电，检查联锁与控制系统，待故障排除、辐射水平恢复正常后，方可解除隔离；

(3) 人员超剂量照射：停止作业，安排医学检查与剂量估算，跟踪健康状况；

(4) 臭氧积聚：开启通风系统，监测臭氧浓度，人员撤离至上风向安全区域。

#### 6.安全防护

(1) 进入封控区域的应急人员必须佩戴个人剂量计、辐射监测仪及铅防护用品；

(2) 严格控制应急人员在封控区域内的停留时间，确保受照剂量低于限值；

(3) 明确应急人员出入封控区域的授权与登记程序，防止无关人员进入。

#### 7.后期处置

(1) 对受照人员开展医学观察与跟踪；

(2) 对设备进行检修、检测，合格后方可恢复使用；

(3) 开展事故调查，分析原因，落实整改措施；

(4) 完善预案与管理制度，防止类似事故再次发生。

(三) 善后处理

1.保存好受照人员的体检资料，做好医学跟踪观察；

2.请专业维修人员检查维修，确认正常后方可继续使用；

3.总结经验教训，防止类似事故再发生。

### 12.6 竣工环境保护验收内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》相关规定，建设项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。本项目竣工环境保护验收内容详见表 12-3。

**表 12-3 本项目竣工环保验收内容**

验收内容	验收要求	验收标准
设立辐射安全管理机构或指派辐射管理专职人员	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，并以文件形式明确其管理职责。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条（一）
辐射安全与防护措施	<p>(1) 本项目工业 CT 机设有安全联锁系统。</p> <p>(2) 本项目的工业 CT 机设有工作状态指示灯与声音提示装置，均与工业 CT 射线装置联锁，指示灯具有 3 种工作状态指示：绿灯亮（仪器处于开机状态），黄灯亮（箱体防护门和检修门处于关闭状态，可安全开启射线源），红灯亮（射线源处于发射 X 射线状态），与工作场所内其他报警信号有明显区别。将在 CT 检测室醒目位置张贴射线装置 3 种信号指示意义的说明。</p> <p>(3) 本项目工业 CT 机内无人到达，工业 CT 机正面设有铅玻璃观察窗，可观察工业 CT 机内部的运行情况。拟在 CT 检测室内及 CT 室西侧过道各安装 1 个监控摄像头。用于实时监控检测室内人员活动，保障辐射安全与现场作业管理。</p> <p>(4) 建设单位将在装置正面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，在 CT 监测室门口将张贴“辐射工作场所，无关人员工作期间禁止进入”中文警示说明。</p> <p>(5) 工业 CT 机正面机身处的显眼位置设有 1 个紧急停机按钮。</p>	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）
辐射安全管理措施	<p>(1) 制定相应的辐射规章制度和应急预案，规章制度应张贴在墙面显眼位置。</p> <p>(2) 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”参加辐射安全与防护知识培训和考核，持证上岗。</p> <p>(3) 每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境监测，并按时报送辐射安全年度评估报告。</p> <p>(4) 成立辐射事故应急小组，明确小组成员分工与职责，并定期进行应急培训与演练。</p> <p>(5) 项目取得环评批复后，建设单位应向生态环境主管部门办理辐射安全许可证。</p>	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》
周围剂量当量率监测情况	屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率应不大于参考控制水平。	《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）
个人剂量监测和人员职业健康监护	委托检测机构为辐射工作人员进行个人剂量监测：每人配备 1 个人剂量计，定期回收读出个人剂量计，监测周期为 3 个月，按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
环境辐射剂量巡测仪、个人剂量报警仪	本项目拟为每班次的 3 位辐射工作人员配备 1 台个人剂量报警仪，并在工作期间佩戴好，个人剂量报警仪具有报警功能和实时辐射剂量率监测显示功能，可满足辐射工作人员日常工作时的辐射监测和自我防护的要求；配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，定期使用便携式 X-γ 剂量率仪（每月 1 次）对工业 CT 机周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条（四）

## 表 13 结论与建议

### 13.1 结论

福建龙净储能电池有限公司拟在福建省龙岩市上杭县白砂镇大田村茶白大道 9 号 3#电芯厂房 1 楼东南侧 CT 检测室安装使用 1 台 nanoVoxel 2200 型工业 CT 机,最大管电压 180kV,最大管电流 3mA,属于 II 类射线装置,用于锂电池电芯/模组的内部结构无损检测。

#### (1) 辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护分析表明,本项目射线装置的辐射屏蔽设计方案、工作场所布局和分区、各项辐射安全与防护措施等均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明,建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案,人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

#### (2) 环境影响分析结论

理论分析表明,项目正常运行时,工业 CT 机实体屏蔽外关注点的辐射水平均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)规定的周围剂量当量率控制要求;辐射工作人员和周围公众的有效剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值,满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

#### (3) 可行性分析结论

根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》,本项目使用的工业 CT 机属于鼓励类“十四、机械中的 1、科学仪器和工业仪表,自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器,工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备,用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜”,属于国家鼓励类产业,符合国家产业政策。

工业 CT 机的应用具备其他技术无法替代的特点,可对材料内部是否存在缺陷进行判断,对减少因材料质量问题对生产造成的影响起到十分重要的作用,具有明显的社会效益和经济效益。本项目工业 CT 机在使用过程中产生电离辐射,对周围环境产生一定影响,但在使用过程中采取了必要的防护措施减少本项目的辐射影响,使本项目的辐射影响在相应的标准范围内。因此项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

#### (4) 总结论

综上所述,福建龙净储能电池有限公司 1 台工业 CT 机项目符合国家产业政策和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后,企业将具备相应从事辐射活动的技术能力,本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证,该项目的建设和运行是可行的。

## 13.2 建议与承诺

(1) 对本评价提出的辐射管理和辐射防护措施，建设单位应尽快落实，在项目建设同时，切实做到环保设施和主体工程“同时设计、同时施工、同时投产”；

(2) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习、考试，取得考核合格证书后方可上岗。同时按照国家法律法规要求给辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量监测档案；

(3) 建设单位应安排本项目所有辐射工作人员参加职业健康体检，并为辐射工作人员建立职业健康档案；

(4) 本项目环评批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门办理辐射安全许可证重新申领手续并按要求开展竣工环境保护验收工作；

(5) 建设单位如需增加本报告表所涉及之外的射线装置或对其使用功能进行调整，则应按有关要求向生态环境主管部门进行申报，并采取相应的辐射防护措施。

