

核技术利用建设项目

宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 1
台 X 射线检测系统（工业 CT 机）项目

环境影响报告表

（送审稿）

建设单位（盖章）：宁德时代新能源科技股份有限公司

2023 年 7 月

核技术利用建设项目

宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 1 台 X 射线检测系统（工业 CT 机）项目

环境影响报告表

建设单位名称：宁德时代新能源科技股份有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：曾毓群

通讯地址：宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号

邮政编码：362100 联系人

电子邮箱： 联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	17
表 3 非密封放射性物质	17
表 4 射线装置	18
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	19
表 6 评价依据	20
表 7 保护目标与评价标准	21
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	32
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 环境影响分析	43
表 12 辐射安全管理	51
表 13 结论与建议	56

表 1 项目基本情况

项目名称	宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 1 台 X 射线检测系统（工业 CT 机）项目				
建设单位	宁德时代新能源科技股份有限公司				
法人代表	曾毓群	联系人		联系电话	
注册地址	宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号				
项目建设地点	宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 E21 栋厂房 1 层 CT 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	4.03%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积（m ² ）	139.2m 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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
	其他	<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

宁德时代新能源科技股份有限公司（CATL）成立于 2011 年，公司总部位于宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号，主要从事动力和储能电池领域完整的研发、制造能力，拥有材料、电芯、电池系统、电池回收的全产业链核心技术，是全球顶级的电动汽车电池供应商。宁德市区内现有 5 个主要生产厂区，分别为“湖东厂区”“工程中心”“湖西 EV 厂区”“湖西 Z 基地”以及“博发产业园 116 号厂房”。本项目设于工程中心 E21 栋厂房 1 层 CT 室。

1.2 项目建设内容与项目由来

为提高产品质量，提升产品市场竞争力，宁德时代新能源科技股份有限公司根据生产需要，在工程中心 E21 栋 1 层 CT 室新增 1 台型号为 FF35 型 X 射线检测系统（以下简称“工业 CT 机”），设备自带屏蔽体，用于测量成品电芯内部异常。

该设备属于自屏蔽式 X 射线探伤装置，其属于 II 类射线装置。详细情况见表 1.2-1。

表 1.2-1 本项目射线装置参数一览表

射线装置	型号	管电压（kV）	管电流（mA）	类别	所在场所	数量
X 射线检测系统	FF35 型	225（190）	3.0	II 类	工程中心 E21 栋厂房 1 层 CT 室	1 台

根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会的公告（2017年第66号）《关于发布《射线装置分类》的公告》规定，本项目使用的X射线检测系统属于II类射线装置。另根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（中华人民共和国生态环境部令第16号）中“五十五、核与辐射 172 核技术利用建设项目”本项目应编制环境影响报告表。因此，该公司于2023年1月特委托我司（附件2：委托书）对宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心1台X射线检测系统（工业CT机）项目进行环境影响评价工作。

我公司接受委托后，对宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心1台X射线检测系统（工业CT机）项目工作场所防护情况和辐射工作人员拟采取的防护情况进行了调查，充分收集了有关资料，在完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《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）的相关要求编制完成了《宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心1台X射线检测系统（工业CT机）项目环境影响报告表》。

1.3 项目地理位置及周边概况

1、项目地理位置

宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心1台X射线检测系统（工业CT机）项目位于工程中心E21栋厂房1层CT室内。项目地理位置详见图1-1。

2、辐射工作场所及周边关系

本项目新增的1台工业CT机位于E21栋厂房中，工程中心E21栋为4层厂房，无地下室，东侧为厂区道路、厂区污水处理站（24.3m）和动力站（24.3m），北侧为E22栋厂房（24.7m）、西侧为厂区道路，南侧为厂区道路、锅炉房（17.7m）和食堂（17.7m）。

本次新增的工业CT机所在的CT室位于E21栋厂房中1层东南侧，CT室北侧为车架分析平台2（紧邻）、车架分析平台1（10.9m）和Pack冷冻间（20.9m），西北侧为车间周转区域（5.8m），西侧为预留实验室（紧邻），南侧为厂房内通道、厂房外厂区道路和锅炉房（22.4m），东侧为厂房内通道、振动测试实验室（3m）、厂房外厂区道路和污水处理站（28.7m），东北侧为卸货区（23.2m），正上方2楼为预留实验室。

厂区平面布置图见图1-2，E21栋厂房平面布置图见图1-3，CT室平面布置图见图1-4，项目控制区和监督区见图1-5，周围环境情况见图1-6。

1.4 项可行性分析

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也将创造了更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”原则。本项目考虑了经济和社会的因素之后，通过探伤室辐射防护措施将辐射环境影响保持在可合理达到的尽量低的水平，符合辐射防护“最优化”原则。本项目通过对潜在照射所致危险实施控制，使本项目所引起的个人照射可满足剂量限值要求，符合辐射防护“剂量限值”原则。项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。

根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修改），本项目属于“第十四条机械”中“第六款：工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，为鼓励类，因此本项目建设符合国家当前产业政策。

1.5 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和减少到“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。



图 1-1 项目地理位置图（蕉城区政区图）



图 1-2.1 项目周边环境示意图



图 1-2.2 项目周边环境示意图

图 1-3.1 E21 厂房 1 层平面布置图

图 1-3.1 E21 厂房 2 层平面布置图



图 1-4 CT 室平面布置图

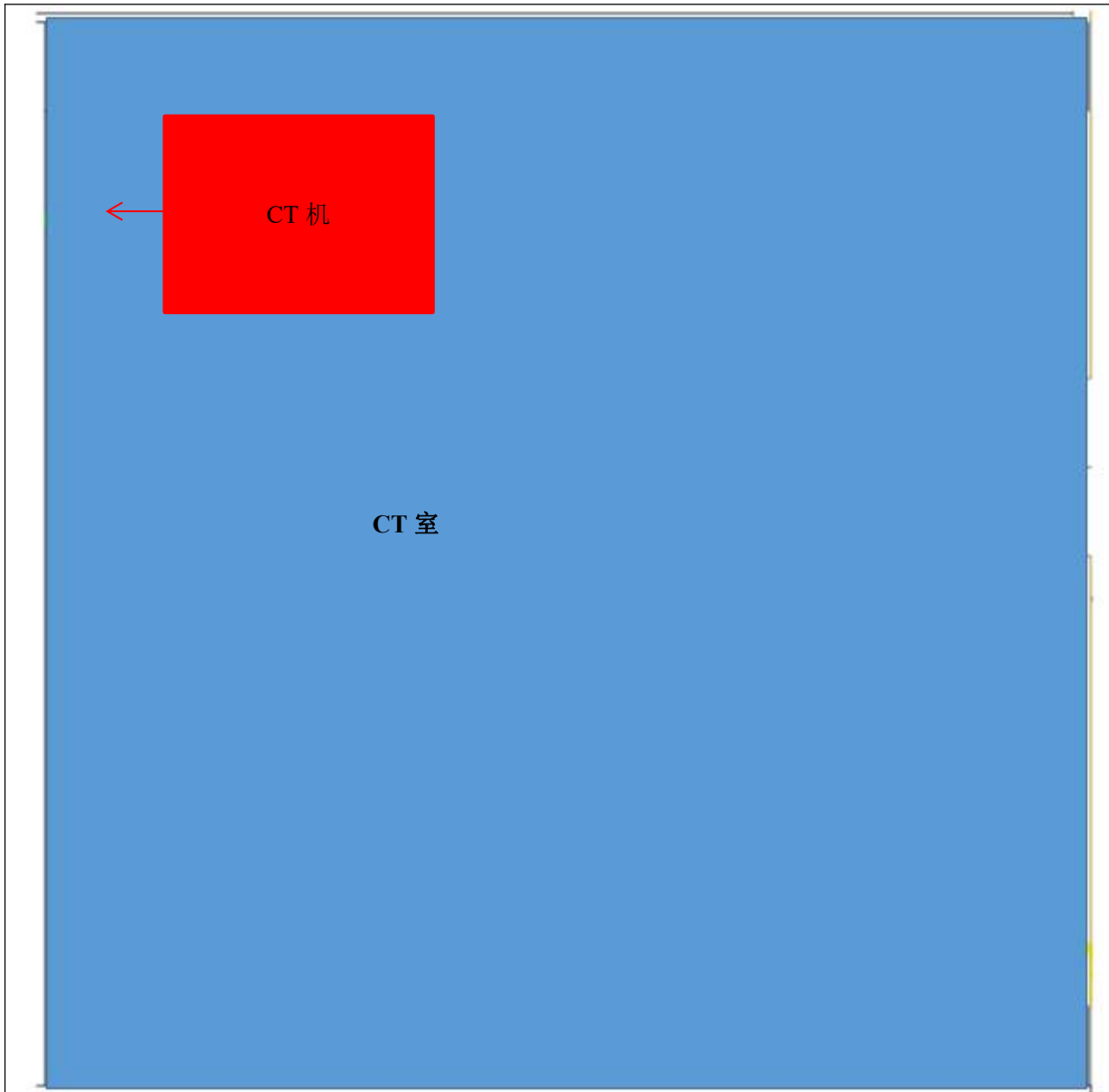


图 1-5 本项目控制区和监督区图

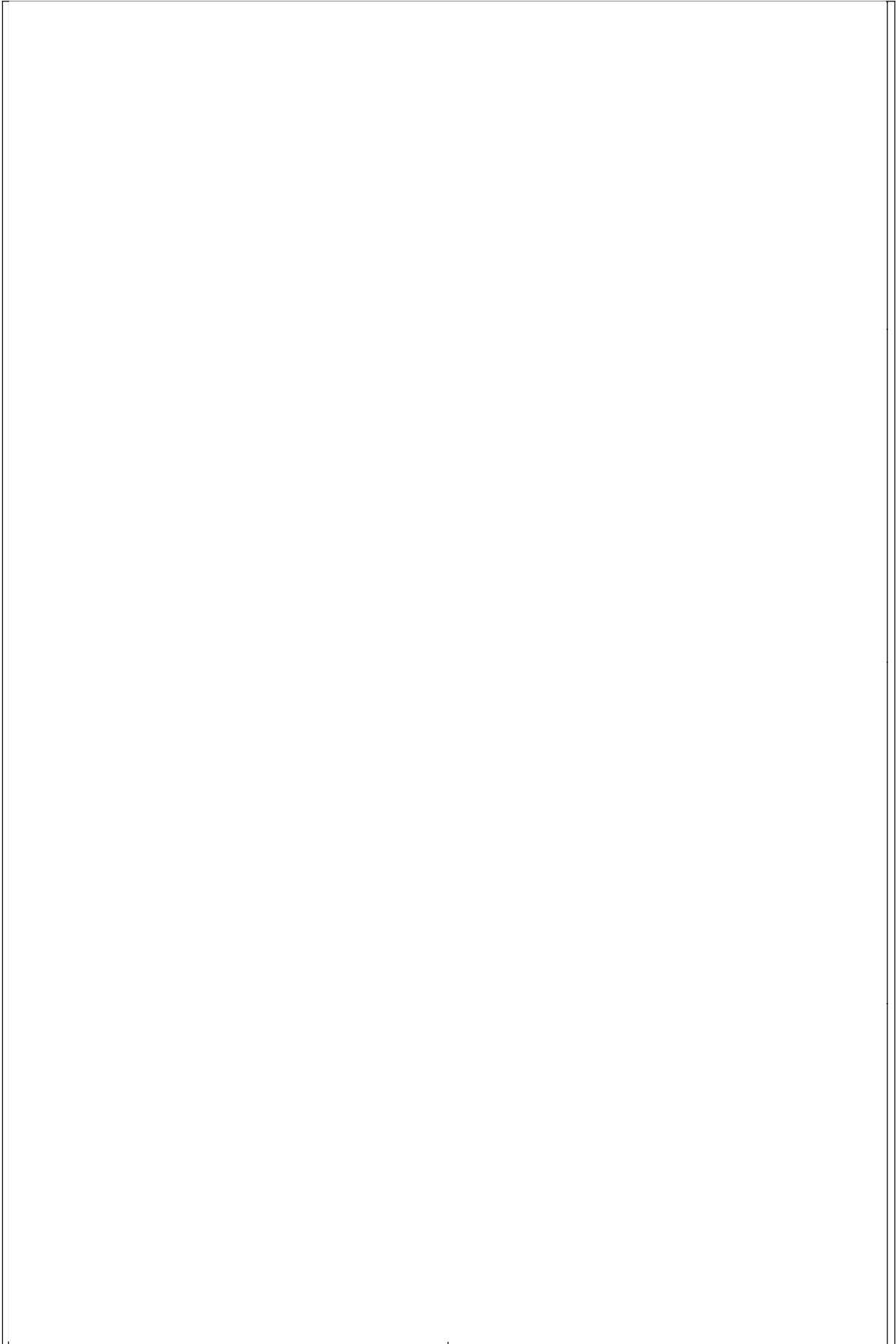


图 1-6 周边环境现状照片

1.6 原有核技术应用项目许可情况

(1) 许可情况

宁德时代新能源科技股份有限公司原有在用核技术利用项目环保手续履行情况：在用放射源见表 1.6-1，在用射线设备见表 1.6-2。宁德时代新能源科技股份有限公司于 2023 年 03 月 24 日完成辐射安全许可证重新申请（许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用 II 类、III 类射线装置），证书编号为闽环辐证【00330】，有效期至 2026 年 5 月 18 日（详见附件 3：辐射安全许可证）。

(2) 环保手续履行情况

宁德时代新能源科技股份有限公司原有核技术利用项目均已履行了环保手续，主要：

①2014 年 6 月委托编制《宁德时代新能源科技有限公司 50 台 85Kr 同位素测厚仪和 50 台 X 射线机项目环境影响报告表》，该报告于同年 7 月通过原宁德市环境保护局审批（宁市环监（2014）表 29 号）。

②2018 年 11 月委托福建闽冶环保科技咨询公司对宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台 X 射线工业数字断层扫描设备进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台 X 射线工业数字断层扫描设备项目环境影响报告表》，该报告于 2019 年 3 月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2019〕12 号）。

③2019 年 10 月委托福建闽冶环保科技咨询公司对宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台 X 射线工业 CT 机进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台 X 射线工业 CT 机环境影响报告表》，该报告于 2019 年 12 月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2019〕57 号）。

④2020 年 7 月委托福建闽冶环保科技咨询公司对宁德时代新能源科技股份有限公司

2台X射线断层检查仪（工业CT机）进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司2台X射线断层检查仪（工业CT机）环境影响报告表》，该报告于2020年10月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2020〕48号）。

⑤2020年8月委托福建闽冶环保科技咨询公司对宁德时代新能源科技股份有限公司7台X射线断层检查仪项目进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司7台X射线断层检查仪项目环境影响报告表》，该报告于2020年11月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2020〕56号）。

⑤2021年8月委托闽环（福建）环境科技有限公司对宁德时代新能源科技股份有限公司5台X射线断层检查仪（工业CT机）搬迁项目进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司5台X射线断层检查仪（工业CT机）搬迁项目环境影响报告表》，该报告于2022年1月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2022〕3号）。

⑥2021年10月委托厦门市庚壕环境科技集团有限责任公司对宁德时代新能源科技股份有限公司湖西厂区1台无损检测设备项目进行环境影响评价工作，并编制《宁德时代新能源科技股份有限公司湖西厂区1台无损检测设备项目环境影响报告表》，该报告于2022年4月通过福建省生态环境厅审批（闽环辐评〔2022〕18号）。

表 1.4-1 在用放射源环保手续履行情况

名称	种类	活度 (Bq)	类别	数量	使用场所	是否环评	是否验收	用途
Kr-85	放射源	1.11×10 ¹⁰	V					
Kr-85	放射源	1.48×10 ¹⁰	V					
Kr-85	放射源	1.85×10 ¹⁰	V					
Kr-85	放射源	4.625×10 ¹⁰	V					
Ni-63	放射源	3.7×10 ⁸	V					
Ni-63	放射源	7.4×10 ⁸	V					

表 1.4-2 在用射线设备环保手续履行情况

型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	数量	使用场所	是否环评	是否验收	备注
X 射线机	90	0.088	III					
v tome x m300	300	3.0	II					
GEphoenix tome x C450	450	3.3	II					
CT METROTOM 1500 225kV G3	225	3.0	II					
GeoScan 200 型	200	1.5	II					

- ①新增 X 射线机已完成登记，辐射安全许可证正在办理；
 ②宁德时代新能源科技股份有限公司 5 台 X 射线断层检查仪（工业 CT 机）搬迁项目正在搬迁，未投入使用。
 ③宁德时代新能源科技股份有限公司湖西厂区 1 台无损检测设备项目正在建设，未投入使用。

1.7 原有核技术应用项目辐射安全管理及防护情况

1、辐射安全防护管理机构

宁德时代新能源科技股份有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构（见附件4），并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以种晋为主要负责人，成员有刘子华、张宏、昌立鹏等。共同协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

2、辐射安全防护管理制度

公司已根据现有核技术应用情况制定了辐射安全防护管理制度，制度汇编详见附件5，制度汇编主要有：《测厚仪工作人员岗位职责》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射防护措施》、《安全记录》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《测厚仪辐射防护和安全保卫制度》、《测厚仪操作规程》、《X-RAY机操作规程》、《X射线检测系统操作规程》、《辐射装置检修维护制度》、《辐射工作场所监测制度》、《放射源台账管理制度》

3、辐射工作人员培训、个人剂量监测和职业健康监护档案情况

宁德时代新能源科技股份有限公司从事辐射工作人员人数137人，取得辐射安全培训合格证人数有137人，均在有效期内（见附件6）。

宁德时代新能源科技股份有限公司制定了《辐射工作人员个人剂量管理制度》，已为辐射工作人员配备了个人剂量计，由专人负责收集个人剂量计，目前委托厦门亿科特检测技术有限公司和福建省鑫龙安检测技术有限公司对辐射操作人员进行了个人剂量监测，监测频度为90天1次；间隔不超过2年安排辐射工作人员进行职业健康检查。个人剂量监测结果（见附件7）和个人职业健康检查报告均存档备案。

根据建设单位提供的个人剂量监测和职业健康监护档案，2022年6月~2023年5月辐射工作人员个人剂量结果和体检结果均未见异常。

4、辐射工作场所监测情况

在设备正常运行状态下，每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂量率进行监测，监测频次为1次/年，并将监测数据记录存档。根据已提交的2022年度辐射工作场所监测报告，辐射场所监测未出现超标情况。

5、辐射工作管理情况

宁德时代新能源科技股份有限公司已制定辐射事故应急预案（附件 8），并制定辐射应急演练计划，定期开展演练。据调查，宁德时代新能源科技股份有限公司使用的射线装置及射线源正常运行，未发生辐射事故。

综上所述，宁德时代新能源科技股份有限公司已根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，落实各项管理要求，现有在用核技术利用项目无存在环保问题。

1.8 环保投资

本项目工业 CT 机的环保设施及投资估算如下表所示：

表 1.8-1 环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）
工业 CT 机辐射安全设施	CT 机外壳及 X 射线舱均采用铅钢防护结构	1	设备自带
	辐射警告标志	1	
	工作状态指示灯	1	
	急停按钮	1	
	安全锁装置	1	
	固定式场所辐射探测报警装置	1	
其他	个人剂量片	3	1
	个人剂量报警仪	1	0.1
	便携式辐射剂量仪	1	0.5
	个人剂量片委托监测费用	/	2
	工业 CT 机周围委托监测费用	/	3
	辐射安全培训费用	/	4
	个人体检费用	3	2
	制度上墙	/	0.5
环境影响评价及竣工环保验收费用	/	4.5	
合计			17.6

本项目总投资 元，其中环保投资 万元，占总投资的 4.03%。今后在项目实践过程中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施作补充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表 2 放射源基本情况

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线检测系统	II类	1	FF35 型	225 (190)	3.0	成品电芯内部异常	工程中心 E21 栋 1 层 CT 室	固定式探伤机 (定向式)

(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 (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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	通风排放	排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日实施；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），2021 年 1 月 1 日实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修正版）生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(9) 《放射工作人员职业健康管理办法》，2007 年 11 月 1 日；</p> <p>(10) 《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，2019 年 12 月 23 日；</p> <p>(11) 《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>(12) 《关于发布《射线装置分类》的公告》，环境保护部，2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(13) 《产业结构调整指导目录》（2019 年本），2019 年 10 月 30 日发布，2020 年 1 月 1 日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单（GBZ/T250-2014/XG1-2017）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 本项目委托书；</p> <p>(2) 《辐射防护技术与管理》（张丹枫赵兰才编著）第一卷；</p> <p>(3) 宁德时代新能源科技股份有限公司提供的本项目相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本次新增的工业 CT 机放置于宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 E21 栋厂房 1 层 CT 室，运行过程中主要为电离辐射对周围环境的影响。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）中的相关要求，“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）。”本项目为使用 II 类射线装置，且本项目工业 CT 机自带屏蔽体并建有 CT 室。因此，本项目评价范围为 CT 室外 50m 范围，评价范围见图 1-2。

7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查，本项目 CT 机实体屏蔽墙体外周边 50m 范围内无学校等环境敏感区域，职业工作人员为本项目操作人员，公众人员包括周边生产人员及偶尔路过或停留的其他非辐射工作人员。

根据对本项目周围环境的调查，本项目评价范围内的环境保护目标具体见表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目主要环境保护目标一览表

序号	场所	保护目标	方位及距离	人数(人)	管理限值 (mSv/a)
1	CT 机室	辐射工作人员	本项目	2	5
2	车间过道	公众	CT 室东侧，紧邻	流动人群	0.25
3	车间过道	公众	CT 室南侧，紧邻	流动人群	
4	预留间	公众	CT 室西侧，紧邻	2	
5	车架分析室 2	公众	CT 室北侧，紧邻	3	
6	车架分析室 1	公众	CT 室北侧，10.9m	3	
7	Pack 冷冻室	公众	CT 室北侧，20.9m	2	
8	振动测试实验室	公众	CT 室东侧，3m	2	
9	车架周转仓	公众	CT 室西北侧，5.8m	流动人群	
10	卸货区	公众	CT 室东北侧，23.2m	流动人群	
11	正上方预留实验室	公众	CT 室正上方，6m	3	
12	厂区过道	公众	E21 东侧	流动人群	
13	厂区过道	公众	E21 南侧	流动人群	
14	锅炉房	公众	CT 室南侧，22.7m	2	
15	污水处理站	公众	CT 室东侧，35.4m	2	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

第 4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊

情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 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。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv。

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

表 7.3-1 本项目辐射环境影响评价标准单位： mSv/a

对象	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，则某一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

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。

6.4.1.2 确定控制区的边界时，应考虑预计的正常照射的水平、潜在照射的可能性

和大小，以及所需要的防护手段与安全措施的性质和范围。

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。

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/a~0.3mSv/a）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。

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 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，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；

- f) 螺栓等连接件是否连接良好;
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求:

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行;
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测;
- c) 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;
- d) 应做好设备维护记录

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 对公众场所, 其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$;

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

6.2.2 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。

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。

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。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) 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。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改单

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。探伤室屏蔽要求如下：

3.1.1 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_e 和导出剂量率参考控制水平（ H_{e-d} ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考水平 H_e 如下：

职业工作人员： $H_e \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众： $H_e \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$

2) 相应 H_e 的导出剂量率参考控制水平 H_{e-d} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 按式 (1) 计算

$$H_{e-d} = H_e / (t * \mu * T) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

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

μ ——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使用因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 ($\text{h}/\text{每周}$)。

t 按式 (2) 计算：

$$t = W / (60 * I) \dots\dots\dots (2)$$

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积量“ $\text{mA} * \text{min}$ 值”）， $\text{mA} * \text{min}/\text{周}$ ；

60——小时与分钟的换算系数；

I——X 射线探伤装置在最高管电源线的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

b) 关注点最高剂量参考控制水平 $H_{e, \max}=2.5\mu\text{Sv/h}$

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_e 为上述 H_{e-d} 和 $H_{e, \max}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上分已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物的自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 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的关注点的剂量率总和，应按 3.1.1 c) 的剂量率参考控制水平 H_e ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 对不需要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以取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目相关限值采用标准见表 7.3-2。

表 7.3-2 本项目相关标准限值

项目	内容	相关限值	标准名称
连续 5 年的年平均有效剂量限值	辐射工作人员	20mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
年有效剂量限值	非辐射工作人员	1mSv	
管理限值	辐射工作人员	5mSv/a	辐射工作人员取连续 5 年年平均有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
	非辐射工作人员	0.25mSv/a	非辐射工作人员取年有效剂量限值的 1/4 作为管理限值
剂量率参考控制水平	探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)
	对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	
剂量率参考控制水平	探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)，2023 年 3 月 1 日实施
	对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶表面 30cm 处剂量率控制值	$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	

表 8 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地的辐射环境质量现状，厦门市庚壕环境科技集团有限责任公司委托福建省鑫龙安检测技术有限公司于 2023 年 7 月 17 日对本项目工作场所及其周围环境进行 γ 辐射剂量率背景水平调查。

8.1 环境现状监测点位、监测因子

(1) 监测点位

本项目工业 CT 机所放置位置、CT 室周边及厂房外道路。监测点位见图 8-1 和图 8-2。

(2) 监测因子

X 射线： γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2 监测方案、质量保证措施

1、监测方案

①监测时间及环境条件监测单位：福建省鑫龙安检测技术有限公司；监测时间：2023 年 7 月 17 日；监测环境条件：温度 31.°C，湿度 65.7%RH。

②监测方法：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2021）

③监测仪器：X、 γ 剂量率仪。

本次现状监测使用的仪器参数见表 8.2-1，该仪器由湖北省计量测试技术研究院检定校准。

表 8.2-1 环境现状监测仪器及参数

项目	参数
仪器名称	X、 γ 剂量率仪
仪器型号	AT1121
量程	($1.0 \times 10^{-6} \sim 1$) Gy/h
相对固有误差	-1.8%
检定/校准单位	上海市计量测试技术研究院
检定/校准证书编号	2022H21-20-4063181002
有效期限	2022 年 8 月 16 日至 2023 年 8 月 15 日

2 质量保证措施

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性；
- ②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；
- ③监测仪器已经计量部门检定，检定合格，并在检定有效期限内；
- ④每次测量前后均检查仪器的工作状态是否良好；

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

⑥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。

8.3 监测结果

宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 E21 栋 CT 室及其周边监测结果见表 8.3-1（检测报告见附件 9）。

表 8.3-1 CT 室及周边剂量当量率背景监测结果

序号	监测地点	监测平均值 (nGy/h)	监测工况
1	射线装置拟安装位置		背景监测
2	东侧车间过道		
3	南侧车间过道		
4	西侧预留间		
5	北侧车架分析室 2		
6	北侧车架分析室 1		
7	北侧 Pack 冷冻室		
8	东侧振动测试实验室		
9	西北侧车架周转仓		
10	东北侧卸货区		
11	E21 东侧厂区过道		
12	E21 南侧厂区过道		
13	E21 南侧锅炉房		
14	E21 东侧污水处理站		
15	正上方 2L 预留实验室		

由表 8.3-1 的监测结果可知，宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 E21 栋 CT 室及其周边 γ 辐射空气吸收剂量率在 $\quad\quad\quad$ nGy/h 之间，参考《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），福建省室外环境 γ 辐射剂量率水平在 39.4~399.1nGy/h 之间，室内环境 γ 辐射剂量率水平在 70.9~351.7nGy/h 之间。对比表明，项目选址周围的环境 γ 辐射剂量率在该调查水平范围内，建设项目场所环境 γ 辐射现状未见异常。




图 8-1CT 室及其周边检测点位示意图

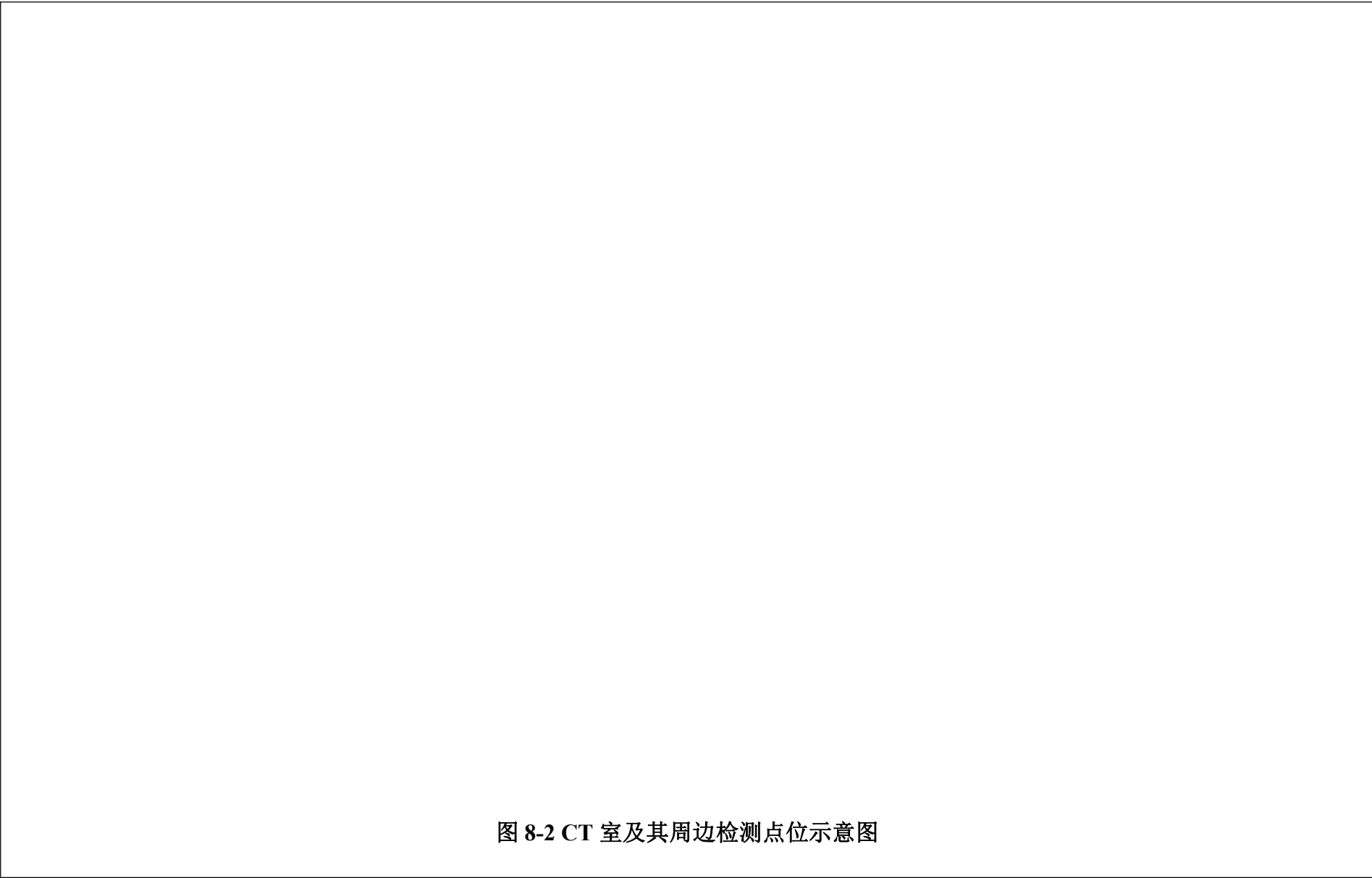


图 8-2 CT 室及其周边检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

1、设备结构组成

本项目新增的 1 台设备型号为 FF35 型，由依科视朗国际有限公司生产，配置两个射线管，分别为管电压 225kV 和管电压 190kV，最大管电流 3mA，设备主要由微焦点 X 射线源、微焦点 X 射线源、数字平板探测器、扫描机械平台、安全防护外罩、上下料托盘、自校准装置、计算机工作站、扫描及重建软件、其他软件构成，外形设备长 2995.5mm，宽 1590mm，高 1880mm，设备组成见表 9-1。



图 9-1 X 射线检测系统设备效果图

表 9.1-1 设备功能和基本组件

序号	系统名称	设备	作用
1	微焦点 X 射线源	定向式微焦点 X 射线管	提供高品质高分辨率 X 射线
2	数字平板探测器	高对比度实时平板探测器	支持探测器校正，有效确保探测器长期运行过程中图像质量的稳定及使用寿命
3	扫描机械平台	高精度转台、精密机械轴承与直线导轨	确保运动的定位精度与传动平稳准确性
4	安全防护外罩	铅-钢夹层、安全防护装置	采用全防护设计，确保设备外表面辐射剂量率 $\leq 1.0\mu\text{Sv/h}$ ，安全防护装置全方位保证操作人员的安全，集成标准隔振系统，确保系统运行稳定性。
5	上下料托盘	上下料托盘	用精密定位机构，直接精确对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料
6	自校准装	几何校准器及轴校准器	快速自校准 X 射线源、旋转中心及探测器相对几

	置		何关系以及转台轴，确保 CT 系统测量精度的长期稳定性及可靠性
7	计算机工作站	液晶显示器、电脑	安装扫描及重建软件、测量及分析软件，以满足 CT 扫描、图像重构、测量分析及报告输出等全方位操作要求。
8	扫描及重建软件	扫描及重建软件	Geminy 系统软件满足实时 CT 扫描及图像重建等多任务要求。
9	其他软件	分析软件、统计分析软件	实现对测量数据的有效运用

X 射线检测系统（工业 CT 机）设备技术参数见表 9.1-2。

表 9.1-2 设备基本技术参数

设备型号
用途
设备尺寸
上料门尺寸
设备自屏蔽
最大管电压和最大管电流
成像方式
射线源与探测器距离 (mm)
主束方向
射线锥束角

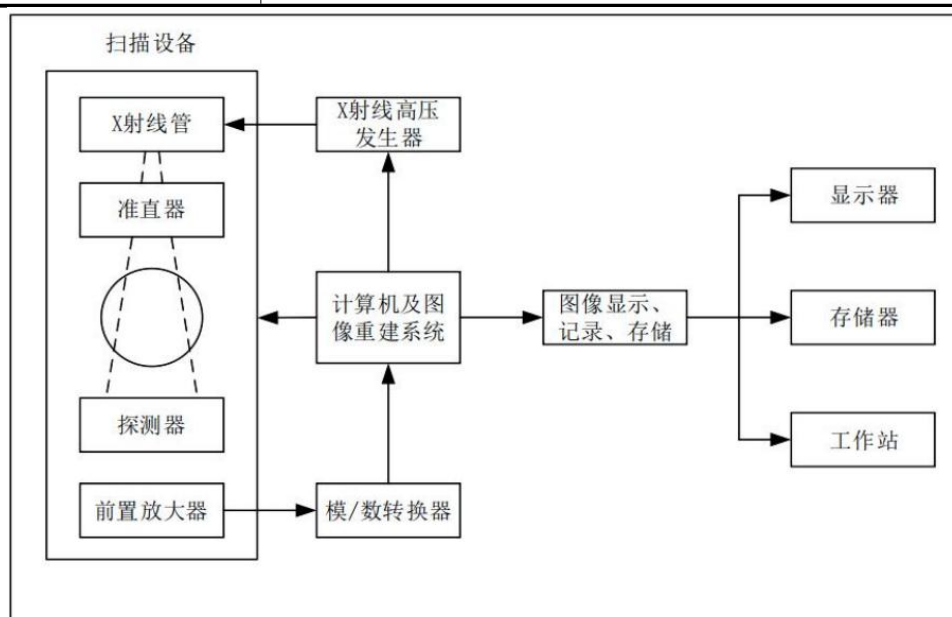


图 9-2 X 射线检测系统系统组成示意图

2、工作原理

X 射线检测系统基本工作原理为：X 射线管中的电子束轰击阳极靶产生 X 射线，经准直器准直后，窄束 X 射线射向工件进行分层扫描，X 射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时 X 射线束从各个方向对被测工件的断面进行扫描，位于对侧相对位置的探测器接收透过断面的 X 射线，然后将这些 X 射线信息转变为电信号，再由模拟/

数字转换器转换为数字信号输入计算机进行处理，最后由图像显示器用不同等级的灰度等级显示出来。由于被测工件不同部位及缺陷处的原子序数及密度等均会有差异，因此 X 射线在穿过被测工件时的减弱也会有不同，X 射线检测系统可给出工件任一平面层的图像，可以发现平面内任何方向分布的缺陷，具有不重叠、层次分明、对比度高和分辨率高等特点，可准确定位缺陷的位置和性质。

本项目工业 CT 机设置两个射线源，分别是管电压 225kV 和管电压 190kV，两个射线源可移动，根据待测物件的尺寸，选取适合的射线源，通过设置设备参数，将屏蔽体内的射线源管移动至固定射线出射位置，再进行扫描工作。

3.工艺流程及产污环节

本项目使用的 X 射线检测系统主要用于产品质量检测。其工艺流程示意图见图 9-3。

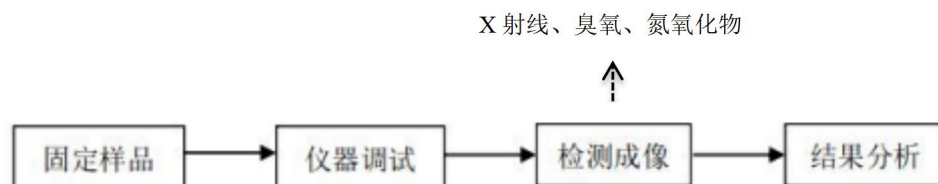


图 9-3 X 射线检测系统工艺流程

本项目整个无损探伤检测过程由设备自动进行，设备开机期间工作人员在设备操作台上进行监控。具体过程为：

开启设备：①开机。进行产品检测前，操作人员需检查电源连接是否正常、检查所有屏蔽设施是否正常，确认无异常后依次打开电源开关和钥匙开关。②设备初始化。

设备调试：在操作台前按操作规程操作工业 CT 机，检查设备真空状态，各部件初始化，设备校准，根据工件的具体情况对系统的各项参数进行设置，移动待检工件到检测位置。

固定样品：放入受检工件。探伤作业人员打开防护门，将待检工件固定于 CT 机的转台托盘内关好屏蔽门。

仪器调试、测试成像：曝光，打开 X 射线，工业 CT 机开始对工件进行检测，X 射线束从固定方向对被测工件的断面进行扫描，被测工件可旋转各个角度，检测时间大约 5min~15min；此环节产生 X 射线，少量臭氧及氮氧化物。

结果分析：①保存图片，处理图像堆栈；②检测结束后，操作人员切断电源，关闭

X 射线设备，打开防护门，取出被检工件，继续进行下一个工件的检测工作。

本项目采用数字成像技术，不产生废显（定）影液及废胶片，在工作过程中主要产生的污染物为 X 射线及极少量的臭氧和氮氧化物。

9.2 污染源项描述

1、建设阶段的污染源项

本项目在厂房内现有 CT 室内布置工业 CT 机，CT 室为采用厚度 200mm 的砖瓦砌成，且工业 CT 机自带铅屏蔽体，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

2、运行阶段污染源项

（1）正常工况

①放射性污染

根据 X 射线检测系统的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的 FF35 型 X 射线检测系统只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，而 X 射线可以得到屏蔽室的有效屏蔽。但由于 X 射线的直射、反射及散射，可能有衰减后的射线对外部的工作人员和周围公众产生辐射影响，影响途径为 X 射线外照射。

②非放射性污染

本项目 FF35 型 X 射线检测系统工作时最大管电压为 225kV，依据 0.6kV 以上的 X 射线能使空气电离，会产生少量臭氧和氮氧化物，因此该项目运行时室内将产生少量的臭氧和氮氧化物，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。

③其他污染

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

（2）事故工况

FF35 型 X 射线检测仪设备可能发生最大概率辐射事故主要有以下几个方面：

①X 射线装置在对工件进行 X 射线检测时，人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X 射线泄露使工作人员受

到不必要的照射。

②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。此时工作人员应立即关闭电源，防止事故的发生；

③设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启 X 射线发生器，使检修人员受到意外照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

1. 工作场所布局和分区

本项目使用的工业 CT 机自带铅屏蔽体，操作台位于铅屏蔽体外侧；按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，为了便于辐射防护管理和职业照射控制，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范围，将辐射工作场所分为控制区和监督区。控制区和监督区见图 1-5。

控制区：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：应将下述区域设定为监督区：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。

由于本工业 CT 机自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：工业 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，CT 室内区域划为监督区。

工业 CT 机控制区密封在钢结构材料内部，无法进入，控制区边界采用门机联锁装置并设置电离辐射警示标志和工作状态指示灯；监督区无需专门的防护手段或安全设施，但需要对职业照射条件进行监督，X 射线检测系统出束状态下禁止无关人员进入监督区，并在该入口处悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置标明监督区的标牌。

参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对工业 X 射线探伤项目的辐射防护要求，由以上分析可知，该项目固有的辐射防护设施以及公司拟为该项目落实的防护措施较全面和完善，符合相关要求。

2. 辐射防护屏蔽设计

本项目 FF35 型 X 射线检测系统的结构采用钢铅钢三明治防护结构实现完全屏蔽防护设计。该工业 CT 机的辐射源（X 射线发生器）安装在一个全密封的自屏蔽壳内。内层为铅板，外表层为钢板，本评价保守仅考虑铅板厚度，屏蔽铅板厚度在 12mm~18mm 铅当量，能有效降低设备运行对周围环境造成的辐射影响。具体各侧铅屏蔽体的屏蔽防护设计详见表 10.1-1。CT 机剖视图见图 10-1 所示。

表 10.1-1 本项目 X 射线检测系统自带铅屏蔽体的辐射防护屏蔽设计一览表

序号	位置	屏蔽防护设计	
		设计情况	屏蔽铅当量
1	铅屏蔽体	前侧	
		前侧（操作门）	
3		左侧（主射方向）	
4		后侧	
5		右侧	
6		上侧	
7		下侧	

注：①根据建设单位提供，铅屏蔽体为钢板+铅板结构，本次评价取内衬铅板厚度作为屏蔽体铅当量，不计钢板屏蔽效果。

(1) 门—机联锁机制

自动防护门操作系统控制开关，带有安全联锁功能，防护门在打开或者没有关到位的情况下，X 射线装置无法出束进行检测作业。关上防护门后高压电源仍不会自动打开，需人工开启高压电源，在开启 X 射线。

(2) 急停按钮和控制锁

设备上设有钥匙开关（钥匙是专人负责管理的）、急停按钮（操作台一处、设备一处）和主开关，只有钥匙开关和主开关启动后，设备才能启动，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行。若工作时突发情况，可按下急停按钮，将立即停止 X 射线工作。

(3) 警告标志及工作状态指示灯

该设备自带有一个工作警示灯，舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。舱门关闭后，橙色警示灯开始闪烁。在此期间，辐射仍然保持关闭状态，一旦打开 X 射线，内部的红色警示灯就会亮起红色。

(4) 通风装置

防护铅房内采取底部自然进风，后部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才排出，最大程度上避免射线泄露。防护厚度均为 14mm 铅板。典型工况下单个风扇排风量为 15m³/h，系统配置一个风扇，每小时换风 5 次。

(5) 操作台

设备操作台连接屏幕设有 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设定值显示装置。且操作台与安全联锁机制接口，当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。

(6) 视频监控设施

设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

3.工作场所辐射安全和防护

(1) 设备自带防护

①该设备自带有一个工作警示灯，舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示，并且警示灯串在安全回路里，如警示灯故障，射线不能启动。舱门关闭后，警示灯开始闪烁，在此期间，辐射仍然保持关闭状态，一旦打开 X 射线，警示灯就会亮起红色。

(2) 监测设备

①公司拟配备一台便携式剂量仪，对正在工作的工业 CT 机进行剂量率监测，以确认工业 CT 机是否正常工作。

②CT 机设备间拟配置一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在工作的工业 CT 机的操作室场所进行实时监测，确保操作室剂量率正常。

(3) 人员防护

①建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

②必须对职业人员进行个人剂量监测，对工作人员个人照射的累积剂量进行监测。各项规章制度、操作规程和应急处理设施应制定完善，严格按照相关规定操作。

(4) CT 室防护

CT 室门口上拟设置工作状态指示灯，并且 CT 室外设有电离辐射警告标识和中文警示说明。

10.2 辐射安全和防护分析

为分析本项目工业 CT 机的辐射防护性能，根据宁德时代新能源科技股份有限公司提供的设计资料，将本项目工业 CT 机的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的技术要求对照，具体见表 10.2-1。

表 10.2-1 工业 CT 机辐射防护措施符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目方案	符合情况
6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避免有用线束照射的方向并应与探伤室分开。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	本项目操作位设置于 CT 检测室，设备放置于 CT 设备间，且操作位位于 CT 机的右侧，避开有用线束方向（有用线束右→左）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	符合

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。	本项目按 GB18871 的要求对工作场所进行分区管理,工业 CT 机周边 30cm 范围内设为控制区,工业 CT 机 30cm 外的 CT 机设备间设为监督区,实行分区管理。	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。	本项目工业 CT 机设备防护门设有门-机联锁装置,当防护门未全部关闭时不能开机曝光。且控制柜与安全联锁机制接口,当防护门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压。	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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明	该设备自带有一个工作警示灯,舱门关闭和射线工作时均有相应的声光报警和警示灯提示,并且警示灯串在安全回路里,如警示灯故障,射线不能启动。舱门关闭后,警示灯开始闪烁。在此期间,辐射仍然保持关闭状态,一旦打开 X 射线,内部的红色警示灯就会亮起红色;CT 室门口上设有工作状态指示灯。	符合
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。	设备设有监视器,连接操作台,用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	符合
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 CT 室门口设有电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
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 机内部人员无法进入,CT 机外部于操作位及机体各设置一个急停按钮,出现紧急事故时,能立即 CT 机电源,确保停止照射。	符合
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 机配置两个风扇,每小时通风换气次数 5 次,每小时通风换气次数不少于 3 次。通风口位置位于设备顶部,且通风口设有铅板防护。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	操作室拟配置一台固定式场所辐射探测报警装置,对正在工作的工业 CT 机的操作室场所进行实时监测,确保操作室剂量率正常。	符合
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。	建设单位已制订详细的操作规程并进行内部培训,明确要求在使用射线装置前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。	符合
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。	建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪,工作人员在进行工作时,正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪	建设单位已制订详细的操作规程并进	符合

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。	行内部培训，明确交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作，如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，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。	建设单位已制订详细的辐射防护制度，在工业 CT 机工作期间，辐射工作人员均已正确使用佩戴个人剂量片。	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 机设备设有防护门，人员无法进入。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。	符合

10.2 三废的治理

扫描过程产生少量臭氧、氮氧化物，设备配置风扇，操作室内安装有空调和通风装置，在工作期间保持开启。因此，只要室内的空气保持清新和流通，由 CT 机内部产生的少量臭氧不会对室内环境造成影响。

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

图 10-1 FF35 型 X 射线检测系统剖面示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目使用的工业 CT 机（型号为 FF35 型）自带铅屏蔽体，CT 室采用厚度 200mm 的砖瓦搭建，且工业 CT 机自带铅屏蔽体，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 机（型号为 FF35 型），设有两个射线管，分别为管电压 225kV 和管电压 190kV，因设备自带屏蔽体，且工业 CT 机在工作时，射线管距离屏蔽体各侧距离始终不变，故本评价选取最大管电压 225kV，最大管电流 3.0mA 进行分析。设备基本工作参数见表 11.2-1。射线管距离 CT 机各侧距离见表 11.2-2。

表 11.2-1 工业 CT 机工作参数

设备型号	FF35 型
最大管电压, kV	
最大管电流, mA	
X 射线机光电管正常工作时的电压范围, kV	
X 射线机光电管正常工作时的电流范围, mA	
每次检测 X 射线的出射时间, h/次	
每个工件的检测次数, 次/件	
每天检测工件的时间, 小时/日	
周工作天数, 天/周	
年工作天数, 天/a	
最大扫描区域	

表 11.2-2 本项目工业 CT 机 X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	前侧	
2	前侧（操作门）	
3	左侧（主射方向）	
4	后侧	
5	右侧	
6	上侧	
7	下侧	

11.2.1 辐射环境影响分析

1、辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算

本项目使用的工业 CT 机（型号为 FF35 型），最大管电压为 225kV，最大电流为 3.0mA，建设单位提供的每天工作的时间为 8h，8h 里面包括放置件、设备自检、X 射线

出束、扫描结果分析及其他准备时间，其中 X 射线出束时间 2~3h，以 3h（最大计）。配置 2 人操作，操作位设置于设备右侧。为分析预测工业 CT 机投入运行后所引起的辐射环境影响，本项目选用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中计算方法进行理论计算。本项目 CT 机为定向机，主射方向固定朝左照射（从机台正面看），该方向按照有用射束进行预测计算，其他方向考虑泄漏辐射和散射辐射。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）“4 探伤室辐射屏蔽估算方法”并结合本项目情况及特点对屏蔽防护体的屏蔽效果进行计算。本项目计算取电流为 3.0mA，电压为 225kV，建设单位提供的设备每周出束时间为 15h。

工业 CT 机所在 CT 室平面布置情况见下图：

图 11-1 工业 CT 机的摆放位置图

(1) 关注点剂量率参考控制水平的确定

①人员在关注点的周剂量参考水平 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取屏蔽体表面 30cm 处作为关注点，计算公式如下：

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

式中：

$\dot{H}_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平。

H_c —周剂量参考控制水平，单位为微希每周 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)，本项目周剂量控制水平辐射工作人员取 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众取 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ （每年按 50 周计算，辐射工作人员和公众对应的年有效剂量限值分别为 5mSv 、 0.25mSv ）。

t —X 射线装置周照射时间，单位为小时每周 ($\text{h}/\text{周}$)。本项目每天工作的时间以 2-3h，以 3 小时计，操作人员每周工作 5 天，计算得 $t=15$ 。

U —使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；本项目射线固定朝左（右→左），因此左侧使用因子取 1，右侧使用因子取 1/16，前侧、后侧、上侧、下侧使用因子均取 1/4。

T —居留因子：人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析，本工业 CT 机在放置工件后，在操作台进行操作，因此右侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；前侧、后侧、左侧、上侧、下侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4；

③关注点最高剂量参考控制水平 $H_{c, \max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$

④关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{c, \max}$ 二者的较小值

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-2 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	U	T	H_c ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	t ($\text{h}/\text{周}$)	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	\dot{H}_c ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	剂量率控制要求 / $\mu\text{Sv}/\text{h}$
前侧	1/4	1/4	100	15	106.67	2.5	2.5
前侧（操作门）	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
左侧（主射方向）	1	1/4	100		6.67	2.5	2.5
后侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
右侧	1/16	1	100		426.67	2.5	2.5
上侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5
下侧	1/4	1/4	100		106.67	2.5	2.5

（2）工业 CT 机周围关注点的剂量率估算

本项目工业 CT 机射线固定朝左（右→左），因此本评价主束方向仅考虑左侧。因下侧无人员，故本评价仅考虑上侧、右侧、前侧、后侧泄漏辐射和散射辐射。

①屏蔽透射因子

对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 计算公式如下：

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-2)$$

式中： X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—半值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，因本项目最大管电压为 225kV，本评价采用内插法计算 X 射线在铅中半值层取值，TVL=2.15mm。

计算可得各侧屏蔽投射因子，见表 11.2-3。

表 11.2-3 关注点剂量率参考控制水平计算结果

关注点	X/屏蔽物质厚度	TVL/半值层厚度	B/屏蔽透射因子
前侧			
前侧（操作门）			
左侧（主射方向）			
后侧			
右侧			
上侧			

②有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的辐射剂量率按下式计算：

$$\text{有用线束：}\dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B) / (R^2) \quad (11-3)$$

式中：

\dot{H} —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取最大管电流为 $I=3.0\text{mA}$ 。

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，因本项目 FF35 型 CT 机辐射源点与靶点距离超过 1m，本评价保守按 1m 评价。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，内插法计算得本项目 CT 机距辐射源点（靶点）1m 处输出量 H_0 为 $6.84 \times 10^5 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子； $B=3.08 \times 10^{-7}$ 。

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体右侧表面 30cm 处作为关注点。

则设备主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-4。

表 11.2-4 设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I (mA)	B	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率控制要求/ $\mu\text{Sv/h}$	评价
左侧	3.0					2.5	满足

③泄漏辐射

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量率按下式计算

$$\dot{H} = (\dot{H}_L \cdot B) / R^2 \quad (11-4)$$

式中：

\dot{H} —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

B—屏蔽透射因子，按公式 11-2 计算

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体上侧、右侧、前侧、后侧表面 30cm 处作为关注点。

\dot{H}_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。根据 GBZ/T 250-2014 表 1，本项目最大管电压 225kV，则本项目 $\dot{H}_L=5 \times 10^3$ 。

④ 散射辐射

射线机有用线束经过工件 90° 散射后，散射线最高能量低于入射 X 射线的最高能量（225kV），偏保守分析取散射后的 X 射线能量为 200kV。

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关心点的泄漏辐射剂量 \dot{H} 按下式计算

$$\text{散射辐射: } \dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-5)$$

\dot{H} —关注点剂量率参考控制水平，单位是 $\mu\text{Sv/h}$ 。

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目取最大管电流为 3.0mA。

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，因本项目 FF35 型 CT 机辐射源点与靶点距离超过 1m，本评价保守按 1m 评价。根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，内插法计算得本项目 CT 机距辐射源点（靶点）1m 处输出量 H_0 为 $6.84 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

B—屏蔽透射因子，按公式 11-2 计算。

R_s —散射体至关注点的距离，单位是 m，本项目关注点的取值：考虑工件大小及最不利情况， R_s 可参照公式（11-2）中的 R 取值，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体右侧、前侧、后侧表面 30cm 处作为关注点。

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）。本设备 $R_0=0.46\text{m}$

F— R_0 处辐射野面积，单位是 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 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质

的 α 值时,可以水的 α 值保守估计,见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.3。根据附录 B 表 B.3, 本设备 α 取值 0.0475。

本项目 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 20° , 则 $\frac{F^*\alpha}{R_0^2}=0.0252$ 。

设备外表面 30cm 处非有用线束辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果分别见表 11.2-5。

表 11.2-5 关注点剂量率估算结果

参数		前侧	前侧(操作门)	后侧	右侧(操作位)	上侧
屏蔽层铅当量 (mm)						
泄 漏 辐 射	B					
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)					
	R (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
散 射 辐 射	散射线能量 (kV)					
	B					
	I (mA)					
	H_0					
	$\frac{F^*\alpha}{R_0^2}$					
	R_s (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射辐射复合作用($\mu\text{Sv/h}$)						
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

由表 11.2-4 和表 11.2-5 的预测结果可知, 本项目工业 CT 机左侧(主束射线方向)辐射剂量率为 $\mu\text{Sv/h}$, 工业 CT 机前、后、右、上侧屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率最大为 $\mu\text{Sv/h}$ 。

综上所述, 关注点满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求, 同时也满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中要求的“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。

(3) 年附加有效剂量估算

年附加有效剂量估算

$$H=Dr \cdot t \cdot T / 1000 \quad (11-5)$$

式中：

H—X、 γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

Dr—为参考点处剂量率， μ Sv/h。

t—X 射线装置周照射时间，单位为小时每周（h/a）。本项目每天工作的时间以 2-3h，以 3 小时计，配置 2 人操作，操作人员每周工作 5 天，年工作 300 天，本评价保守按人均均为 900h 工作时间计，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，参考人员在辐射场所周围的实际驻留位置取值；根据人员在不同场所逗留的时间长短，取不同的居留因子，其中辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）北侧车架分析平台 2、车架分析平台 1 和 Pack 冷冻间，西侧预留实验室，南侧锅炉房，东侧振动测试实验室和厂区污水处理站，正上方 2 楼预留实验室居留因子取 1；东北侧为卸货区和西北侧车间周转区域居留因子取 1/4；南侧通道和东侧通道居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。CT 室下方无人员居留，不做分析。

本项目保守不考虑距离衰减和 CT 设备室墙体屏蔽，在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-7 关注点剂量率参考控制水平计算结果

人员	参考点位	相对方位	与射线源距离 (m)	参考点剂量率 (μ Sv/h)				时间 (h/a)	居留因子	年附加剂量 (mSv/a)	约束值 (mSv/a)
				有用线束	泄漏辐射	散射辐射	合计				
职业人员	CT 机操作台	CT 机右侧								5	
	预留间	CT 机左侧								0.25	
公众人员卸货区	车架分析室 2	CT 机后侧								0.25	
	车架分析室 1	CT 机后侧								0.25	
	Pack 冷冻室	CT 机后侧								0.25	
	振动测试实验室	CT 机右侧								0.25	
	正上方预留实验室	CT 机上侧								0.25	

车架周转仓	CT 机左侧、后侧	0.25
卸货区	CT 机右侧、后侧	0.25
污水处理站	CT 机右侧	0.25
锅炉房	CT 机前侧	0.25
车间过道	CT 机右侧	0.25
车间过道	CT 机前侧	0.25
厂区道路	CT 机右侧	0.25
厂区道路	CT 机前侧	0.25

根据表 11.2-7 本项目 CT 机对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.25 mSv ，公众人员最大年附加有效剂量为 0.25 mSv 。

因此本项目 FF35 型 CT 机投入使用后辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20 mSv 和公众人员年有效剂量限值 1 mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5 mSv/a 和公众人员管理限值 0.25 mSv/a 的要求。

2.三废治理措施后的环境影响分析

工业 CT 机在运行过程中，X 射线管加高压轰击靶材料而产生 X 射线。在此过程中，X 射线会电离空气产生少量的臭氧和氮氧化物，从而对周边环境产生一定的影响。由于 X 射线工业 CT 检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气，另扫描房安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

本项目不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物，无感光材料废物产生及其他废气产生。

11.3 事故影响分析

根据可能发生的辐射事故，本项目采取的预防措施如下：

表 11.3-1 事故预防措施表

事故工况	采取措施
<p>①X射线装置在对工件进行X射线检测时，人为解除门机联锁装置或门机联锁装置发生故障，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，X射线泄露使工作人员受到不必要的照射。</p>	<p>本项目工业CT机实施严格管理制度，使用过程中定期检查和维护联锁系统、剂量报警装置及安全保障系统。 定期进行人员培训，操作人员持证上岗，严格按照操作规程进行运行操作，并佩戴个人剂量片，且要求每次开机前须确认联锁系统工作正常，才能进行开机运行。 操作室内有固定式场所辐射探测报警装置，如果设备事故导致剂量超标，固定式场所辐射探测报警装置剂量报警装置就会报警，操作人员通过操作位急停按钮立即停机，切断高压或关闭电源，并组织有关人员进行维修。</p>
<p>②由于设备故障，控制系统失效，人为事故等原因引起意外照射。</p>	<p>本项目工业CT机只有在通电的情况下才有X射线发出，在发生事故时可立即断电，停止射线产生。</p>
<p>③设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启X射线发生器，使检修人员受到意外照射。</p>	<p>本项目工业CT机设有急停按钮，可立即切断高压或关闭电源，在进行维修。</p>

综上所述，项目拟采取的防护措施可预防事故情况发生，避免人员受到不必要的照射。

11.4 退役对环境的影响

本次评价项目退役时，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，2011年）相关规定，使用I类、II类、III类放射源的场所，生产放射性同位素的场所，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》确定的甲级、乙级非密封放射性物质使用场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。

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

1.辐射安全与环境保护管理机构

宁德时代新能源科技股份有限公司已成立了辐射安全与环境管理机构（见附件 4），并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以种晋为主要负责人，成员有刘子华、张宏、昌立鹏等，并明确了相应的职责，协作负责辐射安全与防护工作的具体组织、协调、督查与指导；负责拟定辐射防护工作计划和实施方案，制定相关工作制度并组织实施；建立辐射工作人员的辐射防护档案与健康监护档案；定期对辐射安全与防护工作进行督查，确保不发生辐射安全事故。

领导小组职责：

（一）组长职责：领导整个应急工作，协调各部门的工作，为应急工作提供资金保障。并向当地环保、卫生、公安等主管部门报告。

（二）副组长职责：配合组长工作，当组长不在时，行使组长权利。

（三）救护职责：当事故发生后，迅速与医疗救护单位联系，配合协助其工作。

（四）物质供应职责：为事故的救助提供必要的物质保障。

2.辐射工作人员配置

该公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，进行 X 射线检测系统的检测工作。要求该 2 名辐射工作人员均需参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识的培训，并取得了培训合格证方可进行辐射工作。

在此基础上，本项目辐射工作人员的配置是满足要求的。

12.2 辐射安全管理规章制度

1、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，使用放射源和射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。相关制度要求见表 12.2-1。

宁德时代新能源科技股份有限公司已成立辐射安全与环境管理机构，并根据相关要求已制定了《辐射安全管理制度汇编》（测厚仪工作人员岗位职责、辐射工作人员培训管理制度、辐射防护措施、安全记录、辐射工作人员个人剂量管理制度、测厚仪辐射防

护和安全保卫制度、测厚仪操作规程、X-RAY 机操作规程、X 射线检测系统操作规程、辐射装置检修维护制度、辐射工作场所监测制度、放射源台账管理制度）、《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度。

表 12.2-1 宁德时代新能源科技股份有限公司拟建立的管理制度

管理要求	内容
辐射防护和安全保卫制度	对单位辐射工作人员职责、工作程序和个人防护作出要求。
操作规程	规定了辐射工作人员操作射线装置的详细流程，能减少辐射事故的发生。
岗位职责	明确了辐射工作人员和管理人员在辐射工作中各自的责任。
事故应急预案	规定了发生辐射事故时单位相关人员职责和处理程序，将辐射事故的影响减少到最小。
人员培训计划	规定了辐射工作人员必须参加国家核技术利用辐射安全与防护培训考核，持证上岗
辐射环境监测方案	规定了委托监测和日常监测的频率和内容，并要求对检测结果存档保留。
个人剂量监测方案	提出对辐射工作人员个人剂量监测和体检的要求，并要求档案终身保存。
设备维修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制订的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员 在日常操作过程种记录探伤机使用时的管电压、管电流、曝光时间、使用人等情况。

在此基础上，项目建设单位的辐射安全管理规章制度符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定。

本项目在建成后，应对辐射安全管理制度进行及时更新。

2、辐射工作人员拟配备人数

本项目拟配备 2 名辐射工作人员。详细的人员结构在后期项目运行期将根据实际需要再进行调整。

3、辐射工作人员培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用射线装置的单位，其辐射工作人员和辐射防护管理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。

本项目正式开展运营前，建设单位将严格根据相关法律法规的要求，督促本项目涉及的辐射工作人员和辐射防护管理人员报名参加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>）关于辐射安全与防护知识的学习、考试，取得考核合格证书后方能上岗。

12.3 辐射监测

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等的要求,公司针对本项目制定相应的辐射监测计划,包括:

①辐射工作人员配备个人剂量计,并定期(每季度1次)送检;

②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,并于每年1月31日前向提交发证机关提交上一年度的评估报告;

③公司配置X-γ剂量率测量仪,自行定期对射线装置房周围环境进行监测,发现问题及时整改,所有监测记录均存档备查。

具体监测计划见表12.3-1。

表 12.3-1 辐射监测计划

名称	FF35型工业X射线检测系统
监测计划	①验收监测:项目建设完成后,委托有资质单位进行竣工环保验收监测; ②年度监测:每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行环境监测; ③日常监测:项目运营期,使用配备的辐射监测设备,对辐射工作场所每季度进行一次环境监测; ④个人剂量监测:本项目辐射工作人员正确佩戴个人剂量计,并定期(每季度一次)送交有资质单位进行检测。
监测因子	X-γ辐射剂量率
监测点位	X射线检测系统自屏蔽外壳外30cm处、设备四周环境敏感目标
监测依据	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2021)、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

12.4 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《核技术利用单位辐射事故/事件应急预案编制大纲》(试行),建设单位根据本单位核技术利用类型和可能发生的辐射事故风险,制定了《辐射事故应急预案》。

根据《辐射事故应急预案》,建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组,领导小组成员名单如下:

表 12.4-1 应急领导小组成员一览表

机构组成	姓名	部门	联系方式
应急指挥中心	TVC 总指挥		
	PTO 总指挥		
	副总指挥		
设备抢险组	组长		
	组员		
	组员		
	组员		

应急救援组	组长
	组员
	组员
善后处理组	组长
	组员
	组员
	组员
疏散隔离组	组长
	组员
	组员
物资保障组	组长
	组员
	组员
	组员
医疗救护组	组长
	组员
	组员
	组员

宁德时代新能源科技股份有限公司已制定了《辐射事故应急预案》，明确了放射性事故应急处理机构和职责，在发生辐射事故时，能够立即启动本单位的应急预案，采取应急措施，及时向当地生态环境主管部门报告，同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。并且落实人员培训及演练情况，根据培训及演练情况及时更新预案内容。

12.5 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

建设项目竣工环境保护验收项目一览表见表 12.5-1

表 12.5-1 竣工验收一览表

验收项目	验收内容	验收标准及要求
辐射防护措施	X 射线检测系统自带铅屏蔽体，前侧、操作门、后侧、上侧防护为：18mm 铅板；左侧防护为：14mm 铅板；下侧、右侧防护为：12m 铅板屏蔽体。	符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 相关规定。
管理制度	成立辐射防护安全管理机构	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 相关规定。
	制定相应的规章制度和应急预案，规章制度应张贴在操作室墙面显著位置。	
	防护门外设置工作指示灯、电离辐射警告标志、报警装置及设置门—机联锁安全装置。	
	照射室安装摄像头，设置紧急开门按钮，室内、操作台均设置急停开关。	
	建立完善 X 射线探伤作业的台账。	
	辐射工作人员佩戴个人剂量计并建立个人剂量档案。	
	辐射工作人员取得辐射安全与防护培训合格证书，持证上岗，并建立个人档案。	
	辐射工作人员每年均应参加健康体检，并建立个人档案。	
	委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射环境 监测，于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	
配备 1 台 X-γ 剂量监测仪		

表 13 结论与建议

13.1 结论

1.辐射安全与防护分析结论

(1) 项目安全设施

本项目 X 射线检测系统自带铅屏蔽体，有固定的辐射工作场所，且场所均设有相应的辐射安全和防护措施。本项目辐射工作场所拟设置的各项辐射安全和防护措施符合中华人民共和国环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）等相关文件的要求。

综上所述，本项目拟采用的屏蔽材料和防护厚度能够有效屏蔽射线装置产生的 X 射线，对辐射工作场所采取的相应辐射安全与防护措施符合相关要求。故本项目安全设施是合理可行的。

(2) 三废的治理

本项目所使用的 FF35 型 X 射线检测系统只有在开机并出线的状态时，才会有 X 射线的产生，不产生放射性气体、放射性废水、放射性固体废物，无感光材料废物产生及其他废气产生。

由于 X 射线检测过程中，每次检测时间较短，且铅室间断性进出被检工件而打开、关闭防护门，产生的少量臭氧和氮氧化物不会形成局部聚集，且臭氧在 50 分钟后自动分解为氧气，另操作室安装有动力排风装置和空调，在工作期间保持开启，故所产生的气体对周围环境空气质量及周围工作人员影响极小。

2.环境影响分析结论

通过现状监测可知，宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 1 台 X 射线检测系统（工业 CT 机）项目所在区域的环境 X- γ 剂量率水平均在环境本底范围值内。

(1) 建设阶段对环境的影响

本项目在厂房内现有 C 室内布置工业 CT 机，CT 室为采用厚度 200mm 的砖墙搭建，且工业 CT 机自带铅屏蔽体，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。

(2) 运行阶段对环境的影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经估算可知，在本项目自带的铅屏蔽体的防护作用下 CT 机主束射线方向辐射剂量

率为 $1.96 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，CT 机四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐合作用剂量率最大为 $1.07 \times 10^{-1} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中要求的“关注点最高剂量率参考控制水平 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求，同时也满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中要求的“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。

②年附加有效剂量估算

根据剂量估算结果，本项目 X 射线检测系统辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 $9.63 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，公众人员最大年附加有效剂量为 $1.77 \times 10^{-1} \text{mSv}$ 。

因此本项目辐射工作场所的工作人员及周围公众人员的年附加有效剂量分别低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的辐射工作人员的连续五年有效剂量平均限值 20mSv 和公众人员年有效剂量限值 1mSv 的要求，同时满足辐射工作人员的管理限值 5mSv/a 和公众人员管理限值 0.25mSv/a 的要求。

3.可行性分析结论

项目投入使用主要对公司生产的聚合锂电池进行无损检测，项目在加强管理后均满足国家相关法律、法规和标准的要求，不会给所在区域带来环境压力。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

综上所述，建设单位具备从事辐射活动的技术能力，在严格落实各项防护措施后，该项目运行时对周围环境产生的影响符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心 1 台 X 射线检测系统（工业 CT 机）项目是可行的。

13.2 建议

（1）在项目建设同时，应确保辐射防护设施和管理措施的建设，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）对本报告表提出的辐射防护措施应严格执行，辐射防护存在不足的应完善；

（3）公司若未来如需增加本报告表所涉及之外的污染源和射线装置或对其能进行调整变动，则应按要求向有关生态环境主管部门进行申报，并按污标采取相应的污染治理措施，主动接受生态环境主管部门的监督管理。

（4）本项目环评批复后，建设单位应及时向环保行政主管部门办理辐射安全许可证申领手续，并及时开展竣工环保验收工作。