核技术利用建设项目

宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目

生态环境影响报告表

（公示稿）

建设单位（盖章）：宁德福宁时代新能源有限公司

2026 年 9 月

核技术利用建设项目

宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目

生态环境影响报告表

建设单位名称：宁德福宁时代新能源有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：张乐

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：张金钗

电子邮箱：　　联系电话：18959353266

建设项目环境影响报告书（表）
编制情况承诺书

本单位 厦门尚岛环保科技有限公司 （统一社会信用代码 91350200761735140O ）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形， 不属于 该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的 宁德福宁时代新能源有限公司新增4台工业CT机项目 环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为 陈春英 （环境影响评价工程师职业资格证书管理号 07353543506350137 ，信用编号 BH021722 ），主要编制人员包括 陈春英 （信用编号 BH021722 ）、 徐世勇 （信用编号 BH031361 ）（依次全部列出）等 2 人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位（公章）：

2026年9月23日

打印编号：1790148954000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	e4p0jy
建设项目名称	宁德福宁时代新能源有限公司新增4台工业CT机项目
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）	宁德福宁时代新能源有限公司
统一社会信用代码	91350901MA342FG18R
法定代表人（签章）	张乐
主要负责人（签字）	吴春明
直接负责的主管人员（签字）	张飞
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	厦门尚岛环保科技有限公司
统一社会信用代码	91350200761735140Q
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
陈春英	07353543506350137	BH021722	

2 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈春英	表1，表2，表3，表4，表5，表6，表13	BH021722	
徐世勇	表7、表8、表9、表10、表11、表12	BH031361	

本证书由中华人民共和国人事部和国家环境保护总局批准颁发。它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的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.

中华人民共和国人事部

Approved & authorized
by
Ministry of Personnel
The People's Republic of China

国家环境保护总局

approved & authorized
by
State Environmental Protection Administration
The People's Republic of China

编号：
No.： 0006617



持证人签名：
Signature of the Bearer

管理号：
File No.： 07353543506350137

姓名：
Full Name 陈春英

性别：
Sex 女

出生年月：
Date of Birth 1978 年 04 月

专业类别：
Professional Type —

批准日期：
Approval Date 2007 年 5 月 13 日

签发单位盖章：
Issued by

签发日期：2007 年 7 月 30 日
Issued on

宁德锂宝时代新能源有限公司装备工业中和项目

目录

表 1 项目基本情况 1
表 2 放射源 31
表 3 非密封放射性物质 31
表 4 射线装置 32
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） 33
表 6 评价依据 34
表 7 保护目标与评价标准 35
表 8 环境质量和辐射现状 43
表 9 项目工程分析与源项 51
表 10 辐射安全与防护 58
表 11 环境影响分析 75
表 12 辐射安全管理 88
表 13 结论与建议 105
附件 1 营业执照
附件 2 委托书
附件 3 辐射安全许可证
附件 4 现有工程验收情况
附件 5 辐射管理制度汇编
附件 6 节选辐射工作人员上岗证
附件 7 个人剂量监测报告（2025 年）
附件 8 辐射事故应急处置预案
附件 9 环境现状监测报告
附件 10 H2CT 机和 Q3CT 机 1m 处输出量

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">项目名称</td><td colspan="6">宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="6">宁德福宁时代新能源有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>张乐</td><td>联系人</td><td>张金钗</td><td>联系电话</td><td colspan="2">18959353266</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">宁德福宁时代新能源有限公司湖西厂区 H3 厂房 2 号 CT 检测区、湖西厂区 H2 厂房 2 号 CT 检测区、储能工厂 Q3 厂房 CT 检测区，金垂基地电芯厂房 1 号 CT 室</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>800 万</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>56.3 万</td><td>投资比例</td><td colspan="2">7.03%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建□改建□扩建□其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">湖西厂区 H3：15m^2
湖西厂区 H2：12m^2
储能工厂 Q3：12m^2
金垂基地电芯厂房一：54m^2</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□I类（医疗使用）□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类□III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位情况

宁德福宁时代新能源有限公司（以下简称“福宁时代”），位于福建省宁德市东侨经济开发区新港路 2 号，主要从事电池制造、电池销售、能源技术研发等业务。福宁时代目前在宁德市区建设有 HD 基地（湖东厂区）、HX 基地（湖西厂区）、HZ 基地（湖西 Z 基地）、工程中心、E+区域、ESS 基地（储能工厂）和金垂基地（建设中）。

1.2 项目建设内容与项目由来

1.湖西厂区

根据生产需要，在湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区新增一台“Cylindscan-2000 型”的工业 CT 机（以下简称“H3 CT 机”）；在 H2 厂房东南侧 2 号 CT 检测室新增一台“SDX-LCT-150 型”的工业 CT 机（以下简称“H2 CT 机”）。

2.储能工厂

根据生产需求，储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区新增一台“SDX-LCT-150 型”的

X 射线检测设备（以下简称“Q3CT 机”）。

3.金垂基地

2026 年月 19 日宁德市生态环境局通过并批复福宁时代“福宁时代新能源电池基地项目（金垂一期扩建）”，金垂基地目前主体工程处于建设中，根据规划需求，拟在金垂基地电芯厂房一南侧 CT 室新增一台“RMCT4000 型”的工业 CT 机（以下简称“金垂 CT 机”），配套主体工程生产线使用。

该 4 台 CT 机均属于自屏蔽式工业 X 射线探伤装置（II类射线装置），用于产品质量检测。本项目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 射线检测设备	Cylindscan-2000 型	200	1.5	II类	湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区	1 台
X 射线检测设备	SDX-LCT-150 型	180	0.5	II类	湖西厂区 H2 厂房西南侧 1 号 CT 检测区	1 台
X 射线检测设备	SDX-LCT-150 型	180	0.5	II类	储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区	1 台
X 射线检测设备	RMCT4000 型	225	3.0	II类	金垂基地电芯厂房一西北侧 CT 室	1 台

根据生态环境部、国家卫生健康委员会的公告（2026 年第 44 号）《关于发布〈射线装置分类办法〉的公告》规定，本项目使用的 4 台工业 CT 机属于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”本项目应编制生态环境影响报告表。因此，该公司于 2026 年 7 月特委托我司（附件 2：委托书）对宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目进行生态环境影响评价工作。

我公司接受委托后，对宁德福宁时代新能源有限公司拟 4 台工业 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《宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目生态环境影响报告表》。

1.3 项目地理位置及周边概况

1.项目地理位置

宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 CT 机项目分别位于：湖西厂区 H3 厂房 CT 检测区（E119.543459°，N26.736417°），湖西厂区 H2 厂房 CT 检测区（E119.545259°，N26.737152°），储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区（E119.544215°，N26.747112°），金垂基地 Z2 厂房 3 号 CT 室（E119.587227°，N26.797751°），项目地理位置详见图 1-1。

2.湖西厂区 H3 厂房 2 号 CT 检测区

（1）H3 厂房 CT 检测区

湖西厂区 H3 厂房为单层厂房，无地下室，北侧为厂区道路和厂外道路（65m），西侧为厂区道路和 H4 厂房（17.5m），南侧为厂区道路和停车场（17.2m），东侧为厂区道路和 H2 厂房（41.7m）。

本次在 H3 厂房西南侧 CT 检测区新增 1 台“Cylindscan-2000 型”X 射线检测设备，因 CT 机位于生产区内，可用区域较小，故检测区采用警戒线进行隔离，避免非操作人员进入该区域。检测区北侧为生产区（6.6m），西侧为缓冲区（2.2m）、换鞋区（7.9m）、厂区道路（15.9m）和 H4 厂房（33.4m），南侧为车间一工作区 1（2.0m）、厂区道路（11.2m）和停车场（29.4m），东侧为车间一工作区 2（3.2m）；西北侧为休息区（32.1m），东北侧为生产区（7.5m）。

湖西厂区平面布置图见 1-2，H3 厂房平面布置图见图 1-3.1，H3 厂房 CT 检测区布置图见图 1-3.2，周围环境情况见图 1-3.3。



审图号：闽S〔2024〕362号

福建省制图院 编制　福建省自然资源厅 监制

图 1-1 项目地理位置图（蕉城区政区图）

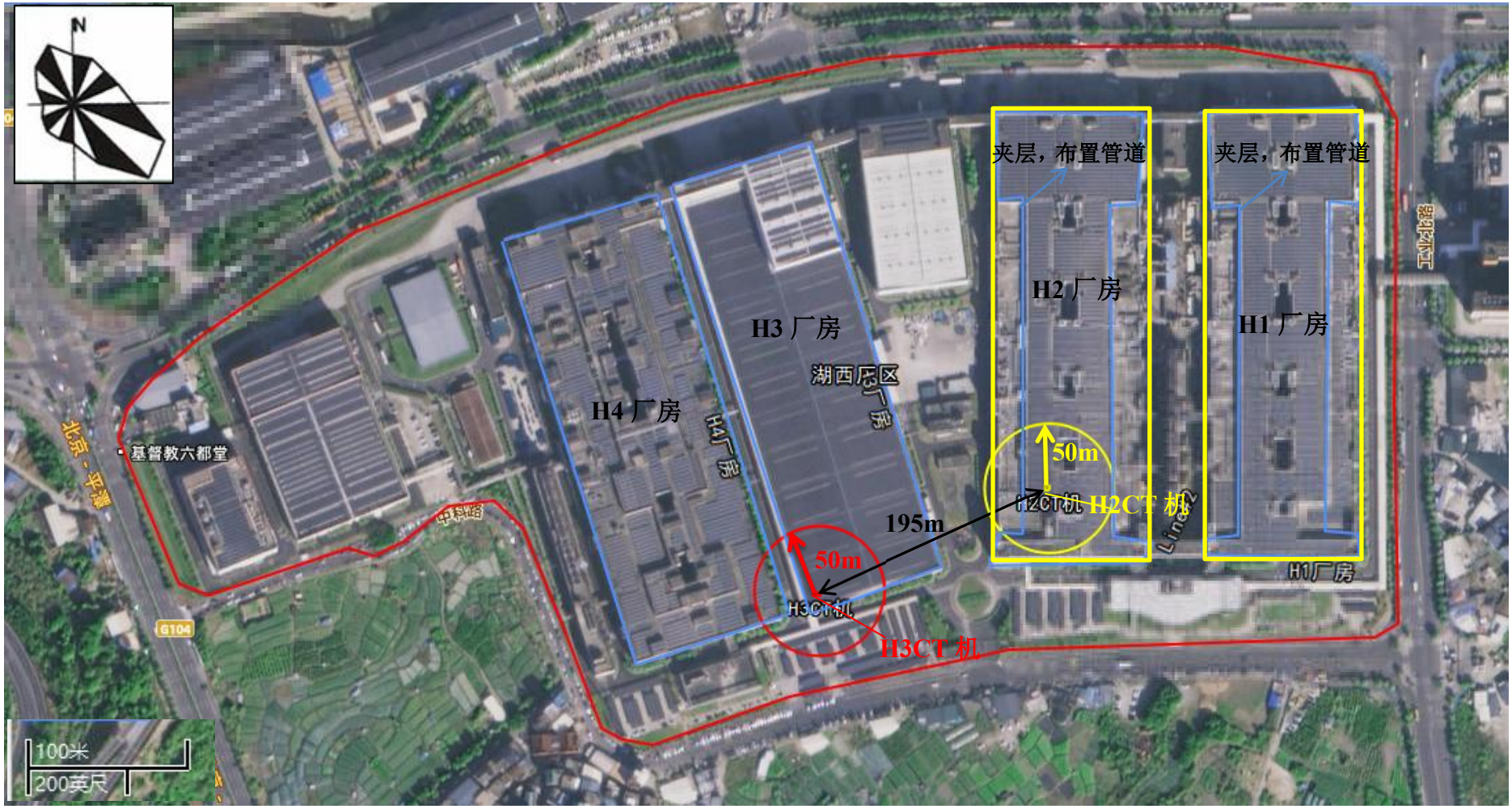


图 1-2 湖西厂区厂房平面布置图

图 1-3.1 湖西厂区 H3 厂房平面布置图

图 1-3.2 H3 厂房平面布置图（局部放大图）

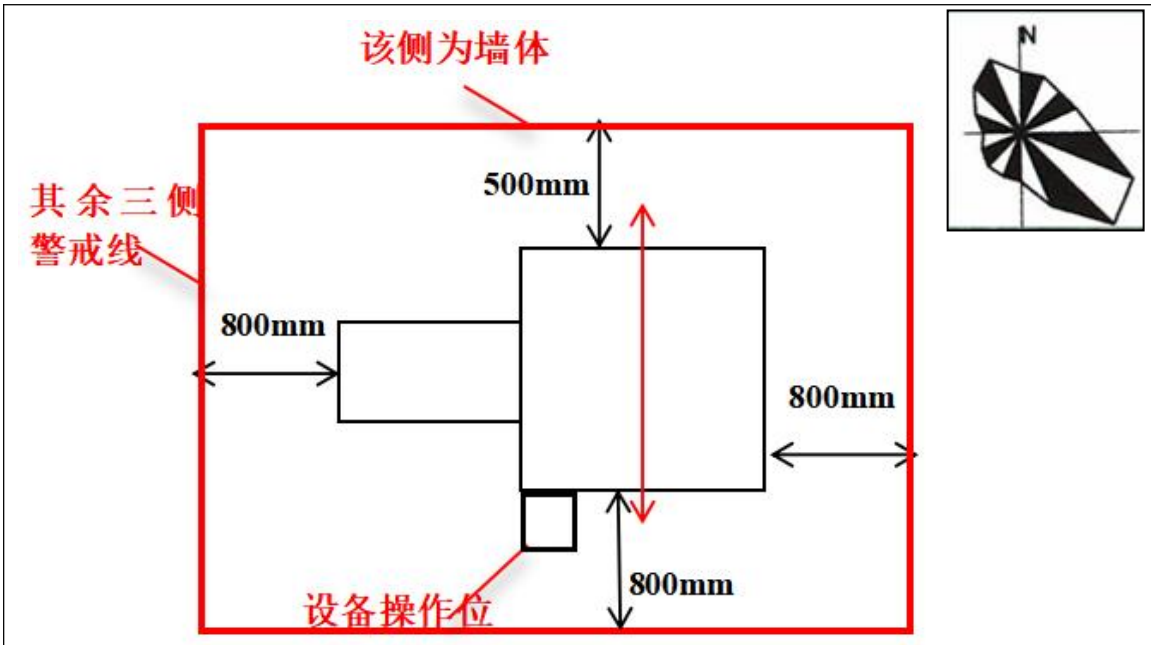


图 1-3.2　湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区平面布置图



设备拟安装位置



西侧缓冲区



南侧厂区道路



北侧生产区

图 1.3-3 湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区周边环境现状照片

3.湖西厂区 H2 厂房东南侧 1 号 CT 检测区

湖西厂区 H2 厂房为单层厂房，无地下室，北侧为厂区道路和厂外道路（46.5m），西侧为厂区道路和 H3 厂房（41.7m），南侧为厂区道路和停车场（24.5m），东侧为厂区道路和 H1 厂房（57.1m）。

本次在 H2 厂房西南侧 CT 检测区新增 1 台“SDX-LCT-150 型”X 射线检测设备，因 CT 机位于生产区内，可用区域较小，故检测区采用警戒线进行隔离，避免非操作人员进入该区域。检测区北侧为生产区（13.2m），西侧为办公区（2.2m）、阳极备料预留区（5.4m）和厂区道路（32.1m），南侧 ME 备件库（21.3m），东侧为车间过道，生产区（11.4m），西北侧为 1 号 CT 室（22.2m）。

湖西厂区平面布置图见 1-2，H2 厂房平面布置图见图 1-4.1，H2 厂房 CT 检测区布置图见图 1-4.2，周围环境情况见图 1-4.3。

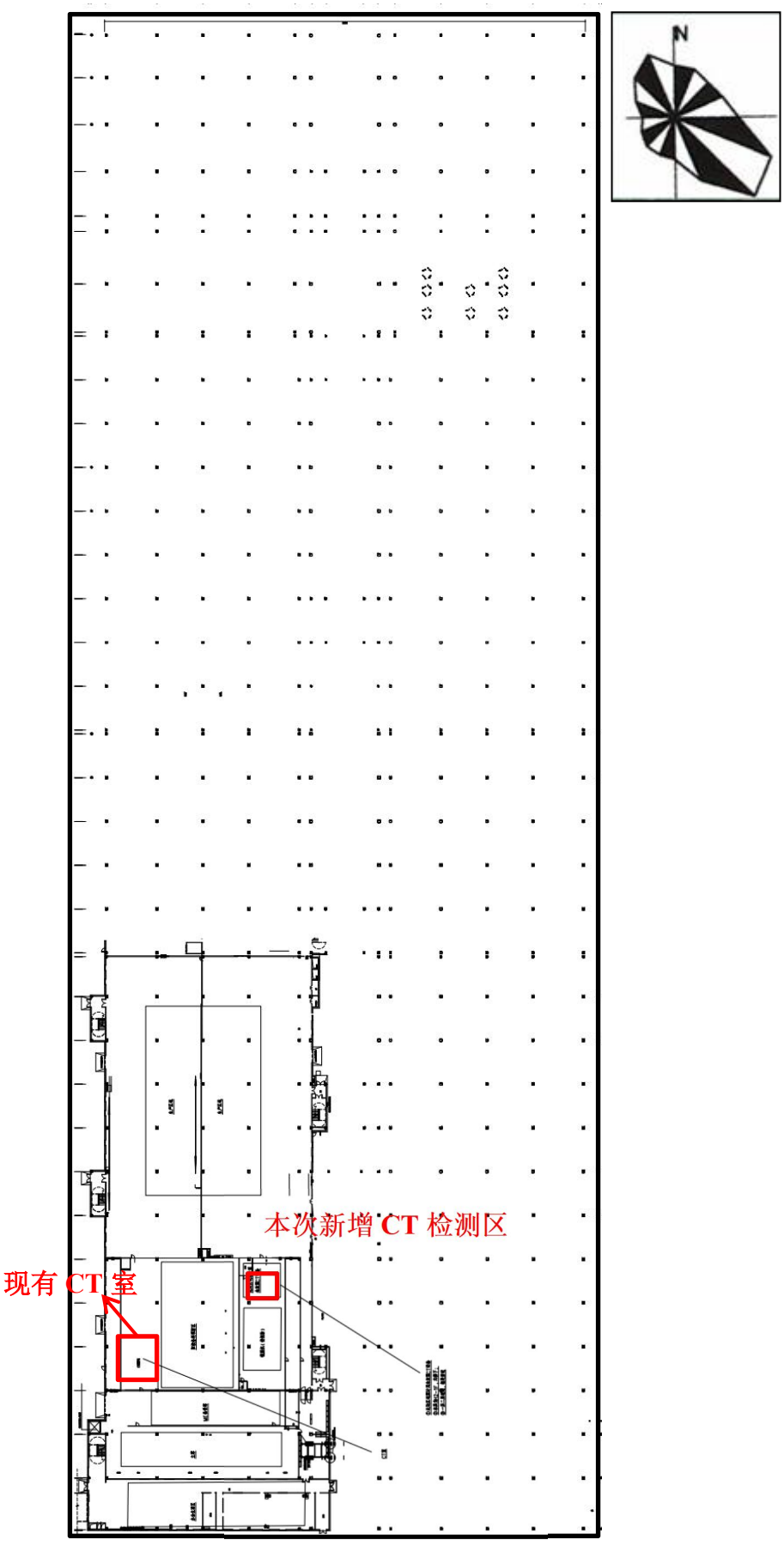


图 1-4.1　湖西厂区 H2 厂房平面布置图（方框为 CT 室位置）

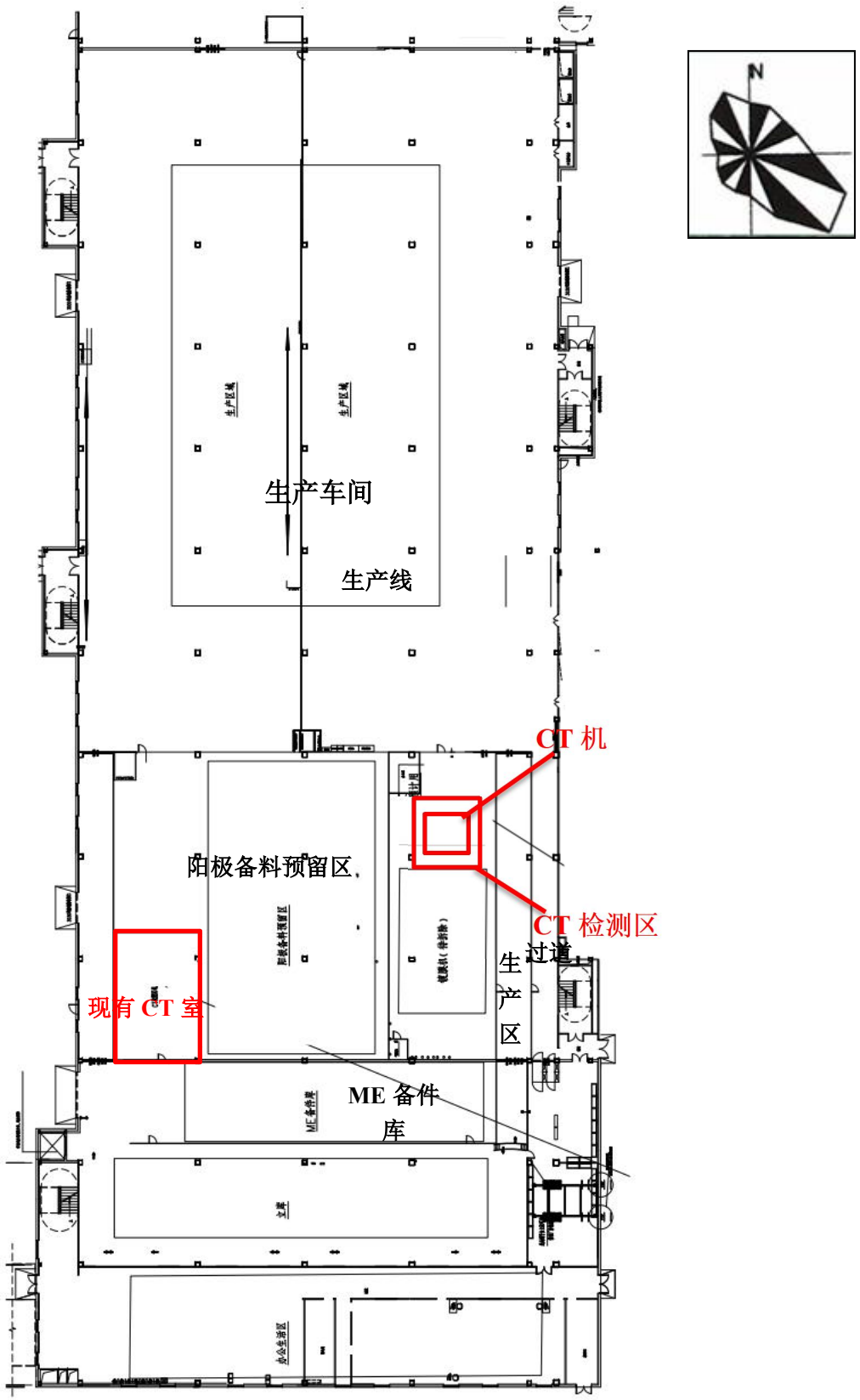


图 1-4.2.1　湖西厂区 H2 厂房平面布置图（局部放大图）

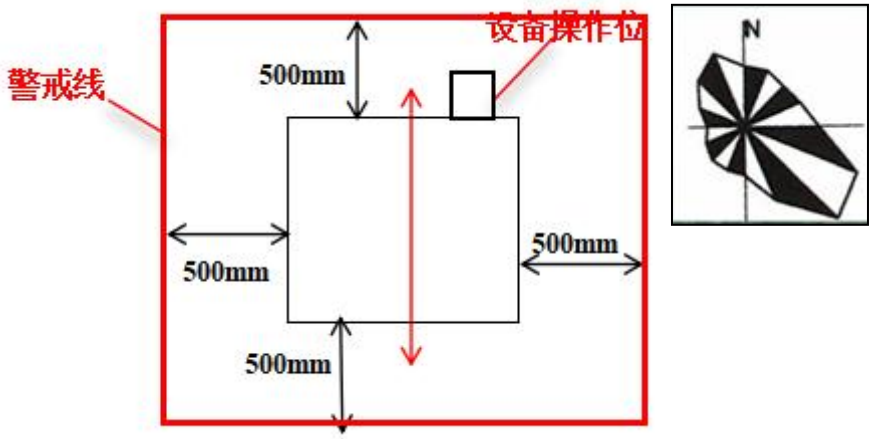


图 1-4.3　湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区平面布置图



设备拟安装位置（后续杂物清空）



西侧办公室



南侧 ME 备件库



北侧生产线

<table>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>西侧阳极备料预留区</td><td>西南侧现有 CT 室</td></tr>
<tr><td colspan="2">图 1-4.4　湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区周边环境现状照片</td></tr>
</table>

4.储能工厂 Q3 厂房 CT 检测区

储能工厂 Q3 栋厂房为 1 层厂房，无地下室，北侧为厂区道路、Q1 栋厂房（20m），西侧为厂区道路、Q5 栋厂房（14m），南侧为厂区道路、Q8 栋厂房（11m）和 Q9 栋厂房（26m），东侧为厂区道路。

本次在 Q3 厂房西侧 CT 检测区新增 1 台“SDX-LCT-150 型”X 射线检测设备，因 CT 机位于生产区内，可用区域较小，故检测区采用警戒线进行隔离，避免非操作人员进入该区域。

CT 检测区北侧为车间过道（紧邻）、生产区（3.2m）、厂区道路（8.1m）和 Q1 厂房（27.1m）；西侧为厂区通道（紧邻）和 Q5 厂房（2m）；南侧为车间过道（紧邻）、生产区（3.3mm）、厂区通道（7.2m）和 Q8 厂房（18.2m）；东侧为生产区域（1m）和厂区通道（43.2m）。

储能工厂平面布置图见图 1-5.1，Q3 厂房平面布置图见图 1-5.2，CT 检测区布置图见图 1-5.3，周围环境情况见图 1-5.4。

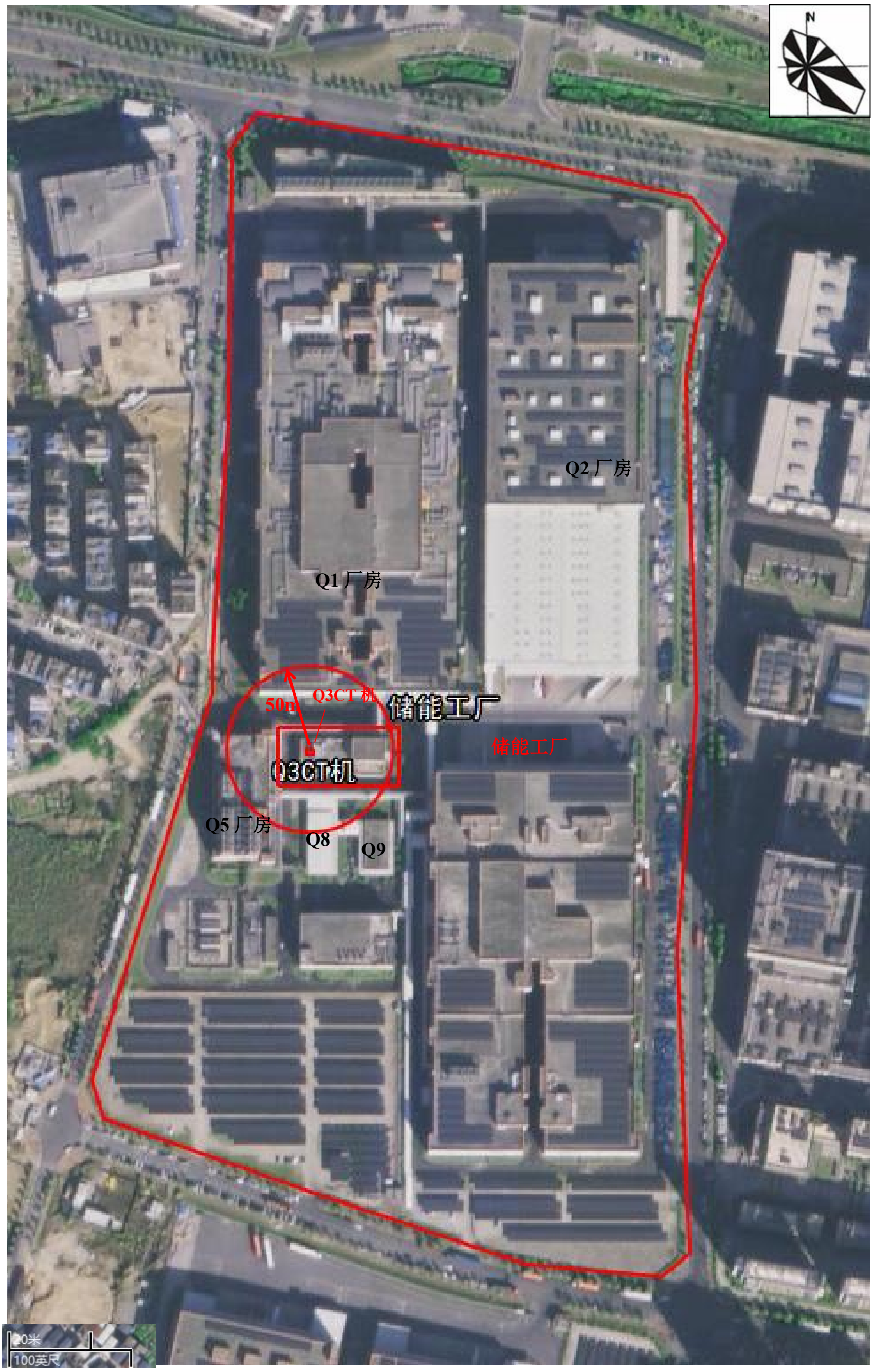


图 1-5.2.1　　储能工厂平面布置图

图 1-5.2.2　储能工厂 Q3 厂房平面布置图

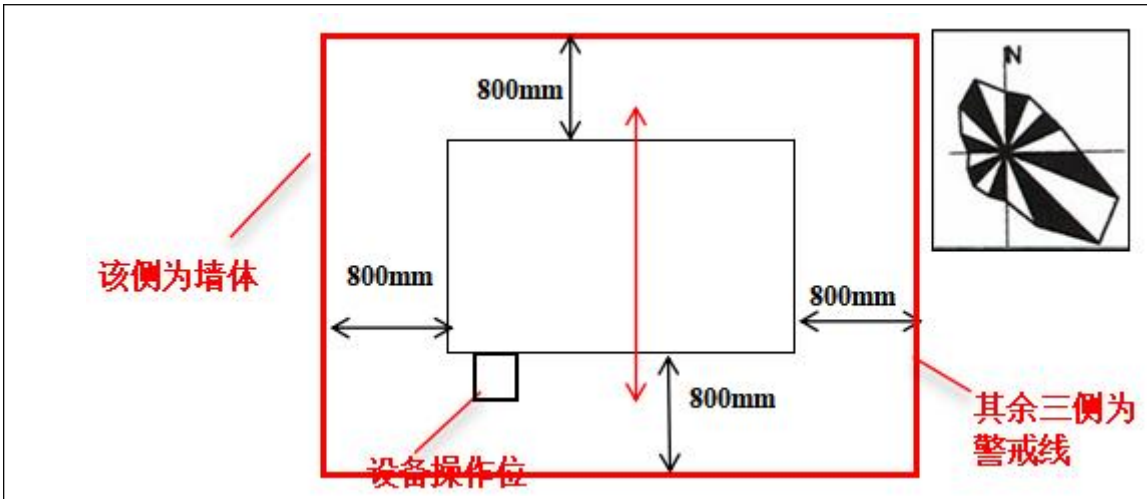


图 1-5.3　储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区平面布置图



设备拟安装位置（处于施工期拆除现有设备）



东侧生产区



南侧厂区通道



西侧厂区通道

图 1-5.4　储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区周边环境现状照片

5.金垂基地电芯厂房 CT 室

金垂基地现为施工工地，主体工程处于建设中，根据规划，电芯厂房为单层无地下室生产厂房，北侧为厂区道路和容量厂房，西侧为厂区道路和厂外道路，南侧为厂区道路和生活区，东侧为厂区道路和 MP 厂房和极片厂房。

本次在金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室新增 1 台“RMCT4000 型”工业 CT 机，CT 室为砖瓦搭建的独立房间。CT 室北侧为车间过道、MSA 计量室（2.7m）、极片拆解房（15.5m）、厂区通道（25.5m）、休息室（31.2m）和 IE 资产仓（43.8m），西侧为气瓶室（紧邻）、惰化粉存放间（3.7m）、废电解液存放间（7.2m）和厂区道路（12.8m），南侧为厂区通道（紧邻）、内拆包间（12.5m）和厂区通道（49.2m），东侧为车间通道（紧邻）和生产区（2.5m）。

金垂基地平面布置图见 1-6.1，电芯厂房平面布置图见图 1-6.2，CT 室布置图见图 1-6.3，周围环境情况见图 1-6.4。



图 1.6-2　金垂基地总体规划范围图（方框为 CT 室位置）

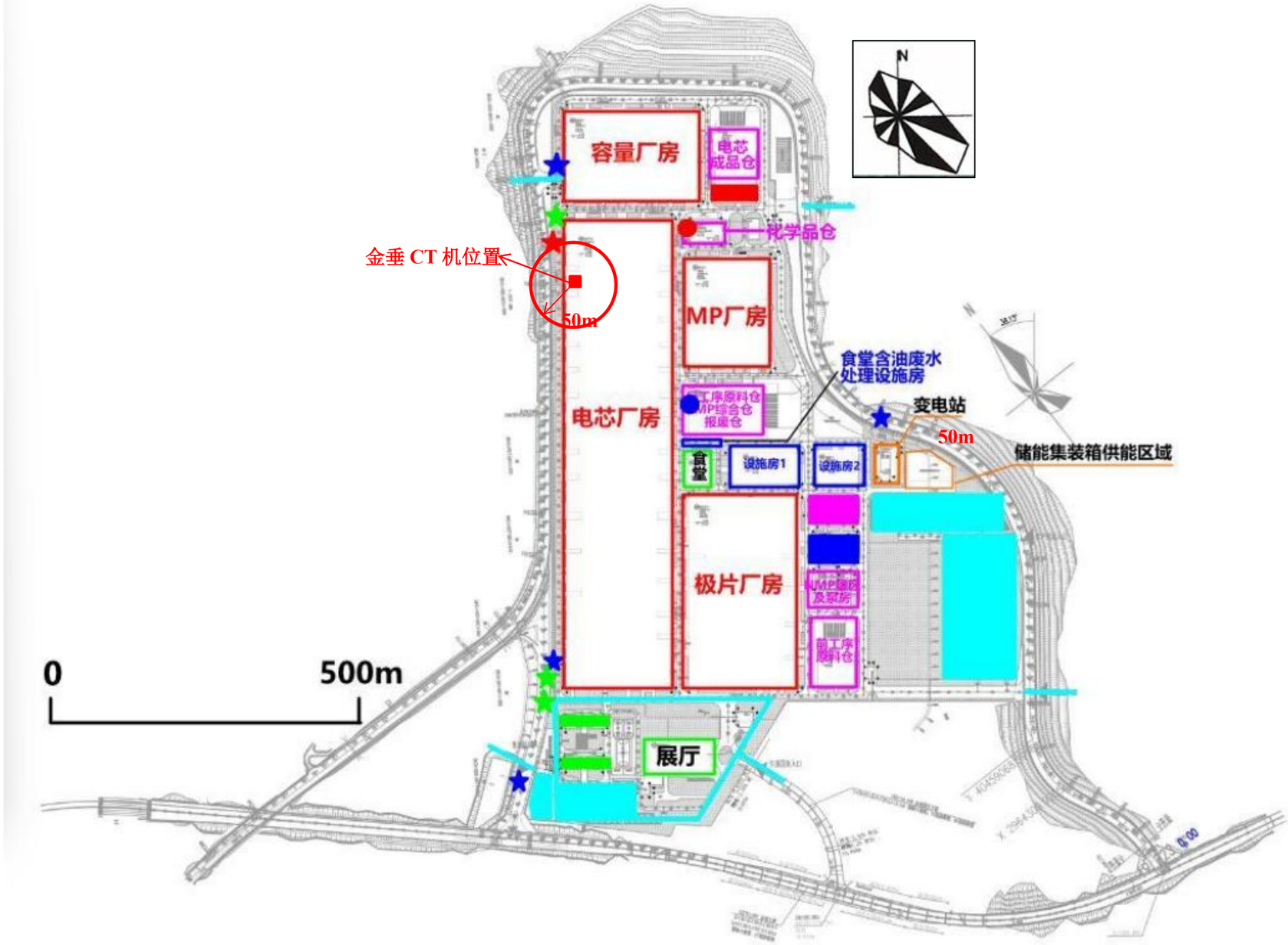


图 1.6-2　金垂基地规划布置图（方框为 CT 室位置）图 1-6.3.1　Z2 栋厂房平面布置图

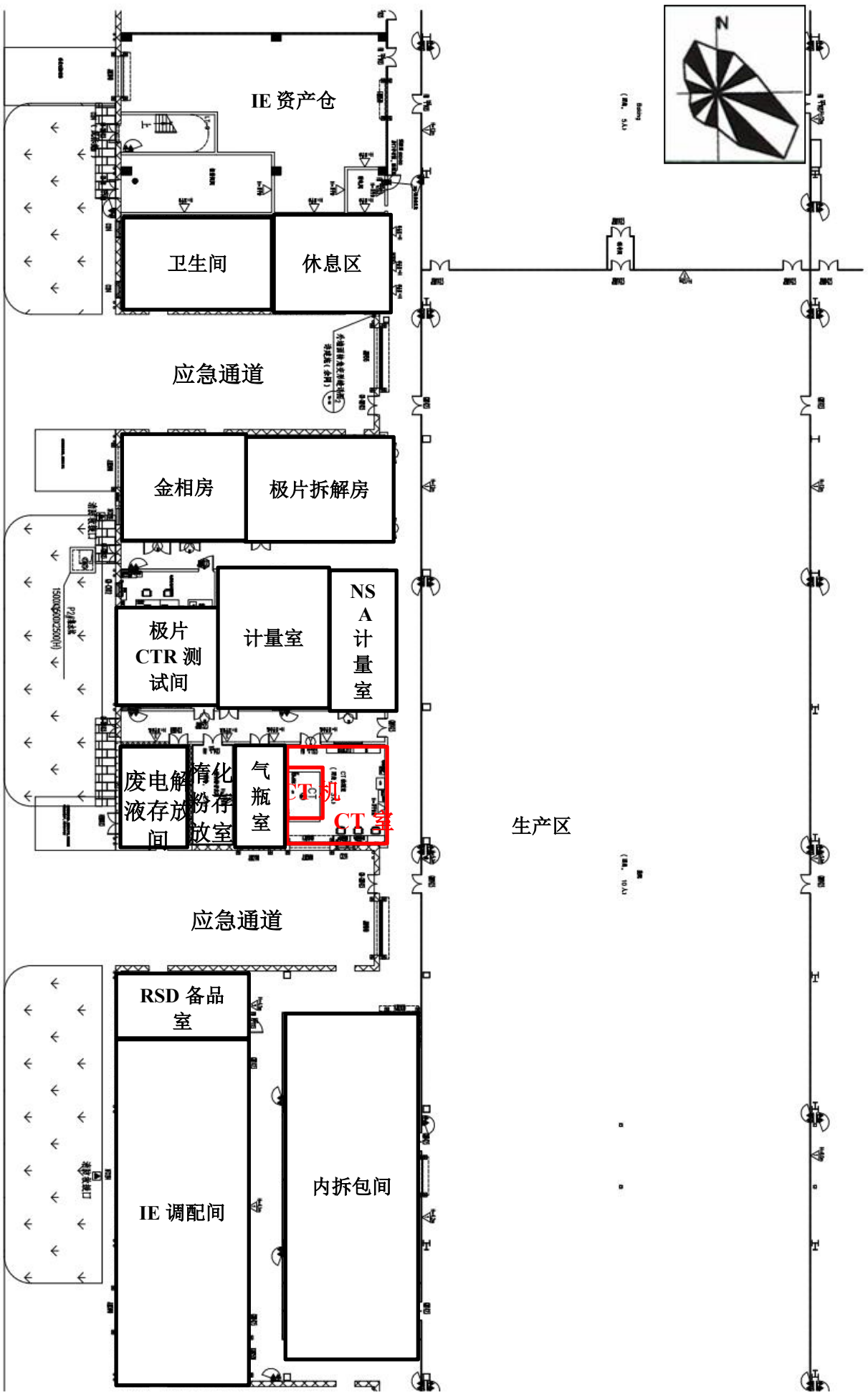


图 1-6.3.2　金垂基地电芯厂房平面布置图（局部放大图）

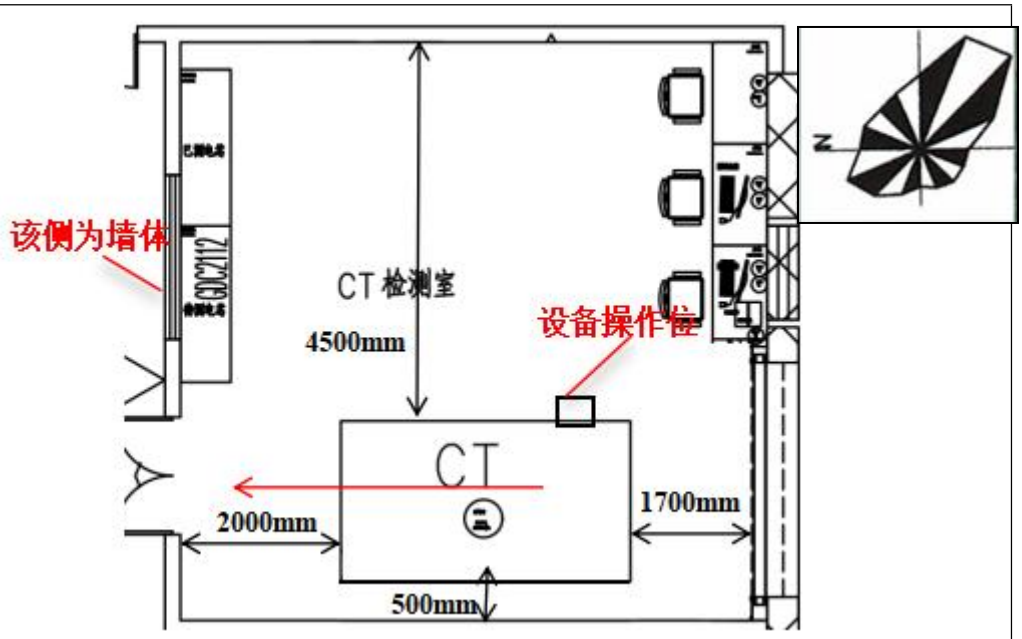


图 1-6.4　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室平面布置图



设备安装位置电芯厂房位置

图 1-6.5　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室周边环境现状照片

1.4 项目可行性分析

1、与“三线一单”生态管控符合性分析

根据《福建省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的通知》（闽政〔2020〕12 号）、《宁德市人民政府关于印发宁德市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（宁政〔2021〕11 号）、《宁德市生态环境局关于发布宁德市 2026 年生态环境分区管控动态更新成果的通知》（宁市环〔2026〕14 号），项目位于东侨经济技术开发区（编码 ZH35090220004）。管控要求符合性分析见表 1.4-1。

表1.4-1 项目与东侨经济技术开发区生态环境准入清单符合性分析表

环境管控单元名称	环境管控要求		本项目	符合性
东侨经济技术开发区 ZH35090220004	空间布局约束	1.塔南园区：园区内不符合产业定位的项目逐步关停并转。	本项目不属于塔南片区。	符合
		2.东侨工业集中区：生物科技禁止化学制药；机械制造产业禁止引进电镀项目；电子产业禁止引进《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中限制类、淘汰类项目及《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录（2010 年本）》中的淘汰类机械和工艺项目。	拟建项目属于核技术利用建设项目，属于国家鼓励类。	
		3.居住用地周边禁止布局不符合大气防护距离、卫生防护距离和环境风险不可控的废气扰民的建设项目。	拟建项目评价范围（工业 CT 机实体屏蔽体外周边 50m）内无学校、居民区等环境敏感区域，项目臭氧和氮氧化物排放量极少经通风系统排到大气环境，对环境基本无影响。	
	污染物排放管控	1.新建涉 VOCs 项目，VOCs 排放按照福建省相关政策要求落实。 2.包装印刷业、工业涂装业有机废气排放及控制应符合国家和地方相关标准和规范要求。	本项目不涉及 VOCs 排放。	符合
	环境风险防控	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。	本项目拟建立健全环境风险防控体系，制定环境风险应急预案和辐射安全事故应急预案。	符合
	资源开发效率要求	禁燃区内，禁止销售、燃用高污染燃料，禁止新建、改建、扩建燃用高污染燃料的设施。已建成使用高污染燃料的各类设备	本项目不涉及高污染燃料，仅使用电能属于清洁能源	符合

		应拆除或改用管道天然气、液化石油气、电、生物质成型燃料等清洁能源。		
	空间布局约束	1.一般建设项目不得占用永久基本农田，重大建设项目选址确实难以避让永久基本农田的，必须依法依规办理。严禁通过擅自调整县乡国土空间规划，规避占用永久基本农田的审批。 2.禁止随意砍伐防风固沙林和农田保护林。	本项目在已有厂房内建设，无新增用地。	符合

2、政策符合性分析

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时控制，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（2024 年本）》，本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类中第六类“核能”中的第 6 条“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，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。

1.6 原有核技术应用项目许可情况

（1）许可情况

宁德福宁时代新能源有限公司于 2026 年 1 月 23 日取得辐射安全许可证（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【00538】，有效期至 2030 年 6 月 9 日（详见附件 4：辐射安全许可证）。

（2）环保手续履行情况

宁德福宁时代新能源有限公司原有在用核技术利用项目均已履行环保手续：在用放射源见表 1.6-1，在用射线设备见表 1.6-2。

表 1.6-1 在用放射源环保手续履行情况

名称	种类	活度（Bq）	类别	备案数量	使用场所	是否环评	是否验收	用途
Kr-85	放射源	1.85×10^{10}	V 类	100	E+区域	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	8	E 区阴阳极涂布车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.85×10^{10}	V 类	100	HD 基地厂区	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.85×10^{10}	V 类	100	HX 基地厂区	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	120	HZ 基地厂区	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.85×10^{10}	V 类	100	HZ 基地厂区	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	80	H 区阴阳极涂布车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	70	N 区阴阳极涂布车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	100	Q 区阴阳极涂布车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	1.85×10^{10}	V 类	100	Q 区阴阳极涂布车间	已备案	/	测厚
Kr-85	放射源	4.63×10^{10}	V 类	15	放射源仓库	已备案	/	测厚

表 1.6-2 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	环评报备数量	实际在用数量	使用场所	是否环评	是否验收	验收时间	备注
X 射线机	15~160	0.00002~1.0	III	/	226	各基地装配车间	/	/	/	在用
CT METROTOM 1500 225kV G3	225	3.0	II	1	1	湖西厂区 H2 厂房 CT 室	闽环辐评〔2022〕3 号	已验收	2023.7.15	在用
GeoScan 200 型	200	1.5	II	1	1	湖西厂区 H3 厂房检测区	闽环辐评〔2022〕18 号	已验收	2023.7.15	已停用，设备已返供应商处理
FF35 型	225（190)	3.0	II	1	1	E+区域 E21 栋厂房 1 层 CT 室	闽环辐评〔2023〕42 号	已验收	2024.5.10	在用
RMCT 7000 型 -L2000	200	1.5	II	1	1	湖西 Z 基地 Z4 栋厂房 2 层 CT 检测区	闽环辐评〔2023〕49 号	已验收	2024.4.26	在用
FF35 型	225（190)	3.0	II	1	1	储能工厂 Q1 栋 1 层 CT 检测区			2024.5.10	在用
RMCT-7000 型	200	1.5	II	1	1	储能工厂 Q1 栋 2 层-阳极二期极片仓（二楼）	闽环辐评〔2023〕50 号	已验收	2024.5.10	在用
SDX-LCT-150 型	180	0.5	II类	1	1	E+区域 E28 栋厂房 2 层 CT 检测区	闽环辐评〔2024〕22 号	已验收	2024.6.23	在用
SDX-LCT-150 型	180	0.5	II类	1	1	储能工厂 Q1 栋厂房 4 层 UC 拉线区 CT 检测区				在用
SDX-DZC-150 型	180	0.5	II类	1	1	储能工厂 Q1 栋厂房 4 层 L92 拉线区 CT 检测区				在用
AX9800 型	150	0.5	II类	1	1	储能工厂 Q1 栋厂房 4 层 L91 拉线区 CT 检测区	闽环辐评〔2024〕61 号	已验收	2025.8.9	在用
				1	1	储能工厂 Q3 栋厂房 1 层 CT 检测区				已停用，设备已返供应商处理
CT METROTOM 1500 225kV G3	225	3.0	II类	1	1	湖东厂区 N4 栋厂房 4 层 CT 室		已验收	2025.7.5	在用
SDX-LCT-150 型	150	0.5	II类	2	2	储能工厂 Q1 厂房 4 层	闽环辐评	建设中	/	/

				2	2	工程中心 C2 厂房 2 层	〔2025〕48 号			
				2	2	工程中心 C2 厂房 4 层				
RMCT 4000-N 型	300	3.0	II类	1	1	E+区域 E22 厂房 1 层中部 1 号 CT 室	闽环辐评〔2025〕63 号	建设中	/	/
SDX-LCT-150 型	150	0.5	II类	1	1	工程中心 C8 厂房中部 1 号 CT 检测区	闽环辐评〔2026〕34 号	建设中	/	/
LBCTR008 型	150	0.5	II类	1	1	工程中心 E22 厂房 4 层北侧 1 号 CT 检测区		建设中	/	/
SDX-LCT-150 型	150	0.5	II类	1	1	储能工厂 Q1 厂房 4 层东侧 L81 拉线区 CT 检测区		建设中	/	/
CT METROTOM 1500 225kV G3	225	3.0	II类	1	1	湖西 Z 基地 Z2 厂房 1 层东北侧容量车间 3 号 CT 室		建设中	/	/

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

宁德福宁时代新能源有限公司已成立了辐射安全与防护管理机构（附件 6），并明确了相应的职责。辐射防护管理领导小组以种晋为组长，组员包括刘子华、张宏、苏育专等 18 人。领导小组负责对本公司辐射安全防护工作和辐射环境保护工作（以下简称辐射安全与环境管理工作）实施统一监督管理；负责本公司的环境影响评价报告的申报和协助有关部门进行验收；负责本公司辐射工作许可证的申报以及协助相关部门进行审核；负责对本公司辐射项目“三同时”制度执行情况进行检查；监督本公司辐射污染的防治工作；负责本公司辐照设备的日常监督管理；负责本公司辐射安全与环境管理的监察工作；负责本公司辐射污染的治理整改以及辐射污染纠纷的处理；负责制定辐射环境污染事故应急预案；组织开展一般辐射事故的应急响应工作；配合有关部门对本公司一般以上辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作；负责本公司辐射安全和环境管理队伍的建设。

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 6，制度汇编主要有：包括关于成立辐射安全与环境管理机构的决定、X-RAY 机操作规程、测厚仪操作规程、测厚仪（Kr-85）辐射防护和安全保卫制度、测厚仪工作人员岗位职责、辐射防护措施、辐射工作场所监测制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员培训管理制度、辐射装置检修维护制度和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

福宁时代辐射工作人员均接受辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书后持证上岗，详见附件 7；福宁时代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，目前福宁时代个人剂量监测由宁德时代委托福建省鑫龙安检测技术有限公司对辐射操作人员进行个人剂量监测，监测频度为 90 天 1 次，2025 年每季度辐射设备职业操作人员个人剂量监测结果见附件 8；辐射工作人员职业健康检查由宁德时代统筹安排，间隔不超过 2 年，根据建设单位提供的个人剂量监测和职业健康监护档案，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

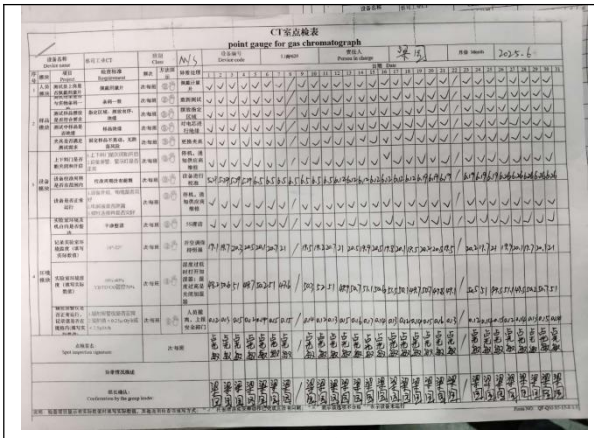
在设备正常运行状态下，每年委托有监测资质的单位对工作场所及周围辐射环境剂

量率进行监测，监测频次为 1 次/年，并将监测数据记录存档。

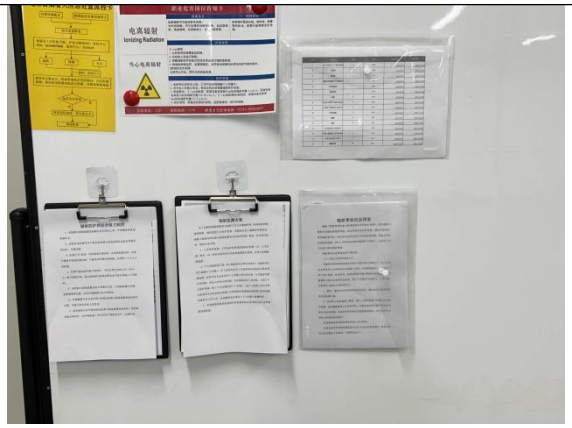
5.辐射工作管理情况

宁德福宁时代新能源有限公司已制定《宁德福宁时代新能源有限公司辐射事故应急处置预案》附件 9（2025 年 1 月 20 日发布并实施），并制定辐射应急演练计划，定期开展演练。据调查，宁德福宁时代新能源有限公司使用的射线装置正常运行，未发生辐射事故。

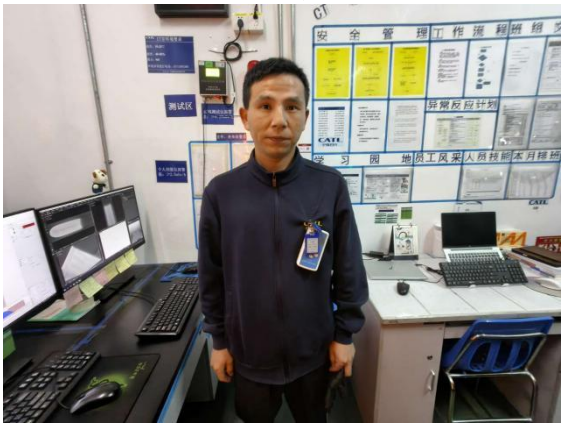
综上所述，宁德福宁时代新能源有限公司已根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，已落实各项管理要求，现有在用核技术应用无存在环保问题。现有核技术应用项目辐射防护措施见图 1-7。



日常点检表



相关制度上墙



操作人员佩戴个人剂量片和个人剂量报警仪



CT 室警示标识



固定式场所辐射探测报警装置



便携式辐射剂量仪

图 1-7 现有工程辐射防护措施情况

1.8 环保投资

本项目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	4	设备自带
	辐射警告标志	4	
	工作状态指示灯	4	
	急停按钮	4	
	安全锁装置	4	
其他	固定式场所辐射探测报警装置	4	4
	个人剂量片	8	4
	个人剂量报警仪	4	0.4
	便携式辐射剂量仪	4	2.0
	个人剂量片委托监测费用	/	4
	工业 CT 机周围委托检测费用	/	8
	辐射安全培训费用	/	8
	个人体检费用	8	8
	制度上墙	/	2.0
	辐射安全警示牌	4	2.0
	环境影响评价及竣工环保验收费用	/	13.9
合计			56.3

本项目总投资 800 万元，其中环保投资 56.3 万元，占总投资的 7.03%。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做补充，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 射线检测设备	II	1	Cylindscan-2000 型	200	1.5	产品质量检测	湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区	周向探伤机
2	X 射线检测设备	II	1	SDX-LCT-150 型	180	0.5		湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区	周向探伤机
3	X 射线检测设备	II	1	SDX-LCT-150 型	180	0.5		储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区	周向探伤机
4	X 射线检测设备	II	1	RMCT4000 型	225	3.0		金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室	定向机（左→右）

（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/m^3，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/m^3）和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 8 月 15 日起实施； （2）《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； （3）《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日起实施； （4）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版），2021 年 1 月 1 日起实施； （5）《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 日起施行； （6）《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； （7）《放射工作人员职业健康管理办法》，2007 年 11 月 1 日； （8）《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； （9）《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）； （10）《关于发布〈射线装置分类办法〉的公告》，生态环境部，2026 年 10 月 14 日； （11）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 27 日发布，2024 年 2 月 1 日起施行。
技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （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）； （3）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023 年 3 月 1 日实施； （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/T 250-2014/XG1-2017）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。
其他	（1）本项目委托书； （2）《辐射防护技术与管理》（张丹枫赵兰才编著）第一卷； （3）宁德福宁时代新能源有限公司提供的本项目相关资料。

表 7　保护目标与评价标准

7.1 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》（HJ10.1-2016）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 机自带屏蔽体并设置 CT 检测区和 CT 检测室。因此，本项目评价范围为 CT 检测区和 CT 检测室外 50m 范围。

7.2 保护目标

根据对本项目周围环境的现场踏勘和调查，结合图 1-2，本评价范围为评价范围内职业工作人员，公众人员包括周边生产人员、周边村居和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下表 7.2-1。

表 7.2-1 本项目主要环境保护目标一览表

区域	场所	保护目标	方位及距离	人数（人）	管理限值（mSv/a）
湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧生产区	公众	6.6	10	0.25
	西北侧休息室		32.1m	流动人员	
	西侧缓冲区		2.2m	流动人员	
	西侧换鞋区		7.9m	流动人员	
	西侧厂区道路		15.9m	流动人员	
	西侧 H4 厂房		33.4m	10	
	南侧车间一 1		2.2m	2	
	南侧厂区道路		11.2m	流动人员	
	东侧车间一 2		3.2m	1	
	东北侧生产区		7.5m	5	
湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧生产区 1	公众	13.2m	5	0.25
	西侧办公区		2.2m	1	
	西侧阳极备料预留区		5.4m	10	
	西侧厂区道路		32.1m	流动人员	
	南侧 ME 备件库		21.3m	1	
	东侧车间过道		紧邻	流动人员	
	东侧生产区		23.3m	10	
	西北侧现有 1#CT 检测区位置（开机状态）		22.2m	2	
	南侧车间区域（功能区		1m	2	

	域未确定）				
储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧生产区	公众	3.2m	5	0.25
	北侧厂区道路		8.1m	流动人群	
	北侧 Q1 厂房		27.1m	10	
	西侧厂区道路		紧邻	流动人群	
	西侧 Q5 厂房		17.4m	10	
	南侧生产区		紧邻	3	
	南侧厂区道路		7.2m	流动人群	
	南侧 Q8 仓库一		18.2m	2	
	东侧生产区 1		1m	20	
	东侧厂区道路		43.2m	流动人群	
金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室（建设中）	设备拟安装位置	辐射工作人员	本项目	2	5
	北侧 MSA 计量室	公众	2.7m	2	0.25
	北侧极片拆解房		15.5m	2	
	北侧厂区通道		25.5m	流动人员	
	北侧休息室		31.2m	流动人员	
	北侧 IE 资产仓		43.8m	2	
	西侧气瓶室		紧邻	1	
	西侧惰化粉存放间		3.7m	2	
	西侧废电解液存放间		7.2m	1	
	西侧厂区道路		12.8m	流动人员	
	南侧厂区道路		紧邻	流动人员	
	南侧内拆包间		12.5m	2	
	南侧厂区通道		49.2m	流动人员	
	东侧车间通道		紧邻	流动人员	
	东侧生产区		2.5m	20	

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。

Bl 剂量限值

Bl.1 职业照射

Bl.1.1 剂量限值

Bl.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，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（但不可做任何追溯性平均），20mSv。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv

B1.2 公众照射

Bl.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，lmSv。

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

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）

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

5.1X 射线探伤机

5.1.1X 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）安全联锁是否正常工作；

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。

5.1.3X 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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/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 100μSv/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≤100μSv/周

公众：H_e≤5μSv/周

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

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

式中：

H_e——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（μSv/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（h/每周）。

t 按式（2）计算：

$$t=W/（60*I）\text{.....（2)}$$

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“mA*min 值”），mA*min/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 $H_{e,\ max}$=2.5μSv/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）探伤室上方已建、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（μSv/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 100μSv/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	≤2.5μSv/h	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
	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	≤100μSv/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，厦门尚岛环保科技有限公司委托福建宏邦检测技术有限公司分别于 2026 年 8 月 14 日和 9 月 7 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

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中“5.3.3 射线装置”的辐射环境监测内容，结合本项目评价范围（CT 检测区和 CT 室外 50m 范围），确定本项目检测点位为工业 CT 机所放置位置及 CT 室周边受影响区域，具体监测点位见表 8.1-1。监测点位见图 8-1。

（2）监测因子

γ辐射空气吸收剂量率。

表 8.1-1 项目环境质量现状监测点位情况表

位置	监测地点	监测内容
湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区	设备拟安装位置	γ辐射空气吸收剂量率
	北侧生产区	
	西北侧培训室	
	西侧缓冲区	
	西侧换鞋区	
	西侧厂区道路	
	南侧车间一	
	南侧厂区道路	
	东侧车间一	
	东北侧生产区	
湖西厂区 H2 厂房东南侧 CT 检测区	设备拟安装位置	
	现有 1#CT 检测区位置（开机状态）	
	西侧阳极备料预留区	
	西侧厂区过道	
	南侧 ME 备件库	
	南侧车间区域（功能区域未确定）	
	东侧车间过道	
	东侧生产区	
	北侧生产区 1	
	东北侧生产区 2	
	西北侧办公室	
	东侧会议室	
储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区	设备拟安装位置	
	北侧生产区	
	北侧厂区道路	
	北侧 Q1 厂房	
	西侧厂区道路	

	西侧 Q5 厂房	
	南侧生产区	
	南侧厂区道路	
	南侧 Q8 仓库一	
	东侧生产区 1	
	东侧生产区 2	
	东侧厂区道路	
金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室*	设备拟安装位置	
	北侧	
	西侧	
	南侧	
	东侧	

注：金垂目前施工中，厂房未建成，现状监测选取拟建设 CT 室所在位置及其四周

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：福建宏邦检测技术有限公司；监测时间：2026 年 8 月 14 日（监测环境条件：温度 33℃，湿度 68%RH）、2026 年 9 月 7 日（监测环境条件：温度 32℃，湿度 47%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 61-2021）。

③监测仪器：便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪。

本次现状监测使用的仪器参数见表 8.2-1，该仪器由上海市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	便携式 X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6+6150 AD-b/H
量程	5nSv/h-99.99μSv/h
相对固有误差	7.5%（^{137}Cs)
辐射源	^{137}Cs
检定/校准单位	福建省计量科学研究院
检定/校准证书编号	25R2-00151
有效期限	2025 年 9 月 26 日起至 2026 年 9 月 25 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

本项目使用的CT机所在的CT室及其周边监测结果见表8.3-1，检测报告见附件10。

表8.3-1　CT检测区、CT检测室及周边剂量当量率背景监测结果

位置	监测地点	监测结果（nGy/h）	监测工况
湖西厂区H3厂房西南侧CT检测区	设备拟安装位置	117±1	背景监测
	北侧生产区	116±2	
	西北侧培训室	117±1	
	西侧缓冲区	115±1	
	西侧换鞋区	116±2	
	西侧厂区道路	118±1	
	南侧车间一	116±1	
	南侧厂区道路	119±1	
	东侧车间一	116±1	
	东北侧生产区	116±1	
湖西厂区H2厂房东南侧CT检测区	设备拟安装位置	134±1	
	现有1#CT检测区位置（开机状态）	143±1	
	西侧阳极备料预留区	143±1	
	西侧厂区过道	127±1	
	南侧ME备件库	135±1	
	南侧车间区域（功能区域未确定）	135±1	
	东侧车间过道	143±1	
	东侧生产区	144±1	
	北侧生产区1	150±1	
	东北侧生产区2	134±1	
	西北侧办公室	134±1	
	东侧会议室	121±3	
储能工厂Q3厂房西侧CT检测区	设备拟安装位置	128±1	
	北侧生产区	127±2	
	北侧厂区道路	121±3	
	北侧Q1厂房	124±1	
	西侧厂区道路	128±2	
	西侧Q5厂房	124±1	
	南侧生产区	131±1	
	南侧厂区道路	125±1	
	南侧Q8仓库一	127±1	
	东侧生产区1	127±1	
	东侧生产区2	125±1	
	东侧厂区道路	125±2	
金垂基地电芯厂房一东北侧CT室*	设备拟安装位置	113±1	
	北侧	111±2	
	西侧	111±1	
	南侧	113±1	
	东侧	115±2	

由表 8.3-1 的监测结果可知，宁德福宁时代新能源有限公司 CT 机所在的 CT 检测区（CT 室）及其周边γ辐射空气吸收剂量率在 111～150nGy/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），宁德市室外环境γ辐射剂量率水平在 63.5~221.0nGy/h 之间，室内环境γ辐射剂量率水平在 99.9~248.0nGy/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。

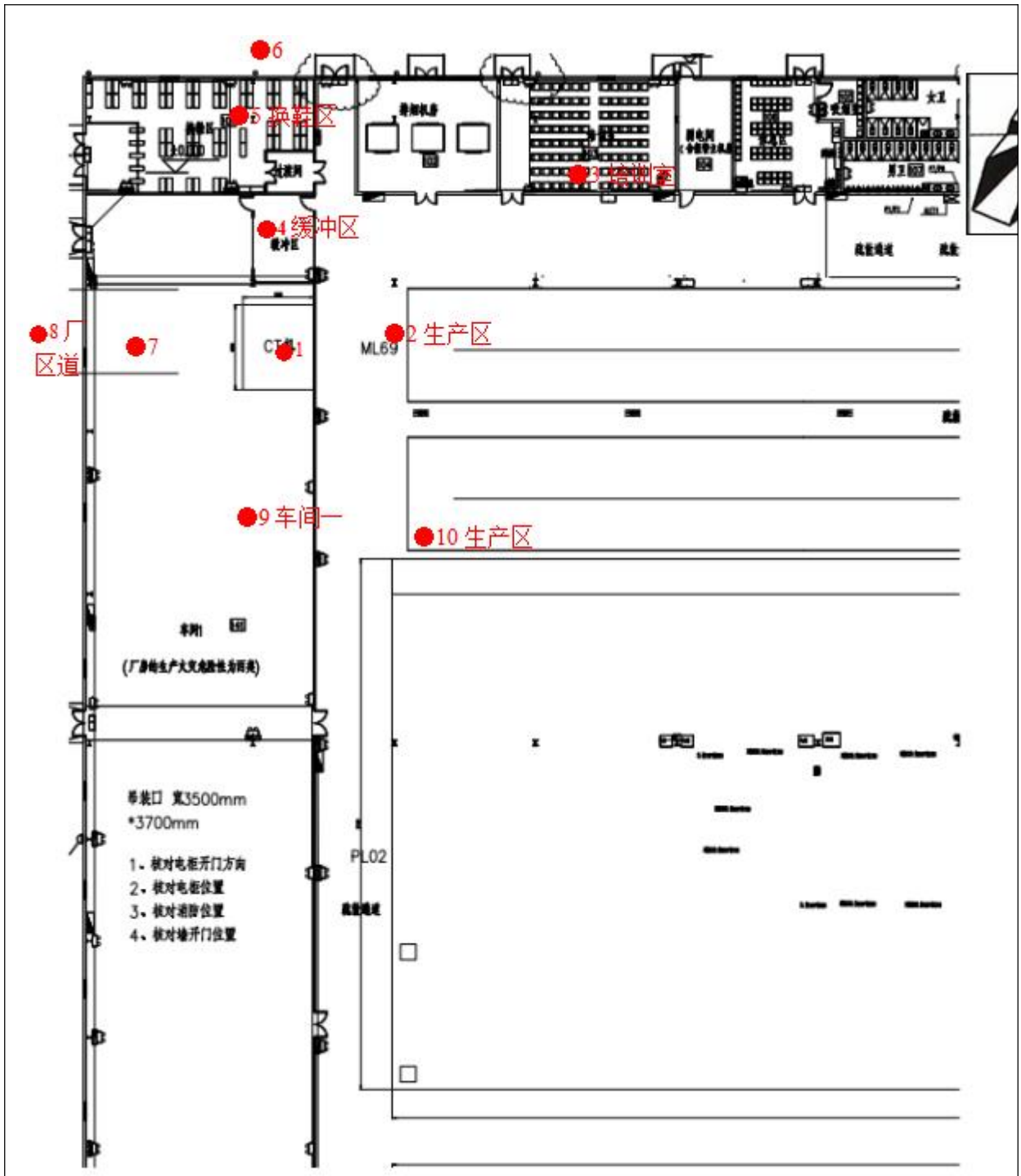


图 8-1.1　湖湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区及其周边监测点位示意图

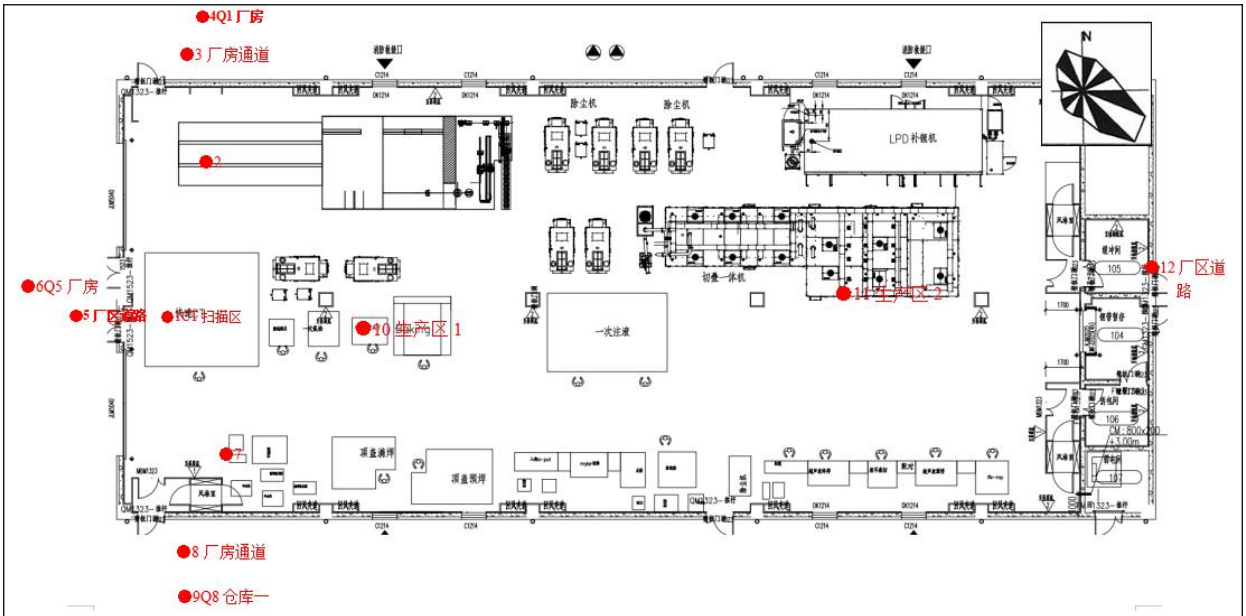


图 8-1.2 湖西厂区 H2 厂房东南侧 CT 检测区及其周边监测点位示意图



图 8-1.3 储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区及其周边监测点位示意图

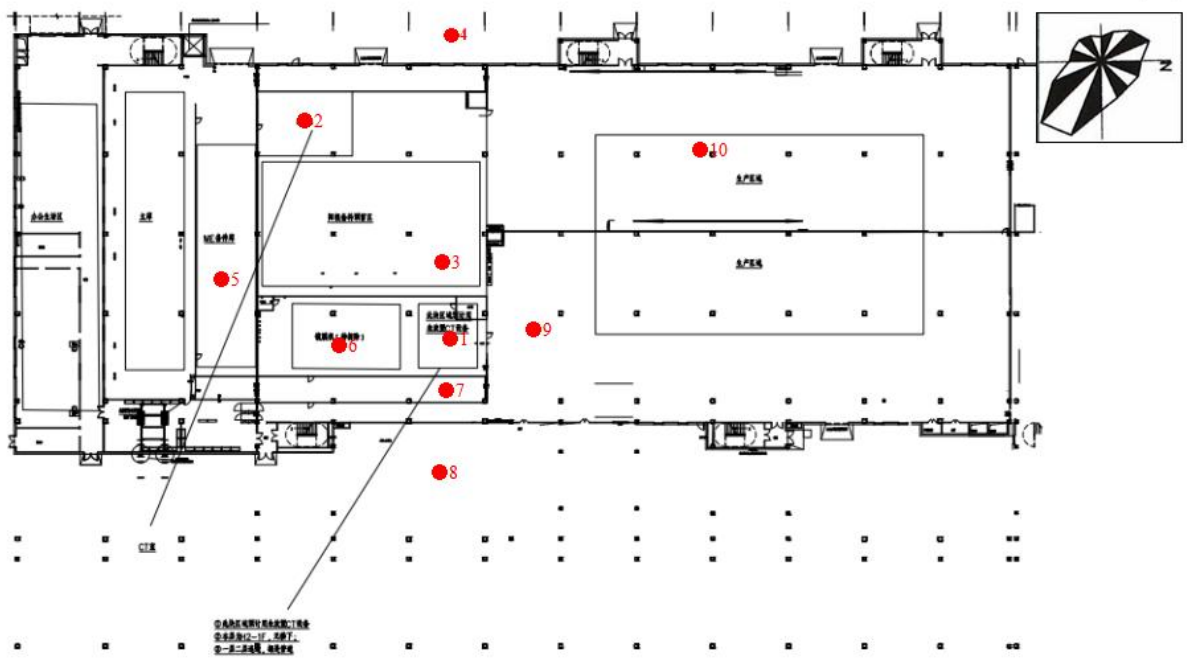


图 8-1.4　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室及其周边监测点位示意图

表 9　项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 H3CT 机

1.设备结构组成

H3CT 机型号为“Cylindscan-200 型”，由天津三英精密仪器有限公司生产，最大管电压 200kV，最大管电流 1.5mA，设备主要由两级箱体（进出件箱体、扫描箱体）和图像采集系统、图像分析与处理软件系统组成。进出件箱体为导轨，输送样品；扫描箱体为探测区，由 X 射线源、样品台、探测器等组成，外形设备长 4663mm（进出件箱体 1921mm、扫描箱体 2742mm），高 3477mm（进出件箱体 1400mm、扫描箱体 2077mm），宽 2990m（进出件箱体 1048mm、扫描箱体 1942mm），设备组成见表 9.1-1，设备效果图 9-1。

图 9-1 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	小焦点 X 射线源	转盘式小焦点 X 射线管	提供高品质高分辨率的 X 射线
2	非晶硅数字平板探测器	高对比度实时平板探测器	支持平板探测器校正，有效确保探测器长期运行过程中图像质量的稳定和使用寿命
3	扫描机械系统	高精度转盘、精密机械轴、伺服电机、导轨	确保旋转精度和运动定位精度
4	安全防护外罩	钢－铅夹层、安全防护铅房	采用全防护设计，确保设备外表面辐射剂量率≤ 1uSv/h，安全防护装置全方位保证操作使用人员的安全。
5	上下料小	上下料小车	用精密定位机构，升降托举电池模组，直径精准对位

	车		设备上料位置碳纤维托盘，实现快速准确重复上下料工作
6	计算机工作站	液晶显示器、电脑	安装扫描和重构软件，分析软件，以满足 CT 扫描、图像重构，自动分析等功能
7	扫描和重构软件	扫描和重构软件	扫描软件运行时实时采集图像透视图信息，重构软件利用采集到的透视图信息进行三维重构建立三维模型
8	其他软件	分析软件	分析涂胶占比

H3CT 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	Cylindscan-200 型
生产厂家	天津三英
用途	电池模组涂胶检测
设备尺寸	4663mm×2990m×3477mm（H)
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压	200kV
最大管电流	1.5mA
最大功率	150W
成像方式	数字实时成像
主束方向	射线源及探测器围绕直径为 800mm 的圆旋转，旋转角度 0-360°

2、工作原理

常规工业 CT 机基本工作原理为：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 射线断层检查仪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。

H3CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致，不同在于本设备分成两级箱体，进出件箱体主要起导轨输送样品作用，扫描箱体为检测区。扫描箱体内射线源和探测器固定在转盘中，转盘可进行 0-360°顺时针旋转。当样品进入扫描箱体后，射线源和探测器可绕样品 0-360°旋转，对样品各侧进行探测。

9.1.2 H2CT 机和 Q3CT 机

1.设备结构组成

H2CT 机和 Q3CT 机型号为“SDX-LCT-150 型”，由宁德思客琦智能装备有限公司生产，最大管电压为 180kV，最大管电流 0.5mA，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 2560mm，宽 2068mm，高 2072.5mm，设备组成见表 9.1-3，设备效果图 9-2。

图 9-2　H2CT 机和 Q3CT 机效果图

表 9.1-3“SDX-LCT-150 型”CT 机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	钢-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≤1.0μSv/h，安全防护装置全方位保证操作使用人员的安全，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，直接精准对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料
6	自校准装置	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	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

H2CT 机和 Q3CT 机设备技术参数见表 9.1-4。

表 9.1-4 “SDX-LCT-150 型”CT 机设备基本技术参数

设备型号	SDX-LCT-150 型
用途	电芯质量检测
设备尺寸	长×宽×高=2560mm×2068mm×2072.5mm
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压	150kV
最大管电流	0.5mA
成像方式	数字实时成像
射线源与探测器距离	700
主束方向	射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆旋转，旋转角度 0-360°
射线锥束角	67°

2.工作原理

“SDX-LCT-150 型”CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致。不同在于本设备内射线源和探测器固定在转盘中，转盘可进行 0-360° 顺时针旋转。同时设置两个载物台，可同时对两个物件进行扫描，当样品进入检测箱体后，射线源和探测器可绕样品 0-360° 旋转，对样品各侧进行探测。

9.1.3 金垂 CT 机

1.设备结构组成

金垂 CT 机型号为 RMCT4000 型”CT 机，由俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产，最大管电压 225kV，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，设备外形长 3230mm，宽 2120mm，高 2190mm。设备组成见表 9.1-5，设备效果图 9-3。

图 9-3 金垂 CT 机设备效果图

表 9.1-5“RMCT4000 型”CT 机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	钢-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≤1.0μSv/h，安全防护装置全方位保证操作使用人员的安全，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，直接精准对接转台系统，实现工件的机外装夹及快速重复上下料
6	自校准装置	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	扫描及重建软件满足实时 CT 扫描及图像重建等多任务要求。
9	其他软件	无损分析软件、统计分析软件	实现对测量数据的有效运用

金垂 CT 机设备技术参数见表 9.1-4。

表 9.1-6 “RMCT4000 型”CT 机设备基本技术参数

设备型号	RMCT4000 型
生产厂家	俐玛精密测量技术（苏州）有限公司
用途	产品质量检测
设备尺寸	长×宽×高=3220mm×2120mm×2190mm
防护门尺寸	宽 1.0m×高 1.5m
设备自屏蔽	设备具有自屏蔽箱体
最大管电压和最大管电流	225kV，3.0mA
成像方式	数字实时成像
主束方向	定向，从设备正面看自左向右
射线锥束角	40°

2.工业 CT 机工作原理

金垂 CT 机探伤原理与常规射线探伤原理一致。不同在于该设备射线源与探测器可上下移动，根据扫描物件的尺寸，调整射线源与探测器位置进行探伤。

9.1.2 工艺流程及产污环节

本项目使用的工业 CT 机主要用于产品质量检测。其工艺流程基本相同，工艺流程示意图详见图 9-3。

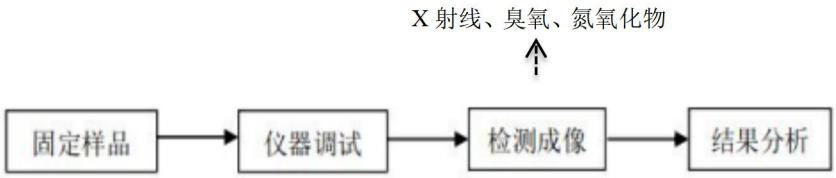


图 9-3　本项目工业 CT 机工艺流程

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。

送样、设备自检：打开自检操作软件，自检内容包括：连接射线源、连接探测器、连接控制器、控制器回零、射线源预热、偏移量校正。

样品放置：打开上下料口→用扫码枪记录电芯信息→放入电芯→关闭铅门→点击门锁复位。为了确保扫描结果，电芯放置时定位要准确。（储能工程 2#CT 机设置自动上下料系统，通过输送带自动进行上下料，无需人员操作，上下料过程射线管关闭）

仪器调试、测试成像（H3CT 机、H2CT 机、Q3CT 机）：曝光，打开 X 射线，工业 CT 机开始对工件进行检测，X 射线束绕着被测工件进行 360°旋转进行扫描，扫描被测工件各个面，检测时间大约 1-5min；此环节产生 X 射线，少量臭氧及氮氧化物。

仪器调试、测试成像（金垂 CT 机）：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～10min；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，操作人员切断射线管电源，关闭 X 射线设备，打开上下料口，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

本次拟在湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区新增的 3 台 CT 机因场地限制，采用警戒带围挡。金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室新增的 CT 机在现有 CT 室内布置，CT 室采用厚度 200mm 的砖瓦砌成；本次新增的 4 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，

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

根据工业 CT 机的工作原理可知，X 射线是随射线装置的开、关而产生、消失。本次项目所使用的工业 CT 机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 4 台 CT 机工作时最大管电压为 180kV、200kV 和 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

工业 CT 机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 射线泄漏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 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：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：这种区域未被规定为控制区，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 机设备自屏蔽体内部区域划为控制区。各场所监督区和控制区见图 10.1～图 10.4。

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，工业 CT 机设备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。

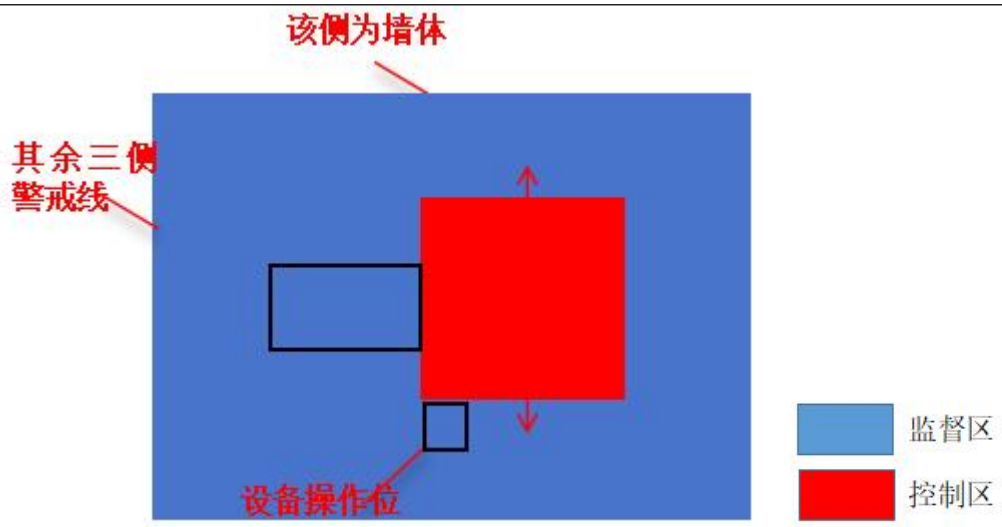


图 10-1　湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区控制区和监督区图

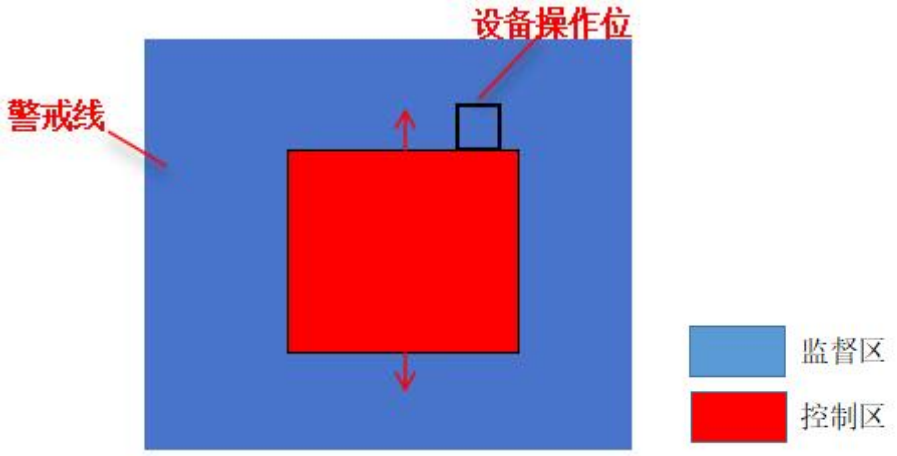


图 10-2　湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区控制区和监督区图

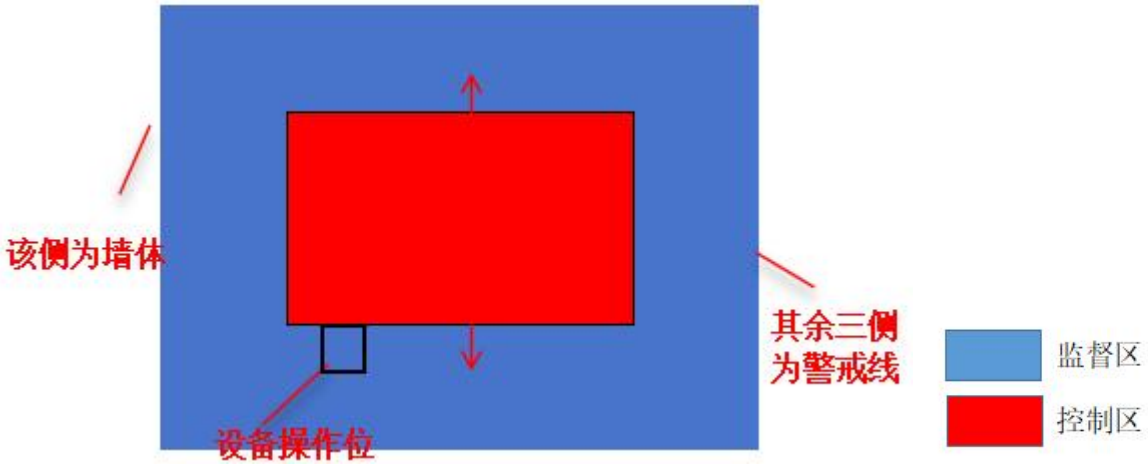


图 10-3　储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区控制区和监督区图

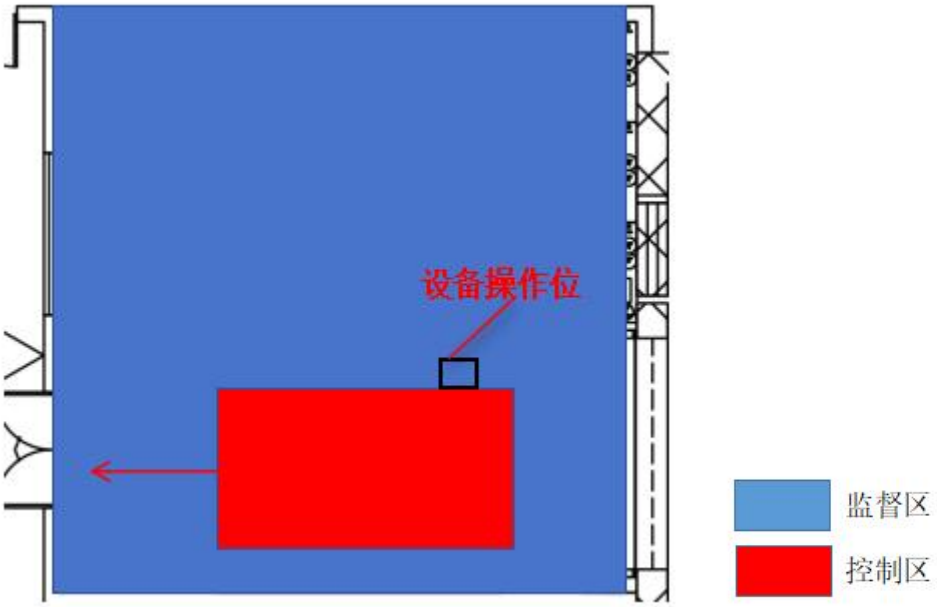


图 10-4　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室控制区和监督区图

10.2 辐射防护屏蔽设计

10.2.1 H3CT 机（型号“Cylindscan-200 型”）

“Cylindscan-200 型”CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。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（扫描箱体）。内层为铅板，外表层为钢板，屏蔽铅板厚度在 12mm 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 10.2-1。CT 机剖视图见图 10-5 所示。

表 10.2-1“Cylindscan-2000 型”CT 机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			-

注：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

进出件箱体扫描件进出口带有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，再开启 X 射线。

（2）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（扫描箱体），红灯亮表示“设备处于打卡，维护或警报状态”；黄灯亮表示“设备处于待机状态，可以工作”；绿灯亮表示“设备处于工作状态”。警示灯与 X 射线管（高压管）联锁启用。

（3）视频监控设施

设备设有监视器，连接控制台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

（4）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。

（5）通风装置

扫描箱体内采取下侧自然进风，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漏。防护厚度均为 12mm 铅板。单个风扇排风量为 30m³/h，系统配置一个风扇，扫描箱体内部空间约 8m³，每小时换风 3.7 次，每小时通风换气次数不少于 3 次

（6）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 射线管电压。

图 10-5 H3CT 机剖面示意图

10.2.2 H2CT 机和 Q3CT 机（型号“SDX-LCT-150 型”）

H2CT 机和 Q3CT 机型号为“SDX-LCT-150 型”，CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。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，屏蔽铅板厚度在 8.0mm 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 10.2-1。CT 机剖视图见图 10-6 所示。

表 10.2-1“SDX-LCT-150 型”CT 机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		

注：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

该 CT 机正面进料门安装 1 个门机联锁只有在上料口完全关闭到位之后，设备才能接收到高压联锁接通的信号，具备出束条件，一旦上料口未完全关闭，工业 CT 机无法出束。

（2）警告标志及工作状态指示灯

该设备设置一个工作状态三色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。

（3）视频监控设施

本项目工业 CT 机内设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

（4）急停按钮和控制锁

该工业 CT 共设置 3 个急停开关，分别位于前侧（操作台）、左侧和后侧，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行，紧急情况下可按下急停开关快速切断供电系统使 X 射线立即停止出束。急停按钮被按下后，必须首先将其复位，系统才可重启。

（5）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漏。防护厚度均为 8.0mm 铅板。单

个风扇排风量为 23m³/h，系统配置一个风扇，本设备内部空间约 7m³，每小时通风换气次数 3.3 次，不少于 3 次。

（6）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 射线管电压。

图 10-6　H2CT 机和 Q3CT 机剖面示意图

10.2.3 金垂 CT 机（型号“RMCT4000 型”）

“RMCT4000 型”CT 机的结构采用带完整铅屏蔽的全铅防护设计。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，屏蔽铅板厚度在 26mm～32mm 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 10.2-1。CT 机剖视图见图 10-7 所示。

表 10.2-1“RMCT4000 型”CT 机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			-
2				-
3				-
4				-
5				-
6				-
7				-

注：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，再开启 X 射线。

（2）急停按钮和控制锁

设备上设有 4 个急停按钮（控制面板一处、操作门一处、后侧两处）和主开关，只有主开关启动后，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，顶部风扇式机械排风，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漏。防护厚度均为 22mm 铅板。系统

配置 2 个风扇，每个风扇风量 118m³/h，该设备内部空间约 12m³，每小时换风 19.6 次，不少于 3 次。

（5）控制台

设备控制台连接屏幕设有 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。且控制台与安全联锁机制接口，当防护窗未全部关闭时不能接通 X 射线管电压。

（6）视频监控设施

设备设有监视器，连接控制台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。

图 10-7 金垂 CT 机剖面图

10.3 工作场所辐射安全和防护

（1）设备自带防护

①本次 4 台 CT 机设备均带有工作指示灯和警示灯，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公司拟在本项目所在基地配备一台便携式辐射剂量仪（共计 4 台），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。并按照规定，定期对便携式辐射剂量仪进行检定/校准，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等”

②公司拟在本项目的 CT 检测区及 CT 室内各配置一台固定式场所辐射探测报警装置（共计 4 台），对正在工作的工业 CT 机的检测区场所进行实时监测，确保检测区剂量率正常。

（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。

③拟在 H3 厂房 CT 检测区、H2 厂房 CT 检测区、Q3 厂房 CT 检测区和金垂基地电芯厂房一 CT 室各配备 2 套应急铅衣和 1 台应急对讲机（共计 8 套应急铅衣和 4 台应急对讲机）等，由操作人员保管。

（4）CT 室防护

拟在本项目的 CT 检测区和 CT 室的工作区外设电离辐射警告标识和中文警示说明。

各 CT 检测区和 CT 室辐射安全与防护措施分布图见图 10-8~图 10-11。

10.4 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，根据宁德福宁时代新能源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 10.4-1。

10.5 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，另 CT 室内安装有动力排风装置和空调，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。

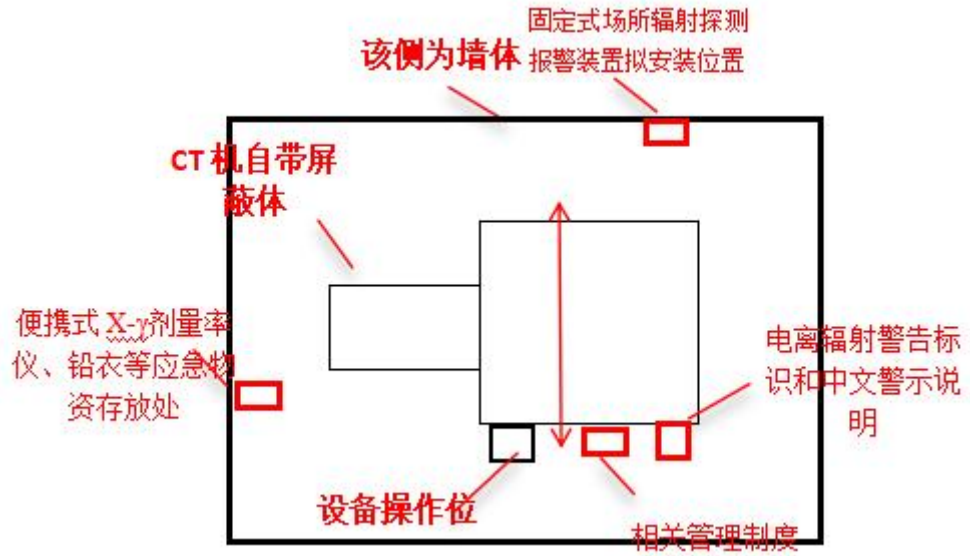


图 10-8　湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区辐射安全与防护措施分布图

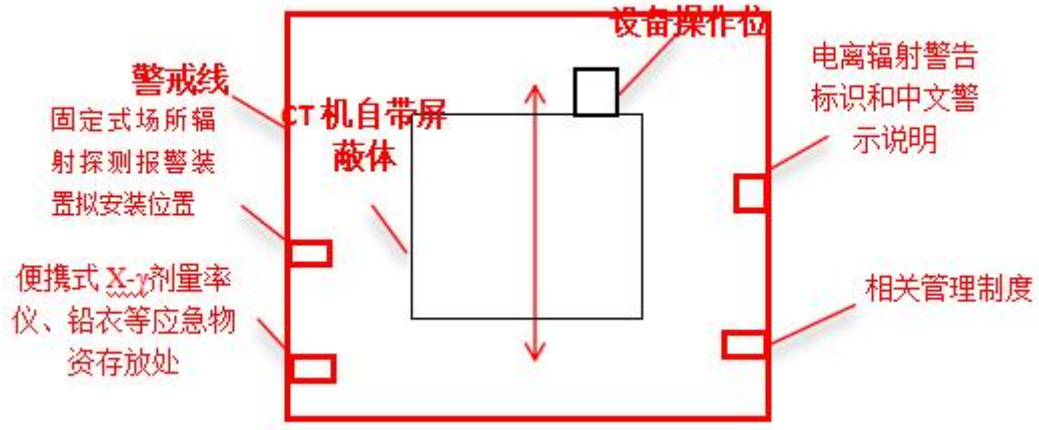


图 10-9　湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区辐射安全与防护措施分布图

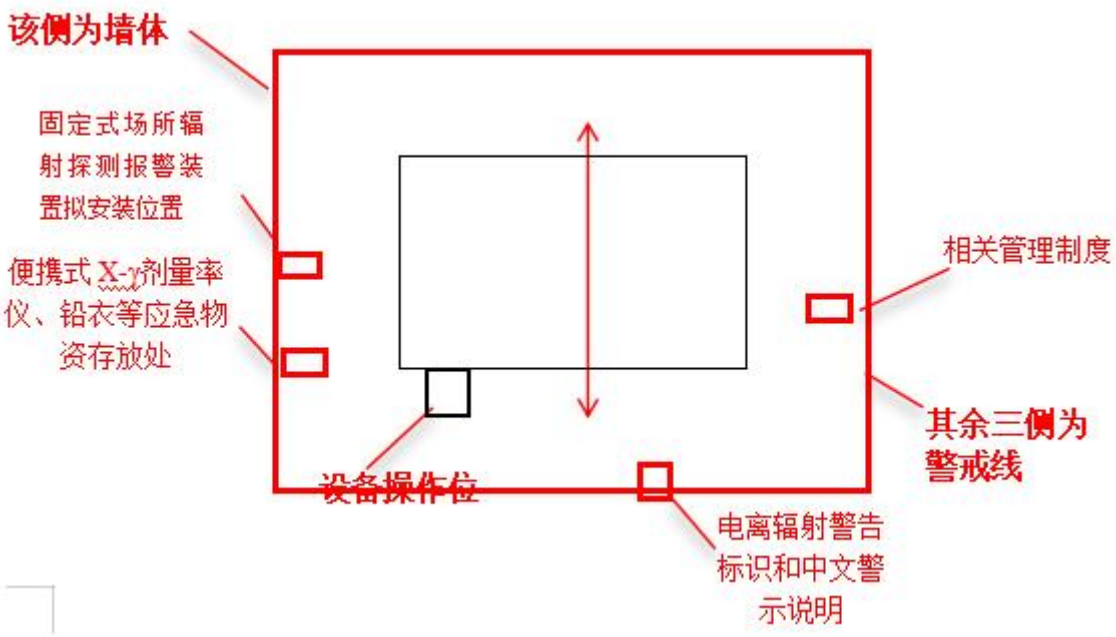


图 10-10　储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区辐射安全与防护措施分布图

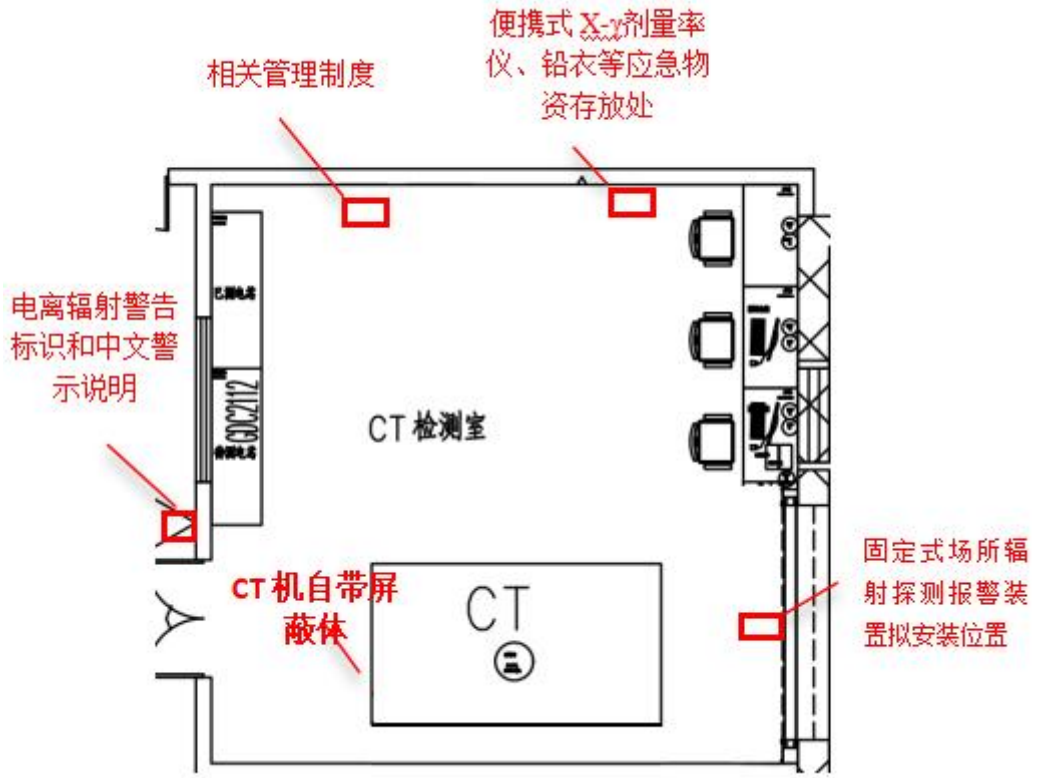


图 10-11　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室辐射安全与防护措施分布图

表 10.4-1 本项目工业 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）	H3CT 机（Cylindscan-2000 型）	H2CT 机和 Q3CT 机（SDX-LCT-150 型）	金垂 CT 机（RMCT4000 型）	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，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。	本项目操作位设置于 CT 机的左前侧，避开有用线束的直接照射（有用线束周向）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本项目操作位设置于 CT 机的右前侧，避开有用线束的直接照射（有用线束周向）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	本 CT 机操作位位于设备前侧，避开有用线束方向，避开有用线束方向（有用线束左→右）。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	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 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 机内设为控制区，CT 室设为监督区，实行分区管理。			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 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/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 2.5μSv/h。	本 CT 机自带铅房屏蔽体，根据预测结果，屏蔽体外 30cm 处关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h 的要求。			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 100μSv/h。	本 CT 机自带铅房屏蔽体，屏蔽体上方无人员到达情况，根据预测结果，屏蔽体顶部外 30cm 处关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h 的要求。			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 机设备进出件箱体防护门设有门－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 射线管电压。	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 射线管电压。	该设备防护门设有门－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	本项目工业 CT 机控制台设	该设备设置一个工作状态三	该设备自带有一个工作警示	符合

“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	有高压接通时的指示装置，当接通电源时，指示灯亮起。	色指示灯，以警示人员注意安全。配备了红色、绿色、黄色三种灯光，不同的灯光表示设备不同的运行状态：红灯发光常亮表示设备 X 射线管打开，这时设备正在工作中；绿灯常亮表示设备处于正常状态，即所有的门已关好可以打开 X 射线管对物品进行检测。黄灯闪烁表示进料门未关。	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 室外设有工作状态指示灯。	
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。	该设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	该设备设有监视器，连接操作台，用于对设备内的实时 X 射线工作情况监视。	该设备设有监视器，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 检测区和 CT 室外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。	该工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体各设置 4 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即切断 CT 机电源，确保停止照射。	该工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体各设置 3 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即切断 CT 机电源，确保停止照射。	该工业 CT 机内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体各设置 4 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即切断 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。	该 CT 机系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 30m³/h，该设备内部空间约 8m³，每小时换风 3.7 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 1 个风扇，每个风扇风量 23m³/h，该设备内部空间约 7m³，每小时换风 3.2 次，不少于 3 次。	该 CT 机系统配置 2 个风扇，每个风扇风量 118m³/h，该设备内部空间约 12m³，每小时换风 19.6 次，不少于 3 次。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	拟在湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区和金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室各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 机的场所进行实时监测，确保剂量率正常。			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。	建设单位已制定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，	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

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。	建设单位已委托第三方检测机构对研发区周围的环境辐射水平进行每年一次年度检测。并且日常使用 X-γ辐射剂量率仪，定期（每月不少于 1 次）对设备外周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。	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。	建设单位已制订详细的操作规程并进行人员内部培训，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。	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。	建设单位已制定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

表 11　环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本次拟在湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区新增的 3 台 CT 机因场地限制，采用警戒带围挡。金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室新增的 CT 机在现有 CT 室内布置，CT 室采用厚度 200mm 的砖瓦砌成；本次新增的 4 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，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，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

CT 机	**H3CT 机（SDX-LCT-150 型）**	**H2CT 机和 Q3CT 机（SDX-LCT-150 型）**	**金垂 CT 机（RMCT4000 型）**
最大管电压	200kV	180kV	225kV
最大管电流	1.5mA	0.5mA	3.0mA
X 射线机光电管正常工作时的电压范围	40-200kV	40-180kV	180-220kV
X 射线机光电管正常工作时的电流范围	0.5～1.5mA	0.1～0.5mA	1.8～2.5mA
每次检测 X 射线的出射时间，min/次	1～5min	1～5min	5～10min
每个工件的检测次数，次/件	2	2	2
每天检测工件的时间，小时/日	4-6	4-6	4-6
周工作天数，天/周	5	5	5
年工作天数，天/a	250	250	250
年设备出束小时	1500	1500	1500
射线锥束角	43°	67°	40°

表 11.2-2　H3CT 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	左侧	
2	右侧	
3	上侧（主束方向）	
4	下侧（主束方向）	
5	前侧（主束方向）	
6	后侧（主束方向）	

表 11.2-3 H2CT 机和 Q3CT 机（SDX-LCT-150 型）X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	左侧	
2	右侧	
3	上侧	
4	下侧	
5	前侧	
6	后侧	

表 11.2-4　金垂 CT 机（RMCT4000 型）X 射线管距离各侧距离一览表

序号	方位	射线出口距离
1	右侧（主束方向）	
2	左侧	
3	上侧	
4	下侧	
5	前侧	
6	后侧	

11.2.1 辐射环境影响分析

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。

1.项目 CT 机运行情况

（1）H3CT 机（Cylindscan-2000 型）

H3CT 机最大管电压为 200kV，最大电流为 1.5mA，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 4～6h，以 6h（最大计）。配置 2 人轮流操作，操作位设置于设备左前侧。

H3CT 机其 X 射线源及探测器围绕直径为 800mm 的圆顺时针旋转，故其主束方向为前侧，后侧，上侧，下侧，左侧和右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 200kV，电流为 1.5mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 30h。

湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区平面布置情况见下图：

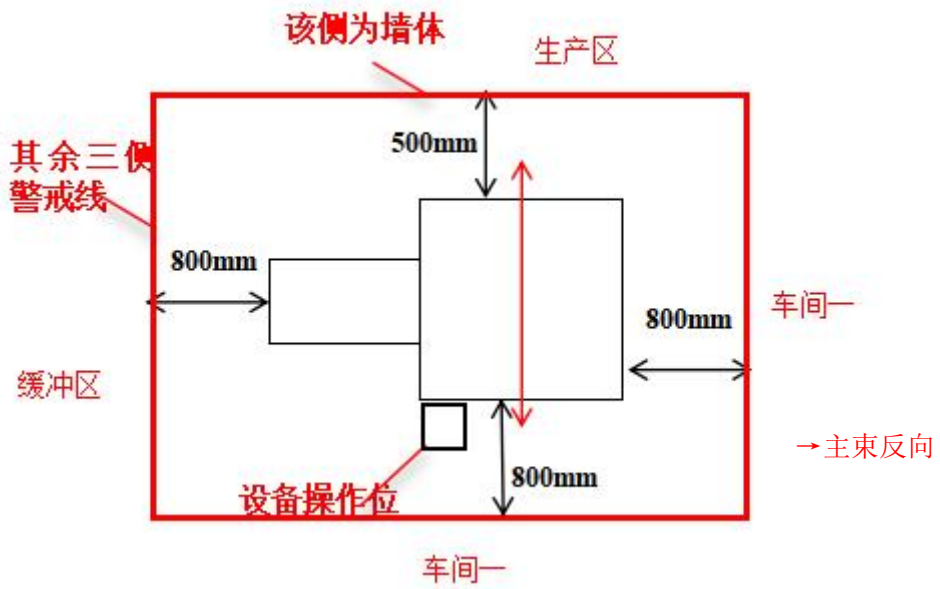


图 11-1 湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区 CT 机的摆放位置图

（2）H2CT 机和 Q3CT 机（SDX-LCT-150 型）

H2CT 机和 Q3CT 机最大管电压为 180kV，最大电流为 0.5mA，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 4～6h，以 6h（最大计）。配置 2 人轮流操作，操作位设置于设备左前侧。

H2CT 机和 Q3CT 机其 X 射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆顺时针旋转，故

其主束方向为前侧，后侧，上侧，下侧，左侧和右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。本项目计算取电压为 180kV，电流为 0.5mA，建设单位提供的设备每周出束时间为 30h。

湖西厂区 H2 厂房东南侧 CT 检测区和储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区平面布置情况见下图：

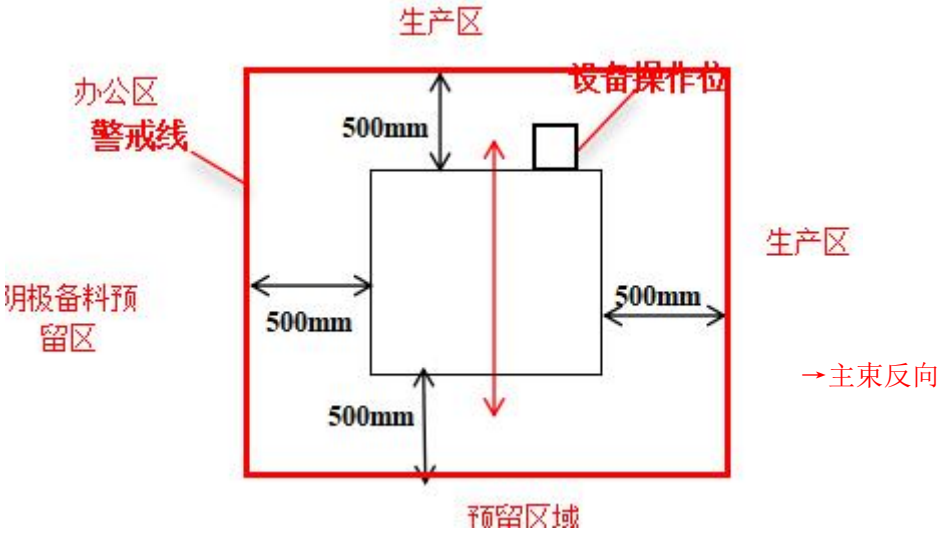


图 11-2 湖西厂区 H2 厂房西南侧 CT 检测区 CT 机的摆放位置图

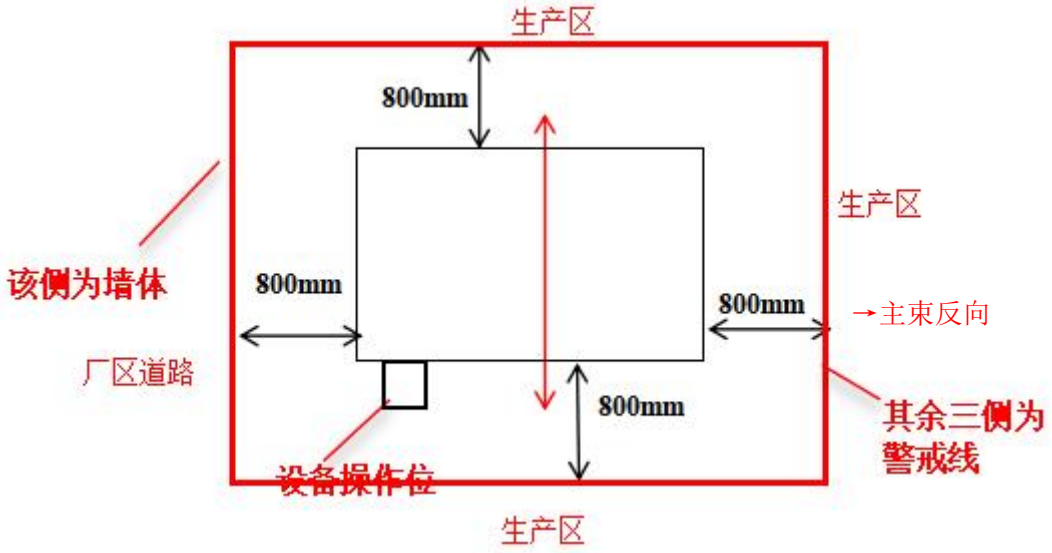


图 11-3 储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区 CT 机的摆放位置图

（3）金垂 CT 机（“RMCT4000 型”）

“RMCT4000 型”CT 机最大管电压为 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 4~6h，以 6h（最大计）。配置 2 人轮流操作，操作位设置于设备前侧。

“RMCT4000 型”CT 机为定向机，主射方向固定朝右照射（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。本项目取电压为225kV，电流为3.0mA，建设单位提供的设备每周出束时间为30h。

金垂基地电芯厂房西北侧CT室平面布置情况见下图：

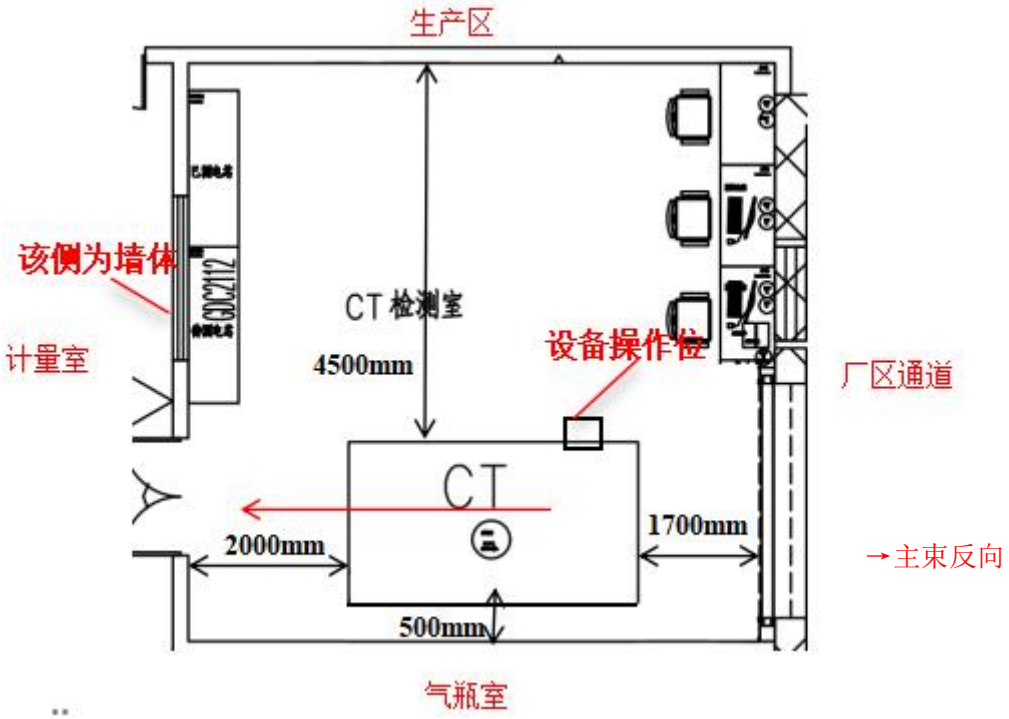


图11-4 金垂基地电芯厂房西北侧CT室CT机的摆放位置图

11.2.2 辐射工作场所周围关注点的辐射水平估算

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≤100μSv/周

公众：H_c≤5μSv/周

②取屏蔽体表面30cm处作为关注点，计算公式如下：

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

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（μSv/周），本项目周剂量控制水平辐射工作人员取100μSv/周，公众取5μSv/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（h/周）。本项目4台CT机周照射时间均以30h/周计。

U—使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；

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。

③关注点最高剂量参考控制水平 $H_{e,\ max}$=2.5μSv/h。

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

A. H3CT 机关注点剂量率参考控制水平

U—使用因子：X 射线装置向关注点方向照射的使用因子；本项目射线源及探测器围绕直径为 800mm 的圆旋转，因此扫描箱体前侧、后侧、上侧、下侧使用因子取 1。左侧，右侧使用因子均取 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，本项目在放置工件后，在操作台进行操作，因此扫描箱体左侧，前侧辐射工作人员居留因子保守取 1；右侧、后侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4。

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-5 关注点剂量率参考控制水平计算结果

CT 机	关注点	U	T	H_c（μSv/周）	t（h/周）	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h)	$\dot{H}_c$（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h
H3CT 机	扫描箱体前侧	1	1	100	30	3.33	2.5	2.5
	扫描箱体后侧	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5
	扫描箱体上侧（主束方向）	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5
	扫描箱体下侧（主束方向）	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5
	扫描箱体左侧（主束方向）	1/4	1	100		13.33	2.5	2.5
	扫描箱体右侧（主束方向）	1/4	1/4	100		53.33	2.5	2.5

B. H2CT 机和 Q3CT 机关注点剂量率参考控制水平

U—使用因子：H2CT 机和 Q3CT 机其射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆旋转，因此上侧、下侧、前侧、后侧使用因子取 1。左侧，右侧使用因子均取 1/4。

T—居留因子：H2CT 机和 Q3CT 机前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；后侧、左侧、右侧、上侧、下侧辐射工作人员居留因子保守取 1/4。

则关注点剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-6 关注点剂量率参考控制水平计算结果

CT 机	关注点	U	T	H_c（μSv/周）	t（h/周）	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h)	$\dot{H}_c$（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h
H2CT 机和 Q3CT 机	左侧	1/4	1/4	100	30	53.33	2.5	2.5
	右侧	1/4	1/4	100		53.33	2.5	2.5
	上侧（主束方向）	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5
	下侧（主束方向）	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5
	前侧（主束方向）	1	1	100		3.33	2.5	2.5
	后侧（主束方向）	1	1/4	100		13.33	2.5	2.5

C.金垂 CT 机关注点剂量率参考控制水平

U—使用因子：金垂 CT 机射线出束方向为左侧→右侧，右侧使用因子取 1，左侧使用因子取 1/16，其余各侧使用因子均取 1/4。

T—居留因子：金垂 CT 机前侧操作台辐射工作人员居留因子保守取 1；其余各侧工作人员居留因子保守取 1/4。

则关注点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

CT 机	关注点	U	T	H_c（μSv/周）	t（h/周）	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h)	$\dot{H}_c$（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h
金垂 CT 机	左侧	1/16	1/4	100	30	213.34	2.5	2.5
	右侧（主射方向）	1	1/4	100		13.34	2.5	2.5
	前侧（操作位）	1/4	1	100		13.34	2.5	2.5
	后侧	1/4	1/4	100		53.34	2.5	2.5
	上侧	1/4	1/4	100		53.34	2.5	2.5
	下侧	1/4	1/4	100		53.34	2.5	2.5

2.工业 CT 机周围关注点的剂量率估算

H3CT 机射线源及探测器围绕直径为 800mm 的圆旋转，因此本评价主束方向考虑前侧、后侧、上侧和下侧，左侧和右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

H2CT 机和 Q3CT 机射线源及探测器围绕直径为 930mm 的圆旋转，因此本评价主束方向考虑前侧、后侧、上侧和下侧。左侧、右侧考虑泄漏辐射和散射辐射。

金垂 CT 机射线固定朝右（左→右），因此本评价主束方向仅考虑右侧，上侧、下侧、左侧、前侧、后侧考虑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：

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

式中： X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—什值层厚度，mm；根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.2，采用内插法计算 X 射线在铅中什值层取值，本项目 H3CT 机最大管电压 200kV，TVL=1.4mm；H2CT 机和 Q3CT 机最大管电压为 180kV，TVL=1.224mm；金垂 CT 机最大管电压为 225kV，TVL=2.15mm。

计算可得各侧屏蔽投射因子，见表 11.2-8。

表 11.2-8 有用线束屏蔽透射因子计算结果

CT 机	关注点	X/屏蔽物质厚度/mmPb	TVL/什值层厚度/mm	B/屏蔽透射因子
H3CT 机	扫描箱体各侧	12	1.4	2.68×10^{-9}
H2CT 机和 Q3CT 机	上侧、下侧、前侧、后侧及上料门	8.0	1.224	2.91×10^{-7}
金垂 CT 机	右侧	32	2.15	1.31×10^{-15}
	其余各侧	22	2.15	5.85×10^{-11}

（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$\dot{H}$按下式计算：

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

式中：

$\dot{H}$—关注点剂量率参考控制水平，单位是μSv/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）。

H_0—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是$\mu Sv\cdot m^2/（mA\cdot h）$。

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m。

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）。

①H3CT 机

H3CT 机最大管电流为 I=1.5mA。

H_0—根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，H3CT 机最大管电压 200kV，则输出量 H_0 为 $1.722\times10^6\mu Sv\cdot m^2/（mA\cdot h）$。

B—屏蔽透射因子；$B=2.68\times10^{-9}$

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体上侧、下侧、前侧、后侧表面 30cm 处作为关注点。则 CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果见表 11.2-9。

表 11.2-9 H3CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I（mA)	B	H_0 μSv•m²/（mA•h)	R（m)	Ḣ（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h	评价
上侧	1.5					2.5	满足
下侧	1.5					2.5	满足
前侧	1.5					2.5	满足
后侧	1.5					2.5	满足

②H2CT 机和 Q3CT 机

H2CT 机和 Q3CT 机取最大管电流为 I=0.5mA。

H_0—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是μSv•m²/(mA•h)，两种型号使用的射线源相同，根据厂家给出的说明书中关于设备泄漏辐射剂量率的说明（附件 12），本项目 CT 机射线锥束角 67°，近似计算本项目 CT 机距辐射源点（靶点）1m 处输出量 H_0=464.6×3600×π×tan²33.5°/0.5=4.58×10⁶μSv·m²/（mA·h）。

B—屏蔽透射因子；B=2.91×10⁻⁷。

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，取工业 CT 机曝光点到铅屏蔽体上侧、下侧、前侧、后侧表面 30cm 处作为关注点。

则 H2CT 机和 Q3CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果见表 11.2-10。

表 11.2-10 H2CT 机和 Q3CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I（mA)	B	H_0 μSv•m²/（mA•h)	R（m)	Ḣ（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h	评价
上侧	0.5					2.5	满足
下侧	0.5					2.5	满足
前侧	0.5					2.5	满足
后侧	0.5					2.5	满足

③金垂 CT 机

金垂 CT 机取最大管电流为 I=3.0mA。

H_0—根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1，金垂 CT 机最大管电压 225kV，本评价保守取最大输出量 H_0 为 1.722×10⁶μSv·m²/（mA·h）。

B—屏蔽透射因子；B=1.31×10⁻¹⁵。

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位是 m，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 CT 机主射线辐射屏蔽计算相关参数及理论计算结果见表 11.2-11。

表 11.2-11 金垂 CT 机设备外表面 30cm 处辐射剂量率（主射线）

点位	I（mA)	B	H_0 μSv•m²/（mA•h)	R（m)	Ḣ（μSv/h)	剂量率控制要求/μSv/h	评价
右侧	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Ḣc 按下式计算

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

式中：

Ḣ—关注点剂量率参考控制水平，单位是μSv/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。

$\dot{H}_L$—距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位是μSv/h。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 1 得，H3CT 机$\dot{H}_L$=2500μSv/h，H2CT 机和 Q3CT 机$\dot{H}_L$=2500μSv/h，金垂 CT 机$\dot{H}_L$=5000μSv/h。

（3）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，本评价保守不考虑散射后能量衰减，H3CT 机、H2CT 机、Q3CT 机和金垂 CT 机取散射后的 X 射线能量仍取原最大管电压。

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Ḣ按下式计算

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

Ḣ—关注点剂量率参考控制水平，单位是μSv/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）。

H_0—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位是μSv•m²/（mA•h）。

B—屏蔽透射因子，按公式 11-3 计算。

R_S—散射体至关注点的距离，单位是 m。

R_0—辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）。

F—R_0 处辐射野面积，单位是 m²。

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.4。

①H3CT 机

根据建设单位资料，H3CT 机最大扫描角度为 43°，即出束中心轴与扫描圆锥边界夹角为 21.5°，则 $\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$ =0.0295。

H3CT 机设备外表面 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 11.2-12。

表 11.2-12　H3CT 机关注点剂量率估算结果

CT 机	屏蔽防护体	B	关注点距离 Rs（m）	Ḣ（μSv/h）		总剂量率（μSv/h）	剂量率控制要求/μSv/h	满足情况
				泄漏辐射	散射辐射			
H3CT 机							2.5	满足
							2.5	

②H2CT 机和 Q3CT 机

H2CT 机、Q3CT 机最大扫描角度为 67°，即出束中心轴与扫描圆锥边界夹角为 33.5°，则 $\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$ =0.055；

H2CT 机和 Q3CT 机设备外表面 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 11.2-13。

表 11.2-13 关注点剂量率估算结果

屏蔽防护体	B	关注点距离 Rs（m）	Ḣ（μSv/h）		总剂量率（μSv/h）	剂量率控制要求（μSv/h）	满足情况
			泄漏辐射	散射辐射			
左侧						2.5	满足
右侧						2.5	满足

③金垂 CT 机 Z2CT 机

金垂 CT 机最大扫描角度为 40°，即出束中心轴与扫描圆锥边界夹角为 20°，则$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$ =0.020；

金垂 CT 机设备外表面 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 11.2-14。

表 11.2-14　金垂 CT 机非有用线束关注点剂量率估算结果

参数		前侧（操作位）	后侧	左侧	上侧	下侧
屏蔽层铅当量（mm）						
泄漏辐射	B					
	R（m）					
	Ḣ（μSv/h）					
散射辐射	散射线能量（kV）					
	B					
	I（mA）					
	H_0					

	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	R_S（m)					
	Ḣ（μSv/h)					
泄漏辐射和散射辐射复合作用（μSv/h）						
剂量率参考控制水平（μSv/h）		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足

（5）估算结果分析

由表 11.2-9 和表 11.2-12 的预测结果可知，H3CT 机主束射线方向最大辐射剂量率 2.24×10^{-3}μSv/h，四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐复合作用最大剂量率为 3.49×10^{-4}μSv/h。

由表 11.2-10 和表 11.2-13 的预测结果可知，H2CT 机和 Q3CT 机主束射线方向最大辐射剂量率 0.491μSv/h，四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐复合作用最大剂量率为 2.44×10^{-2}μSv/h。

由表 11.2-11 和表 11.2-14 的预测结果可知，金垂 CT 机主束射线方向最大辐射剂量率为 1.33×10^{-9}μSv/h，四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐复合作用最大剂量率为 1.38×10^{-5}μSv/h。

综上所述，本项目 4 台 CT 机各关注点均满足《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 2.5μSv/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 2.5μSv/h”的要求。

11.2.3 年附加有效剂量估算

年附加有效剂量估算

$$H=Dr\cdot t\cdot T/1000 \quad (11\text{-}6)$$

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，μSv/h。

t—X 射线装置周照射时间，单位为小时每年（h/a）。

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，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 A.1；

（1）湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区（H3CT 机，“Cylindscan-2000 型”）

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 4～6h，以 6 小时计，配置 2 人操作，操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均为 1500h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）北侧为生产区，西侧 H4 厂房，南侧为车间一工作区 1，东侧为车间一工作区 2；东北侧为生产区居留因子取 1；西侧为缓冲区、换鞋区和西北侧为休息区居留因子取 1/4（部分居留），停车场和厂区道路居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。

根据表 11.2-15，在湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区的 CT 机运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 3.36×10^{-3}mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 3.36×10^{-3}mSv。

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

根据公式 11-6，在评价范围内，不考虑距离衰减情况下，湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区的 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-15 湖西厂区 H3 厂房西南侧 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率（μSv/h）	时间（h/a）	居留因子	年附加剂量（mSv/a）	约束值（mSv/a）
职业人员	射线装置拟安装位置（CT 检测区）	CT 机前侧	2.24×10^{-3}	1500	1	3.36×10^{-3}	5.0
公众人员	北侧生产区	CT 机后侧	2.24×10^{-3}		1	3.36×10^{-3}	0.25
	西北侧休息室	CT 机后侧	2.24×10^{-3}		1/4	8.39×10^{-4}	
	西侧缓冲区	CT 机左侧	3.49×10^{-4}		1/4	1.31×10^{-4}	
	西侧换鞋区	CT 机左侧	3.49×10^{-4}		1/4	1.31×10^{-4}	
	西侧厂区道路	CT 机左侧	3.49×10^{-4}		1/8	6.54×10^{-5}	
	西侧 H4 厂房	CT 机左侧	3.49×10^{-4}		1	5.23×10^{-4}	
	南侧车间一 1	CT 机前侧	2.24×10^{-3}		1	3.36×10^{-3}	
	南侧厂区道路	CT 机前侧	2.24×10^{-3}		1/8	4.19×10^{-4}	
	东侧车间一 2	CT 机右侧	1.28×10^{-4}		1	1.92×10^{-4}	
	东北侧生产区	CT 机右侧	1.28×10^{-4}		1	1.92×10^{-4}	

（2）湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区（H2CT 机，“SDX-LCT-150 型”）

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 4～6h，以 6 小时计，配置 2 人操作，操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均为 1500h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）CT 区东侧生产区，北侧生产区，西侧办公区和阳极备料预留区；南侧 ME 备件库；西北侧 CT 室；厂区道路、厂外道路和居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。

根据表 11.2-16，在湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区的 CT 机运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.575[2]mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 3.65×10^{-2}mSv。

根据表 11.2-17，在湖西厂区 H2 厂房 2 台工业 CT 机同时运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.616mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 7.75×10^{-2}mSv。

在评价范围内，各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

根据公式 11-6，在评价范围内，不考虑距离衰减情况下，湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区的 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-16 湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区关注点年附加有效剂量估算计算结果

人员	关注点位	参考点位	与射线源距离（m）	参考点剂量率（μSv/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 机前侧	1.32	0.383	/	/	0.383	1500	1	0.575	5
	西北侧现有 1#CT 检测区位置（开机状态）	CT 机右侧	＞22.2	/	1.48×10^{-6}	7.44×10^{-5}	7.59×10^{-5}		1	1.14×10^{-4}	
公众人员	北侧生产区 1	CT 机前侧	＞13.2	3.83×10^{-3}	/	/	3.83×10^{-3}		1	5.75×10^{-3}	0.25
	西侧办公区	CT 机右侧	＞2.2	/	1.50×10^{-4}	7.58×10^{-3}	7.73×10^{-3}		1/8	1.45×10^{-3}	
	西侧阳极备料预留区	CT 机右侧	＞5.4	/	2.50×10^{-5}	1.26×10^{-3}	1.28×10^{-3}		1	1.92×10^{-3}	
	西侧厂区道路	CT 机右侧	＞32.1	/	7.06×10^{-7}	3.56×10^{-5}	3.65×10^{-5}		1	5.48×10^{-5}	
	南侧 ME 备件库	CT 机后侧	＞21.3	1.47×10^{-3}	/	/	1.47×10^{-3}		1/8	2.76×10^{-4}	
	东侧车间过道	CT 机左侧	＞1.24	/	4.73×10^{-4}	2.38×10^{-2}	2.43×10^{-2}		1	3.65×10^{-2}	
	东侧生产区	CT 机左侧	＞11.4	/	5.60×10^{-6}	2.82×10^{-4}	2.88×10^{-4}		1/4	1.08×10^{-4}	

因西北侧有在用 CT 机，当现有 CT 机与本次新增 CT 机同时使用时，对各敏感目标处剂量率参考控制水平如下：

表 11.2-17　两台 CT 机同时使用时对关注点剂量率参考控制水平计算结果

人员	关注点位	本次新增 CT 机贡献年附加剂量（mSv/a）	现有 CT 机贡献年附加剂量（mSv/a）	合计年附加剂量（mSv/a）	约束值（mSv/a）
职业人员	射线装置拟安装位置（CT 检测区）	0.575	0.041	0.616	5
	西北侧现有 1#CT 检测区位置（开机状态）	1.14×10^{-4}	0.041	4.11×10^{-2}	
公众人员	北侧生产区 1	5.75×10^{-3}	0.041	4.67×10^{-2}	0.25
	西侧办公区	1.45×10^{-3}	0.041	4.24×10^{-2}	
	西侧阳极备料预留区	1.92×10^{-3}	0.041	4.29×10^{-2}	
	西侧厂区道路	5.48×10^{-5}	0.041	4.11×10^{-2}	
	南侧 ME 备件库	2.76×10^{-4}	0.041	4.13×10^{-2}	
	东侧车间过道	3.65×10^{-2}	0.041	7.75×10^{-2}	
	东侧生产区	1.08×10^{-4}	0.041	4.11×10^{-2}	

注：现有 CT 机贡献值参考《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）搬迁项目阶段性竣工环境保护验收监测报告》中最大年附加计量，且不考虑距离衰减情况。

（3）储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区（Q3CT 机，“SDX-LCT-150 型”）

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 4～6h，以 6 小时计，配置 2 人操作，操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均为 1500h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，辐射工作人员居留因子取 1，非辐射工作人员（公众人员）北侧生产区、Q1 厂房，西侧 Q5 厂房（17.4m），南侧生产区、Q8 厂房，东侧为生产区域（1m）居留因子取 1；厂区道路居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。

根据表 11.2-18，在储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区的 CT 机运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 0.575mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 9.77×10^{-2}mSv。

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

根据公式 11-6，在评价范围内，不考虑距离衰减情况下，储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区的 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-18 储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区对关注点年附加有效剂量估算结果

人员	关注点位	参考点位	与射线源距离（m）	参考点剂量率（μSv/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 机操作位	CT 机前侧	1.32	0.383	/	/	0.383	1500	1	0.575	5
公众人员	北侧生产区	CT 机后侧	＞3.2	6.51×10^{-2}	/	/	6.51×10^{-2}		1	9.77×10^{-2}	0.25
	北侧厂区道路	CT 机后侧	＞8.1	1.02×10^{-2}			1.02×10^{-2}		1/8	1.91×10^{-3}	
	北侧 Q1 厂房	CT 机后侧	＞27.1	9.08×10^{-4}			9.08×10^{-4}		1	1.36×10^{-2}	
	西侧厂区道路	CT 机左侧	＞1.240	/	4.73×10^{-4}	2.38×10^{-2}	2.43×10^{-2}		1/8	4.56×10^{-3}	
	西侧 Q5 厂房	CT 机左侧	＞21.3	/	1.60×10^{-6}	8.08×10^{-5}	8.24×10^{-5}		1	1.24×10^{-4}	
	南侧生产区	CT 机前侧	＞3.3	6.12×10^{-2}	/	/	6.12×10^{-2}		1	9.18×10^{-2}	
	南侧厂区道路	CT 机前侧	＞7.2	1.29×10^{-2}	/	/	1.29×10^{-2}		1/8	2.42×10^{-3}	
	南侧 Q8 仓库一	CT 机前侧	＞18.2	2.01×10^{-3}	/	/	2.01×10^{-3}		1	3.02×10^{-3}	
	东侧生产区 1	CT 机右侧	＞1.938	/	1.94×10^{-4}	9.76×10^{-3}	9.96×10^{-3}		1	1.49×10^{-2}	
	东侧厂区道路	CT 机右侧	＞43.2	/	3.90×10^{-7}	1.96×10^{-5}	2.00×10^{-5}		1/8	3.75×10^{-6}	

（4）金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室（金垂 CT 机，“RMCT4000 型”）

t—X 射线装置周照射时间，本项目每天工作的时间以 4～6h，以 6 小时计，配置 1 人操作，操作人员每周工作 5 天，年工作 250 天，辐射工作人员在距装置 0.3m 以外进行操作，本评价保守按人均为 1500h 工作时间计。

T—人员在相应关注点驻留的居留因子，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 MSA 计量室、极片拆解房和 IE 资产仓，西侧为气瓶室、惰化粉存放间、废电解液存放间，南侧内拆包间，东侧生产区居留因子取 1；北侧休息区居留因子取 1/4（部分居留）；车间过道和厂区通道居留因子取 1/8（偶然居留）（参考 IAEA47-2006）。

根据表 11.2-19，金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室的 CT 机运行时，对辐射工作人员年附加有效剂量最大值为 7.23×10^{-6}mSv，公众人员最大年附加有效剂量为 7.23×10^{-6}mSv。

（3）总结

综上所述，本项目 4 台工业 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 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。

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

根据公式 11-6，在评价范围内，不考虑距离衰减情况下，金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室的 CT 机对关注点处剂量率年附加有效剂量估算如下：

表 11.2-15　金垂基地电芯厂房西北侧 CT 室对关注点有效剂量估算结果

人员	关注点位	参考点位	参考点剂量率（μSv/h）	时间（h/a）	居留因子	年附加剂量（mSv/a）	约束值（mSv/a）
职业人员	CT 机操作位	CT 机前侧	4.82×10^{-6}	1500	1	7.23×10^{-6}	5.0
公众人员	北侧 MSA 计量室	CT 机右侧	1.33×10^{-9}		1	2.00×10^{-9}	0.25
	北侧极片拆解房	CT 机右侧	1.33×10^{-9}		1	2.00×10^{-9}	
	北侧厂区通道	CT 机右侧	1.33×10^{-9}		1/8	2.49×10^{-10}	
	北侧休息室	CT 机右侧	1.33×10^{-9}		1/4	4.99×10^{-10}	
	北侧 IE 资产仓	CT 机右侧	1.33×10^{-9}		1	2.00×10^{-9}	
	西侧气瓶室	CT 机后侧	2.56×10^{-6}		1	3.84×10^{-6}	
	西侧惰化粉存放间	CT 机后侧	2.56×10^{-6}		1	3.84×10^{-6}	
	西侧废电解液存放间	CT 机后侧	2.56×10^{-6}		1	3.84×10^{-6}	
	西侧厂区道路	CT 机后侧	2.56×10^{-6}		1/8	4.80×10^{-7}	
	南侧厂区道路	CT 机左侧	2.55×10^{-6}		1/8	4.78×10^{-7}	
	南侧内拆包间	CT 机左侧	2.55×10^{-6}		1	3.83×10^{-6}	
	南侧厂区通道	CT 机左侧	2.55×10^{-6}		1/8	4.78×10^{-7}	
	东侧车间通道	CT 机前侧	4.82×10^{-6}		1/8	9.07×10^{-7}	
	东侧生产区	CT 机前侧	4.82×10^{-6}		1	7.23×10^{-6}	

11.2.4.三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，另湖西厂区 H3 厂房、湖西厂区 H2 厂房、储能工厂 Q3 厂房和金垂基地电芯厂房一 CT 室内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

（1）根据原国家环保总局 2006 年 145 号《辐射事故分级》规定，“一般辐射事故：是指IV类、V 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射”；“较大辐射事故是指III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。”本项目工业 CT 机若辐射安全管理不当，可能发生一般辐射事故。

（2）可能发生的辐射事故及预防措施按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条及《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》（原国家环境保护总局环发〔2006〕145 号文件）等相关规定，发生辐射事故时，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

针对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
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 射线泄漏使周边人员受到不必要的照射。	必须进行联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。每天检测作业前，检查确认辐射安全联锁、急停开关、工业 CT 机完好性等项安全措施，避免联锁失灵等设施设备事故。杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。
②在门-机联锁失效时出束，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。	辐射工作人员佩戴个人剂量片和个人计量报警仪，个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量档案，确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间，随身携带，并设

	定安全阈值和报警，同时为确保检测值准确，建设单位应定期将个人剂量报警仪和辐射监测仪送有资质单位检定或校准。
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。	调试、维修、维护作业应由专业人员按规定程序完成，作业过程中应有两名有维修资格的人员操作，拔下控制台安全联锁钥匙，并在控制台设立维修标牌。作业完工后应确认维护门关闭，安全联锁恢复。维修人员需佩戴个人剂量报警仪。

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）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

福宁时代已成立了辐射安全与环境管理机构，并明确了相应的职责。辐射安全与环境管理机构小组以种晋为负责人，组员包括刘子华、张宏、苏育专等 18 人。

领导小组具体职责：

（1）负责对本公司辐射安全防护工作和辐射环境保护工作（以下简称辐射安全与环境管理工作）实施统一监督管理；

（2）负责本公司的环境影响评价报告的申报和协助有关部门进行验收；负责本公司辐射工作许可证的申报以及协助相关部门进行审核；负责对本公司辐射项目“三同时”制度执行情况进行检查；

（3）监督本公司辐射污染的防治工作；负责本公司辐照设备的日常监督管理；负责本公司辐射安全与环境管理的监察工作；负责本公司辐射污染的治理整改以及辐射污染纠纷的处理；

（4）负责制定辐射环境污染事故应急预案；组织开展一般辐射事故的应急响应工作；配合有关部门对本公司一般以上辐射事故的应急响应、调查处理和定级定性工作；

（5）负责本公司辐射安全和环境管理队伍的建设。

2.辐射工作人员配置

本项目拟新增 8 人（每台 CT 机各 2 人）辐射工作人员操作该 CT 机进行检测工作。要求该 8 人辐射工作人员均须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。

福宁时代已制定了《宁德福宁时代新能源有限公司辐射安全管理制度汇编》（关于成立辐射安全与环境管理机构的决定、X-RAY 机操作规程、测厚仪操作规程、测厚仪 Kr-85 辐射防护和安全保卫制度、测厚仪工作人员岗位职责、辐射防护措施、辐射工作场所监测制度、辐射工作人员个人剂量管理制度、辐射工作人员培训管理制度、辐射装置检修维护制度和放射源台账管理制度）、《宁德福宁时代新能源有限公司辐射安全事故应急预案》。

表 12.2-1 宁德福宁时代新能源有限公司已建立的管理制度

管理要求	内容	相应制度
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。	《关于成立辐射安全与环境管理机构的决定》
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。	《X-RAY 机操作规程、测厚仪操作规程》
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。	《测厚仪工作人员岗位职责》
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。	《宁德福宁时代新能源有限公司辐射安全事故应急预案》
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	《辐射工作人员培训管理制度》
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。	《辐射工作场所监测制度》
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。	《辐射工作人员个人剂量管理制度》
设备维修维护制度、装置使用登记和台账管理制度	公司制定的《射线装置使用登记制度》规定了操作人员 在日常操作过程中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。	《辐射装置检修维护制度和放射源台账管理制度》

在此基础上，项目建设单位的辐射安全管理规章制度符合《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）等管理规定。

本项目建成后，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

本项目拟新增 8 人（每台 CT 机各 2 人），辐射工作人员操作该 CT 机进行检测工作。详细的人员结构在后期项目运营期将根据实际需要再进行调整。

3.监测设备配置

公司已在湖西厂区、储能工厂各配置 1 台便携式 X-γ剂量率测量仪，拟在金垂基地新增配置 1 台便携式 X-γ剂量率测量仪，并拟为本项目所在的 CT 检测区和 CT 室各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置（共计 4 台）。

4.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 61-2021）、《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.辐射工作人员个人剂量监测

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 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。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，并按要求建立个人剂量档案及职业健康档案。

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。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 日前上报环保行政主管部门。

3.工作场所和周围环境监测

公司已在湖西厂区、储能工厂各配置 1 台便携式 X-γ剂量率测量仪，拟在金垂基地

新增配置 1 台便携式 X-γ剂量率测量仪，并拟为本项目所在 CT 检测区和 CT 室各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置，自行定期对射线装置周围环境进行监测，发现问题及时整改，所有监测记录均存档备查。

4.竣工环保验收

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、生态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。

具体监测计划见表 12.3-1。

表 12.3-1　辐射监测计划

监测计划	监测方案	监测项目	监测频次	监测方式
辐射工作人员个人剂量监测	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量	每季度一次	委托有资质单位检测
常规监测	工业 CT 机自屏蔽体前、后、左、右 30cm 处；自屏蔽体周围 50m 内的巡测及人员经常停留位置	X-γ辐射剂量率	每月 1 次	自行使用便携式 X-γ剂量率测量仪检测
工作场所和周围环境监测			每年 1 次	委托有资质单位检测
竣工环保验收			运行后监测 1 次	
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 61-2021）、《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《宁德福宁时代新能源有限公司辐射事故应急处置预案》。

建设单位成立了辐射事故应急处理工作领导小组，湖西厂区和储能工厂领导小组成员名单如下，金垂基地现处于建设中，尚未组建辐射应急领导小组，本评价建议在项目

投产前组建金垂基地辐射应急小组。

表 12.4-1　湖西厂区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	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			
	组员			
善后处理组	组长			
	组员			
	组员			
	组员			
	组员			
疏散隔离组	组长			
	组员			
	组员			
	组员			
物质保障组	组长			
	组员			
	组员			
医疗救护组	组长			
	组员			
	组员			
	组员			

表 12.4-2　储能工厂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	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			
	组员			
	组员			
	组员			

善后处理组	组长	
	组员	
	组员	
	组员	
	组员	
疏散隔离组	组长	
	组员	
	组员	
	组员	
	组员	
物质保障组	组长	
	组员	
	组员	
	组员	
	组员	
医疗救护组	组长	
	组员	
	组员	
	组员	

宁德福宁时代新能源有限公司已制定了《宁德福宁时代新能源有限公司辐射事故应急处置预案》，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	（1）H3CT 机（Cylindscan-2000 型），自带铅屏蔽体，前面级箱体防护为：10mm 铅板，扫描箱体防护为：12mm 铅板； （2）H2CT 机和 Q3CT 机（SDX-LCT-150 型），自带铅屏蔽体，各侧防护为：各侧 8.0mm 铅板； （3）金垂 CT 机（RMCT4000 型），自带铅屏蔽体，各侧防护为：右侧 32mm 铅板，其余各侧 22mm 铅板； （4）4 台 CT 机均安装摄像头，设置紧急开门按钮，操作台均设置急停开关。 （5）4 台 CT 机均设置工作指示灯、电离辐射警告标志、报警装置及设置门—机联锁安全装置； （6）4 台 CT 机拟配置 8 名辐射工作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪； （7）湖西厂区、储能工厂和金垂基地各配备 1 台便携式剂量监测仪，本项目的 CT 检测区和 CT 室各配置 1 台固定式场所辐射探测报警装置（共计 4 个）。	符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）相关规定，即探伤室外表面 30cm 处剂量率控制值≤2.5μSv/h）。

管理制度	（1）成立辐射防护安全管理机构。完善射线装置台账。修订相应的规章制度和应急预案，规章制度应张贴在 CT 室显著位置。完善相关规章制度。 （2）辐射工作人员及辐射防护负责人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。个人剂量计季度检定并建立个人辐射档案建立完善 X 射线探伤作业的台账。 （3）辐射工作人员每 2 年均应参加健康体检，并建立个人健康档案。 （4）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。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，即辐射工作人员年平均有效剂量限值≤5mSv/a，公众人员年平均有效剂量限值≤0.25mSv/a。

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

本项目工业 CT 机自带铅屏蔽体，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《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）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

本项目所使用的工业 CT 机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，另湖西厂区 H3 厂房、湖西厂区 H2 厂房、储能工厂 Q3 厂房和金垂基地电芯厂房一 CT 室内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，宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 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）建设阶段对环境影响

本次拟在湖西厂区 H3 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、湖西厂区 H2 厂房西南侧 2 号 CT 检测区、储能工厂 Q3 厂房西侧 CT 检测区新增的 3 台 CT 机因场地限制，采用警戒带围挡。金垂基地电芯厂房一东北侧 CT 室新增的 CT 机在现有 CT 室内布置，CT 室采用厚度 200mm 的砖瓦砌成；本次新增的 4 台 CT 机均自带屏蔽体，均不涉及土建工程，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）运行阶段对环境影响

①辐射工作场所屏蔽防护设计

经估算可知，在自带的铅屏蔽体的防护作用下 4 台 CT 机主束射线方向辐射剂量率和 CT 机四周屏蔽体外 30cm 处的泄漏辐射与散射辐复合作用剂量率均满足《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 2.5μSv/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 2.5μSv/h”的要求。

②年附加有效剂量估算

根据剂量估算结果，本项目的 4 台工业 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 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质量检测，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（2024 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，宁德福宁时代新能源有限公司新增 4 台工业 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可能进行调整变动，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。