

核技术利用建设项目

宁德时代新能源科技股份有限公司  
1 台加速器工业 CT 项目

环境影响报告表

(公示稿)

宁德时代新能源科技股份有限公司

2025 年 6 月

# 目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	14
表 8 环境质量和辐射现状.....	22
表 9 项目工程分析与源项.....	24
表 10 辐射安全与防护.....	28
表 11 环境影响分析.....	38
表 12 辐射安全管理.....	49
表 13 结论与建议.....	54
表 14 审批.....	57

## 附件：

附件 1：委托书

附件 2：辐射安全许可证

附件 3：辐射安全与环境管理机构

附件 4：辐射事故应急处置预案

附件 5：加速器工业 CT 辐射事故应急预案

附件 6：辐射管理制度汇编 1

附件 7：辐射管理制度汇编 2

附件 8：现有辐射工作人员核技术利用辐射安全许可证名单

附件 9：现有部分辐射工作人员体检资料

附件 10：现有部分辐射工作人员个人剂量片检测报告

附件 11：监测报告

附件 12：资质认定证书、检定证书

附件 13：宇宙射线响应值监测报告

附件 14：设备生产厂家辐射安全许可证

附件 15：不动产权证书

附件 16：公司运用主体变更说明

附件 17：福建省生态环境分区管控综合查询报告

表 1 项目基本情况

建设项目名称	宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台加速器工业 CT 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	福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号				
项目建设地址	宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心三期 E31 厂房				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	800	项目环保投资 (万元)	127	投资比例 (环保投资/总投资)	15.88%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m <sup>2</sup> )	595m <sup>2</sup>
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			

## 项目概况

### 1.1 建设单位基本情况

宁德时代新能源科技股份有限公司 (CATL) 成立于 2011 年, 位于福建省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。宁德市区内现有 7 个主要生产厂区, 分别为“湖东厂区”“工程中心”“湖西厂区”“湖西 Z 基地”“储能工厂”“博发产业园 116 号厂房”和“创新实验室”。其中工程中心分为三个地块, 分别为一期、二期、三期。

### 1.2 项目建设内容

宁德时代新能源科技股份有限公司根据生产需要, 计划在工程中心三期 E31 厂房新增 1 台\*\*加速器工业 CT, 属于 II 类射线装置, 用于检测电池包, 设备具体参数见表

1.1, 项目组成见表 1.2。

**表 1.1 加速器工业 CT 设备参数**

名称	类别	数量	电子束最大能量 (MeV)	剂量率 (Gy/h)	束流强度 ( $\mu$ A)	工作场所	备注
**加速器工业 CT	II 类	1	**	**	**	E31 厂房加速器工业 CT 检测室	新增设备, 周向, 固定式

**表 1.2 项目组成一览表**

工程类别	项目组成	面积/m <sup>2</sup>	位置	功能	依托情况
主体工程	E31 厂房	595	加速器工业 CT 检测室	检测电池包	依托福宁时代建设厂房
			控制室	辅助用房	
			配电间		
			防护门区		
			排烟机房		
			消防阀体间		
			常规风险样品中转区		
			售后风险样品中转区		
辅助工程	食堂	/	员工用餐		依托工程中心三期现有
公用工程	给水工程	/	依托市政供水管网统一供给		
	供电工程	/	依托市政供电管网统一供给		
	排水系统	/	废水经处理达标后排入市政污水管网		
环保工程	废水处理措施	/	生活污水经厂区污水站处理后排入市政污水管网		本次新建
	废气处理措施	/	臭氧和氮氧化物经通风措施及时排出扩散至大气环境		

### 1.3 任务由来

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等国家辐射环境管理相关法律法规的规定, 为切实做好该项目的环境保护工作, 宁德时代新能源科技股份有限公司委托福建省环安检测评价有限公司对拟建项目进行环境影响评价(委托书见附件 1)。本次环评主要针对宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台加速器工业 CT 项目进行环境影响评价。

根据《关于发布射线装置分类办法的公告》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等有关规定和宁德时代新能源科技股份有限公司提供的资料, 项目应编制环境影响报告表。

### 1.4 项目地理位置及周围环境

项目 1 台加速器工业 CT 位于工程中心三期 E31 厂房, E31 厂房西侧为 2 间风险样

品中转区、东侧为加速器工业 CT 检测室、配电间、防护门区、排烟机房、消防阀体间。E31 厂房北侧为厂区道路、山体，西侧为厂区道路、停车场，南侧为厂区道路、E30 仓库，东侧为厂区道路、沈海高速，上方为屋顶，下方为土层，上方和下方均无人到达。

表 1.3 项目周围场所一览表

设备	位置	北侧	西侧	南侧	东侧	上方	下方
加速器工业 CT	工程中心三期 E31 厂房	厂区道路、山体	厂区预留空地、停车场	厂区道路、E30 仓库	厂区道路、沈海高速	屋顶	土层

项目地理位置及周边情况见图 1.1-图 1.6。



图 1.1 项目地理位置图

## 1.5 项目选址及合理性分析

### 1.5.1 项目选址

项目位于宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心三期 E31 厂房，根据不动产权证书（附件 15），项目用地属于工业用地。

### 1.5.2 合理性分析

项目评价范围内（检测室边界外 50m 范围）主要为工程中心三期内厂房和道路，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目辐射工作场所四周人员停留较少，主要是检测室控制区内的辐射工作人员，监督区内的工作人员和周边的流动人群。项目检测室在严格采取设计及环评要求防护措施的情况下，对周围环境辐射影响较小。

### 1.5.3 与土地利用规划符合性分析

项目属于工业类项目，根据不动产权证书，项目用地属于工业用地；根据《宁德市东侨工业集中区湖东片区规划图》（图 1.7），项目用地属于工业用地；因此，项目选址符合土地利用规划要求。

### 1.5.4 与规划符合性分析

（1）与《福建东侨经济开发区总体规划》符合性分析

根据东侨经济开发区总体规划，开发区产业布局分为：

#### ①塔南园区

作为开发区工业发展的启动区，重点发展高科技、对外贸易加工型为主的轻工业。

#### ②漳湾园区

七都综合区：一是结合七都服务配套区建设商业、商务、居住第三产业为主的服务中心；二是与西陂塘工业片区协调，以电机、生物技术、电子信息高新技术产业为主。

西陂塘工业片区：主打电机产业，将电机电器集群打造成上下游产业，配套全面，产业链集聚度较高，配套加工完善的有竞争力的支柱产业。主要包括西陂塘路南侧的高新技术产业园（电机电器），疏港公路两侧的综合产业园，西陂塘路东侧新能源新材料及上下游产业园和仓储物流综合园。

北山农业加工园：主要为生态农产品加工基地，包括海产品和其他农产品等加工。

本项目位于东侨经济技术开发区-漳湾园区-西陂塘工业片区，项目用地性质为工业用地，项目加速器工业 CT 用于检测电池包，为新能源新材料研发产业，属于主导产业，符合规划要求。

## (2) 与《宁德市东侨工业集中区湖东片区控制性详细规划》符合性分析

湖东片区总体定位为以锂电产业为主导，以龙头企业为依托有机产业、社区、生态功能，打造集科研培训、企业生产及生态观光等功能为一体、产业主体明晰、创新氛围浓厚的国家锂电新能源产业集聚示范区、世界一流锂电新能源产业创新基地。

本项目位于东侨经济技术开发区，项目加速器工业 CT 用于检测电池包，为新能源新材料研发产业，符合《宁德市东侨工业集中区湖东片区控制性详细规划》规划要求。

因此，本项目符合《福建东侨经济开发区总体规划》《宁德市东侨工业集中区湖东片区控制性详细规划》规划要求。

### 1.5.5 “三线一单”符合性分析

#### (1) 生态保护红线

根据《宁德市生态空间陆海统筹范围图》，项目不在宁德市生态保护红线范围内。

#### (2) 环境质量底线

根据现场监测与环评预测，项目建设满足环境质量底线要求，不会造成区域环境质量下降。

#### (3) 资源利用上线

项目运营过程中消耗一定的水、电等资源，项目资源消耗量占区域资源利用总量较少，不会突破区域资源利用上线。

#### (4) 生态环境分区管控

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）和《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），并结合本项目在福建省生态环境分区管控数据应用平台导出的“福建省生态环境分区管控综合查询报告”（见附件 17），本项目涉及 1 个生态环境管控单元——东侨经济技术开发区（ZH35090220004）。

项目不涉及生态保护红线，不会突破区域环境质量底线、资源利用上线，符合宁德市生态环境分区管控的要求，项目符合“三线一单”要求。

### 1.5.6 “三区三线”符合性分析

根据《宁德市国土空间总体规划（2021-2035 年）》，项目拟建地址及评价范围位于城镇开发边界内，均不涉及永久基本农田、生态保护红线，符合“三区三线”要求。

因此，项目周围无环境制约因素，项目符合土地利用规划要求，项目符合“三线一单”要求，项目符合“三区三线”要求，项目选址合理。

## 1.6 产业政策符合性分析

项目使用 1 台加速器工业 CT 用于检测电池包,属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中的“鼓励类”的“六、核能”中“4.核技术应用:同位素、加速器及辐照应用技术开发”,项目建设符合国家现行产业政策。

## 1.7 代价利益分析

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”要求,对于一项实践,只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后,其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时,该实践是正当的。满足企业的发展需求,提高产品质量,具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析,项目经辐射防护和安全管理后,可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

## 1.8 现有核技术利用项目许可

宁德时代新能源科技股份有限公司目前持有的辐射安全许可证书编号为:闽环辐证[00330],许可种类和范围:使用 V 类放射源,使用 II 类、III 类射线装置,发证日期:2024 年 12 月 12 日,许可有效期至:2026 年 5 月 18 日,现有辐射安全许可证见附件 2。

现有核技术利用项目为使用 259 枚 V 类放射源,使用 18 台 II 类射线装置、225 台 III 类射线装置,经核实,宁德时代新能源科技股份有限公司现有的放射源和射线装置许可情况明细见表 1.5、表 1.6,均已履行了相关环保手续,无遗留环保问题。

**表 1.5 已许可放射源一览表**

\*\*

**表 1.6 已许可射线装置一览表**

\*\*

## 1.9 现有辐射安全管理情况

### (1) 辐射安全与防护管理机构

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3），并明确了相应的职责。辐射安全防护领导小组以种晋为主要负责人，成员有刘子华、张宏、苏育专等。共同协作负责辐射安全与环境管理工作实施统一监督管理；负责环境影响评价报告的申报和协助有关部门进行验收；负责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与环境管理队伍的建设。

### (2) 辐射安全管理规章制度

宁德时代新能源科技股份有限公司已制定了《辐射事故应急处置预案》（附件4）、《加速器工业CT辐射事故应急预案》（附件5）和《辐射管理制度汇编》（附件6、附件7）（包括操作规程、辐射防护和安全保卫制度、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、放射源台帐管理制度、9MeV CT系统维修制度、加速器工业CT操作规程、监测仪表使用与校验管理制度、加速器工业CT辐射工作人员岗位职责、巡检制度、质量保证大纲和质量控制检测计划、辐射工作场所监测制度、设备台账制度）。

宁德时代新能源科技股份有限公司制定的辐射安全管理规章制度较完备且具有一定的可行性，满足现有核技术利用项目和本项目对辐射安全管理规章制度的需求。宁德时代新能源科技股份有限公司能够按照辐射安全管理规章制度进行管理，辐射工作人员也能够严格按照各项规章制度开展工作，满足环保相关管理要求。

### (3) 辐射监测和年度评估

宁德时代新能源科技股份有限公司每年均委托有资质单位对辐射工作场所进行监测，监测结果满足相关标准要求；每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行年度评估，2024年年度评估报告已提交，满足环保相关管理要求。

### (4) 辐射工作人员培训、个人剂量监测和健康体检

宁德时代新能源科技股份有限公司取得辐射安全与防护考核合格证书人数有 62 人，证书均在有效期内（现有辐射工作人员核技术利用辐射安全许可证名单见附件 8），满足环保相关管理要求。

宁德时代新能源科技股份有限公司现有辐射工作人员均已配备个人剂量计（包括取得辐射安全与防护考核合格证书的辐射工作人员、取得公司内部上岗证的辐射工作人员），已定期（每季度一次）送有资质单位（2024 年度委托厦门亿科特检测技术有限公司）进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，现有辐射工作人员的受照剂量均未超过职业人员年受照剂量约束值要求（现有部分辐射工作人员个人剂量片检测报告见附件 10）。

宁德时代新能源科技股份有限公司定期（每两年一次）组织现有辐射工作人员进行职业健康体检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案，根据最近一次职业健康体检报告，现有辐射工作人员均可进行辐射工作（现有部分辐射工作人员体检资料见附件 9，体检日期为 2024 年 9 月和 2024 年 10 月），满足环保相关管理要求。

#### （5）运行情况

宁德时代新能源科技股份有限公司开展核技术利用项目至今，未发生过辐射安全事故。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活种动类	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	活种动类	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：等效操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	加速器 工业 CT	II类	1	**	电子	**	**	检测 电池 包	E31 厂房 加速器工 业 CT 检 测室	新增设 备, 周 向, 固 定式
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

(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	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	/	排放量极少，经通风系统排到大气环境，对环境基本无影响
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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<sup>3</sup>；  
年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订），2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订），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 日起施行；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订），2019 年 3 月 2 日修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订），2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），2021 年 1 月 4 日起实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），2021 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(8) 《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 日起实施；</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环境保护总局文件，环发〔2006〕145 号文；</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 年第 66 号公告，2017 年 12 月 6 日起实施；</p> <p>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日起施行；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2024 年 2 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 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>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(4) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(6) 《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）；</p>

	<p>(7) 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GBT30371-2013）；</p> <p>(8) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）及其修改单；</p> <p>(11) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；</p> <p>(12) 《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）。</p>
其它	<p>(1) 项目委托书；</p> <p>(2) 宁德时代新能源科技股份有限公司辐射安全许可证；</p> <p>(3) 宁德时代新能源科技股份有限公司提供的与本项目相关资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

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）的相关规定，“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界 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），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，考虑项目的实际情况，本项目射线装置属于 II 类，且加速器工业 CT 外有实体边界，因此评价范围为检测室实体屏蔽边界外 50m 范围。

**7.2 保护目标**

根据对项目周围环境的现场踏勘和调查，项目检测室实体屏蔽边界外 50m 范围内无学校、居民区等环境敏感区域，评价范围内保护目标主要是辐射工作人员、其他工作人员及公众人员。项目周围环境及主要环境保护目标详见表 7.1。

**表 7.1 项目周边环境及保护目标**

保护目标	保护目标位置描述	方位	最近距离	规模	剂量约束值
辐射工作人员	控制室和辅助用房	检测室东侧和南侧	紧邻	4 人	5mSv/a
公众	厂内道路	北侧	紧邻	流动人员	0.1mSv/a
	停车场	北侧	6.1m	流动人员	
	山体	北侧、东侧、东北侧	11.2m	流动人员	
	厂内道路	西侧	14.3m	流动人员	
	E23-3 安全测试厂房	西南	37.1m	20 人	
	厂内道路	南侧	紧邻	流动人员	
	E30 仓库	南侧	19.3m	2 人	

备注：检测室上方为屋顶，无人员到达。

**7.3 评价标准**

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

(1) 剂量限值

本项目辐射工作人员及公众的年照射剂量限值见表 7.2。

**表 7.2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值**

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

公众照射 剂量限值	<p>②任何一年中的有效剂量，50mSv</p> <p>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：</p> <p>①年有效剂量，1mSv</p> <p>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</p>
<p>11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%的范围之内。</p> <p>(2) 辐射管理分区</p> <p>6.4.1 控制区</p> <p>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。</p> <p>6.4.2 监督区</p> <p>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。</p> <p><b>7.3.2 《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）</b></p> <p>本标准规定了电子直线加速器工业 CT 的销售（含建筑）和使用中的放射安全技术和管理要求。</p> <p>本标准适用于能量不高于15MeV 电子直线加速器工业 CT 装置。</p> <p>4 总体要求</p> <p>4.1 一般原则</p> <p>4.1.1 基本要求</p> <p>加速器工业 CT 销售(含建造)和使用单位应当根据国家有关法律、法规的规定建立健全辐射安全管理体系以及辐射安全和防护状况年度评估等管理制度。</p> <p>4.1.2 辐射防护纵深防御原则</p> <p>依据纵深防御原则，设置加速器工业 CT 多重辐射防护与安全措施，并使其辐射防护与安全重要系统、部件和设备具有适当的冗余性、多样性和独立性。</p> <p>4.2 辐射工作场所的分区和警示标志及设备工作状态标识</p> <p>4.2.1 辐射工作场所的分区</p> <p>按照 GB18871-2002 的规定，加速器工业 CT 辐射工作场所分为：</p> <p>a) 控制区：检测室防护门以内区域；</p> <p>b) 监督区：控制室、设备机房、检测工件装卸区域及其它辅助房等区域。</p>	

#### 4.2.2 警示标志及设备工作状态标识

在检测室工件及人员入口处，应设置电离辐射警示标志，以及加速器工作状态指示装置。电离辐射警示标志及中文警示说明等，应符合 GB18871-2002 附录 F 中的图 F.1 和图 F.2 要求。

#### 4.3 职业照射和公众照射的剂量控制

##### 4.3.1 个人剂量控制

4.3.1.1 加速器工业 CT 销售（含建造）、使用中，职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871-2002 的要求。

4.3.1.2 职业照射和公众照射的剂量约束值规定为：

- a) 辐射工作人员个人年剂量约束值为 5mSv；
- b) 公众成员个人年剂量约束值为 0.1mSv。

##### 4.3.2 工作场所剂量控制

附录 A 所包含的工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### 5 加速器工业 CT 辐射安全与防护性能要求

##### 5.1 一般要求

5.1.1 加速器最大空气比释动能率、电子束能量、X 射线均匀度等性能指标及电气、机械安全技术要求与测试方法应满足 GB/T 20129 的相应要求。

5.1.2 加速器工业 CT 的设计与制造，应满足 GB/T 29070 工业 CT 检测通用要求，还应充分考虑加速器的辐射防护与安全性能要求。

5.1.3 加速器工业 CT 的辐射安全设计与制造，应遵循冗余性、多样性和独立性原则，以保证当某一部件或系统发生故障时，以及各种事故状态下，仍能保证人员和环境的辐射安全。

5.1.4 加速器工业 CT 的控制开关、操作按钮等应做到功能可靠、视觉醒目、手感明确。

##### 5.2 辐射安全与防护性能要求

5.2.1 加速器机头的辐射屏蔽材料和厚度应考虑射线的能量、束流强度和靶材料等因素，应按加速器最大空气比释动能率进行设计，加速器泄漏剂量比率应小于 0.1%。能量高于 10MeV 以上时，应考虑中子防护措施，如采用高低密度组合材料，增加含硼、石蜡等中子防护材料。

5.2.2 加速器机头应有射线限束装置，如准直器、光阑等。射线限束装置把射线束

准直成一定厚度扇形射线束或锥形束，其射线束的扇角或锥角在满足工业 CT 的成像要求情况下，应尽可能小。

5.2.3 加速器系统应提供与工业 CT 连接的硬件接口及相应的控制程序，允许工业 CT 控制系统对加速器进行射线开关、脉冲重复频率设置等操作控制以及进行工作状态监测。

5.2.4 除调试或维修等特殊情况下，仅当接收到工业 CT 控制系统发出的出束允许信号后，加速器系统方可加高压出束，并在与工业 CT 的通信因故中断时，加速器应能自动停机。

5.2.5 工业 CT 控制系统应具备如下功能，以实现对接加速器系统安全、可靠的控制：

- a) 与加速器之间可靠的通信接口；
- b) 能对加速器的射线开关、脉冲重复频率、出束时间等进行控制；
- c) 加速器工业 CT 操作台应显示加速器工作状态、出束剂量率、出束时间、触发频率、触发方式等参数。

5.2.6 加速器系统应与检测室防护门、紧急停机按钮、射线源开关钥匙等实现安全联锁。只有满足检测室防护门关闭、紧急停机按钮复位、射线源开关钥匙合上等联锁条件，且加速器系统、工业 CT 设备均准备就绪，工业 CT 控制系统向加速器系统发出出束允许信号后，方可启动加速器出束进行 CT 扫描检测。加速器工业 CT 的安全联锁逻辑设计可参考附录 B（资料性附录）。

5.2.7 在加速器系统出束前，应有不少于 10 秒的声、光预警信号，声、光预警信号结束后加速器系统方可加高压出束；出束后应持续发出声、光信号，直至停束为止。在出束过程中，5.2.6 的联锁条件一旦不满足，系统应立刻自动切断高压停止出束，并发出警示信号。

5.2.8 加速器系统和工业 CT 控制系统的操作控制程序应设置密码，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。

## 6 加速器工业 CT 工作场所的辐射安全与防护要求

6.1 加速器工业 CT 工作场所的选址、布局和建筑设计应当符合相关辐射安全防护法规和标准要求，保证建、构筑物施工质量，保障工作场所和周围环境安全。

6.2 加速器工业 CT 工作场所应合理布置，检测室与控制室及其他辅助用房应分开，控制室等人员活动频繁的区域，应避开有用线束的照射方向。工作场所以及辐射安全设施布局设计可参考附录 C（资料性附录）加速器工业 CT 工房及辐射安全设施布局示例图。

6.3 初级辐射（有用射线束）直接投照的防护墙（包括天棚）按主射线辐射屏蔽要求设计，其余墙体按次级辐射屏蔽要求设计。天棚辐射屏蔽厚度设计，还应考虑天空散射对周边环境的影响。在计算屏蔽厚度时，需考虑 2 倍安全系数。通向检测室的导线、导管设计宜采用“U”或“Z”等方式的设计，确需穿越防护墙的，应不得影响其辐射屏蔽防护效果。

6.4 检测室的工件和人员入口处应设置防护门。防护门与墙体之间的搭接合理，间隙与搭接比值应小于 1/10。加速器能量大于 10MeV 以上时，迷道以及防护门应考虑中子及中子俘获产生的 Y 射线的防护。屏蔽材料应包括含硼聚乙烯或含硼石蜡等中子防护材料。

6.5 检测室应按设计图纸文件和国家有关标准规范进行土建工程和附属工程的施工及安装，确保施工质量和辐射屏蔽防护效能。在施工中涉及辐射防护和安全设施的修改，应征得设计单位同意并应报审管部门批准，并作好记录，以备检查和验收。

6.6 检测室所有入口处的防护门应与加速器工业 CT 联锁。在防护门开启时，加速器不能加高压出束。加速器出束状态下防护门被开启，加速器应自动切断高压停止出束，通过控制台的复位操作后，方可再一次加高压出束；检测室人员入口应设置迷道，有用线束朝向应尽量避免工件出入口、控制室和迷道。检测室迷道防护门内侧应安设标识明显的紧急开门开关，确保异常情况时人员能从检测室内迅速开门离开。

6.7 检测室、迷道、加速器机头及工业 CT 操作台上应安装紧急停机按钮，检测室墙面、迷道内等处应安装检查复位按钮。紧急停机按钮、复位按钮及紧急开门开关处应设置有明显标识。在紧急停机后，只有通过再次复位后才能重新启动加速器。

6.8 检测室应设置通风装置，设计上确保检测室内外空气质量达到 GB3095 要求。

6.9 检测室应设置固定式剂量监测装置，对加速器的出束状态进行监测。

6.10 检测室内应有监视装置，其摄像头的安装应保证检测室内，特别是加速器有用线束区域内可视，并在控制室内设置专用监视器。必要时在检测室与控制室之间安设通讯设备。

### 7.3.3 《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GBT30371-2013）

本标准规定了无损检测用电子直线加速器工程建设中加速器装置的技术要求、运动机械及工装装置的技术要求、射线无损检测建筑物工程设计要求、施工及质量监督以及工程安装、检验和验收等内容。

本标准适用于能量为 15MeV 以下的无损检测用电子直线加速器工程,包括胶片 X

射线照相、计算机 X 射线成像(CR)、数字 X 射线实时成像、数字 X 射线照相(DR)及工业计算机 X 射线层析扫描(CT)等。

附 录 C  
(资料性附录)  
屏蔽计算方法

C.1 一次 X 射线屏蔽层的厚度计算

C.1.1 一次 X 射线的透射率计算

$$B_x \leq (1.67 \times 10^{-5}) \frac{H_M \cdot d^2}{D_0 \cdot T} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- $B_x$  ——X 射线在混凝土中的屏蔽透射率；
- $H_M$  ——剂量当量限值,单位为微希伏每小时( $\mu\text{Sv/h}$ )；
- $d$  ——X 射线源到参考剂量点间的距离,单位为米(m)；
- $D_0$  ——离靶 1 m 处 X 射线的空气吸收剂量率,单位为微戈瑞每小时( $\mu\text{Gy/h}$ )；
- $T$  ——居留因子。

C.1.2 十值层个数计算

$$n = \lg\left(\frac{1}{B_x}\right) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$n$ ——十值层的个数。

C.1.3 屏蔽层的厚度计算

从图 C.1 给出的曲线中,获得相应十值层  $T_1$  和  $T_e$  后,利用式(C.3),计算出混凝土屏蔽层的厚度。

$$S = T_1 + (n - 1)T_e \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- $S$  ——混凝土屏蔽层厚度,单位为厘米(cm)；
- $T_1$  ——第一个十值层厚度,单位为厘米(cm)；
- $T_e$  ——第一个十值层之后的十值层厚度,也称平衡十值层,单位为厘米(cm)。

C.2 迷道散射 X 射线计算

$$H_m = H_0 \cdot \frac{(a_1 \cdot A_1)(a_2 \cdot A_2) \dots (a_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \dots d_n)^2} \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- $H_m$  ——X 射线在参考剂量点处的吸收剂量率,单位为微希伏每小时( $\mu\text{Sv/h}$ )；
- $H_0$  ——第一次散射面上的吸收剂量率,单位为微希伏每小时( $\mu\text{Sv/h}$ )；
- $a_1$  ——X 射线第一次散射系数；
- $a_2$  和  $a_n$  ——分别为 X 射线第二次散射系数和第  $n$  次散射系数( $n > 2$ )；
- $A_1$  ——第一次散射的散射面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )；
- $A_n$  ——迷道的截面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )；

$d_1$  ——X 射线第一次散射距离,单位为米(m);  
 $d_2$  和  $d_n$  ——分别为 X 射线第二次散射距离和第  $n$  次散射的距离( $n>2$ ),单位为米(m)。

### C.3 天空散射计算

天空散射导致的剂量可用式(C.5)计算。

$$D_s = \frac{(2.5 \times 10^{-2} D_0 \Omega^{1.3})}{d_s^2 d_i^2} \times 10^{-[(T_c - T_1)/(T_c + 1)]} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

$D_s$  ——计算的天空散射吸收剂量率,单位为微希伏每小时( $\mu\text{Sv/h}$ );

$\Omega$  ——X 射线源到屋顶的立体角,以球面度为单位;

$d_s$  ——源到参考剂量点的最小水平距离,单位为米(m);

$d_i$  ——源到距屋顶外表面 2 m 高处的垂直距离,单位为米(m);

$T_c$  ——屋顶的厚度,单位为米(m)。

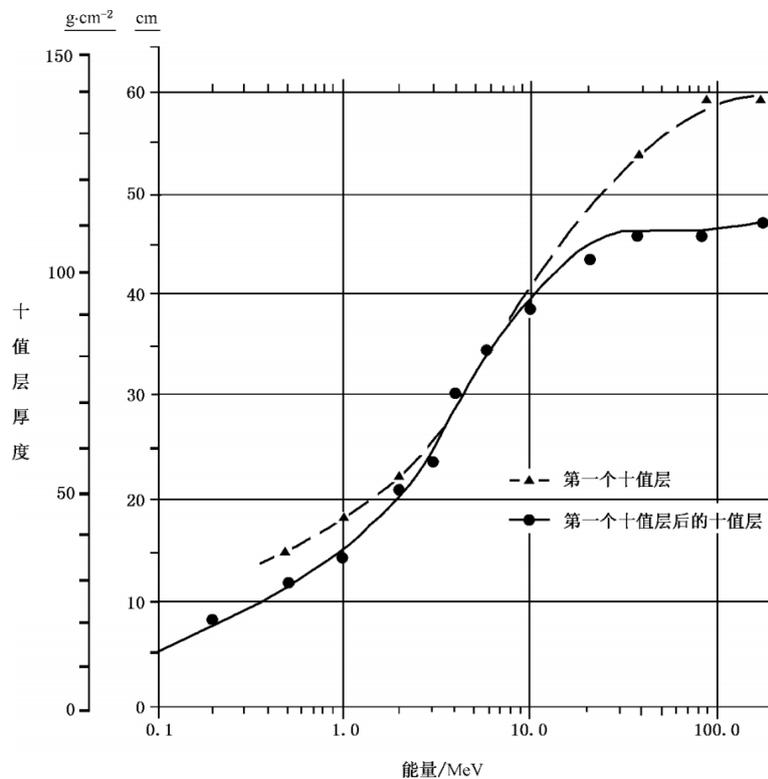


图 C.1 0.1 MeV~100 MeV 电子加速器的宽束 X 射线的混凝土十值层

### 7.3.5 本项目管理目标

依据辐射评价标准及相关规定,辐射工作人员的年有效剂量控制取 HJ785-2016 中辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv,公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv,电子直线加速器工业 CT 检测室屏蔽墙体外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

### 7.3.6 非放射性污染物评价标准

(1) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分:化学有害因素》(GBZ 2.1-

2019) 臭氧最高容许浓度为  $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，即工作地点、在一个工作日内、任何时间有毒化学物质均不应超过的浓度。

(2) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准:  $\text{O}_3$  标准为  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(3) 《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022) 中表 1 标准:  $\text{O}_3$  小时平均标准为  $0.16\text{mg}/\text{m}^3$ 。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**8.1 项目地理和场所位置**

项目 1 台加速器工业 CT 位于工程中心三期 E31 厂房，北侧为厂区道路、山体，西侧为厂区道路、停车场，南侧为厂区道路、E30 仓库，东侧为厂区道路、沈海高速，上方为屋顶，下方为土层。

**8.2 环境现状监测**

- (1) 环境现状评价对象：项目拟建址及周围辐射环境现状。
- (2) 监测单位：厦门亿科特检测技术有限公司（CMA：211303100262）。
- (3) 监测因子： $\gamma$  辐射空气吸收剂量率。
- (4) 监测时间：2025 年 3 月 20 日

(5) 监测点位：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）“5.3.3.1 应用粒子加速器的辐射环境监测 应用低能电子加速器在运行前对屏蔽墙外 30cm 处的  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率进行一次监测”和《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）有关布点原则进行布点，并结合项目评价范围（加速器工业 CT 检测室边界外 50m 范围），在项目设备位置及周围布设代表性点。点位布设和监测结果见表 8.1 和图 8.1。

**表 8.1 项目监测点位及监测结果**

编号	监测位置	现状	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率±标准偏差 (nGy/h)	位置属性
1#	加速器工业 CT 位置	空地	**	室外
2#	检测室北侧	空地	**	室外
3#	检测室南侧	空地	**	室外
4#	检测室西侧	空地	**	室外
5#	检测室东侧	空地	**	室外
6#	检测室南侧	E30 仓库	**	室内
7#	检测室西南侧	E23-3 安全测试厂房	**	室内

\*\*

**图 8.1 监测点位示意图**

- (6) 监测仪器参数与规范

监测仪器参数与规范见表 8.2，监测报告见附件 11，资质认定证书、检定证书见附件 12，宇宙射线响应值监测报告见附件 13，资质认定证书、检定证书均在有效期内。

表 8.2 监测仪器参数与规范

仪器设备名称	高灵敏环境级便携式多功能辐射仪
仪器设备型号	6150AD-b
设备编号	XMYKT/JLYQ-0098
生产厂家	AUTOMEES
检定单位	中国辐射防护研究院
检定证书编号	检字第[2024]-L0518
有效期	2024年7月8日至2025年7月7日
测量范围	1nSv/h~99.9μSv/h（探头）0.1μSv/h~1Sv/h（主机）
能量响应范围	20keV~7MeV（探头）45keV~3MeV（主机）
校准因子	1.04（0.657μSv/h）
检测依据	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）

### 8.3 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和可比性。
- （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）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- （4）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- （5）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。
- （6）通过国家级计量认证及中国实验室国家认可委员会认可。

### 8.4 监测结果及分析

监测结果表明，室内监测点位的  $\gamma$  辐射剂量率为 100.88~190.78nGy/h，室外监测点为 127.64~165.17nGy/h，处于宁德辐射环境本底正常范围（室内：99.9~248nGy/h，室外（含原野及道路）：42.3~221nGy/h，来源于《中国环境天然放射性水平》）。

## 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 加速器工业 CT 的系统构成

电子直线加速器工业 CT 是利用电子直线加速器作为射线源的工业 CT 装置，简称加速器工业 CT。本项目选用北京机械工业自动化研究所有限公司 DZ 系列工业无损检测用驻波电子直线加速器工业 CT。

加速器工业 CT 一般由射线源系统、探测系统、数据采集传输系统、机械系统、控制系统、图像处理系统以及辐射防护安全系统等部分组成，射线源系统主要由机头、固态调制器、控制盒和温控水冷机组等部分及它们之间的连接电缆和水管构成，同时可以根据具体情况选配机头运动机构、三相交流稳压器、外准直器和均整器等附加设备。

\*\*

图 9.1 项目设备组成

\*\*

图 9.2 项目检测室结构和设备结构示意图

\*\*

图 9.3 项目加速器工业 CT 台架结构示意图

#### 9.1.2 工作原理

电子直线加速器是产生高能 X 射线的装置。电子枪产生的电子由微波加速波导管加速后进入偏转磁场，所形成的电子束由电子窗口射出，射到靶物质上（本项目为钨合金靶材），相互作用时发生韧致辐射，产生大量高能 X 射线，经一级准直器和滤线器形成剂量均匀稳定的 X 射线束，再利用 X 射线穿透能力，对工件进行无损探伤。加速器产生的 X 射线的最大能量为电子束的最大能量。这种 X 射线是随机器的开关而产生和消失。

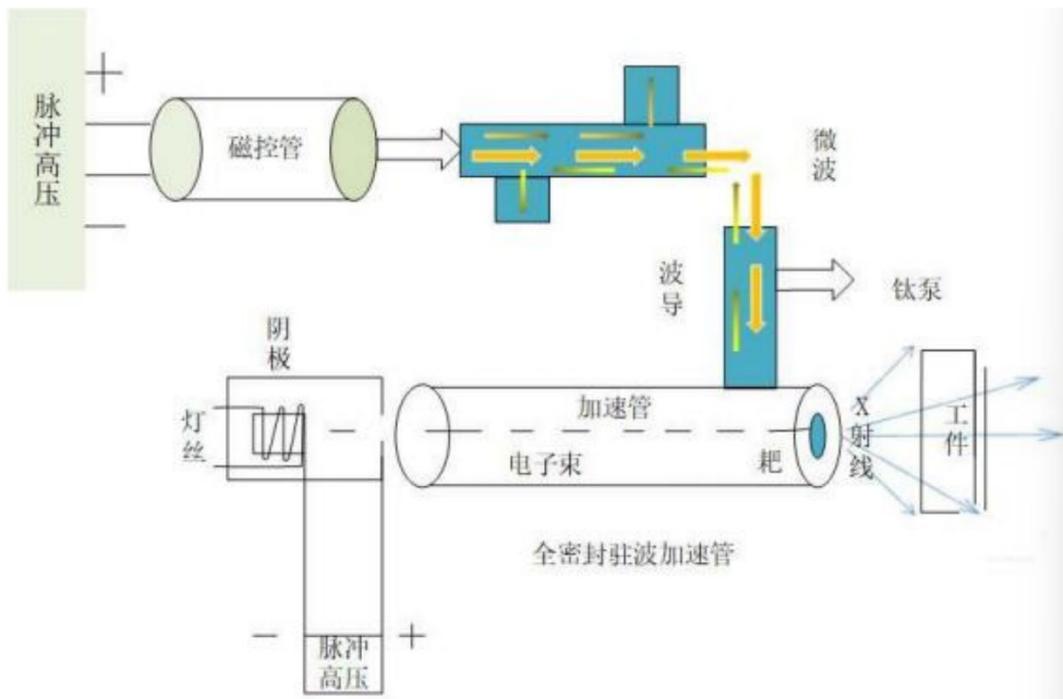


图 9.4 直线加速器 X 射线产生原理图

### 9.1.3 设备情况

宁德时代新能源科技股份有限公司拟新建 1 间加速器工业 CT 检测室，并购置 1 台 \*\*无损检测用驻波电子直线加速器 CT 用于无损检测。

### 9.1.4 工作流程

加速器在检测室内进行电池包的无损探伤作业，操作步骤主要如下：

- (1) 将准备接受无损探伤的电池包移至检测室内。
- (2) 使用起重机将电池包摆放到规定位置，同时预调相关参数。
- (3) 辐射工作人员撤离检测室，并确认检测室内无人员逗留后关闭防护门。
- (4) 通过仪器面板，确认设备的相关参数正常；通过视频监控系统，确认检测室内没有异常、联锁系统正常后，插入钥匙并置于“开”的位置。检测室的声光报警装置发出声光预警信号，持续 10 秒，提示即将出束。
- (5) 按“出束”按钮开始出束。
- (6) 在受检电池包需要扫描成像的位置都完成扫描后，加速器停止出束，将钥匙置于“关”。
- (7) 在确认加速器均已停止出束后，进入检测室，将完成检测的电池包移出检测室，并在检测室内放置新的待检电池包。然后调节起重机，同时预调相关参数。
- (8) 重复 (4) 到 (7) 步骤。

(9) 根据扫描图像对受检电池包进行评价，完成一次探伤任务。

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 射线及少量的臭氧和氮氧化物。

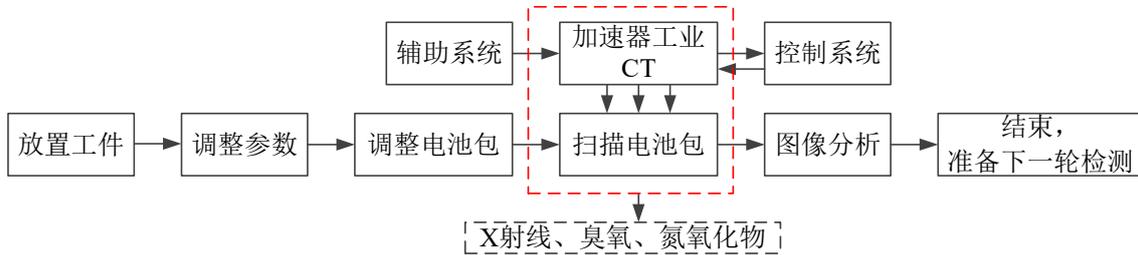


图 9.5 工作流程及产污环节示意图

### 9.1.5 工作方式

设备可实现三种扫描方式。

(1) DR 扫描。射线源和线阵探测器固定不动，动力电池包放置于传输线上做水平匀速运动，用于产品的快速检测，或者采用该方式确定缺陷的位置以便在该位置进行 CT 扫描成像。

(2) CT 扇束扫描。射线源和线阵探测器随回转框架做匀速“只旋转”运动，动力电池包固定不动，采用扇形射线束对该产品某个断层进行高精度快速检测。

(3) CT 螺旋扫描。射线源和线阵探测器随回转框架做匀速旋转运动，动力电池包放置于传输线上做同步水平运动，采用扇形射线束对大批量动力电池包进行连续螺旋 CT 扫描检测。

### 9.1.6 工作负荷

本项目拟采取单班制，加速器工业 CT 年开机扫描时间不超过 750h，拟配备 4 名辐射工作人员，单名人员年工作时间不超过 750h。加速器工业 CT 运行全程，辐射工作人员在控制室内设置并监控加速器运行参数和运行情况、在检测室周围巡视、在样品中转区搬运检测电池包，加速器工业 CT 运行期间无人进入检测室内。

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 辐射污染源分析

本项目加速器工业 CT 利用 X 射线进行无损检测，加速器工业 CT 运行过程中产生的电子受到靶物质阻挡而发生轫致辐射，即产生 X 射线。该射线是随加速器出束状态的进行、停止而对应产生或消失的。本项目加速器工业 CT 输出 X 射线束的最大能量为

9MeV，不产生中子和感生放射性，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

### 9.2.2 非辐射污染源分析

(1) 加速器工业 CT 工作状态时，空气在 X 射线电离作用下，会产生少量的臭氧和氮氧化物，经通风措施及时排出扩散至大气环境，对周边大气环境基本没有影响。

(2) 项目工作人员会产生少量的生活污水（约 0.16t/d），生活污水经厂区污水处理后排入市政污水管网。

项目配备温控水冷机组，水冷机组内部有水箱（不锈钢材质，容积 5L），水箱内循环冷却水为纯净水或去离子水，损失主要为自然蒸发。当冷却水水质不符合要求时需要更换，约 3 个月更换 1 次（约 5kg），经厂区污水处理后排入市政污水管网。因此，项目不涉及放射性废水排放。

(3) 项目工作人员会产生少量的生活垃圾（约 2kg/d），生活垃圾由环卫部门统一清运，对周围环境基本没有影响。

### 9.2.3 事故工况

项目使用的加速器工业 CT 属于 II 类射线装置，自带监测联锁功能，持续监测设备周边剂量，当发现剂量超过正常范围时照射无法启动或立刻停止，因此本项目在运行过程中发生误照事故概率很小，可能发生的事故如下：

(1) 由于管理不善或安全联锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众成员误入检测室，给上述工作人员或公众成员造成不必要的照射。

(2) 加速器开机工作前未按照要求进行巡检，导致人员误留在检测室内，发生人员超剂量照射事故。

(3) 设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，加载高压并出束，可能造成误照事故。

(4) 暗电流事故。电子加速器在运行高压、未启动电子枪，或在锻炼高压、束流过程中发生电晕放电的情况下，会形成空载状态，总电流不为 0，即存在“暗电流”。此时若未进行放电接地操作，接触设备可能引发电击事故。

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施**

### **10.1.1 工作场所布局**

项目检测室位于 E31 厂房，检测室为单层混凝土结构，上方为屋顶，下方为土层，均无人到达。检测室南侧设有电动混凝土防护门，为物流门，供检测电池包进出；检测室东南侧设有迷道防护门，连接迷道与配电间、控制室，供辐射工作人员进出；控制室位于检测室东北侧，不在加速器工业 CT 有用线束的照射方向。检测室东侧为控制室和配电间，南侧为防护门区、排烟机房、消防阀体间，西侧为风险样品中转区，项目加速器工业 CT 检测室位置较为独立，周围远离了人员较多的办公场所等。项目加速器工业 CT 工作时，设备操作人员在控制室内设置机器参数并监控加速器工业 CT 运行情况，检测室无人员停留。

因此，项目检测室布局合理可行。

### **10.1.2 工作场所分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中关于“辐射工作场所的分区”的要求，加速器工业 CT 辐射工作场所分为：a) 控制区：检测室防护门以内区域；b) 监督区：控制室、设备机房、检测工件装卸区域及其他辅助房等区域。结合定义与现场实际，对项目的控制区和监督区进行划分。

控制区：检测室防护门以内区域。拟在控制区域进出口及其他可能行人过往位置处设立醒目的电离辐射警告标志。

监督区：控制室、配电间、防护门区、排烟机房、消防阀体间、常规风险样品中转区、售后风险样品中转区。拟在监督区边界设置物理栅栏或地面设置监督区警示线，张贴电离辐射警告标识。

项目工作场所分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）的相关要求，项目辐射工作场所分区示意图 10.1。

\*\*

**图 10.1 检测室控制区与监督区划分图**

## 10.2 工作场所辐射安全和防护

### 10.2.1 检测室结构

根据建设单位提供的资料，项目加速器工业 CT 检测室辐射防护方案详见表 10.1。项目检测室平面及墙体结构示意图 10.2，检测室剖面图见图 10.3、图 10.4，检测室排风管道示意图见图 10.5、图 10.6。

表 10.1 加速器工业 CT 检测室屏蔽设计

项目	屏蔽体	屏蔽防护情况
加速器工业 CT 检测室	北墙	**
	南墙	**
	西墙（中部）	**
	西墙（其他）	**
	东墙（北侧）	**
	东墙（中部）	**
	东墙（南侧）	**
	迷道墙	**
	顶棚	**
	迷道防护门	**
	物流防护门	**

注：混凝土密度不低于 2.35t/m<sup>3</sup>。

\*\*

图 10.2 项目加速器工业 CT 检测室平面设计图

\*\*

图 10.3 项目加速器工业 CT 检测室剖面图（东西方向剖面）

\*\*

图 10.4 项目加速器工业 CT 检测室剖面图（南北方向剖面）

### 10.2.2 项目辐射安全防护措施

#### 1. 设备固有安全性

本项目加速器工业 CT 从正规厂家购买，设备本身设有多重安全保护措施，设备的固有安全性良好，设备的辐射安全设计与制造，遵循冗余性、多样性和独立性原则，以保证当某一部件或系统发生故障时，以及各种事故状态下，仍能保证人员和环境的辐射安全。

\*\*

图 10.6 加速器工业 CT 安全联锁逻辑示意图

## 2.加速器工业 CT 工作场所设计

### (1) 门机联锁

迷道防护门、物流防护门与加速器工业 CT 联锁，在防护门开启时，加速器不能加高压出束。加速器出束状态下防护门被开启，加速器会自动切断高压停止出束，通过控制台的复位操作后，方可再一次加高压出束。

### (2) 急停装置、紧急开门开关

检测室四周墙壁、迷道、加速器机头及控制室操作台均设置紧急停机按钮，按钮设置在工作人员易于接触的地方（距离地面 1.3m 高处），且相互串联，若触动任意开关可紧急关闭加速器停止出束，以避免检测室内人员尚未完全撤离的情况下开机，产生误照射。在紧急停机后，只有通过再次复位紧急停机按钮后才能重新启动加速器。

检测室迷道防护门内侧设置标识明显的紧急开门开关，确保异常情况时人员能从检测室内迅速开门离开。

紧急停机按钮和紧急开门开关处均设置明显标识。

### (3) 工作状态指示灯（门灯联锁）

检测室防护门口醒目处均安装工作状态指示灯，并与防护门联锁，当防护门关闭时，工作状态指示灯亮起，当防护门开启时工作状态指示灯熄灭。

### (4) 监控系统

在检测室安装监控摄像头，可视范围覆盖加速器有用线束区域，监控显示屏设置在控制室内，操作人员可通过监控器实时观察检测室内情况，便于监控曝光前人员误入，并在检测室与控制室之间安设通讯设备。监控摄像头为红外人像识别摄像头，与加速器工业 CT 联锁，摄像头识别到有人员在检测室内时，设备无法启动。

### (5) 固定式场所辐射探测报警装置

项目设置 1 套固定式剂量监测装置，显示面板位于控制室内，在检测室内、迷道防护门内、控制室内分别配套安装 1 个剂量探头，对加速器的出束状态进行监测。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，防护门无法打开。

### (4) 通风装置

检测室设置通风装置，排风口位于检测室内西南侧，排风管道采用“U”字型穿过墙体（不破坏墙体），管道埋深为 1200mm，管道尺寸为 640×800mm，风机排风速率 18000m<sup>3</sup>/h，排风管道经南侧排烟机房沿建筑外墙引至外部地面排放，排气筒离地高度

为 0.5m。

(7) 其他安全措施

①通向检测室的导线、导管设计采用“U”或“Z”等方式，并对管道口进行封堵。

②在检测室防护门上和周围醒目位置粘贴醒目的、符合 GB18871 规定的“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

③配置 1 台便携式辐射监测仪，用于工作场所定期自行检测，并建立监测档案。加速器工业 CT 操作、安装调试和检修维护人员在工作过程中，按规定佩戴个人剂量计、携带个人剂量报警仪，进行常规个人剂量监测，并按国家有关规定建立个人剂量档案。

④检测室内外设置 4 套臭氧气探声光报警装置。

⑤厂房耐火等级二级，设置火灾报警系统及有效的灭火设施。

⑥厂房设置应急照明系统。

项目辐射安全与防护措施见表 10.2，辐射安全与防护设施布置图见图 10.7。

**表 10.2 项目辐射安全与防护措施一览表**

\*\*

\*\*

**图 10.7 加速器工业 CT 检测室安全联锁装置参考位置示意图**

### 10.2.3 辐射防护措施符合性分析

项目与《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中相关要求的对比评价见表 10.3。

**表 10.3 项目拟设置的辐射安全和防护设施对照评价**

项目	《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）要求	项目加速器工业 CT 检测室设置情况	可预防或减缓的辐射事故	符合性
一般要求	<p>4.1.2 辐射防护纵深防御原则</p> <p>依据纵深防御原则，设置加速器工业 CT 多重辐射防护与安全措施，并使其辐射防护与安全重要系统、部件和设备具有适当的冗余性、多样性和独立性。</p>	<p>拟设置。</p> <p>纵深防御：项目设置有钥匙控制、门机联锁、急停装置、剂量联锁多层防护与安全措施，可确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，可以达到防止可能引起照射的事故、减轻可能发生的任何类似事故的后果、在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。</p> <p>冗余性：项目设置有门机联锁、急停装置、剂量联锁多道联锁。在运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。</p> <p>多样性：检测室的人员出入口的安全联锁分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的联锁，机械的联锁为门机联锁，电气的联锁为门体安装磁性开关，电子的联锁为急停装置，剂量的联锁为剂量联锁。</p> <p>独立性：项目冗余性（多道联锁）各部件之间、纵深防御各部件之间、多元性各部件之间、安全重要物项和非安全重要物项之间均为独立。</p>	<p>保证当某一部件或系统发生故障时，以及各种事故状态下，仍能保证人员和环境的辐射安全。提高装置的安全可靠性，降低共因故障。</p>	符合
	<p>4.2 辐射工作场所的分区和警示标志及设备工作状态标识</p> <p>4.2.1 辐射工作场所的分区</p> <p>按照 GB18871-2002 的规定，加速器工业 CT 辐射工作场所分为：</p> <p>a) 控制区：检测室防护门以内区域；</p>	<p>拟设置。</p> <p>项目划定了控制区和监督区，检测室防护门以内区域划为控制区，控制室、配电间、防护门区、排烟机房、消防阀体间、常规风险样品中转区、售后风险样品中转区划为监督区。</p> <p>项目拟在在检测室防护门上和周围醒目位置粘贴醒目的、符合 GB18871 规定的“当心电离辐射”警告标志和加速器工作状态指</p>	<p>提醒无关人员勿在其附近出入和逗留，预防人员误入。</p>	符合

	<p>b) 监督区：控制室、设备机房、检测工件装卸区域及其它辅助房等区域。</p> <p>4.2.2 警示标志及设备工作状态标识 在检测室工件及人员入口处，应设置电离辐射警示标志，以及加速器工作状态指示装置。电离辐射警示标志及中文警示说明等，应符合 GB18871-2002 附录 F 中的图 F.1 和图 F.2 要求。</p>	示装置。		
辐射安全与防护性能要求	<p>5.2.4 除调试或维修等特殊情况下，仅当接收到工业 CT 控制系统发出的出束允许信号后，加速器系统方可加高压出束，并在与工业 CT 的通信因故中断时，加速器应能自动停机。</p>	<p>拟设置。 项目加速器在接收到工业 CT 控制系统发出的出束允许信号后，加速器系统方可加高压出束，并在与工业 CT 的通信因故中断时，加速器能自动停机。</p>	预防人员误留或误入	符合
	<p>5.2.6 加速器系统应与检测室防护门、紧急停机按钮、射线源开关钥匙等实现安全连锁。只有满足检测室防护门关闭、紧急停机按钮复位、射线源开关钥匙合上等连锁条件，且加速器系统、工业 CT 设备均准备就绪，工业 CT 控制系统向加速器系统发出出束允许信号后，方可启动加速器出束进行 CT 扫描检测。</p>	<p>拟设置。 项目加速器系统与检测室防护门、急停按钮、射线源开关钥匙等安全连锁。只有满足检测室防护门关闭、急停按钮复位、射线源开关钥匙合上等连锁条件，且加速器系统、工业 CT 设备均准备就绪，工业 CT 控制系统向加速器系统发出出束允许信号后，方可启动加速器出束进行 CT 扫描检测。</p>	预防人员误留或误入	符合
	<p>5.2.7 在加速器系统出束前，应有不少于 10 秒的声、光预警信号，声、光预警信号结束后加速器系统方可加高压出束；出束后应持续发出声、光信号，直至停束为止。在出束过程中，5.2.6 的连锁条件一旦不满足，系统应立刻自动切断高压停止出束，并发出警示信号。</p>	<p>拟设置。 项目在加速器系统出束前，发出声光预警信号，持续 10 秒，警示检测室内人员立即撤出，声光预警结束后加速器系统方可加高压出束。出束后应持续发出声光信号，直至停束为止。在出束过程中，上述连锁条件一旦不满足，系统会立刻自动切断高压停止出束，并发出警示信号。</p>	预防人员误留或误入	符合
	<p>5.2.8 加速器系统和工业 CT 控制系统的操</p>	拟设置。	/	符合

	作控制程序应设置密码，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。	项目加速器系统和工业 CT 控制系统的操作控制程序拟设置密码，未经单位辐射安全管理人员允许不得修改。		
加速器工业 CT 工作场所的辐射安全与防护要求	6.2 加速器工业 CT 工作场所应合理布置，检测室与控制室及其他辅助用房应分开，控制室等人员活动频繁的区域，应避免有用线束的照射方向。	拟设置。 项目检测室与控制室及其他辅助用房分开，控制室避开有用线束的照射方向。	/	符合
	6.3 初级辐射（有用射线束）直接投照的防护墙（包括天棚）按主射线辐射屏蔽要求设计，其余墙体按次级辐射屏蔽要求设计。天棚辐射屏蔽厚度设计，还应考虑天空散射对周边环境的影响。在计算屏蔽厚度时，需考虑 2 倍安全系数。通向检测室的导线、导管设计宜采用“U”或“Z”等方式的设计，确需穿越防护墙的，应不得影响其辐射屏蔽防护效果。	拟设置。 项目顶棚无人员到达。 项目通向检测室的导线、导管设计采用“U”或“Z”等方式的设计。	/	符合
	6.4 检测室的工件和人员入口处应设置防护门。防护门与墙体之间的搭接合理，间隙与搭接比值应小于 1/10。加速器能量大于 10MeV 以上时，迷道以及防护门应考虑中子及中子俘获产生的 Y 射线的防护。屏蔽材料应包括含硼聚乙烯或含硼石蜡等中子防护材料。	拟设置。 项目检测室设置、迷道防护门。防护门与墙体之间的搭接合理，间隙与搭接比值小于 1/10。 项目加速器能量小于 10MeV，不考虑中子防护。	/	符合
	6.6 检测室所有入口处的防护门应与加速器工业 CT 连锁。在防护门开启时，加速器不能加高压出束。加速器出束状态下防护门被开启，加速器应自动切断高压停止出束，通过控制台的复位操作后，方可再一次加高压出束；检测室人员入口应设置迷道，有用线束朝向应尽量避免工件出入	拟设置。 项目检测室所有入口处的防护门与加速器工业 CT 连锁。在防护门开启时，加速器不能加高压出束。加速器出束状态下防护门被开启，加速器自动切断高压停止出束，通过控制台的复位操作后，方可再一次加高压出束。 项目检测室人员入口设置迷道，有用线束朝向避开工件出入口、控制室和迷道。检测室迷道防护门内侧安设标识明显的紧急开门	预防人员误留或误入	符合

<p>口、控制室和迷道。检测室迷道防护门内侧应安设标识明显的紧急开门开关，确保异常情况时人员能从检测室内迅速开门离开。</p>	<p>开关，确保异常情况时人员能从检测室内迅速开门离开。</p>		
<p>6.7 检测室、迷道、加速器机头及工业 CT 操作台上应安装紧急停机按钮，检测室墙面、迷道内等处应安装检查复位按钮。紧急停机按钮、复位按钮及紧急开门开关处应设置有明显标识。在紧急停机后，只有通过再次复位后才能重新启动加速器。</p>	<p>拟设置。 项目检测室、迷道、加速器机头及工业 CT 操作台上安装紧急停机按钮。紧急停机按钮和紧急开门开关处设置有明显标识。在紧急停机后，只有通过再次复位紧急停机按钮后才能重新启动加速器。</p>	<p>预防人员误留或误入</p>	<p>符合</p>
<p>6.8 检测室应设置通风装置，设计上确保检测室内外空气质量达到 GB3095 要求。</p>	<p>拟设置。 项目检测室设置通风装置，经理论估算，排风系统可保证产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定，有害气体的排放满足 GB3095 的规定。</p>	<p>/</p>	<p>符合</p>
<p>6.9 检测室应设置固定式剂量监测装置，对加速器的出束状态进行监测。</p>	<p>拟设置。 项目设置 1 套固定式剂量监测装置，显示面板位于控制室内，在检测室内、迷道防护门内、控制室内分别配套安装 1 个剂量探头，对加速器的出束状态进行监测。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，防护门无法打开。</p>	<p>/</p>	<p>符合</p>
<p>6.10 检测室内应有监视装置，其摄像头的安装应保证检测室内，特别是加速器有用线束区域内可视，并在控制室内设置专用监视器。必要时在检测室与控制室之间安设通讯设备。</p>	<p>拟设置。 项目在检测室安装监控摄像头，可视范围覆盖加速器有用线束区域，监控显示屏设置在控制室内，操作人员可通过监控器实时观察检测室内情况，便于监控曝光前人员误入，并在检测室与控制室之间安设通讯设备。</p>	<p>预防人员误留或误入</p>	<p>符合</p>

建设单位已制定加速器工业 CT 的维护检修制度，确保加速器工业 CT 主要安全设备的有效性和稳定性。设备工程师（设备单位人员）负责制定设备检修计划，组织、指导设备检修工作，并负责记录整理、归档以及大的故障的处理；维修人员（设备单位人员）负责设备检修及常见故障排除，并配合设备定期保养；运行人员（项目辐射工作人员）负责主设备的日常检查，配合维修人员进行定期保养。加速器维护与维修人员需参加辐射安全与防护考核（X 射线探伤），并取得辐射安全与防护培训合格证书，确保其具备维护与维修任务所需的知识和技能。加速器工业 CT 调试、检修期间，严禁调试、检修人员在出束的情况下滞留在控制区，且控制室须有工作人员值守。

## 10.2 三废的治理

### （1）废水

项目工作人员会产生少量的生活污水（约 0.16t/d），生活污水经厂区污水站处理后排入市政污水管网。

项目加速器工业 CT 工作时采用内循环冷却水系统，冷却水为间接冷却，循环使用，损失主要为自然蒸发。当冷却水水质不符合要求时需要更换，约 3 个月更换 1 次（约 5kg），经厂区污水站处理后排入市政污水管网。项目不涉及放射性废水排放。

### （2）废气

项目检测室设置通风装置，排风口位于检测室内西南侧，排风管道采用“U”字型穿过墙体（不破坏墙体），风机排风速率 18000m<sup>3</sup>/h，排风管道经南侧排烟机房沿建筑外墙引至外部地面排放，排气筒离地高度为 0.5m。

项目检测室产生的臭氧和氮氧化物通过排风系统排入大气，经过稀释后，对大气环境基本没有影响。

### （3）固废

项目工作人员会产生少量的生活垃圾（约 2kg/d），生活垃圾由环卫部门统一清运，对周围环境基本没有影响。

### （4）射线装置报废处置

加速器工业 CT 在达到报废年限后，应当委托有资质的单位对机头进行拆除并处理，同时将主机电源线绞断，使加速器工业 CT 不能正常通电。拆除机头的加速器工业 CT 在任何情况下均不会再产生电子束、X 射线，由公司按照企业一般设备报废的相关规定进行处置。

机头是加速器的主体部分，项目钨合金靶材在机头内，靶材随设备报废而报废，靶

材留在机头内，不单独拆除，随机头一同处理。

### 10.3 项目环保投资

项目环保投资见表 10.5。

表 10.5 项目环保投资 单位：万元

类别	环保措施	投资金额
辐射防护	加速器工业 CT 相关辐射防护措施、辐射管理措施等	**
防护和监测设备	便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪、固定式辐射监测仪等	**
非辐射污染防治	“三废”处理（通排风设置、减振基座，设置专用设备间）	**
其他费用	辐射安全规章制度上墙、环境影响评价、竣工环保验收	**
	每年委托有资质的单位对放射工作场所进行监测 开展工作人员辐射安全培训，配备个人剂量计进行个人剂量监测，健康体检	
合计		**

表 11 环境影响分析

## 11.1 建设阶段对环境的影响

项目建设阶段主要为加速器工业 CT 设备的安装调试。

设备安装和调试由厂家进行，主要会产生噪声及废包装材料，由于项目需安装的时间短，产生的噪声为暂时性，随着安装的结束而结束，其对周围环境的影响也随之消失；废包装材料集中收集后交由回收公司处置。

项目施工期的影响具有暂时性，随着施工期的结束，其对周围环境的影响也随之消失。在施工期间，项目若能采取以上措施，其对周围环境的影响是可以接受。

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 辐射环境影响分析

本项目检测室内加速器工业 CT 出束时，三种扫描方式（DR 扫描、CT 扇束扫描、CT 螺旋扫描）中，CT 螺旋扫描属最不利工况、影响最大，即：出束方向为周向，从设备正面看一周。检测室为一层结构，检测室上方人员不可到达、下方为土层无地下室，因此屋顶、地面方向照射不予考虑。

参照《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T30371-2013）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中的相关计算公式，理论估算项目加速器工业 CT 的最高能量和最大束流强度下的主射线束、泄露辐射和迷道散射辐射、天空散射辐射、屋顶的侧向散射。

### 11.2.2 检测室四周屏蔽墙外辐射影响分析

#### (1) 一次 X 射线的透射率计算

参照《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》（GB/T30371-2013）附录 C 公式，一次 X 射线的透射率计算公式如下：

$$B_X = (1.67 \times 10^{-5}) \left[ \frac{H_M \cdot d^2}{D_0 \cdot T} \right] \quad (11-1)$$

#### (2) 检测室四周直射辐射剂量率计算

根据上式，可以导出参考点的剂量当量率 H（ $\mu\text{Sv/h}$ ）计算公式如下：

$$H = 10^5 \times \frac{D}{d^2} \times B_X \times T \div 1.67 \quad (11-2)$$

$D_0$ —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率。

根据设备资料，距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为 720Gy/h、

加速器泄漏剂量比率 0.1%，即主射线束方向  $D_0=720\text{Gy/h}$ 、泄露剂量率  $D_0=0.72\text{Gy/h}$ 。

T—居留因子。当参考点位置为人员全居留时取值 1，部分居留时可取 1/4，偶然居留时可取 1/16。本项目保守取 1。

$B_x$ —X 射线在混凝土中的屏蔽透射率。

d—X 射线源与参考点之间的距离 (m)。

$B_x$  可用十倍减弱厚度方法计算，计算方法为：

$$B_x=10^{-n} \quad (11-3)$$

$$n=(S-T_1)/T_e+1 \quad (11-4)$$

式中：

S—混凝土屏蔽体厚度 (cm)；

$T_1$ —第一个十值层厚度 (cm)；

$T_e$ —平衡十值层，该值近似于常数 (cm)；

n—十值层的个数。

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 A 表 A.4，本项目入射电子能量为 9MeV，参考 10MeV 取值，10MeV 电子在侧向  $90^\circ$  屏蔽能量取相应等效能量为 6MeV。

参照《无损检测用电子直线加速器工程通用规范》(GBT30371-2013) 附录 C (图 11.1)，对于主射线束方向 (即  $0^\circ$  方向)，入射电子能量为 9MeV，混凝土的  $T_1$  值为 39.7cm、 $T_e$  值为 38.4cm；对于侧向 (以  $90^\circ$  方向考虑)，入射电子能量为 6MeV，混凝土的  $T_1$  和  $T_e$  值均为 35.5cm。

检测室射线辐射通过屏蔽后关注点和敏感点的剂量率计算结果见表 11.1、表 11.2。关注点位以估算最大值评价，不进行叠加，具体见表 11.3。

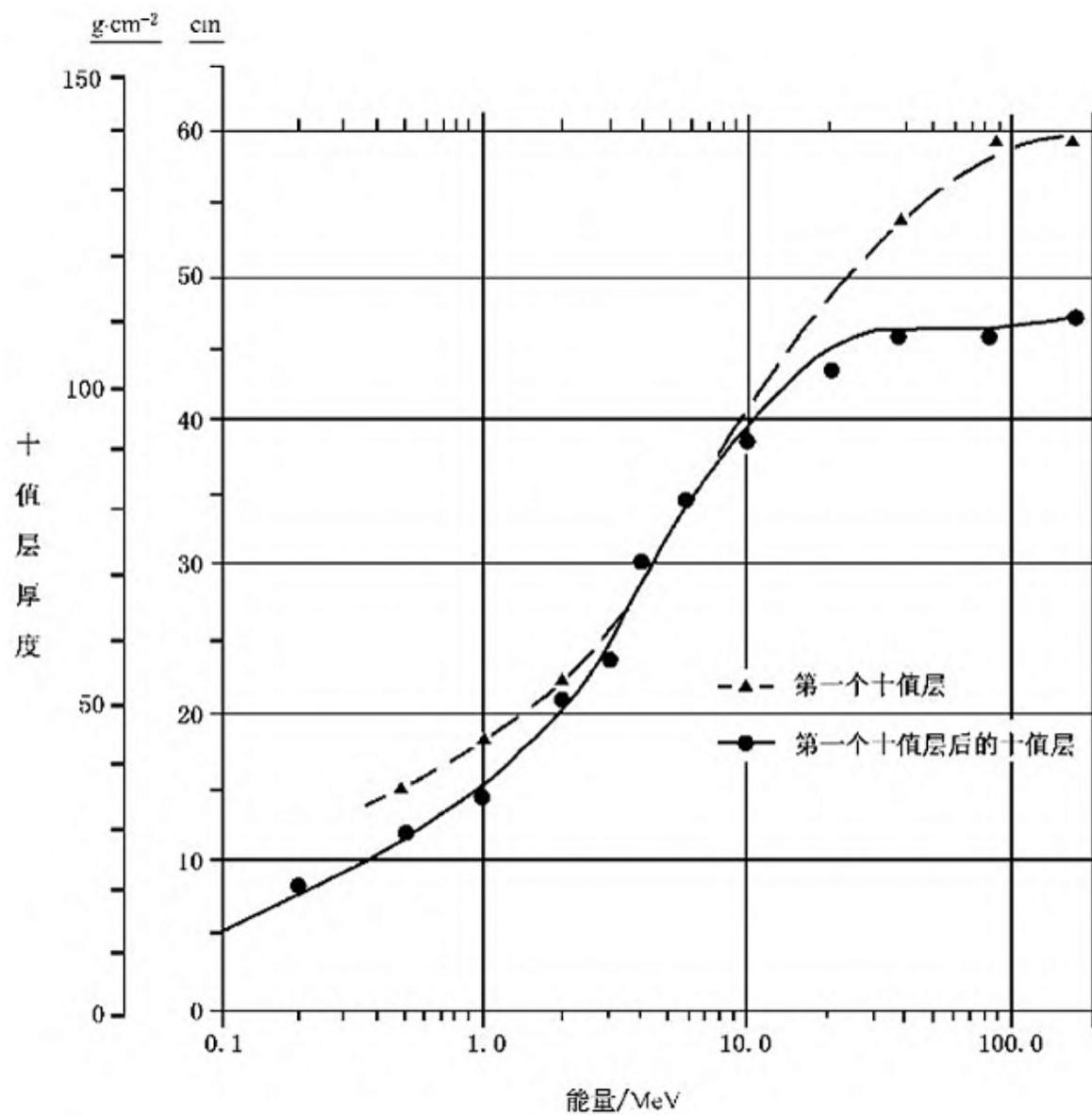


图 11.1 0.1MeV~100MeV 电子加速器的宽束 X 射线的混凝土十值层

\*\*

图 11.2 检测室四周直射辐射关注点位置示意图（朝西照射）

表 11.1 检测室直射辐射通过屏蔽后关注点剂量率计算结果（朝西照射）

\*\*

\*\*

图 11.3 检测室四周直射辐射关注点位置示意图（朝东照射）

表 11.2 检测室直射辐射通过屏蔽后关注点剂量率计算结果（朝东照射）

\*\*

表 11.3 检测室直射辐射通过屏蔽后关注点剂量率计算结果

\*\*

### (3) 迷道外入口散射辐射剂量率计算

迷道外入口散射辐射剂量率采用下式计算：

$$H_m = H_0 \cdot \frac{(a_1 \cdot A_1)(a_2 \cdot A_2) \cdots (a_n \cdot A_n)}{(d_1 \cdot d_2 \cdots d_n)^2} \quad (11-5)$$

式中：

$H_m$ —迷道外入口散射辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

$H_0$ —第一次散射面上的吸收剂量率，本项目取值泄露剂量率  $0.72 \times 10^6 \mu\text{Sv/h}$ ；

$\alpha_1$ —X 射线第一次散射系数；

$\alpha_2$  和  $\alpha_n$ —分别为 X 射线第二次散射系数和第  $n$  次散射系数；

$A_1$ —第一次散射面积（ $\text{m}^2$ ）；

$A_n$ —迷道的截面积（ $\text{m}^2$ ）；

$d_1$ —X 射线第一次散射距离（ $\text{m}$ ）；

$d_2$  和  $d_n$ —分别 X 射线第二次散射距离和第  $n$  次散射距离（ $\text{m}$ ）；

对于能量大于 3MeV 的 X 射线认为其散射一次后的能量均为 0.5MeV，对于初级 X 射线，散射系数  $\alpha_1$  取值  $5 \times 10^{-3}$ ，对于一次散射后的 X 射线散射系数  $\alpha_2$ （假设一次散射后的放射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$ ）取值  $2 \times 10^{-2}$ 。

迷道散射面积的确定： $A_1$  为第一次散射宽度与高度的乘积，之后的散射面积均为迷道宽度与高度的乘积。对于本项目： $A_1=3.05 \times 9.5+3.78 \times 4.76=46.97 \text{ m}^2$ ， $A_2=1.8 \times 4.76=8.57 \text{ m}^2$ ， $A_3=A_4=A_5=0.9 \times 4.76=4.284 \text{ m}^2$ 。

迷道散射辐射剂量率计算见表 11.4。

\*\*

图 11.4 迷道散射辐射关注点位置示意图

表 11.4 迷道散射辐射剂量率计算结果

\*\*

### 11.2.3 天空散射影响分析

加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射，返回至加速器周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空散射。

天空散射导致的剂量计算公式为：

$$D_s = \frac{(2.5 \times 10^{-2} D_0 \Omega^{1.3})}{d_s^2 d_i^2} \times 10^{-[(T_c - T_1)/(T_c + 1)]} \quad (11-6)$$

式中：

$D_0$ —距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率。

$\Omega$ —X 射线源到屋顶的立体角 (Sr)；

$d_s$ —源到参考点的最小水平距离 (m)；

$d_i$ —源到距屋顶上方 2m 处的垂直距离 (m)；

$T_c$ —屋顶的厚度 (cm)，为 130cm；

$T_1$ —第一个十值层厚度 (cm)；

$T_e$ —平衡十值层 (cm)。

$$\Omega = 4 \times tg^{-1} \frac{a \times b}{c \times d} \quad (11-7)$$

式中：

$a$ —屋顶长度之半 (m)；

$b$ —屋顶宽度之半 (m)；

$c$ —源到屋顶表面中心的距离 (m)；

$d$ —源到屋顶边缘的距离 (m)，且  $d = (a^2 + b^2 + c^2)^{1/2}$ 。

朝上照射时，源距离检测室屋顶表面中心的距离  $c$  为 12.7m；朝下照射时，源距离检测室屋顶表面中心的距离  $c$  为 6.8m；屋顶长度之半  $a$  为 7.955m、宽度之半  $b$  为 7.2m，可计算得出朝上照射时， $\Omega = 60.7\text{Sr}$ ；朝下照射时， $\Omega = 107.5\text{Sr}$ 。

\*\*

图 11.7 天空散射示意图

本评价将公众所能到达区域 D 点的距离 ds 保守取 X 射线源至检测室北墙表面 30cm 处的距离，即 7.26m。其他因子同上式。项目检测室天空散射屏蔽效果核算情况详见表 11.5，朝上照射时，天空散射辐射剂量率最大，为  $1.68 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ 。

表 11.5 天空散射辐射剂量率计算结果

\*\*

### 11.2.4 X 射线通过屋顶的侧向散射

根据设计情况，项目检测室周边多层建筑为南侧 15.7m 处的 E30 成品仓（5 层建筑，高度 23.3m），需考虑 X 射线通过屋顶后侧向散射对 E30 成品仓 2 层至 5 层造成的影响。参照《电子加速器辐照装置辐照安全和防护》（HJ979-2018），X 射线通过屋顶的侧向散射计算公式为：

$$H = \frac{D_{10} F f(\theta)}{d_R^2 10^{\left[ \frac{(t-T_1)}{T_e} \right]}} \quad (11-8)$$

式中：

H—X 射线侧向散射周围剂量当量率（Sv/h）；

$D_{10}$ —靶上方 1m 处 X 射线的吸收剂量率，Gy/h；

F—靶上方 1 米处照射野的面积， $\text{m}^2$ ；

$f(\theta)$ —由表 A.5 中给出的 X 射线的角度分布函数；

$d_R$ —从屋顶上方束流中心到关注点的距离，m；

t—屋顶的厚度，m；

$T_1$ 、 $T_e$ —分别为屋顶屏蔽材料的第一个和平衡十分之一值层，m。

\*\*

图 11.8 X 射线通过屋顶的侧向散射示意图

表 11.6 X 射线通过屋顶的侧向散射计算结果

\*\*

由表 11.6 可知，X 射线通过屋顶的侧向散射对 E30 成品仓产生的剂量率最大为  $3.91 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ 。

### 11.2.5 检测室四周关注点的总剂量率

通过上述预测分析，本项目加速器工业 CT 检测室四周各关注点的总剂量率之和结果见表 11.7。

本项目加速器工业 CT 检测室外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 0.47 $\mu$ Sv/h（检测室北侧厂内道路），小于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中“工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

### 11.2.6 通风管道及通风口辐射防护影响分析

检测室设置通风装置，排风口位于检测室内西南侧，排风管道采用“U”字型穿过墙体（不破坏墙体），管道埋深为 1200mm，管道尺寸为 640 $\times$ 800mm，风机排风速率 18000m<sup>3</sup>/h，排风管道经南侧排烟机房沿建筑外墙引至外部地面排放，排气筒离地高度为 0.5m。项目加速器工业 CT 产生的 X 射线需经过通风管道至少三次散射后才能到达检测室外，排风管道出口处辐射剂量将在控制范围内，能够满足辐射防护的要求。

### 11.2.7 冷却水管、线缆管辐射防护分析

本项目检测室有穿墙的冷却水管、电缆管、强弱电、安全连锁线管等。上述管道在穿墙时采用“U”型或“Z”等方式穿过墙体，可使射线在管道内经过多次散射方能穿出墙体，其不破坏墙体的辐射防护，对墙体的屏蔽影响较小。

表 11.7 加速器工业 CT 检测室四周各关注点的总剂量率计算结果

\*\*

### 11.2.8 辐射工作人员和公众年有效剂量分析

#### (1) 年有效剂量估算公式

个人年有效剂量当量计算模式如下：

$$H_{\gamma}=D_{\gamma}\times T\times t\times U \quad (11-9)$$

式中： $H_{\gamma}$ — $\gamma$  辐射外照射人均年有效剂量，mSv/a；

$D_{\gamma}$ — $\gamma$  辐射剂量率，mSv/h；

T—居留因子；

t—年工作时间，h；

U—使用因子，本项目保守取 1。

#### (2) 居留因子

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），不同环境条件下的居留因子见表 11.8。

**表 11.8 居留因子选取**

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

**(3) 工作时间**

本项目拟配备 4 名具有相关专业技术背景人员为辐射工作人员，4 名人员均不从事操作其他核与辐射类设备。

**(4) 职业人员和公众年有效剂量**

**a 职业人员**

加速器工业 CT 工作状态下，辐射工作人员在控制室和辅助用房（配电间、防护门区、排烟机房、消防阀体间、常规风险样品中转区、售后风险样品中转区），居留因子取 1。根据建设单位提供资料，加速器每年照射时间为 750h。

**b 公众成员**

厂内道路公众居留因子取 1/8（偶然居留）；其他区域公众居留因子取 1（全居留）。本项目电子加速器工作时，四周基本无人居留，本评价其他公众人员受照时间每年 750h。

辐射工作人员和公众成员的最大年有效剂量见表 11.9。

**表 11.9 工作人员和公众最大年有效剂量估算表**

\*\*

根据上表，本项目辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.308mSv，对公众照射的年有效剂量值为 0.044mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

**11.2.9 三废治理措施**

**(1) 废气**

加速器工业 CT 工作状态时，空气在 X 射线电离作用下，会产生少量的臭氧和氮氧化物。由于氮氧化物的产额及毒性均远低于臭氧，并且场所氮氧化物容许浓度比臭氧

容许浓度高，因此主要考虑臭氧的产生及防护。只要臭氧排放达标氮氧化物同样也能够排放达标。本评价主要计算检测室内臭氧产生量和通风情况。

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 B，平行电子束所致臭氧（O<sub>3</sub>）的产生率用以下公式进行保守估算：

$$P = 45 \times d \times I \times G \quad (11-10)$$

式中：

P—单位时间电子束产生 O<sub>3</sub> 的质量（mg/h）；

I—电子束流强（mA），本项目为 0.048mA；

d—电子在空气中的行程（cm），本项目取 100cm；

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O<sub>3</sub> 分子数，保守值可取为 10。

根据上式中计算所得检测室内臭氧的产生率为 18.58mg/h。

检测室臭氧的平衡浓度为：

$$C_s = \frac{P \times T_e}{V} \quad (11-11)$$

式中：

C<sub>s</sub>—长时间辐照时，辐照室空气中臭氧平衡浓度（mg/m<sup>3</sup>）；

T<sub>e</sub>—对臭氧的有效清除时间（h），加速器长时间辐照时，T<sub>e</sub>≈T<sub>v</sub>，T<sub>v</sub> 为辐照室换气一次所需时间（h）；

V—辐照室体积（m<sup>3</sup>）。

本项目检测室体积均为 1560m<sup>3</sup>，排风量为 18000m<sup>3</sup>/h，每小时通风换气次数约为 11 次。项目检测室空气中臭氧平衡浓度估算结果详见表 11.10。

**表 11.10 项目检测室空气中臭氧平衡浓度估算结果**

\*\*

根据表 11.10 可知，项目检测室内臭氧经通风装置换气，每小时通风换气 11 次，每次换气时间 0.087h（5.2min），则检测室内臭氧平衡浓度为 0.001mg/m<sup>3</sup>，可达到《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“臭氧最高容许浓度 0.3mg/m<sup>3</sup>”。臭氧排出检测室后经自然分解和稀释，不会对周围环境空气造成明显影响。

## （2）废水

项目工作人员会产生少量的生活污水（约 0.16t/d），生活污水经厂区污水站处理后

排入市政污水管网。项目加速器工业 CT 工作时采用内循环冷却水系统，冷却水为间接冷却，循环使用，损失主要为自然蒸发。当冷却水水质不符合要求时需要更换，约 3 个月更换 1 次（约 5kg），经厂区污水站处理后排入市政污水管网。项目不涉及放射性废水排放。

### （3）固废

项目工作人员会产生少量的生活垃圾（约 0.2kg/d），生活垃圾由环卫部门统一清运，对周围环境基本没有影响。

## 11.3 事故影响分析

项目使用的加速器工业 CT 属于 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有：

（1）由于管理不善或安全联锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众误入辐射防护区，给上述工作人员或公众造成不必要的照射。

（2）加速器工业 CT 开机工作前未按照要求进行巡检，导致人员误留在检测室内，发生人员超剂量照射事故。

（3）设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，加载高压并出束，可能造成误照事故。

（4）暗电流事故。电子加速器在运行高压、未启动电子枪，或在锻炼高压、束流过程中发生电晕放电的情况下，会形成空载状态，总电流不为 0，即存在“暗电流”。此时若未进行放电接地操作，接触设备可能引发电击事故。

最大辐射事故分析：

假设在对电池包进行检测时，安全联锁装置失效，人员误入检测室，人员在无其它屏蔽措施的情况下处于距设备电子束 1m 的位置，工作人员从发现人员误入到按下急停开关的时间按 1min 计。

根据设备参数和估算结果，检测室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为 720Gy/h，则误入人员所受剂量为 12Gy，此时误入人员（9 人及 9 人以下）所受剂量已超过年剂量限值，且容易造成急性重度放射病、局部器官残疾，属于较大辐射事故，若误入人员大于或等于 10 人，则属于重大辐射事故。

应对措施：

（1）操作过程中，设备发生任何故障都要停机，及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

(2) 当发生事故时，公司应当立即启动本单位辐射事故应急预案，采取必要的防范措施，同时应尽快将事故情况电话告知当地生态环境部门，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门书面报告，如果后续有新情况再写《辐射事故后续报告表》。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。另外公司应严格按照加速器的工作负荷运行，严禁超负荷运行。应对事故影响人员进行医学检查，确定接触其所受到的辐射剂量水平。

(3) 事故处理完毕后，成立事故调查小组，分析事故原因，总结教训。

预防措施：

(1) 严格按照使用规程合理使用加速器，并定期进行维护保养；

(2) 加速器开始工作前，严格检查检测室内有无人员，确定检测室内无人员后再关闭防护门；

(3) 定期对联锁和报警装置进行检查，防止联锁装置和报警系统出现故障，导致防护门无法紧闭，人员误入，从而造成照射事故；

(4) 检测室防护门以内区域为控制区，在设备运行时禁止人员入内；

(5) 检测室中设有紧急停机开关和开门开关，把事故影响降到最低；

(6) 单位制定辐射事故应急制度和辐射事故应急预案，应予以落实。

**表 12 辐射安全管理**

## **12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，使用II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

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 3），并明确了相应的职责。辐射安全防护领导小组以种晋为主要负责人，成员有刘子华、张宏、苏育专等。具体职责：辐射安全与环境管理工作实施统一监督管理；负责环境影响评价报告的申报和协助有关部门进行验收；负责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与环境管理队伍的建设。

宁德时代新能源科技股份有限公司现有辐射安全与环境管理机构能够满足本项目的管理需要。

## **12.2 辐射安全管理规章制度**

### **12.2.1 辐射安全管理制度**

宁德时代新能源科技股份有限公司已制定《辐射管理制度汇编》（包括操作规程、辐射防护和安全保卫制度、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、放射源台帐管理制度、9MeV CT 系统维修制度、加速器工业 CT 操作规程、监测仪表使用与校验管理制度、加速器工业 CT 辐射工作人员岗位职责、巡检制度、质量保证大纲和质量控制检测计划、辐射工作场所监测制度、设备台账制度）（附件 6、附件 7），本项目除了具有防止误照射和误操作的设施外，设备由专人负责管理，定期进行安全检查和记录。

宁德时代新能源科技股份有限公司制定各项规章制度符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第六款的要求，具有可行性。

本项目沿用上述现有各项规章制度，宁德时代新能源科技股份有限公司应严格执行，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

### **12.2.2 人员培训**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）的相关规定，公司从事辐射工作人员需要全部参加辐射安全培训并取得合格证书。

宁德时代新能源科技股份有限公司拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，为新增人员，要求 4 名人员均需取得辐射安全与防护培训合格证书，并承诺每 5 年接受再培训。

### **12.2.3 健康管理**

按照国家关于健康管理的规定，宁德时代新能源科技股份有限公司拟为本项目工作人员配备个人剂量计；对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；同时，拟为辐射工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案；在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也将进行健康体检。

## **12.3 辐射监测**

### **12.3.1 监测设备配置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

宁德时代新能源科技股份有限公司拟为本项目配置 1 台便携式辐射监测仪，用于 E31 厂房内加速器工业 CT 的定期自行检测，并做好监测记录；配置 4 台个人剂量报警仪、4 台个人剂量计、1 套固定式辐射监测仪（配 3 套个剂量探头），供辐射工作人员或场所用于日常辐射工作过程中剂量监测和瞬时辐射剂量率的报警。

本项目辐射工作人员在工作时均需佩戴个人剂量计，并按每季度 1 次的频率送相关单位进行个人剂量监测，并做好档案管理。

### **12.3.2 工作场所监测**

#### **（1）正式使用前监测**

委托有资质的单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出

辐射安全状况的评价。

(2) 自行监测

项目利用监测设备对工作场所定期进行辐射水平监测，并建立监测档案。

(3) 年度监测

每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，对加速器工业 CT 的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(4) 监测因子

参考《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的相关要求及项目特点，本项目主要监测因子为 X-γ 辐射剂量率。

(5) 监测范围及监测频次（自行监测）

项目工作场所内 X-γ 辐射剂量率监测，每季度 1 次。

(6) 监测布点

主要对检测室出入口，穿过屏蔽墙的通风管、冷却水管、线缆管等外口，各面屏蔽墙和屏蔽顶外 30cm 处，控制室及与检测室相邻的各辅助用房、区域等。

### 12.3.3 监测方案

项目辐射监测计划见表 12.1。

**表 12.1 项目辐射监测计划一览表**

序号	监测和检查类别	监测和检查内容	监测周期
1	出厂监测和检查	加速器工业 CT 的辐射安全与防护性能要求	设备出厂前
2	验收监测和检查	总体要求	设备投入使用前的监测和检查
		辐射安全与防护性能要求	
2	验收监测和检查	工作场所的辐射安全与防护要求	项目建成后，竣工环境保护验收监测
		工作场所环境监测（对检测室出入口，穿过屏蔽墙的通风管、冷却水管、线缆管等外口，各面屏蔽墙和屏蔽顶外 30cm 处，控制室及与检测室相邻的各辅助用房、区域进行 X-γ 辐射剂量率监测）	
3	常规监测和检查	警示标识	每天
		安全联锁	每天
		紧急停机按钮	每周
		射线源开关钥匙	每周
		声光报警装置	每天
		通风装置	每天
		固定式剂量监测装置	每天
		监视及通信装置	每天
	个人剂量监测	3 个月	

		工作场所环境监测（对检测室出入口，穿过屏蔽墙的通风管、冷却水管、线缆管等外口，各面屏蔽墙和屏蔽项外 30cm 处，控制室及与检测室相邻的各辅助用房、区域进行 X-γ 辐射剂量率监测）	每月 1 次自行监测，每年 1 次委托有资质单位监测
4	辐射工作人员	佩戴个人辐射剂量计，对年有效剂量进行监测	操作时每季度送检 1 次

## 12.4 辐射事故应急

宁德时代新能源科技股份有限公司已按照国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和环境保护主管部门的要求制定《辐射事故应急处置预案》。

《辐射事故应急处置预案》事故处理流程可操作性较强，应急预案制定合理，应定期对应急预案进行演练，并列入培训计划。发生辐射事故时，公司应当立即启动应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境部门、公安部门和卫生健康部门等相关部门报告。

表 12.3 辐射应急领导小组成员一览表

机构组成		姓名	部门	职务	联系方式
应急指挥	TVC 总指挥	**	**	**	**
	QA 总指挥	**	**	**	**
	LAB 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	**	**	**	**

## 12.5 建设项目竣工环境保护验收一览表

建设项目竣工环境保护验收一览表见表 12.4。

表 12.4 建设项目竣工环境保护验收项目一览表

验收项目		验收内容	验收标准及要求
辐射防护措施		加速器工业 CT 检测室墙体防护，详见表 10.1。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）相关规定，辐射工作人员个人年剂量约束值为 5mSv，公众成员个人年剂量约束值为 0.1mSv，工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h。
		设置钥匙控制、门机联锁、急停装置、剂量联锁、声光报警装置、通风装置、烟雾报警、警告标志、监控系统、应急照明系统、灭火设施以及其他安全措施。	
		配备固定式辐射监测仪、便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪。	
		项目检测室设置通风装置，排风口位于检测室内西南侧，排风管道采用“U”字型穿过墙体，风机排风速率 18000m <sup>3</sup> /h，排风管道经南侧排烟机房沿建筑外墙引至外部地面排放，排气筒离地高度为 0.5m。	
		项目检测室穿墙的冷却水管、电缆管、强弱电、安全联锁线管等在穿墙时采用“U”型或“Z”等方式穿过墙体。	
管理制度		成立辐射安全与环境管理机构。	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关规定：使用 II 类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境管理管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境管理管理工作。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全设施。配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。有健全的操作规程、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、设备检修维护制度、人员健康管理制度、人员培训计划、监测方案等。有完善的辐射事故应急措施。
		辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并取得合格证书，操作人员取得操作类证书，管理人员取得管理类证书。	
		辐射工作人员必须佩戴个人剂量计，包括仪器购买及维修、维护费用和单位项目预留防护资金，建立个人剂量档案和职业健康监护档案并长期保存。	
		个人剂量计检测（3 个月 1 次）和健康体检（2 年 1 次）。	
		制定相关辐射安全管理制度，制度张贴上墙，严格执行。	
	制定《辐射事故应急预案》，如有辐射事故的发生，严格按照《辐射事故应急预案》中规定采取应急措施，及时向生态环境部门和卫生健康部门报告。		
环境监测		项目建成后委托有资质的技术服务机构进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。	符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》相关规定
		辐射工作人员必须佩戴个人剂量计，建立个人剂量档案和职业健康监护档案并长期保存。	
废物处理措施	废气	产生的臭氧和氮氧化物通过检测室的通风系统排出。	验收措施落实情况
	废水	生活污水、加速器工业 CT 冷却水系统更换的冷却水经厂区污水站处理后排入市政污水管网。	
	固废	生活垃圾由环卫部门统一清运。	

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 项目概况

宁德时代新能源科技股份有限公司成立于 2011 年，位于福建省宁德市蕉城区漳湾镇新港路 2 号。根据生产需要，宁德时代新能源科技股份有限公司计划在工程中心三期 E31 厂房新增 1 台\*\*加速器工业 CT，属于 II 类射线装置，用于检测电池包。

### 13.1.2 项目选址及合理性分析

项目位于宁德时代新能源科技股份有限公司工程中心三期 E31 厂房，根据不动产权证书，项目用地属于工业用地。

项目评价范围内（检测室边界外 50m 范围）主要为工程中心三期内厂房和道路，评价范围内现状无居民区、学校等环境敏感点。项目辐射工作场所四周人员停留较少，主要是检测室控制区内的辐射工作人员，监督区内的工作人员和周边的流动人群。项目检测室在严格采取设计及环评要求防护措施的条件下，对周围环境辐射影响较小。

根据《宁德市东侨工业集中区湖东片区规划图》，项目用地属于工业用地，因此，项目选址符合土地利用规划要求。

项目符合《福建东侨经济开发区总体规划》《宁德市东侨工业集中区湖东片区控制性详细规划》规划要求。

项目不涉及生态保护红线，不会突破区域环境质量底线、资源利用上线，符合宁德市生态环境分区管控的要求，项目符合“三线一单”要求。

项目拟建地址及评价范围位于城镇开发边界内，均不涉及永久基本农田、生态保护红线，符合“三区三线”要求。

因此，项目周围无环境制约因素，项目符合土地利用规划要求，项目符合“三线一单”要求，项目符合“三区三线”要求，项目选址合理。

### 13.1.3 辐射安全与防护分析结论

宁德时代新能源科技股份有限公司已成立辐射安全管理机构，制定了完善的规章制度和辐射事故应急处置预案，拟为辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，拟开展辐射工作人员个人剂量计检测和健康体检。项目加速器工业 CT 检测室采取的屏蔽防护能满足辐射防护要求，布局较为合理，辐射工作场所控制区和监督区划分符合

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。同时本项目按《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中相关要求对屏蔽防护进行了设计，设置钥匙控制、门机联锁、急停装置、剂量联锁、通风装置、烟雾报警、警告标志、监控系统、应急照明系统、灭火设施以及其他安全措施，设置动力排风装置进行通风换气，并配备相应的个人防护用品，满足标准要求。

### 13.1.4 环境影响分析结论

根据估算结果，项目加速器工业 CT 检测室外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 0.47 $\mu$ Sv/h，满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中“工作场所以及周边环境的屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求。

根据剂量估算结果，项目辐射工作人员职业照射的最大年有效剂量值为 0.308mSv，对公众照射的年有效剂量值为 0.044mSv，满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（职业人员个人年有效剂量不超过 5mSv，公众个人年有效剂量不超过 0.1mSv）。

### 13.1.4 可行性分析结论

项目使用 1 台加速器工业 CT 用于检测电池包，属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》中的“鼓励类”的“六、核能”中“4.核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发”，项目建设符合国家现行产业政策。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践是正当的。满足企业的发展需求，提高产品质量，具有良好的社会效益和经济效益。根据报告分析，项目经辐射防护和安全管理后，可保证项目辐射环境剂量率和人员辐射剂量满足项目管理目标要求。项目对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，宁德时代新能源科技股份有限公司 1 台加速器工业 CT 项目只要严格按照国家有关辐射防护规定执行，采取切实措施做好辐射防护管理工作，保障人员安全，并落实本报告表提出的辐射防护措施，该项目运行时对周围环境产生的影响符合

辐射环境保护要求。因此，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 1 台加速器工业 CT 项目是可行。

## 13.2 建议

(1) 本项目辐射工作人员应严格遵循操作规程，定期参加辐射工作人员专业知识和业务工作的培训，取得考核合格证书后方可上岗。同时，宁德时代新能源科技股份有限公司应按照相关要求给辐射工作人员配备个人剂量计并定期送检，建立个人剂量监测档案；应安排所有辐射工作人员参加职业健康体检，并建立职业健康档案。

(2) 本项目取得环评批复后，宁德时代新能源科技股份有限公司应及时向生态环境主管部门重新申领辐射安全许可证；项目建成后，应及时落实竣工环保验收手续。

## 表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日