

# 核技术利用建设项目

## 新增一台工业 CT 检测装置项目 环境影响报告表

中创新航科技（江苏）有限公司

2023 年 12 月

生态环境部监制

# 核技术利用建设项目

## 新增一台工业 CT 检测装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：中创新航科技（江苏）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

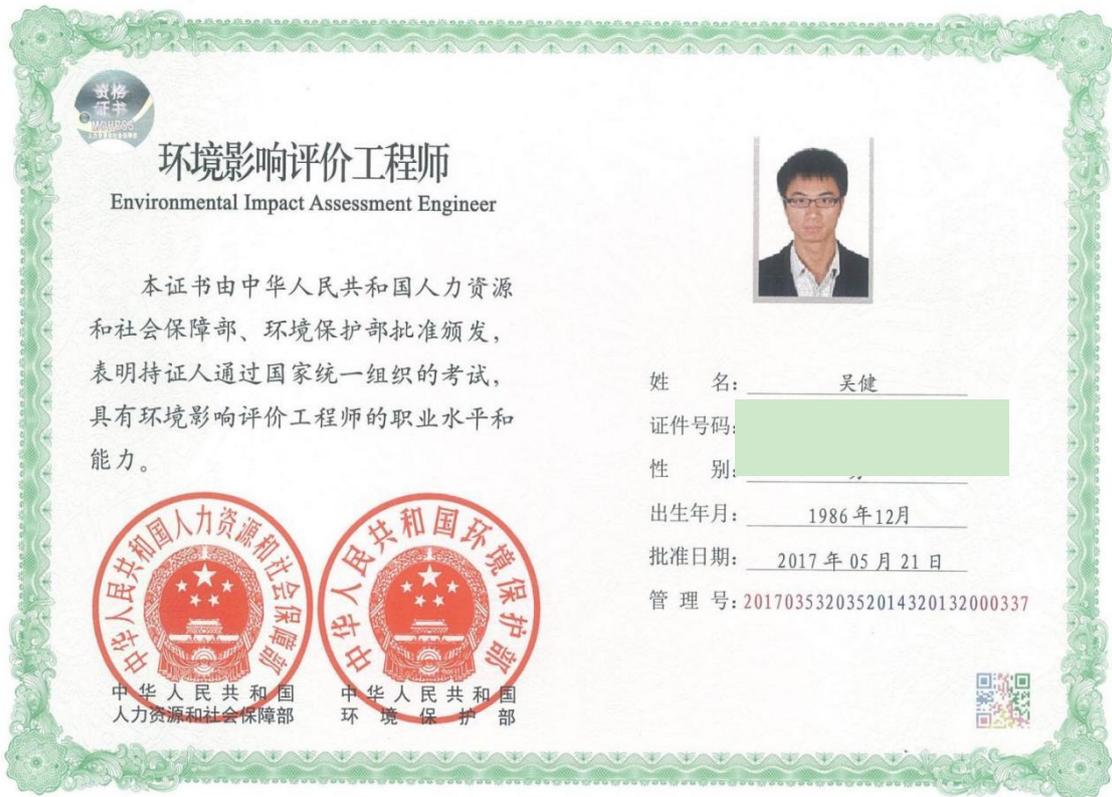
通讯地址：常州市金坛区江东大道 1 号

邮政编码：213222

联系人：郑尧

电子邮箱： /

联系电话：



## 江苏省社会保险权益记录单（参保单位）



参保单位全称：江苏中政生态环境技术有限公司

现参保地：建邺区

统一社会信用代码：[Redacted]

查询时间：202304-202310

共1页，第1页

单位参保险种		养老保险		工伤保险		失业保险	
缴费总人数		8		8		8	
序号	姓名	缴费起止年月		缴费月数			
1	吴健	202304 - 202309		6			

说明：

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



**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		新增一台工业 CT 检测装置项目			
建设单位		中创新航科技（江苏）有限公司			
法人代表	王小强	联系人	郑尧	联系电话	
注册地址		常州市金坛区江东大道 1 号			
项目建设地点		常州市金坛区江东大道 1 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	300	项目环保投资(万元)	42.5	投资比例（环保投资/总投资）	14.2%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <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					
<p><b>1、项目概述</b></p> <p><b>一、建设单位基本情况</b></p> <p>中创新航科技（江苏）有限公司原名为凯博能源科技（江苏）有限公司（简称凯博能源），于 2021 年 12 月办理了工商变更手续，为中创新航科技集团股份有限公司控股子公司。公司注册地位于常州市金坛区江东大道 1 号，主要从事新材料技术研发；电池制造；电池销售；新能源汽车废旧动力蓄电池回收及梯次利用；新能源汽车电附件销售；新能源汽车整车销售；新能源汽车换电设施销售；汽车零部件及配件制造。</p> <p><b>二、任务由来及编制目的</b></p> <p>为发展及产品质量需要，公司拟在 J12 电池生产厂房一层东部扩建一台工业 CT 检测装置，开展无损检测工作。检测工件为新能源电池，材质为磷酸铁锂新材料，规格为 15mm~30mm（厚）×15cm（宽）×20cm（长），形状为长方体。本项目主体工</p>					

程为中航锂电（江苏）产业园 2.2 期项目，该项目前期以中航锂电科技有限公司（现名中创新航科技集团股份有限公司）办理相关环保手续，取得了常州市生态环境局的环评批复（见附件，常金环审【2021】34 号）。

本次核技术利用建设项目情况详见表 1-1。

**表 1-1 中创新航科技（江苏）有限公司核技术应用情况一览表**

射线装置名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	射线装置 类别	工作场所名称	备注
工业 CT 机 ZEISS Metrotom 1500	1	225	3	II	J12 电池生产 厂房 CT 检测 实验室	主射线朝东， 最大管功率 500W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为使用 1 台工业 CT 装置，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受中创新航科技（江苏）有限公司委托，江苏中政生态环境技术有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

## 2、项目周边环境保护目标

中创新航科技（江苏）有限公司位于江苏省常州市金坛区江东大道 1 号，地理位置图见附图 1。公司北侧为北大沟及尧水线，东侧为明湖路，南侧江东大道，西侧为金湖南路。厂区平面及周边关系图见附图 2，50m 评价范围内的周边环境位置关系图见附图 3。

本次扩建的 1 台工业 CT 位于 J12 电池主厂房，所在的厂房共计 2 层，无地下室。所在厂房北侧隔着厂区道路为 J15 电池生产厂房；东侧为厂区道路；南侧为厂区道路及南厂界；西侧隔着厂区道路自北到南依次为储罐库房、储能电站、导热油泵房、综合站房及结构件库。

新增的工业 CT 机位于 J12 电池主厂房东南侧，厂房为二层建筑，CT 机东侧厂区道路、厂区绿化、明湖路，南侧依次为模头存放间、卫生间、办公室、会议室等，西

侧为车间通道、负极涂布生产线；北侧为依次物流通道、负极清洗间、物资存放间等。顶上为生产物资间；CT机周围50m范围为J12电池主厂房、厂区道路、车间通道，无居民住宅、学校等长期居留的敏感目标。本项目不新增辐射工作人员，拟从现有项目辐射工作人员中调配2名工作人员作为CT辐射场所工作人员，项目所在厂房1楼和2楼平面局部图见附图4和附图5。

### 3、选址合理性

中创新航科技（江苏）有限公司位于江苏省常州市金坛区江东大道1号，地理位置图见附图1。新增的工业CT机位于J12电池主厂房1楼，厂房为二层建筑，工业CT装置周围50m范围为所在的厂房及厂区道路，无居民住宅、学校等长期居留的敏感目标，且工业CT装置所在地环境辐射环境本底未见异常，故选址合理。

### 4、实践正当性评价

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

### 5、原有项目核技术利用和许可情况

#### 5.1 原有核技术利用环保手续履行情况

公司目前在位于常州市金坛区江东大道1号M1厂房内配置有60台测厚仪，均为在线使用，购置60枚活度均为 $1.554 \times 10^{10} \text{Bq}$  kr-85密封放射源（V类源）。公司已于2022年1月12日取得了常州市生态环境局核发的辐射安全许可证（证书编号苏环辐证【D0539】），活动种类和范围为使用V类放射源，许可证有效期至2026年12月27日，见附件3。

#### 5.2 现有核技术利用活动管理情况

（1）公司已成立了辐射防护管理领导小组，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射防护安全管理机构及职责》、《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》、《人员培训计划制度》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《个人剂量与辐射环境监测制度》及《辐射事故应急

预案》等。

公司现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

本项目建成后，可依托公司现有比较健全的管理组织机构。公司目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前公司的管理人员也能满足配置要求。

(2) 现有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，个人剂量计每季度送检，无个人剂量计漏检、不检等情况。企业应及时委托有资质的单位及时对新入职的员工进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据企业提供的2022年全年个人剂量监测报告结果可以看出：现有辐射工作人员的个人剂量监测结果符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员剂量限值要求。

(3) 截止目前，公司内现有在职辐射工作人员44名，均已参加了辐射安全与防护培训并通过考核，本次拟从现有辐射工作人员中调配2名专职从事工业CT无损检测操作，其考核成绩报告单见附件8。公司现有辐射设备均为测厚仪，布置于生产线上使用，测厚仪较为集中，日常仅需少量的巡视人员，本项目投运后，现有辐射工作人员能够满足日常需求。

公司应严格执行辐射工作人员培训制度，根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号），公司应及时组织从事使用射线装置的辐射工作人员参加生态环境部在线平台的辐射防护与安全培训并考核合格，并在合格成绩单五年到期后重新考试。

(4) 公司在职辐射工作人员均已开展了职业健康监护，并建有职业健康档案，公司今后应严格按照要求对所有辐射工作人员开展岗前、在岗期间和离岗职业健康体检，在岗期间体检周期不超过2年。根据公司提供的职业健康体检报告，在岗的辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

(5) 企业2022年委托苏州市百信环境检测工程技术有限公司对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位所提供的年度监测报告，在用测厚仪设备周边辐射剂量水

平均能够满足标准要求，见附件 10。

#### (6) 辐射应急演练和年度评估

公司已制定有《辐射事故应急预案》，经与企业核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

公司执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至原辐射安全许可证发证机关，2022 年年度评估报告已及时提交。现有辐射工作人员培训、体检及年有效剂量情况一览表见表 1-2。

#### (7) 现有项目存在的不足及改进措施

公司现有项目使用活动种类较为简单，均为含  $^{85}\text{Kr}$  密封放射源（V 类源）的测厚仪，测厚仪均布置于生产线上使用，测厚仪均设置有工作状态指示灯，部分测厚仪所在的辐射工作场所未在醒目位置处张贴电离辐射警告标志，测厚仪所在的辐射工作场所监督区不明显，且未在监督区入口处设置表明监督区的标牌。建设单位应在所有测厚仪设备表面张贴电离辐射警告标志，同时在测厚仪两侧有人员活动的区域地面上划设黄黑相间的警示线，适当位置张贴或悬挂“警示线内严禁人员长期停留”等警示牌。

**表 2 放射源**

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

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
—以下空白—										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

**表 4 射线装置**

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注	
1	工业 CT 机	II	1	ZEISS Metrotom 1500	225	3	新能源电池内部 扫描检测	J12 电池主厂 房 CT 检测实 验室	主射线 朝东, 最 大管功 率500W	
—以下空白—										

(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		
—以下空白—														



表 6 评价依据

法规 文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修正本），2014年4月24日修订通过，自2015年1月1日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），2018年12月29日中华人民共和国主席令第24号公布实施；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本）国务院令第709号，2019年3月2日施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（修订本），国务院令第682号，2017年10月1日实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），生态环境部令20号，2021年1月4日公布实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第18号令，2011年5月1日起实施；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>(9) 《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发【2006】145号，2006年9月26日印发；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，自2019年11月1日起施行）；</p> <p>(12) 《关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告》（生态环境部公告2019年第38号，2019年10月24日）；</p> <p>(13) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告公布，自2018年5月1日起施行；</p> <p>(14) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》（苏环规〔2019〕4号），2019年12月10日施行；</p> <p>(15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政</p>
----------	---

	<p>发〔2018〕74号），2018年6月9日发布施行；</p> <p>（16）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1号），2020年1月8日发布施行；</p> <p>（17）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》（苏政发〔2020〕49号），2020年6月21日印发实施；</p> <p>（18）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号），2021年5月31日印发；</p> <p>（19）《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日施行。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>（2）《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响报告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γ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）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；</p> <p>（7）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单。</p>
<p><b>其他</b></p>	<p><b>与项目有关的文件</b></p> <p>（1）委托书及承诺书，中创新航科技(江苏)有限公司，见附件1、2；</p> <p>（2）现有辐射安全许可证及副本，见附件3；</p> <p>（3）主体工程环评批复，见附件4；</p> <p>（4）《检测报告》及资质证书、能力附表，南京基越环境检测有限公司，见附件5；</p> <p>（5）辐射安全和防护培训考核成绩报告单；</p> <p>（6）体检报告；</p> <p>（7）2022年度在用设备辐射监测报告；</p> <p>（8）厂家提供的关于设备防护说明。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 评价范围

按照 HJ10.1-2016 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响报告评价文件的内容和格式》中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目工业 CT 检测装置实体边界外 50m 作为评价范围。50m 评价范围内的周边关系图见附图 3。

### 保护目标

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》（苏政发〔2018〕74 号）和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线和江苏省生态空间管控区域。本项目评价范围内无居民住宅、学校等环境敏感目标，环境保护目标为工业 CT 检测装置周围活动的辐射工作人员以及公司内的其他非辐射工作人员和公众成员，见表 7-1。

表 7-1 环境保护目标分布一览表

环境保护目标名称	保护对象	评价范围内保护目标位置及规模		环境保护要求
		方位及最近距离	规模（人）	
CT检测实验室	辐射工作人员	南侧0.3m	2人	辐射工作人员年有效剂量约束限值不超过5mSv，公众成员年有效剂量约束限值不超过0.10mSv
J12 电池主厂房一楼	公众人员	南侧5m	流动人员	
		西侧9m	约35人	
		北侧1m	流动人员	
J12 电池主厂房二楼	公众人员	正上方2m	流动人员	
		上方北侧8m	约15人	
		上方北侧36m	流动人员	
		上方2m	流动人员	
		上方南侧8m	流动人员	
		东侧1m	流动人员	

## 评价标准

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

表 7-2 附录 B1 剂量限值

对象	要求
职业照射 剂量限值	①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，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，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

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。

#### 控制区：

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

#### 监督区：

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~0.3mSv）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）（摘录）：

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机和  $\gamma$  射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

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/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面  $30\text{cm}$  处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量

报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

6.2.6 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

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。

### 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）（摘录）：

#### 3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以  $0^\circ$  入射探伤工件的  $90^\circ$  散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）

#### 3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤房，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外。控制室和人员门应避开有用线束的照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应改管电压下的常用管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢

板等。

#### 4、项目剂量管理目标

(1) 辐射工作人员、公众年剂量约束值（辐射工作人员、公众分别按 GB18871-2002 中剂量限值 1/4、1/10 取值，分别不超过 5mSv、0.1mSv）。

(2) 关注点的周围剂量当量参考控制水平（根据 GBZ117-2022 中 6.1.3a)要求：“对放射工作场所，其值应不大于 100 $\mu$ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 $\mu$ Sv/周”）。

(3) CT 检测装置周围关注点剂量当量率参考控制水平：

①对照 GBZ117-2022 中 6.1.3b，本项目装置四侧屏蔽体和防护门外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平取 2.5 $\mu$ Sv/h。

②对照 GBZ117-2022 中 6.1.4，装置顶上为二楼生产物资间，故装置顶上关注点处周围剂量当量率参考控制水平取 2.5 $\mu$ Sv/h。

#### 5、参考资料

(1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省原野、道路、建筑物室内  $\gamma$  辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野 $\gamma$ 辐射剂量率	道路 $\gamma$ 辐射剂量率	室内 $\gamma$ 辐射剂量率
范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (S)	7.0	12.3	14.0

根据上表，本报告取扣除宇响后的江苏省环境 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果范围作为评价参考范围，即原野 $\gamma$ 辐射剂量率参考范围取（33.1~72.6）nGy/h，室内 $\gamma$ 辐射剂量率参考范围取（50.7~129.4）nGy/h，道路 $\gamma$ 辐射剂量率参考范围取（18.1~102.3）nGy/h。

(2) 《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**1、项目地理位置、布局及周边环境**

中创新航科技（江苏）有限公司位于常州市金坛区江东大道 1 号，地理位置图见附图 1。

本次扩建的 1 台工业 CT 位于 J12 电池主厂房，所在的厂房共计 2 层，无地下室。所在厂房北侧隔着厂区道路为 J15 电池生产厂房；东侧为厂区道路；南侧为厂区道路及南厂界；西侧隔着厂区道路自北到南依次为储罐库房、储能电站、导热油泵房、综合站房及结构件库。

新增的工业 CT 装置位于 J12 电池主厂房东部，厂房为二层建筑，CT 机东侧厂区道路、厂区绿化、明湖路，南侧依次为模头存放间、卫生间、办公室、会议室等，西侧为车间通道、负极涂布生产线；北侧为依次物流通道、负极清洗间、物资存放间等。顶上为生产物资间；CT 装置周围 50m 范围为 J12 电池主厂房、厂区道路、车间通道，无居民住宅、学校等长期居留的敏感目标。

厂区平面及周边关系见附图 2，50m 范围周边关系图见附图 3，设备所在厂房 1 层和 2 层局部平面布局图见附图 4~附图 5，本项目工业 CT 装置拟建址周围环境现状见图 8-1。





图 8-1 本项目工业 CT 机拟建址周围环境现状照片

## 2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目工业 CT 装置拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟建址周围 X- $\gamma$ 辐射剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置迁址中央及周围，共计 6 个监测点位。

## 3、监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则，确定在中创新航科技(江苏)有限公司工业 CT 检测装置周围环境进行布点，测量辐射剂量率。

质量保证措施：

①委托的检测公司已通过检验检测机构资质认定（资质证书编号 171012050572，

有效期至 2023 年 11 月 23 日)。

②合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。

③检测按照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。

④检测人员均经过考核并持有合格证书，检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内。

⑤检测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

⑥检测时仪器使用前后检查是否正常。

#### 4、监测环境条件及监测设备

监测单位：南京基越环境检测有限公司

监测日期：2023 年 8 月 6 日

天气：晴；温度：35.2℃；相对湿度：64%

监测仪器参数与规范见表 8-1。

表 8-1 监测仪器参数与规范

监测仪器	仪器设备	能量相应及量程范围	检定证书编号	有效日期	检定单位
	ESMFH40G/FH Z672E-10 型 X、γ辐射剂量当 量率仪	设备编号：JYYQ118； 能量响应范围： 探测器 48keV~4.4MeV； 探测器 1nSv~100μSv/h；	Y2023-0085933	2023.8.3 ~ 2024.8.2	江苏省 计量科 学研究 院
监测方法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)				

#### 5、数据记录及处理

环境γ辐射剂量率测量结果已根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中的 5.5 进行数据处理，其中 $k_2$ 取 1；监测单位使用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定辐射源，系数取 1.20 Sv/Gy。

评价方法：参考江苏省环境天然γ辐射水平，评价该项目周围环境辐射水平。

#### 6、监测结果及评价

监测结果见表 8-2。监测报告见附件 5。监测点位图见下图 8-2。

表 8-2 项目周围环境 $\gamma$ 辐射水平监测结果

点位编号	检测点位描述	检测值 (nGyh)	备注
1	工业 CT 拟建址北侧 (物流通道)	84	楼房内
2	工业 CT 拟建址东侧 (厂区道路)	73	道路
3	工业 CT 拟建址南侧 (模头存放间)	80	楼房内
4	工业 CT 拟建址西侧 (厂房过道)	78	楼房内
5	工业 CT 拟建址中央	77	楼房内
6	工业 CT 拟建址顶上 (生产物资间)	79	楼房内

注：上表所列检测值已扣除宇宙射线响应值

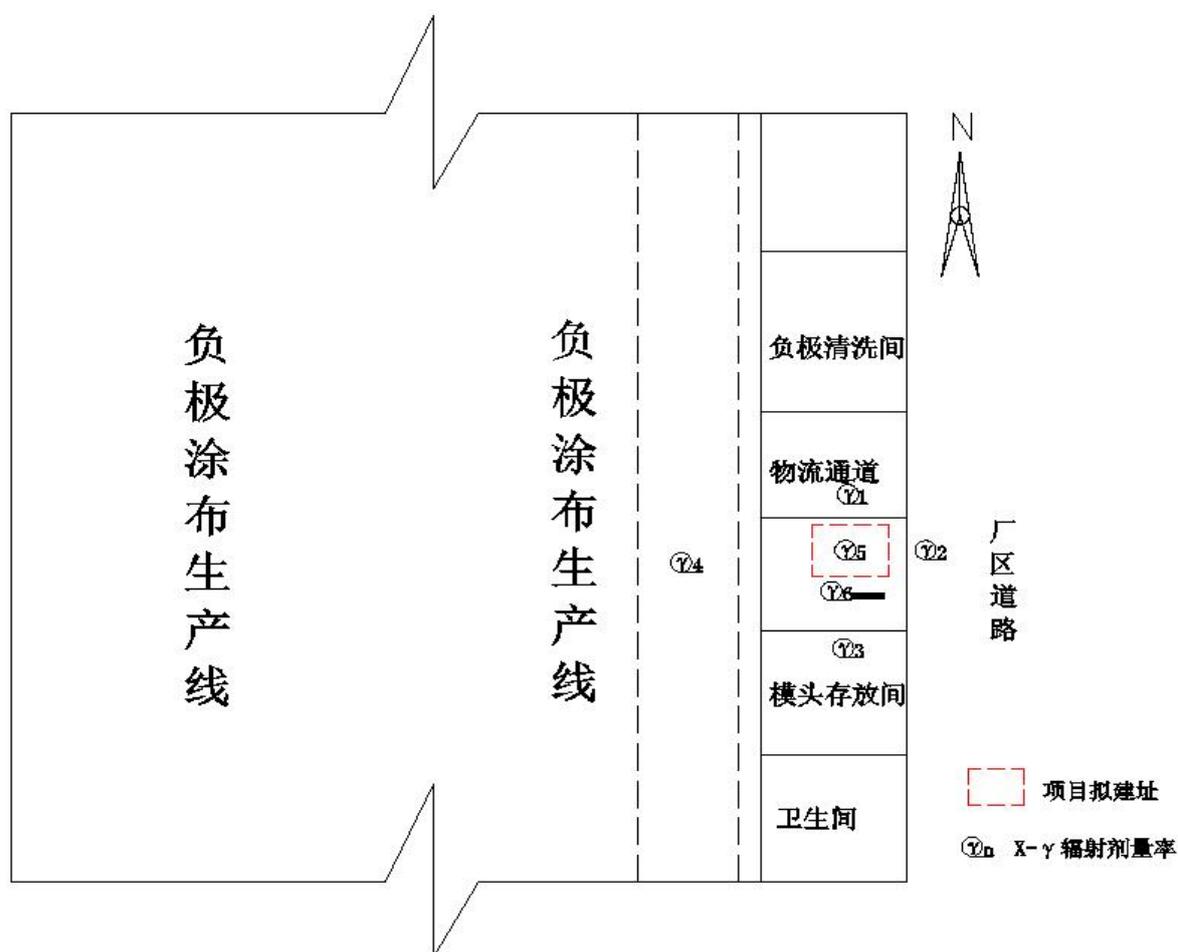


图 8-1 工业 CT 装置拟安装址周围辐射剂量率监测布点图

由监测结果可知：本项目 CT 机拟建址周围室内环境 $\gamma$ 辐射水平在 77nGy/h~84nGy/h 范围内；道路环境 $\gamma$ 辐射水平为 73nGy/h。与江苏省环境 $\gamma$ 辐射水平相比未见异常，处于江苏省环境 $\gamma$ 辐射水平正常涨落范围内。

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 工程设备组成及工作方式

公司拟在 J12 电池主厂房一楼东部新增 1 台工业 CT 检测装置用于新能源电池内部结构扫描检测。工业 CT 机的型号为 ZEISS Metrotom 1500，本项目工业 CT 机由带铅板防护的射线扫描室、电气控制柜和数据处理工作站组成，其中带铅钢结构的扫描室内部有载物台、运动定位系统、射线源及成像系统（平板探测器）组成。辅助设备包括 X 射线显示灯、触摸显示屏及操作面板组成。操作面板（即操作台）位于屏蔽铅房前侧，与屏蔽铅房设计成一体结构，功能与常规操作台相同（操作面板细节图见图 9-1），操作面板设计有“钥匙开关”、显示器、出束指示、紧急停机按钮和辐射警告标志，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值等。数据处理工作站为计算机处理系统，位于屏蔽铅房外。

操作面板的主要功能为：1、控制装置内的 X 射线管的出束管电流及管电压，以及 X 射线管的出束与停止出束。2、可控制装置内的高精度转台，可以控制被测物体的方位与角度，使其在平板探测器上呈现出清晰的图像。3、可以控制工件门的开关及其他系统的运行。扫描室的功能是为装置的 X 射线管、高精度转台、平板探测器提供扫描空间，防止射线的泄漏。电气控制柜主要是为设备的各项系统提供电力供给，保证设备平稳运行。

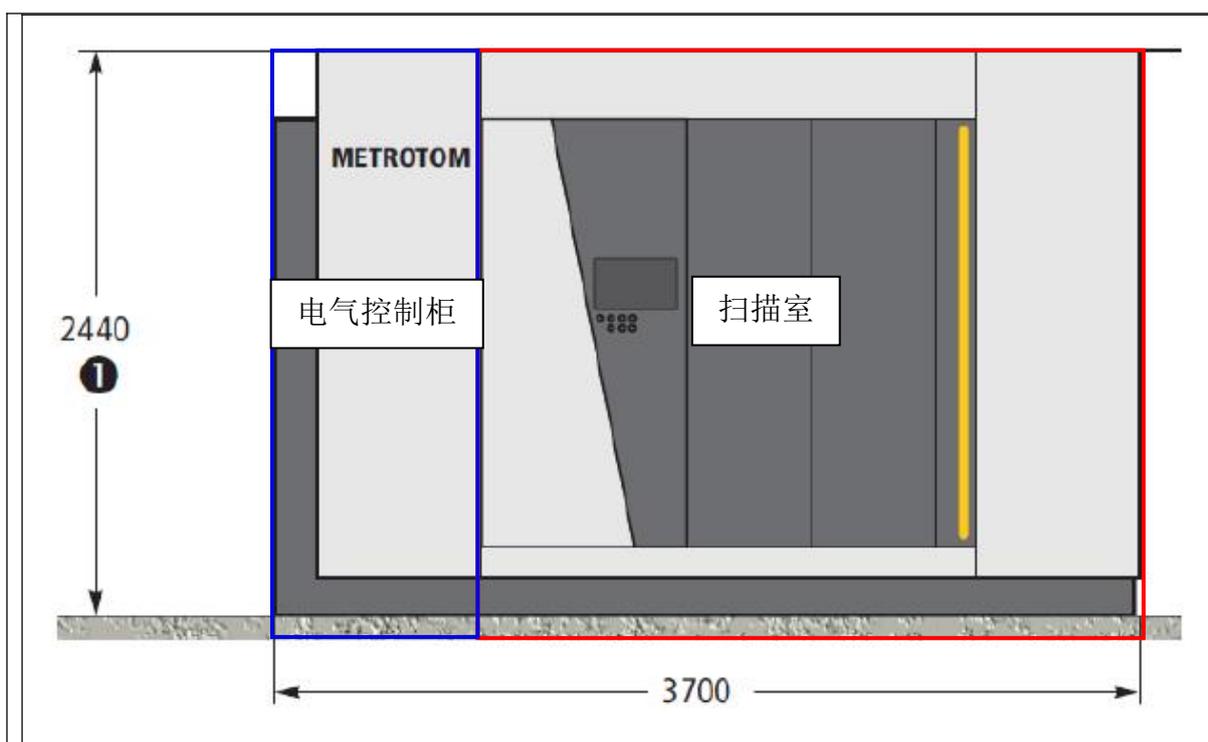
数据处理工作站的主要功能是将平板探测器上形成的图像以数字化的形式传送至数据处理工作站，可在数据处理工作站的显示器上呈现出被测物体的清晰结构图像，工作人员可清晰的看到工件的缺陷。

本项目工业 CT 检测装置的优势在于可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。根据厂家提供的装置说明材料可知，本工程工业 CT 检测装置购置的射线管出厂时不含量外的防护铅罩，在厂内组装过程中在射线管头增加了额外的铅防护外壳（罩），其结构由厚度为 5mm 铅和 2mm 钢板组成。射线管出厂时无铅防护罩照片及交付给客户带有铅防护罩的照片见图 9-3。

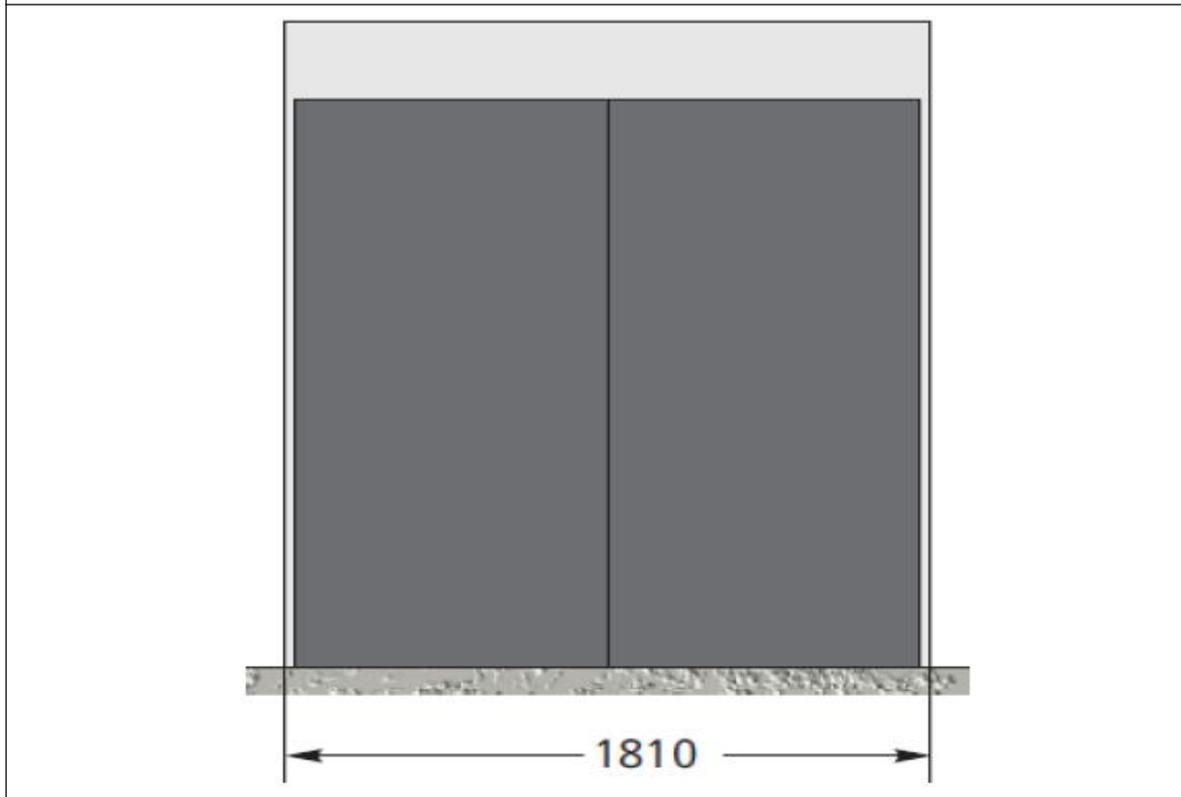
工业 CT 检测装置整体尺寸为 3700mm 长×1810mm 宽×2440mm 高（含一体式电气控制柜）。

本项目定义设备前侧及操作面板侧为南侧，则工业 CT 检测装置南侧开设一工件门，尺寸为 1044mm 长×1900mm 高，供工件出入，同时作为检修门。工业 CT 检测装置外形见图 9-1、正视图及侧视图见图 9-2。





正视图



侧视图

图 9-2 工业 CT 检测装置正视图和侧视图

一、X 射线系统相关参数如下。

- 1、X 射线源：一体式高压发生器、X 射线管、控制器和热交换器；
- 2、最大球管电压：225kV；
- 3、分辨率： $\leq 1\mu\text{m}$ ；
- 4、最大管功率：500W；
- 5、自带 X 射线输出强度的控制技术；
- 6、2mm Sn 过滤片

二、X 射线探测系统

- 1、探测器像素大小：3072×3072；
- 3、探测器尺寸：427mm×427mm；
- 4、最大传输速率： $\geq 30\text{fps}$ ；
- 5、射线源到探测器距离为 1500mm

三、运动控制系统

- 1、操作控制方式：鼠标和操作面板；
- 2、最大样品尺寸：770mm×1350mm；
- 3、最大检测尺寸： $\varphi 615\text{mm} \times 800\text{mm}$
- 4、最大样品高度：600mm；
- 5、最大样品重量 50Kg

本项目工业 CT 装置射线管使用时被固定，检测时通过控制载物台实现工件不同方位照射，不会改变射线管头与 CT 装置铅屏蔽外壳的距离。载物台下方设置有滑轨，仅能前后、左右移动，具体移动范围见图 10-2。射线管距离各侧铅外壳最近距离见图 11-1。

### 9.1.2 工作原理

工业 CT 核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝制热发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。本项目工业 CT 机包括 X 射线源、平板探测器、摄像头、电气控制柜、数据处理工作站、工件门等主体设备及指示灯、X 射线显示灯、触摸显示屏及操作面板等辅助设备组成。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 射线对工件进行分层扫描，X 射线与探测器分别位于工件两侧的相对位置，检测时 X 射线束从固定方向对被测工件

的断面进行扫描，被测工件可以旋转各个角度，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，工业 CT 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。典型的 X 射线管结构图见图 9-4。

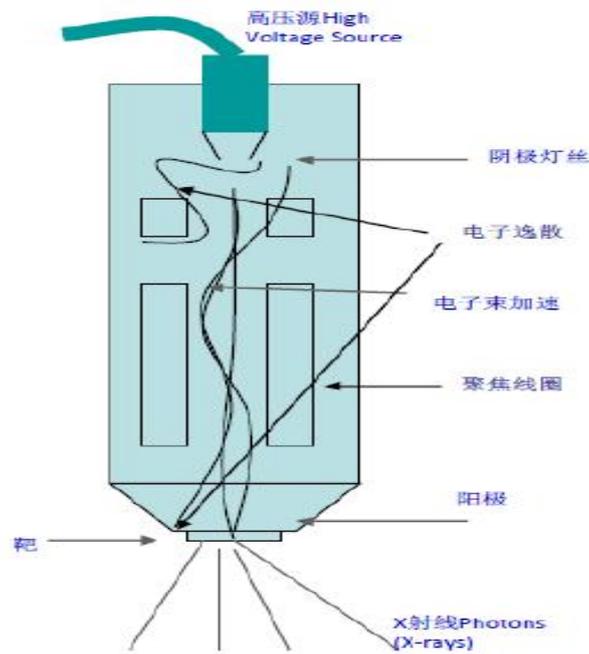


图 9-4 X 射线管结构图

### 9.1.3 工艺流程及产污环节

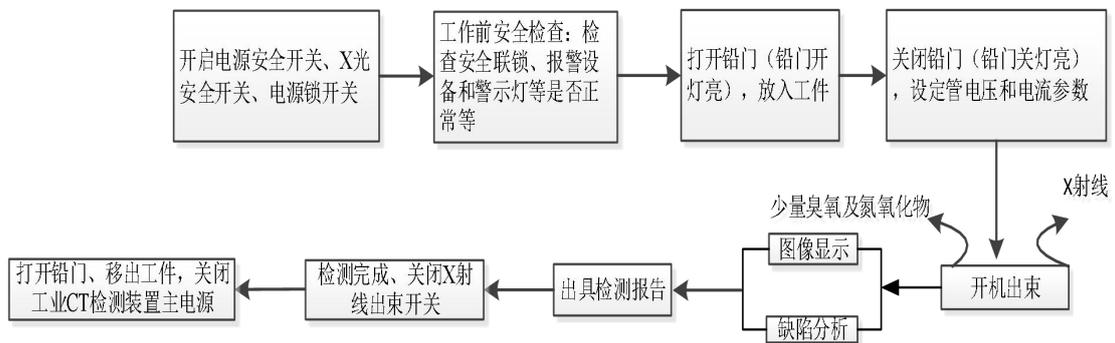


图 9-5 工艺流程及产污环节

检测过程描述：

工作人员在工件门处将被检测工件放置于装置内的载物台上，然后关闭工件门，

全程人员无需进入设备内部进行工件的取放；

对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 开启设备电源及钥匙开关等；
- 2) 进行曝光前安全检测，主要检查内容包括门机联锁、工作指示灯、报警装置等安全设施是否正常；
- 3) 打开铅门，将被检测工件放置于载物台上；
- 4) 关闭铅门，工作人员在操作面板上设置参数；
- 5) 工作人员开启工业 CT 装置 X 射线高压开关进行出束图像显示，开机会发出 X 射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 6) 工作人员对操作台显示器的图像进行分析，判断工件质量、缺陷等，并出具检测报告；
- 7) 完成照射后关闭工业 CT 装置 X 射线高压出束开关，曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件并关闭工业 CT 装置主电源。

#### 9.1.4 工作人员配置及探伤工件

为提高产品质量，中创新航科技（江苏）有限公司拟在 J12 电池主厂房内新增 1 台工业 CT 机，对公司研发的新能源电池内部结构进行扫描检测。本项目辐射工作人员实行白班单班制，每年工作 50 周，每周最大曝光不超过 8.3h，预计年曝光时间约 415h。

主要探伤工件详见表 9-1。本项目不新增辐射工作人员，拟从现有辐射工作人员中调配 2 名辐射工作人员专职负责工业 CT 机操作。辐射工作人员不存在兼岗情况。主要检测工件详见表 9-1。

表 9-1 主要探伤工件一览表

工件名称	检测频次	规格	曝光时间	工作场所
新能源电池	每天最多检测工件 10 次，每次检测时间约 30min，曝光时间 10min	15mm~30mm（厚）×15cm（宽）×20cm（长）	每天最大开机曝光时间约 1.66h，全年工作时间 250 天，年开机总曝光时间约为 415h	CT 检测实验室

## 9.2 污染源项描述

### 9.2.1 放射性源项

由工业 CT 的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的工业 CT 机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，

在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。根据厂家提供的设备技术资料（见附件 11）可知，本工程工业 CT 机最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大管功率为 500W（当额定功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2.222mA）。因射线管加装了铅防护罩，降低了漏射线，根据厂家提供的装置防护说明中关于射线源强数据可知（附件 11），本项目装置滤过条件为 2mm Sn，距辐射源点 1m 处输出量为 3.67mSv.m<sup>2</sup>/mA.min。距离射线管 35cm 四周泄漏射线值<19μSv/h，经计算距射线管 1m 处泄漏射线值为 2.33μSv/h。

散射辐射考虑主射线经工件后的散射，因此散射源强参考有用线束输出量，即 3.67mSv.m<sup>2</sup>/mA.min。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线辐射影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射（如以 0° 入射工件的 90° 散射辐射和天空反散射）。正常运行时辐射工作人员和周围公众不需要到达工业 CT 检测装置顶上外表面（30cm 处），根据装置顶部周围剂量当量率计算结果进行分析和说明天空反散射的影响，故本项目需预测评价因子为：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射及天空反散射。

### 9.2.2 非放射性源项

该公司工业 CT 机工作时的最大管电压、管电流分别为 225kV、3mA，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，因此该项目工业 CT 机在运行时将产生少量的臭氧和氮氧化物。

本项目为工业 CT 机，无洗片废水产生。

**表 10 辐射安全与防护**

## **10.1 项目安全设施:**

### **10.1.1 工作场所布局及分区**

该公司工业 CT 装置属于II类射线装置，由带铅防护的扫描室、电气控制柜和数据处理工作站组成。其中带铅防护的扫描室和电气控制柜为一体式设计制造。

公司将工业CT装置自带屏蔽体包围区域划为控制区，将CT检测装置所在的CT检测实验室划为监督区，监督区采取实体边界（混凝土及砖墙），监督区入口设置门禁系统，张贴电离辐射警告标示，并在入口门外竖立“此处为电离辐射工作场所，请勿滞留”的警示牌及表明监督区的标牌，以警示此处为电离辐射场所，从而有效地将辐射与非辐射工作场所严格分开，避免仪器开机时，周围非辐射工作人员进入监督区内。设备铅房上张贴电离辐射警告标示。工件门设计有门机联锁装置，安装工作指示灯，公司在日常管理中拟加强对辐射工作人员及其他工作人员的辐射安全教育，明确辐射防护负责人的安全监管职责，杜绝非辐射工作人员进入辐射工作场所的监督区范围内。工业CT检测装置有用线束方向为朝东侧，操作面板（操作台）位于设备南部，操作位置避开了有用线束方向，在采取上述措施的前提下，企业对于辐射工作场所的划分及相应管理措施是合理可行的。辐射工作场所平面布局图见下图10-1。

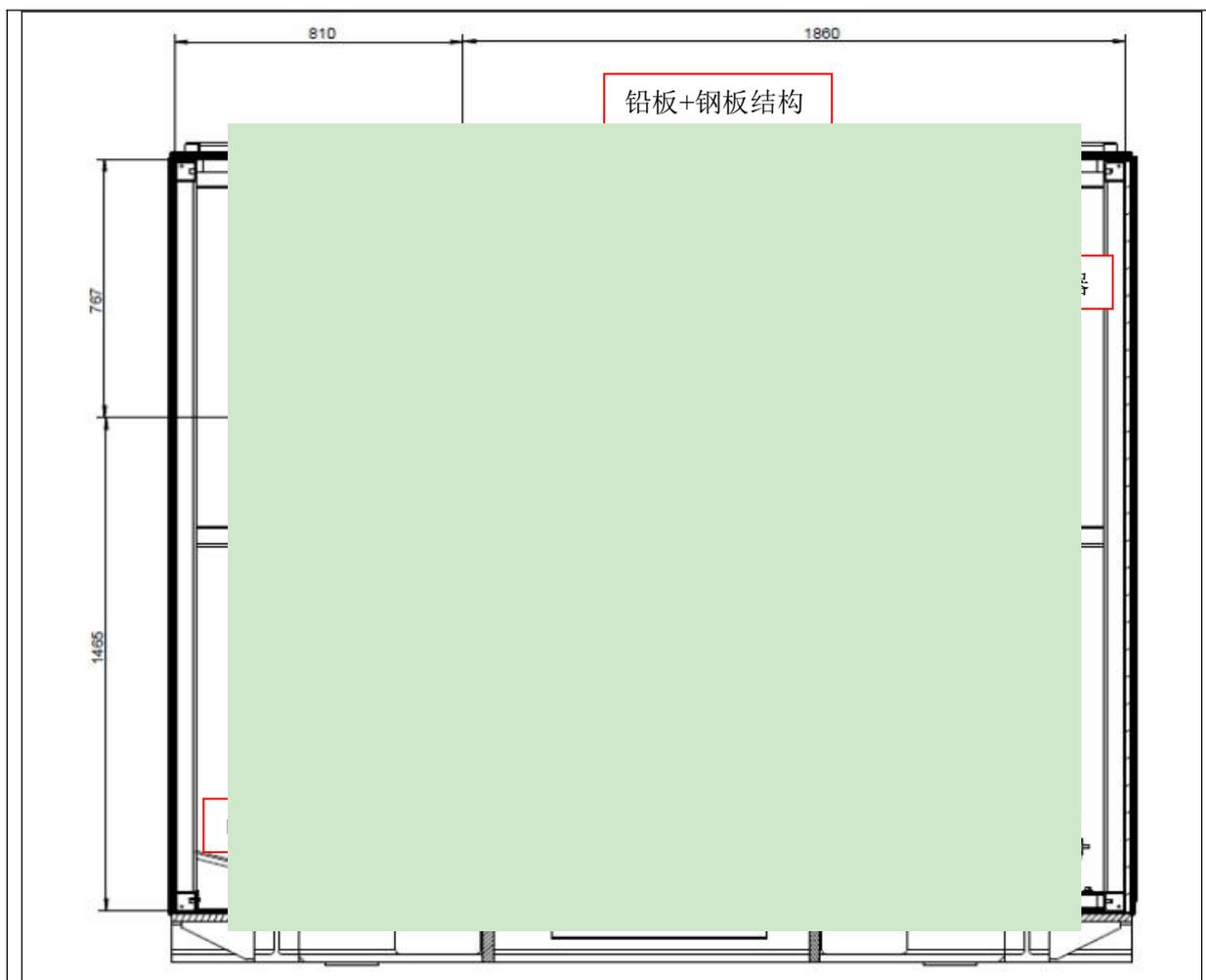
## **2、辐射安全场所屏蔽设计方案**

本项目工业 CT 机的电气控制柜与带铅板防护的 X 射线扫描室为一体式结构。工业 CT 检测装置（含电气控制柜）整体尺寸为 3.7m 长×1.810m 宽×2.440m 高，其中 X 射线断层扫描室铅屏蔽尺寸为 2.670m 长×1.58m 宽×2.232m 高（净面积），面积约为 4.22m<sup>2</sup>，CT 检测装置屏蔽外壳四侧及顶部、底部均为铅板加钢板防护。工件门所在方向为南侧。

该装置使用的射线管整体结构出厂不含额外的防护铅罩，厂家对装置进行组装时在射线管头位置增加了一个额外的铅防护外壳（罩），相关证明材料见附件 11。本工程 CT 装置北侧防护壳体为 3mm 厚钢板+5mm 铅板结构；东侧防护壳体为 3mm 厚钢板+12mm 铅板结构（主射线方向）；南侧壳体为 3mm 厚钢板+5mm 铅板结构，南侧工件门为 6mm 厚钢板+5mm 铅板结构；西侧防护壳体为 3mm 厚钢板+5mm 铅板结构；底部壳体为 6mm 厚钢板+5mm 铅板结构；顶部壳体为 3mm 厚钢板+5mm 铅板结构。具体见表 10-1。

本 CT 检测装置仅设置 1 道工件门兼做检修门，尺寸为 1044mm×1900mm，检修情况下人员需进入设备内部，正常运行过程中，人员在工件门外取放工件，无需进入设备

内部。工业 CT 检测装置电缆穿孔处位于防护铅壳体的左后方近地面位置，其防护补偿结构为在开孔位置四周覆盖防护铅板结构（如下图），呈“几”字型防护铅板结构，长度约 1000mm，其构造为 3mm 钢板+5mm 铅板结构。防护铅壳体内的通风方式为底部自然进风，顶部排风扇排风。底部进风口设置在运动机构底座底部，并在开孔处增加了三明治式铅板结构挡板，进风口从底部挡板的侧面进风。在顶部排风口位置处增加全封闭式防护结构，排风扇位于两侧，排风口位于中间位置，及时通风排气。工业 CT 检测装置带屏蔽防护的 X 射线扫描室设计图见下图 10-2，工业 CT 机射线管头周围防护图片及示意图见图 10-3，电缆穿孔防护补偿示意图见图 10-4，通风口和排风口防护补偿示意图见图 10-5。



立面图

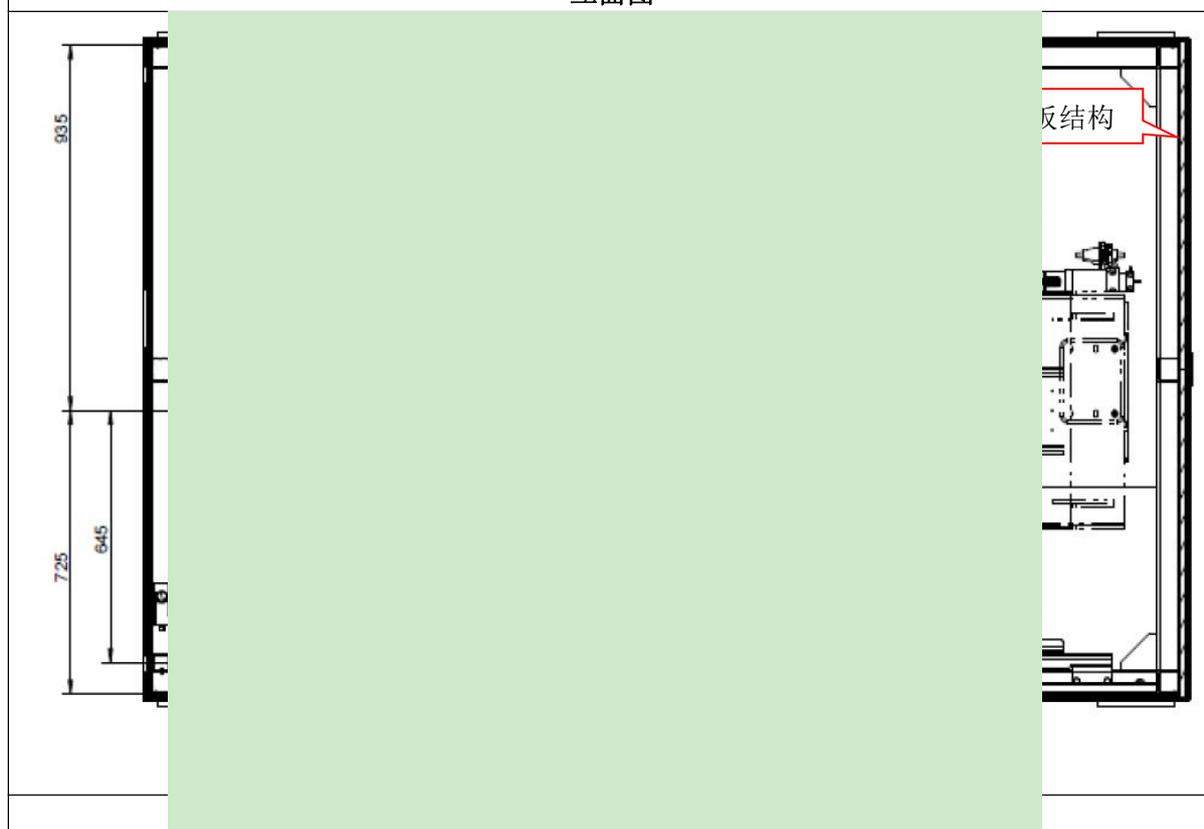
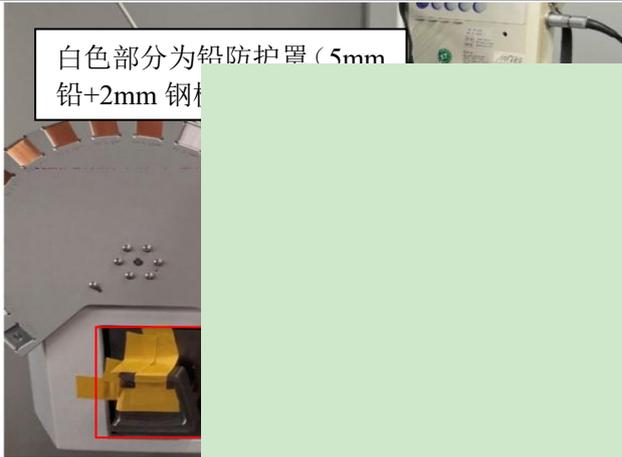


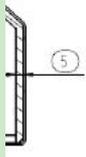
图10-2 工业CT机铅屏蔽体平面和剖面图（单位：mm）



白色部分为铅防护罩(5mm  
铅+2mm 钢板)



板+2mm

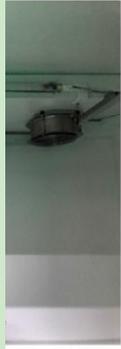


钢板

图1



m 钢板



CT底部中间  
正常情况下  
部位无法接

### 10.1.3 辐射安全措施分析

(1) 门机联锁：工件门设计与 CT 机联锁。工件门未完全关闭时，CT 机不能接通高压出束。检测期间，误打开防护门，可以立即实现 X 射线停止出束，同时在工业 CT 内部设置开门按钮。

#### (2) 警告标志及工作指示灯

本设备为自屏蔽一体化设计，开机检测过程中，人员不进入铅房内部，设计时未在设备内部设置指示灯。若铅房内额外加装指示灯及电缆穿线孔会破坏设备铅房整体防护屏蔽效果，同时设备铅房外自带有 1 个三色工作指示灯和声音提示装置，分别为绿色、黄色和红色，其中绿色灯亮代表设备电源已开启，黄灯亮代表 X 射线源预开启，红色灯亮代表 X 射线源打开并处于照射中。企业拟在醒目的位置处张贴“绿色”、“黄色”及“红色”信号意义的说明。出束情况下，工作指示灯将闪动并发出蜂鸣进行警示，并与设备联锁。设备自带工作指示灯已能起到提醒、示警作用，从辐射防护最优化角度，本项目设备自带工作指示灯是可行的，可不对照 GBZ 117-2022 中 6.1.6 要求设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯。

(3) 在操作台（操作面板）拟设置 1 个急停按钮，工业 CT 机内部拟设 2 个急停按钮（一个位于北侧东部、一个位于西侧），在急停按钮按钮下方设置标签及标明的使用方法，当遇到任何紧急情况需要立即停止照射，只要按动开关，除控制柜和真空电源外的大部分高、低压供电同时被切断，照射立即结束，人员迅速离开屏蔽铅房。急停按钮开关设有自锁装置，按下后不会自动复原，必须释放急停按钮开关后才能恢复供电进入正常工作状态。操作位（操作面板）设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(4) 在操作台（操作面板）拟设置有 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。

(5) 铅房内部拟设置有视频监控探头，同时拟在 CT 检测实验室内安装视频监控设施，工作台上设有专用的监视器，可监控铅房内部情况；CT 操作人员办公室工作台上设有 CT 检测实验室内部的视频显示器。

(6) 本项目工业 CT 装置工件门与屏蔽体的间隙微小（约为 0.1cm），工件门与屏蔽铅房搭接，搭接长度为 1.5cm，不小于门缝间隙 10 倍，能够有效防止射线泄漏。

(7) 参照 GBZ117-2022 中 6.1.11，本项目拟在设备顶上配置固定式辐射探测报警装置。

(8) 本项目工业 CT 装置使用的射线管整体结构出厂不含额外的防护铅罩，厂家

对装置进行组装时在射线管头位置增加了一个额外的铅防护外壳（罩），除主射线方向外，其余各面均采用铅钢防护结构，厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板，防止射线泄漏，见图 10-3，相关证明材料见附件 11。

（9）本项目工业 CT 装置线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板+3mm 钢板防护，位于屏蔽铅房左后方，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平。厂家提供的相关证明材料见附件 11。

（10）本项目工业 CT 装置内采取底部中间位置自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，气流经导向后才进入室内，最大程度上避免射线泄露。防护厚度均为 5mm 铅板+3mm 钢板，见图 10-5，厂家提供的相关证明材料见附件 11。

（11）本项目工业 CT 检测装置退役后应进行报废处理，使用单位或委托厂家对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，去功能化转变为非射线装置后按照国家有关固废要求进一步处置，并留存设备拆解和去功能化的照片资料备查。报废的设备应及时向辐射安全许可证核发部门申请部分终止该设备使用活动。

工业 CT 机采用上述辐射安全设计，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关安全连锁、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、急停开关等安全设施的设置要求。

## 10.2 三废的治理

工业 CT 机顶部设置了排风扇，排气扇前设置了铅板阻挡，排放的臭氧和氮氧化物量小，本项目工业 CT 机配备的排风扇排风量为 1800m<sup>3</sup>/h，排气扇及时排出检测时产生的臭氧和氮氧化物，最终由 CT 检测实验室内的通排风系统排出室外，CT 检测实验室顶部安装有送排风系统，排风口位于所在车间楼顶。工业 CT 装置铅屏蔽体内部体积约为 9.4m<sup>3</sup>，能够满足“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求，常温常压下空气中臭氧分解半衰期为 20-30 分钟，因此排放的废气对周围环境影响较小。

本项目为 X 射线 CT 检测，不需要拍片，因此无洗片废水、废胶片等危险废物产生。

## 表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

工业 CT 机由生产厂家生产完毕搬运至企业厂房固定位置即可，没有土建部分，故施工期环境影响可忽略不计。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测运行期工业 CT 建成投入使用后的辐射环境影响。由于该 CT 装置防护为采用钢板夹铅板形式，其中有用线束方向铅板厚 12mm，钢板厚 3mm；非主射方向铅板厚 5mm，钢板厚 3mm 和 6mm，本环评按等效后的铅当量进行理论计算。

本项目型号为 ZEISS Metrotom 1500 G3 型工业 CT 装置，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大功率 500w。工作时主射线固定向东侧照射（定义工件门所在面为南侧）。本报告以工业 CT 装置额定功率 500W 运行时（当额定功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2.222mA）对设备四周、顶部、底部、操作位和工件门辐射环境影响进行预测，相关源强技术证明资料见附件 11。

#### 11.2.1 运行期环境辐射水平估算

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中有用线束和散射、漏射辐射屏蔽进行计算。本项目工业 CT 装置的西、南、北、顶部和底部主要为漏射和散射X射线。设备出束口照射野角度为 30°，主射方向投影至铅房东面（有用线束）按照初级X射线进行考虑，其他方向按照漏射和散射X射线进行考虑。

本项目工业CT装置射线管使用时被固定，检测时移动检测台即可，不会改变射线管头与CT机外壳的距离。工业CT检测室东西长约 8.1m、南北宽约 6.754m、高约 3.5m，东侧为厂区道路，南侧为模头存放间，西侧为车间通道及负极涂布生产线，北侧为物流通道，顶上为生产物资间。工业CT装置位于一楼，无地下建筑。本项目辐射工作场所划分控制区和监督区，并在入口处设置有相应的管控措施，监督区内仅有辐射工作人员停留，控制区内无人员滞留，故本次辐射工作人员主要考虑CT装置铅房周边及操作位，最近的公众人员关注点考虑监督区边界外 30cm处。关注点位置及与辐射源相对位置及距离见表 11-1。射线源距离屏蔽体距离见下图 11-1。

表 11-1 关注点位置

序号	点位描述	方位	R, m
1.	CT 机铅房东侧壳体外 30cm 处	东侧（有用线束）	2.16
2.	CT 机铅房南侧壳体外 30cm 处	南侧（散射、漏射）	1.025
3.	CT 机铅房西侧壳体外 30cm 处	西侧（散射、漏射）	2.14

4.	公众人员	CT 机铅房南侧工件门外 30cm 处	南侧工件门（散射、漏射）	1.025
5.		CT 机铅房北侧壳体外 30cm 处	北侧（散射、漏射）	1.235
6.		顶部壳体上方 30cm 处	顶部（散射、漏射）	1.067
7.		操作位	南侧（散射、漏射）	1.025
8.		CT 铅房底部	底部（散射、漏射）	1.465
9.		CT 机东侧监督区外 30cm 处（厂区道路）	东侧（有用线束）	3.16
10.		CT 机南侧监督区外 30cm 处（模头存放间）	南侧（散射、漏射）	6.025
11.		CT 机西侧监督区外 30cm 处（厂房通道）	西侧（散射、漏射）	6.64
12.		CT 机北侧监督区 30cm 处（物流通道）	西侧（散射、漏射）	2.235
13.		楼上生产物资间	顶部（散射、漏射）	3.035

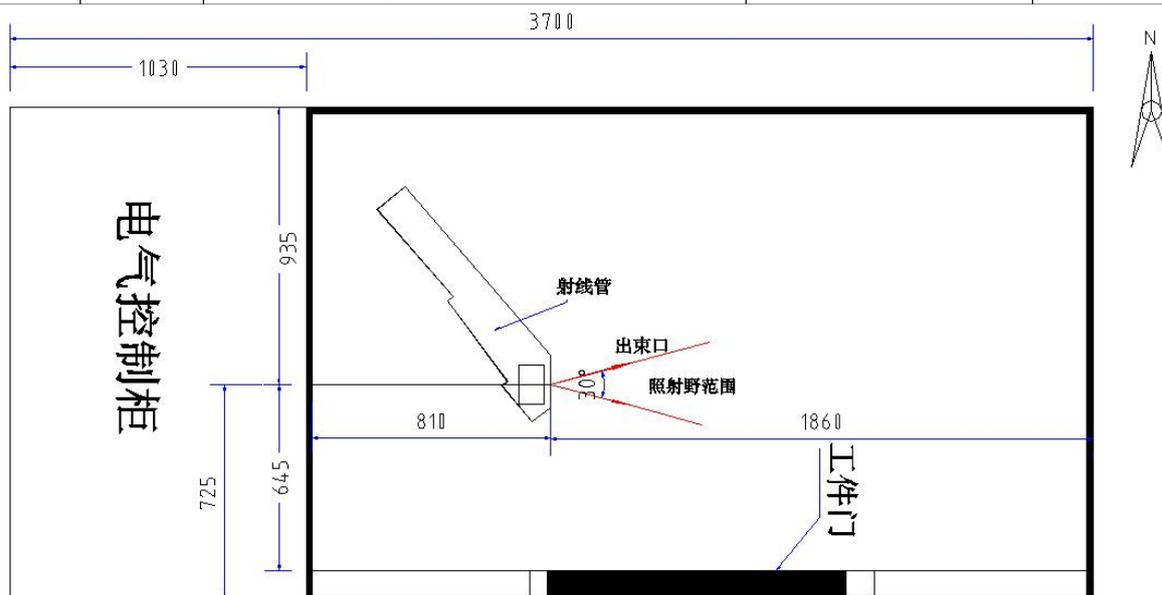


图 11-1 射线源距离屏蔽体四周距离示意图

①有用线束所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

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

式中：

I—X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目最大管功率为 500W，故最高管电压下的最大管电流为 2.222mA；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据厂家提供的射线管源强数据（附件 11），本项目装置滤过条件为 2mm Sn，距辐射源点 1m 处输出量为  $3.67\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ；

B—屏蔽透射因子，屏蔽透射因子查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）图 B.1 求得，因图 B.1 中无 225kV 曲线，因此近似采取公式计算求得： $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，X 为屏蔽体厚度，TVL 见附录表 B.2，本次环评以插值法求得 225kV 的铅的 TVL 为 2.15mm；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

②漏射辐射所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{B \cdot H_L}{R^2} \quad (2)$$

式中：B—屏蔽透射因子， $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，X为屏蔽体厚度，TVL见附录表B.2，本次环评以插值法求得225kV的铅的TVL为2.15mm；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；查国家标准化指导性文件《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB / Z 41476.3-2022）表 4，厚度 2mm、3mm、5mm、6mm 钢的等效铅厚度分别为 0.14mm、0.2mm、0.32mm、0.4mm。

$H_L$ —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，根据厂家提供的技术说明材料（见附件 11），加装铅防护罩的射线管外距离射线管 35cm 四周泄漏射线值 $<19\mu\text{Sv/h}$ ，经计算距射线管 1m 处泄漏射线值为  $2.33\mu\text{Sv/h}$ ，因此本次核算铅房外泄漏辐射剂量率时不再考虑铅防护罩的屏蔽厚度。

③散射辐射所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad (3)$$

式中：

B—屏蔽透射因子， $B=10^{-X/\text{TVL}}$ ，X为屏蔽体厚度，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，X 射线  $90^\circ$  散射辐射最高能量相应的 kV 值，保守 TVL 按散射后的射线能量 200kV 确定，200kV 的铅的 TVL 为 1.4mm。散射线为主射线经过工件散射后到达屏蔽体的射线，不经过射线管保护层，计算散射线屏蔽时，不加上射线管的保护层；

$H_0$ —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据厂家提供的射线管源强数据证明材料可知（附件 11），本项目装置滤过条件为 2mm Sn，距辐射源点 1m 处输出量为  $3.67\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ；

F— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米（ $\text{m}^2$ ）；

$R_0$ —辐射源点（靶点）至检测工件的距离，单位为米（m）；

a—散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；与散射物质有关，在未获得相应物质的 a

值时，可以用水的 a 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录 B 表 B.3；

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附表 B.4.2 可知，225kV 时保守按  $R_0^2/Fa$  为 50。

R—散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

#### ④屏蔽外关注点剂量率统计及分析

铅房外关注点周围剂量当量率预测值汇总及符合性分析见表 11-5。

表 11-5 铅房外预测点周围剂量当量率符合性分析

关注点	周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）			评价标准（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	符合性
	散射	漏射	周围剂量当量率		
CT 铅房东侧壳体 外 30cm 处	-	-	0.22	2.5	符合
CT 铅房南侧壳体外 30cm 处	1.80	$8.5 \times 10^{-3}$	1.80	2.5	符合
CT 铅房西侧壳体外 30cm 处	0.41	$1.9 \times 10^{-3}$	0.41	2.5	符合
CT 铅房南侧工件门 外 30cm 处	1.29	$6.8 \times 10^{-3}$	1.29	2.5	符合
CT 铅房北侧壳体外 30cm 处	1.24	$5.8 \times 10^{-3}$	1.24	2.5	符合
CT 铅房顶部壳体上 方 30cm 处	1.66	$7.8 \times 10^{-3}$	1.66	2.5	符合
CT 铅房底部	0.63	$3.3 \times 10^{-3}$	0.63	2.5	符合

由表 11-5 可知：本项目工业 CT 机铅房东、南、西、北侧壳体外 30cm 处的周围剂量当量率均不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；装置铅房顶上 30cm 处周围剂量当量率也不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求。考虑到装置铅房顶上周围剂量当量率较高，建设单位拟在设备表面张贴开机下严禁任何人员攀爬铅房顶的警示标语。

#### ⑤天空反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 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辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平  $H_c$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。”根据前述预测计算可知，铅房顶上关注点剂量率为  $1.66\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面的剂量远小于漏射线、散射线透过屏蔽墙到达关注点的剂量率，对关注点地面公众的辐射剂量率贡献不大，因此叠加后关注点

处辐射剂量率也能够满足评价标准要求。

### ⑥电缆及通风管道辐射影响分析

工业 CT 机电缆穿孔处位于防护铅壳体的左下方，与射线出束方向相反，其开孔尺寸约为  $200\text{mm}\times 150\text{mm}$ ，与控制柜内部直连，从外部不可见。其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字型防护铅板结构（如下图 11-4），长度约  $1000\text{mm}$ ，其构造为  $3\text{mm}$  钢板+ $5\text{mm}$  铅层结构，从而限制射线特别是直射束的漏出。射线将在装置内散射五次，利用散射降低线缆管道口的辐射水平，从而防止射线泄露，可推断线缆口处的辐射剂量率能够满足标准要求。线缆口散射路径图见图 11-2。

防护铅壳体内的通风方式为底部自然进风，顶部排风扇排风。底部进风口设置在运动机构底座底部，并在开孔处增加了三明治铅板结构挡板（如下图 11-4），防护厚度均为  $5\text{mm}$  铅板+ $3\text{mm}$  钢板，进风口从底部挡板的侧面进风。同样的在顶部排风口位置处增加了全封闭式防护结构，排风扇位于两侧，排风口位于中间后侧位置，避免射线直接照射进出风口，避免了通风口与外部环境直通，同时进/排风口均位于正常情况下人员不可接触到的底部及顶部，有效地控制了射线泄漏风险。射线将在装置内散射四次，利用散射降低进出风口的辐射水平，最大程度上避免射线泄露。通风口散射路径图见图 11-3。

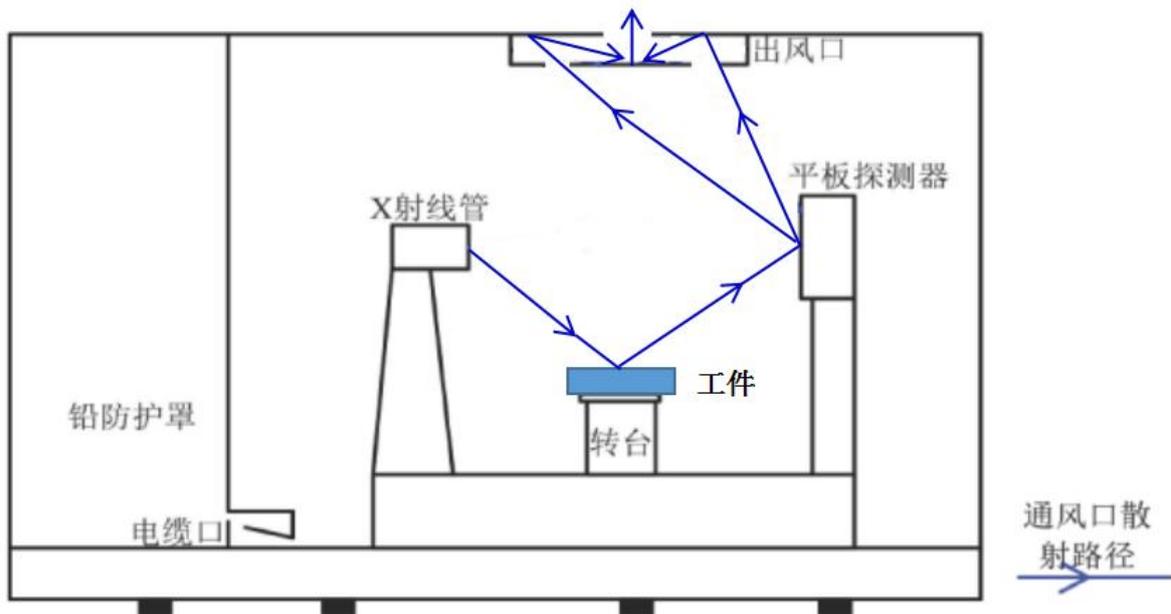


图 11-3 通风口散射路径图

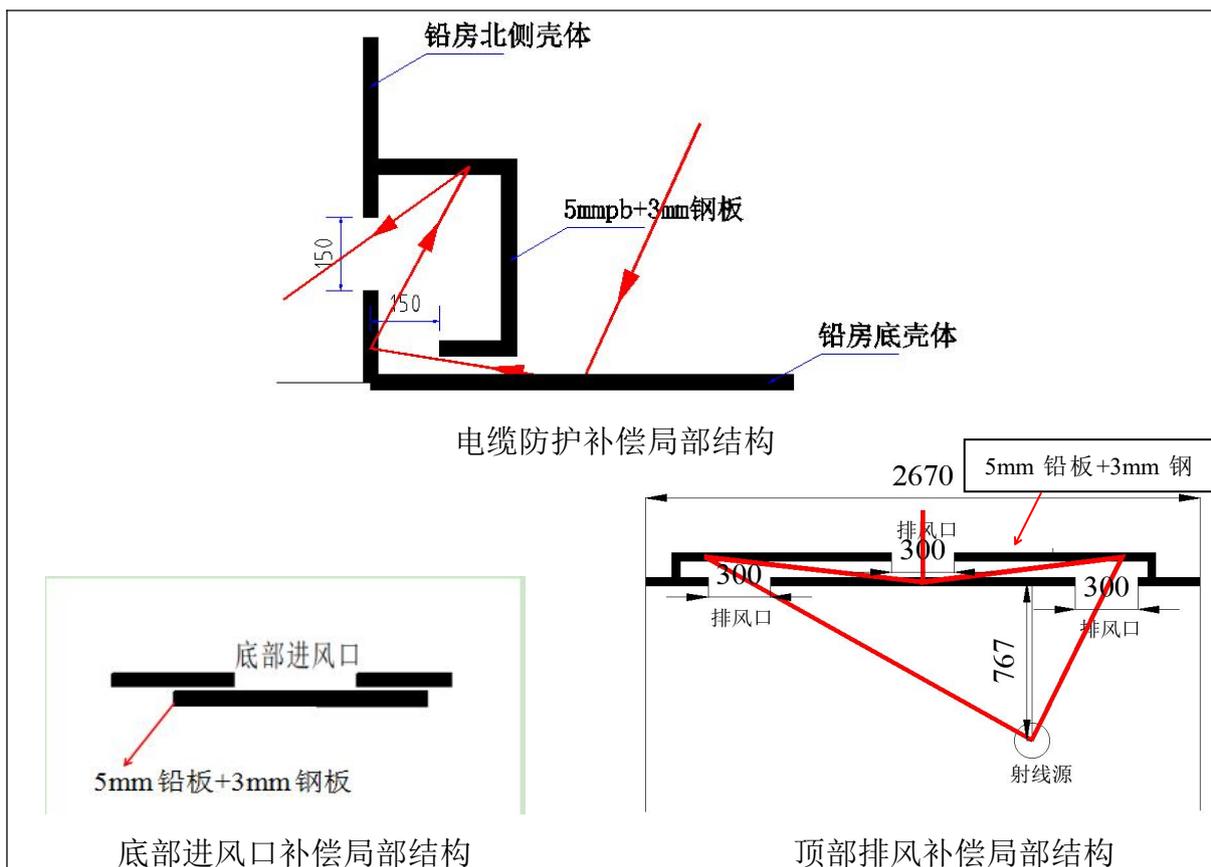


图 11-4 电缆口和通风口补偿结构图

通过电缆孔或排风口到达铅房外部的射线均已经过至少三次散射，能量很低，小于表 11-4 计算的顶部、西侧及北侧壳体散射的剂量率，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。

### 11.2.2 保护目标剂量评价

关注点的周剂量水平估算见下式

$$H_c = H_{c,d} * t * T * U \quad (4)$$

式中： $H_c$ ：关注点的周剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

$H_{c,d}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

$t$ ：工业CT周照射时间， $\text{h}/\text{周}$ ；

$U$ ：检测装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

#### ①辐射工作人员

公司为单班制生产，工作 8 小时，每天最多检测工件 10 次，每次包括重复工件摆放、关门、曝光成像等合计时间约 30min，实际开机曝光时间为 10min，则开机运行时间约为 1.66 小时/天，平均每周工作 5 天，则每周开机时间约 8.3 小时/周，每年工作 250 天，则一年开机时间约 415 小时。本次由两名辐射工作人员分担操作，按两

人平摊工作计算。本项目按照辐射工作人员所在位置最大剂量率及该处居留因子取 1 的情况下，保守估算辐射工作人员年有效剂量，具体计算结果见下表 11-6。

**表 11-6 辐射工作人员工作环境关心点剂量率水平理论计算结果**

关注点名称	方位	周围剂量 当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周剂量当量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年剂量当量 ( $\text{mSv/a}$ )
CT 铅房南侧壳体外 30cm 处	南侧（包括工件门） （散射、漏射）	1.80	14.94	0.75

工业 CT 装置周围辐射工作人员（操作位位于设备南侧）周围剂量当量率最大为  $1.80\mu\text{Sv/h}$ 、年有效剂量为  $0.75\text{mSv}$ ，平摊至每名辐射工作人员的年有效剂量更小，均能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求，即人员在关注点的周剂量参考控制水平，对放射工作场所不大于  $100\mu\text{Sv/周}$ ，也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的剂量限值要求以及本项目辐射工作人员的目标管理限值，即  $5\text{mSv/a}$ 。

②公众照射

本项目将辐射工作场所分为控制区和监督区，其出入口处均设置有相应的管控措施，正常情况下，公众均位于监督区范围外，根据“辐射水平与距离平方成反比”的关系可知，关注点距离越远其辐射水平越低，故本次公众关注点辐射剂量率保守取监督区边界外 30cm 处的计算结果，并以此估算公众人员所受的周剂量当量和年有效剂量。

**表 11-7 公众环境关心点剂量率水平理论计算结果**

点位	$H(\mu\text{Sv/h})$	U	T	t (h/a)	t(h/周)	$P_{\neq}(\text{mSv/a})$	$P_{\neq}(\mu\text{Sv/周})$
CT 机东侧监督区 外 30cm 处（厂区 道路）	0.10	1	1/16	415	8.3	$2.7\times 10^{-3}$	0.05
CT 机南侧监督区 外 30cm 处（模头 存放间）	0.05	1	1/4			$5.4\times 10^{-3}$	0.11
CT 机西侧监督区 外 30cm 处（车间 通道）	0.04	1	1/4			$4.5\times 10^{-3}$	0.09
CT 机北侧监督区 30cm 处（物流通 道）	0.38	1	1/4			$3.9\times 10^{-2}$	0.79
楼上生产物资间 地面 1m 处	0.21	1	1/16			$5.5\times 10^{-3}$	0.11

由表 11-7 可知，本项目工业 CT 装置周围公众关注点周剂量当量为（ $0.05\sim 0.79$ ） $\mu\text{Sv}$ 、年剂量当量值为（ $2.7\times 10^{-3}\sim 3.9\times 10^{-2}$ ） $\text{mSv}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022) 中的要求, 即对公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ , 也满足本次评价公众照射管理限值 ( $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ) 要求。

本项目运行期间厂区内其他工作人员不进入辐射场所划设的监督区范围内, 故其他工作人员和公众人员亦不会受到额外的辐射照射, 符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中相应“剂量限值”的要求, 符合本次评价公众照射管理限值 ( $0.10\text{mSv}/\text{a}$ ) 要求。

公司为加强对工业 CT 装置工作场所的辐射安全管理, 将工业 CT 装置所在的检测实验室划为监督区, 入口设置门禁系统, 同时在设备及检测实验室入口处均张贴有电离辐射警告标志, 设备开机状态下, 其他非辐射工作人员不得进入监督区范围内。辐射工作人员在操作时尽量远离工业 CT 装置的铅屏蔽体外壳, 避免不必要的外照射, 从而尽可能合理地降低由外照射导致的辐射剂量。

### 11.2.3 非放射性环境影响分析

X射线CT检测作业时X射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物, 其常温常压下空气中臭氧分解半衰期为20-30分钟, 这部分废气产生量较少。

工业CT装置内顶部设置了排风扇, 排风扇排风量为 $1800\text{m}^3/\text{h}$ , 工业CT装置铅屏蔽体内部体积约为 $9.4\text{m}^3$ , 能够满足GBZ117-2022关于“每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求。CT装置排风扇排出的废气最终由CT检测实验室内的通风换气系统排至室外, 因而其对车间内工作人员及车间外周围环境影响较小。

本项目为X射线CT检测, 不需要拍片, 因此无洗片废水、废胶片等危险废物产生。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 最大可信事故

X 射线管在对工件进行成像的工况下, 门机联锁失效, 工作人员打开铅门, 使其受到额外的照射; 或在门机联锁失效的情况下, X 射线管在对工件进行照射时, 铅防护门未完全关闭, 致使 X 射线泄漏到铅房外面, 给周围活动的人员造成不必要的照射。

### 11.3.2 事故后果

本项目中的工业CT检测装置属于 II 类射线装置, 为中危险射线装置, 事故可能引起急性放射性损伤。

### 11.3.3 事故预防措施

本项目所涉辐射事故主要为射线装置失控导致人员受到异常照射。射线装置失控主要因门机联锁、急停按钮等安全设施失效导致人员受到意外照射, 为有效预防此类辐射事故发生, 建议企业采取以下事故预防措施:

(1) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天开展检测工作前，检查确认门机联锁、急停按钮等各项安全措施的有效性，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) 定期利用辐射剂量巡测仪对铅房周围辐射水平进行监测，发现异常情况，加密监测，并报告辐射管理人员，必要时请专业设备厂家进行维修。设备大修后应及时委托第三方进行辐射防护监测，确保周围辐射水平能够满足国家标准要求。

(3) 辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定佩戴有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓情况并按下急停按钮，设备可停止出束，此时人员不会受到大剂量照射。

按照《江苏省辐射污染防治条例》的规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，做好应急准备，并在事故发生后一小时内向当地人民政府生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。当地生态环境主管部门接到报告后按照事故性质进行初步研判，启动辐射事故应急预案，建设单位按照预案要求配合当地生态环境主管部门做好现场应急措施。

根据原国家环保总局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要求，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。

因此，该公司拟按相关规定，完善和加强管理，使射线装置始终处于监控状态。

## 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

#### 12.1.1 辐射安全管理机构设置情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，从事辐射防护安全管理的人员应接受辐射安全知识培训，进行专业管理，定期组织对企业辐射安全防护制度执行情况、辐射工作档案台账、辐射防护用品和仪器等进行检查，每年组织对企业辐射安全和防护状况进行年度评估，并于次年 1 月 31 日通过全国核技术利用辐射安全申报系统上报。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，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。

本项目不新增管理人员和操作人员。中创新航科技(江苏)有限公司目前已成立以企业负责人为组长的辐射安全与环境保护领导小组，并配备 1 名专职辐射安全管理人员，统筹管理整个企业的辐射安全工作，企业成立的辐射管理机构文件见附件 6。

#### 12.1.2 人员配备与职能

本项目不新增辐射工作人员，企业拟从现有辐射工作人员中调配 2 名专职负责工业 CT 检测工作。目前操作人员均已参加辐射安全防护与知识培训，并通过考核取得了考核成绩报告单。通过考核后，应当每隔五年重新参加考核，再次考核合格后，方可继续从事 X 射线 CT 检测工作。

公司现有 44 名辐射工作人员，均参加了辐射防护与知识培训，并通过考核取得考核成绩报告单。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号），自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。本项目涉及的 2 名辐射工作人员培训考核成绩报告单见附件 7。

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### 12.2.1 有关辐射安全规章制度名录规章制度制定情况

(1) 公司已制定了《辐射安全防护和管理制度》。内容包括：

a. 公司在从事辐射操作前，已制订了《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作安全责任书》、《人员培训计划》、《设备检修维护制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《辐射环境监测方案》和《辐射事故应急预案》等规章制度。

b. 单位每年需对辐射工作安全与防护状况进行一次自我安全评估，安全评估报告对存在的安全隐患及时提出整改方案，安全评估报告每年1月31日前通过全国核技术利用辐射安全申报系统上报。

(2) 公司已制定了《测厚仪操作规程》。

本项目测厚仪均位于涂布生产线上在线使用，并制定了相应的操作规程，正常情况下，人员无需直接操控测厚仪。操作规程张贴在操作人员可见的显眼位置，防止误操作。

(3) 公司已制定了《岗位职责》。

公司已制定辐射管理人员职责、操作人员职责。

(4) 公司已制定了《辐射防护和安全保卫制度》

现有含密封放射源的测厚仪均固定在生产线上使用，张贴有电离辐射警告标示及护栏等防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

(5) 公司已制定了《射线装置使用登记、台账管理制度》

a. 辐射工作人员负责对自己每次操作过的测厚仪进行使用登记，建立射线源使用登记的台账，及时进行登记、检查，做到帐物相符，并由公司辐射管理人员进行监督；

b. 对每次生态环境部门的监督检查、监测应登记在册，做好生态环境部门环评报告（包括批复）、监测报告等技术档案的归档工作，辐射安全管理小组主动配合生态环境部门的监督和指导。

(6) 《人员培训计划》

制定有《人员培训计划》，并按照培训计划参加公司内部培训及上级部门组织的辐射防护及法律法规培训。

(7) 《射线装置使用登记、台账管理制度》、

制定有《射线装置使用登记、台账管理制度》，并列明使用人、设备取用、归还状

态、取用及归还时间、领用人等信息。

(8) 《辐射环境监测方案》

制定有《辐射环境监测方案》，包含了委外监测和自行监测，其中委外监测包括个人剂量监测、年度监测；自行监测主要为厂区内涉源设备自行监测及巡检的要求。

### 12.2.2 规章制度执行及落实情况

公司在开展现有核技术利用项目工作中较好的执行了相关制度，规章制度均已上墙。

(1) 《操作规程》

所有辐射操作人员均严格按照《操作规程》进行作业，制度执行以来未发生因人员误操作导致额外受照剂量情况产生。

(2) 《岗位职责》

公司内辐射工作人员严格按照《岗位职责》中的要求，及时参加辐射安全与防护知识培训，通过考核，取得成绩报告单。制度执行以来未发生过辐射工作人员从事非本岗位的其他工作。

(3) 《设备检修、维护制度》

辐射工作人员严格按照《设备检修、维护制度》中的要求定期检查测厚仪源容器有无破损、测厚仪在线指示灯等辐射安全措施是否正常；发现设备损坏时及时与设备厂家进行联系，委托厂家进行检修和维护。

(4) 《射线装置使用登记、台账管理制度》

辐射工作人员已严格按照《射线装置使用登记、台账管理制度》中的要求如实登记测厚仪取用、归还状态、取用及归还时间、领用人等信息，接受辐射防护负责人监督管理。

(5) 《人员培训制度》

辐射工作人员已严格按照《人员培训制度》中规定的要求及时参加复训及岗前培训，目前在职人员均已通过考核取得考核成绩报告单。同时按照上级部门的安排参加相关辐射安全培训和宣讲。

(6) 《辐射环境监测方案》

企业每年委托有资质的监测单位定期对在用的测厚仪进行辐射环境监测，2022年委托苏州市百信环境检测工程技术有限公司开展在用放射源年度监测，监测结果表明，在用设备周边辐射剂量水平均能够满足标准要求，见附件9。

(7) 《辐射事故应急预案》

企业已按照应急预案要求成立了以企业负责人为组长的应急小组，测厚仪自运行以来未发生过辐射事故。

### 12.2.3 规章制度可行性分析

根据已修订的“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”中的有关要求，企业已制定了操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案和辐射事故应急措施，根据上述分析，制度名录和内容基本能够满足企业已许可的辐射工作场所需求。

本报告对照管理办法及相关法律法规提出以下建议和要求：

**(1) 操作规程：**针对本项目制定《CT 机操作规程》，作业规程中应明确 CT 机相关安全措施，明确操作规程中的注意事项。

**(2) 岗位职责：**完善《岗位职责》，内容应包括从事 CT 检测的工作人员的相关资格要求，管理人员、操作人员的职责。

**(3) 设备维修制度：**完善《设备检修、维护制度》，内容应包括对 CT 机外观完整性、门机联锁装置、工作指示灯、内部视频监控设施、急停开关等安全措施的日常检查。

**(4) 射线装置使用登记、台帐管理制度：**完善《射线装置台账管理制度》和《射线装置使用、登记制度》，台帐中应当记载设备名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项。

**(5) 监测方案：**完善《辐射工作场所监测方案》，明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测，监测方式由企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。其中监测项目、监测点位见下表 12-1，委托有资质单位每年开展一次辐射监测，自行监测利用自购的辐射剂量巡测仪每季度监测一次，监测结果妥善保存，定期上报生态环境部门。此外，根据 18 号令，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

**(6) 辐射事故应急预案：**完善《辐射事故应急预案》，针对本项目 CT 机投运可能产生的辐射污染情况完善事故应急措施，依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委报告。

#### **12.2.4 关于人员培训、个人剂量监测、职业健康体检**

该公司使用的射线装置为Ⅱ类射线装置（《射线装置分类》，环保部、国家卫生和计划生育委员会公告，2017年第66号），应进行辐射安全培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告2019年第57号），自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。现有44名辐射工作人员均通过考核，取得考核成绩报告单均在有效期内。

企业已按《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，为保护辐射工作人员身体健康，已安排从事辐射岗位的工作人员在上岗前进行了放射性职业健康体检，体检合格方能上岗。对于离岗人员也必须进行离岗体检，对职业健康体检报告妥善长期保留。在岗人员均定期进行放射职业健康体检，两次检查的时间间隔不应超过2年。公司于2022年分批委托常州金坛绿泽门诊部对辐射工作人员进行职业健康体检，体检结果表明现有辐射工作人员可继续从事辐射工作，本项目涉及的2名辐射工作人员体检报告见附件8。公司为所有辐射工作人员配备个人剂量片，按规范佩戴，不得随意放置；已委托苏州市百信环境检测工程技术有限公司对辐射工作人员开展个人剂量监测，出具个人剂量监测报告，个人剂量监测结果表明辐射工作人员所受有效剂量均能够满足标准要求。辐射管理人员负责个人剂量片的收集、发放、个人剂量监测报告、培训考核成绩报告单和职业健康体检报告的归档工作。

目前企业现有44名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训、体检和个人剂量监测，培训考核成绩报告单均在有效期内。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告2019年第57号），自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。公司在后续的日常管理中应及时组织辐射工作人员在培训考核到期前重新参加考试，并通过考核。

#### **12.2.5 关于年度评估报告**

每年委托有资质单位开展年度监测，并于每年1月31日前向当地生态环境部门或通过全国核技术利用辐射安全申报系统上报上一年度评估报告（年度评估报告应包括辐射安全和防护设施的运行和维护情况；辐射安全与防护制度及措施的制定与落实情况

况；辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；射线装置台账；场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；辐射事故及应急响应情况；核技术利用项目新建、改扩建和退役情况；存在的安全隐患及其整改情况；其他有关法律、法规规定的落实情况等方面的内容）。企业已按照要求每年1月31日前提交年度评估报告，年度评估报告均已按照上述要求填报，能够满足要求。

## 12.3 辐射监测

### 12.3.1 正常运行时环境监测方案

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。

#### ①个人剂量检测

企业已委托有资质单位开展辐射工作人员的个人剂量检测。辐射安全管理机构指定专职辐射管理人员负责对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

#### ②工作场所辐射环境检测

本项目投入试运行后的三个月内，企业拟根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）组织开展验收工作，委托有资质的验收监测单位开展验收监测，编制验收监测报告，组织专家评审，并按规定进行验收公示，验收合格后方可正式投入使用。

正式投入使用后，企业拟每年委托有监测资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，连同年度辐射安全评估报告一并在次年1月31日前送交原辐射安全许可证发证机关。同时对监测结果中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

企业每季度用购置的X-γ剂量率仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。测布点及监测项目见表12-1。

表 12-1 监测场所及监测项目

监测场所	监测项目	监测依据	监测频次
工件门、操作位 各屏蔽墙外	X-γ辐射空气吸 收剂量率	《工业探伤放射防护标准》 （GBZ117-2022）：各关注	每季度一次，发 现异常时适当

电缆口处		点周围剂量当量率不大于 2.5μGy/h	增加监测频次
其他人员可达部位			

### 12.3.2 环境监测仪器配备

本项目拟安排 2 名辐射工作人员，均已配备个人剂量计，同时在进行无损检测工作时随身佩戴。企业已配备 3 台 BG9521 型辐射剂量巡测仪和 16 台 PN92C 型个人剂量报警仪，其中为本项目配备 2 台个人剂量报警仪和 1 台辐射剂量巡测仪。人员进入工业 CT 装置工作场所时随身佩戴。配置的个人剂量报警仪和辐射巡测仪见下图 12-1。

表 12-2 本项目配置的辐射防护用品一览表

序号	名称	数量	备注
1	辐射剂量巡测仪	1 台	依托现有
2	个人剂量报警仪	2 台	依托现有
3	个人剂量片	每人一个	依托现有



图 12-1 监测设备配置情况

### 12.4 辐射事故应急

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理与报告制度的通知》和《江苏省辐射污染防治条例》的相关规定，本项目使用的 II 类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到异常照射。因此公司拟加强管理，严格执行安全操作规程，根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案。公司还要经常监测设备周围的环境辐射剂量率等，确保辐射工作安全有效运转。

按照《江苏省辐射污染防治条例》的规定，发生辐射事故时，事故单位应当立即

启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，做好应急准备，并在事故发生后一小时内向当地人民政府生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。当地生态环境主管部门接到报告后按照事故性质进行初步研判，启动辐射事故应急预案，建设单位按照预案要求配合当地生态环境主管部门做好现场应急措施。根据原国家环保总局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要求，发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。

中创新航科技(江苏)有限公司目前已制定了《辐射事故应急方案》，应按照本报告提出的可能产生的辐射事故完善辐射事故应急方案。同时根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关规定，辐射事故应急方案应明确以下几个方面：

- ① 应急机构和职责分工；
- ② 应急的具体人员和联系电话；
- ③ 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- ④ 辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤ 辐射事故调查、报告和处理程序。

在应急响应程序中，应建立工作人员日常培训和演练的制度。应急响应程序包括在辐射事故情况下采取的执行程序。

1) 事故情况下立即切断高压控制开关的电源，组织人员保护现场，迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理，在1小时内上报生态环境、公安等有关部门，并做好放射事故档案记录。

2) 发生人员受照事故时，迅速安排受照人员接受医学检查和救治，建立并保存相应的医疗档案。

3) 辐射事故发生后，积极配合生态环境、公安等管理机关做好事故调查和善后处理工作。

4) 对发生事故的装置，请有关供货单位或相关的检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，提出改进意见，并保存记录。

辐射事故应急预案对于本项目的环境管理来说是必不可少的，企业拟根据本报告提出的应急响应方案及实际演练经验，进一步制定和完善应急响应程序。

表 13 结论与建议

## 13.1 结论

### 13.1.1 实践的正当性

中创新航科技(江苏)有限公司使用工业 CT 机的目的是为了对研发的新能源电池结构进行 CT 检测,提高产品的质量和保证产品使用的安全,本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求,提升产品市场竞争力,以创造更好的经济效益,从经济角度而言,可以提升厂家议价权;从社会角度而言,能够使用安全系数更高的产品,减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间,工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响,但公司在做好各项辐射防护措施,严格按照规章制度运营本项目的情况下,可将上述辐射影响降至尽可能小。因此,在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后,其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

### 13.1.2 辐射安全与防护分析结论

#### 1) 选址、布局合理性评价:

新增的工业 CT 机位于 J12 电池主厂房东部,厂房为二层建筑,工业 CT 装置东侧厂区道路、厂区绿化、明湖路,南侧依次为模头存放间、卫生间、办公室、会议室等,西侧为车间通道、负极涂布生产线;北侧为依次物流通道、负极清洗间、物资存放间等。顶上为生产物资间;工业 CT 装置周围 50m 范围为 J12 电池主厂房、厂区道路、车间通道,无居民住宅、学校等长期居留的敏感目标。项目周围环境保护目标为公司厂区内其他工作人员及辐射工作人员,因此项目选址基本合理。

工业 CT 装置自带铅屏蔽体设并安装于 CT 检测实验室内,将工业 CT 装置自带屏蔽铅房划为控制区,将 CT 检测实验室划为监督区,监督区入口设置门禁系统,张贴电离辐射警告标示,以警示此处为电离辐射场所,从而有效地将辐射与非辐射工作场所严格分开,避免仪器开机时,周围非辐射工作人员进入控制区内,能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中关于辐射工作场所区域划分的要求。

#### 2) 辐射防护措施评价:

根据理论预测计算可知在采用并落实本报告提出的增加自带铅房铅厚度的补偿屏蔽方案后,本项目投入使用后工业 CT 检测装置的屏蔽能力能达到《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求,其屏蔽能力能满足 X 射线 CT 检测正常工作时的辐射防护要求。

### 3) 辐射安全措施评价:

设备安装有工作状态指示灯，并与设备 X 射线管高压装置联锁；防护门设置门机联锁装置；设备及 CT 检测实验室入口处设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿靠近该装置；操作面板（操作台）及设备铅房内部均安装有急停按钮，操作面板上安装有钥匙开关，紧急情况下按下急停按钮，设备立即停止出束，复位后方可重新开启设备；设备电缆口及通风口穿墙处均采用与同侧屏蔽厚度相同的铅防护。采取以上辐射安全措施后，本项目将能够满足辐射安全防护要求。

### 4) 辐射安全管理评价:

公司已成立辐射安全和环境保护管理小组，并以文件形式明确各成员职责，明确了辐射防护负责人及其职责。

公司拟按照本报告提出的要求制定并完善各项规章制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。在日后的工作实践中，公司拟根据核技术应用情况及时对辐射安全管理小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全管理小组的基本组成涵盖核技术应用所涉及的相关部门。新增的辐射工作人员同样须参加相关部门举办的有关法律、法规、规章、专业技术、安全防护和应急响应等知识的培训教育，并通过考核取得上岗证，考核不合格的不得上岗。公司拟不断加强对辐射工作人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

公司在采取上述安全管理措施后，将具备相应的辐射安全管理能力。

#### 13.1.3 环境影响分析结论

该项目的主要污染因子为 X 射线和非辐射影响因子（臭氧和氮氧化物）。项目开机下由于电离空气产生的臭氧和氮氧化物量极少，同时臭氧能够在短时间内分解，通过空气流通、扩散、稀释作用后对大气环境影响较小。

根据理论预测结果可知，本项目工业 CT 检测装置在采用并落实本报告提出的屏蔽补偿方案后，其铅房外关注点处周围剂量当量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的周围剂量当量率要求。公司从事 X 射线 CT 检测的工作人员和周围公众成员所受年有效剂量，均低于本项目管理目标要求（辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

#### 13.1.4 可行性分析结论

综上所述，中创新航科技(江苏)有限公司新增一台工业 CT 检测装置项目符合国家产业政策要求，符合“实践正当性”原则，在落实本报告所提出的各项污染防治措施和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和辐射安全管理能力，其投入运行后对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

#### 建议和承诺：

1) 该项目运行中，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和辐射工作人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

4) 环评批复后，项目投运前按照要求重新申领辐射安全许可证，未获得许可证前不得进行 CT 检测作业。

5) 本项目竣工后，建设单位应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）要求开展自主验收工作，验收期限不超过 3 个月。

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