

核技术利用建设项目

中汽新能电池科技有限公司
新建使用II类射线装置（工业CT）项目
生态环境影响报告表
（报批稿）

中汽新能电池科技有限公司

2026 年 9 月

核技术利用建设项目

中汽新能电池科技有限公司
新建使用II类射线装置（工业CT）项目
生态环境影响报告表

建设单位名称：中汽新能电池科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：天津市滨海高新区华苑产业区创新大街88号

邮政编码： 联系人：

电子邮箱： 联系电话：

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	10
表 3 非密封放射性物质	10
表 4 射线装置	11
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6 评价依据	13
表 7 保护目标与评价标准	15
表 8 环境质量和辐射现状	20
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	32
表 11 环境影响分析	42
表 12 辐射安全管理	55
表 13 结论与建议	65
表 14 审批	68

附图

附图 1 建设项目地理位置图

附图 2 建设单位周边关系及评价范围示意图

附图 3 3#厂房一层平面布局图

附图 4 3#厂房二层平面布局图

附图 5 3#厂房三层平面布局图

附图 6 工业 CT 室平面布局及周边关系图

附图 7 辐射安全防护措施示意图

附件

附件 1 建设单位承诺书

附件 2 营业执照

附件 3 单位名称变更登记通知书

附件 4 主体工程环评批复

附件 5 租赁合同

附件 6 不动产权证书

附件 7 核技术利用建设项目备案表

附件 8 现有辐射安全许可证

附件 9 本项目辐射环境现状监测报告

附件 10 设备参数证明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中汽新能电池科技有限公司新建使用 II 类射线装置（工业 CT）项目			
建设单位		中汽新能电池科技有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号			
项目建设地点		天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号中汽新能电池科技有限公司 3#厂房一层理化实验室西北侧工业 CT 室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		500	项目环保投资（万元）	36.7	环保投资比例（%） 7.34
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） /
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他				
项目概述 1.建设单位情况 建设单位曾用名青岛力神动力电池有限公司，成立于 2011 年 11 月，注册地址位于山东省青岛市黄岛区岷山路 6 号，2014 年 9 月 18 日更名为力神（青岛）新能源有限公司，产品主要为车载动力电池、储能动力电池，应用在电动乘用车、电动商用车、可再生能源发电并网等领域。该公司在 2022 年整合为集团动力电池核心					

平台，拥有天津、无锡、青岛及滁州四大生产基地。2024 年，公司经国务院国资委推动，由中国第一汽车股份有限公司牵头，联合东风公司、兵器装备集团等央企投资整合，并于 2025 年 7 月正式更名为中汽新能电池科技有限公司（以下简称“中汽新能”，单位名称变更登记通知书见附件 3），注册地址变更为天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号。作为国家动力储能电芯研发制造高新技术企业，中汽新能始终把科技创新作为引领发展的第一动力，持续加大研发投入，加快研发能力建设。

为了公司发展需要，建设单位租赁天津至汇光电技术有限公司位于天津市滨海高新区创新大街 46 号（天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号）的房屋及其设施建设厂区及主体工程，主体工程《中汽新能电池科技有限公司研发提能项目生态环境影响报告表》已履行环保手续，并于 2026 年 9 月 24 日取得天津滨海高新技术产业开发区行政审批局《关于中汽新能电池科技有限公司研发提能项目生态环境影响报告表的批复》（津高新审建审〔2026〕79 号，见附件 4）。

建设单位已于 2026 年 4 月 14 日完成《新增使用Ⅲ类射线装置和Ⅴ类放射源项目》环境影响登记表备案（备案号 20261201000700000107，见附件 7），待主体工程建设完成后投入运行。

2.项目由来

为满足公司发展需求，保证产品的可靠性，中汽新能拟对公司生产的电池内部结构进行无损检测，拟投资 500 万元在天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号厂区 3#厂房一层理化实验室建设 1 间工业 CT 室，并在工业 CT 室内新增使用 1 台 METROTOM 1500 型工业 CT，用于对公司生产的电池内部结构（下文简称“工件”）进行无损检测。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》规定，本项目工业 CT 属于Ⅱ类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 版，生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用Ⅱ类射线装置的”，应编制生态环境影响报告表。

受中汽新能电池科技有限公司委托，环评单位承担该核技术利用项目的环境影响评价工作。环评公司在现场踏勘、资料调研的基础上，编制完成了《中汽新能电

池科技有限公司新建使用 II 类射线装置（工业 CT）项目生态环境影响报告表》。

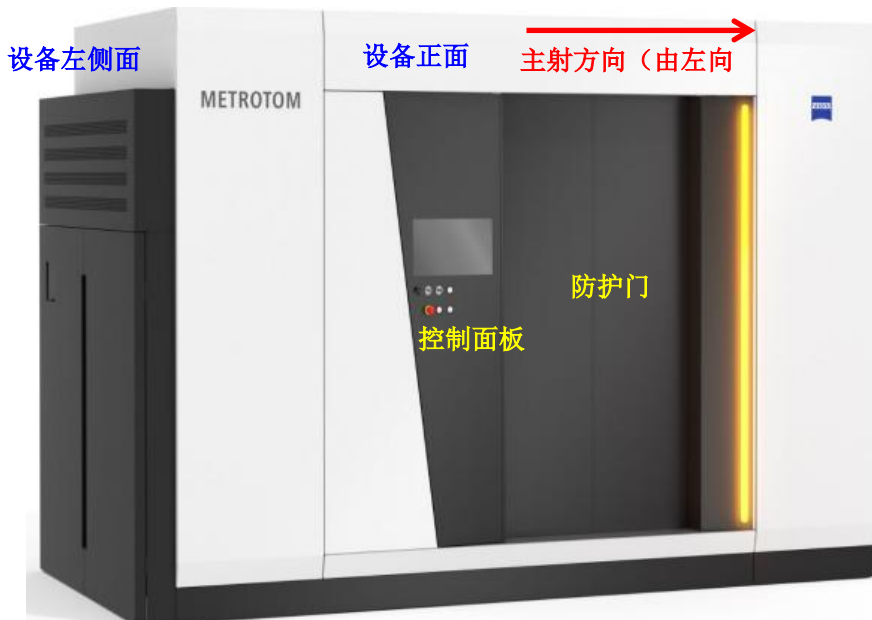
3.建设规模

中汽新能拟在 3#厂房一层理化实验室建设 1 间工业 CT 室，CT 室长×宽=5.43m×4.60m，占地面积约 24.98 平方米，在工业 CT 室内东部拟新增使用 1 台 METROTOM 1500 型工业 CT，用于对公司生产的电池内部结构进行无损检测，检测电池尺寸范围为长 10mm~218mm、宽 30mm~215mm、厚 73mm~100mm。该工业 CT 设备自带防护铅房，防护铅房内部尺寸为：长×宽×高=2670mm×1580mm×2232mm，本项目射线装置明细表详见表 1-2。

表 1-2 本项目射线装置相关参数一览表

名称	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	数量	用途	使用地点	照射方式
工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置（工业 CT）	METROTOM 1500	225	3	1 台	无损检测	3#厂房工业 CT 室	由左向右定向出束

注：控制面板为设备正面，面向控制面板，由左向右定向照射。



4.项目选址及周边环境情况

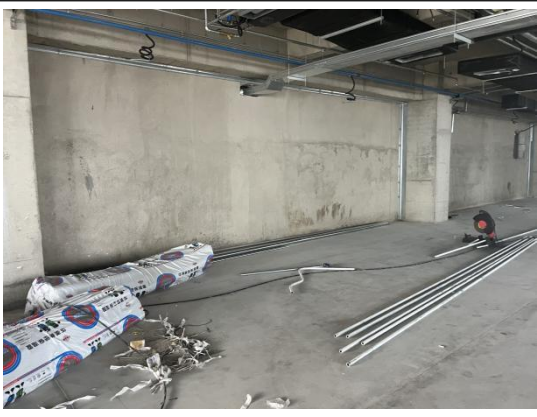
本项目位于天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号，建设单位中心坐标为：E117°4'32.379"，N39°4'39.389"，厂区四至情况：东侧为空地，西侧为新智感知科技产业园，南侧为创新大街，北侧为天津环亚马球运动公园。地理位置图见附图

1，周边环境关系图见附图 2。

本项目所在建筑（3#厂房）为地上二层建筑，局部为三层，无地下建筑。本项目中心坐标为：E117°4'27.474"，N39°4'38.416"，本项目工业 CT 室位于中新能源 3# 厂房一层理化实验室西北侧位置，拟新增使用的工业 CT 位于工业 CT 室内。工业 CT 室东侧为制样室，西侧为厂房通道，南侧为实验室走道，北侧为楼梯间，工业 CT 所在区域上方共 2 层，分别为二层、三层的预留办公用房，无地下建筑。

本项目工业 CT 设备屏蔽边界外 50m 范围内分别为北侧 PACK 试制、PACK 测试、体数服务器室、货梯厅、楼梯间、其他固定工序等；西侧 3#厂房通道、厂区道路、新智感知科技产业园 1 号楼、华苑产业区园区道路等；东侧制样室、电解液实验室、失效分析实验室、热分析实验室、其他固定工序等，南侧实验室走道、结构实验室、电镜实验室、隔膜实验室、粉体实验室、气瓶间、厂区道路、2#中试车间、其他固定工序等；上方预留区域等。经现场勘查，本项目评价范围内无学校、医院、居民区等环境敏感目标。评价范围内涉及其他核技术利用项目，为距离本项目工业 CT 设备 6.5m 处的一台拟建场发射扫描电子显微镜。经分析，本项目工业 CT 设备运行时对周围环境和人员的影响满足相应标准要求，对周围保护目标影响较小。综上所述，项目选址合理可行。

本项目工业 CT 所在位置及其周边情况现状见下图。

	
拟建工业 CT 室及工业 CT 位置	拟建工业 CT 室东侧制样室

	
拟建工业 CT 室西侧	拟建工业 CT 室南侧厂房通道
	
拟建工业 CT 室北侧楼梯间	拟建工业 CT 室上方预留办公用房

图 1-1 拟建工业 CT 位置及其周边情况照片

本项目工业 CT 设备屏蔽边界外 50m 范围内无学校、医院、居民区等环境敏感目标。本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、公众，其中辐射工作人员为本项目控制台 2 名操作人员及评价范围内建设单位拟建场发射扫描电子显微镜 2 名操作人员，公众为建设单位其他固定工位的工作人员、建设单位厂区内途经公众、新智感知科技产业园 1 号楼工作人员、华苑产业区园区内途经公众。

5.劳动定员及工作量

建设单位现有核技术利用项目已配备 4 名辐射工作人员，在建项目 1 台 Regulus8100 型场发射扫描电子显微镜拟配备 2 名辐射工作人员。

本项目拟新增配备 2 名辐射工作人员，仅从事本项目射线装置操作，不从事其他核技术利用项目。工作制度为单班制，每班 8h，周工作 4 天，年工作 50 周，年工作 200 天。

本项目单次检测工件数量为 1 件，日检测工件数量为 2 件，年检测 400 件，单个工件检测出束时间最长为 2h，则本项目工业 CT 日照射时间为 4h，周照射时间为 16h，年照射时间 800h。本项目工业 CT 照射时间见下表。

表 1-3 本项目工业 CT 照射时间表

设备类型	工业 CT
型号	METROTOM 1500
检测工件	电池（抽检）
检测工件尺寸范围	长 10mm~218mm、宽 30mm~215mm、厚 73mm~100mm
单件最大曝光时间（h）	2
日最大检测数量	2 件
周最大检测数量	8 件
日出束时间（h）	4
周累计照射时间（h）	16
年累计照射时间（h）	800
工作人员所受周累计最长照射时间（h）	16
工作人员所受年累计最长照射时间（h）	800

由表 1-3 可知，本项目辐射工作人员，日受照时间为 4h，周受照时间为 16h，年受照时间为 800h。

6.产业政策符合性分析

依据国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于国家规定的淘汰类和限制类项目，符合国家产业政策要求，同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2025 年版）》禁止事项。综上所述，本项目的建设符合国家及地方相关产业政策要求。

7.用地符合性分析

根据本项目厂区不动产权证（津（2025）滨海新区不动产权第 0084935 号，见附件 6），其土地用途为工业用地，本项目工业 CT 用于电池内部结构无损检测，建成后不改变用地性质，评价范围内不涉及学校、医院、居民区等环境保护目标，综上，本项目选址符合规划要求。

8.实践正当性分析

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其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目拟新增使用的工业 CT 对公司生产的电池内部进行无损检测，可以快速、

准确、直观地发现产品的缺陷，如裂纹、气孔、尺寸偏差等，并进行分析，查明缺陷的根本原因，从而提高产品性能，延长使用寿命，可更加严格地把控产品质量，并有效减少因产品缺陷而引起的安全生产事故，具有显著的社会和经济效益。虽然在运营过程中，可能会对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，建设单位按照国家、市相关辐射防护要求正确使用和管理本项目工业 CT 的情况下，根据后文预测分析，本项目建成后，对辐射工作人员及公众的照射剂量均满足相关限值要求。在考虑社会、经济和其他有关因素后，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，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求。

9.原有核技术利用项目许可情况

中汽新能核技术利用项目《新增使用Ⅲ类射线装置和V类放射源项目》已完成环境影响登记表备案（备案号：20261201000700000107），登记表涉及 2 台Ⅲ类射线装置（1 台 X-Ray 检测机、1 台扫描电子显微镜）和 2 枚 Kr-85 放射源（V 类放射源），单枚放射源活度为 $1.85\text{E}+10\text{Bq}$ 。X-Ray 检测机和 V 类放射源已建设完成，并申领取得辐射安全许可证，未投入运行。

（1）辐射安全许可证持证情况

中汽新能现持有辐射安全许可证（证书编号：津环辐证[A0564]，见附件 8），发证日期为 2026 年 7 月 22 日，有效期至 2031 年 7 月 21 日，许可种类和范围：使用 V 类放射源；使用Ⅲ类射线装置。

中汽新能许可使用的射线装置和放射源的具体情况见下表。

表 1-4 已许可使用的Ⅲ类射线装置明细一览表

序号	装置名称	类别	规格型号	活动种类	数量	辐射活动场所名称
1	X-Ray 检测机	Ⅲ类	LX-1Y05-130	使用	1 台	46 大圆柱试制线装配

表 1-5 已许可使用的放射源明细一览表

序号	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	活动种类	辐射活动场所名称
1	Kr-85	V类	$1.85\text{E}+10*2$	使用	试制线涂布烘干

（2）辐射安全与环境保护管理现状

中汽新能已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规的要求，由法人（卢天军）担任辐射安全工作第一责任人，对辐射安全工作负总责，

指定韩艳阳担任辐射防护负责人，具体负责公司的辐射安全与环境保护管理工作。本项目建成后，拟成立辐射安全与环境保护管理小组，小组成员详见表 12-1。

（3）辐射工作人员情况

中汽新能已许可核技术利用项目已配备 4 名辐射工作人员，1 名辐射防护管理人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，并考核合格。

（4）辐射安全管理制度

中汽新能已根据《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》及公司核技术利用项目的开展情况，制定了辐射安全管理制度，主要包括：《辐射安全与环境保护管理机构、负责人及职责》、《X-Ray 检测机设备操作及维保规程》、《涂敷机设备操作及维护规程》、《岗位职责》、《放射性同位素使用登记制度》、《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》、《个人剂量管理制度》、《监测方案》、《台账管理制度》、《辐射事故应急预案》等管理制度。

（5）个人剂量监测情况

中汽新能已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，并指定专人负责辐射工作人员个人剂量计收发、送检、统计的管理工作。由于主体工程《中汽新能电池科技有限公司研发提能项目环境影响报告表》正在履行建设项目环境影响评价手续，尚未完成审批。已许可使用的射线装置和放射源，待主体工程完成环评审批并建设完成后投入运行。因此，现有辐射工作人员暂未开展个人剂量计监测。正式运行后，建设单位拟委托有资质检测单位对个人剂量计每季度开展一次监测，并为辐射工作人员建立个人剂量监测档案。

（6）工作场所监测情况

中汽新能许可使用的射线装置和放射源暂未投入运行，暂未开展辐射工作场所辐射防护性能监测，正式运行后拟按照监测方案对辐射工作场所定期开展辐射防护性能监测。

（7）监测仪器配备情况

中汽新能已配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪。

（8）原有核技术利用项目管理情况

中汽新能电池科技有限公司原有核技术利用项目已履行环保手续并取得辐射安全许可证，暂未投入运行。公司已指定专人担任辐射防护负责人；已制定辐射安全管理相关制度；已配备监测设备；个人剂量计及辐射工作场所拟按照监测方案定期开展监测。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

(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	II类	1	METROTOM 1500	225	3	无损检测	工业 CT 室	新增

(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 (μ A)	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
O ₃	气态	/	/	少量	少量	少量	/	经排风系统引至室外排入 大气环境
NO _x	气态	/	/	少量	少量	少量	/	

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/kg，气态为 mg/m³；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/ m³）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 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行）； (2) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号，2005 年 9 月 14 日发布，2005 年 12 月 1 日施行；国务院令第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日修订并施行）； (3) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第 31 号，2006 年 3 月 1 日施行；2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修改并施行）； (4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（中华人民共和国国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）； (5) 《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》（原国家环境保护总局令，环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日发布）； (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行）； (7) 关于发布《射线装置分类》的公告，（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日印发）； (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，2021 年 1 月 1 日起施行）； (9) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日实施）； (10) 《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）； (11) 《天津市生态环境保护条例》（天津市第十七届人民代表大会第二次会议通过，自 2019 年 3 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》（GB 18871-2002）； (2) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及第 1 号修改单； (3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； (4) 《无损检测仪器 500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2025）； (5) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； (6) 《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）； (7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (8) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (9) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。
其他	(1) 生态环境部核与辐射安全管理体系（第三层级）《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024），2020； (2) 李德平、潘自强《辐射防护手册》[M].北京：原子能出版社，1991； (3) 《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护，第 13 卷第 3 期（唐绪兴、梁维华、田金池）； (4) 《2025 年天津市生态环境状况公报》，天津市生态环境局； (5) 国际放射防护委员会第 33 号出版物.《ICRP Publication33》（医用外照射源的附属防护），1982； (6) 中汽新能电池科技有限公司技术咨询合同及其提供的相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

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）“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）”。结合本项目工程特征及射线装置周围的具体情况，确定以本项目工业 CT 设备屏蔽体边界外 50m 范围内的区域为评价范围。

保护目标

本项目工业 CT 位于中汽新能 3#厂房一层理化实验室工业 CT 室内。评价范围内无学校、医院、居民区等环境敏感目标，评价范围内分别为：北侧 PACK 试制、PACK 测试、体数服务器室、货梯厅、楼梯间、其他固定工序等；西侧 3#厂房通道、厂区道路、新智感知科技产业园 1 号楼、华苑产业区园区道路等；东侧制样室、电解液实验室、失效分析实验室、热分析实验室、其他固定工序等，南侧厂房通道、结构实验室、电镜实验室、隔膜实验室、粉体实验室、气瓶间、厂区道路、2#中试车间、其他固定工序等；上方预留区域等，涉及人员为辐射工作人员和公众，评价范围内辐射工作人员为本项目控制台操作人员及评价范围内建设单位拟建场发射扫描电子显微镜操作人员，公众为建设单位其他固定工序工作人员、新智感知科技产业园 1 号楼工作人员、途经公众。环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

序号	环境保护目标	方位	距离 (m)	人数 (人)	性质
1	控制台操作人员	西	紧邻	2	辐射工作人员
2	制样室	东	1m	2	公众
3	电解液实验室	东	12	2	公众
4	失效分析实验室	东	23.5	1	公众
5	热分析实验室	东	35.7	1	公众
6	楼梯间	北	0.8	1	公众
7	体数服务器室	东北	2	2	公众
8	Pack 测试	北	9.6	9	公众
9	Pack 试制	北	27.5	10	公众
10	实验室走道	南	1.2	4	公众
11	气瓶间	南	5.2	/	/

12	结构实验室	南	3.8	5	公众
13	电镜实验室	东南	6.5	8	场发射扫描电子显微镜辐射工作人员 2 人，其他工作人员 6 名
14	隔膜实验室	东南	11.9	1	公众
15	粉体实验室	东南	16.8	2	公众
16	货梯厅	北	45.3	1	公众
17	配电房	东北	45.7	1	公众
18	楼上设备用房、其他固定工序办公区等	楼上	3.8m	约 50	公众
19	新智感知科技产业园 1 号楼	西侧	40m	约 50	公众
20	评价范围内其他工序工作人员	评价范围内	50m 范围内	约 20 人	公众
21	途经公众	评价范围内	50m 范围内	流动人群	公众

注：距离为射线装置屏蔽体外至保护目标最近直线距离。

评价标准

1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的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（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv；

2. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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 7-2 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/T 26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150-200	<2.5
>200	<5

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。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/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 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

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

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

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 应在门(包括人员进出门和探伤工件进出门)关闭后才能进行探伤作业。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- 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。

3. 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均需考虑有用线束屏蔽，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° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

4. 剂量约束值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续5年内平均年有效剂量不超过 20mSv ，关键组公众成员的年有效剂量限值为 1mSv 。根据辐射防护最优化原则并结合本项目特点，为确保辐射工作人员和公众成员的安全，本项目将 $2\text{mSv}/\text{a}$ 作为辐射工作人员的年剂量约束值，将 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 作为公众成员的年剂量约束值。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状 1.项目地理和场所位置 中汽新能电池科技有限公司注册地址和办公地址均为天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号，属于滨海高新区华苑产业区（环外）。滨海高新区华苑产业区（环外）地处京、津发展轴，距首都北京 100 公里，距天津滨海国际机场 18 公里，距天津港 50 公里，紧靠京沪、津保、京塘高速公路，毗邻京沪高速铁路，城市地铁三号线将穿行于其间。华苑科技园周边有南开大学、天津大学等 13 所高等院校，与全国示范小康住宅区—华苑居住区和天津市第一中心医院相连，临近天津水上公园，区位优势明显。华苑科技园是天津高新区的核心区，是市区内唯一成片开发的区域，规划面积 11.58 平方公里，其中华苑科技园（环内）2 平方公里、华苑科技园（环外）9.58 平方公里。 本项目厂区位于天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号，建设单位中心坐标为：E117°4′32.379″，N39°4′39.389″，厂区四至情况：东侧为空地，西侧为新智感知科技产业园，南侧为创新大街，北侧为天津环亚马球运动公园。地 本项目所在建筑（3#厂房）为地上二层建筑，局部为三层，无地下建筑空间。本项目拟新增使用的工业 CT 位于 3#厂房一层理化实验室工业 CT 室内，本项目中心坐标为：E117°4′27.474″，N39°4′38.416″。工业 CT 室东侧为制样室，西侧为厂房通道，南侧为实验室走道，北侧为楼梯间，工业 CT 所在区域上方共 2 层，分别为二层、三层的预留办公用房，无地下建筑。 项目地理位置图见附图 1，周边环境关系图见附图 2。 2.自然环境简况 （1）地质地貌 华苑产业区所在地区地势低平，属海河冲积平原，地貌类型单一。地势西北高东南低，海拔最高处为 5m 左右，一般为 2m 左右。根据微地貌起伏，分为岗地和洼地两种地貌类型。岗地地势在海拔 2m 以上，呈马蹄形展布，洼地中心地势在海拔 1.5m 左右，被岗地分割成三块，即东淀洼，工农联盟农场及王稳庄，其中东淀洼为高位洼地，海拔 3m 左右，是本区的滞洪区。 （2）气候气象

该地区属暖温带大陆性季风气候，四季分明，春季短而少雨干燥，蒸发量大。夏季高温多雨，盛行南风，秋季短，冷暖适中，盛行西南风，冬季受蒙古-西伯利亚高压控制，盛行西北风，寒冷，常年主导风向为西南风，平均风速 3.4m/s。平均气温 11.7℃，年均温差 30.7℃，极端最高气温 40.3℃，极端最低气温-20.3℃；大于 0℃的年积温为 4644℃，大于 15℃的年积温为 4139℃，无霜期 206 天。全年平均降水量为 584.8mm，主要集中于夏季，约占全年降水量的 76%，最大日降水量为 240.3mm；年蒸发量为 1469.1mm，是降水量的 2.4 倍，蒸发势以 5 月最大，为 184.6mm，12 月最小，为 28.5mm。年平均干燥度为 1.9。年日照时数为 2898.8h，平均日照百分率为 64.7%，年太阳能辐射量 128.8kcal/cm²。

（3）水文特征

本项目建设地区地处渤海湾西侧，属冲积—海积平原。地面标高东高西低，按大沽高程系，海拔在 1.2~3.8m，土壤含盐量大，不宜农作物生长。该地区地处新华夏构造体系第二沉降带华北沉降区北部，黄骅拗陷的北端，沧县隆起的东侧。海河断裂与沧东断裂在本区交汇，次级构造错综复杂，其上有深厚的松散沉积物覆盖层。

由于新构造运动，河道变迁、海浸、海退，造成滨海一带复杂的地层结构。本区第四系沉积为一套以陆相为主的海陆交互沉积。岩性以亚粘土为主，伴有粉细砂、砂土和粘土。按沉积岩相可分为海相、滨海三角洲相和陆相。本区土壤是在上述第四系沉积物上发育而成，名为“滨海盐化浅草甸土”，颗粒黏重密实，土粒充分分散，高潮可达地区常有海贝壳遗体堆积。

（4）土壤和植被

本项目所在地区土壤的成土母质为河流沉积物与海相沉积物交错组成，颗粒很细，质地黏重，地下水的盐分可沿毛细管上升至地表，加之海水的侵袭，大大增加了土壤的含盐量（大都大于 1%）。土壤母质碳酸盐含量为 5~6%，pH 在 8.21~9.25 之间，土质黏重、板结，透气性差，不适宜植物生长。该地区植被以绿化植被为主，没有珍稀植物。

3.社会环境简况

天津滨海高新区华苑产业区是全国第一家“国家知识产权试点园区”，每年企业专利申请量均占天津市企业专利申请量的 60%以上，以企业为主体、产学

研结合的研发体系建设已具规模，现有国家级企业技术中心 6 个，市级企业技术中心 55 个，科技投入占 GDP 比例达到 8%，企业承担的国家科技型中小企业创新基金占天津市的 50%，国家级重点新产品占天津市的 42%，国家级火炬计划项目占天津市的 37%，市级重大高新技术产业化项目占天津市 50%。

天津滨海高新区华苑产业区（环内）周边拥有各类科研院所 96 个；华苑产业区（环外）与园林生态型的天津市第三高教区相邻，天津城建大学、农学院、国际女子学院和宝德学院已落成，天津师范大学、天津理工大学的新校区也已建成并投入使用。通过资产关系、研发合作、引进专家、人才培养等多种方式，与中科院、军科院和清华、天大、南大等重点高校关系紧密的高水平研发机构有 16 个。

4.辐射环境现状调查

根据《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》，天津市原野 γ 辐射剂量率范围为 36.0nGy/h~99.7nGy/h，天津市室内 γ 辐射剂量率范围为 48.0~140.4nGy/h。根据《2025 年天津市生态环境状况公报》，2025 年，天津市辐射环境质量总体良好。各大气辐射环境自动监测站的实时连续空气吸收剂量率年均值范围为 58.9~73.3nGy/h，与 1989 年天津市环境天然辐射剂量调查结果 36.0~99.7nGy/h 处于同一水平。

为了解本项目辐射工作场所辐射环境现状，本次评价委托天津星通浩海科技有限公司于 2026 年 5 月 15 日对本项目辐射工作场所及周边区域的辐射环境现状进行了监测。

（1）监测项目

环境 γ 辐射剂量率。

（2）监测布点

辐射工作场所及周边。考虑距离衰减作用，根据现场条件，选择工业 CT 建设位置处及周边距离最近处布设监测点位，具体监测点位示意图见图 8-1。

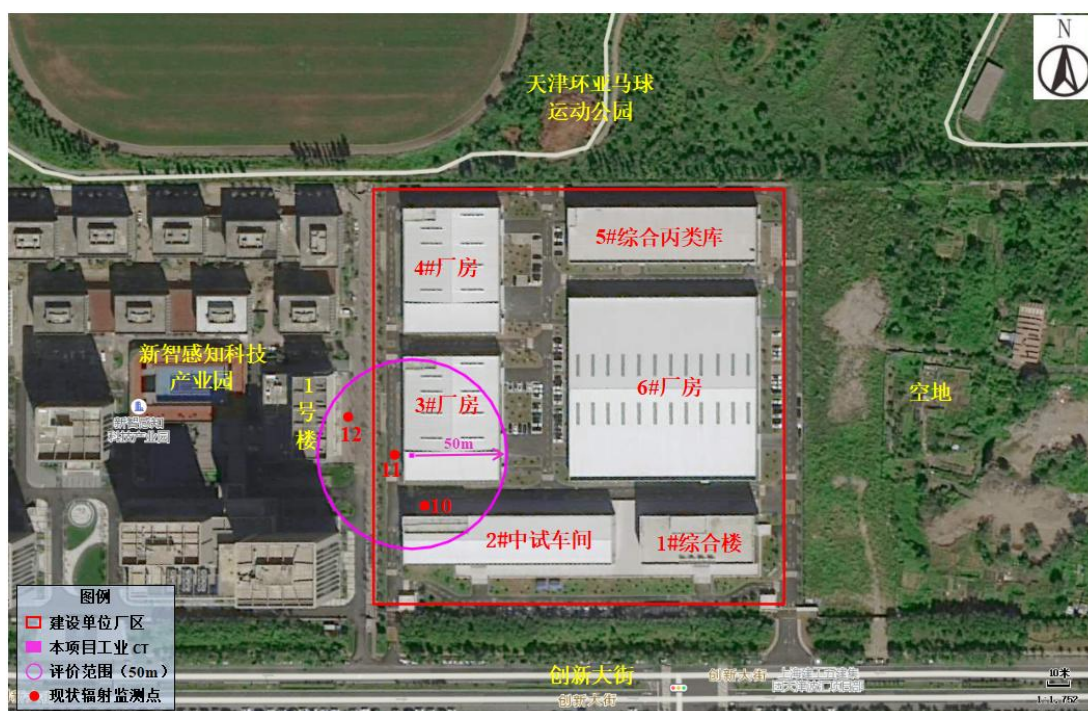
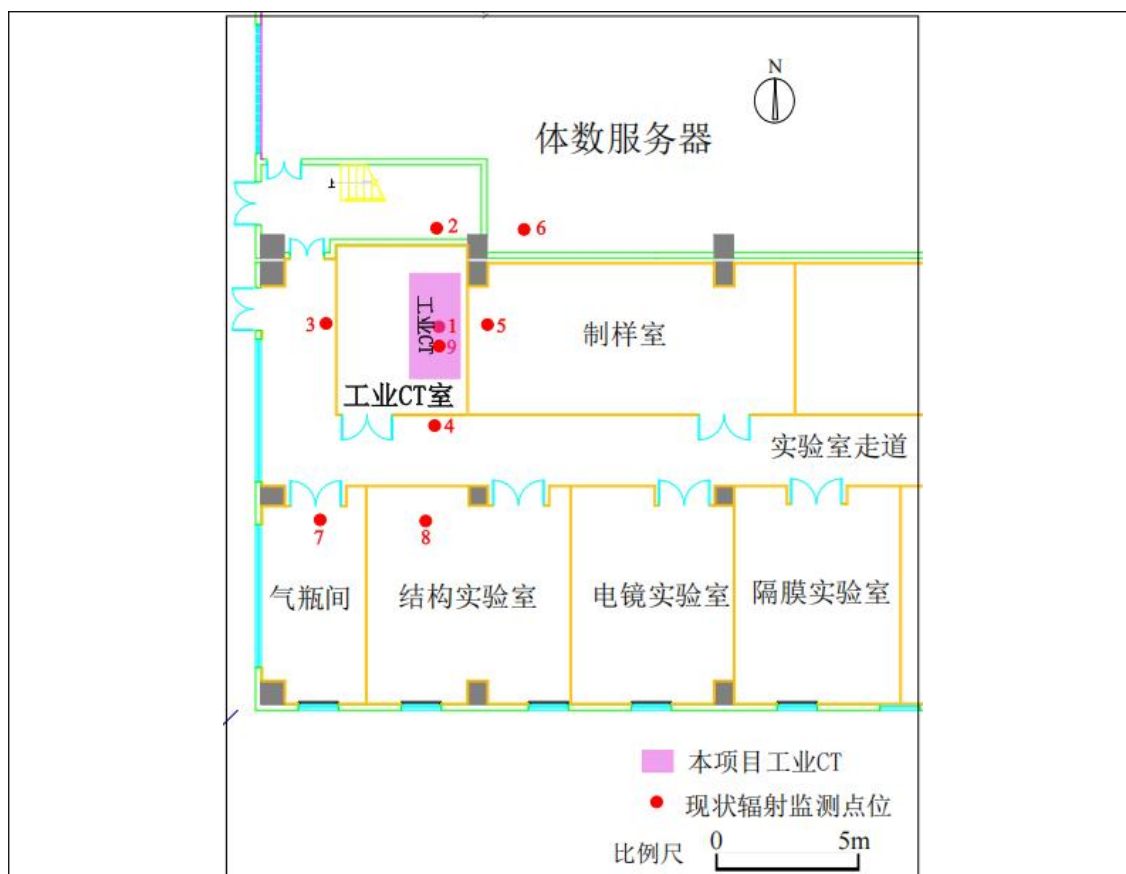


图8-1 本项目现状监测点位示意图

(3) 监测设备及方法

①监测设备

表 8-1 本项目辐射环境本底监测所使用设备

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪、探头
仪器型号	BG9512P、BG7030
检定单位	中国计量科学研究院
检定有效期	2025 年 10 月 17 日~2026 年 10 月 16 日
检定证书编号	DLjl2025-13225

②监测方法

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。

（4）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，同时满足标准要求。

②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

③检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

⑥检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。

（5）监测结果及分析

具体监测结果见表8-2。

表8-2 辐射环境现状监测结果

点位编号	位置描述	检测结果（nGy/h）
1	拟建工业 CT 位置	82
2	工业 CT 室北侧楼梯间	119
3	工业 CT 室西侧厂房内空地	80
4	工业 CT 室南侧实验室走道	73
5	工业 CT 室东侧制样室	77
6	工业 CT 室北侧体数服务器	85
7	工业 CT 室南侧气瓶间	71
8	工业 CT 室南侧结构实验室	70
9	工业 CT 室上方预留办公用房	69
10	厂区道路	59
11	厂区道路	57
12	新智感知科技产业园 1 号楼	64

注：检测结果未扣除宇宙射线响应值。

由监测结果可知，本项目拟建辐射工作场所区域环境地表 γ 辐射剂量率在 64~119nGy/h 之间，处于天津市室内 γ 辐射剂量率 48.0~140.4nGy/h 范围内，室外地表 γ 辐射剂量率为 57~59nGy/h 之间，处于天津市原野 γ 辐射剂量率 36.0nGy/h~99.7nGy/h 范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1.设备组成

工业 CT 是工业用计算机断层成像技术的简称。它能在对检测物体无损伤条件下，以二维断层图像或三维立体图像的形式，清晰、直观地展示被检测物体内部的结构、组成、材质及缺损状况。工业 CT 检测技术适用于材料工程、地质勘探、传感电气、测量等产业领域，是工业材料、地质结构分析以及机械产品质量检测的重要手段。。

本项目工业 CT 三个主要组成部分：数据采集系统，计算机及图像重建系统，图像显示、记录和存储系统，主要设备组成见下表。

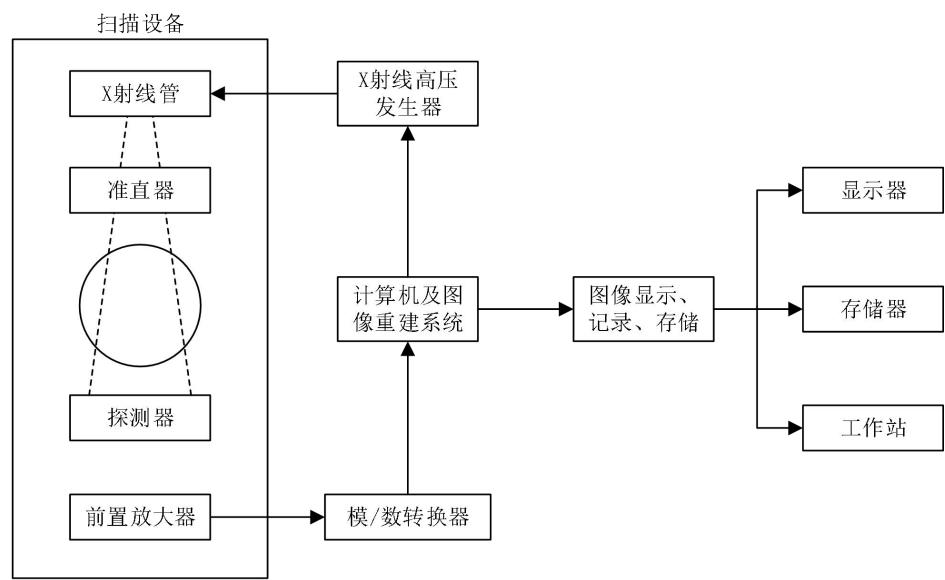


图 9-1 工业 CT 系统组成图

本项目工业 CT 的 X 射线管、载物台、平板探测器等结构部件均封闭在设备自屏蔽箱体内部，防护门和 X 射线管进行联锁，只有防护门关闭完好后才能产生射线，控制系统设置在箱体外侧。

本项目工业 CT 设备外观示意图及内部结构示意图见下图。

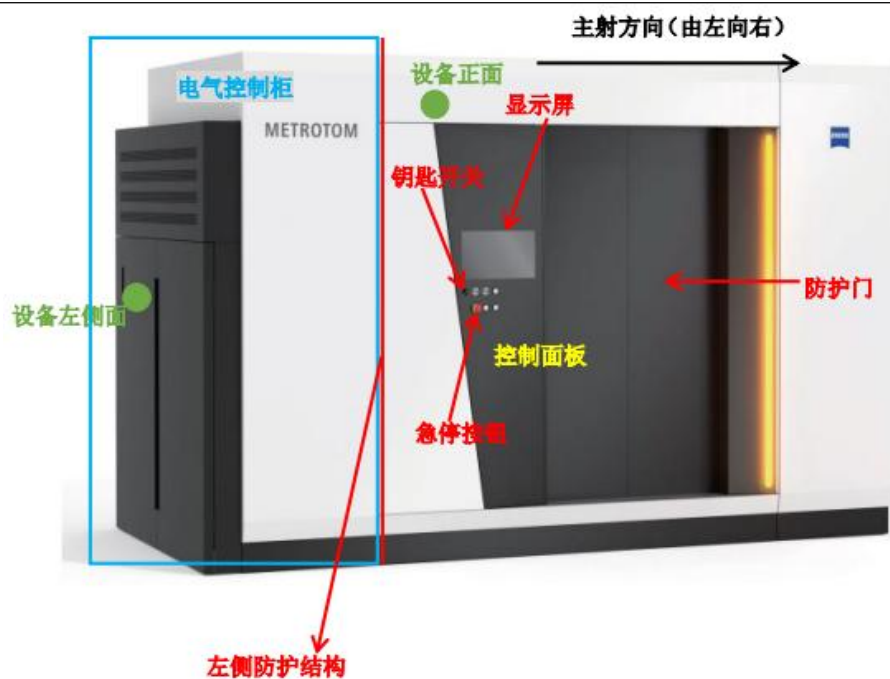


图 9-1 本项目工业 CT 设备外观示意图

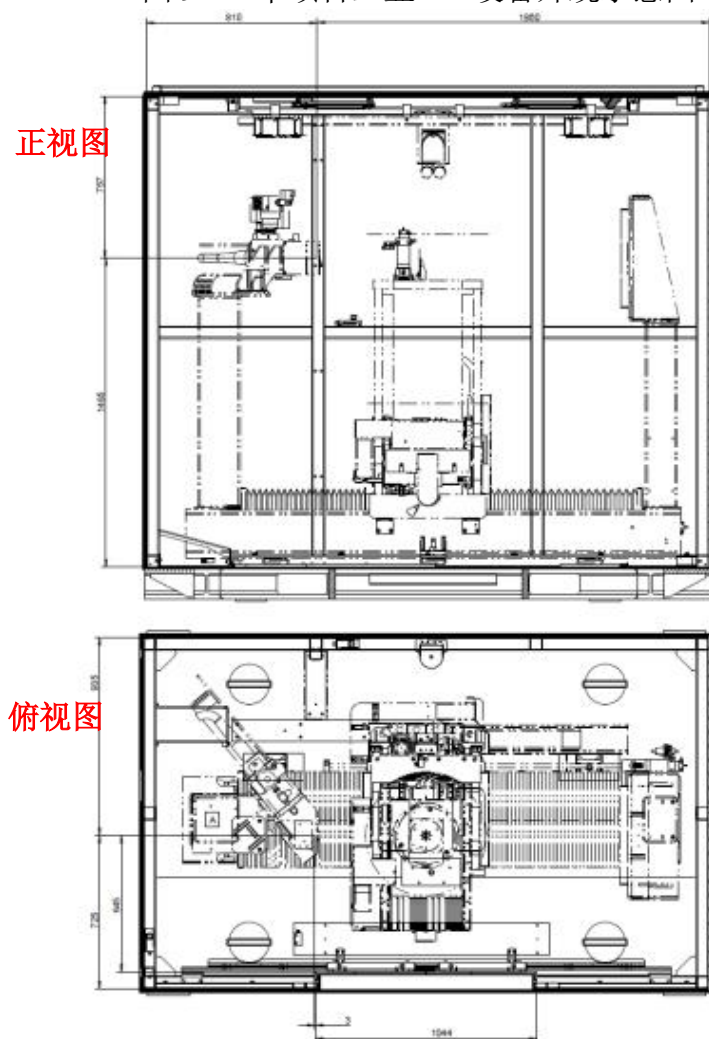


图 9-2 本项目工业 CT 设备内部结构示意图

本项目工业 CT 主要性能参数见下表。

表9-2 本项目工业CT主要性能参数

项目	参数
设备使用场所	3#厂房理化实验室工业 CT 室
设备型号	METROTOM 1500
最大管电压 (kV)	225
最大管电流 (mA)	3
主射方向	由左向右定向出束
辐射角度	30°
距靶点 1m 处射线管的泄漏辐射剂量率	<5mSv/h
过滤板材质及厚度	2mmSn

2.工作原理

(1) X 射线产生原理

X 射线装置是利用 X 射线能够穿透金属材料，且材料对射线的吸收和散射作用不同，使检测器感光不同，于是在底片或屏幕上形成黑度不同的影像，据此来判断材料内部缺陷情况的一种检验方法。当强度均匀的 X 射线束透照物体时，如果物体局部存在缺陷或结构存在差异，它将改变物体对射线的衰减，使得不同部位透射射线强度不同，这样，采用一定的检测器检测透射射线强度，就可以判断物体内部的结构特征等。

X 射线装置主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。可以通过所加电压，电流来调节 X 射线的强度。典型的 X 射线管结构图见下图。

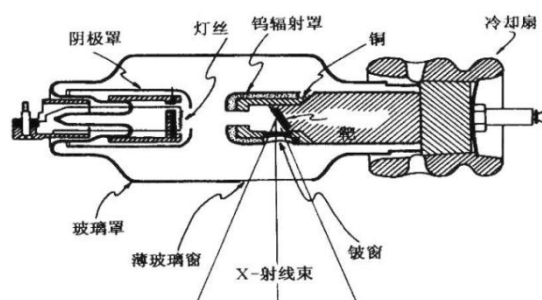


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

本项目工业 CT 设备成像原理见下图。

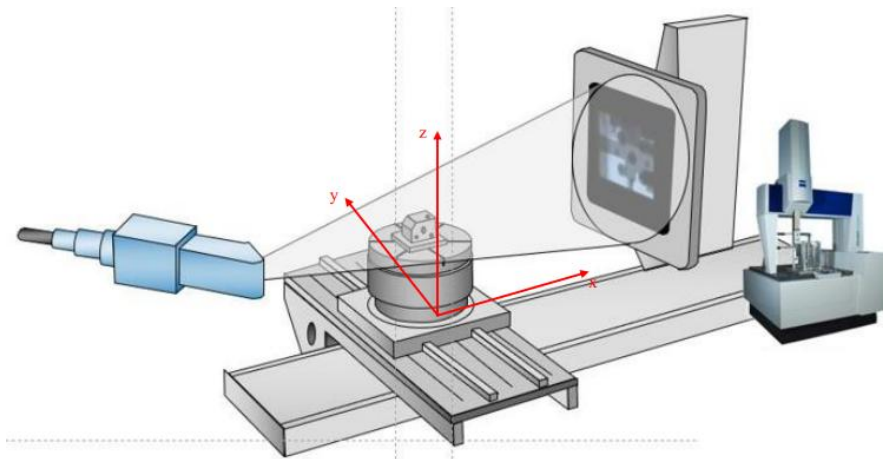


图 9-4 本项目工业 CT 工作原理图

3.工艺流程

本项目工业 CT 设备南北向摆放（设备正面朝西），工件进、出防护门位于设备正面（朝西）。

本项目检测工艺流程如下：

（1）启动前的检查：启动设备前辐射工作人员应对设备进行认真检查，确定设备完好，各部件无缺失，无损坏，载物台上没有样品。

（2）开启设备电源：根据操作要求按下设备电源开关，打开设备电源。

（3）设置检测条件：辐射工作人员打开防护门，将待检工件固定在载物台上，根据待检工件尺寸、所需的分辨率，设置电压、电流等参数。

（4）开始检测：确定一切正常后，按下开机按钮，开始 X 射线检测。利用 X 射线束对电池内部结构进行扫描，由平板检出器（探测器）接收透过该层面的 X 射线，转变为可见光后，由光电转换为电信号，再经模拟/数字转换器，输入计算机显示图像。检测时 X 射线装置机头位置不变，根据检查需求工件跟随载物台上下、左右、前后进行移动，平板检出器在一定范围内倾斜或旋转移动。

（5）检测完毕：分析完毕，取出已检工件。

（6）继续进行下一次产品检测工作，重复上述步骤。

工件进出过程，辐射工作人员不进入设备内部。只有防护门关闭后，设备才能开启曝光出束。曝光出束过程中会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物。

本项目工艺流程图见下图。

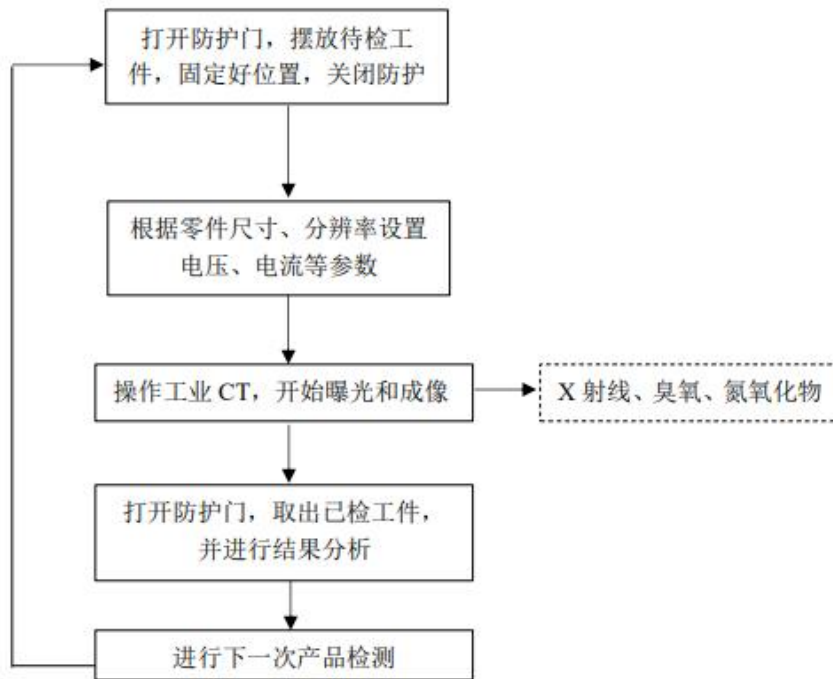


图 9-5 本项目工艺流程及产污环节示意图

污染源项描述

1.污染源分析

根据本项目工业 CT 工作原理可知，X 射线随机器的开、关而产生和消失，只有在开机状态下启动 X 射线管才会产生 X 射线。本项目工业 CT 使用电子成像，不使用显影、定影液冲洗胶片等，无固体废物产生。设备运行过程中的 X 射线会电离空气产生少量 O_3 和 NO_x 。

2.正常工况污染途径

(1) X射线

本项目工业 CT 在加电工作时产生 X 射线。正常工况下的污染途径包括，设备发射的初级 X 射线（有用线束）、初级 X 射线照射在被照工件上产生的散射射线以及设备的漏射辐射，穿过设备屏蔽结构可能对辐射工作人员及周围公众产生外照射危害。

(2) O_3 和 NO_x

工业 CT 在照射过程中，除对周边环境产生辐射影响外，还会使空气发生电离继而产生少量 O_3 和 NO_x 废气。本项目工业 CT 正常情况下人员不进入铅房内部，

工业 CT 铅房顶部设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。出束时产生的 O_3 和 NO_x 通过设备排风系统及防护门的开闭先排放至工业 CT 室内，再由工业 CT 室排风系统排放至大气中。

3.事故工况污染途径

本项目工业 CT 具有自屏蔽防护外壳，设备的检修维护全部委托设备供应商，检修设备内部时，检修人员可能进入铅房内部。

本项目使用射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种：

（1）门-机联锁失效的情况下，工业 CT 在对工件进行无损检测时，防护门未完全关闭，致使 X 射线泄漏到屏蔽体外，给辐射工作人员造成不必要照射。

（2）设备屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，工业 CT 出束对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

（3）设备检修时，设备射线电源关闭，设备意外出束，对检修人员、周围工作人员及公众造成超剂量照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施 1.工作场所布局与分区 1.1 工作场所布局 中汽新能拟在 3#厂房一层理化实验室西北侧新建 1 间工业 CT 室，本项目工业 CT 室长×宽=5.43m×4.60m，占地面积约 24.98 平方米，在工业 CT 室东部拟新增使用 1 台 METROTOM 1500 型工业 CT，工业 CT 设备尺寸为：长×宽×高=3.7m×1.81m×2.44m，工业 CT 屏蔽体距离工业 CT 室四侧墙体的距离为：距离北侧墙体 0.5m，距离南侧墙体 1.23m，距离西侧墙体 1.99m，距离东侧墙体 0.8m。用于对公司生产的电池内部结构进行无损检测。本项目射线装置自带屏蔽防护铅房，屏蔽防护铅房内部尺寸为：长×宽×高=2.67m×1.58m×2.232m。工业 CT 室东侧为制样室，西侧为厂房通道，南侧为实验室走道，北侧为楼梯间，工业 CT 所在区域为上方共 2 层，分别为二层、三层的预留办公用房，无地下建筑。 本项目工业 CT 在工业 CT 室内南北向摆放，设备正面向西，工业 CT 控制面板、工件进出防护门位于设备正面，控制台位于设备屏蔽外西侧（设备正面），线缆孔位于设备左后方，出束方向为由左向右（即由北向南）定向出束，有用线束的照射方向避开了操作位（控制面板和控制台）、防护门、管线口，工作场所设备的安装位置充分考虑了周围的辐射安全，布局基本合理。本项目工业 CT 室及其周边平面布局见图 10-1。 图 10-1 本项目工业 CT 室及其周边平面布局
--

1.2 工作场所分区

为加强放射性工作场所的管理，避免人员误闯或误照，便于职业照射控制，应对项目场所进行分区管理，划定控制区和监督区。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中控制区和监督区定义如下：控制区为在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和措施；监督区为未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。结合定义与现场实际，本项目工作场所的控制区和监督区划分见表 10-1、图 10-2。

表 10-1 本项目场所控制区和监督区的划分

分区	控制区	监督区
工作场所	射线装置屏蔽体内区域	工业 CT 屏蔽体以外的工业 CT 室内的区域
管理要求	控制区内禁止无关人员进入；检修维护人员在进行检修工作时应取下操作台开关键匙，确保设备关机，以减少不必要的照射；控制区的进出口及其他适当位置设置醒目的电离辐射警告标志。	通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要定期检测其辐射剂量率，确保满足相关标准限值。采用适当的手段划出监督区的边界；在监督区入口处的适当地点设置“当心电离辐射”警告标志；在工业 CT 室设置门禁系统，无关人员不得进入监督区。

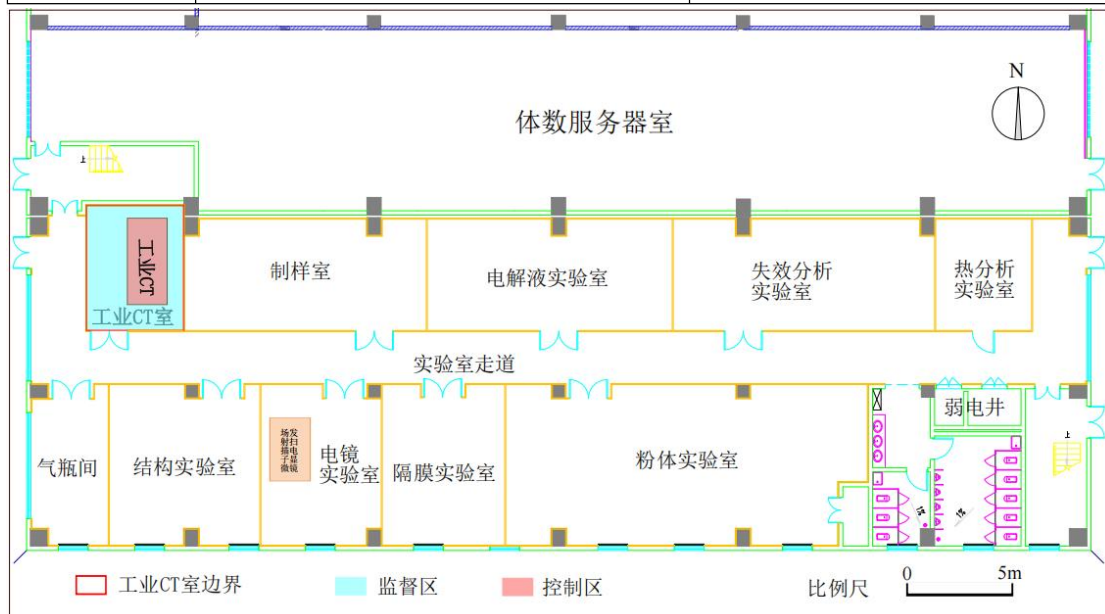


图 10-2 本项目工作场所分区示意图

2. 辐射防护屏蔽措施

本项目工业 CT 设备尺寸为：长×宽×高=3.7m×1.81m×2.44m，工业 CT 自带

防护铅房，防护铅房内部尺寸为：长×宽×高=2.67m×1.58m×2.232m，其各侧屏蔽体均采用铅钢结构进行屏蔽，设备走线孔及排风孔均采用铅钢结构进行屏蔽。

本项目工业 CT 设计屏蔽参数一览表见表 10-2，屏蔽结构示意图见图 10-3。

表 10-2 本项目射线装置设计屏蔽参数一览表

屏蔽位置	项目	设计情况
防护外壳	正面、左面、背面、顶部	5mm 铅+3mm 钢板
	右侧（有用线束方向）	12mm 铅+3mm 钢板
	底部	3mm 钢板+5mm 铅+3mm 钢板
	防护门（正面）	双扇电动平开门 屏蔽参数为 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板 门洞尺寸：1000mm×1860mm（宽×高） 防护门尺寸：1070mm×2000mm（宽×高） 屏蔽体与门之间的间隙为 1mm，上下搭接量约为 35mm，左右搭接量约为 70mm，安装后确保搭接宽度大于门缝 10 倍
X 射线管周围防护结构	舱内 X 射线管外壳体	5mm 铅+2mm 钢板
排风口	排风孔防护罩	5mm 铅+3mm 钢板
线缆孔四周	舱内左后方走线孔防护罩	5mm 铅板+3mm 钢板





图 10-3 本项目工业 CT 屏蔽结构示意图

X 射线管周围采用铅钢防护结构（如下图），其防护材质及厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板。

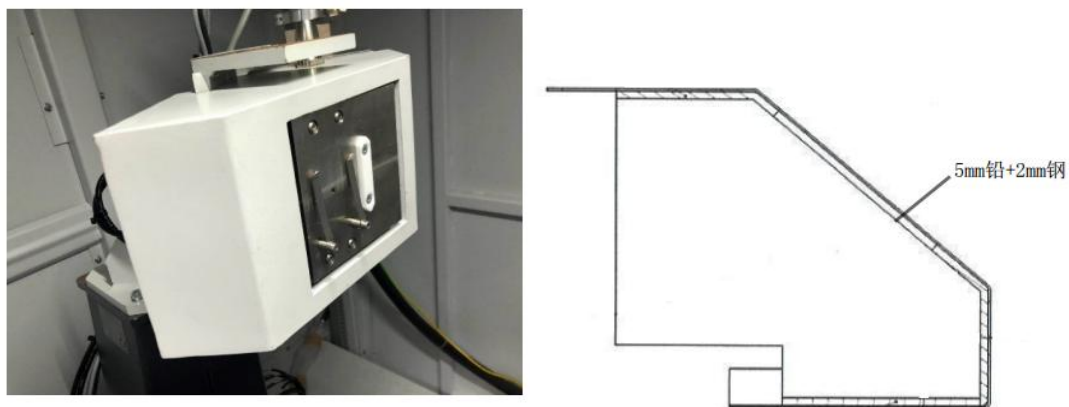


图 10-4 X 射线管周围壳体防护示意图

机器线缆穿孔位置位于舱内左后方，线缆四周均覆以防护板，其防护材质为 5mm 铅板+3mm 钢板。

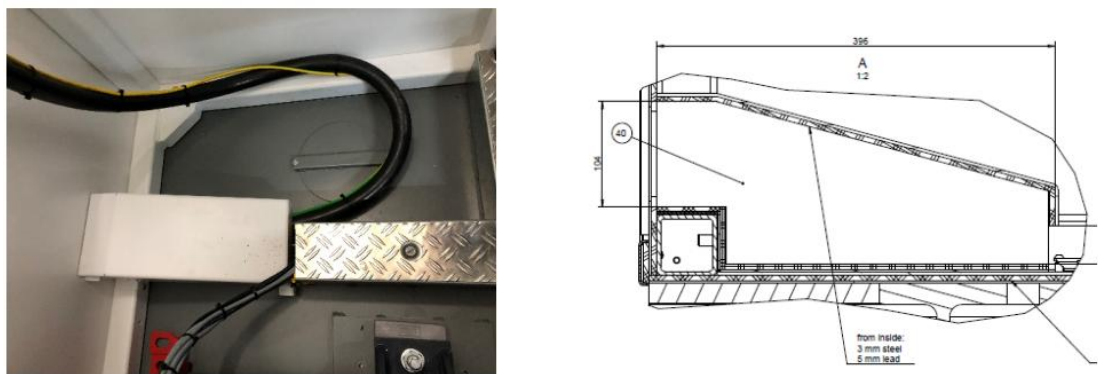


图 10-5 机器线缆周围屏蔽结构示意图

3.辐射安全和防护措施

3.1 设备技术防护措施

(1) 本项目工业 CT 控制面板设置有钥匙开关，当辐射工作人员通过钥匙开关开启设备后，其他操作才能正常开展；钥匙只有在设备停机状态时才能拔出。操作结束后，辐射工作人员将主控钥匙交辐射安全管理人员妥善保管，并做好安全记录。

(2) 本项目工业 CT 安装与设备防护门联锁的门-机联锁装置，防护门未关闭时不能接通 X 射线管管电压，若防护门突然开启则会立即切断已接通的 X 射线管管电压。

(3) 本项目工业 CT 在设备内部设置 2 个紧急停机按钮，设备左侧面（北侧）、背面（东侧）壳体内部各 1 个、控制面板设置 1 个紧急停机按钮，控制台操作程序设有急停系统。紧急停机按钮的设置可确保出现紧急事故时，能立即停止照射。由于工业 CT 内部空间较小，且紧急停机按钮位于主射线束两侧壳体，因此人员在工业 CT 内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，标明使用方法。

(4) 本项目辐射工作人员工作时不进入设备内部，检修人员检修时可能进入设备内部，在设备内部可以手动打开防护门。

(5) 本项目工业 CT 顶部设有机械通风装置，排风量约为 1800m³/h，屏蔽体内每小时有效通风换气次数不小于 3 次，出束时产生的 O₃ 和 NO_x 气体通过机械通风装置及设备防护门的开闭进行排风，先排放至工业 CT 室内，再通过 CT 室的送排风系统排出至室外大气，工业 CT 室送、排风口位于房间顶部。本项目排风口拟避开人员活动密集区域。



图 10-6 本项目工业 CT 排风口示意图

(6) 本项目工业 CT 设有“预备”和“照射”状态的工作状态指示灯和声音提示装置，并与设备联锁，工作时警示灯开启，警告无关人员勿靠近运行的射线装置。“预备”和“照射”信号应有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显的区别。

(7) 本项目工业 CT 拟配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，探头设置于设备内部，主机设置于设备西侧（设备正面）控制台。报警阈值设置为 $2.5\mu\text{Svh}$ ，当探测到的辐射水平高于仪器设定的阈值时，报警信号自动启动并持续。

门-机联锁装置逻辑关系图如下图所示。

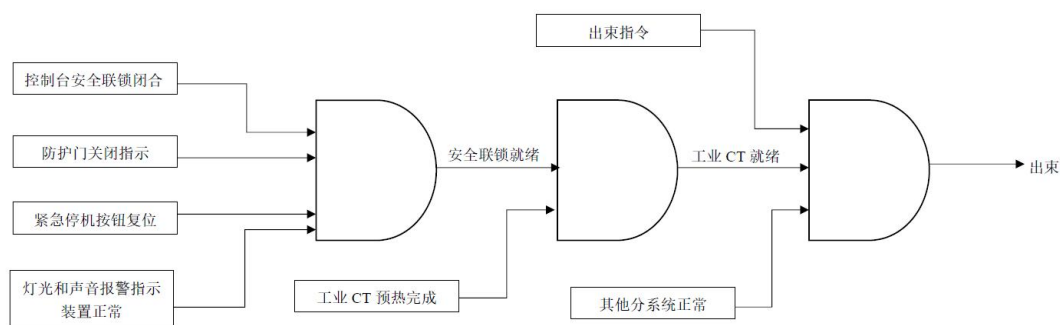


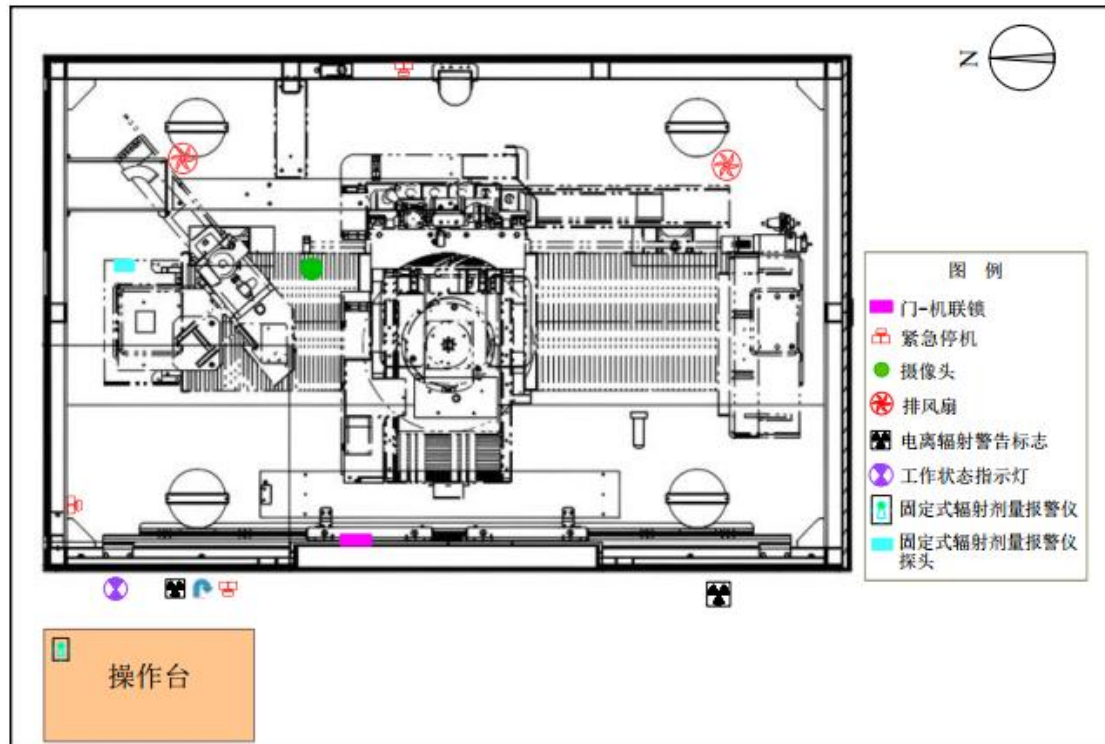
图 10-7 门-机联锁逻辑关系图

(8) 本项目工业 CT 室拟设置门禁系统和视频监控，可以监控 CT 室内情况，并防止非辐射工作人员进入。工业 CT 设备内设有监控，在控制台屏幕显示监控视频，工作人员通过监控确认工业 CT 装置内无人员滞留后，再进行后续操

作。

(9) 本项目工业 CT 室门口和工业 CT 防护门拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明，避免无关人员靠近或进入。

本项目辐射安全防护措施示意图见下图。



俯视图

图 10-8 辐射安全防护措施示意图

本项目辐射安全联锁装置逻辑关系图如下。

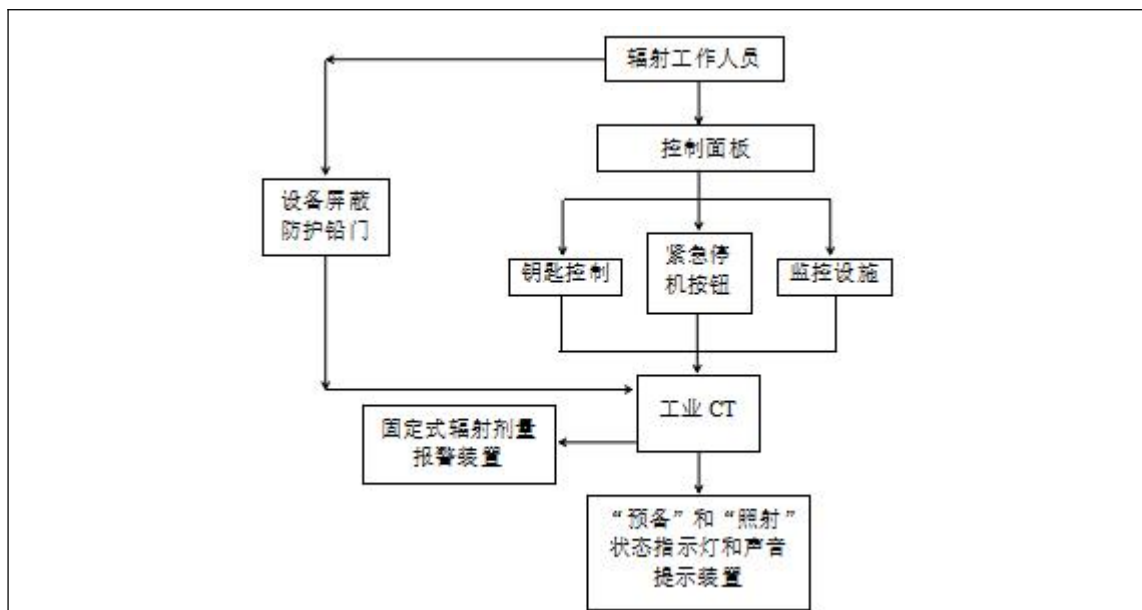


图 10-9 辐射安全联锁装置逻辑关系图

3.2 设备定期检查和维护

（1）建设单位在每次开展作业前对设备进行日检并定期进行检查，包括但不限于以下部位：设备外观是否存在可见的损坏；电缆是否有断裂、扭曲及破损；制冷系统、安全联锁系统是否可以正常工作；报警装置、警示灯是否可以正常运行；螺栓等连接部件是否良好；安装的固定辐射检测仪是否正常等。

（2）建设单位应对设备的维修和保养负责，每年至少维护一次。设备维护由设备制造商进行，设备出现故障或损坏时，应保证所更换的零部件均为合格产品，并建立设备维修记录。

3.3 防护安全措施

（1）本项目工业 CT 为一体化自屏蔽设备，有用线束方向为由左向右（即由北向南），控制面板位于设备正面，控制台位于设备正面屏蔽壳外（西侧），有用线束的照射方向避开了操作位（控制面板和控制台）。

（2）建设单位对辐射工作场所实行分区管理，将工业 CT 屏蔽体围成的内部区域划为控制区，与屏蔽体外部相邻的工业 CT 室其他区域划为监督区，并加强管理，非辐射工作人员不得进入监督区。工业 CT 防护门和工业 CT 室门口设有电离辐射警告标志和中文警示说明，避免无关人员靠近或进入。

3.4 操作的放射防护措施

（1）在使用工业 CT 前，先检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安

全措施。

(2) 操作时辐射工作人员除佩戴常规个人剂量计外, 辐射工作场所还配备个人剂量报警仪和 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到个人剂量报警仪设定的报警阈值报警时, 辐射工作人员应立即离开工作现场, 同时阻止其他人进入 CT 室, 并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 辐射工作人员使用个人剂量报警仪前, 按要求检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作, 则不开展检测工作。在使用便携式 X- γ 剂量率仪前, 要检查便携式 X- γ 剂量率仪是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作, 则不可开展检测工作。

(4) 建设单位拟定期测量工业 CT 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。测量值与参考控制水平相比较, 当测量值高于参考控制水平时, 建设单位将终止辐射工作并向核辐射防护负责人报告。

(5) 辐射工作人员拟按操作规程及相关制度正确使用配备的辐射防护装置, 把潜在的辐射降到最低。在每一次照射前, 辐射工作人员都需要确认关闭防护门。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, 才能开始检测工作。

3.5 其他

(1) 本项目拟新增 2 名辐射工作人员, 拟组织辐射工作人员按要求参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核分类为 X 射线探伤, 考核合格后持证上岗。

(2) 拟建立健全各项规章制度, 严格执行操作规程, 落实各项辐射安全和防护措施; 有完善的辐射事故应急措施。

(3) 拟按照核与辐射安全管理体系 (第三层级) 《II 类非医用 X 射线装置监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-024) 的要求做好自查并记录。

3.6 探伤设施的退役

当工业 CT 不再使用, 拟实施退役程序。包括以下内容:

(1) 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。

(2) 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。

(3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

在落实以上辐射安全措施后，本项目能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中固定式探伤的相关辐射防护要求。

4.辐射防护与环保投资

本项目总投资 500 万元，环保投资约为 36.7 万元，约占总投资的 7.34%，主要用于辐射屏蔽防护、监控系统和警告标志等，具体明细见表 10-3。

表 10-3 环保投资明细

序号	项目	投资估算（万元）	备注
1	辐射屏蔽防护	32	设备屏蔽外壳
2	便携式 X-γ剂量率仪	/	利用现有的 1 台
3	个人剂量计	0.2	新增 2 支
4	个人剂量报警仪	0.5	新增 1 台
5	固定式场所辐射探测报警装置	2	新增 1 个
6	辐射安全与防护措施	1	电离辐射警告标志、门-机联锁装置等
7	其他	1	监控系统、人员培训等
合计		36.7	—

三废的治理

本项目工业 CT 采用实时成像，检测过程中无放射性废气、废水及固体废物的产生和排放。主要污染因子为设备运行过程中产生的 X 射线。

本项目工业 CT 设备尺寸为：长×宽×高=3.7m×1.81m×2.44m，工业 CT 屏蔽体内部尺寸为：长×宽×高=2.67m×1.58m×2.232m，设备出束时 X 射线会电离空气产生少量的 O₃ 和 NO_x，产生的气体通过设备排风装置及防护门的开闭进行排风。屏蔽体内有效容积约 9.42m³，设备屏蔽体内排风装置排风量 1800m³/h，保证每小时有效通风换气次数不小于 3 次，可将产生的少量气体排出至设备外，先排放至工业 CT 室内，再由 CT 室内的排风系统，将产生的少量气体经屋顶排出至室外。本项目产生的 O₃ 和 NO_x，气体量很少，在排风系统正常运行时，产生的 O₃ 和 NO_x 气体不会对环境产生显著影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工阶段主要在建设单位 3#厂房建成基础上进行工业 CT 室的建设及设备安装，施工过程无辐射环境影响。

本项目建设阶段产生的污染物主要包括施工扬尘、废水、固体废物及噪声。

施工期主要进行室内简单装修作业，会产生少量扬尘，但这些方面的影响仅局限在室内和施工现场附近区域，施工结束后即可消除影响。施工人员产生的少量生活污水依托建设单位现有排水系统。施工期噪声来源于装修、设备安装等，安装耗时较短，建设单位通过选用低噪声设备、合理控制施工时间以减少噪声污染，施工结束后即可消除影响。装修产生的建筑垃圾、施工人员产生的少量生活垃圾集中收集，定期由城管部门清运。

本项目建设阶段的环境影响是暂时性的，待施工结束后，受影响的环境因素可以恢复到现状水平。

运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 运行阶段主要环境影响为射线装置工作时发射的 X 射线对周围环境产生的外照射影响。

1.辐射环境影响分析

1.1 辐射环境影响预测公式

本报告中涉及 X 射线装置的剂量率计算参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式。

本项目工业 CT 为定向式射线机，在照射过程中，X 射线管主束方向为定向由左向右，因此设备的右侧主要受有用线束影响，其他方向主要受散射辐射和漏射辐射影响。本次评价有用线束照射方向按照初级 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。

（1）有用线束

本项目有用线束的计算按照不利条件下计算，不考虑检测工作对射线的屏蔽影响，在主束方向和屏蔽厚度已定情况下，由表查出相应的屏蔽透射因子 B，则关注点的辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按公式（11-1）计算，关注点处的周（或年）剂量当量 H（ mSv/周 或 mSv/a ）按公式（11-2）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-1)}$$

式中：

I：本项目工业 CT 在最高管电压下的常用最大电流，本项目保守取最大电流 3mA；

H₀：距离辐射源点（靶点）1m 处输出量。本项目工业 CT 配备 2mmSn 的过滤板。

根据建设单位及设备厂家提供资料，本项目工业 CT 在 2mmSn 过滤条件下距辐射源点 1m 处输出量为 3.67mSv·m²/(mA·min)，经转换后为 2.2×10⁵μSv·m²/（mA·h）。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，查得什值层厚度，再根据屏蔽透射因子 B 与什值层厚度的关系式计算得出 B。

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按（11-2）计算：

$$B = \prod_{i=1}^n 10^{-X_i/TVL_i} \dots\dots\dots \text{公式 (11-2)}$$

式中：

X_i—第 i 种屏蔽体的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL_i—第 i 种屏蔽体的什值层厚度。

表 11-1 相关 X 射线的 TVL 数据

屏蔽材料	管电压（kV）	TVL（mm）
铅	200	1.4
	225	2.15
	250	2.9
钢	200	17.8
	250	20.1
混凝土	200	86
	250	90

注：铅什值层厚度参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），钢什值层厚度参照查询 IAEA No.47 号文表 18。本项目工业 CT 最大管电压为 225kV，铅的 TVL 数据通过计算取 2.15mm。钢和混凝土保守考虑按 250kV 时的 TVL 数据，钢 TVL 数据为 20.1mm、混凝土 TVL 数据为 90mm。

（2）散射辐射

关注点的散射辐射剂量率按公式（11-3）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{公式 (11-3)}$$

式中：

R_s：散射体至关注点的距离，m；

R₀：辐射源点（靶点）至工件的距离，m，本项目取 0.4m；

$\dot{H}$: 散射辐射在关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^2) 散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量当量率与该面积上的入射辐射剂量当量率的比。与散射物质有关, 在未获得物质的 α 值时, 可以水的 α 值。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附表 B.3, 本项目 α 取值如下: α_w 取 1.9×10^{-3} , $\alpha = \alpha_w \times 10000/400 = 0.0475$;

F: R_0 处的辐射野面积, m^2 ; 根据建设单位提供材料, 本项目射线管以 30° 的圆锥角出束, 即扫描圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 15° , 则 $F = \pi (R_0 \times \tan 15^\circ)^2 \approx 0.036\text{m}^2$ 。

其他参数同式 (11-1) 和式 (11-2)。

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量, 使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线的什值层计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 kV	散射辐射 kV
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	150
$200 < \text{kV} \leq 300$	200
$300 < \text{kV} \leq 400$	250

注: 该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

(3) 泄漏辐射

本项目射线装置除有用线束方向外, 其他方向均需考虑泄漏辐射影响。泄漏射线剂量估算公式如下:

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

式中:

$\dot{H}$: 泄漏辐射在关注点的剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_L$: 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, X 射线管电压 $< 150\text{kV}$ 时, $\dot{H}_L$ 取 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$; $150\text{kV} \leq \text{X 射线管电压} \leq 200\text{kV}$ 时, $\dot{H}_L$ 取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$; X 射线管电压 $> 200\text{kV}$ 时, $\dot{H}_L$ 取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。本项目射线装置最大管电压 225kV , 取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

其他参数同式 (11.1) 和式 (11.2)。泄漏射线的能量按照有用线束能量考虑。

(4) 年有效剂量估算公式

$$H = \dot{H} \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:

H : 年有效剂量, mSv/a;

$\dot{H}$: 关注点处的辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t : 年受照时间, h/a;

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

表 11-3 不同场所与环境条件下的居留因子

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

10^{-3} : 吸收剂量对有效剂量的换算系数, mSv/ μGy 。

1.2 剂量关注点

根据本项目工程特征及本项目辐射工作场所周围环境状况, 考虑墙体屏蔽和距离衰减作用, 评价范围内敏感目标距离辐射源的距离远大于设备屏蔽体外 30cm 处, 故本次评价选取设备屏蔽体四侧边界外 0.3m 处、设备顶上方 0.3m 处及控制区以外与设备屏蔽体外壳最近的有代表性的辐射工作人员和公众人员居留处作为剂量关注点, 具体位置说明见下表。

表 11-4 剂量关注点位置

序号	关注点名称	位置特征	射线束	设备靶点至关注点的最近距离 R (m)	设备散射体至关注点的最近距离 R_s (m)	居留因子
1	设备顶部屏蔽外壳外 0.3m	屏蔽外壳外	漏射、散射	1.07	1.11	/
2	设备左侧面(北侧)屏蔽外壳外 0.3m	屏蔽外壳外	漏射、散射	1.11	1.61	1/4
3	设备正面(西侧)屏蔽外壳外 0.3m	屏蔽外壳外	漏射、散射	1.03	1.23	1/4
4	设备正面(西侧)防护门外 0.3m 处	防护门外	漏射、散射	1.14	1.39	1/4
5	设备右侧面(南侧)屏蔽外壳外 0.3m	屏蔽外壳外	有用线束	2.16	/	1/4
6	设备背面(东侧)屏蔽外壳外 0.3m	屏蔽外壳外	漏射、散射	1.24	1.33	1/4
7	设备西侧操作台	辐射工作人员操作位	漏射、散射	2.0	2.1	1
8	工业 CT 室东侧制样室	制样室	漏射、散	3.45	3.45	1

			射			
9	工业 CT 室北侧楼梯间	楼梯间	漏射、散射	2.74	3.24	1/8
10	工业 CT 室西侧厂房通道	厂房通道	漏射、散射	2.82	2.82	1/4
11	工业 CT 室南侧实验室走道	实验室走道	有用线束	3.37	/	1/4
12	工业 CT 室东北侧体数服务器室	体数服务器室	漏射、散射	6.0	6.0	1
13	工业 CT 室南侧气瓶间	气瓶间	漏射、散射	7.5	7.5	1/16
14	工业 CT 室南侧结构实验室	结构实验室	有用线束	6.2	/	1
15	工业 CT 室东南侧电镜实验室	电镜实验室	漏射、散射	8.2	8.2	1
16	工业 CT 室上方预留办公用房	预留办公用房	漏射、散射	4.2	4.2	1
17	厂区道路	空地	有用线束	25	/	1/8
18	厂区道路	空地	漏射、散射	10	10	1/8
19	新智感知科技产业园 1 号楼	新智感知科技产业园 1 号楼	漏射、散射	41	41	1

注 1：设备上方及下方屏蔽壳外 0.3m 处正常工况人员无法到达；

注 2：设备西侧操作位为辐射工作人员停留工作的区域，居留因子取 1；制样室、体数服务器室、结构实验室、电镜实验室、新智感知科技产业园 1 号楼为每天都有工作人员驻留，居留因子取 1；工业 CT 室上方为预留办公用房，建成后为每天都有工作人员驻留，居留因子取 1；楼梯间、实验室走道、厂房通道、设备四侧屏蔽体外 0.3m 处为人员不定时停留的地方，居留因子取 1/4；建设单位厂区道路为偶然停留的地方，居留因子取 1/8；工业 CT 室南侧气瓶间一般无人员停留，为偶然停留的地方，居留因子取 1/16。

本项目剂量关注点示意图详见下图（1 号关注点位为设备顶部屏蔽体外 0.3m 处，设备顶部不可达、16 号关注点位为楼上预留办公用房，未画出）。

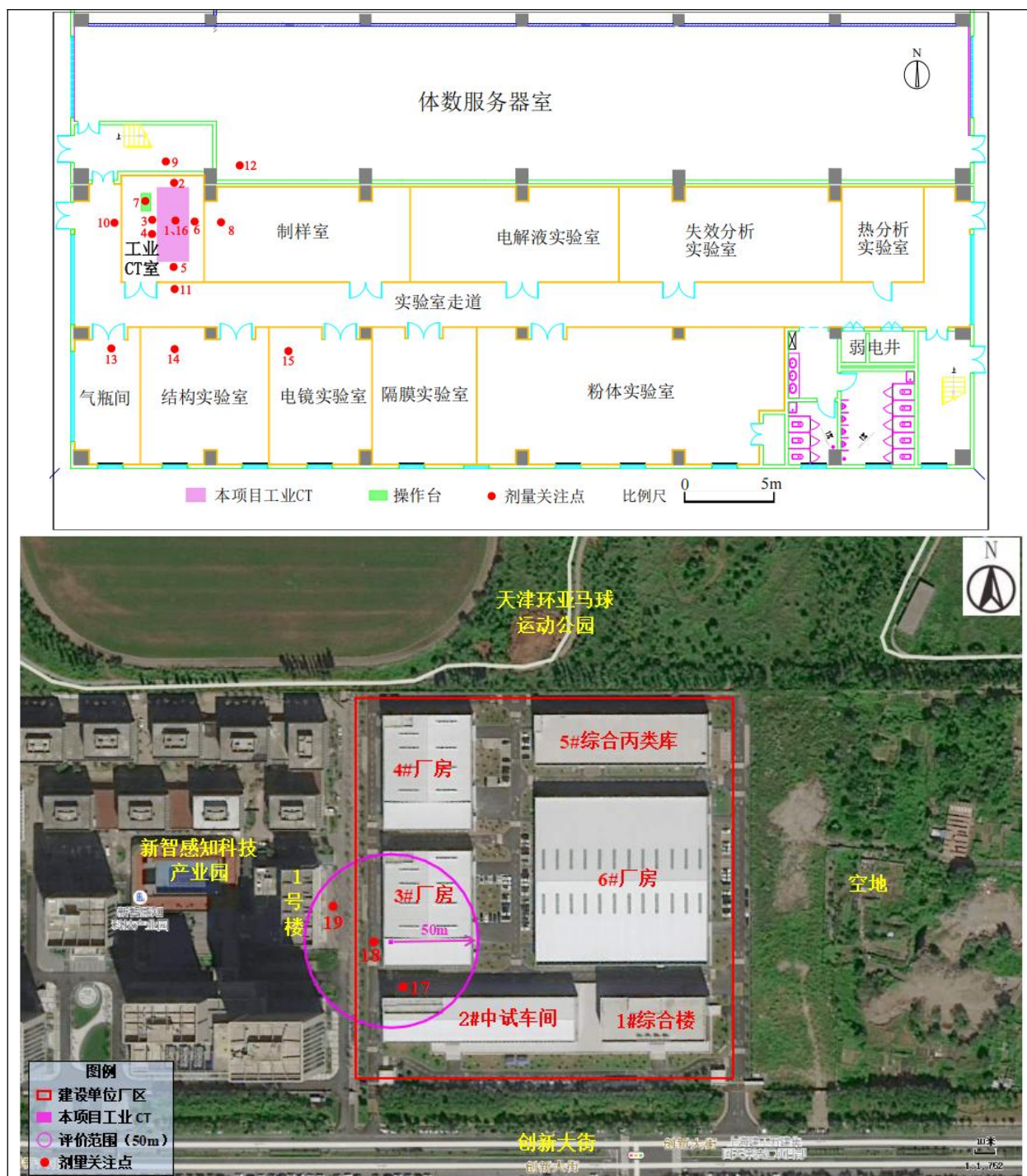


图 11-1 本项目剂量关注点示意图

1.3 屏蔽防护参数

根据辐射防护屏蔽材料及式（11-2），屏蔽透射因子计算结果见下表。

表 11-5 屏蔽体外的各关注点 γ 辐射剂量率

关注点序号	射线束	射线能量 (kV)	屏蔽材料及厚度	屏蔽透射因子 B
5、11、14、17	有用线束	225	12mm 铅板+3mm 钢板	1.86E-06
4	漏射	225	10mm 铅板+8mm 钢板 ^[1]	8.93E-06

	散射	200	5mm 铅板+3mm 钢板	1.23E-04
1、2、3、6、7、8、9、10、12、13、15、18、19	漏射	225	10mm 铅板+5mm 钢板 ^[2]	1.26E-05
	散射	200	5mm 铅板+3mm 钢板	1.82E-04
16	漏射	225	10mm 铅板+5mm 钢板+200mm 混凝土 ^[3]	7.55E-08
	散射	200	5mm 铅板+3mm 钢板+200mm 混凝土 ^[3]	8.60E-07
注： [1]: X 射线管周围防护结构（5mm 铅+2mm 钢板）+CT 防护门防护结构（5mm 铅+6mm 钢板）； [2]: X 射线管周围防护结构（5mm 铅+2mm 钢板）+CT 防护外壳防护结构（5mm 铅+3mm 钢板）； [3]: CT 室四侧墙体为隔墙板，保守不考虑 CT 室四侧墙体屏蔽，房间顶部为 200mm 混凝土。				

1.4 辐射环境影响预测与分析

（1）关注点处辐射剂量当量率

将各参数代入公式，可得各剂量关注点处的辐射剂量水平，计算结果见下表。

表 11-6 各剂量关注点处的辐射剂量水平预测结果

关注点序号	关注点名称	剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$			剂量率参考控制水平 $\mu\text{Sv/h}$	照射对象
		射线束	计算值	叠加值		
1	设备顶部屏蔽外壳外 0.3m	漏射	5.50E-02	1.10	100	辐射工作人员
		散射	1.04			
2	设备左侧面（北侧）屏蔽外壳外 0.3m	漏射	5.11E-02	5.46E-01	2.5	辐射工作人员
		散射	4.95E-01			
3	设备正面（西侧）屏蔽外壳外 0.3m	漏射	5.94E-02	9.08E-01	2.5	辐射工作人员
		散射	8.49E-01			
4	设备正面（西侧）防护门外 0.3m 处	漏射	3.44E-02	4.83E-01	2.5	辐射工作人员
		散射	4.49E-01			
5	设备右侧面（南侧）屏蔽外壳外 0.3m	有用线束	2.63E-01	2.63E-01	2.5	辐射工作人员
6	设备背面（东侧）屏蔽外壳外 0.3m	漏射	4.10E-02	7.67E-01	2.5	辐射工作人员
		散射	7.26E-01			
7	设备西侧操作台	漏射	1.58E-02	3.07E-01	2.5	辐射工作人员
		散射	2.91E-01			
8	工业 CT 室东侧制样室	漏射	5.29E-03	1.13E-01	2.5	公众
		散射	1.08E-01			
9	工业 CT 室北侧楼梯间	漏射	8.39E-03	1.31E-01	2.5	公众
		散射	1.22E-01			
10	工业 CT 室西侧厂房通道	漏射	7.92E-03	1.69E-01	2.5	公众
		散射	1.61E-01			
11	工业 CT 室南侧实验室走道	有用线束	1.08E-01	1.08E-01	2.5	公众
12	工业 CT 室东北侧体数服务器室	漏射	1.75E-03	3.74E-02	2.5	公众
		散射	3.57E-02			
13	工业 CT 室南侧气瓶	漏射	1.12E-03	2.39E-02	2.5	公众

	间	散射	2.28E-02			
14	工业 CT 室南侧结构实验室	有用线束	3.19E-02	3.19E-02	2.5	公众
15	工业 CT 室东南侧电镜实验室	漏射	9.37E-04	2.00E-02	2.5	公众
		散射	1.91E-02			
16	工业 CT 室上方预留办公用房	漏射	2.14E-05	3.65E-04	2.5	公众
		散射	3.44E-04			
17	厂区道路	有用线束	1.96E-03	1.96E-03	2.5	公众
18	厂区道路	漏射	6.30E-04	1.35E-02	2.5	公众
		散射	1.28E-02			
19	新智感知科技产业园 1 号楼	漏射	3.75E-05	8.01E-04	2.5	公众
		散射	7.64E-04			

由表 11-6 可知,本项目工业 CT 四周屏蔽体外剂量关注点处的剂量率最高值为 9.08E-01 μ Sv/h, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的要求,即关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

本项目工业 CT 室上方为预留办公用房,剂量率为 3.65E-04 μ Sv/h, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。”的要求。工业 CT 顶部无人员到达,设备顶部外表面 30cm 处的剂量率为 1.10 μ Sv/h, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“对没有人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100 μ Sv/h。”的限值要求;同时满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5 μ Sv/h。”的要求。

(2) 评价范围内辐射剂量率的叠加

本次评价考虑评价范围内涉及的其他核技术利用项目对本项目关注点处的辐射环境的叠加影响。根据建设单位提供的资料及现场踏勘,本项目 50m 评价范围内涉及的其他核技术应用项目为 3#厂房一层电镜实验室内在建场发射扫描电子显微镜。

根据《低能射线装置放射防护标准》(GBZ 115-2023)剂量控制要求:“闭束型射线装置正常使用时,任意可到达的机壳外表面 5cm 处的周围剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。”。由于剂量率与距离的平方成反比,保守按距离屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率 2.5 μ Sv/h 计算场发射扫描电子显微镜对本项目周围辐射环境的影响,场发射扫描电子显微镜与本项目距离约为 6.5m,对本项目辐射剂量率约为 5.33E-03 μ Sv/h。

评价范围内其他核技术利用项目在关注点处的周围剂量当量率叠加预测结果见下表。

表 11-7 评价范围内核技术利用项目与本项目关注点处周围剂量当量率叠加值

关注点序号	关注点名称	剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$			周剂量当量, mSv/周	年剂量当量, mSv/a	照射对象
		其他核技术利用项目	本项目	叠加值			
1	设备顶部屏蔽外壳外 0.3m	5.33E-03	1.10	1.11E+00	/	/	/
2	设备左侧面（北侧）屏蔽外壳外 0.3m	5.33E-03	5.46E-01	5.51E-01	2.21E-03	1.10E-01	辐射工作人员
3	设备正面（西侧）屏蔽外壳外 0.3m	5.33E-03	9.08E-01	9.13E-01	3.65E-03	1.83E-01	辐射工作人员
4	设备正面（西侧）防护门外 0.3m 处	5.33E-03	4.83E-01	4.88E-01	1.95E-03	9.77E-02	辐射工作人员
5	设备右侧面（南侧）屏蔽外壳外 0.3m	5.33E-03	2.63E-01	2.68E-01	1.07E-03	5.37E-02	辐射工作人员
6	设备背面（东侧）屏蔽外壳外 0.3m	5.33E-03	7.67E-01	7.72E-01	3.09E-03	1.54E-01	辐射工作人员
7	设备西侧操作台	5.33E-03	3.07E-01	3.12E-01	5.00E-03	2.50E-01	辐射工作人员
8	工业 CT 室东侧制样室	5.33E-03	1.13E-01	1.18E-01	1.89E-03	9.47E-02	公众
9	工业 CT 室北侧楼梯间	5.33E-03	1.31E-01	1.36E-01	2.73E-04	1.36E-02	公众
10	工业 CT 室西侧厂房通道	5.33E-03	1.69E-01	1.74E-01	6.97E-04	3.49E-02	公众
11	工业 CT 室南侧实验室走道	5.33E-03	1.08E-01	1.13E-01	4.53E-04	2.27E-02	公众
12	工业 CT 室东北侧体数服务器室	5.33E-03	3.74E-02	4.27E-02	6.84E-04	3.42E-02	公众
13	工业 CT 室南侧气瓶间	5.33E-03	2.39E-02	2.92E-02	2.92E-05	1.46E-03	公众
14	工业 CT 室南侧结构实验室	5.33E-03	3.19E-02	3.72E-02	5.96E-04	2.98E-02	公众
15	工业 CT 室东南侧电镜实验室	5.33E-03	2.00E-02	2.53E-02	4.05E-04	2.03E-02	公众、辐射工作人员 ^[1]

16	工业 CT 室上方预留办公用房	5.33E-03	3.65E-04	5.70E-03	9.11E-05	4.56E-03	公众
17	厂区道路	5.33E-03	1.96E-03	7.29E-03	1.46E-05	7.29E-04	公众
18	厂区道路	5.33E-03	1.35E-02	1.88E-02	3.77E-05	1.88E-03	公众
19	新智感知科技产业园 1 号楼	5.33E-03	8.01E-04	6.13E-03	9.81E-05	4.90E-03	公众
注：本项目工业 CT 设备顶部人员不可到达，故未核算 1 号关注点处的有效剂量。 [1]：为拟建场发射扫描电子显微镜辐射工作人员。							

本项目关注点处公众的周有效剂量最高为 $1.89\text{E-}03\text{mSv/周}$ ($1.89\mu\text{Sv/周}$)，年有效剂量最高为 $9.47\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，辐射工作人员的周有效剂量叠加值为 $1.70\text{E-}02\text{mSv/周}$ ($17\mu\text{Sv/周}$)，年有效剂量叠加值为 $8.49\text{E-}01\text{mSv/a}$ ，均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中的要求，即人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业人员不大于 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ；也满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 规定的职业照射剂量限值 20mSv/a 、关键组公众成员照射剂量限值 1mSv/a 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a 、公众人员辐射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

2.大气环境影响分析

本项目工业 CT 运行过程中 X 射线会电离空气产生少量的 O_3 和 NO_x ，产生的气体通过设备排风装置及防护门的开闭排放，屏蔽体内有效容积约 9.42m^3 ，设备屏蔽体内排风装置排风量 $1800\text{m}^3/\text{h}$ ，保证每小时有效通风换气次数不小于 3 次，可将产生的少量气体排出至设备外，先排放至工业 CT 室内，再由 CT 室内的排风系统，将产生的少量气体经屋顶排出至室外。本项目产生的 O_3 和 NO_x ，气体量很少，在排风系统正常运行时，产生的 O_3 和 NO_x 气体不会对环境产生显著影响。

事故影响分析

1.可能发生的辐射事故

本项目使用的工业 CT 具有自屏蔽防护外壳，可能发生的事故工况主要为：

(1) 门-机联锁失效的情况下，致使 X 射线泄漏到屏蔽体外面，对周围公众及工作人员造成不必要的照射。

(2) 本项目工业 CT 屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，设备出束对周围的辐射工作人员和公众人员造成超剂量照射。

(3) 检修时，关闭 X 射线的电源，但由于操作不当的原因，导致检修人员、周围工

作人员及公众人员造成超剂量照射。

2.预防措施

为了杜绝事故发生，建设单位应设置安全设施及其他各项辐射防护措施，制定辐射安全管理制度和安全操作规程，并加强员工安全教育和培训，严格按照操作规程进行探伤作业，确保安全。具体如下：

（1）本项目工业 CT 设置与防护门联锁的门-机联锁装置，防护门未关闭时不能接通 X 射线管管电压，若防护门突然开启则会立即切断已接通的 X 射线管管电压。

（2）本项目工业 CT 于设备内部设置 2 个紧急停机按钮（工业 CT 左侧、背面壳体内部各 1 个）、控制面板设置 1 个紧急停机按钮，控制台操作程序设有急停系统，当出现紧急状态时，辐射工作人员可通过按下紧急停机按钮停止 X 射线出束，按钮带有标签并标明使用方法。

（3）开展检测工作时工作人员不进入设备内部，但设备检修时，检修人员可能进入设备内部，进入内部检修时，关闭设备电源，当有人员意外停留在屏蔽体内，可以在设备内部紧急停机手动打开防护门，立即离开。

（4）本项目工业 CT 控制面板设置有钥匙开关，当辐射工作人员通过钥匙开关开启设备后，其他操作才能正常开展；钥匙只有在设备停机状态时才能拔出。

（5）本项目工业CT设备内配备1个监控摄像头，位于设备顶部，能拍到屏蔽体内的工作情况。视频监控屏幕设置在控制台，工作人员能在控制台实时监控检测过程屏蔽体内情况，如果出现异常能迅速启动紧急制动装置。

（6）工业CT室设置门禁系统和视频监控，可以监控功能区内情况，并防止非辐射工作人员进入。操作规程规定开机前要进行巡检，确认工业CT的防护门联锁情况完好，方可进行后续操作。

（7）定期检查设备的安全联锁装置，确保其正常运行。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，才能开始检测工作。

（8）为加强检测工作场所的管理，限制无关人员受到不必要的照射，建设单位拟对项目场所划定控制区和监督区，进行分区管理。结合现场实际，建设单位拟将工业 CT 屏蔽体边界围成的内部区域作为控制区，与屏蔽体外部相邻的工业 CT 室其他区域划为监督区。建设单位对控制区和监督区的管理要求为：控制区内禁止外来无关人员进入，辐射工作人员在进行日常工作时尽量不要在控制区内停留，以减少不必要的照射，在设备

表面和工业 CT 室门上拟设置醒目的电离辐射警告标志，本项目开展辐射工作时，辐射工作有人员不会进入设备内部；监督区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检测其辐射剂量，并在监督区入口处的适当地点设立标明监督区的标牌，建设单位应加强管理，非辐射工作人员不得进入监督区。

（9）检测工作时，辐射工作人员佩戴常规个人剂量计外，辐射工作场所拟配备 1 台个人剂量报警仪，当辐射水平达到设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警；建设单位拟为设备配置 1 套固定式场所辐射探测报警装置，其中设备内部设置 1 个探头，主机设置于设备正面（西侧）屏蔽体外操作台，报警阈值设置为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ （高于设备所在位置辐射背景值，远低于设备开机后该位置的辐射水平）。当探测到的辐射水平高于仪器设定的阈值时，报警信号自动启动并持续。

（10）加强辐射工作人员上岗前培训，根据实际情况建立健全辐射安全管理机构、规章制度和操作规程，并对工作人员做好培训。

（11）建立完善的辐射事故应急措施。不断增强应急处理能力，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

（12）检修维护人员进行检修工作时须取下控制面板的开关钥匙，确保设备关机，以避免不必要的照射。

3.应急处置措施

根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理和报告制度的通知》，该项目所使用的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超过年剂量限值的照射。本项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

（1）第一时间按下紧急停机按钮或切断工业 CT 的电源。

（2）现场人员应迅速撤至安全区域，保护现场，通知防护人员和应急小组。

（3）辐射安全领导小组接到辐射事故报告后，应当立即派人赶赴现场，进行现场调查，采取有效措施，立即启动本单位的《辐射事故应急处理预案》，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。应急小组应对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，立即采取暂时隔离和应急救援措施，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）辐射事故发生后，单位应立即将可能受到辐射伤害的人员送至当地卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立

即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

（5）建设单位积极配合生态环境主管部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

（6）事故未解决，现场未达到安全状态，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。出现故障的装置经专业技术人员维修，经有资质的检测机构对其进行检测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

（7）建设单位应对辐射事故的起因、性质、影响、责任等问题进行调查评估，作出整改，总结经验教训。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1. 辐射安全领导小组建立

中汽新能电池科技有限公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求成立辐射安全领导小组，负责辐射安全与环境保护管理工作，由法人卢天军担任第一责任人。小组成员详见表12-1。

表 12-1 辐射安全领导小组人员

管理人员	姓名	专职（兼）	主要职责
负责人	卢天军	专职	第一责任人，负责本单位辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理
辐射安全防护负责人	韩艳阳	专职	负责辐射安全和防护机构及人员的监督和管理；负责辐射安全和防护管理制度的贯彻实施；负责制定并采取防护措施；督促本单位相关部门及人员采取有效的防护措施，开展辐射应急行动；并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导
成员	张万荣	专职	定期组织对辐射工作场所的安全状况进行检查并记录；组织开展相关辐射监测，并负责监测数据的记录及管理；组织开展个人剂量监测，负责辐射监测仪的维护、检定及比对；参与本单位的辐射应急行动，控制应急人员的受照剂量；负责对辐射工作人员进行辐射防护知识和辐射监测仪操作技能的培训
成员	魏国	专职	
成员	李歆纾	专职	
成员	朱里	专职	

2. 辐射工作人员持证情况

本项目实行单班制，每班工作 8h，拟配置 2 名辐射工作人员，拟组织本项目辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核专业为 X 射线探伤，考核合格后持证上岗。建设单位已配备 1 名辐射防护负责人，已参加核技术利用辐射安全与防护考核并考核合格，考核专业为辐射安全管理。

辐射安全管理规章制度

建设单位已根据《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》以及公司核技术利用项目的情况，制定相应的规章制度，主要包括：《辐射安全与环境保护管理机构、负责人及职责》、《X-Ray 检测机设备操作及维保规程》、《涂敷机设备操作及维护规程》、《岗位职责》、

《放射性同位素使用登记制度》、《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》、《个人剂量管理制度》、《监测方案》、《台账管理制度》、《辐射事故应急预案》等。

本项目建设完成后，建设单位将完善上述规章制度，在现有辐射安全管理制度基础上结合实际情况和最新的法律法规对相关制度进行更新完善，针对本项目射线装置使用情况，制定本项目工业 CT 的操作规程等相关制度，确保辐射防护工作按照规章制度进行。上述各项制度均具有较高的可行性，能够满足本项目辐射安全管理的要求。

辐射监测

1.监测设备

建设单位已配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪用于现有核技术利用项目。本项目建成后利用现有 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，并新增 1 台个人剂量报警仪、1 套固定式剂量报警装置。

2.个人剂量监测

本项目辐射工作人员为新增人员，拟为本项目每名辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量计一般佩戴在左胸前。个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行检测，并建立个人剂量监测档案，永久保存。个人剂量常规监测周期最长不应超过 3 个月，当发现个人剂量监测结果异常时及时上报。

3.工作场所及环境监测

3.1 检测条件

本项目工业 CT 拟在额定工作条件下进行检测。

3.2 辐射水平巡测

建设单位拟对本项目工业 CT 定期进行放射防护检测，在检测时先进行周围辐射水平的巡测，拟使用便携式 X- γ 剂量率仪巡测设备屏蔽外壳外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。建设单位拟对监测结果进行记录，妥善保存。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止辐射工作并向辐射防护负责人报告。便携式 X- γ 剂量率仪应定期送有资质机构检定。

（1）巡测范围拟根据本项目铅房设计特点、射线机的照射方向及建造过程中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

(2) 本项目工业 CT 四面屏蔽体外及楼上有人员活动的可能，巡测不同位置及门外 30cm 四周的辐射水平。

3.3 辐射水平定点检测

建设单位拟检测以下各点：

- (1) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；
- (2) 铅屏蔽防护门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；
- (3) 铅屏蔽体外 30cm 离地面高度为 1m 处，每侧至少测 3 个点；
- (4) 人员可能到达的屏蔽体上层外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点，本项目工业 CT 屏蔽体上方无人员到达，工业 CT 室上方可能有人员到达；
- (5) 人员经常活动的位置；
- (6) 每次探伤结束后，检测屏蔽体装载门的入口，确保设备已经停止工作。

3.4 监测方法

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）。

3.5 检测周期

本项目工业 CT 建成后建设单位拟委托有检测资质的机构进行验收检测；投入使用后每年至少委托有检测资质的机构进行 1 次常规检测；开展探伤工作期间定期进行辐射水平巡测，并做好检测记录。

3.6 结果评价

(1) 本项目工业 CT 关注点的周围剂量当量参考控制水平：对放射工作场所不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

(2) 本项目工业 CT 屏蔽体顶部无人员到达，屏蔽防护设施顶部的辐射水平须满足：设备顶部屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。工业 CT 室上方投影区域有建筑物，为 3#厂房 2 楼预留办公用房，设备屏蔽体顶部上方投影区域的周围剂量当量不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4. 应急监测

在出现异常情况时应立即启动应急预案，采取必要的应急措施，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，进行现场监测。

辐射事故应急

建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求制定《辐射事故应急预案》，确定辐射事故应急机构的组成和职责，明确事故应急行动原则，应急程序和应急救援预测通讯联络方式等，并配备辐射防护、环境监测等应急物资，每年定期开展应急培训和演练，以提高辐射事故应急处置能力。

发生辐射事故时，应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，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》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生主管部门报告。

辐射事故应急预案内容包括：

- (1) 应急组织机构和职责分工；
- (2) 辐射事故类型与应急响应程序；
- (3) 辐射事故现场处置方案；
- (4) 辐射事故应急保障措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (6) 应急培训及应急演练计划。

辐射工作场所放置《辐射事故应急预案》，工作场所配备便携式 X- γ 剂量率仪、个人剂量报警仪等，建设单位定期对辐射工作人员进行事故应急培训，每年至少进行一次辐射事故应急演练和培训。

从事放射性活动能力分析

1.与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修改）的符合情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备相应条件。本项目从事辐射活动能力的评价见表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况	是否符合
-------	------	------

（一）使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、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。	拟成立辐射安全领导小组，同时配备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。	落实后符合
（二）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。	本项目辐射工作人员拟按规定要求参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，取得考核合格证后持证上岗。	落实后符合
（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素方面的内容。	不涉及
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目工业CT为自屏蔽设施。拟在工业CT室门口及设备屏蔽体外明显位置处设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工业CT室及设备内设置视频监控系统，并按要求落实辐射防护和安全措施。	落实后符合
（五）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。	本项目拟为辐射工作人员配备个人剂量计，拟配备1台个人剂量报警仪；建设单位已配备1台便携式X-γ剂量率仪。	落实后符合
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	已建立相关辐射管理制度，本项目建成后拟对其进行完善。	落实后符合
（七）有完善的辐射事故应急措施。	已制定辐射事故应急预案，本项目建成后拟对其进行完善。	落实后符合
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物，且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。	不涉及

本项目实施后，建设单位将进一步加强辐射安全管理，严格执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》提出的有关要求。在落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后，中汽新能电池科技有限公司将具备申领辐射安全许可证的条件。

2.与原环境保护部令第18号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况

原环境保护部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 12-3。

表 12-3 与“18 号令”安全和防护能力对照检查情况

应具备条件	落实情况	符合情况
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	辐射工作场所入口及设备屏蔽体外明显位置拟设电离辐射警告标志和中文警示说明。工业 CT 设有安全联锁及报警装置，安装有工作状态指示灯。辐射工作人员不进入设备内部，设备控制面板及内部设有紧急停机按钮、控制台操作程序设有急停系统，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，防止人员受到意外照射。	建设单位承诺落实后符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对检测数据的真实性、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。	拟每年委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；利用便携式配备 X-γ 剂量率仪，定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，并妥善保存。	
第十二条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置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。	本项目建成后，建设单位拟依法对本单位射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前报发证机关。	
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的不得上岗。	本项目辐射防护负责人已参加辐射安全与防护的培训和考核，并考核合格，本项目辐射工作人员拟参加辐射安全与防护的培训和考核，考核合格后持证上岗。每 5 年接受一次再培训，再培训合格后方可继续从事辐射工作。	建设单位承诺落实后符合
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	拟为辐射工作人员配备个人剂量计，并按照国家相关规定，委托有资质单位对个人剂量进行检测，建立检测档案。	建设单位承诺落实后符合

综上所述，中汽新能电池科技有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后，可满足

足管理办法的要求。

3.与《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）

对照情况

本项目设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）对比结果见表 12-4。

表 12-4 与“II类非医用 X 线装置监督检查技术程序”对照检查情况

II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序检查内容			建设单位情况	是否符合
辐射安全防护设施与运行	场所设施（固定式）	入口处电离辐射警示标志	拟在设备外壳表面醒目位置及工业 CT 室门口设置电离辐射警示标志	建设单位承诺落实后符合
		入口处机器工作状态显示	拟在设备上方设置工作状态指示灯	
		隔室操作	设备自带屏蔽防护外壳，辐射工作人员于防护外壳外的控制台进行操作。	建设单位承诺落实后符合
		迷道	未设置迷道，设备有自屏蔽防护外壳，经预测已能够满足屏蔽要求	
		防护门	设备防护门为铅钢结构	建设单位承诺落实后符合
		控制台有钥匙控制	工业 CT 控制面板设有防止非工作人员操作的锁定钥匙开关	
		门机联锁系统	设备设有门-机联锁系统	建设单位承诺落实后符合
		照射室内监控设施	设备有自屏蔽防护外壳，设备内设有监控系统	
		通风设施	工业 CT 屏蔽体内设有排风系统，气体排放工业 CT 室后通过室内排风系统排放至室外	建设单位承诺落实后符合
		照射室内紧急停机按钮	设备内部拟设置紧急停机按钮	
		控制台上紧急停机按钮	控制面板上拟设置紧急停机按钮，控制台操作程序设有急停系统	建设单位承诺落实后符合
		出口处紧急开门按钮	辐射工作人员工作时不进入设备内部，检修人员检修时可能进入设备内部，在设备内部可以	建设单位承诺落实后符合

			手动打开防护门。	
		准备出束声光提示	拟设置准备出束声光提示	建设单位承诺 落实后符合
		便携式辐射监测仪器仪表	已配备，利用现有	符合
		个人剂量仪	拟配备	建设单位承诺 落实后符合
		个人剂量报警仪	拟配备	建设单位承诺 落实后符合
	应急物资	灭火器材	拟配备	建设单位承诺 落实后符合
	管理制度	辐射安全管理规定	已制定，拟完善	建设单位承诺 落实后符合
		操作规程	已制定，拟完善	
		辐射安全和防护设施维护 维修制度（包括机构人 员、维护维修内容与频 度、重大问题管理措施、 重新运行审批级别等）	已制定，拟完善	
		监测方案	已制定，拟完善	
		监测仪表使用与校验管理 制度	已制定，拟完善	
		辐射工作人员培训/再培 训管理制度	已制定，拟完善	
		辐射工作人员个人剂量管 理制度	已制定，拟完善	
	应急	辐射事故应急预案	已制定，拟完善	

综上所述，中汽新能电池科技有限公司在落实各项安全防护设施和辐射安全管理制度的后可符合《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-024）相关要求。

核技术应用项目环保手续履行

1.环保手续流程

根据国家相关法律法规及行政主管部门要求，核技术应用项目环保手续包括环境影响评价、辐射安全许可证办理及竣工环保验收三部分，具体流程如图12-1所示。建设单位在履行本项目环评手续、申领《辐射安全许可证》后方可开展辐射工作。

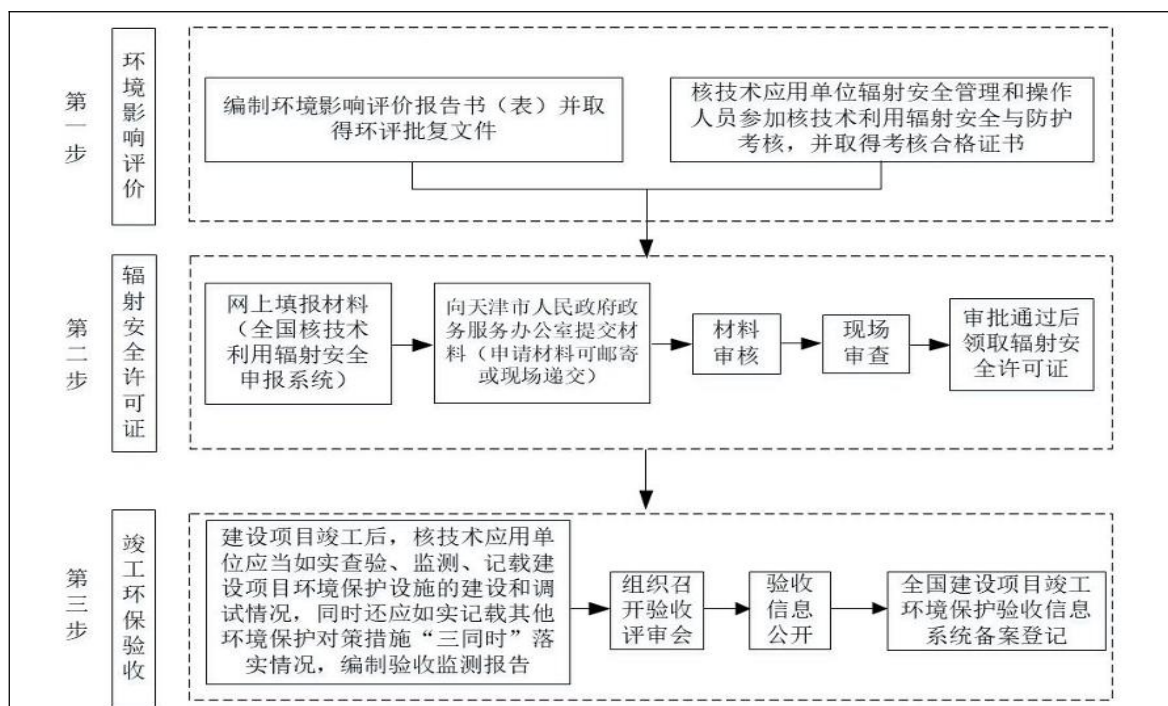


图12-1 核技术应用项目环保手续办理流程图

2.竣工环境保护验收

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》（中华人民共和国国务院令 第 682 号）第十七条：编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

验收办法参照《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》（国环 规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）。建设项目竣工后，建设单位应根据环评文件及审批意见进行自主验收，向社会公开并向环保部门备案。其中，需要对建设项目配套建设的环境保护设施进行调试的，建设单位应当确保调试期间污染物排放符合国家和地方有关污染物排放标准和排污许可等相关管理规定。环境保护设施未与主体工程同时建成的，或者应当取得排污许可证但未取得的，建设单位不得对该建设项目环境保护设施进行调试。调试期间，建设单位应当对环境保护设施运行情况和建设项目对环境的影响进行监测。验收监测应当在确保主体工程调试工况稳定、环境保护设施运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体。除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期

限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建设项目竣工验收通过后，方可正式投产运行。

表 13 结论与建议

结论

1.项目概况

中汽新能电池科技有限公司位于天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号，为提高产品质量，保证产品的可靠性，拟投资 500 万元在厂区 3#厂房一层西北侧理化实验室建设 1 间工业 CT 室，并在工业 CT 室内新增使用 1 台 METROTOM 1500 型工业 CT，用于对公司生产的电池内部结构进行无损检测。

2.实践的正当性

本项目使用的工业 CT 可以快速、准确、直观地发现产品的缺陷，如裂纹、气孔、尺寸偏差等，并进行分析，查明缺陷的根本原因，从而提高产品性能，延长使用寿命，可更加严格地把控公司生产的产品质量，并有效减少因产品缺陷而引起安全事故，具有显著的社会和经济效益。虽然在运营过程中，可能会对周围环境、辐射工作人员及周围公众造成一定的辐射影响，建设单位按照国家、市相关辐射防护要求正确使用和管理本项目工业 CT 的情况下，根据预测分析，本项目建成后，对辐射工作人员及公众的照射剂量均满足相关限值要求。在考虑社会、经济和其他有关因素后，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，本项目建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）关于辐射防护“实践的正当性”要求。

3.选址、布局的合理性

本项目拟在位于天津市滨海高新区华苑产业区创新大街 88 号 3#厂房一层西北侧理化实验室新建 1 间工业 CT 室，新增使用的 1 台工业 CT 为自带屏蔽防护铅房。本项目工业 CT 在工业 CT 室内南北向摆放，设备正面向西，工业 CT 控制面板、防护门位于设备正面，控制台位于设备屏蔽外西侧（设备正面），线缆孔位于设备左后方，出束方向为由左向右（即由北向南）定向出束，有用线束的照射方向避开了操作位（控制面板和控制台），工作场所划分为控制区和监督区进行管理。同时新增的工业 CT 屏蔽外壳外 50m 范围内无医院、学校、居民区等敏感目标。本项目的选址和布局是合理可行的。

4.辐射安全与防护分析结论

本项目工业 CT 屏蔽外壳和防护门屏蔽防护设施达到所需的屏蔽能力，防护设

施充分保证周围的安全。设备外拟设置工作状态指示灯，并与设备联锁；设备外壳及工业 CT 室门口拟设置电离辐射警告标志和中文警示说明；屏蔽体内、外及控制台和控制面板拟设置紧急停机按钮；设备拟设置监控系统、固定式场所辐射探测报警装置、通风系统、门-机联锁装置等。

建设单位现已配备 1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪、现有辐射工作人员已配备个人剂量计，本项目利用现有便携式 X- γ 剂量率仪，拟新增 1 台个人剂量报警仪、拟为本项目新增辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质单位对工作场所进行定期检测。建设单位已制定各项辐射环境管理制度和辐射事故应急措施，本项目建设完成后根据实际情况对制度进行更新完善。中汽新能电池科技有限公司在落实各项辐射安全防护措施后，能够有效控制辐射安全。

5.环境影响分析结论

根据预测分析，本项目工业 CT 屏蔽体外剂量关注点处的周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的相关限值要求。

关注点处公众和辐射工作人员的周有效剂量均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求，即关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所不大于 100 μ Sv/周，对公众场所不大于 5 μ Sv/周；关注点处公众和辐射工作人员的年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射剂量限值 20mSv/a、关键组公众成员照射剂量限值 1mSv/a 和本报告提出的辐射工作人员辐射剂量约束值 2mSv/a、公众人员辐射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

6.辐射安全管理

建设单位已配备 1 名辐射防护负责人，本项目建成后拟成立辐射安全领导小组，利用现有辐射防护负责人专职负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，辐射防护负责人已参加核技术利用辐射安全与防护考核，并考核合格，持证上岗。建设单位已建立辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，本项目建设完成后将进行修改完善。

建设单位拟组织本项目新增配备的 2 名辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核合格后持证上岗，建设单位在落实各项辐射安全管理措施后能够有效控制辐射风险。

7.结论

综上所述，在落实各项辐射安全和防护措施，加强环境管理的情况下，中汽新能源汽车科技有限公司新建使用Ⅱ类射线装置（工业CT）项目将具备从事相应辐射工作的技术能力和安全防护措施，其运行对周围环境和人员产生的辐射影响能够满足国家剂量限值和本报告提出的约束值要求。因此，从辐射环保角度论证，本项目的建设具备环境可行性。

建议和承诺

1.建议

（1）进一步加强辐射工作人员的辐射防护知识宣传教育，使其熟知防护知识，能合理地应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众成员和工作人员所受到的辐射降到“可合理达到的尽量低水平”。

（2）设备检修维护后，对设备的防护性能和设备性能进行检测，检测合格后方可继续使用。

2.承诺

（1）辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，确保辐射工作人员持证上岗。

（2）落实提出的各项辐射安全与防护措施，做到有效控制辐射安全的要求。

（3）加强辐射作业的安管理工作，严格落实辐射安全规章制度。

（4）配备与辐射工作相适应的监测仪器，严格落实监测计划。

（5）接受各级生态环境主管部门的监督检查。

（6）重新申领取得《辐射安全许可证》后方可开始试运行；按照《建设项目环境保护管理条例》《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，经验收合格，方可投入运行。

