

核技术利用建设项目

迁建 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统 项目环境影响报告表

中创新航技术研究院(江苏)有限公司

2023 年 4 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

迁建 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统 项目环境影响报告表

建设单位名称：中创新航技术研究院(江苏)有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：常州市金坛区科教路 166 号

邮政编码：213212

联系人：郑尧

电子邮箱： /

联系电话：

打印编号: 1681362140000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	4qql7s		
建设项目名称	迁建1台高精度微焦点工业CT检测系统项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	中创新航技术研究院(江苏)有限公司		
统一社会信用代码	91320413MA1MYHD7JX		
法定代表人 (签章)	王小强		
主要负责人 (签字)	郑尧		
直接负责的主管人员 (签字)	郑尧		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	江苏中政生态环境技术有限公司		
统一社会信用代码	91320105MA1YY24P09		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
吴健	2017035320352014320132000337	BH004360	吴健
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
吴健	表1项目基本情况、表2放射源、表3非密封放射性物质、表4射线装置、表5废弃物(重点是放射性废弃物)、表6评价依据、表7保护目标与评价标准、表8环境质量和辐射现状、表9项目工程分析与源项、表10辐射安全与防护、表11环境影响分析、表12辐射安全管理、表13结论与建议	BH004360	吴健

目 录

表 1 项目基本情况	2
表 2 放射源	- 7 -
表 3 非密封放射性物质	- 7 -
表 4 射线装置	- 8 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	20
表 10 辐射安全与防护	25
表 11 环境影响分析	30
表 12 辐射安全管理	38
表 13 结论与建议	47
表 14 审批	50

表 1 项目基本情况

建设项目名称		迁建 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统			
建设单位		中创新航技术研究院(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		常州市金坛区科教路 166 号			
项目建设地点		常州市金坛区科教路 166 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)	50	项目环保投资(万元)	10	投资比例(环保投资/总投资)	20%
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	/			

1、建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

中创新航技术研究院(江苏)有限公司原名为凯博能源科技有限公司、中航锂电技术研究院有限公司，成立于 2016 年 11 月 08 日，由中航锂电科技有限公司独资，注册地位于常州市金坛区科教路 166 号，经营范围包括一般项目：新兴能源技术研发；新材料技术研发；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；技术推广服务；电池制造。

中创新航技术研究院(江苏)有限公司 2017 年投资 27500 万元，分别建设实验基地（一期）6.14 万平方米、中试基地（一期）2.5342 万平方，并于 2017 年 10 月 13 日取得了《中航锂电技术研究院有限公司中航锂电技术研究院实验基地、中试基地(一期)项目环境影响报告书》的环评批复（坛环开审[2017]75 号），现有项目分实验基地、

中试基地，共涉及两个地块，均位于金坛区华罗庚科技产业园，其中中试基地位于明湖路与云龙山路东南侧，实验基地位于常州市金坛区科教路 166 号（即本项目）。2022 年 1 月投资 200000 万元建设研究院二期项目，新建实验室及厂房 64600m²，购置实验器材，形成国际领先的锂电池、新兴能源研发及测试能力，目前已取得常州市生态环境局关于“研究院二期项目”批复文件（常金环审〔2022〕10 号）。

1.2 项目建设规模及任务由来

为优化研究院实验基地测试能力布局及服从集团公司总体发展需求，经公司研究决定，拟将原位于实验基地研究院一期 Y03 厂房的一台高精度微焦点工业 CT 检测系统搬迁至实验基地研究院二期 Y07 厂房内，用于对公司研发的电池材料晶体结构进行无损检测。本次核技术利用建设项目情况详见表 1-1。

表 1-1 射线装置情况一览表

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
高精度微焦点工业 CT 检测系统 (phoenix v tome x M)	1	300	3.0	II	Y07 厂 房 CT 检 测实验 室	本次搬迁环评

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。受中创新航技术研究院(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、项目周边环境目标及项目选址情况

中创新航技术研究院(江苏)有限公司位于金坛区科教路 166 号，其地理位置见附图 1。

搬迁的 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统位于实验基地研究院二期 Y07#厂房 1 楼 CT 检测实验室内，所在的 Y07#厂房共计 4 层，无地下室，Y07 厂房所在的研究院

二期地块东侧隔着科文路为规划工业用地；南侧隔着长龙山路为江东钱荡月色小区，西侧为实验基地研究院一期厂区，北侧为科教路和空地。

CT 检测实验室东面为热学分析实验室，南侧为辅助设备间，西侧为双束电镜室，北侧为走廊，顶上为力学分析室 3。本项目周围 50m 范围内无学校、居民区等敏感目标。本项目所在的楼层及顶上楼层平面布置见附图 4~附图 5，项目总平面布置图详见附图 2。

3、原有项目核技术利用和许可情况

3.1 原有核技术利用环保手续履行情况

公司目前在位于明湖路与云龙山路东南侧的中试基地实验中心 Y12 厂房内配置有 4 台测厚仪，购置 4 枚活度均为 $1.554 \times 10^{10} \text{Bq}$ kr-85 密封放射源（V 类源）、在中试基地实验中心 Y16 厂房内配置有 8 台测厚仪，购置 8 枚活度均为 $1.48 \times 10^{10} \text{Bq}$ kr-85 密封放射源（V 类源）；实验基地研究院一期 Y03 厂房 1 楼 CT 检测实验室内在用 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统（本次搬迁）。公司现有核技术利用项目均已履行了环保手续，通过了竣工环保验收。公司已于 2022 年 6 月 13 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【D0297】），活动种类和范围为使用 V 类放射源，许可证有效期至 2027 年 6 月 6 日，见附件 3。

3.2 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》、《CT 操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《X 射线设备检修维护制度》、《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。由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11名，均已参加了辐射安全与防护培训并通过考核，考核成绩报告单见附件8，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，其中10人职业健康体检在有效期内，公司应及时安排另一名体检到期人员（李治君）参加在岗期间体检。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）企业现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置、门机联锁装置、急停按钮、视频监控和工作状态指示灯等安全措施。

（6）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，在用设备周边辐射剂量水平均能够满足标准要求，见附件10。

（7）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。

4、与产业政策的相符性

本项目使用工业 CT 检测装置对研发的电池新材料结构进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）（国家发展和改革委员会 2021 年令 第 49 号），本项目不属于鼓励类、限制类、淘汰类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

5、实践正当性

中创新航技术研究院(江苏)有限公司使用高精度微焦点工业 CT 检测系统的目的是为了对研发的电池新材料结构进行 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供产品质量的需求，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。

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	高精度微焦点 工业 CT 检测系 统	II	1	phoenix v tome x M	300	3.0	无损检测	CT检测实 验室	Y07厂 房
—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	(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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (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； (11) 《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； (12) 《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； (13) 《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），2018 年 6 月 9 日发布施行； (14) 《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； (15) 《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； （16）《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； （17）《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。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （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）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （7）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）； （8）《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。
其他	与项目有关的文件 （1） 委托书及承诺书，中创新航技术研究院(江苏)有限公司，见附件 1、2； （2） 现有辐射安全许可证及副本，见附件 3； （3） 主体工程（研究院二期项目）环评批复，见附件 4； （4） 前期工业 CT 环评批复及验收意见，见附件 5 （5） 《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 6； （6） 辐射安全和防护培训考核成绩报告单； （7） 体检报告； （8） 2022 年度在用设备辐射监测报告； （9） 设备厂家关于屏蔽防护说明函。

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 检测装置所在场所实体边界外 50m 作为评价范围。50m 评价范围内的周边环境概况图见附图 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 本项目周围保护目标一览表

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	相邻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
Y07 一楼	热学分析实验室2	公众人员	东侧5m	约15人	
	辅助设备间		南侧1m	流动人员	
	双束电镜室		西侧2.7m	约2人	
	走廊		北侧3.6m	流动人员	
	其他工作人员		四周2m	约25人	
Y07 二楼	力学分析室3		正上方1.44m	约2人	
	其他工作人员		上方东侧2m	约30人	
Y07三楼工作人员			正上方6m	约35人	
Y07四楼工作人员			正上方10m	约35人	
Y07楼外道路			南侧3.1m	流动人员	
一期车库楼			西侧41m	流动人员	
门卫			南侧50m	2人	

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。

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 γ 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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 μ Sv/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 μ Sv/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- 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/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° 入射探伤工件的 90° 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）工作人员、公众年剂量约束值（职业人员、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 $100\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv/周}$ ”）。

（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 2.5μSv/h。

②对照 GBZ117-2022 中 6.1.4，装置顶上为二楼力学分析实验室 3，故装置顶上关注点处周围剂量当量率参考控制水平取 2.5μSv/h。

5、参考资料

《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 γ 辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ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γ辐射剂量率的“均值±3 倍标准差”为其评价参考范围，即原野γ辐射剂量率参考范围取（50.4±21.0）nGy/h，室内γ辐射剂量率参考范围取（89.2±42）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

中创新航技术研究院(江苏)有限公司位于金坛区科教路 166 号，其地理位置见附图 1。

拟将现有 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统搬迁至实验基地研究院二期 Y07# 厂房 1 楼 CT 检测实验室内，实验基地研究院二期东侧隔着科文路为规划工业用地；南侧隔着长龙山路为江东钱荡月色小区，西侧为实验基地研究院一期厂区，北侧为科教路和空地。

CT 检测实验室东面为热学分析实验室 2，南侧为辅助设备间，西侧为双束电镜室，北侧为走廊，顶上为力学分析室 3。本项目 50m 范围内无学校、居民楼等敏感目标。本

项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及设备周围公众。本项目所在的楼层及顶上楼层平面布置见附图 4~附图 5，项目总平面布置图详见

附图 2。本项目工业 CT 装置迁建址周围环境照片见下图 8-1。

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 装置拟迁址周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟迁址周围 X- γ 辐射剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟迁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 7 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 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则，确定在中创新航技术研究院(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、监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：南京基越环境检测有限公司

监测日期：2023 年 1 月 5 日

天气：晴；温度：16℃；相对湿度：59%

监测仪器参数与规范见表 8-1。

评价方法：参考江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

检测结果及评价：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 项目周围辐射环境背景水平监测结果

点位编号	检测点位描述	检测值（nSv/h）
1	工业 CT 迁建址北侧（过道）	73
2	工业 CT 迁建址东侧（热学分析实验室 2）	70
3	工业 CT 迁建址南侧（辅助设备间 1）	67
4	工业 CT 迁建址西侧（双束电镜室）	71
5	工业 CT 迁建址中央（Y07 实验楼工业 CT 室）	75
6	工业 CT 迁建址顶上（力学分析室 3）	79
7	工业 CT 迁建址南侧室外道路	66

注：上表所列检测值已扣除宇宙射线响应值，结果均取 10 次读数平均值，仪器采用 ¹³⁷Cs 作为检定参考辐射源。

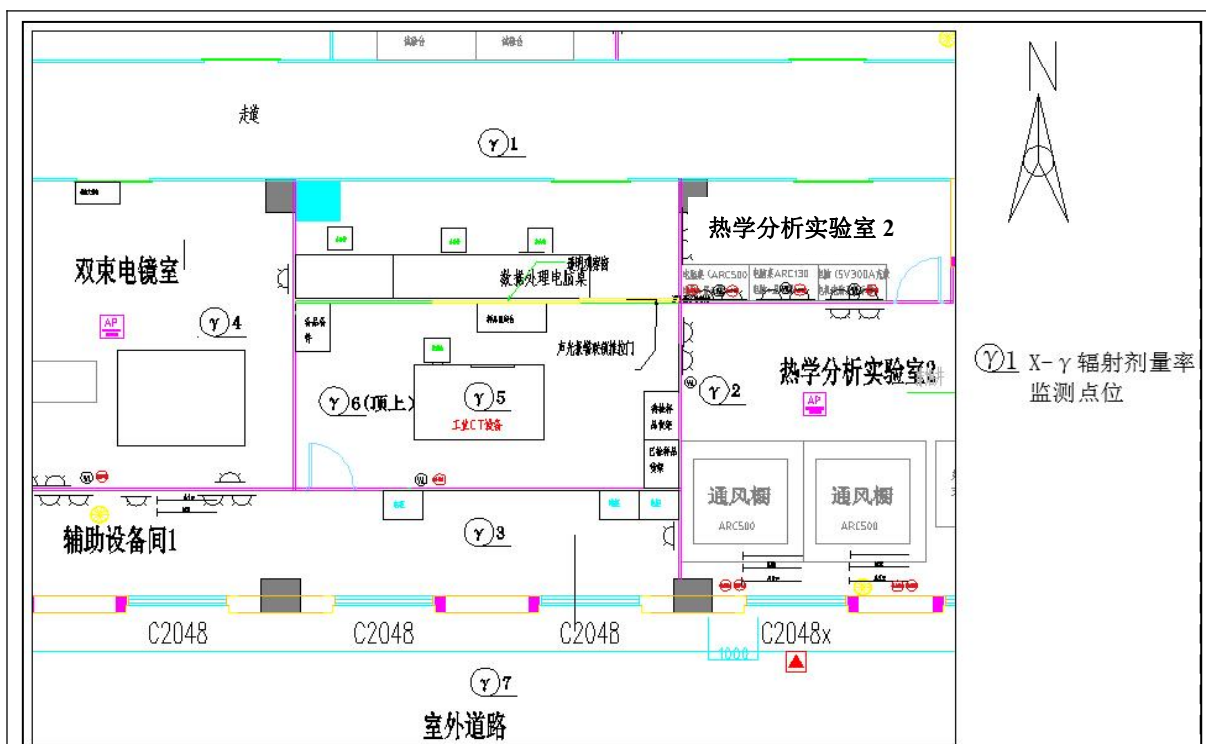


图 8-2 项目迁建址周围辐射监测布点图

由监测结果可知：本项目新建址周围辐射环境背景水平在 66nSv/h~79nSv/h 范围内，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）5.5 可知，本设备仪器采用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，故换算系数取 1.20Sv/Gy，换算后为 55nGy~65.8nGy 与江苏省天然环境γ辐射剂量率相比未见异常，处于江苏省天然环境γ辐射剂量率正常涨落范围内。

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

中创新航技术研究院(江苏)有限公司迁建 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统(最大管电压为 300kV, 最大管电流为 3.0mA), 用于开展 CT 检测。本项目所含设备由铅房(含工件门、检修门)、高压发生器、开管微焦点反射型的 X 射线管头、探测器、高压电缆、机械平台(载物台)及导轨、系统温控装置、射线管冷却系统及计算机控制台等组成。X 射线系统、X 射线探测系统和运动控制系统相关参数如下。

运动控制系统包括工件门与机械运动的工作平台。在控制台上通过手柄来控制开关门。通过工作平台下方的运动导轨实现工作平台(载物台)前后、左右、上下运动, 所有机械动作均有电机传动完成, 各动作有电气限位保护。载物台与铅房四周距离通过导轨运动发生变化, 载物台距离铅房西、南、北的最近距离均为 240mm, 距离东侧(X 射线管方向)铅房最近距离为 626mm。

操作人员可通过控制台上的操作手柄和鼠标完成各机械动作的控制。X 射线出束方向固定朝东侧, 无损检测时, 通过调整工件机械运动平台实现工件无损检测。

设备外观图及结构图见下图 9-1。装置内部工作平台(载物台)现状照片见图 9-2。

本设备采用铅板对 X 射线进行屏蔽, 定义工件门所在面为装置北侧, 则装置南侧为检修门, 正常工况下, 检修门为常关闭状态, 只有在设备检修维护时由厂家采用专用工具打开。本项目工业 CT 装置自带铅房内部空间狭小, 正常工况下, 人员无法通过工件门进入。

X 射线出束方向固定朝东侧, 探伤检测时, 通过调整工件机械运动平台实现工件的 CT 检测。所有待检测的工件由工作人员通过人工搬运至 CT 机工件门处, 打开工件门后由工作人员将工件摆放于操作平台上, 最后关闭工件门, 在操作台处通过手柄和鼠标实现工件的成像检测。

9.1.2 工作原理

微焦点 X 射线工业 CT 检测系统是集现代计算机软件技术、精密机械制造技术、光学技术、电子技术、传感器技术、无损检测技术和图像处理技术等于一体的高科技产品, 是进行产品研究、失效分析、高可靠筛选、质量评价、改进工艺等工作的有效手段。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减, 由图像增强器接收并转换成数字信号, 利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术, 将检测图像直接显示在显示器屏幕上, 可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息,

按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测的目的。

微焦点工业 CT 检测系统由铅房、高压发生器、开管微焦点反射型的 X 射线管头、探测器、高压电缆、机械平台、系统温控装置、射线管冷却系统及工作站电脑等组成。

X 射线管头主要由 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，阳极靶则根据应用的需要，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、钼等）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聚集成束，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。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

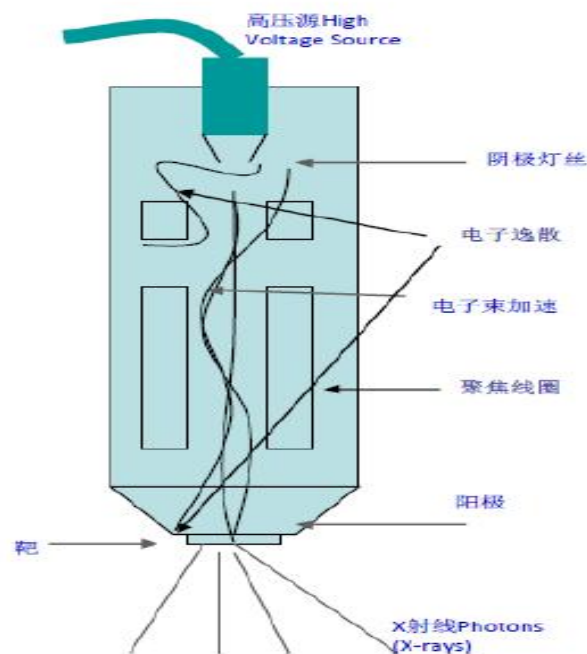


图 9-2 X 射线管结构图

9.1.3 工艺流程及产污环节

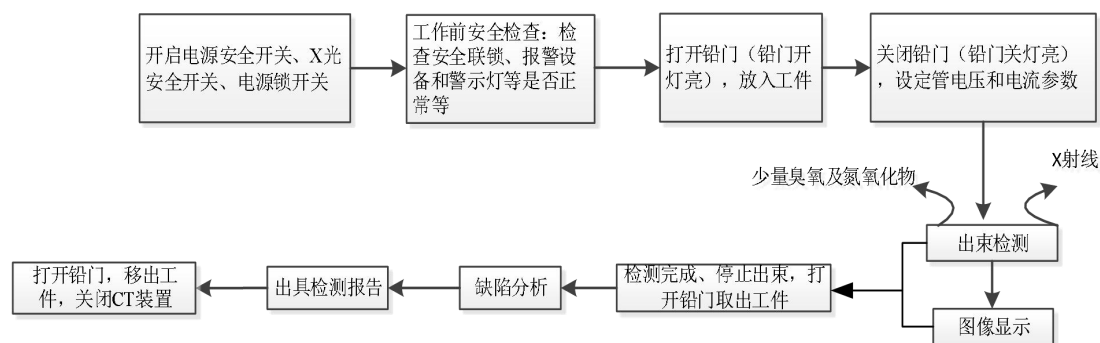


图 9-3 工艺流程及产污环节

检测过程描述：

工业 CT 装置工作时被检测工件放置于装置内，工作人员在操作台处进行操作，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，工作人员在操作台上设置参数；
- 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，曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件。

9.1.4 主要探伤工件

公司使用工业 CT 检测系统对研发的电池材料晶体结构进行 X 射线计算机断层扫描，从而显示断层结构图。主要探伤工件详见表 9-1。公司已配备 2 名辐射工作人员，本次不新增，且不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

表 9-1 主要探伤工件一览表

工件名称	检测频次	规格	生产班次	工作场所
研发电池材料	每天最多检测工件 5 次，每次检测时间约 30min，曝光时间	工件厚度为 15mm~30mm 左右	每天最大开机曝光时间 0.83h，全年工作时间 300 天，年	CT 检测实验室

	10min		开机总曝光时间为 249h	

9.2 污染源项描述

9.2.1 放射性源项

由高精度微焦点工业 CT 检测系统的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的高精度微焦点工业 CT 检测系统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。购置的工业 CT 检测系统最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA。

本项目 CT 装置为 3mm 铜滤过，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 得出 300kV 管电压 X 射线输出量为 $11.3 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，按最大管电压 3.0mA，可知距靶点 1m 处输出量为 $11.3 \times 18 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / \text{h}$ 。距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率取 $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

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 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

CT 检测装置在工作状态时，会使设备铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，其中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且人员不进入装置内，通过开关工件门及检修门进行换气，不定量分析，仅对周围环境影响作定性分析。

项目 Y07 大楼各实验室配有送排风系统，本项目 CT 检测实验室，换风风量约为 $900 \text{m}^3/\text{h}$ ，排风口位于楼顶，检测实验室体积约为 109m^3 ，CT 检测实验室每小时通风换气次数约为 8 次，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。

本项目为 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 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

该公司微焦点工业 CT 检测系统属于 II 类射线装置，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）拟对迁建的工作场所周边进行分区管理。

本项目工业 CT 检测系统由铅房、高压发生器、开管微焦点反射型的 X 射线管头、探测器、高压电缆、机械平台(载物台)及导轨、系统温控装置、射线管冷却系统及计算机操作台组成。

其中高压发生器、X 射线管头、探测器、机械平台(载物台)及导轨、系统温控装置、射线管冷却系统均位于设备铅房内；操作台与铅房单独分开，并位于铅房西北侧。

公司将工业CT检测系统铅房包围区域划为控制区，将CT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），入口设置门禁系统及声光报警连锁推拉门，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，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。工件门及检修门均设计有门机连锁装置，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。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。

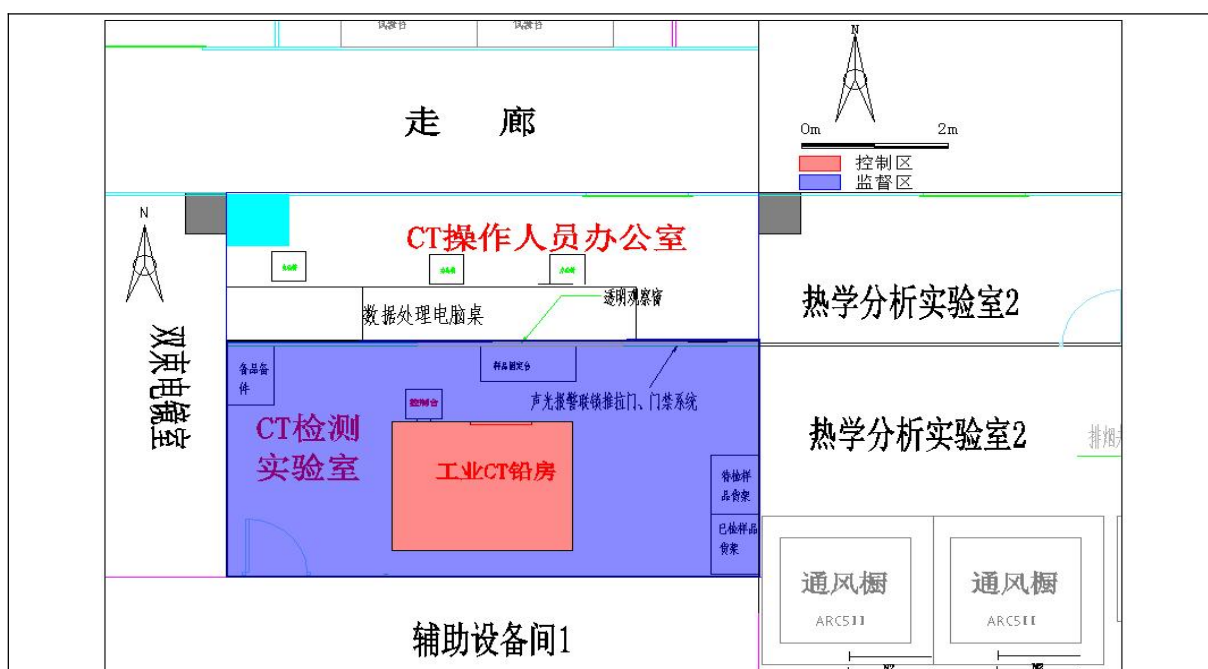


图10-1辐射工作场所平面布局图

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目工业 CT 装置由铅房和操作台组成，该装置尺寸：2.64m（长）×2.18m（宽）×2.06m（高），采用铅板+钢板对 X 射线进行屏蔽，工件门所在方向为北侧。

设备自带铅屏蔽体平面图和立面示意图见图10-2。

工件门与铅房上下、左右均搭接，搭接长度均为 12cm，门缝设计间隙小于 1cm；检修门与铅房上下、左右均搭接，搭接长度均为 10cm，门缝设计间隙小于 1cm。

10.1.3 辐射安全措施分析

（1）参照 GBZ117-2022 中关于固定探伤室探伤的放射防护要求，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。本项目工业 CT 设计时已充分考虑周围操作人员安全，自带铅房与操作台分开。工业 CT 有用线束朝东，操作台位于铅房西北侧，有用线束避开了操作台方向，因此符合要求；

（2）工件门及检修门均安装有门机联锁安全装置，只有在门完全关闭时工业 CT 装置才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射；

（3）工业 CT 装置自带三色工作状态指示灯，指示灯与设备联锁且工作时指示灯闪烁；本项目设备内部空间狭小，工件门较小，工作过程中人员无法进入设备铅房内，考虑到检修过程中打开检修门，因此在操作台及设备内部各安装 1 个急停按钮，操作台紧邻工件门外，故工件门外未设急停按钮。

（4）参照 GBZ117-2022 中 6.1 并根据装置实际情况，企业拟在监督区入口门上

安装带有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与设备联锁，同时在醒目的位置处设置对“照射”和“预备”信号意义的说明；

（5）参照 GBZ117-2022 中 6.1 并根据装置实际情况，铅房内部设置有视频监控设施，同时拟在 CT 检测实验室内安装视频监控设施，操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）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；

（7）工件门、检修门及设备所在的 CT 检测实验室入口处设置电离辐射警告标志及中文警示说明，监督区入口设置门禁系统；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；

（8）工业 CT 检测系统产生的少量废气排入 CT 检测实验室后，通过实验室内的通风换气设施，将检测时产生的少量废气排至大气环境中；

（9）控制台设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，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；

上述已采取及拟采取的辐射安全措施，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关安全联锁、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。辐射安全措施分布示意图及现状照片见图 10-3~10-4。

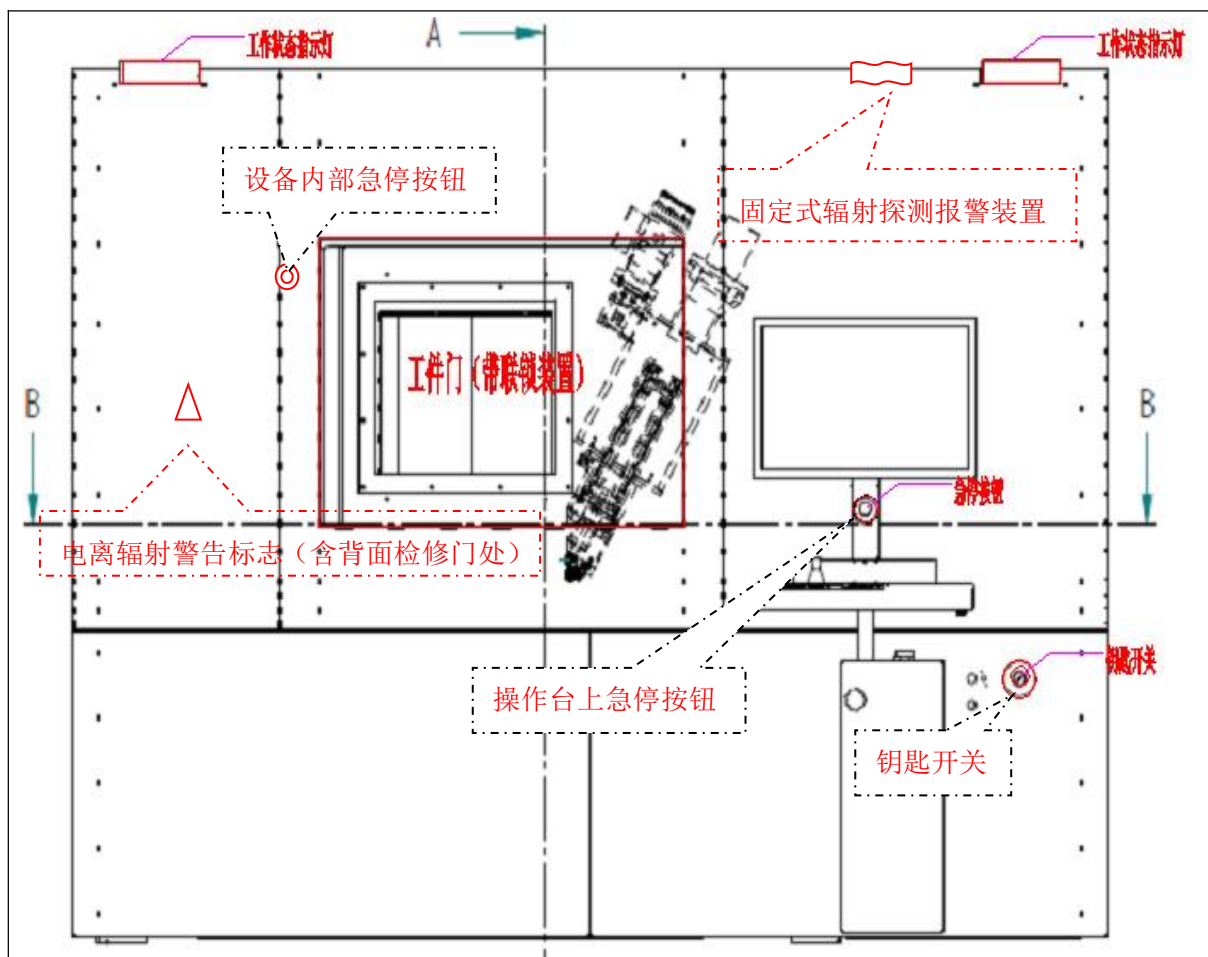
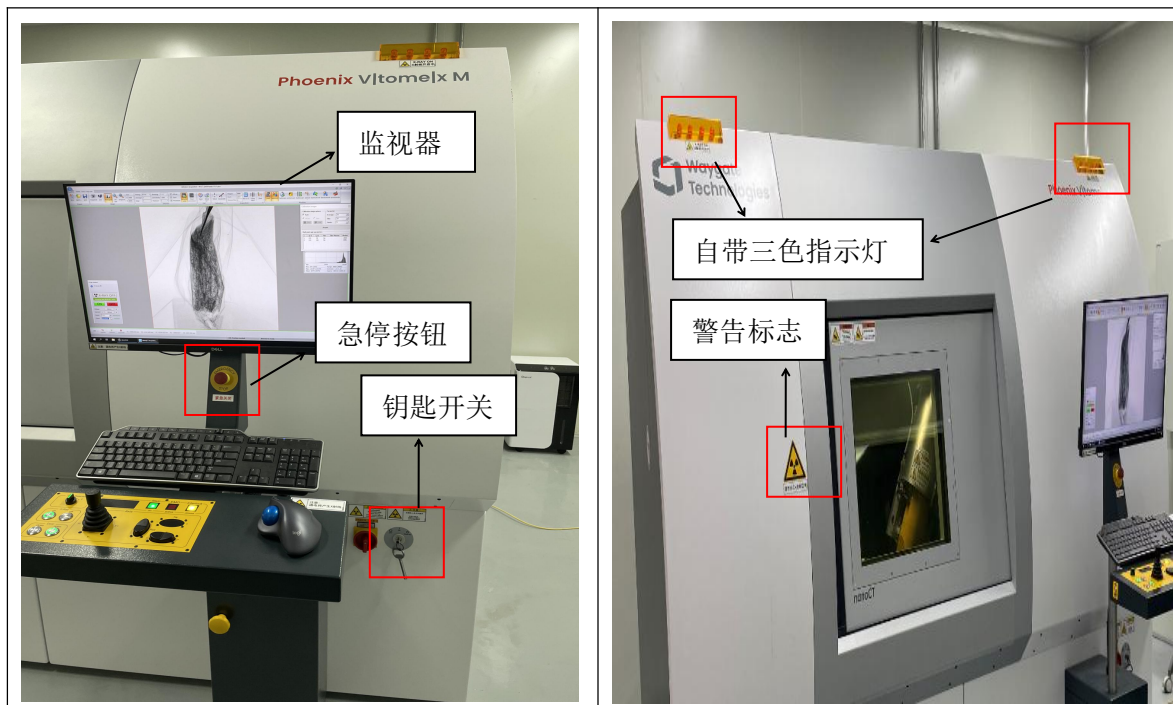


图 10-3 辐射安全措施分布图



10.2 三废的治理

本项目运行后不会产生放射性固体废物和放射性液体废物，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。项目铅房内部空间狭小，设备自带铅房为一

体化设计建造安装，设备铅房内设置通风口会影响设备整体屏蔽防护结构及设备安全性，故综合考虑，设备内部未设机械排风设施，通过工件门开启及关闭过程中实现通风换气，产生的废气扩散至 CT 检测实验室内，其中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，通过 CT 检测实验室内的排风系统排至室外。

项目所在 Y07 大楼各实验室配有送排风系统，本项目 CT 检测实验室，换风风量为 $900\text{m}^3/\text{h}$ ，排风口位于楼顶，检测实验室体积约为 109m^3 ，CT 检测实验室每小时通风换气次数约为 8 次，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，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

本项目迁建的高精度微焦点工业 CT 检测系统为自带铅房一体化装置，安装调试后即可使用，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 24mm，钢板厚 14mm；非主射方向铅板厚 16mm~20mm，钢板厚 13mm，本环评按等效后的铅当量进行理论计算。

11.2.1 运行期工业 CT 周围辐射水平估算

(1) 计算公式

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。主射方向东侧（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。

①有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的剂量率H（μSv/h）按（1）式计算，H 关注点的周或年剂量当量按（1）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），3.0mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/（mA·h），由附录表B.1 查 300kV 管电压在 3mm铜滤过条件下的最大输出量，经转换后为 6.78×10⁵ μSv·m²/（mA·h）；

B—屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B.1 曲线，查图得 B 值为 1.2×10⁻⁶；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。射线束距各关注点的距离见表 11-1。预测关注点示意图见图 11-1。

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：

H—泄漏辐射在关注点处的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B—屏蔽透射因子，对于给定的屏蔽物质厚度X，相应的辐射屏蔽透射因子B按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (3)$$

X—屏蔽物质厚度，与TVL取相同的单位；

TVL—见附图B表B.2，查 300kV下附录B表B.2 的铅什值层取值为 5.7mm；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），见图 11-1；

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 $\mu\text{Sv/h}$ ，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1， H_L 取 $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

③散射辐射所致屏蔽体外关注点剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad (4)$$

式中：

B—屏蔽透射因子，200~300kV 的 X 射线经 90°散射后的能量均为 200kV；查 200kV 下附录 B 表 B.2 的铅什值层取值为 1.4mm，根据上式（3）计算得出；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，由附录表 B.1 查 300kV 管电压时的最大输出量，经转换后为 $6.78 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

F— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

R_0 —辐射源点（靶点）至待测工件的距离，单位为米（m）；

a—散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^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/T 250-2014）中的见附录 B 表 B.3；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

④关注点的周剂量水平估算：

$$H_c = H_{c,d} * t * T * U \quad (5)$$

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，h/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。

（2）关注点位置

工业 CT 检测室东西长约 7.8m、南北宽约 4.0m、高约 3.5m，东面为热学分析实验室，南侧为辅助设备间，西侧为双束电镜室，北侧为走廊，顶上为力学分析实验室。CT 装置位于一楼，无地下建筑，故不考虑 CT 装置底部关注点。工业 CT 机的外部尺寸为长 2.64m×宽 2.18m×高 2.06m。关注点位置说明见表 11-1 及图 11-1。

（3）关注点处剂量率理论计算结果

由预测结果可知，本项目工业 CT 机铅房东、南、西、北表面 30cm 处的周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；装置铅房顶上 30cm 处周围剂量当量率也不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，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。

（4）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 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) 加以控制。”

为进一步估算天空反散射在厂房内设备周围地面造成的辐射影响，根据 NCRP-151 报告中公式，计算公式如下：计算：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} \left(B_{xs} D_{10} \Omega^{1.3} \right)}{(d_i d_s)^2} \quad (6)$$

式中：H—在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)；

B_{xs} —X 射线屋顶（铅房）的透射比，本次取 1.01×10^{-3} ；

D_{10} —距辐射源点（靶点）1m 处标准参考点的吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；铅房顶为非有用线束方向，故本次取距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；

Ω —射线源与屋顶（铅房）之间包含的立体角， Sr ；

d_i —在屋顶（铅房）上方 2m 处离靶的垂直距离，m，本次取 3.18m；

d_s —射线源与关注点的距离，m。

射线源与屋顶（铅房）之间包含的立体角 Ω 可由下式进行计算，计算示意图见图 11-2。

$$\Omega = 4 \tan^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \quad (7)$$

式中： a —铅房顶长度之半，取 1.32m；

b —铅房顶宽度之半，取 1.09m；

c —射线源到铅房顶表面中心的距离，取 0.98m；

d —射线源到铅房顶边缘的距离，且 $d = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，取 1.97m。

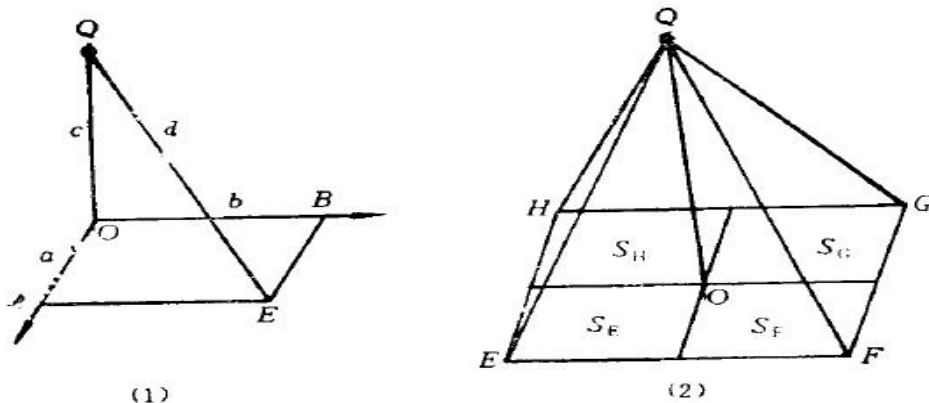


图 11-2 计算立体角的示意图

本次预测 X 射线透过铅房顶到达顶上 2m 处经天空反散射至距离铅房最近的 CT 检测实验室南墙外 30cm 处（辅助设备间）的公众人员及距离辐射源最近的铅房外职业工作人员的辐射剂量。根据预测结果可知，距离铅房最近的公众人员活动区域地面天空反散射剂量较小，叠加 X 射线透过铅房的辐射剂量率仍能够满足评价标准要求。

（5）保护目标剂量评价

①职业照射

公司为单班制生产，工作 8 小时，每天实际检测工件 5 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 0.83 小时/天，平均每周工作 5 天，则每周开机时间 4.15 小时/周，每年工作 300 天，则一年开机时间为 249 小时。本次迁建后不增加工作负荷，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，保守估算职业工作人员年有效剂量，具体计算结果见下表 11-8。

表 11-8 职业工作环境关心点剂量率水平理论计算结果

序号	关注点名称	方位	周围剂量当量率 (μSv/h)	周剂量当量 (μSv/周)	年剂量当量 (mSv/a)
1	CT 装置北侧外表面 30cm 处①	北侧（包括工件门）（散射、漏射）	1.72	7.14	0.43

工业 CT 机周围职业人员（操作位位于设备前方右侧）叠加天空反散射后周围剂量当量率为 1.72μSv/h、年有效剂量为 0.43mSv/a，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 100μSv/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职业人员的目标管理限值，即 5mSv/a。

②公众照射

根据“辐射水平与距离平方成反比”，可估算出各保护目标分布区域的辐射剂量率水平，有效受照剂量 E 的计算方法见公式（8），相关数值和估算结果见表 11-9。

$$E = \frac{H_c / 1000 \cdot R^2}{R_b^2} \times t \times T \quad (8)$$

式中：

H_c：关注点的辐射剂量率估算值，μSv/h，取值见表 11-5；

R：关注点与辐射源的距离，m，取值见表 11-1；

R_b：保护目标分布场所至辐射源的距离，m；

t：本项目全年 X 射线出束时间，h，本次取 249h；

T：相应场所保护目标的居留因子。

表 11-9 公众环境关心点剂量率水平理论计算结果

关注点	保护目标分布场所	距离	t (h)	方位	周围剂量当量率 (μSv/h)	居留因子	周剂量当量 (μSv/周)	年剂量当量 (mSv/a)
-----	----------	----	-------	----	-----------------	------	---------------	---------------

③	CT 检测实验室东墙外 30cm 处（热学分析实验室）⑥	4.13	249	东侧（主射）	0.14	1	0.59	0.036
②	CT 检测实验室南墙外 30cm 处（辅助设备间）⑦	1.7		南侧（散射、漏射）	0.78	1/16	3.23	0.012
④	CT 检测实验室西墙外 30cm 处（双束电镜室）⑧	3.9		西侧（散射、漏射）	0.15	1	0.62	0.037
⑤	CT 检测实验室上方 1.5m 处（力学分析实验室）⑩	4.12		顶（散射、漏射）	0.30	1	1.23	0.074

由表 11-9 可知，本项目工业 CT 机公众关注点周剂量当量小于 3.23 μ Sv/周、年剂量当量值小于 0.074mSv/a，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 μ Sv/周，也满足本次评价公众照射管理限值（0.1mSv）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（0.10mSv）要求。

该公司为加强对工业 CT 检测装置工作场所的辐射安全管理，将 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 检测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。

11.2.2 电缆管道辐射防护评价

本项目工业 CT 设备所有电缆管道均为“U 型”电缆管道，电缆管道出入口处均有一定屏蔽厚度的铅盖板，不会破坏自带铅屏蔽体屏蔽效果，射线在电缆管道内至少经过三次以上的散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189 “如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目 CT 电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

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，扩散至 CT 检测实验室内，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。项目 Y07 大楼各实验室配有送排风系统，本项目 CT 检测实验室，换风风量约为

900m³/h，排风口位于楼顶，检测实验室体积约为 109m³，CT 检测实验室每小时通风换气次数为约 8 次，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，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。

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。

本项目为搬迁项目，不新增管理人员和操作人员。中创新航技术研究院(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，原有专职负责工业 CT 的 2 名辐射工作人员继续从事 X 射线 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，应当每隔五年再次参加考核，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 11 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；本项目为迁建项目，投运后全厂涉辐射的设备数量不会增加，不新增辐射工作人员。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。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《工业 CT 操作规程》。

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都已制定了明确的操作规程（包括开机检查、门机连锁检查、佩戴个人剂量仪等一系列工作），操作人员须按操作规程进行操作。

b. 操作人员须熟悉 CT 机的性能和使用方法，做好个人防护，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射线装置、测厚仪进行使用登记，建立射线装置及射线源使用登记的台帐，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) 《工业 CT 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》中的要求定期检查工业 CT 门机联锁、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和 1 台工业 CT 装置进行辐

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射线装置及放射源年度监测，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 10。

（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，测厚仪及工业 CT 机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，企业已制定了健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、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：完善《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。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 11 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，已安排从事探伤的工作人员在上岗前进行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。公司分别于 2021 年 12 月和 2022 年 2 月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，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；已委托南京瑞森辐射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 11 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，10 名工作人员体检报告在有效期内，企业应尽快安排另一名辐射工作人员参加职业健康体检。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培训，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；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、操作台	X-γ辐射空气吸收剂量率	《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）：各关注点周围剂量当量率不大于 2.5μGy/h	每季度一次，发现异常时适当增加监测频次
各屏蔽墙外			
电缆口处			
其他人员可达部位			

12.3.2 环境监测仪器配备

本项目已安排 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 1 台 A15 型辐射剂量巡测仪和 6 台 DP802i 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。人员进入工业 CT 检测装置工作场所时随身佩戴。配置的个人剂量报警仪、辐射巡测仪和个人剂量计见下图 12-1。



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。

中创新航技术研究院(江苏)有限公司目前已制定了《辐射事故应急方案》，应按照国家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

中创新航技术研究院(江苏)有限公司使用高精度微焦点工业 CT 检测系统的目的是为了对研发的电池新材料结构进行 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：

迁建的 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统位于 Y07#厂房 1 楼内的 CT 检测实验室内，其东面为热学分析实验室 2，南侧为辅助设备间，西侧为双束电镜室，北侧为走廊，顶上为力学分析室 3。本项目周围 50m 范围内无居民点等敏感目标。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 检测装置设有铅房和操作台，铅房和操作台单独分开设置；同时将工业 CT 安装于 CT 检测实验室内，将工业 CT 检测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)中关于操作室和铅房分开设置及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本项目投入使用后工业 CT 自带屏蔽铅房的屏蔽能力能达到《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:

设备自带的三色工作状态指示灯及 CT 检测实验室门外拟设的具“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置,均与设备 X 射线管高压装置联锁;工件门及检修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;控制台及设备铅房内部安装有急停按钮,控制台安装有钥匙开关;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;设备电缆口位于设备底部,并采用与同侧屏蔽厚度的铅盖板防护。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,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(职业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，中创新航技术研究院(江苏)有限公司迁建一台高精度微焦点工业 CT 检测系统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：

- 1) 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。
- 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) 自行不定期对辐射工作场所进行监测，及时排除事故隐患。

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

项目防护措施“三同时”一览表

表 1 辐射污染防治措施“三同时”一览表

项目	“三同时”措施		预期效果	投资 (万元)
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 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。		满足《《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	—
辐射安全防护措施	屏蔽措施	CT 装置为自带屏蔽铅房，尺寸为 2.64m(长)×2.18m(宽)×2.06m(高)；工件门所在面为北侧，则装置六面体屏蔽措施为：北侧：20mm 铅板+3mm 钢（等效铅当量 21.08mmpb）；南侧：18mm 铅板+3mm 钢（等效铅当量 19.08mmpb）；东侧(主射面)：24mm 铅板+4mm 钢（等效铅当量 25.17mmpb）；西侧：18mm 铅板+3mm 钢（等效铅当量 19.08mmpb）；顶部：16mm 铅板+3mm 钢（等效铅当量 17.08mmpb）；底部：16mm 铅板+3mm 钢（等效铅当量 17.08mmpb）。设有工件门和检修门，工件门及检修门均设门机联锁装置，工件门尺寸为 0.95m（长）×0.85m（宽），3mm 钢板+20mm 铅板；检修门尺寸为 2.06m（高）×1.7m（宽）。工件门与屏蔽体的重叠尺寸大于 10cm，门与屏蔽体的间隙小于 1cm。	满足（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤 室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的周围剂量当量率要求。辐射工作人员及公众成员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目剂量管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.10mSv。	/
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯等）	1、工件门及检修门设置与 X 射线管高压联动的门-机安全联锁装置。 2、控制台上安装急停按钮和钥匙开关；设备铅房内安装急停按钮。 3、自带三色工作指示灯及 CT 检测实验室门外“预备”、“照射”状态指示灯及声音提示装置，均与设备联锁。 4、设备和 CT 检测实验室入口处均设置“当心电离辐射”警告标志。 5、公司将辐射工作场所划分控制区和监督区，实行分区管理，开机条件下，控制区内严禁任何人员进入，监督区内严禁非辐射工作人员进入。 6、CT 检测实验室内配置通风换气设施确保每小时通风换气次数不低于 3 次。	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的管理要求，设置门-机联锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯及紧急停机按钮等各项措施。	9

人员 配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员自主学习相关辐射安全与防护，并在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业。	满足《江苏省辐射污染防治条例》及国家法律法规要求。	0.5
	个人剂量监测	委托有资质单位每季度至少开展一次个人剂量监测		0.5
	职业健康体检	委托有资质单位每两年至少开展一次职业健康体检		
监测 仪器 防护 用品	企业已配备 1 台 A15 型辐射剂量巡测仪和 6 台 DP802i 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。		满足《江苏省辐射污染防治条例》及《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）的要求。	/
	所有辐射工作人员均配备个人剂量计，定期送检			/
辐射 安全 管理 制度	完善操作规程，岗位职责，辐射防护和安全保卫制度，设备检修维护制度，射线装置使用登记和台帐管理制度，人员培训计划，监测方案，辐射事故应急措施			每年投入

以上措施必须在本项目试运行前落实。