

核技术利用建设项目

新增一台高精度微焦点工业 CT 检测系统 环境影响报告表

凯博能源科技有限公司

2022 年 1 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增一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：凯博能源科技有限公司

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：***



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer



本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，具有环境影响评价工程师的职业水平和能力。

姓名：吴健

证件号码：[Redacted]

性别：男

出生年月：1986年12月

批准日期：2017年05月21日

管理号：2017035320352014320132000337



南京市社会保险个人参保缴费证明(医保)

姓名:吴健

身份证:[Redacted]

社会保障卡号:1883038415

验证码:5WY239CD0A

参保状态:单位参保

单位名称:江苏中政生态环境技术有限公司

打印方式:网上

最近一年医疗保险缴费情况

缴费月份	医疗保险			医疗保险(生育)			缴费单位名称	
	到账	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳(含大病)	到账	缴费基数		单位缴纳
2020/10	√	4400	396	98	√	4400	35.2	南京科泓环保技术有限责任公司
2020/11	√	4400	396	98	√	4400	35.2	南京科泓环保技术有限责任公司
2020/12	√	4400	396	98	√	4400	35.2	南京科泓环保技术有限责任公司
2021/01	√	4400	396	98	√	4400	35.2	南京科泓环保技术有限责任公司
2021/02	√	4400	396	98	√	4400	35.2	南京科泓环保技术有限责任公司
2021/03	√	4400	396	98	√	4400	35.2	(补)江苏中政生态环境技术有限公司
2021/04	√	4400	396	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
2021/05	√	4400	396	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
2021/06	√	4400	396	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
2021/07	√	4400	396	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
2021/08	√	4400	352	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
2021/09	√	4400	352	98	√	4400	35.2	江苏中政生态环境技术有限公司
1992年10月至2021年9月医疗保险缴费情况								
累计缴费月数		当前单位缴费月数				累计欠费月数		
101		7				0		

说明:1、本证明采用电子验证方式,不再加盖红色公章。如需核对真伪,请登陆南京市社会保险参保缴费证明验证平台(<https://m.mynj.cn:11096/njwsbs/yzpt.jsp>),凭本证明右上方的10位验证码验证。2、本证明复印件有效,验证码可重复使用。3、验证码由个人妥善保管,谨防泄露。4、咨询电话:12333。

打印时间:2021年10月21日 10:33:38



目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	- 4 -
表 3 非密封放射性物质.....	- 4 -
表 4 射线装置.....	- 5 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	6
表 6 评价依据.....	7
表 7 保护目标与评价标准.....	9
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析与源项.....	18
表 10 辐射安全与防护.....	23
表 11 环境影响分析.....	28
表 12 辐射安全管理.....	40
表 13 结论与建议.....	48
表 14 审批.....	51

附图

附图一 项目地理位置图	
附图二 项目所在的厂区总平面布置图	
附图三 周边环境概况及环境保护目标图	
附图四 项目所在的 Y03 楼一楼平面布置图	
附图五 项目所在的 Y03 楼二楼平面布置图	
附件	
附件一 委托书	
附件二 承诺函	
附件三 辐射安全许可证正副本	
附件四 主体工程环评批复	
附件五 监测报告及资质证书	
附件六 辐射安全管理领导小组	
附件七 辐射安全培训合格证书	
附件八 体检报告	
附件九 2020 年度在用辐射设备监测报告	
附件十 屏蔽防护说明（厂家盖章确认）	
附件十一 专家意见及修改清单	
附件十二 复核意见及修改说明	

表 1 项目基本情况

建设项目名称	新增一台高精度微焦点工业 CT 检测系统				
建设单位	凯博能源科技有限公司				
法人代表	潘芳芳	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)	800	项目环保投资(万元)	19	投资比例(环保投资/总投资)	2.4%
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m ²)	/
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	/			
	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					
<p>凯博能源科技有限公司原名为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。</p> <p>凯博能源科技有限公司 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；本项目位于现有项目的实验基地</p>					

内，主要为中试基地及关联企业技改提供技术服务。

1.2 项目建设规模及任务由来

公司为提高产品质量，满足市场竞争需求，投资 800 万在现有项目的实验基地 Y03 厂房 1 楼 CT 检测实验室内购置 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统，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

序号	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	使用情况	环评审批及许可情况	验收情况
1	高精度微焦点工业 CT 检测系统(Phoenix v tome x M)	1	300	3.0	II	CT 检测实验室	未使用	本次环评	/

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。受凯博能源科技有限公司委托，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及项目选址情况

凯博能源科技有限公司位于金坛区科教路 166 号，其地理位置见附图 1。

新增的 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统位于实验基地 Y03#厂房 1 楼 CT 检测实验室内，实验基地东侧为二期预留空地；南侧隔着长龙山路为江东钱荡月色小区，西侧隔着中兴路为华罗庚高新技术产业开发区管委会，北侧为科教路和空地。

CT 检测实验室东面为理化分析室，南侧为走廊及力学分析室，西侧为走廊及庭院，北侧为校准实验室，顶上为走廊。本项目购置的高精度微焦点工业 CT 检测系统周围 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

公司目前在实验中心 Y12 厂房内配置有 4 台测厚仪，购置 4 枚活度均为 $1.554 \times 10^4 \text{Bq}$ kr-85 密封放射源（V 类源）、在 Y15 厂房内购置 1 台 III 类射线装置（扫描电子显微镜）。公司现有核技术利用项目均已履行了环保手续。公司已于 2020 年 11 月 02 日重新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 2022 年 5 月 25 日。

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）》（国家发展和改革委员会 2019 年令第 29 号），本项目不属于鼓励类、限制类、淘汰类。根据《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（苏政办发[2013]9 号）的相关规定，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

凯博能源科技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	/	
—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 (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		
—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) 《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>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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</p>
----------	---

	<p>知》（苏政发〔2020〕49号），2020年6月21日印发实施；</p> <p>（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；</p> <p>（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。</p>
技术标准	<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X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）；</p> <p>（7）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）。</p>
其他	<p>与项目有关的文件</p> <p>（1）委托书及承诺书，凯博能源科技有限公司，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）辐射安全管理领导小组；</p> <p>（6）辐射安全和防护培训证书；</p> <p>（7）体检报告；</p> <p>（8）2020年度在用测厚仪辐射监测报告。</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 本项目周围环境及保护目标

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
			方位及距离	规模（人）	
厂内辐射工作人员	辐射工作人员		CT检测装置周围	2人	关注点处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h，CT机顶上剂量当量率不大于100μSv/h，辐射工作人员剂量约束限值不超过5mSv，公众成员剂量约束限值不超过0.10mSv
厂区其他工作成员	公众人员	Y03楼	东侧5m理化实验室	10人	
			北侧5m校准实验室	5人	
			南侧10m力学分析室	10人	
			西侧5m走廊及庭院	流动人员(最大约20人次)	
			顶上走廊	流动人员(最大约30人次)	
	Y04楼工作人员	东南侧30m	20人		
	车库楼流动人员	南侧38m	流动人员(最大约50人次)		

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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）（摘录）：

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 X 射线探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置或探伤机）进行探伤的工作。

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避免有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 100 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 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。

4.1.4 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 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射

线照射。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。

4.1.6 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。“预备”信号应持续足够长的时间，以确定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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.2 安全操作要求

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率,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，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前,应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

4.2.4 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。

4.2.5 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。

4.2.6 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大必须开门探伤，应遵循 5.1、5.3、5.4、5.5 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

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)评价标准,确定本项目的管理目标职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值 1/4 取值,公众按照 1/10 取值。关注点剂量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$,对于不需要人员到达的项,其 30cm 处的剂量率参考控制水平取 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目辐射剂量率控制水平:工业 CT 装置表面外 30cm 处辐射剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$; 顶上 30cm 处人员不可到达,其 30cm 处的剂量率不超过 $100\mu\text{Sv/h}$ 。工业 CT 装置位于 Y03# 厂房 1 楼,厂房共计 3 层,项目楼顶上为二楼走廊区域。本项目自辐射源点到 CT 检测装置顶内表面边缘所张立体角区域内仅有二楼走廊区域,邻近建筑物不在该立体角区域内,故二楼走廊处的辐射剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

辐射剂量控制水平:职业人员年有效剂量不超过 5mSv ; 公众年有效剂量不超过 0.1mSv ; 职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$; 公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ 。

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。

江苏省天然贯穿辐射水平调查结果 (单位: nGy/h)

	室外剂量率	室内剂量率
范围	62.9~101.9	77.2~152.4
均值	79.5	115.1

标准差 (S)	7.0	16.3
---------	-----	------

根据上表，本报告取江苏省室内贯穿辐射水平调查结果中的“均值±3 倍标准差”为其评价参考范围，即室外贯穿辐射水平参考范围取 (79.5±21.0) nGy/h，室内贯穿辐射水平参考范围取 (115.1±48.9) nGy/h。

- 2) 《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。
- 3) 《辐射防护导论》，方杰主编。

表 8 环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

凯博能源科技有限公司位于金坛区科教路 166 号，其地理位置见附图 1。

新增的 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统位于实验基地 Y03#厂房 1 楼 CT 检测实验室内，实验基地东侧为二期预留空地；南侧隔着长龙山路为江东钱荡月色小区，西侧隔着中兴路为华罗庚高新技术产业开发区管委会，北侧为科教路和空地。

CT 检测实验室东面为理化分析室，南侧为走廊及力学分析室，西侧为走廊及庭院，北侧为校准实验室，顶上为走廊。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 装置拟建址周围环境照片见下图 8-1。





图 8-1 本项目周边环境现状照片

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 装置拟放置位置周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟放置位置四周 X- γ 辐射剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟放置位置及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置拟放置位置及周围，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 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则，确定在凯博能源科技有限公司工业 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：2021 年 10 月 30 日

天气：晴；温度：15℃；相对湿度：53%

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

	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
监测仪器	ESMFH40G/ FHZ672E-10 型 X、γ辐射 剂量当量率 仪	设备编号：JYYQ118； 能量响应范围： 主机 36keV~1.3MeV； 探测器 48keV~4.4MeV； 量程范围：主机：10nSv/h~1Sv/h； 探测器 1nSv~100μSv/h；	Y2019-0 058809	2021.8.5 ~ 2022.8.4	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）				

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 拟建址北侧	56
2	工业 CT 拟建址东侧	58
3	工业 CT 拟建址南侧	50
4	工业 CT 拟建址西侧	54
5	工业 CT 拟建址中央	56
6	工业 CT 拟建址顶上	61

注：上表所列检测值均未扣除宇宙射线响应值

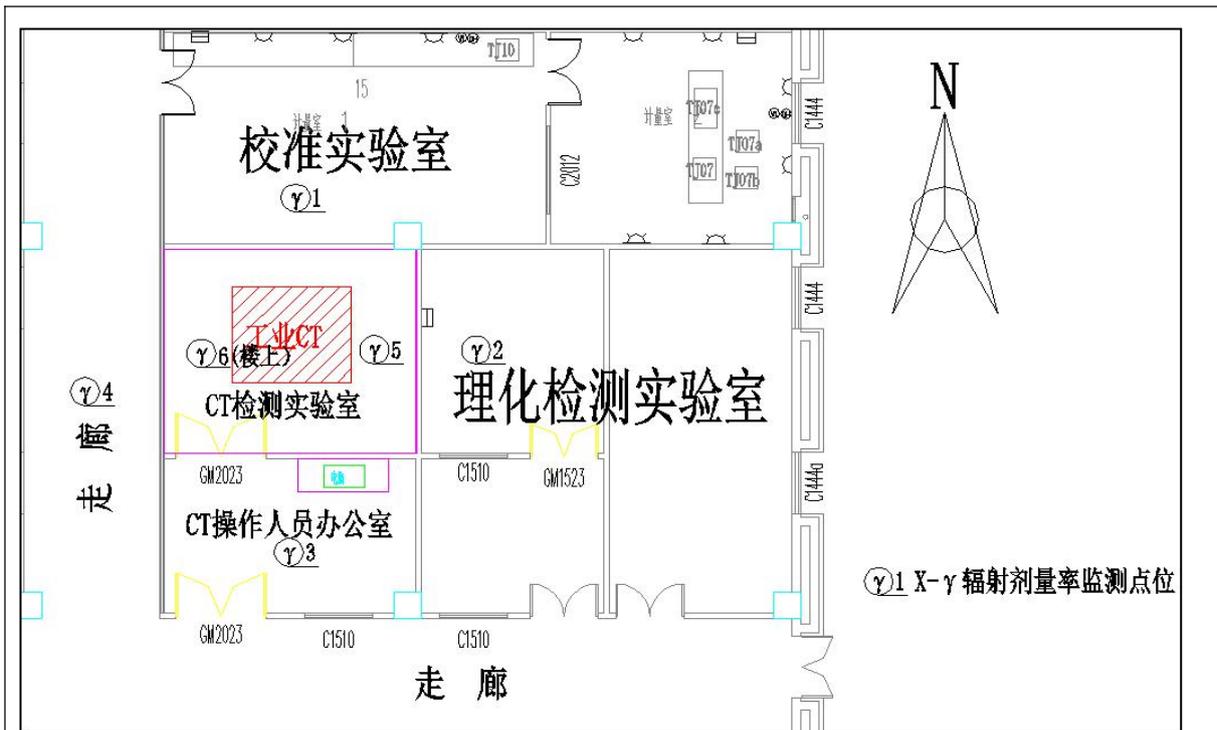


图 8-2 项目拟建址周围监测布点图

由监测结果可知：本项目新建址周围辐射环境背景水平在 50nSv/h~61nSv/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 41.6nGy~50.8nGy 与江苏省天然贯穿辐射水平相比未见异常，处于江苏省环境天然贯穿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

凯博能源科技有限公司新增 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、系统温控装置、射线管冷却系统及计算机控制台等组成。

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。机械运动工作平台可支持上下、左右等三维机械动作，能满足被检测工件任何位置的检测要求。所有机械动作均有电机传动完成，各动作有电气限位保护。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左，探伤检测时，通过调整工件机械运动平台实现工件各个方位的探伤检测。

设备外观图及结构图见下图 9-1。

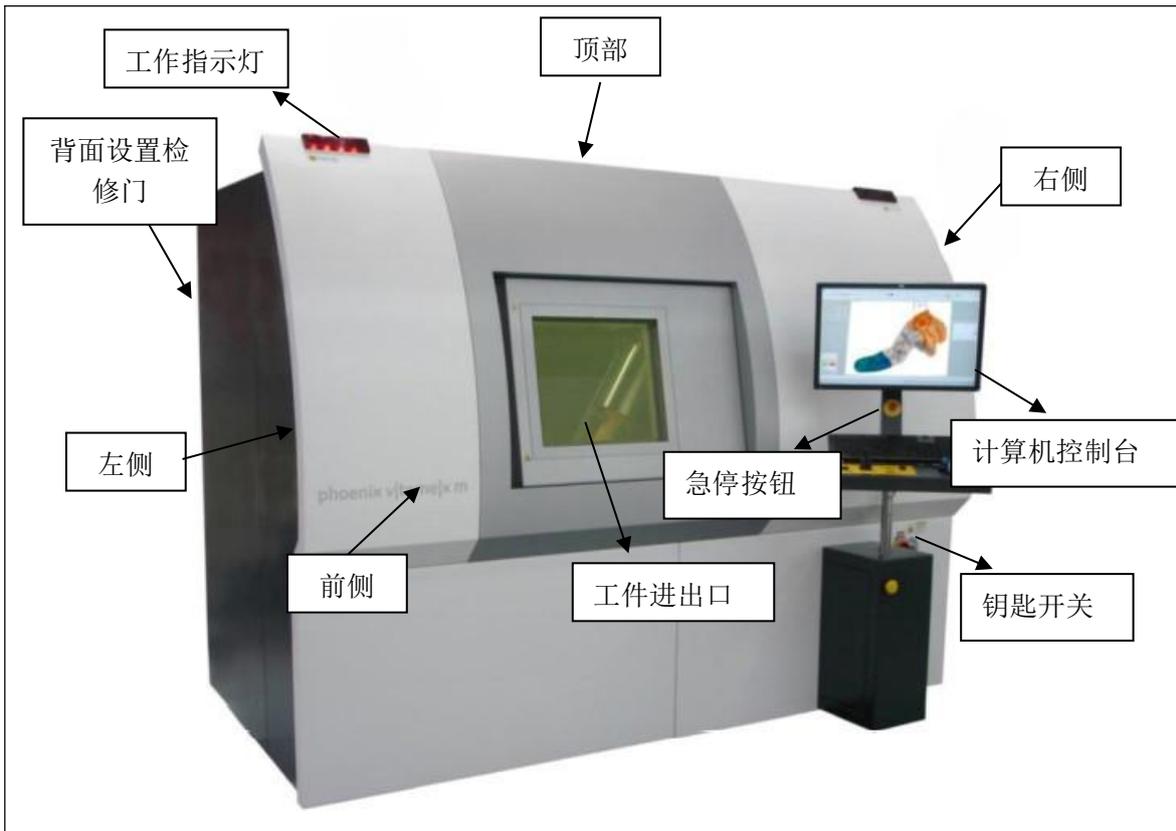


图 9-1 设备外观图

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前侧。装置背面为检修门，正常情况下，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小，人员无法进入。

X 射线出束方向固定朝左，探伤检测时，通过调整工件机械运动平台实现工件各个方位的 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三维成像检测。

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、钽等）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。

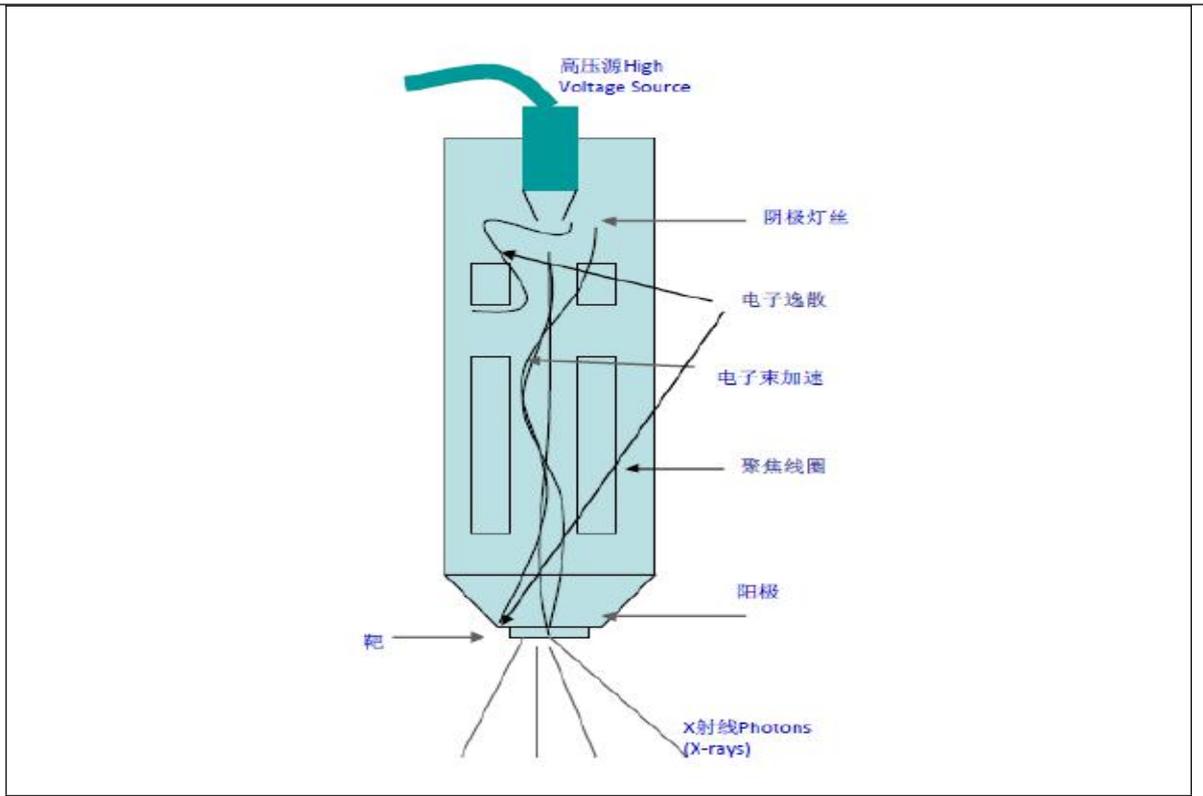


图 9-2 X 射线管结构图

9.1.3 工艺流程及产污环节

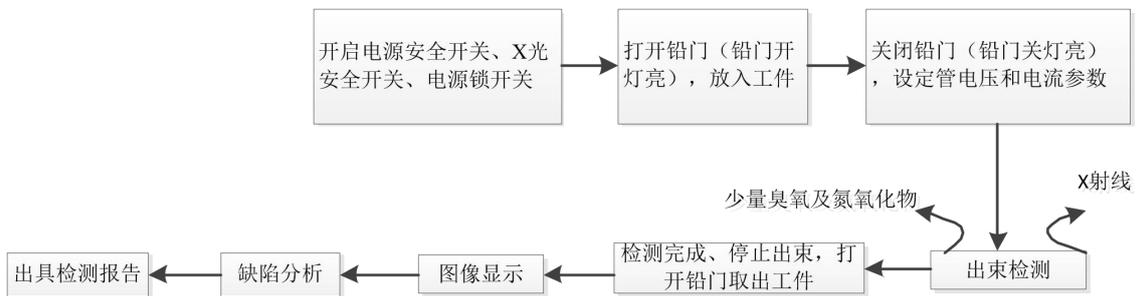


图 9-3 工艺流程及产污环节

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) 将被检测工件放置于载物台上；
- 2) 将工件送入检测室内，将工件调整至合适的位置；
- 3) 确认周围环境及工作人员安全后关闭工件门；
- 4) 工作人员开启工业 CT 装置进行无损检测，开机会发出 X 射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 5) 工作人员对操作台上的图像进行分析，判断工件质量、缺陷等，并出具检测

报告；

6) 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。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，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 10min	工件厚度为 15mm~30mm 左右	每天最大开机曝光时间 0.83h，年开机总曝光时间为 249h	CT 检测实验室

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。

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 $5.0 \times 10^3 \mu\text{Sv} / \text{h}$

本项目正常运行时可能产生的 X 射线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），本项目产生的天空反散射影响较小。故本项目需预测评价因子为：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射和散射辐射。

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 Y03 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 76m^3 ，CT 检测实验室每小时通风换气次数为 11 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）应对其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、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、系统温控装置、射线管冷却系统均位于设备自带铅房内；操作台与铅房单独分开，并位于铅房前方右侧。

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检测实验室及CT操作人员办公室划为监督区，监督区采取实体边界（混凝土及砖墙），入口设置门禁系统并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，公司在日常管理中应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。

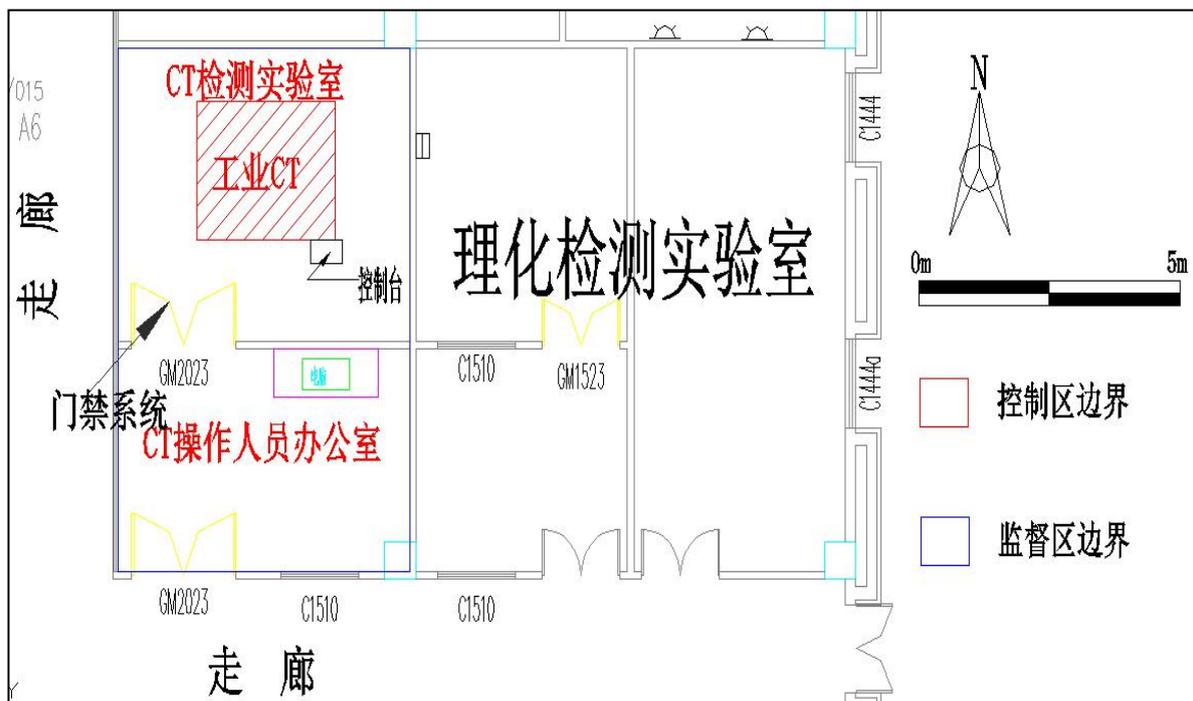


图10-1辐射工作场所平面布局图

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），采用铅板对 X 射线进行屏蔽，定义工件门所在面为装置前方。其屏蔽设计参数见表 10-1。

设备自带铅屏蔽体平面图和立面示意图见图10-2。

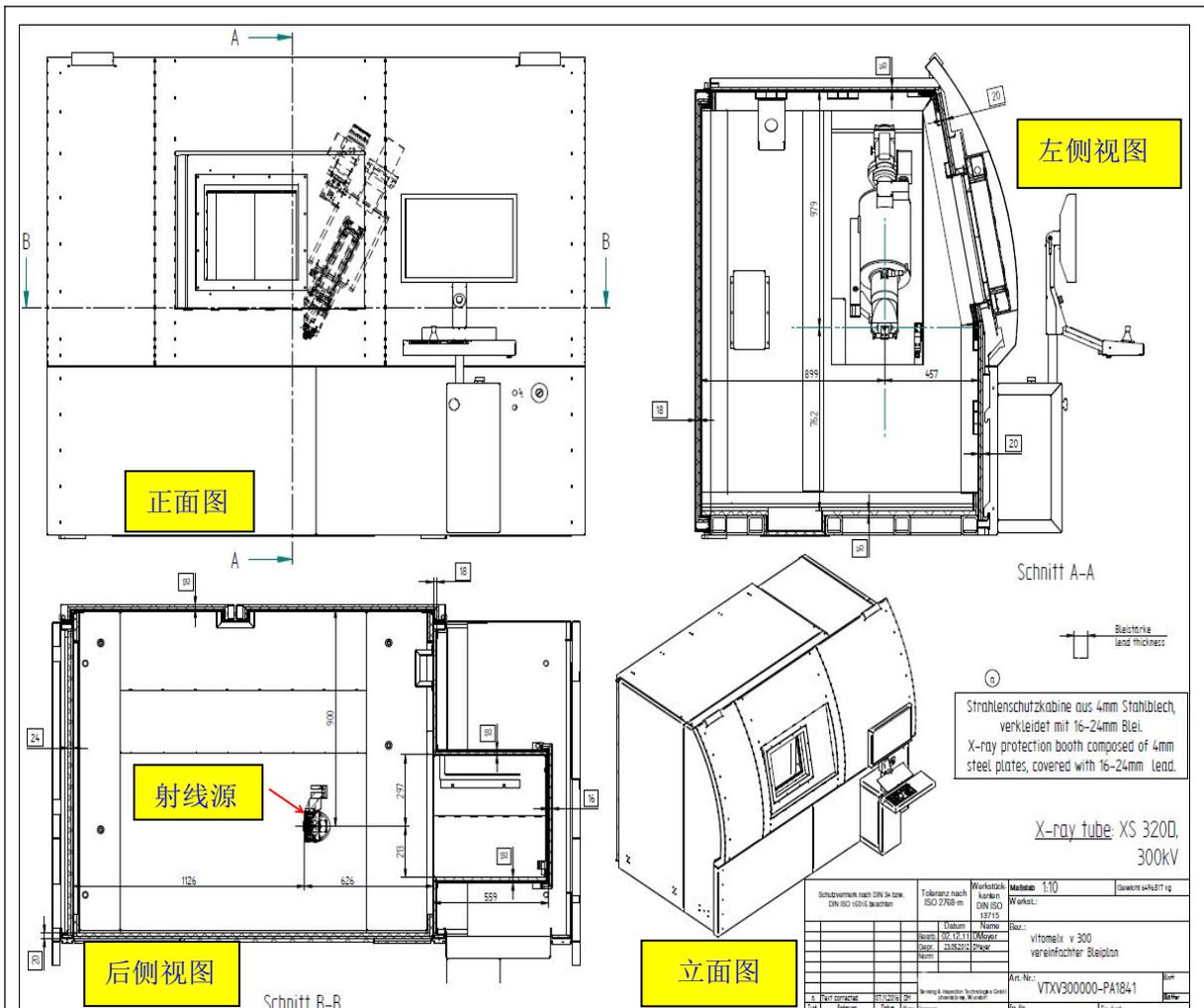


图 10-2 屏蔽铅房平面及剖面示意图（单位：mm）

10.1.3 辐射安全措施分析

(1) 本项目购置的工业 CT 检测系统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。根据 GBZ117-2015 中关于工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求，探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作台应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向，本项目工业 CT 主射线方向朝左侧，工件门位于设备正前方，操作台位于前方右侧，符合要求；

(2) 工件门安装有门机联锁安全装置，只有在工件门完全关闭时工业 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 装置设计有工作状态指示灯，指示灯与设备联锁，并设置有“预备”和“照射”显示及语言提示装置；设备操作台上均安装有急停按钮；

(4) 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。

(5) 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；

(6) 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；

(7) CT 检测装置防护门与检测室上下、左右均搭接，且搭接长度不小于 10cm，门缝间隙小于 1cm；

(8) 公司目前已配备 1 台 A15 型辐射剂量巡测仪和 4 台 DP802i 型个人剂量报警仪，已委托有资质单位进行个人剂量检测和职业健康检查。本项目投运前拟增购 2 台个人剂量报警仪；所有辐射工作人员均已佩戴个人剂量片，并按规定定期送检。所有辐射工作人员均应参加辐射安全与防护培训班，并通过考核取得培训合格证书。

在采用上述辐射安全设计和建议后，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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。

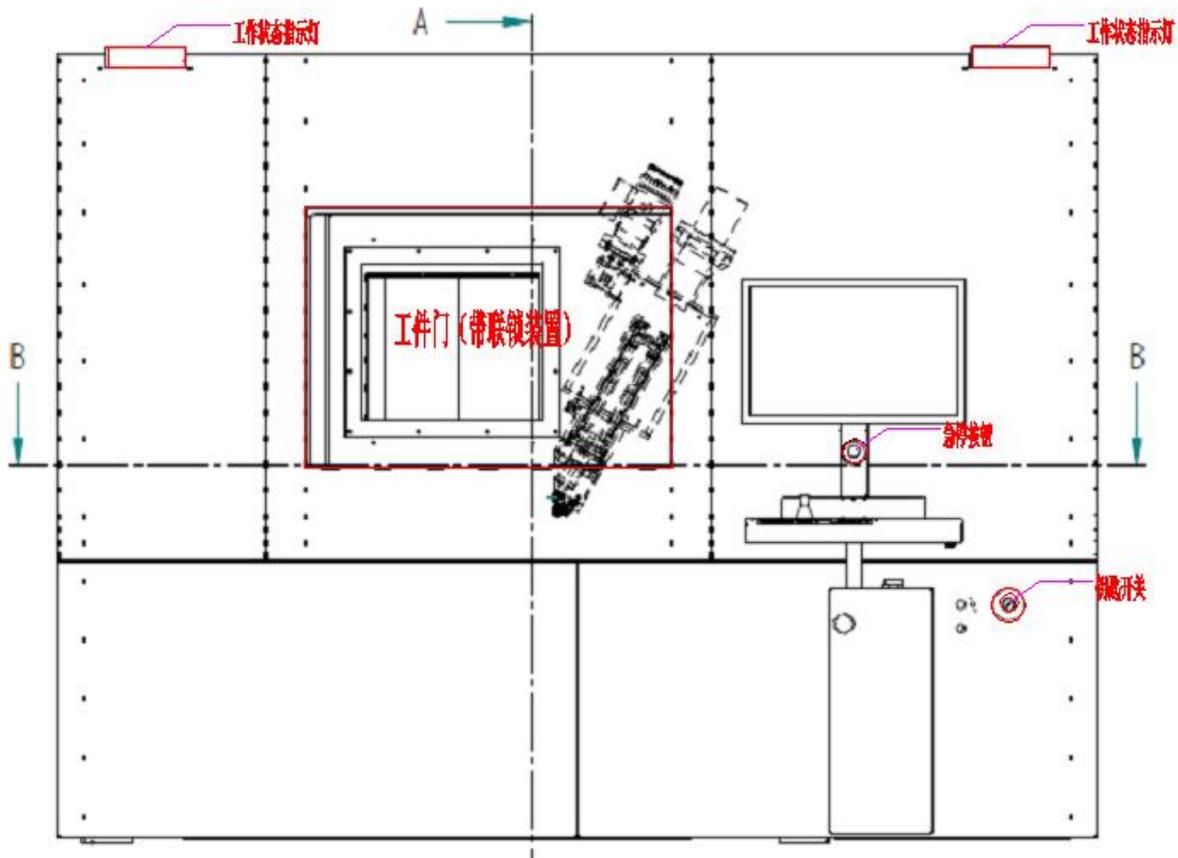


图 10-3 辐射安全措施分布图

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，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，且通过检测实验室内机械排风系统排至室外。项目所在 Y03 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 900m³/h，排风口位于楼顶，检测实验室体积约为 76m³，CT 检测实验室每小时通风换气次数为 11 次，能够满足 GBZ117-2015 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

本项目购置的高精度微焦点工业 CT 检测系统为自带铅房一体化装置，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

本项目通过理论过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，其中主射方向铅板厚 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 装置的前、后、右、顶部和底部主要为漏射和散射 X 射线。主射方向左侧（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（ $\mu\text{Sv/h}$ ）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， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，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 $6.78 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

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；

TVL—什值层厚度，见附录 B 表 B.2；

X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

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， $\text{h}/\text{周}$ ；

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。

(2) 关注点位置

工业 CT 检测室东西向长约 5.58m、南北向宽约 4.64m、高约 3.5m，东面为理化分析室，南侧为走廊及力学分析室，西侧为走廊及庭院，北侧为校准实验室，顶上为走廊。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。

表 11-1 关注点位置

编号	关注点位置描述	方位	R, m	居留因子
1	CT 装置前方外表面 30cm 处	前方（包括工件门） （散射、漏射）	0.78	1
2	CT 装置后方外表面 30cm 处	后方（散射、漏射）	1.2	1/4
3	CT 装置左侧外表面 30cm 处	左侧（主射）	1.43	1/4
4	CT 装置右侧外表面 30cm 处	右侧（散射、漏射）	1.50	1/4
5	CT 装置顶上外表面 30cm 处	顶部（散射、漏射）	1.28	1/16
6	CT 检测实验室东墙外 30cm 处 （理化分析实验室）	东侧（散射、漏射）	3.05	1
7	CT 检测实验室南墙外 30cm 处 （CT 操作人员办公室）	南侧（散射、漏射）	1.78	1
8	CT 检测实验室西墙外 30cm 处 （走廊）	西侧（主射）	3.03	1/16
9	CT 检测实验室北墙外 30cm 处 （校准实验室）	北侧（散射、漏射）	2.76	1
10	CT 检测实验室上方 1.5m 处（走廊）	顶（散射、漏射）	3.92	1/16

注：射线源靶点至铅房前、后、左（主射）、右、顶部的距离分别为 0.48m、0.9m、1.13m、1.20m 和 0.98m；

铅房各侧距离东、南、西、北及顶上的距离分别为 1.55m、1.60m、1.60m、0.96m 和 1.44m。

(3) 关注点处剂量率理论计算结果

1) 有用线束方向

工业 CT 装置有用线束方向屏蔽效果预测结果见下表 11-2。

表 11-2 有用线束关注点剂量率计算参数及结果

关注点	I (mA)	B	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)	评价标准 ($\mu\text{Sv/h}$)
铅房左侧 30cm 处③	3.0	1.2×10^{-6}	6.78×10^5	1.43	1.19	2.5
CT 检测实验室西墙外 30cm 处(走廊)⑧	3.0	1.2×10^{-6}	6.78×10^5	3.03	0.27	2.5

2) 非有用线束方向

泄漏辐射关注点剂量率计算参数及结果见下表 11-3。散射辐射关注点剂量率计算参数及结果见下表 11-4。

表 11-3 泄漏辐射关注点剂量率计算参数及结果

参数 关注点	R* (m)	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	B	H($\mu\text{Sv/h}$)
CT 装置前方外表面 30cm 处①	0.78	5.0×10^3	2.0×10^{-4}	1.65
CT 装置后方外表面 30cm 处②	1.2		4.5×10^{-4}	1.56
CT 装置右侧外表面 30cm 处④	1.50		4.5×10^{-4}	1.00
CT 装置顶部外表面 30cm 处⑤	1.28		1.01×10^{-3}	3.08
CT 检测实验室东墙外 30cm 处(理化分析实验室)⑥	3.05		4.5×10^{-4}	0.24
CT 检测实验室南墙外 30cm 处(CT 操作人员办公室)⑦	1.78		2.0×10^{-4}	0.32
CT 检测实验室北墙外 30cm 处(校准实验室)⑨	2.76		4.5×10^{-4}	0.29
CT 检测实验室上方 1.5m 处(走廊)⑩	3.92		1.01×10^{-3}	0.33

表 11-4 散射辐射关注点剂量率计算参数及结果

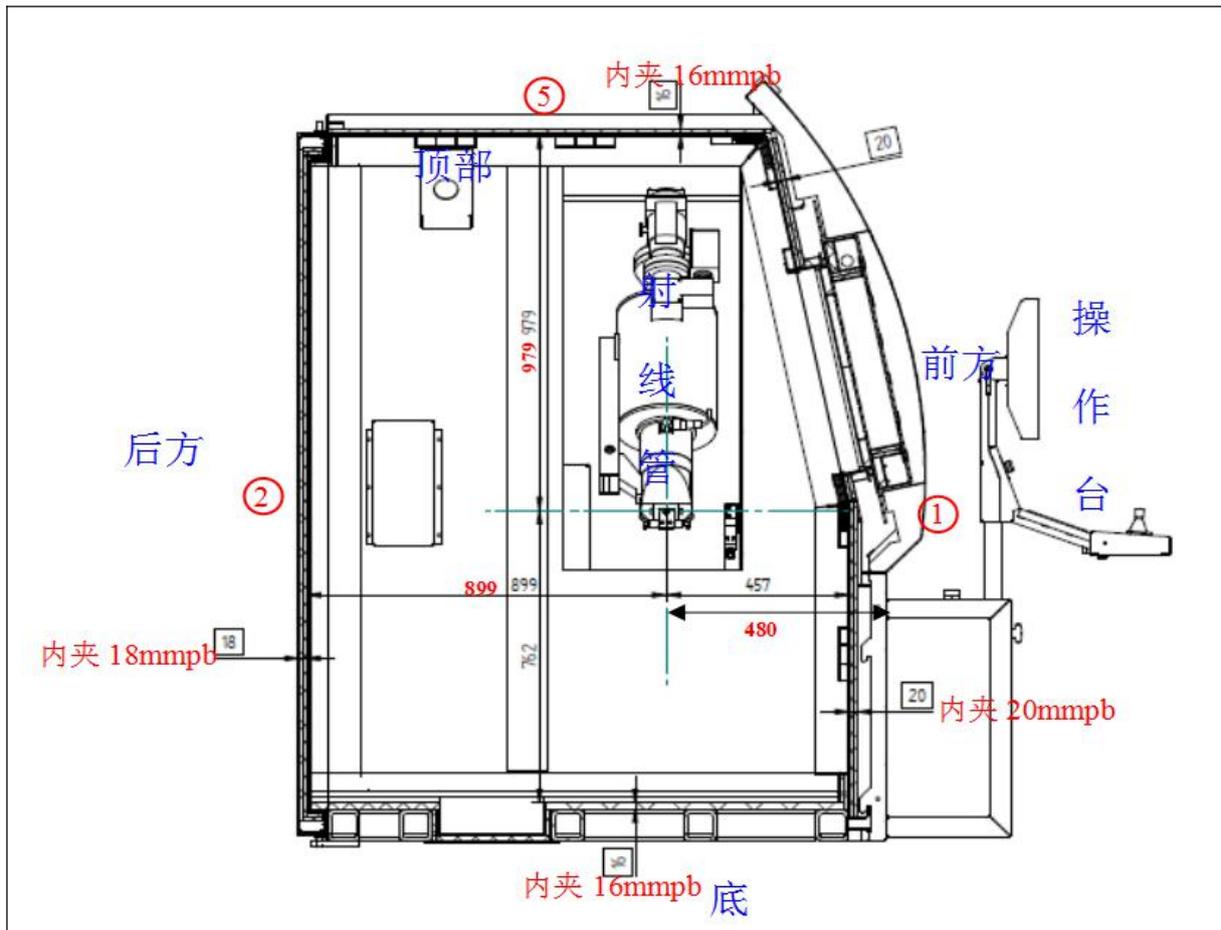
关注点位	I (mA)	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R_0^2/Fa	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
CT 装置前方外表面 30cm 处①	3.0	6.78×10^5	8.8×10^{-16}	50	0.78	5.9×10^{-11}
CT 装置后方外表面 30cm 处②	3.0	6.78×10^5	2.4×10^{-14}	50	1.2	6.6×10^{-10}
CT 装置右侧外表面 30cm 处④	3.0	6.78×10^5	2.4×10^{-14}	50	1.50	4.3×10^{-10}
CT 装置顶部外表面 30cm 处⑤	3.0	6.78×10^5	6.3×10^{-13}	50	1.28	1.6×10^{-8}
CT 检测实验室东墙外 30cm 处(理化分析实验室)⑥	3.0	6.78×10^5	2.4×10^{-14}	50	3.05	1.0×10^{-10}
CT 检测实验室南墙外 30cm	3.0	6.78×10^5	8.8×10^{-16}	50	1.78	6.3×10^{-12}

处 (CT 操作人员办公室) ⑦						
CT 检测实验室北墙外 30cm 处 (校准实验室) ⑨	3.0	6.78×10^5	2.4×10^{-14}	50	2.76	2.1×10^{-10}
CT 检测实验室上方 1.5m 处 (走廊) ⑩	3.0	6.78×10^5	6.3×10^{-13}	50	3.92	1.7×10^{-9}

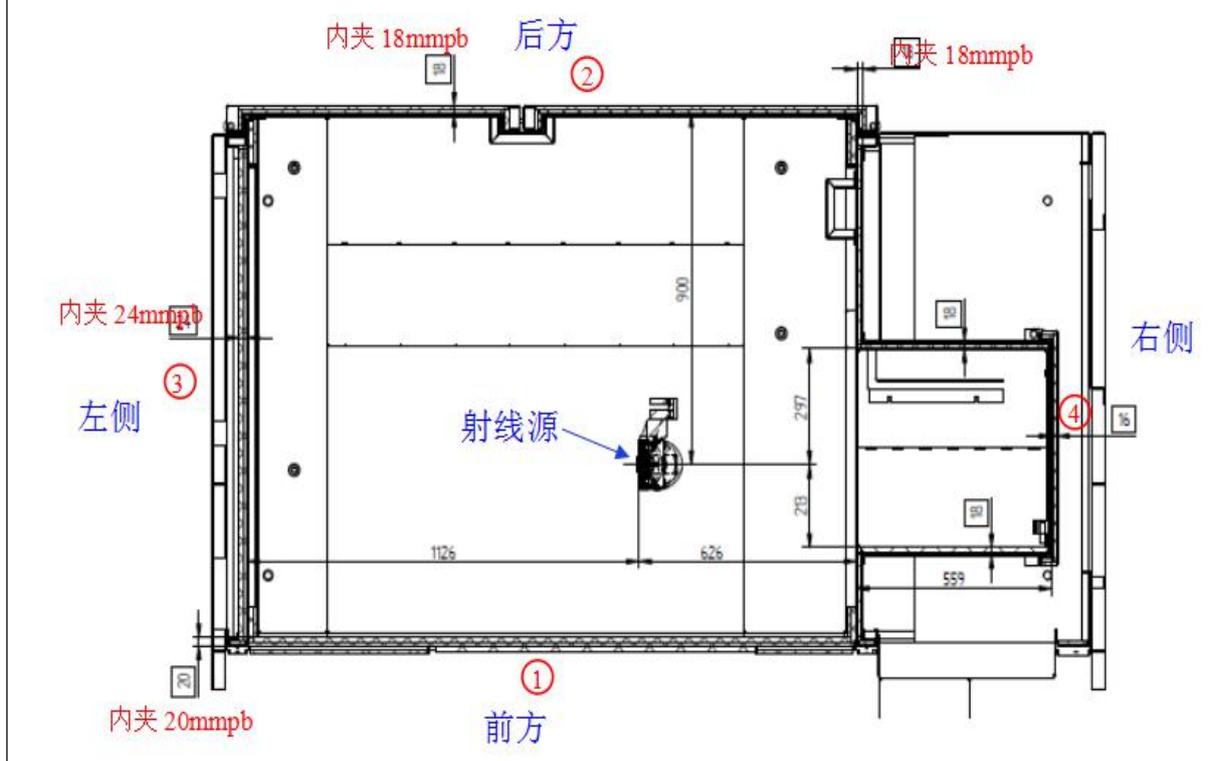
铅房外关注点空气比释动能率预测值汇总及符合性分析见表 11-5。

表 11-5 铅房外预测点空气比释动能率符合性分析

装置名称	关注点	空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)			评价标准 ($\mu\text{Gy/h}$)	符合性
		散射	漏射	总空气比释动能率		
工业 CT 检测装置 (管电压 300kV, 管电流 3mA)	CT 装置前方外表面 30cm 处①	5.9×10^{-11}	1.65	1.65	2.5	符合
	CT 装置后方外表面 30cm 处②	6.6×10^{-10}	1.56	1.56	2.5	符合
	CT 装置左侧外表面 30cm 处③	-	-	1.19	2.5	符合
	CT 装置右侧外表面 30cm 处④	4.3×10^{-10}	1.00	1.00	2.5	符合
	CT 装置顶部外表面 30cm 处⑤	1.6×10^{-8}	3.08	3.08	100	符合
	CT 检测实验室东墙外 30cm 处 (理化分析实验室) ⑥	1.0×10^{-10}	0.24	0.24	2.5	符合
	CT 检测实验室南墙外 30cm 处 (CT 操作人员办公室) ⑦	6.3×10^{-12}	0.32	0.32	2.5	符合
	CT 检测实验室西墙外 30cm 处 (走廊) ⑧	-	-	0.27	2.5	符合
	CT 检测实验室北墙外 30cm 处 (校准实验室) ⑨	2.1×10^{-10}	0.29	0.29	2.5	符合
CT 检测实验室上方 1.5m 处 (走廊) ⑩	1.7×10^{-9}	0.33	0.33	2.5	符合	



左视图



后视图

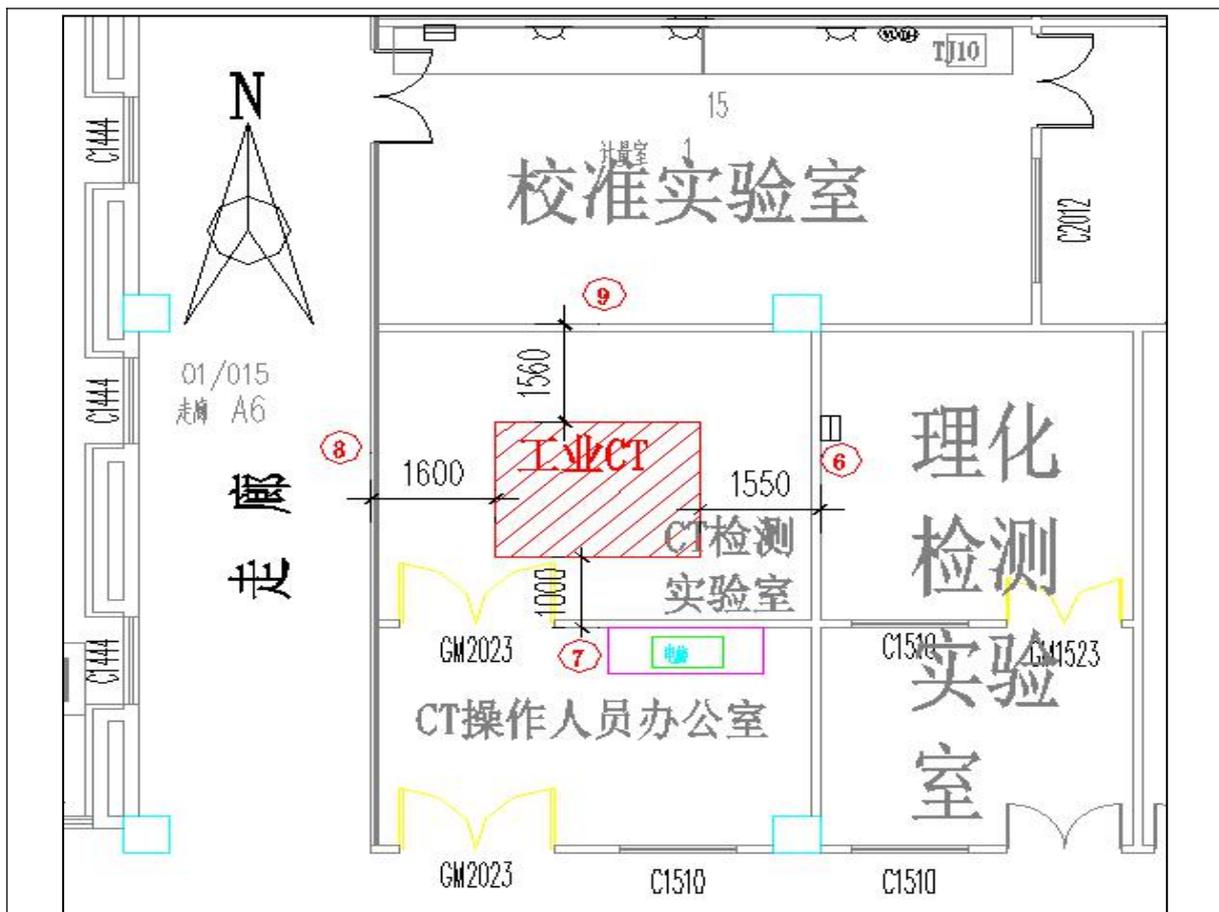


图 11-1 预测关注点示意图 单位：mm

由预测结果可知，本项目工业 CT 机设备前后左右外表面 30cm 处的剂量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；设备顶上 30cm 处人员不可达到，经预测剂量率不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ ，故均能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的要求。考虑到装置顶上剂量率较高，建设单位应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 ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。”

对于铅房顶，在现有的屏蔽条件下通过天空散射到达铅房周围的空气比释动能率可按下式计算：

$$K_1 = \frac{2.5 \times 10^{-2} K_0 \Omega^{1.3}}{(d_s)^2} \quad (6)$$

式中： K_1 — 天空散射线所致比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

Ω — 射线源与屏蔽墙所张的仰角（立体角），单位为球面度；

d_s — 照射点与计算点（屏蔽体外 0.3m 处）的距离；

K_0 — 初始射线所致比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

铅房顶球面度的计算公式见下式（7），计算示意图见图 11-2。

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

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。

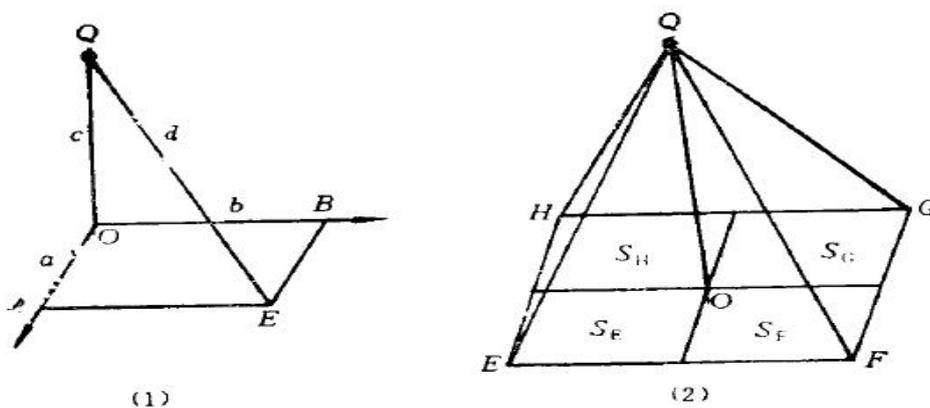


图 11-2 计算立体角的示意图

表 11-6 天空散射所致铅房外附近地面公众关注点空气比释动能率计算参数及结果

关注点位	d_s (m)	K_0 ($\mu\text{Gy/h}$)	Ω (球面度)	K_I ($\mu\text{Gy/h}$)
CT 检测实验室南墙外 30cm 处(CT 操作人员办公室) ⑦	1.78	3.08	2.56	0.082
CT 检测实验室北墙外 30cm 处(校准实验室) ⑨	2.76			0.034
CT 检测实验室西墙外 30cm 处(走廊) ⑧	3.03			0.028
CT 检测实验室东墙外 30cm 处(理化分析实验室) ⑥	3.05			0.028

表 11-7 铅房外公众关注点空气比释动能率计算参数及结果

关注点位	R (m)	H ($\mu\text{Gy/h}$)	评价标准 $\mu\text{Gy/h}$	达标情况
CT 检测实验室南墙外 30cm 处(CT 操作人员办公室) ⑦	1.78	0.40	2.5	达标
CT 检测实验室北墙外 30cm 处(校	2.76	0.32		达标

准实验室) ⑨			
CT 检测实验室西墙外 30cm 处(走廊) ⑧	3.03	0.30	达标
CT 检测实验室东墙外 30cm 处(理化分析实验室) ⑥	3.05	0.27	达标

根据上表可知, 叠加天空反散射剂量后铅房外地面附近公众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, 每班工作 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。每班至少由两名辐射工作人员分担操作, 按两人平摊工作计算。

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	剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周剂量当量($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量当量 (mSv/a)
1	CT 装置前方外表面 30cm 处①	前方(包括工件门) (散射、漏射)	2.08	4.3	0.26
2	CT 装置后方外表面 30cm 处②	后方(散射、漏射)	1.74	0.90	0.054
3	CT 装置左侧外表面 30cm 处③	左侧(主射)	1.32	0.68	0.041
4	CT 装置右侧外表面 30cm 处④	右侧(散射、漏射)	1.12	0.58	0.035

工业 CT 机周围职业人员(操作位位于设备前方右侧)的剂量率最大为 $2.08\mu\text{Sv/h}$ 、年剂量当量值最高为 0.26mSv/a , 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 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 $100\mu\text{Sv/周}$, 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

表 11-9 公众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	剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	周剂量当量($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量当量(mSv/a)
1	CT 检测实验室东墙外 30cm 处(理化分析实验室) ⑥	东侧(散射、漏射)	0.24	1	1.0	0.059

2	CT 检测实验室南墙外 30cm 处 (CT 操作人员办公室) ⑦	南侧 (散射、漏射)	0.32	1	1.3	0.080
3	CT 检测实验室西墙外 30cm 处 (走廊) ⑧	西侧 (主射)	0.27	1/16	0.07	4.2×10^{-3}
4	CT 检测实验室北墙外 30cm 处 (校准实验室) ⑨	北侧 (散射、漏射)	0.29	1	1.2	0.072
5	CT 检测实验室上方 1.5m 处 (走廊) ⑩	顶 (散射、漏射)	0.33	1/16	0.085	5.1×10^{-3}

由表 11-9 可知, 本项目工业 CT 机公众关注点周剂量当量最高为 $1.3\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、年剂量当量值最高为 $0.08\text{mSv}/\text{a}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 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 (0.1mSv) 要求。本环评建议 CT 机尽量安置在 CT 检测实验室的东侧, 减少主射方向公众关注点的辐射影响。

本项目运行期间厂区内其他工作人员不进入 CT 检测实验室, 公众成员不会进入厂区内, 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。

铅防护门与铅屏蔽体均有搭接, 铅防护门设计时已经确保门体和铅屏蔽体的间隙小于搭接宽度的十分之一且小于 1cm , 防止了射线外泄。

设备铅防护门自带有安全联锁装置, 铅防护门打开时, 设备自动停止曝光工作, 铅防护门未关或未关严实, 设备均不能开启; 同时, 工业 CT 检测系统操作台上安装有急停按钮, 在紧急情况下, 按下急停按钮后, 设备立即停止曝光, 且在工作人员确认无误将急停按钮复位后才可开启设备。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, 射线在电缆管道内经过多次散射后, 产生的空气比释动能率较小, 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 Y03 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 900m³/h,排风口位于楼顶,检测实验室体积约为 76m³,CT 检测实验室每小时通风换气次数为 11 次,能够满足 GBZ117-2015 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

分析事故发生的原因,此类事故大都是人为因素造成的,即由于忽视辐射安全管理,违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生,建议企业采取以下事故预防措施:

(1) 企业内部加强辐射安全管理,警钟长鸣,管理人员定期开展监督检查,营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 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。

(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，该公司应按相关规定，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 日前上报发证的生态环境主管部门。

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。

凯博能源科技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

本项目拟从企业内部调岗 2 名工作人员从事 X 射线 CT 检测工作。从事无损检测工作前，操作人员应取得相应的上岗证。同时，实际操作人员还应参加辐射安全防护与知识培训，并通过考核，取得合格证后方可正式上岗。取得培训合格证后，应当每隔四年参加复训，复训考核合格后，方可继续从事 X 射线 CT 检测工作。

公司现有 10 名辐射工作人员，均参加了辐射防护与知识培训，并通过考核取得培训合格证书；本项目为扩建项目，投运后全厂涉辐射的设备数量将会增加，故本项目拟新增 2 名辐射工作人员。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。辐射工作人员培训合格证书见附件 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，安全评估报告每年年底报当地生态环境部门，并抄送省级生态环境部门。

(2) 公司已制定了《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) 《操作规程》

所有辐射操作人员均严格按照《操作规程》进行在用放射源测厚作业，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，取得培训证书。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，目前在职人员均已取得培训合格证书。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 4 台含氦-85 密封放射源的测厚仪进行辐射环境监测，2020 年已委托苏州市百信环境检测工程技术有限公司进行在用 4

台含密封放射源的测厚仪年度监测，监测结果表明，在用的测厚仪周边辐射剂量水平均能够满足标准要求。2020 年度在用测厚仪辐射监测报告见附件 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：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。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 10 名辐射工作人员培训合格证书均在有效期内。

企业应按《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，应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。在岗人员需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。公司已于 2020 年 10 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；已委托常州环宇信科环境检测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、培训证书和职业健康体检报告的归档工作。

目前企业现有 10 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护初训、体检和个人剂量监测，培训证书、体检报告均在有效期内。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证书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

企业应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。个人剂量档案应当终生保存。

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，企业应根据《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，企业应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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015): 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

本项目拟安排 2 名辐射工作人员, 均应配备个人剂量计, 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 4 台 DP802i 型个人剂量报警仪; 本项目还应购置 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。

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。因此公司应加强管理, 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。

凯博能源科技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，企业应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

凯博能源科技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。

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 1 台高精度微焦点工业 CT 检测系统位于 Y03#厂房 1 楼内的 CT 检测实验室内，其东面为理化分析室，南侧为走廊及力学分析室，西侧为走廊及庭院，北侧为校准实验室，顶上为走廊。本项目购置的高精度微焦点工业 CT 检测系统周围 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，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 检测装置安装于 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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)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:

设备铅房上安装有工作状态指示灯,并与设备 X 射线管高压装置联锁,铅房工件门设置有门机联锁装置;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;控制台安装有急停按钮和钥匙开关,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。

公司应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,公司应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。公司还应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,铅房外关注点处辐射剂量率均能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)的剂量率限值要求。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，凯博能源科技有限公司新增一台高精度微焦点工业 CT 检测系统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);工件门所在面为装置前方,则装置六面体屏蔽措施为:前方:20mm 铅板+3mm 钢(等效铅当量 21.08mmpb);后方:18mm 铅板+3mm 钢(等效铅当量 19.08mmpb);左侧(主射面):24mm 铅板+4mm 钢(等效铅当量 25.17mmpb);右方: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,工件门带联锁装置,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(GBZ117-2015)及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)的剂量率限值要求。辐射工作人员年有效剂量满足《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)。	15
	安全措施(联锁装置、警示标志、工作指示灯等)	1、工件门设置与 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。 3、安装带有“预备”、“照射”信号及语音提示装置的工作指示灯并与设备联锁。 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、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 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)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。	2.5
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	新增 2 名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	委托有资质单位每季度至少开展一次个人剂量监测		

	监测			
	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		0.5
监测仪器防护用品	辐射巡测仪利用原有，本项目新增个人剂量报警仪 2 台		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。	0.5
	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	制定并完善操作规程，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。