

核技术利用建设项目

昆山海域科技有限公司新建销售、使用
工业 CT 装置项目环境影响报告表
(公示本)

昆山海域科技有限公司(公章)

2026 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

昆山海域科技有限公司新建销售、使用
工业 CT 装置项目环境影响报告表

建设单位名称： 昆山海域科技有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址： 江苏省昆山市开发区郁金香路 499 号 8 栋

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	5
表 3 非密封放射性物质	5
表 4 射线装置	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	11
表 8 环境质量和辐射现状	17
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	33
表 11 环境影响分析	40
表 12 辐射安全管理	50
表 13 结论与建议	56
表 14 审批	61
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	62

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目周围环境及园区平面布置图

附图 3 本项目装置所在厂房 1 楼平面布置图

附图 4 本项目装置所在厂房 2 楼平面布置图

附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图

附图 6 本项目与管控区域动态更新图相对位置关系图

附件：

附件1 委托书

附件2 射线装置承诺书

附件3 营业执照

附件4 厂房租赁合同

附件5 Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置屏蔽参数说明

附件6 射线装置销售厂商辐射安全许可证

附件7 现状检测报告、检测资质及附表

附件8 蔡司代理授权书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		昆山海域科技有限公司新建销售、使用工业 CT 装置项目			
建设单位		昆山海域科技有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		玉山镇祖冲之南路 1666 号清华科技园 1 号楼			
建设项目地点		江苏省昆山市开发区郁金香路 499 号 8 栋			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资(万元)			项目环保投资(万元)		投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			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. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况 昆山海域科技有限公司成立于2011年09月06日，注册地位于玉山镇祖冲之南路1666号清华科技园1号楼，法定代表人为许生辉。经营范围为汽车产品的设计、开发、检测、销售及服务；计算机软件、硬件、设备的开发、设计、销售及服务；电子产品的检测、销售及服务；工程建筑设计服务；五金、模具、抗静电材料、化工产品				

（不含危险品）、劳保用品销售；货物及技术的进出口业务（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）。

昆山海域科技有限公司现已租赁昆山强达智鑫新材料有限公司位于昆山市开发区郁金香路 499 号金土地智科园 8 栋（共 3 层）的 1 楼和 2 楼作为本公司厂房用于生产经营。公司现已取得卡尔蔡司（上海）管理有限公司的代理授权书（见附件 8），成为蔡司工业 CT 装置的销售代理商，负责蔡司工业 CT 装置的销售工作，本公司预计每年最多销售 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置 20 台，因服务于蔡司工业 CT 装置的销售需求，为了便于向意向客户提供产品展示及装置检测工件效果展示，公司拟在厂房 1 楼东南部建设展厅 2，并配备使用 1 台生产厂家为卡尔蔡司（上海）管理有限公司的工业 CT 装置用于展销（型号：Metrotom 1500 225KV G3，最大管电压为 225kV，最大管电流 3mA，最大管电压下的最大管电流 2222 μ A），对客户自带的各种金属、陶瓷、复合材料及塑料产品进行缺陷检测演示，检测工件为演示产品。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员负责本项目装置的销售、使用工作。本项目建成后用于展销的 1 台工业 CT 装置预计单次开机照射进行产品缺陷检测演示的时间最长不超过 0.5h，每天预计最多演示 2 次开机照射时间为 1h，每周工作 5 天开机照射时间为 5h，每年工作 250 天，年开机照射时间最长不超过 250h；经与生产厂家核实，本项目用于展销的 1 台工业 CT 装置不需要开展训机。

本项目为昆山海域科技有限公司首次开展核技术利用项目，详见表 1-1。

表 1-1 昆山海域科技有限公司本项目核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	备注
1	Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置	20/年	225	3	II	销售部	销售	本次环评	最大管功率 500W
2	Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置	1	225	3	II	1 楼展厅 2 南部	使用	本次环评	最大管功率 500W

注：用于销售的工业 CT 装置与客户签订合同之后直接由厂家发货送至客户现场，客户现场调试、后续维修均由厂家负责；用于展销使用的 1 台工业 CT 装置由本公司辐射工作人员负责。

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，销售 II 类射线装置应

填报登记表及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》规定“环境影响评价类别按照其中单项等级最高的确定”的综合考虑，本项目单项等级最高为使用工业 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。受昆山海域科技有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上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. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目在昆山海域科技有限公司位于江苏省昆山市开发区郁金香路499号金土地智科园8栋（共3层）的1楼及2楼厂房内开展，厂房南部建设为2层建筑，北部建设为1层建筑，北部1层高度与南部2层高度齐平。金土地智科园东侧为昆山阿基里斯新材料科技有限公司，南侧为云雀路，西侧为郁金香路，北侧为昆山爱克树脂有限公司。公司的厂房东侧隔园区道路为昆山阿基里斯新材料科技有限公司；南侧隔园区道路为9栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）；西侧隔园区道路为4栋和5栋（苏州戴丰技术有限公司）；北侧隔园区道路为7栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）；楼上3楼为雷力（苏州）阀门有限公司。本项目地理位置图见附图1，周围环境及园区平面布置图见附图2，公司所在厂房1楼及2楼平面布置图见附图3及附图4。

本公司展销使用1台Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置拟建址位于1楼东南部展厅2内，操作台位于装置北侧，展厅2北墙采用半玻璃半墙体的材质，玻璃可方便客户参观装置检测工件的演示过程；展厅2东侧为楼梯及强电井，南侧为园区道路，西侧为展厅1，北侧为自动化调试车间及仓库，装置楼上为卫生间，楼下为土层。装置周围平面布置图见附图3。

对照《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）和《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），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域；对照《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕903号），本项目位置属于重点管控单元（昆山经济技术开发区）。本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图见附图5，本项目与管控区域动态更新图相对位置关系图见附图6。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目使用 1 台 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置 50m 范围内涉及本公司（8 栋 1 楼、2 楼）、8 栋[3 楼雷力（苏州）阀门有限公司]、园区道路、5 栋（苏州戴丰技术有限公司）、7 栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）、9 栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）、10 栋（昆山泰德电子有限公司）、昆山爱克树脂有限公司和昆山阿基里斯新材料科技有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

昆山海域科技有限公司负责蔡司工业 CT 装置的销售工作，因服务于蔡司工业 CT 装置的销售需求，为了便于向意向客户提供产品展示及装置检测工件效果展示，使用 1 台工业 CT 装置对客户自带的各种金属、陶瓷、复合材料及塑料产品进行缺陷检测演示，以控制产品质量。本项目的建设将满足客户（生产企业）提高产品质量的需求，创造更好的经济效益，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、经济和其他等有关因素之后，其对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。

4. 与产业政策的相符性

本项目为销售、使用工业 CT 装置，使用 1 台 CT 装置便于对客户自带的各种金属、陶瓷、复合材料及塑料产品进行缺陷检测演示，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类，本项目的建设符合国家现行产业政策。

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）	年最大操作量（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 (台)	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 装置	II	1	Metrotom 1500 225kV G3 型	225	3	使用	1 楼展厅 2 南部	最大管功率 500W
2	工业 CT 装置	II	20/年	Metrotom 1500 225kV G3 型	225	3	销售	销售部	最大管功率 500W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：用于销售的工业 CT 装置与客户签订合同之后直接由厂家发货送至客户现场，客户现场调试、后续维修均由厂家负责；用于展销使用的 1 台工业 CT 装置由本公司辐射工作人员负责。

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过装置内机械式排风设施和开关工件门排到展厅 2 内，最终经开关展厅 2 的大门排至室外。臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，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) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 5) 《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2011年原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国2021年生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国2020年生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第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辐射事故分级处理和报告制度的通知》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 13) 《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》，中华
------	---

	人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行； 14) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》， 中华人民共和国生态环境部公告2021年第9号，自2021年3月15日起施行； 15) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行； 16) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行； 17) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行； 18) 《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕903号）； 19) 《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； 20) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号），自2024年2月1日起施行。
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 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016） 3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021） 4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021） 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）及修改单 8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）

其他	附图： 附图 1 本项目地理位置图 附图 2 本项目周围环境及园区平面布置图 附图 3 本项目装置所在厂房 1 楼平面布置图 附图 4 本项目装置所在厂房 2 楼平面布置图 附图 5 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图 附图 6 本项目与管控区域动态更新图相对位置关系图 附件： 附件1 委托书 附件2 射线装置承诺书 附件3 营业执照 附件4 厂房租赁合同 附件5 Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置屏蔽参数说明 附件6 射线装置销售厂商辐射安全许可证 附件7 现状检测报告、检测资质及附表 附件8 蔡司授权委托书
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围 本项目为销售、使用工业CT装置，属于II类射线装置。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》（HJ10.1-2016）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使用的1台工业CT装置屏蔽体外50m区域，见附图2。
保护目标 本项目展销使用1台Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置拟建址位于公司1楼东南部展厅2内，装置周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置50m范围内涉及本公司（8栋1楼、2楼）、8栋[3楼雷力（苏州）阀门有限公司]、园区道路、5栋（苏州戴丰技术有限公司）、7栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）、9栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）、10栋（昆山泰德电子有限公司）、昆山爱克树脂有限公司和昆山阿基里斯新材料科技有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT操作的辐射工作人员及周围公众。 对照《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）和《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），本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域；对照《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕903号），本项目位置属于重点管控单元（昆山经济技术开发区）。本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置关系图见附图5，本项目与管控区域动态更新图相对位置关系图见附图6。 本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。 根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为： 1、操作工业CT装置的辐射工作人员； 2、工业CT装置周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称	方位	距装置最近距离	人员规模	年剂量约束值 (mSv/a)
1					5.0
2					0.1
评价标准 1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：					

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； 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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(0.1mSv/a~0.3mSv/a)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。（参考）

2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV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。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ 128的要求进行个人剂量监测，按GBZ98的要求进行职业健康监护。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

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 GB18871 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。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 GB18871 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。

6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) 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。

e) 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。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于500kV以下工业X射线探伤装置的探伤室。

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室，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。

参考资料

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

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果

单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	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

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。其中宇宙射线响应的扣除方法采用文献[2]（全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组（支仲骥执笔）。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990 年）。辐射防护，1992.12（2）：96）中的方法。

2) 《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991；

3) 《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）。

项目管理目标

（1）根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）评价标准，确定本项目周围剂量当量率及职业人员和公众每周的周围剂量当量管理目标：

①本项目工业CT装置屏蔽体外周围剂量当量率参考控制水平：

工业CT装置四周（含顶部、底部）表面外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 μ Sv/h。

②本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于100 μ Sv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5 μ Sv/周。

（2）职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定剂量约束值管理目标：

职业照射的年剂量约束值不超过**5mSv/a**；

公众照射的年剂量约束值不超过**0.1mSv/a**。

表 8 环境质量和辐射现状

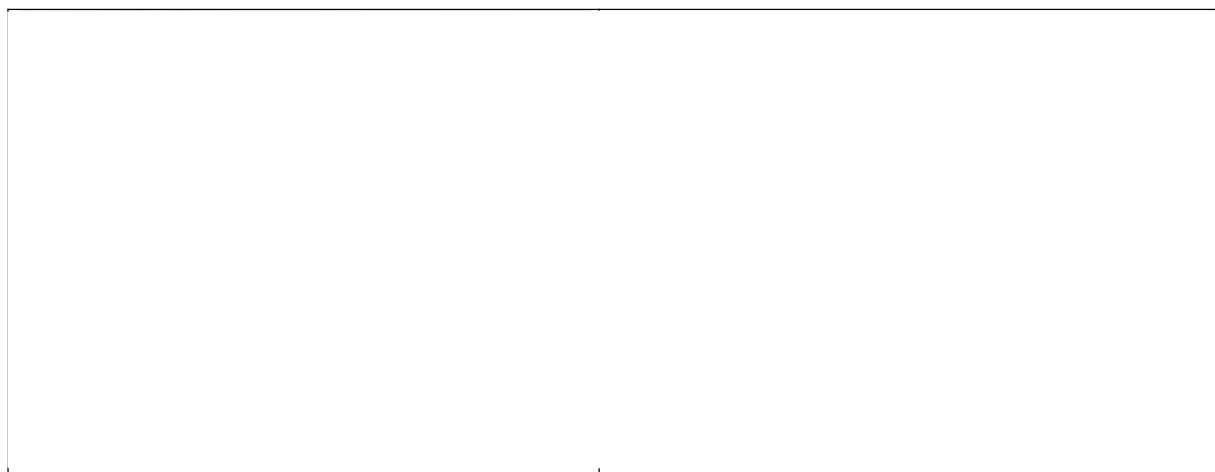
环境质量和辐射现状

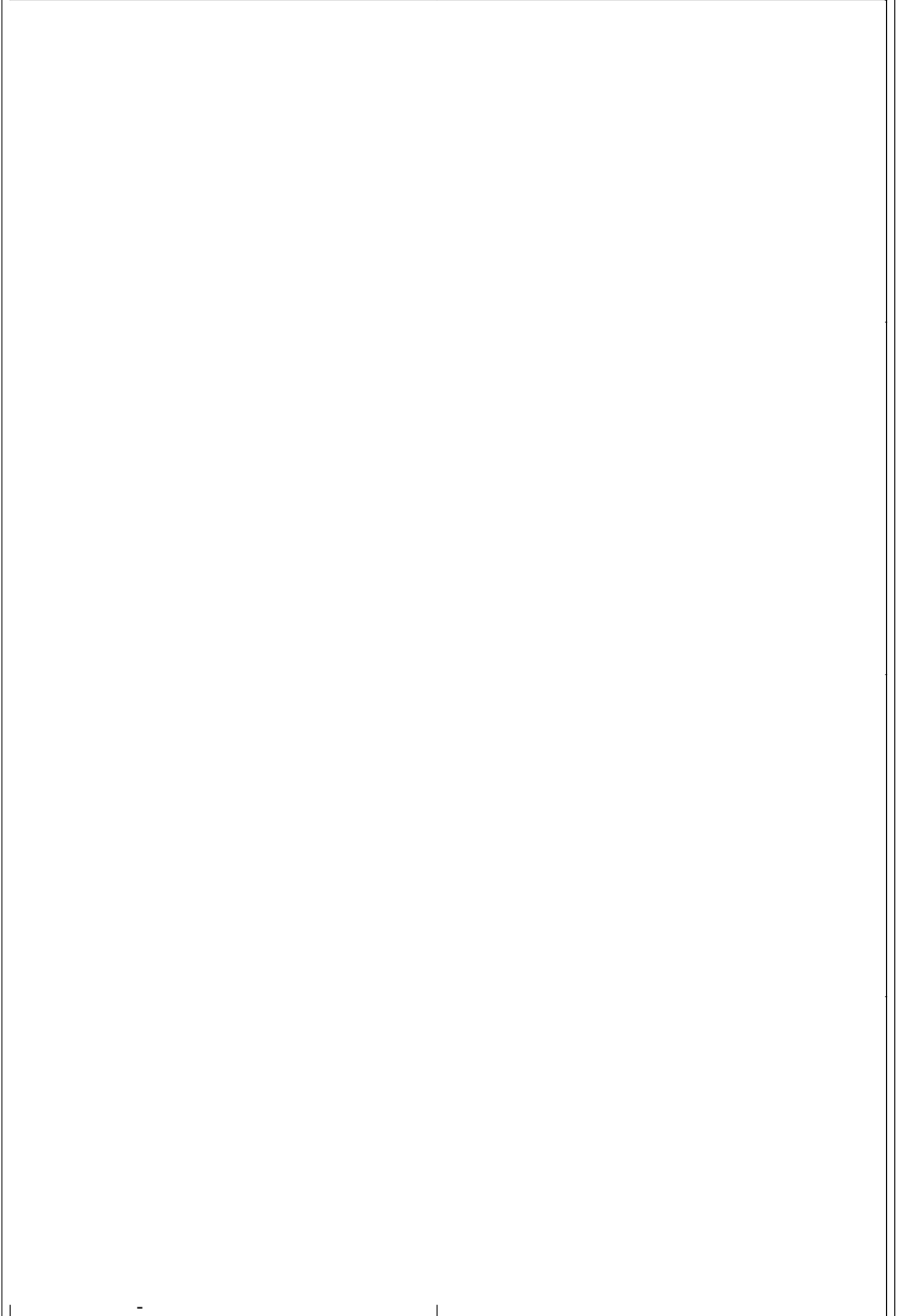
本项目在昆山海域科技有限公司位于江苏省昆山市开发区郁金香路499号金土地智科园8栋（共3层）的1楼及2楼厂房内开展，厂房南部建设为2层建筑，北部建设为1层建筑，北部1层高度与南部2层高度齐平。金土地智科园东侧为昆山阿基里斯新材料科技有限公司，南侧为云雀路，西侧为郁金香路，北侧为昆山爱克树脂有限公司。公司的厂房东侧隔园区道路为昆山阿基里斯新材料科技有限公司；南侧隔园区道路为9栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）；西侧隔园区道路为4栋和5栋（苏州戴丰技术有限公司）；北侧隔园区道路为7栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）；楼上3楼为雷力（苏州）阀门有限公司。

本公司展销使用1台Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置拟建址位于1楼东南部展厅2内，操作台位于装置北侧，展厅2北墙采用半玻璃半墙体的材质，玻璃可方便客户参观装置检测工件的演示过程；展厅2东侧为楼梯及强电井，南侧为园区道路，西侧为展厅1，北侧为自动化调试车间及仓库，装置楼上为卫生间，楼下为土层。

本项目使用 1 台 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置 50m 范围内涉及本公司（8 栋 1 楼、2 楼）、8 栋[3 楼雷力（苏州）阀门有限公司]、园区道路、5 栋（苏州戴丰技术有限公司）、7 栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）、9 栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）、10 栋（昆山泰德电子有限公司）、昆山爱克树脂有限公司和昆山阿基里斯新材料科技有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境照片见图 8-1。





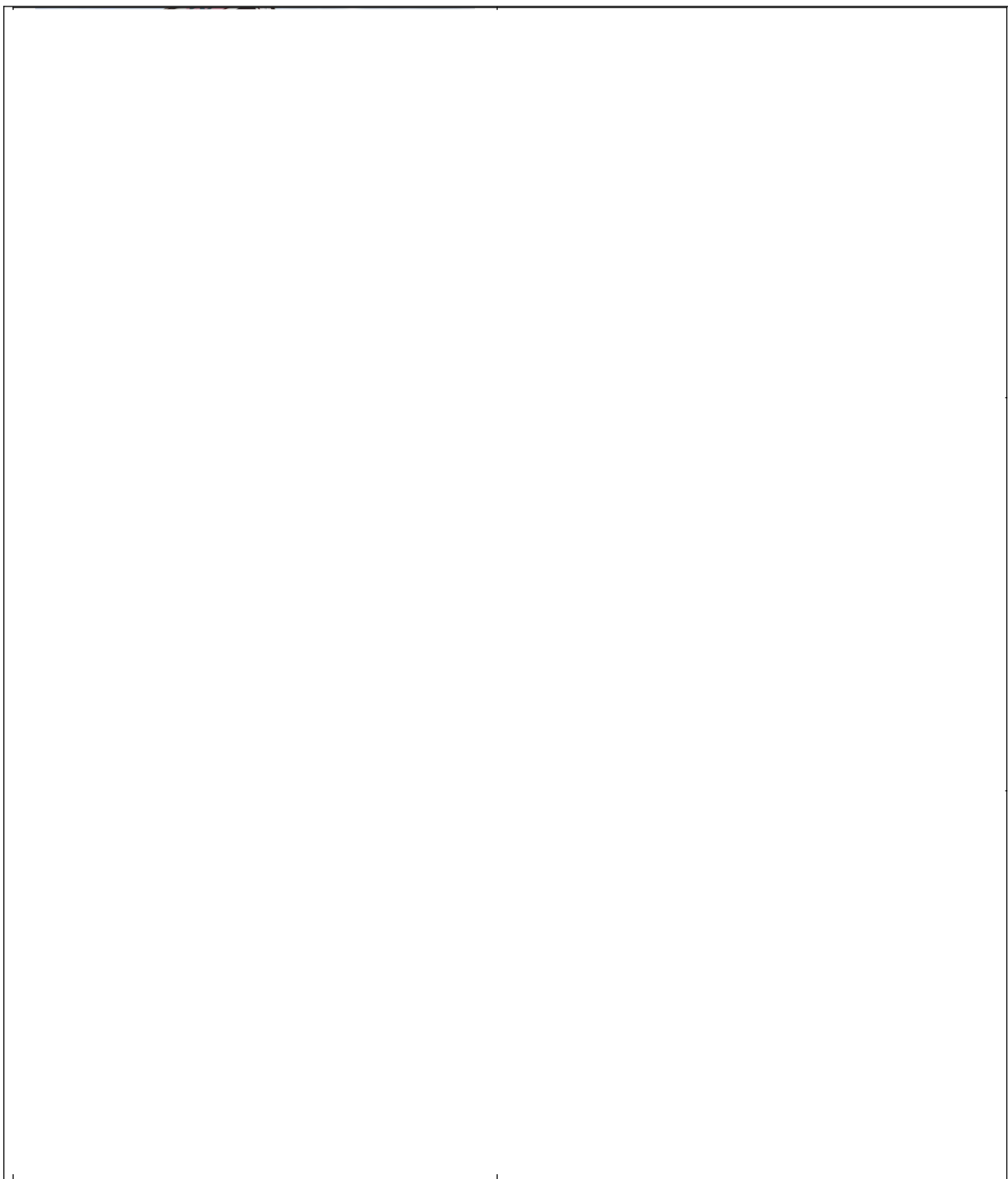


图 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境现状照片

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。

监测因子：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置拟建址及周围，共计 15 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》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在工业 CT 装置拟建址及周围布设监测点位，测量工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率。

质量保证措施：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- γ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512+BG7030

设备编号：RY-J001

检定有效日期：2025.3.11-2026.3.10

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2025H21-20-5786074001

测量范围：10nGy/h~200 μ Gy/h

能量响应范围：25keV~3MeV

仪器的宇宙射线响应值：11nGy/h

监测日期：2025.8.5

天气：多云；温度：34℃；相对湿度：73%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（检测结果见附件 7），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	标准偏差	备注
1	工业 CT 装置拟建址东侧			室内（楼房）
2	工业 CT 装置拟建址南侧			室内（楼房）
3	工业 CT 装置拟建址西侧			室内（楼房）
4	工业 CT 装置拟建址北侧			室内（楼房）
5	工业 CT 装置拟建址中部			室内（楼房）
6	8#栋 1 层东北部			室内（楼房）
7	8#栋 1 层南部			室内（楼房）
8	8#栋 2 楼			室内（楼房）
9	8#栋 3 楼			室内（楼房）
10	9#栋北侧			道路
11	昆山阿基里斯新材料科技有限公司 西侧			道路
12	7#栋南侧			道路
13	昆山爱克树脂有限公司南侧			道路
14	5#栋东侧			道路
15	10#栋北侧			道路

注：①X- γ 辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，道路取值为 1，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。

②检测工况为本底监测。

根据表 8-1 的监测结果可知，昆山海域科技有限公司本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 γ 辐射剂量率在（62~95）nGy/h 范围内，其中室内环境 γ 辐射剂量率在（85~95）nGy/h 范围内，道路环境 γ 辐射剂量率在（62~71）nGy/h，分别处于江苏省室内、道路天然 γ 辐射剂量率测值范围内。

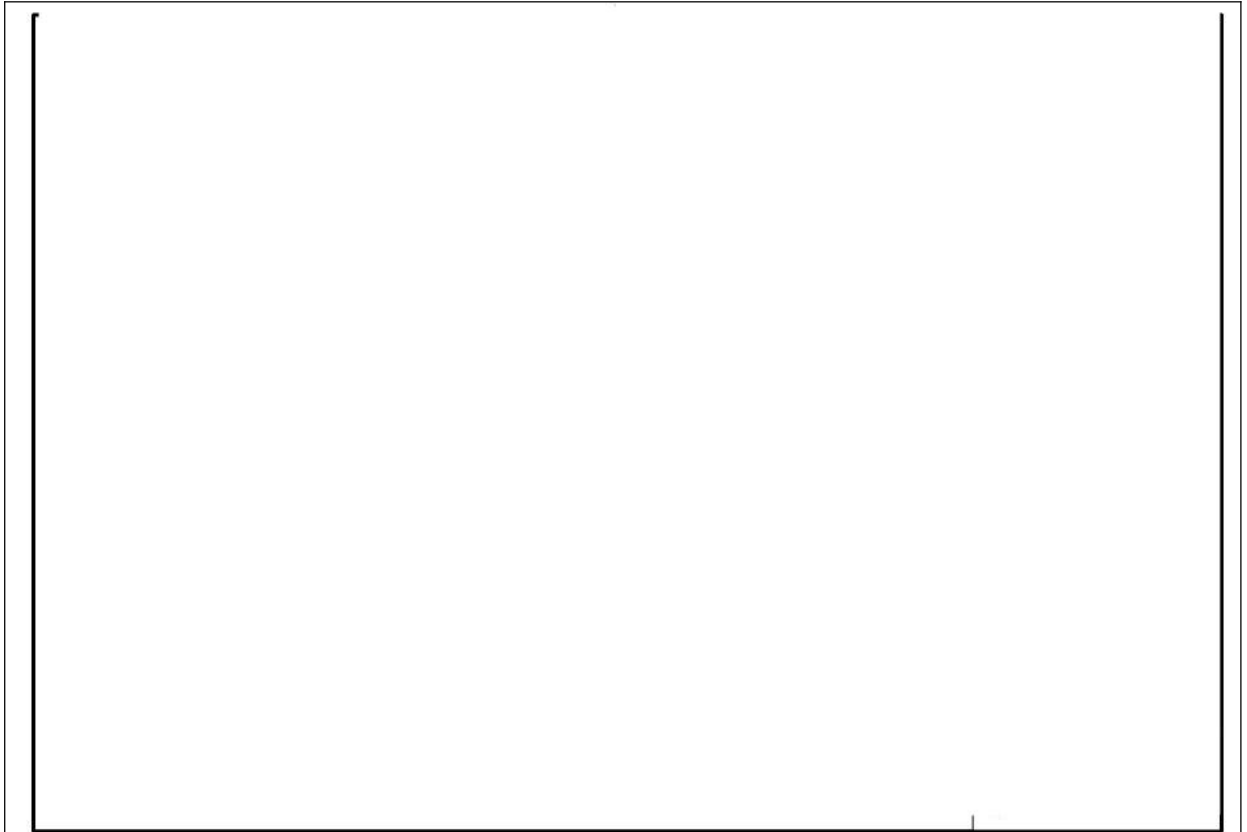


图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析 1. 工程设备情况 1.1 系统组成 本项目为销售、使用工业 CT 装置，展销使用的 1 台 CT 装置拟放置于昆山海域科技有限公司 1 楼东南部展厅 2 内，将装置的工件门朝向北侧进行摆放。 该型号装置主要由 X 射线机系统、数字成像系统、图像采集及处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统、辐射安全系统、图像重建及分析系统等组成，具体系统组成如下： ①X 射线机系统：由 X 射线管、高压电缆、高频高压发生器、电源调制器、冷却系统、水管、低压连接电缆组成，用来发射 X 射线； ②数字成像系统：由数字平板成像器、系统驱动软件及平板电源线组成，用来将接收到的 X 光信号转换成电信号，然后将模拟电信号转换成数字信号，从而形成图像； ③图像采集及处理系统：计算机主机、图像处理软件及显示器组成，用来对采集到的图像数据进行分析，从而判断产品质量； ④电气控制系统：由操作台、总配电柜、一体化工作站、控制及动力电缆、控制软件、铅门联锁控制单元、应急联锁控制单元组成，用来控制整个装置的运行； ⑤机械传动系统：由成像及射线源装置、机械运动装置（包括移动控制系统，机械驱动轴，底座和支架等）组成，在检测过程中通过不断改变工件与射线管的相对位置，从而获得不同角度的成像图片，继而判断产品质量； ⑥射线防护系统：铅房用来对 X 射线进行屏蔽，减小铅房外 X 射线剂量率； ⑦辐射安全系统：由急停按钮、钥匙控制开关、门机联锁、摄像监控、工作状态指示灯组成，用来确保装置运行过程中的辐射安全。 ⑧图像重建、分析系统：对接收到的数据进行处理，重建出物体的三维图像，并基于三维图像进行数据可视化分析。 1.2 设备组成 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置由铅房（包括控制模块）、控制柜、冷却装置及数据处理工作站（以下简称操作台）组成。本项目根据装置摆放情况：工件
--

门朝向北侧，则控制模块位于装置北侧，与铅房设计成一体结构，控制模块设计有“钥匙开关”、显示器、开关控制器、开关门按钮、模式选择按钮、急停按钮和辐射警告标志，通过控制模块可以对机器进行通电、开机、工件位置调整等操作，显示器可以与机器内部摄像头配合进行工件摆放实时监控。数据处理工作站（操作台）为 2 台计算机处理系统和操作软件，位于装置北侧。辐射工作人员在数据处理工作站（操作台）进行设备参数设置、出束检测与数据分析。装置设备参数见表 9-1。

表 9-1 设备参数一览表

设备型号	数量 (台)	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	滤过	出束角度	最大管功率 (W)
Metrotom 1500 225KV G3 型工 业 CT 装置	1	225	3	2mm Sn	30°	500

该装置外尺寸约为 3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高），该装置工件门兼为检修门。装置铅房采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，本项目根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，则铅房北侧、南侧、东侧、顶部屏蔽体均内含 5mm 铅板+3mm 钢板，西侧屏蔽体内含 12mm 铅板+3mm 钢板，底部屏蔽体内含 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板，工件门内含 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板。X 射线管管头位置设计有铅套管，除主射线方向外，管头其余各面均采用铅-钢防护结构，厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板。该装置最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，最大管功率 500W（225kV 下最大管电流 2222 μ A）。本项目工业 CT 装置摆放位置确定：该装置将工件门朝向北侧进行摆放，且射线管固定不动，仅工件转台可移动，则主射线方向固定朝西侧照射，装置锥束角为 30°，装置铅房底部屏蔽体与地面的距离为 3cm。

本项目 CT 装置射线管及平板探测器固定不动，不可左右、前后、上下移动及旋转；射线管源点距离装置西侧外表面距离为 1.90m，射线管出束窗口为 30°圆锥出束，在装置西侧屏蔽体上投影为半径约 0.51m 的圆，即直径约为 1.02m 的圆；装置西侧屏蔽体尺寸为 1.81m（宽）×2.440m（高），能够完全覆盖主射束照射范围，因此装置西侧屏蔽体为有用线束方向，其余方向为非有用线束方向，具体见图 9-4。

本项目工业 CT 装置工作基本原理是通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像，再将这些图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，最终利用分析软件对测得的三维模型进行处理解析，从而获取全面的产品内外

质量数据，有效地反映出内部结构，缺陷形状、尺寸及分布位置情况等信息。

本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置样式图见图 9-1，正视图和侧视图见图 9-2，内部结构正视图及俯视图见图 9-3。

图 9-1 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置样式图

图 9-3 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置内部结构正视图及俯视图

注：上述距离为射线管出束点距装置各侧屏蔽体的内部距离，未考虑装置壳体厚度、底部支撑及电气柜。射线管不可移动，仅转台可移动。

图 9-4 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置出束角度及照射方向示意图

2. 工作原理

X 射线机主要由 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，阳极靶则根据需要，可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、钼、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，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，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被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 $0.001 \sim 10\text{nm}$ 。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于

被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，从而可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。X 射线管结构图见图 9-5。

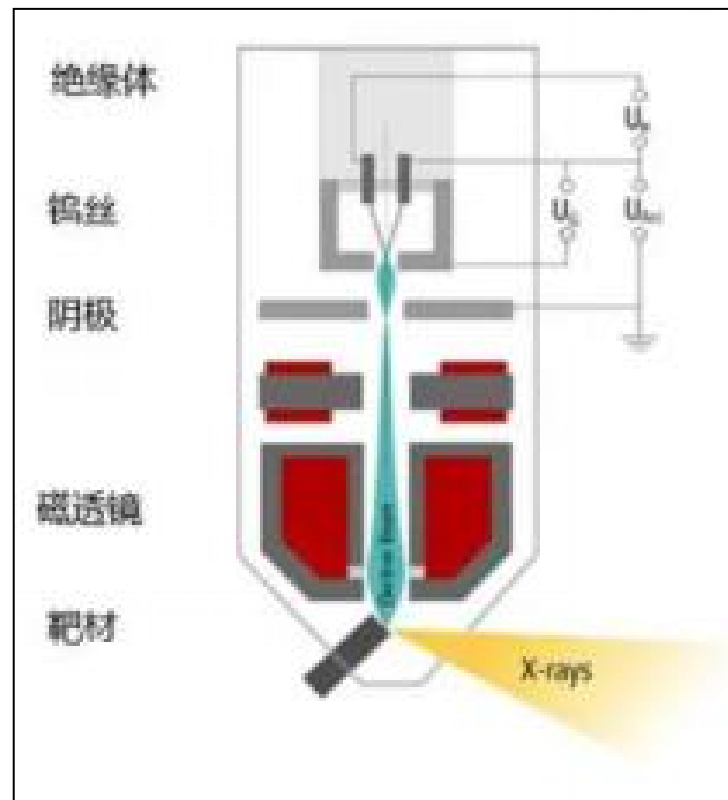


图 9-5 X 射线管结构图

工业CT装置是将穿过零件的X射线经图像增强器、CCD（电荷耦合器件）摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。工业CT装置是结合X射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

工业CT装置通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成。其中，最核心的原理是：计算机控制射线

源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业CT切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

工业 CT 装置可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。

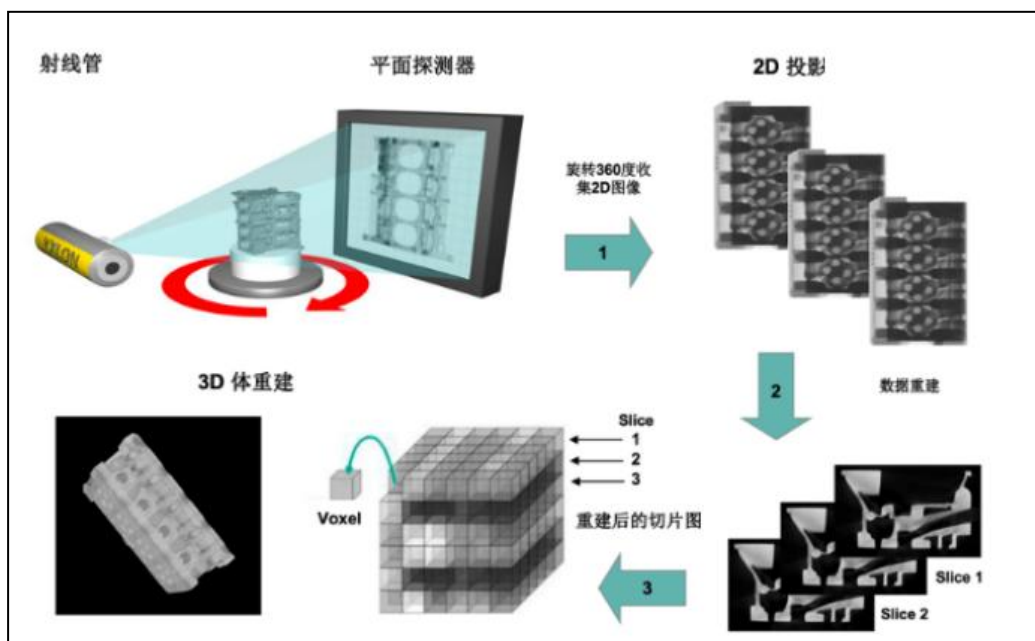


图9-6 工业CT原理图

3. 工艺流程及产污环节分析

3.1 本项目 CT 装置销售流程如下：

（1）客户提出购买意愿，本公司销售人员带客户到展厅 2 观看工业 CT 装置的样机，不开机，样机结构参观完将客户带出展厅 2，在位于观察窗处对客户演示装置开机检测工件流程和检测效果，详细流程见 3.2；

（2）客户确定购买，则公司人员核实客户是否具有使用该型号装置的环保手续，主要审核客户是否取得环评批复，批复中包括的具体项目、种类、范围、有效期等。如用户尚未获得环评批复或批复范围不符合要求的则不销售；

（3）确认后客户与本公司签订合同；

（4）本公司根据与客户签订的合同向生产厂家申请该型号装置的采购，后由生

产厂家直接将工业 CT 装置发货运输到客户单位，客户现场调试、后续维修工作均由生产厂家负责；在射线装置产品销售流程中，装置由生产厂家运输至客户现场，厂家运输过程采用符合辐射防护要求的专用包装，固定牢靠，设置明显警示标识，由专业人员负责押运，确保运输途中辐射环境安全。装置到达客户现场后，由厂家负责安装、调试及后期维修工作，调试、维修过程中的辐射安全管理由厂家承担主体责任，严格按照辐射安全操作规程作业，划定控制区与监督区，配备防护用品及个人剂量监测设备，客户单位配合做好现场安全管理及无关人员疏散工作，确保全过程辐射安全可控。

（5）销售完毕后，做好台账登记工作。

3.2 展销使用CT装置流程如下：

工业CT装置工作时，辐射工作人员将被检测工件（客户自带）放置于装置铅房内，辐射工作人员在装置操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 设备启用前，辐射工作人员检查各辐射安全装置的有效性；
- 2) 辐射工作人员启动电气控制系统，打开工件门；
- 3) 辐射工作人员将工件送入铅房内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 4) 确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- 5) 辐射工作人员开启工业CT装置进行无损检测，加高压、打开X射线出束开关，开始检测；装置利用载物台旋转移动工件调整至不同位置及调整射线管位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的断层扫描图像。开机曝光时会发出X射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 6) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门；
- 7) 辐射工作人员在操作台对图像进行分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断工件质量、缺陷等；
- 8) 装置关机。

本项目工业 CT 装置工作流程如下图所示：

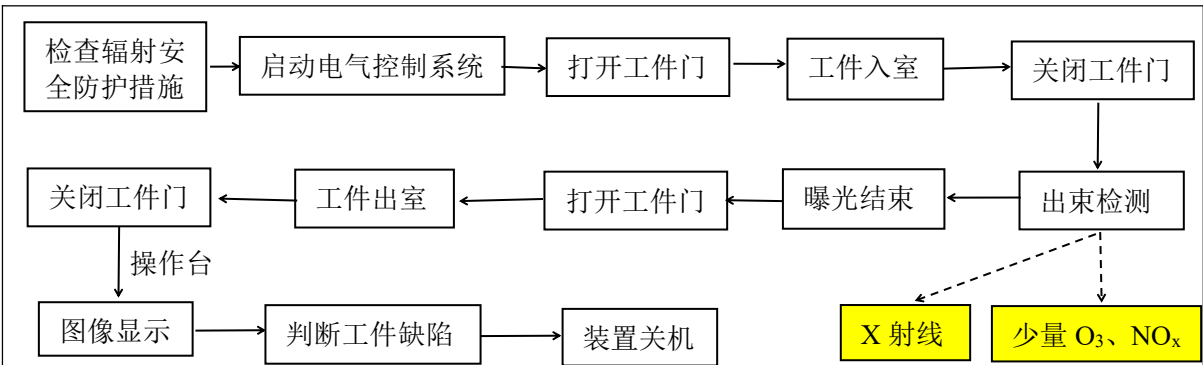


图 9-7 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

4.工件信息及工作方式

本项目工业 CT 装置检测的工件为意向客户自带的各种金属、陶瓷、复合材料及塑料产品，材质和尺寸大小不一，检测工件为演示产品。

5.人员配置及工作制度

昆山海域科技有限公司拟为本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员。本项目建成后用于展销的 1 台工业 CT 装置预计单次开机照射进行产品缺陷检测演示的时间最长不超过 0.5h，每天预计最多演示 2 次开机照射时间为 1h，每周工作 5 天开机照射时间为 5h，每年工作 250 天，年开机照射时间最长不超过 250h；经与生产厂家核实，本项目用于展销的 1 台工业 CT 装置不需要开展训机。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，工业 CT 装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对装置外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。

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。正常运行时辐射工作人员和周围公众不需要到达装置铅房顶部，且本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置辐射源点固定向西侧，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、泄漏辐射和散射辐射。

有用线束：本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置最大管电压为 225kV，

最大管电流为 3mA，最大管功率为 500W（当额定功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2222 μ A）。根据厂家提供的装置说明书（见附件 5），本装置滤过条件 2mm Sn 的检测条件下，距辐射源点 1m 处输出量实测值为 3.67mSv·m²/（mA·min），由此得出距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 2.202E+05 μ Sv·m²/（mA·h）；

泄漏辐射：本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置生产组装时的射线管实为射线管组件，并非射线管裸管，在射线管组件管头外再配有铅套壳，在射线管组件管头加装铅套壳的条件下经过生产厂家技术处理减少 X 射线的泄漏；根据附件 5 生产厂家提供的实际测量数据得到在射线管防护外壳安装的情况下，距离射线管的管组件 35cm（0.35m）四周最大泄漏射线值 $\leq$ 19 μ Sv/h，由距离平方反比定律计算得出 1m 处的最大泄漏射线值为 2.33 μ Sv/h（ $19 \times 0.35^2 / 1^2 \approx 2.33$ ）；

散射辐射：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得散射辐射能量；汇总见表 9-2。

表9-2 本项目工业CT装置输出量参数

序号	射线装置	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	最大管电压下的最大管电流 (μ A)	距辐射源点（靶点）1m 处周围剂量当量率		泄漏辐射 1m 处输出量 (μ Sv/h)	散射辐射能量 (kV)
1	工业 CT 装置	Metrotom 1500 225KV G3	225	3	2222	3.67mSv·m ² /（mA·min）	2.202E+05 μ Sv·m ² /（mA·h）	2.33	200

2. 非辐射污染源分析

工业 CT 装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，通过装置内机械式排风设施和开关工件门排到展厅 2 内，最终经开关展厅 2 的大门排至室外。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

本项目为销售、使用工业 CT 装置，根据展销使用的工业 CT 装置摆放情况：工件门朝向北侧，该装置设置有操作台（数据处理工作站，位于装置北侧）、铅房（含控制模块）、控制柜及冷却装置（均位于铅房东侧），控制模块与铅房一体结构，位于铅房北侧，操作台与铅房分开独立设置，位于铅房北侧，本项目操作台与射线装置出束照射方向关系见表 10-1，本项目工业 CT 装置满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）“操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开”的要求。

表 10-1 操作位与出束方向关系一览表

序号	装置名称及型号	操作台位置	控制模块	出束方向
1	Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置	位于装置北侧	位于铅房北侧	朝西侧照射

本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置拟建址位于公司 1 楼东南部展厅 2 内，因此拟将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界作为本项目的控制区，将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界外与展厅 2 围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置表面外拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在展厅 2 入口处（北侧、西侧及东侧进出口）均拟张贴监督区的标牌，装置拟建址位置紧挨南侧的门已封闭无法进出。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1，两区划分情况表见表 10-2。

图 10-1 两区划分示意图（图上工业 CT 装置指铅房、控制柜及冷却装置的实体边界）

表 10-2 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界	工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界外与展厅 2 围成的区域（含操作台）
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价”。 6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，工业 CT 装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	工业 CT 装置表面外拟粘贴电离辐射警告标识及中文警示说明。	展厅 2 入口（北侧、西侧及东侧进出门）处拟粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置主要由铅房、控制模块、操作台、控制柜及冷却装置组成，本项目根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，则本项目装置屏蔽参数见表 10-3。

表 10-3 射线装置屏蔽设计参数

装置名称	设备防护信息	根据摆放情况屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	折合铅当量 *mm
Metrotom 1500 225KV G3 型 工业 CT 装置	铅房前侧	北侧	5mm 铅板+3mm 钢板	
	上料门	工件门	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板	
	铅房后侧	南侧	5mm 铅板+3mm 钢板	
	铅房左侧	东侧	5mm 铅板+3mm 钢板	
	铅房右侧	西侧	12mm 铅板+3mm 钢板	
	铅房顶面	顶部	5mm 铅板+3mm 钢板	
	铅房底部	底部	3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板	
	X 射线管管头铅套管		含 5mm 铅板+2mm 钢板	
	通风口		5mm 铅板+3mm 钢板	
	电缆口		5mm 铅板+3mm 钢板	

门缝搭接：本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 10mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

3. 工作场所辐射安全和防护措施

1) 屏蔽防护：本项目工业 CT 装置铅房主要采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护。

2) 操作台：本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置控制模块位于工业 CT 装置铅房前侧面板，控制模块设有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射；控制模块设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业 CT 装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出；设置显示器显示工件在铅房内情况。

3) 辐射防护仪器设备：根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，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。公司拟为本项目配备 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪和 2 台 X-γ个人剂量报警仪，公司将利用巡测仪对工业 CT 装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。装置工作时，辐射工作人员无需进入铅房内进行工件摆放等相关工作，故本项目无需安装固定式剂量率仪。

4) 建设单位参照使用《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表10-4 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	《工业探伤放射防护标准》 （GBZ117-2022）标准原文	拟落实情况	结论
1	分区管理	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。	本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置拟建址位于公司 1 楼东南部展厅 2 内，因此拟将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界作为本项目的控制区，将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界外与展厅 2 围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置表面外拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在展厅 2 入口处（北侧、西侧及东侧进出门）均拟张贴监督区的标牌，装置拟建址位置紧挨南侧的门已封闭无法进出。	符合
2	门机联锁	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	本项目工业 CT 装置工件门（兼检修门）设计有门机联锁装置，只有在门完全关闭时工业 CT 装置才能出束照射，探伤过程中，若门被意外	符合

		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。	打开，能立刻停止出束。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房内部设置 2 个安全互锁开关。	
3	指示灯和声音提示装置	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。	本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房工件门右侧设有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与装置联锁（灯亮表示曝光检测，灯灭表示未进行曝光检测）；拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房内安装声光报警装置，与装置联锁，装置开启时，声光报警装置开启。	符合
4	视频监控	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。	本项目工业 CT 装置铅房内设有摄像装置，通过操作台及控制模块显示器能清楚看见铅房内情况，避免误照射情况发生。	符合
5	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目工业 CT 装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒辐射工作人员预防危险及非辐射工作人员禁止操作，从而避免事故发生。	符合
6	急停按钮	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。	本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置前侧控制模块设计有紧急停机按钮，铅房内部后侧防护板及左侧防护板设计有紧急停机按钮，共 3 个，拟设置急停按钮便签说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。	符合
7	通风	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。	工业 CT 装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置内部体积约为 16.3m ³ （其中铅房内部体积约为 10m ³ ），典型工况下单个风扇排风量为 900m ³ /h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 1800m ³ /h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时本项目工业 CT 装置所在展厅 2，通风效果较好，通过开关展厅 2 门将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，	符合

			常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。	
--	--	--	---	--

本项目工业 CT 装置辐射安全与防护措施分布图（资料图）如下：

图 10-2 本项目工业 CT 装置辐射安全与防护措施分布图（资料图）

本项目工业 CT 装置辐射安全与防护措施分布图（平面示意图）如下：



图 10-3 本项目辐射安全设施平面布置示意图

落实以上措施后，本项目工业 CT 装置配备的辐射安全与防护措施满足相关管理要求。

4、工作场所探伤操作的放射防护要求

①每次使用工业 CT 装置检测前应检查门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

②辐射工作人员在进入展厅 2 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，辐射工作人员应立即退出展厅 2，同时防止其他人进入展厅 2，并立即向辐射防护负责人报告。

③定期测量工业 CT 装置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，应终止无损检测工作并向辐射防护负责人报告。

④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，则不应开始无损检测工作。

⑤在每一次照射前，操作人员都应该确认工业 CT 装置内部没有人员驻留并关闭工件门。只有在工件门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，

才能开始无损检测工作。

⑥维护检修的防护要求：设备维护检修前必须切断高压、拔出射线钥匙、挂牌上锁，并经辐射剂量监测确认本底水平后方可作业；严格执行门机联锁、急停、钥匙开关等安全装置检查，严禁短接联锁。检修人员持证上岗、携带巡测仪、佩戴个人剂量计与报警剂量计，双人监护作业。射线管、高压部件、屏蔽体检修需充分放电、恢复屏蔽完整性，临时测试必须人员撤离、远程操作。检修完成后全面复核安全装置与辐射剂量率，确保屏蔽体外剂量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。设备运输、安装调试、售后维修期间，辐射安全主体责任由厂家承担，使用单位配合现场管理，共同验收合格后方可使用。

5、退役

当工业 CT 装置不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

①工业 CT 装置的 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当工业 CT 装置从现场移走后，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。

三废的治理

工业 CT 装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置内部体积约为 16.3m^3 （其中铅房内部体积约为 10m^3 ），典型工况下单个风扇排风量为 $900\text{m}^3/\text{h}$ ，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 $1800\text{m}^3/\text{h}$ ，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时本项目工业 CT 装置所在展厅 2，通风效果较好，通过开关展厅 2 门将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置为整体购买设备,在设备安装组装过程中会产生少量的噪声、废水和固废。

①噪声

工业 CT 装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声,经距离衰减及实体屏蔽后,施工噪声对周围环境影响较小。

②固废

工业 CT 装置在组装过程中,会拆除一定的外包装材料,包装材料为一般固废,部分回收利用;部分与办公垃圾一同依托公司现有垃圾收集设施收集处置,对周围环境影响较小。

③废水

工业 CT 装置在组装及调试过程中,安装及调试人员会产生少量的生活污水进入公司污水处理管道最终进入污水处理厂处理,对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目工业 CT 装置采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护,根据公司所提供的数据本项目运行后工业 CT 装置年曝光时间最大约为 250h。

本项目对设备四周、顶部、底部和工件门辐射环境影响进行预测,预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及其修改单中的计算公式:

1.有用线束屏蔽估算

装置有用线束照射方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及其修改单中有用线束屏蔽估算的计算公式:

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

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 见表 9-2;

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 中的表 B.2, 取得相应电压条件下铅的什值层后, 再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 B 值;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

2.非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及其修改单中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

$\dot{H}_L$: 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 见表 9-2;

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 中的表 B.2, 取得相应电压条件下铅的什值层后, 再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 B 值;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m。

② 散射辐射

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

式中: $\dot{H}$: 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

H_0 : 距辐射源点(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 取值见表 9-2;

B : 屏蔽透射因子, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 2 中取得散射辐射能量; 再根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录 B 中的表 B.2, 取得相应电压条件下铅的什值层后, 再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 计算得到 B 值;

F : R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

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 α 值时, 可以用水的 α 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）中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

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

参考点的年剂量水平， $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

t ：探伤装置周照射时间，h/周；

探伤装置年照射时间，h/年；

U ：探伤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。

4. 参考点处剂量率理论计算结果

本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA，射线管最大管功率为 500W；当额定功率开机电压 225kV 时，电流最大为 2.222mA；当额定功率开机电压 167kV 时，电流最大为 3mA；由于最大电压和最大电流无法同时达到，铅条件下 225kV X 射线的什值层相比 200kV 以下 X 射线的什值层大很多，经分析本项目工业 CT 装置最大管电压工况辐射影响要远大于最大管电流工况的辐射影响，为保守估算，本项目预测计算时电压取 225kV 电流取 2.222mA。

图 11-1 关注点位示意图（单位：mm；图中距离为出束点距装置外表面）

表 11-1 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度（mm）	I （mA）	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B	R （m）	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	周围剂量当量 率参考控制水 平（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	评价
西侧 ①							2.5	满足

注：①取装置表面外 30cm 为关注点。

②B 值取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 中的表 B.2，250kV 下铅什值层为 2.9mm；200kV 下铅什值层为 1.4mm；内插取得 225kV 下铅什值层为 2.15mm。

表 11-2 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数		关注点位					
		工件门②	北侧（控制 面板）③	东侧④	南侧⑤	顶部⑥	底部⑦
X 设计厚度（mm）							
泄 漏 辐 射	折合铅板厚度 （mm）						—
	B_1						—
	$\dot{H}_L$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）						—
	R（m）						—
	$\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）						—
散 射 辐 射	散射线能量(kV)						—
	B_2						—
	I（mA）						—

	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	R_s (m)					
	$\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射辐射 的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)						
剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
结论		满足	满足	满足	满足	满足

注：①取装置表面外 30cm 为关注点。铅房底部屏蔽体与地面的距离 30mm，底部关注点选取在底板下方地面处 $R=1.62+0.03=1.65\text{m}$ 。

②根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，本项目射线管固定，且固定朝西侧出束照射，转台移动会影响装置东侧散射距离 R_s 改变，不影响装置北侧、南侧、顶部及底部散射距离 R_s ，本项目 R_s 距离保守与 R 距离取值一致。

③ B_1 以射线能量为 225kV 取值，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 中的表 B.2，250kV 下铅值层为 2.9mm；200kV 下铅值层为 1.4mm；内插取得 225kV 下铅值层为 2.15mm。

④ B_2 以射线能量为 200kV 取值，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 中的表 B.2，200kV 下铅值层为 1.4mm。

⑤本装置 225kV，出束角度为 30° ，辐射源与工件距离约为 0.33m，则计算 $\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}=\pi\times(0.33\times\tan 15^\circ)^2\times(1.9\text{E}-03\times 10000/400)/0.33=0.0109<1/50$ ，本项目保守取 1/50 进行预测。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，工业 CT 装置表面外 30cm 处辐射周围剂量当量率最大为 $1.74\mu\text{Sv/h}$ ，因此 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置在最大管电压下满功率运行时，装置表面外 30cm 处及底部理论计算的辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中周围剂量当量率参考控制水平的要求及本项目管理目标。

5. 天空及地面反散射辐射影响分析

根据表 11-2，本项目 Metrotom 1500 G3 型工业 CT 装置顶部外 30cm 处周围当量剂量率为 $1.52\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射周围当量剂量率远小于 $1.52\mu\text{Sv/h}$ ；装置底部外 30cm 处周围当量剂量率为 $5.03\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ，经地面反散射周围当量剂量率远小于 $5.03\text{E}-01\mu\text{Sv/h}$ ；均能够满足周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

6. 电缆口、通风口辐射影响分析

本项目工业 CT 装置线缆管道采用 U 型管设计，其防护补偿结构为在开孔位置覆盖一“几”字形防护铅板结构，厚度为 5mm 铅板+3mm 钢板防护，位于铅房东侧下方。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置出束时，X 射线自 O 点出束，

照射在工件上，经工件 A 点散射后进入电缆管道，在电缆管道中经过 3 次散射到达装置外。散射路径为 $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平，从而防止射线泄漏。本项目电缆管道散射示意图见图 11-2。

本项目工业 CT 装置内采取底部位置自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有铅板防护，防护厚度为 5mm 铅板+3mm 钢板防护，进风口位于底部中间位置，气流经导向后才进入室内，出风口位于装置顶部。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置出束时，X 射线自 O 点出束，照射在工件上，经工件 A 点散射后进入顶部出风口与底部进风口，均经铅百叶散射，散射路径为 $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ ，X 射线在通风管道中经 3 次散射到达装置外。均避免 X 射线直接照射进出风口，利用散射降低进出风口的辐射水平，最大程度上避免射线泄漏。本项目通风散射示意图见图 11-3、11-4。

X 射线进入电缆管道、通风管道需至少经过三次散射才能到达装置外，根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，因此，本项目电缆管道、通风管道设计满足辐射防护要求。

-

本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置工件门为 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板，工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 10mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，能够满足辐射防护要求。

7. 保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员有效剂量保守以装置四周最大周围剂量当量率进行估算。

表 11-5 本项目辐射工作人员有效剂量估算结果

型号	位置	使用 因子 U	居留 因子 T	最大周围剂量 当量率值 $\mu\text{Sv/h}$	周围剂量当 量率控制水 平 $\mu\text{Sv/h}$	周围剂量当 量估算值 $\mu\text{Sv/周}$	目标管 理值 $\mu\text{Sv/周}$	年剂量估 算值 mSv/年	目标管 理值 mSv/年	结论
Metrotom 1500 225KV G3 型									5 工作 人员	满足

注：①本项目辐射工作人员有效剂量保守以装置四周最大周围剂量当量率进行估算，居留因子取 1；

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 5h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 250h。

表 11-6 本项目装置周围 50m 范围内保护目标有效剂量一览表

序号	保护目标 名称	与装置 最近 距离	居留 因子	距源点 距离	关注点处 辐射剂量 率 $\mu\text{Sv/h}$	周剂量 估算值 $\mu\text{Sv/周}$	目标管 理值 $\mu\text{Sv/周}$	年剂量 估算值 mSv/年	目标管 理值 mSv/年	结论
1										满足
2										满足
3										满足
4										满足
5										满足
6										满足
7										满足
8										满足
9									0.1 公众	满足
10										满足
11										满足
12										满足
13										满足
14										满足
15										满足
16		m								满足

注：①关注点处辐射剂量率预测，距离取值=源点距离+保护目标距离，再根据公式（1）、（2）、（3）计算得出，考虑距离衰减进行保守估计；

②使用因子取 1；

③工业 CT 装置预计周曝光时间 5h，年工作 50 周，年曝光时间最大为 250h。

从表 11-5 至表 11-6 中预测结果可以看出，本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员所受每周的周围当量剂量率最大为 $8.70\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $4.35\text{E-}01\text{mSv}$ ；周围公众所受每周的周围当量剂量率最大为 $1.20\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $6.00\text{E-}02\text{mSv}$ 。根据理论计算结果，本项目对辐射工作人员及周围公众的辐射影响能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ；公众年有效剂量不超过 0.1mSv ，周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ ）。

事故影响分析

1) 本项目可能发生的辐射事故

①工业 CT 装置门-机联锁失效，设备工件门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射；

②维修人员检修工业 CT 装置时，设备进行曝光，人员受到意外照射；

2) 辐射事故处置方法

发生辐射事故时，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，在 1 小时之内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的还应当同时向卫生健康部门报告。在发生辐射事故时，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。事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。

②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。

③现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具、个人剂量计及个人剂量报警仪。

④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验

和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

3) 针对本项目可能发生的辐射事故提出预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性的给出预防措施：

①公司应加强管理，加强辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程，防止人员误入误留在装置内；

②定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；

③发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；

④对可能受到超剂量照射的人员，及时送医检查并治疗；

⑤协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算，并协助进行身体检查和医学观察；

⑥事故处理后保存好受照人员体检资料，做好跟踪观察。

公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业 CT 装置进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行工业 CT 装置操作，每次操作前检查工业 CT 装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测工业 CT 装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，制定切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用Ⅱ类射线装置的单位应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；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。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

昆山海域科技有限公司拟成立相应的辐射安全机构，并以文件形式明确各成员管理职责，此外，担任本项目辐射防护负责人需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。昆山海域科技有限公司拟为本项目 2 名辐射工作人员和另外安排 1 名辐射安全管理人员，本项目 2 名辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”，必须通过考核后方能正式进行上岗作业；安排的 1 名辐射安全管理人员，管理人员考核类型为“辐射安全管理”。此外，后续有新任命本项目辐射防护负责人仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理制度

本项目为新建项目，昆山海域科技有限公司应按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定相关辐射安全管理制度，关键制度的目录包括《操作规程》《辐射防护和安全保卫制度》《岗位职责》《检修维护制度》《放射源、射线装置使用登记制度》《辐射岗位工作人员培训制度》《监测方案》及《辐射事故应急预案》。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

- **辐射安全与环境保护管理机构：**公司为满足公司辐射安全与环境保护管理的需求，拟成立辐射安全与环境保护管理领导小组，负责公司辐射安全与环境保护管理工作。在本项目今后的运营过程中，昆山海域科技有限公司将结合公司核技术应用过程中的相关变化情况，及时对辐射安全与环境保护管理领导小组成员做相应调整，调整后的辐射安全防护管理领导小组的组成涵盖公司核技术利用所涉及的相关部门和人员。现规划辐射安全领导小组的具体成

员姓名、职务及详细职责分工如下组织结构图：

图 12-1 组织结构分布图

- **岗位职责：**明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。
- **操作规程：**明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求，工业 CT 装置、操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施；重点明确开机前检查项、开机曝光流程、出现异常处理等情况。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。此外，应着重关注操作台钥匙管理，应专人保管，使用时应进行使用记录登记，确保开机钥匙的安全性。
- **设备检修维护制度：**明确工业 CT 装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT 装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置销售及使用情况制定，

重点是射线装置使用状况的记录。

- **人员培训计划：**建设单位现拟制定《辐射岗位工作人员培训制度》，明确学习及考核对象、周期和要求。按计划组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，考核不合格的不得上岗。在取得考核合格证后每五年还应再组织安排一次考核，考核不合格的不得继续从事辐射相关工作。公司日常辐射安全管理负责人员应参加辐射安全管理辐射安全与防护考核。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，该 2 名辐射工作人员现已开展参加辐射安全与防护考核的准备，预计在取得本项目批复后取得合格证书。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）的要求，有相关学习需求的人员通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并参加考核。
- **职业健康体检：**公司拟制定职业健康体检计划，明确体检对象、体检周期和指标，并按计划组织辐射工作人员开展岗前、岗中（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查）和离岗职业健康体检，对于体检结果出现异常的，不得安排从事辐射相关工作。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，后续若新增工作人员上岗前需进行职业健康体检，体检结果为合格后才允许从事放射工作。今后若新增辐射工作人员或辐射工作人员离岗，应按要求开展岗前、岗中（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查）和离岗职业健康体检，体检合格后，方可从事辐射工作。
- **监测方案：**方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。方案中应明确选用合适的个人剂量报警仪及辐射环境巡测仪；使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等，以确保仪器的使用是有效的。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环保部令第 18 号），公司拟为本项目配备必要的监测仪器，对辐射工作场所放射性水平进行监测，并定期委托有资质的监测单位进行例行监测；对辐射工作人员配备个人剂量计，专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。

- **事故应急预案：**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》（环发〔2006〕145 号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）制定事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。
- **监测异常报告制度：**如果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。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

昆山海域科技有限公司应制定相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

本项目为新建项目，公司拟为辐射工作人员建立个人剂量档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检；公司拟委托有资质单位每年对现有射线装置周围环境进行辐射水平监测，监测结果均满足相应标准要求。本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1.监测方案

1) 委托有资质单位定期对本项目工业 CT 装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2) 工业 CT 装置进行检测作业时辐射工作人员对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测（每季一次），并做好相关记录。若发现辐射异常情况，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。

3) 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，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。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
工业 CT 装置	验收监测	X- γ 周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置；
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	②工业 CT 装置表面外 30cm 处，工件门四周门缝及观察窗表面外 30cm 处；
	自主监测		自行监测	每季一次	③人员经常活动的位置； ④装置楼上至少 5 个检测点； ⑤每次出束结束后，检测工业 CT 防护门口，以确保辐射源已经停止工作。
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等要求，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；昆山海域科技有限公司拟为本项目配备1台X- γ 辐射剂量巡测仪及2台X- γ 个人剂量报警仪。项目运行后定期对工业CT装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

昆山海域科技有限公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，拟在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

3.环保投资估算一览表

表 12-2 环保投资估算一览表

序号	环保措施	环保投资（万元）
1	1 台整机的工业 CT 装置（铅房、操作台、电气控制柜）	
2	门机联锁、安全互锁开关、工作状态指示灯、声光报警装置	
3	“当心电离辐射”的电离辐射警告标志、紧急停机按钮	
4	视频监控、监督区标牌	
5	1 台 X- γ 辐射巡测仪，2 台个人剂量报警仪	
6	辐射工作人员职业健康体检及个人剂量检测	
合计		

辐射事故应急

昆山海域科技有限公司应依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，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。公司制定的事故应急预案应较全面，并具有一定的可行性。公司应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

昆山海域科技有限公司应针对使用工业CT装置项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）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；
- （3）应急演习计划；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

昆山海域科技有限公司应依据《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》（环发〔2006〕145号文）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境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，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。事故发生后应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

昆山海域科技有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目工业CT装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论 1. 实践正当性 昆山海域科技有限公司负责蔡司工业 CT 装置的销售工作，因服务于蔡司工业 CT 装置的销售需求，为了便于向意向客户提供产品展示及装置检测工件效果展示，使用 1 台工业 CT 装置对客户自带的各种金属、陶瓷、复合材料及塑料产品进行缺陷检测演示，以控制产品质量。本项目的建设将满足客户（生产企业）提高产品质量的需求，创造更好的经济效益，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、经济和其他等有关因素之后，其对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。 2. 辐射安全与防护分析结论 1) 选址、布局合理性 本项目在昆山海域科技有限公司位于江苏省昆山市开发区郁金香路499号金土地智科园8栋（共3层）的1楼及2楼厂房内开展，厂房南部建设为2层建筑，北部建设为1层建筑，北部1层高度与南部2层高度齐平。金土地智科园东侧为昆山阿基里斯新材料科技有限公司，南侧为云雀路，西侧为郁金香路，北侧为昆山爱克树脂有限公司。公司的厂房东侧隔园区道路为昆山阿基里斯新材料科技有限公司；南侧隔园区道路为9栋（江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司）；西侧隔园区道路为4栋和5栋（苏州戴丰技术有限公司）；北侧隔园区道路为7栋（湖北航天技术研究院计量测试技术研究所）；楼上3楼为雷力（苏州）阀门有限公司。 本公司展销使用1台Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置拟建址位于1楼东南部展厅2内，操作台位于装置北侧，展厅2北墙采用半玻璃半墙体的材质，玻璃可方便客户参观装置检测工件的演示过程；展厅2东侧为楼梯及强电井，南侧为园区道路，西侧为展厅1，北侧为自动化调试车间及仓库，装置楼上为卫生间，楼下为土层。 对照《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)和《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),本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域和江苏省生态空间管控区域;对照《江苏省自然资源厅关于昆山市生态空间管控区域调整方案的复函》(苏自然资函〔2024〕903号),本项目位于重点管控单元(昆山经济技术开发区)。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目使用1台Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标,Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置50m范围内涉及本公司(8栋1楼、2楼)、8栋[3楼雷力(苏州)阀门有限公司]、园区道路、5栋(苏州戴丰技术有限公司)、7栋(湖北航天技术研究院计量测试技术研究所)、9栋(江苏科谊隆电子科技有限公司和昆山洲随精密模具有限公司)、10栋(昆山泰德电子有限公司)、昆山爱克树脂有限公司和昆山阿基里斯新材料科技有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT操作的辐射工作人员及周围公众。

本项目Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置拟建址位于公司1楼东南部展厅2内,因此拟将工业CT装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界作为本项目的控制区,将工业CT装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界外与展厅2围成的区域(含操作台)作为本项目的监督区,仅辐射工作人员能够进入。在工业CT装置表面外拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明,并在展厅2入口处拟张贴监督区的标牌。

2) 辐射防护措施

本项目Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置由铅房(包括控制模块)、控制柜、冷却装置和数据处理工作站(操作台)组成。工业CT装置外尺寸约为3700mm(长)×1810mm(宽)×2440mm(高),该装置工件门兼为检修门。铅房采用钢-铅-钢的防护设计对X射线进行屏蔽,根据装置摆放情况:工件门朝向北侧,则铅房北侧、南侧、东侧、顶部屏蔽体均内含5mm铅板+3mm钢板,西侧屏蔽体内含12mm铅板+3mm钢板,底部屏蔽体内含3mm钢板+5mm铅板+3mm钢板,工件门内含3mm钢板+5mm铅板+3mm钢板。X射线管管头位置设计有铅套管,除主射线方向外,管头位置其余各面均采用铅-钢防护结构,厚度为5mm铅板+2mm钢板。

X射线检测室电缆采用U型管设计,穿孔位于铅房东侧下方,与射线出束方向相反,其防护补偿结构为在开孔位置覆盖“几”字形防护板,采用5mm铅+3mm钢防

护，从而防止射线泄漏，达到较好的防护效果。

本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置工件门为 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板，工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 10mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

3) 辐射安全措施

本项目工业CT装置铅房采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对X射线进行防护。工业CT装置工件门（兼检修门）设计有门机联锁装置，Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置铅房内部设置2个安全互锁开关。Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置铅房工件门西侧设有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与装置联锁；拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明。Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置铅房内安装声光报警装置，与装置联锁。工业CT装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，本项目工业CT装置控制模块位于工业CT装置铅房北侧面板，控制模块设有紧急停机按钮；控制模块设有钥匙开关；设置显示器显示工件在铅房内情况。Metrotom 1500 225KV G3型工业CT装置北侧控制模块设计有紧急停机按钮，铅房内部南侧防护板及东侧防护板设计有紧急停机按钮，共3个，拟设置急停按钮便签说明。本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为10mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。工业CT装置铅房内设置摄像装置；公司拟为本项目配备1台X-γ辐射剂量巡测仪和2台X-γ个人剂量报警仪，公司将利用巡测仪用于对工业CT装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

4) 通风措施评价

工业 CT 装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置内部体积约为 16.3m³（其中铅房内部体积约为 10m³），典型工况下单个风扇排风量为 900m³/h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 1800m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时本项目工业 CT 装置所在展厅 2 通风效果较好，通过开关展厅 2 门将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50

分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。

3.辐射环境影响分析结论

本项目工业 CT 装置通过自带铅板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果（未叠加环境本底辐射值）可知，本项目工业 CT 装置以最大管电压下最大管功率运行时装置表面外 30cm 处及底部辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的辐射剂量率限值要求及本项目管理目标。

由预测结果可知，本项目工业 CT 装置最大管电压下满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5μSv）。

4.辐射环境管理

- 1) 拟委托有资质的单位每年对本项目工作场所周围环境辐射水平进行检测；
- 2) 公司拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，公司拟委托有资质的单位开展个人剂量监测，拟为辐射工作人员开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期按时送检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案，执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令部令第 18 号）中要求为“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”）。
- 4) 拟安排辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，建立辐射工作人员职业健康监护档案，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“职业健康监护档案应当长期保存”。
- 5) 公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前将根据现行标准制定相关辐射安全管理制度；本项目拟配备的辐射工作人员在上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。

综上所述，昆山海域科技有限公司新建销售、使用工业 CT 装置项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放

射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

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

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

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且工业 CT 装置建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 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。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收，主要验收内容包括项目建设的实际情况、环评批复内容落实情况、开展检测评价装置四周剂量率限值、辐射安全与防护设施/措施的落实与实际使用情况、项目是否变动情况；具体评价依据为本项目批复、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（2018 年印发）《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）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（2017 年印发）《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》（环办辐射函〔2025〕313 号）。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日

附表

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
辐射防护措施	本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置由铅房（包括控制模块）、控制柜、冷却装置和数据处理工作站（操作台）组成。工业 CT 装置外尺寸约为 3700mm（长）×1810mm（宽）×2440mm（高），该装置工件门兼为检修门。铅房采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，则铅房北侧、南侧、东侧、顶部屏蔽体内均含 5mm 铅板+3mm 钢板，西侧屏蔽体内含 12mm 铅板+3mm 钢板，底部屏蔽体内含 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板，工件门内含 3mm 钢板+5mm 铅板+3mm 钢板。X 射线管管头位置设计有铅套管，除主射线方向外，管头位置其余各面均采用铅-钢防护结构，厚度为 5mm 铅板+2mm 钢板。	表面外 30cm 处周围剂量当量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）周围剂量当量率要求。 辐射工作人员及公众周有效剂量和年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“周围剂量当量率”和“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，公众年有效剂量约束值 0.1mSv）。	
辐射安全措施	本项目工业 CT 装置铅房采用钢-铅-钢和铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护。工业 CT 装置工件门（兼检修门）设计有门机联锁装置，Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房内部设置 2 个安全互锁开关。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房工件门西侧设有工作状态指示灯，且工作状态指示灯与装置联锁；拟在装置表面张贴工作状态指示灯信号意义说明。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置铅房内安装声光报警装置，与装置联锁。工业 CT 装置表面外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。根据装置摆放情况：工件门朝向北侧，本项目工业 CT 装置控制模块位于工业 CT 装置铅房北侧面板，控制模块设有紧急停机按钮；控制模块设有钥匙开关；设置显示器显示工件在铅房内情况。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置北侧控制模块设计有紧急停机按钮，铅房内部南侧防护板及东侧防护板设计有紧急停机按钮，共 3 个，拟设置急停按钮便签说明。本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 10mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。工业 CT 装置铅房内设置摄像装置。 本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置拟建址位于公司 1 楼东南部展厅 2 内，因此拟将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界作为本项目的控制区，将工业 CT 装置铅房、控制柜及冷却装置的实体边界外与展	能满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的管理要求。	

	厅 2 围成的区域（含操作台）作为本项目的监督区，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置表面外拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在展厅 2 入口处拟张贴监督区的标牌。		
	公司拟为本项目配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪和 2 台 X-γ 个人剂量报警仪。定期对工作场所辐射水平进行检测。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量报警、辐射监测，满足工作场所监测要求。	
污染防治措施	废气：工业 CT 装置在工作状态时，会使装置铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置铅房内。本项目 Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置采取底部自然进风，顶部风扇式机械排风，在进风和出风口均有 5mm 铅板+3mm 钢板防护。Metrotom 1500 225KV G3 型工业 CT 装置内部体积约为 16.3m³（其中铅房内部体积约为 10m³），典型工况下单个风扇排风量为 900m³/h，系统配置两个风扇，正常情况系统通风量为 1800m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。 同时本项目工业 CT 装置所在展厅 2，通风效果较好，通过开展展厅 2 门将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较少。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对环境影响较小。	/
辐射安全管理	拟成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	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》制定安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射安全管理人员，通过辐射安全与防护考核。本项目管理人员上岗前应通过辐射安全与防护考核。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》，辐射工作人员及管理人员应通过辐射安全与防护考核。	定期投入
	拟委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量检测，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均应佩戴个人剂量计。（常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月。个人剂量档案长期保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“个人剂量档案和职业健康监护档案应当长期保存”及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》“个人剂量档案应当保存至	每年投入

	射工作三十年）。	辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年”。	
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案。	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。