

编号：BG-ZFFB26220054

核技术利用建设项目

宁波立研智能科技有限公司工业CT生产项目

生态环境影响报告表

（公示稿）

宁波立研智能科技有限公司

2026年9月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宁波立研智能科技有限公司工业CT生产项目 生态环境影响报告表

建设单位名称：宁波立研智能科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢

邮政编码：315806

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	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6 评价依据	12
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	19
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	30
表 11 环境影响分析	37
表 12 辐射安全管理	48
表 13 结论与建议	53
表 14 审批	56

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波立研智能科技有限公司工业 CT 生产项目			
建设单位		宁波立研智能科技有限公司			
法人代表			联系人		联系电话
注册地址		浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢			
项目建设地点		浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢一层			
立项审批部门		北仑区发展和改革局		批准文号	2607-330206-04-01-208066
建设项目总投资 (万元)		500	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保投资/总投资) 10%
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	/			
	1.1 项目概述 1.1.1 建设单位情况 宁波立研智能科技有限公司(统一社会信用代码为 91330206MA2CHQDQ07, 以下简称“公司”)于 2018 年 7 月 12 日注册成立, 位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢, 是国家级高新技术企业。公司专注为制造业提供“自动化产线+智能物流+数字化工厂”三位一体解决方案, 以自主研发的 40 余项知识产权推动传统制造向智能制造转型升级。				

1.1.2 建设目的和任务由来

宁波立研智能科技有限公司拥有 8500m² 研发制造中心的智造基地，组建了 150 余人的专业团队，其中技术研发人员占比 70%；在产学研合作方面，公司搭建了浙江大学博士创新站与宁波职业技术学院人工智能联合研究所两大平台，技术转化率超 90%；认证体系上，不仅通过 ISO 9001 质量管理体系认证，其产品还适配 CE/UL 国际安全标准，凭借扎实的技术与质量基础，公司成为新能源汽车、电动自行车、3C 电子、文具制造、日用品等领域的行业赋能标杆。

公司拟向厂家购置辐射防护铅房、X 射线管、探测器、上下料托盘、扫描机械平台等结构部件和零部件，在装配区内组装生产（组装过程射线装置不通电，不涉及电离辐射，不涉及其他机加工等工序），用于生产射线装置及配套相关设备，拟在调试区内调试射线装置（调试过程为使用射线装置通电出束，涉及电离辐射），每次只调试 1 台Ⅱ类工业 CT，年产 20 台。经调试合格的射线装置及配套相关设备打包运至成品仓库等待销售。根据销售订单，由专门的技术支持人员在客户区进行设备安装调试。该设备属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，其属于Ⅱ类射线装置。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部，国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号），本项目工业 CT 属于“工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置”，为Ⅱ类射线装置。对照《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—生产、使用Ⅱ类射线装置的；销售Ⅱ类射线装置的”，环境影响评价类别为编制生态环境影响报告表（其中销售Ⅱ类射线装置的环境影响评价类别为编制环境影响登记表，根据《建设项目环境影响评价分类管理目录（2021 年版）》：“建设内容涉及本名录中两个及以上项目类别的建设项目，其生态环境影响评价类别按照其中单项等级最高的确定”）。

为此，宁波立研智能科技有限公司委托中辐环境科技有限公司开展“宁波立研智能科技有限公司工业 CT 生产项目（以下简称‘本项目’）”的生态环境影响评价工作。评价单位组织相关技术人员进行了现场踏勘、资料收集和辐射环境现状委托监测等工作，并结合项目特点，按照《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）等规定要求编制了本项目环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

宁波立研智能科技有限公司拟向厂家购置辐射防护铅房、X射线管、探测器等结构部件和零部件，在装配区内进行组装生产射线装置，在调试区内进行调试射线装置，成品区用于打包暂存调试合格的射线装置，等待销售。根据销售订单，由专门的技术支持人员在客户厂区进行设备安装调试。公司厂房共三层，无地下层，装配区、调试区与成品区均位于公司厂房一层。

建设单位预计年生产、使用、销售 20 台工业 CT。本项目生产成品及主要技术参数见表 1-1。

表 1-1 本项目拟新增的设备情况

设备名称	型号	数量	类别	最大管电压	最大管电流	活动种类	辐射工作场所
工业 CT	LYYF-026-002	20 台	II类	160kV	2mA	生产、销售、使用	调试区

1.1.4 人员配备和工作负荷

本项目拟配置 8 名辐射工作人员，4 人负责建设单位厂区内射线装置的生产组装和安装调试工作，4 人负责客户厂区内射线装置的安装调试工作。8 名均为新增辐射工作人员，由建设单位从现有工作人员调配。工作人员实行 8h 工作制，年工作 50 周，每周工作 5 天。

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），本项目新增的辐射工作人员，应在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加“X 射线探伤”、“科研、生产及其他”类别的考核，考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

根据建设单位计划产能情况，每年最多生产 20 台工业 CT 装置。因此，本项目辐射工作人员每年最多安装调试 20 台工业 CT 装置。

（1）建设单位厂区内生产安装调试：本项目生产的设备出厂前需经过调试。单台工业 CT 装置安装调试出束时间最多为 40h，设备年出束时间最多为 800h（40h×20 台=800h）。拟为建设单位厂区内生产安装调试配备 4 名辐射工作人员，分为 2 组，每次调试均为 2 人同时负责；实行 8h 工作制，年工作 50 周，每周工作 5 天。则每组每名辐射工作人员年受照时间为 400h。

（2）客户厂区内安装调试：本项目生产的设备销售给客户后需要在客户单位进

行使用前的调试，每台设备的调试出束时间最多为 20h，共 20 台设备在客户单位年调试时间共为 400h；售后维护考虑每台设备每年定期维护调试 1 次，每次出束时间最多为 5h，20 台共为 100h。拟配备 4 名辐射工作人员负责在客户单位调试，分为 2 组，每次调试为 2 人同时负责；实行 8h 工作制，年工作 50 周，每周工作 5 天。则每组每名辐射工作人员年受照时间为 250h。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

宁波立研智能科技有限公司注册地址位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢，公司东南侧为扬子江北路，隔路为世天威（宁波保税区）物流有限公司；南侧为宁波智成机器人技术有限公司；西北侧为宁波扬腾智能科技有限公司；北侧为北环路，隔路为沿山大河。地理位置见附图 1，公司周边环境情况见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

（1）项目工作场所与外部建筑环境关系

本项目工业 CT 成品区和调试区位于厂房一层东侧，装配生产区位于厂房一层中部。拟调试工业 CT 装置边界东南侧距离扬子江北路约 36m；南侧距宁波智成机器人技术有限公司约 20m；东北侧距北环路约 62m。

（2）项目工作场所四至环境关系

本项目拟调试工业 CT 装置位于调试区内，工业 CT 装置调试活动均在该调试区内开展。调试区东侧、南侧和西侧为室外绿化和道路，北侧隔过道为成品区，本场所无上下楼层建筑。相关平面布置图见附图 3。

1.2.3 相关规划及选址合理性分析

（1）规划符合性分析

本项目位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢，根据《宁波市中心城区北仑片区规划》，项目所在地属于工业用地，本项目不新增用地，符合规划区功能定位及用地规划。

（2）选址合理性分析

本项目为核技术利用项目，辐射工作场所实体边界外 50m 评价范围内主要为绿化、道路及相邻厂房，无学校、居民区、自然保护区、文物保护单位、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。经下文辐射环境影响分析，本项目运营过程中产生的电离

辐射经采取一定的辐射防护措施后，对周围环境与公众的辐射影响是可接受的，可以做到达标排放。因此，本项目的选址是合理的。

1.3 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目拟用工业 CT 属于第一类“鼓励类”第十四项“机械”中第 1 条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X 射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，符合国家产业政策。

1.4 实践正当性分析

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也将创造了更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”。

建设单位对射线装置的安装调试将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在使用和管理射线装置的情况下，对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理限值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

1.5 宁波市生态环境分区管控动态更新方案符合性分析

本项目位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢二层，根据《宁波市生态环境局关于印发宁波市生态环境分区管控动态更新方案的通知》（甬政发〔2024〕45 号），项目所在地的环境管控单元名称为“宁波市北仑区经济开发区产业集聚重点管控单元”，属于产业集聚类重点管控单元，环境管控单元编码为 ZH33020620010，不涉及宁波市生态保护红线。

1.5.1 生态保护红线

本项目位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢一层。根据宁波市北仑区“三区三线”划分成果，项目所在地处于城镇开发边界内，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，因此，本项目不涉及宁波市北仑区生态保护红线，满足生态保护红线要求。具体见附图 5。

1.5.2 环境质量底线

根据环境质量现状监测结果，本项目拟建场址周围环境 γ 辐射空气吸收剂量率属于正常本底范围。在落实本环评提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

1.5.3 资源利用上线

本项目主要水源为自来水，由市政自来水管网供给，占比较小，市政自来水管网有能力为本项目提供水资源保障；本项目主要能源为电能，主要依托市政电力管网。总体而言，本项目符合能源资源利用上线和水资源利用上线要求。

1.5.4 生态环境管控单元分类准入要求

根据《宁波市生态环境局关于印发宁波市生态环境分区管控动态更新方案的通知》（甬环发〔2024〕45 号），项目所在地属于“宁波市北仑区经济开发区产业集聚重点管控单元”，环境管控单元编码为 ZH33020620010。宁波市北仑区环境管控单元分类图见附图 4，生态环境准入清单符合性分析见表 1-2。

表 1-2 宁波市北仑区经济开发区产业集聚重点管控单元生态环境准入清单符合性分析

生态环境管控单元分类准入要求		本项目情况	是否 符合 要求
空间 布局 约束	优化完善产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励发展绿色石化、化工等主导产业。禁止新建、扩建不符合园区发展规划主导产业的其他三类工业。鼓励对现有不符合园区主导产业的三类工业项目进行淘汰和提升改造，其改扩建不得增加污染物排放总量。合理规划布局居住、医疗卫生、文化教育等功能区块，与工业区块、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	本项目为核技术利用项目，不属于三类工业项目，布局规划合理，与居住、医疗卫生、文化教育等功能区块之间有明显的界限，且在四周建设绿化带，符合空间布局约束的要求。	符合
污染 物排 放管 控	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放	本项目为核技术利用项目，不涉及工业污染物总量排放。项目产生的少量废气经收	符合

	项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。加强污水处理厂建设及提升改造，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强对纳管企业总氮、盐分、重金属和其他有毒有害污染物的管控，强化企业污染治理设施运行维护管理。全面推进重点行业 VOCs 治理和工业废气清洁排放改造，强化工业企业无组织排放管控。除供热规划的热电联产项目外，禁止新建、扩建使用高污染燃料锅炉项目。集中供热范围内禁止新、扩建蒸汽锅炉。鼓励采用余热回收装置。新改扩建排放 VOCs 的项目，加强源头控制，优先使用低（无）VOCs 含量的涂料、油墨、胶黏剂等，并配套安装高效的收集处理措施。加强土壤和地下水污染防治与修复。强化减污降碳协同，重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	集、处理达标后排放，符合污染物排放管控要求。	
环境 风险 防控	定期评估沿海工业企业和工业集聚区环境与健康风险，落实防控措施。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制。制定园区应急预案，完善环境风险防控，构建区域联动一体的应急响应体系，实行联防联控。建立土壤污染隐患排查和定期监测制度，开展园区及周边土壤和地下水环境风险监测。	公司拟制定《辐射事故应急预案》，拟设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。	符合
资源 开发 效率 要求	推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，实施“分质供水、优水优用”，推进大工业供水和中水回用，石化行业新建、扩建项目循环水更新排水回用率不低于 50%。落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目仅消耗少量水资源和电力资源，不涉及煤炭消费。	符合

综上所述，本项目为核技术利用项目，符合“宁波市北仑区经济开发区产业集聚重点管控单元”中相关管控措施要求，因此，本项目的建设符合《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》要求。

1.6 与宁波市北仑区“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080 号）要求，“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海组卷报批的依据。其中“三区”具体指农业空间、生态空间、城镇空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界三条控制线。

本项目位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢，根据宁波市北仑区“三区三线”划分成果，项目所在地处于城镇开发边界内，主体工程占地不涉及永久基本农田与生态保护红线，对照上述各类文件要求，本项目建设符合“三区三线”的要求，项目所在地“三区三线”划分情况见附图 5。

1.7 原有核技术利用项目情况

经企业全面核实，宁波立研智能科技有限公司自成立以来未开展过核技术利用建设项目，未办理过与核技术利用相关的环境影响评价文件编制、报批及备案等手续，无相关环评审批及验收历史记录。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 （kV）	最大管电流 （mA）	用途	工作场所	备注
1	工业CT	II	20台	LYYF-026-002	160	2	生产、销售、使用	调试区	

（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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存，经排风管道引至室外排放，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气	

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.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国生态环境法典》（2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过），中华人民共和国主席令第 70 号，自 2026 年 8 月 15 日起施行； (2) 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月 29 日中华人民共和国国务院令第 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日中华人民共和国国务院第 682 号令修订），自 2017 年 10 月 1 日起施行修订版； (3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，（2005 年 9 月 14 日经中华人民共和国国务院令第 449 号公布，2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令第 709 号第二次修订），自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版； (4) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令第 31 号公布，2020 年 12 月 25 日经生态环境部令第 20 号第四次修正），2021 年 1 月 4 日施行修改版； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令第 18 号），自 2011 年 5 月 1 日起施行； (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（中华人民共和国生态环境部令第 16 号），自 2021 年 1 月 1 日起施行； (7) 《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； (8) 《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； (9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，2023 年 12 月 1 日经国家发展改革委第 6 次委务会通过，2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行； (10) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号），自 2017 年 11 月 20 日起施行； (11) 《浙江省生态环境保护条例》，自 2022 年 8 月 1 日起施行； (12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》（2011 年 10 月 25 日浙江
------	---

	省人民政府令第 288 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布第三次修正），自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版； （13）《浙江省辐射环境管理办法》（2011 年 12 月 18 日浙江省人民政府令第 289 号公布，2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号修正），自 2021 年 2 月 10 日起施行修正版； （14）《浙江省生态环境厅关于发布<省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024 年本）>的通知》（浙环发[2024]67 号），自 2025 年 2 月 2 日起施行； （15）《宁波市生态环境局关于印发宁波市生态环境分区管控动态更新方案的通知》（甬政发[2024]45 号），自 2024 年 7 月 23 日起施行。
技术标准	（1）《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）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （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）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （7）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）。 （8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单。
其他	（1）建设单位提供的其它相关资料； （2）《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的相关要求，“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）。”本项目为生产、销售、使用 II 类射线装置，且本项目工业 CT 为自屏蔽设备。设备仅通电运行时产生 X 射线，装配区、成品区设备常态处于断电无辐射工况，因此，本项目评价范围为调试区工业 CT 自屏蔽铅房外 50m 范围，评价范围示意图详见附图 2。

7.2 保护目标

根据现场踏勘情况，本项目工业 CT 机自带屏蔽体外 50m 范围主要为道路、绿地和相邻厂房大楼，无学校、居民区、自然保护区、文物保护单位、风景名胜区、水源保护区等环境敏感点。

本项目环境保护目标为评价范围内从事本项目辐射工作的职业人员及评价范围内活动的其他公众。本项目环境保护目标一览见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内的环境保护目标一览表

环境保护目标	方位	与工业 CT 设备边界最近距离 (m)		规模	人员类别	年剂量约束值 (mSv/a)
		水平	垂直			
辐射工作人员	北侧	0	/	8 人	职业	5
成品区	北侧	5.2	/	约 4 人/d	公众	0.25
空压机房	北侧	14.5	/	平时无人员逗留	公众	
卫生间	北侧	24.0	/	流动人员	公众	
机加办公室	北侧	27.2	/	约 30 人/d	公众	
成品待发区	北侧	26.7	/	约 10 人/d	公众	
收货区	北侧	15.0	/	约 10 人/d	公众	
工业 CT 装配区	西北侧	23.4	/	约 4 人/d	公众	
宁波智成机器人技术有限公司	南侧	20.0	/	约 100 人/d	公众	
扬子江北路	东侧	36.0	/	流动人员	公众	
50m 评价范围内其他公众	四周	0~50		约 200 人/d	公众	

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值

剂量限值执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关规定，工作人员的照射和公众照射的剂量限值如下：

（1）职业照射

应对任何工作人员职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

1) 审管部门决定连续 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；

（2）公众照射

实践使公众中关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

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。

7.3.2 剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，剂量约束值通常应在公众照射剂量限值的 10%~30%范围之内。

综上所述，本次评价以职业照射剂量限值的 1/4 即不超过 5mSv 作为职业照射的年剂量约束值；以公众照射剂量限值的 1/4 即不超过 0.25mSv 作为公众照射的年剂量约束值。

7.3.3 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

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。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-2 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

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/T250。

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 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，
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。

7.3.4 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室屏蔽要求。

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，不需要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价值层厚度（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。

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该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

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。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于浙江省宁波市北仑区大碶街道庐山西路 167 号 16 幢，地理位置图见附图 1。

本项目拟调试工业 CT 装置位于调试区内，工业 CT 装置调试活动均在该调试区内开展。调试区东侧、南侧和西侧为室外绿化和道路，北侧隔过道为成品区，本场所无上下楼层建筑。本项目具体位置详见附图 3。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

①环境现状评价的对象：项目拟建调试区及周围环境辐射现状水平。

②监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率。

③监测点位：

根据项目的平面布置及项目情况布设监测点位，并且在区域边界及周围环境状况不一致的区域布设监测点位，具体监测点位布置情况详见图 8-1~图 8-4。

8.3 监测方案、质量保证措施及监测结果

8.3.1 监测方案

①监测单位：浙江建安检测研究院有限公司。

②监测时间：2026 年 05 月 19 日。

③监测方式：现场监测。

④监测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

⑤监测频次：依据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）确定为 1 次测量。

⑥监测工况：辐射环境本底。

⑦天气环境条件：温度 13.7℃，相对湿度 40.3%，晴。

⑧监测设备：见下表

表 8-1 便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪相关信息

仪器型号	X、 γ 辐射剂量当量率仪
仪器名称	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTITIC
仪器编号	05035404

能量范围	30keV~4.4MeV
量 程	主机：10nSv/h~100mSv/h；探头：1nSv/h~100 μ Sv/h
检定单位	浙江省质量科学研究院
检定证书	NJYF-20260350242（主机）、NJYF-20260350243（主机+探测器）
检定有效期	2026年3月9日至2027年3月8日

8.3.2 质量保证措施

①本项目辐射环境监测单位为浙江建安检测研究院有限公司，具有浙江省市场监督管理局颁发的资质认定证书，并在允许范围内开展工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。

②采用国家有关部门颁布的监测标准方法，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

③监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

④每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

⑤监测实行全过程的质量控制，严格按照浙江建安检测研究院有限公司《质量手册》《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行，监测人员经培训、考核合格后上岗。

⑥报告严格实行三级审核制度，经校核、审核，最后由授权签字人审定。

8.3.3 监测结果

本项目辐射环境现状监测结果详见表 8-2。

表 8-2 拟建场所及周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果一览表

监测点 编号	监测点位置	监测结果 (nGy/h)		备注
		测量值	标准差	
1	拟建调试工业 CT 区域	92	4	楼房
2	拟建调试区东侧（室外道路）	92	4	道路
3	拟建调试区南侧（室外道路）	93	3	道路
4	拟建调试区西侧（室外道路）	91	4	道路
5	拟建调试区北侧（过道）	93	4	楼房
6	公司厂房东侧道路（扬子江北路）	100	5	道路
7	公司厂房南侧（宁波智成机器人技术有限公司）	109	4	道路
8	公司厂房南侧道路	102	4	道路
9	公司厂房北侧	94	4	道路

注：1、测量时探头距离地面约 1m；

2、每个监测点测量 10 个数据取平均值，以上监测结果均已扣除仪器对湖面宇宙射线的响应值；

3、环境 γ 辐射空气吸收剂量率=仪器读数平均值 $\times$ 仪器校准因子 k_1 $\times$ 仪器检验源效率因子 k_2 $\div$ 空气比释动能和周围剂量当量的换算系数-建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子 k_3 $\times$ 测量点宇宙射线响应值 D_c ，校准因子 k_1 为 1.12，仪器使用 ^{137}Cs 进行校准，效率因子 k_2 取 1，换算系数为 1.20Sv/Gy， k_3 楼房取 0.8、平房取 0.9、原野和道路取 1，测量点对湖面宇宙射线的响应值为 9.3nGy/h。（监测地址：宁波东钱湖湖心水面，监测时间：2025 年 11 月 3 日）。

8.4监测结果

根据表 8-2 的监测结果可知，本项目拟建场址及周围各监测点位的楼房 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 92nGy/h~93nGy/h，即 $9.2\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 9.3\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ ；道路 γ 辐射空气吸收剂量率范围为 91nGy/h~109nGy/h，即 $9.1\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 10.9\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 。根据《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市室内 γ 辐射剂量率在 $8.0\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 19.4\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间；宁波市道路 γ 辐射剂量率在 $6.4\times 10^{-8}\text{Gy/h}\sim 12.8\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 之间，可见项目所在地的 γ 辐射剂量率处于辐射本底水平，未见异常。

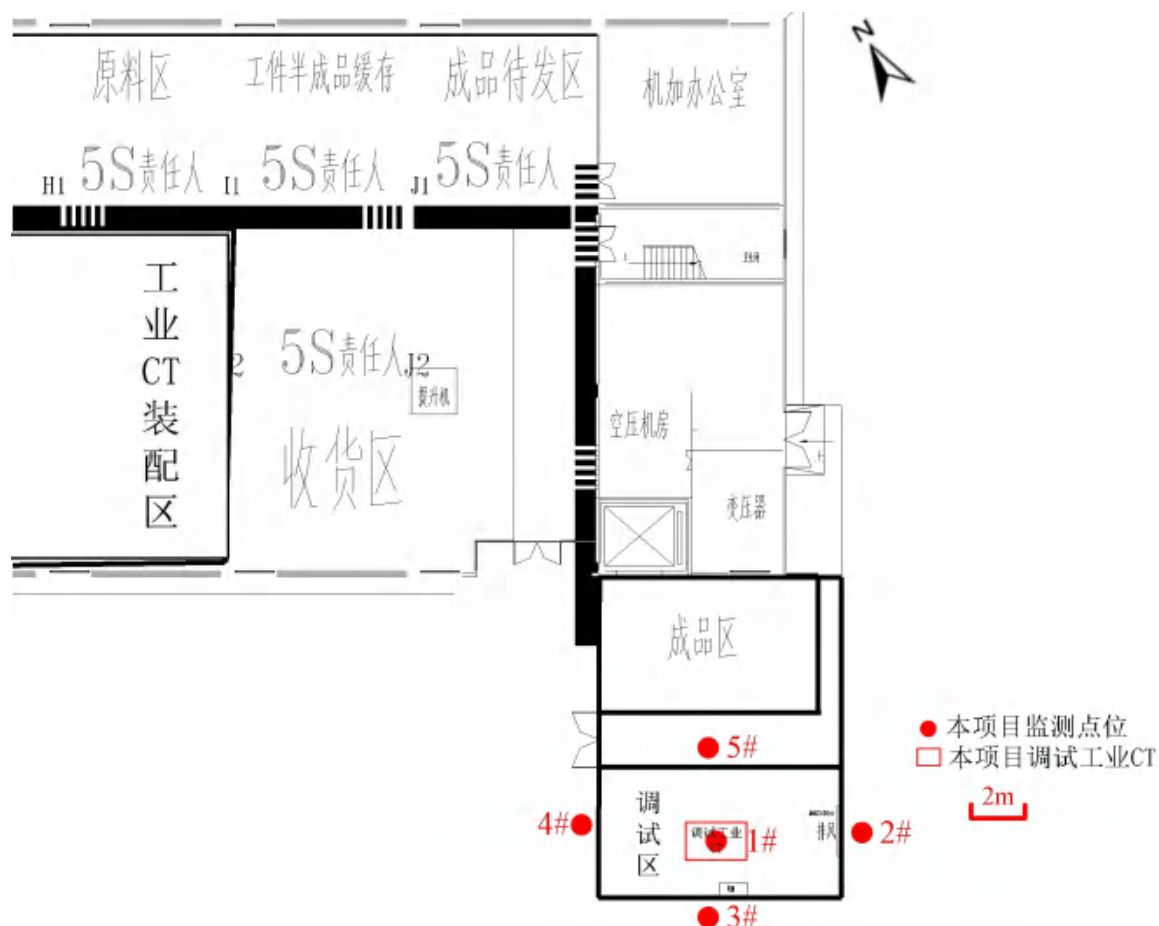


图8-1 本项目辐射环境本底监测点位示意图1（1F）



表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

公司拟在厂房一层新建调试区、成品区和装配区进行生产、销售、使用一种型号为 LYYF-026-002 型的工业 CT。本项目施工期主要为辐射安全防护设施（视频、监控、对讲以及联锁装置等安全装置安装）以及配套用房装修等。工业 CT 实验室建设施工时主要污染因子为施工人员生活污水、施工噪声、装修垃圾及生活垃圾等。本项目施工作业范围有限，施工期较短，对周围环境产生的影响是短暂的。随着施工期结束，环境影响也随之停止。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 设备组成

本项目拟生产、销售、使用的工业 CT 设备型号为 LYYF-026-002，为自屏蔽式设备，最大管电压为 160kV，最大管电流为 2mA，设备主要由辐射防护铅房、X 射线管、探测器、上下料托盘、扫描机械平台、其他软件构成，外形设备长 2.6m，宽 1.6m，高 1.8m，内部空间尺寸长 2.2m，宽 1.5m，高 1.6m，装置示意图见图 9-1。

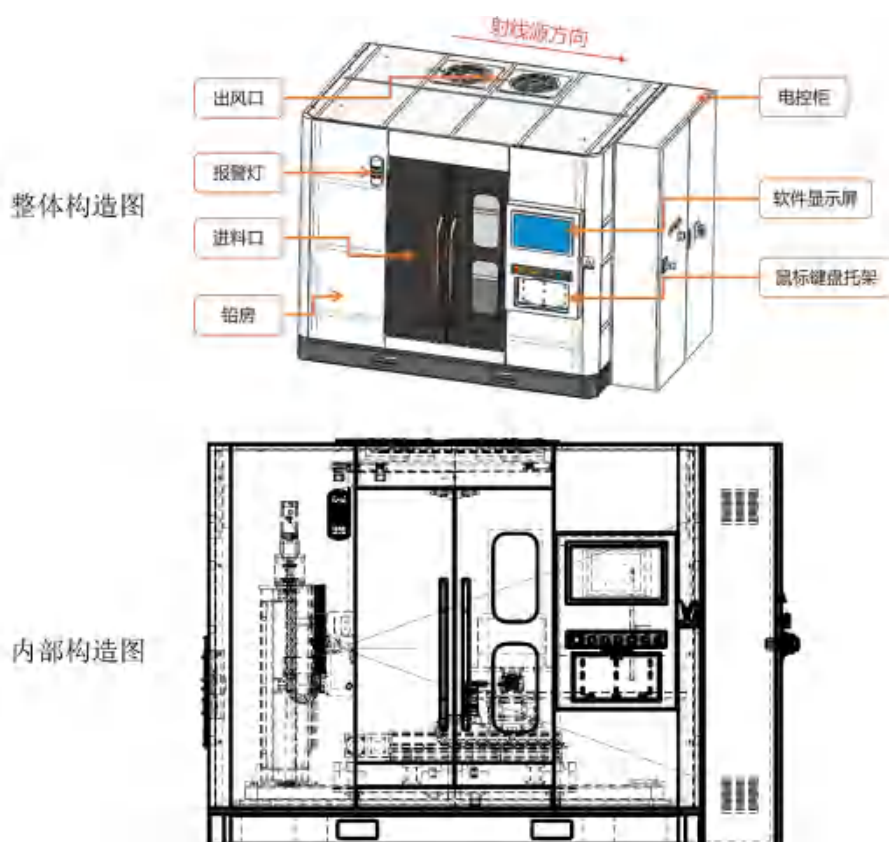


图 9-1 本项目工业 CT 装置示意图

9.2.2 工作原理

本项目工业 CT 装置在控制器的控制下，高压发生器通过高压电缆输出加热灯丝的灯丝电流和的高电压到 X 射线管，从而产生 X 射线。

X 射线管主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，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。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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 射线管基本结构见图 9-2。

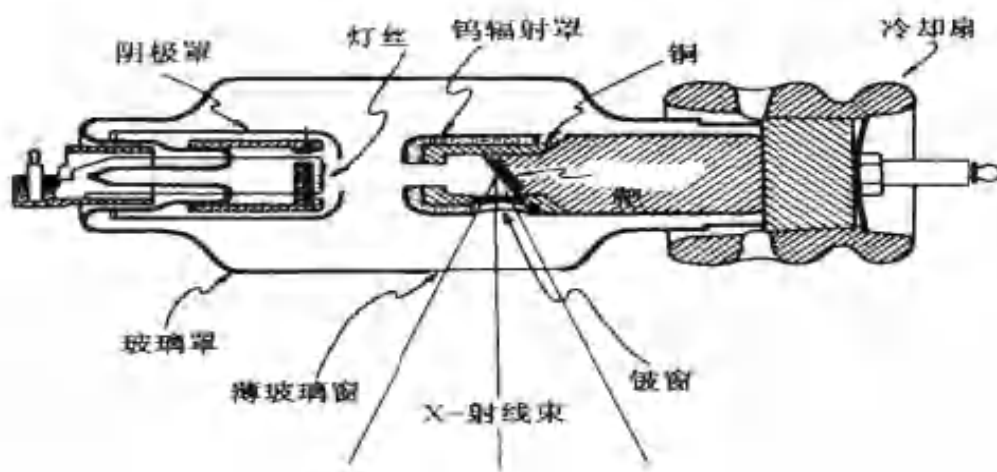


图 9-2 X 射线管基本结构示意图

9.2.3 工艺流程与产污环节

(1) 工业 CT 生产流程及产污环节

本项目工艺流程简述如下：

①生产流程：

本项目在装配区内组装生产，组装过程射线装置不通电，不涉及电离辐射，不涉及其他机加工等工序，整个生产过程射线装置不通电，因此生产流程均不涉及辐射。

1) 原材料收货、原材料检验、原材料入库：本项目设备辐射防护铅房、X 射线管、探测器、上下料托盘、扫描机械平台等结构部件和零部件从供应商处采购，建设单位将供应商送来的工业 CT 零部件进行常规检验后合格入库。

2) 领料、安装机械平台和配件：生产人员根据生产工单申领库存零部件及结构件，核对物料规格数量。对领用配件进行清洁、校平预处理后，按图纸标准完成扫描

机械平台、上下料机构、传动及固定配件的装配作业，装配完成后检查无松动、卡顿等问题。

3) 自屏蔽体安装：工业 CT 机械平台和配件安装好后，对工业 CT 自屏蔽体进行安装。

4) 机械平台和运动控制部分调试：在装配区按照图纸将 X 射线管以外的所有零部件以及外购件进行装配，完成工业 CT 机的初步装配后并进行工业 CT 的初步机械调试以及运动控制部分调试。

5) 安装球管：进行 X 射线管的安装。

6) 软件配置：X 射线管安装好后，进行工业 CT 软件配置。

②调试流程：工业 CT 初调后，进行工业 CT 稳定性和自我保护能力及技术指标等测试，将待调试的工业 CT 装置整体运输至调试区工业 CT 调试位，进行调试。此过程有 X 射线产生。

1) 首次通电测试：

测试前辐射工作人员需佩戴个人剂量计和个人剂量报警，确定 X- γ 辐射剂量率巡测仪和固定式辐射监测仪可正常使用，再进行 CT 机首次通电测试。

首次通电测试不放置探伤材料，一位调试人员在设备操作位操作，将工业 CT 机电压和电流设置为最小，从最小功率开始测试，然后逐步加大电压和电流到最高值，功率最大高值。同时另一位辐射工作人员使用 X- γ 辐射剂量率巡测仪对工业 CT 防护铅房周围 30cm 处辐射剂量率进行测试，每一档电压、电流提升后均开展剂量率巡测，当工业 CT 防护铅房外表面剂量率超过剂量率控制要求 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，则停止调试并反馈给自屏蔽体供应商进行排查和修补；如果没有超过限值，则进行下一步性能调试。通过首次通电测试确认 X 射线管正常可出束，确保屏蔽体在没有发生损坏。

2) 性能测试：

测试前辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，再进行以下安全性能、门机联锁及技术指标等测试：

1. 上电与基础通讯测试：

接通主电源与控制电源，启动上位机与控制软件；依次检查射线高压发生器、平板/线阵探测器、运动控制单元（转台/XYZ 轴）、安全 IO（门禁、钥匙、急停）的通讯状态；低速手动点动各轴，验证轴控功能。

2. 射线安全与联锁测试:

对辐射安全系统进行测试, 依次进行辐射泄漏测试(遵循从低功率到高功率的原则)、安全联锁测试、急停开关测试、警示灯测试。工业 CT 机的进料门打开时, 工业 CT 内部的 X 射线球管立刻断电并停止 X 射线照射, 关上屏蔽门后不能自动开始射线出束; 反复按下和复位急停开关, 查看设备的安全联锁回路是否断开, 射线装置是否能出束。

3. 射线源出束与稳定性测试

先以低参数(如 100kV/0.2mA)出束, 再分段升压至额定电压(如 160kV); 连续出束 10-30 分钟, 记录实际 kV/mA 值、波动情况及高压报警信息。

4. 图像采集(探测器工位)测试

先以低参数(如 100kV/0.2mA)出束, 再分段升压至额定电压(如 160kV); 连续出束 10-30 分钟, 记录实际 kV/mA 值、波动情况及高压报警信息。

5. 图像成像与重建验证

放置标准测试件(台阶块、钢珠、分辨率卡), 执行完整的“采集→校正→重建”流程, 检查分辨率、对比度、几何一致性与伪影情况。

6. 整机老化测试

以额定/次额定参数出束, 连续运行 8-24 小时(视定位要求); 期间周期性采集图像, 监控温度、高压状态与探测器状态。

3) 最终检验与出厂报告

汇总所有测试数据, 绑定设备编号与射线管编号; 生成电气测试记录、安全测试记录、图像与重建样例、出束时间统计等文件。形成完整可追溯的出厂技术文件, 作为设备交付、验收及后续服务的依据。

③包装、放入成品暂存区: 将完成调试的产品入库, 等待销售。

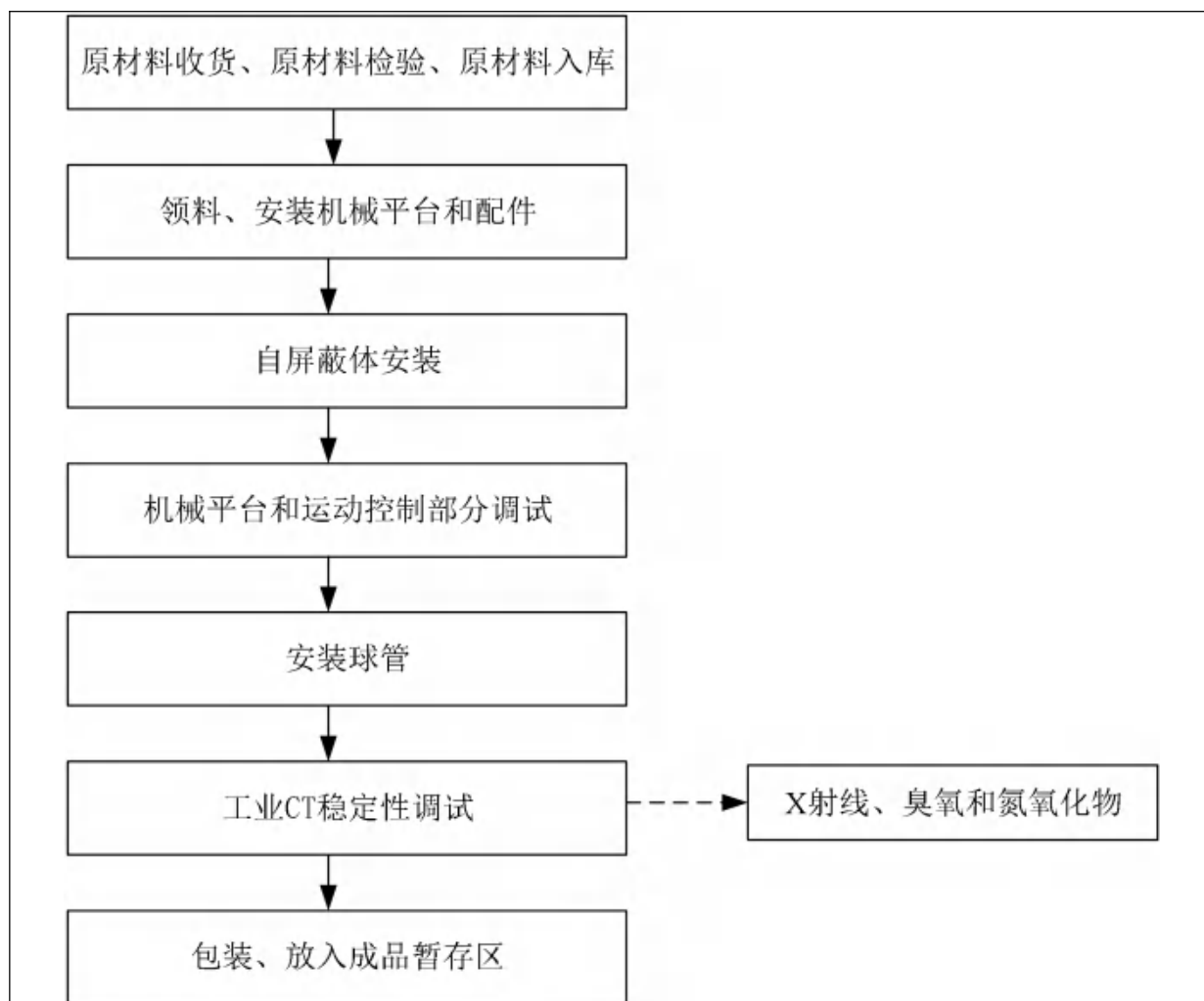


图9-3 生产流程及产污环节流程图

(2) 销售及售后服务

生产调试完成之后，运输至成品区，等待销售。本项目工业 CT 装置销售及售后服务的基本流程如下：

- 1) 公司在向客户销售工业 CT 装置前必须确认：
 - i 客户是否针对工业 CT 装置开展环境影响评价工作；
 - ii 客户是否具备核技术利用项目辐射安全许可证，在确认客户方履行核技术利用项目环评手续，或取辐射安全许可后，双方签订合同。
- 2) 合同签订后，公司将按合同交货工期要求发货。
- 3) 将射线装置运送到达客户厂区，由建设单位辐射工作人员在客户厂区的机房内进行设备安装、调试，并对客户的操作人员进行操作演示。射线装置在现场调试过程中，会产生 X 射线、少量的臭氧和氮氧化物。在客户厂区的机房内调试结束后，直接交付客户使用。

在客户现场售后调试环节是对设备进行安装后测试、培训使用。

4) 调试合格后由客户及相关方验收, 交付客户使用。

5) 在客户使用过程中, 如射线装置发生故障, 公司派专职售后服务的辐射工作人员前往客户厂区的机房内现场进行设备的检查维修。设备废弃后由客户按相关规定处置, 公司不负责回收。建设单位将建立销售台账, 详细记录射线装置销售情况。

销售及售后服务的基本流程见图 9-4。



图 9-4 销售及售后服务流程图

9.2.4 工作负荷及出束时间

本项目拟配置 8 名辐射工作人员负责本项目辐射工作。其中, 4 人负责建设单位厂区内射线装置的生产、安装调试工作, 4 人负责客户厂区内射线装置的安装调试工作。

(1) 建设单位厂区内生产安装调试: 本项目生产的设备出厂前需经过调试。单台工业 CT 装置安装调试出束时间最多为 40h, 设备年出束时间最多为 800h ($40\text{h} \times 20 \text{台} = 800\text{h}$)。拟为建设单位厂区内生产安装调试配备 4 名辐射工作人员, 分为 2 组, 每次调试均为 2 人同时负责; 实行 8h 工作制, 年工作 50 周, 每周工作 5 天。则每组每名辐射工作人员年受照时间为 400h。

(2) 客户厂区内安装调试: 本项目生产的设备销售给客户后需要在客户单位进行使用前的调试, 每台设备的调试出束时间最多均为 20h, 共 20 台设备在客户单位年调试时间共为 400h; 售后维护考虑每台设备每年定期维护调试 1 次, 每次出束时间最多为 5h, 20 台共为 100h。拟配备 4 名辐射工作人员负责在客户单位调试, 分为 2 组, 每次调试为 2 人同时负责; 实行 8h 工作制, 年工作 50 周, 每周工作 5 天。则每组每名辐射工作人员年受照时间为 250h。

9.3 污染源项描述

9.3.1 正常工况下污染源项描述

本项目在运行过程中不会产生放射性废液、废气及固体废物。本项目工业 CT 采

用数字成像技术、计算机信息处理和图像重建技术，检测结果通过实时图像显示，通过计算机系统保存，不会产生废显（定）影液及胶片。

(1) X 射线

本项目工业 CT 为Ⅱ类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目工业 CT 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因子。由于本工业 CT 装置自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下 X 射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。

(2) 臭氧和氮氧化物

X 射线的强电离辐射作用于空气会产生一定量的臭氧和氮氧化物（氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3）。其中臭氧的毒性最大，产额最高，会对人体产生危害。调试机房在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。

9.2.2 非正常工况污染源项描述

根据建设单位工业 CT 的使用特点，调试期间在意外情况下，可能出现的辐射事故有：

（1）在调试阶段，安全联锁系统故障，导致屏蔽门未关好时，调试人员对安装好的设备进行调试，造成人员意外照射。

（2）设备软件控制故障，导致门机联锁失灵，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

（3）设备检修、更换零配件过程中，人员进入工业 CT 设备内部作业，未执行设备断电锁闭措施，设备意外开机出束，造成设备内部作业人员受到意外照射。

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

建设单位拟将公司厂房一层东侧来料收货区改造为工业 CT 装配区，拟将公司厂房东侧闲置厂房改造为调试区及成品区，用于工业 CT 装置的生产安装、调试和成品存放。装配区和成品区不涉及辐射，仅调试区涉及辐射。本项目工业 CT 调试区位于公司厂房一层东侧，调试区东侧、南侧和西侧均为室外道路，北侧为室内过道，隔过道为成品区，没有楼上和地下层。

本项目工业 CT 装置为自屏蔽设备，调试区避开了车间内部人群较多的工作场所，操作台位于铅屏蔽体外侧。本项目布局设计既促进各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。工业 CT 工作过程中产生的 X 射线经自带屏蔽防护和距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布局是合理可行的。

10.1.2 分区原则和区域划分情况

(1) 分区原则

为加强射线装置所在区域的管理，限制无关人员受到不必要的照射，划定辐射控制区和监督区。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对防护安全的要求：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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和门-灯连锁装置）限制进出控制区，并定期控制区的实际状况，确认是否需要改变该区的防护手段或安全措施，或更改该区的边界。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门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的区域。在监督区入口处的合适位置设立

表明监督区的标牌；并定期检查该区工作状况，确认是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

（2）辐射防护分区管理情况

根据分区原则，本项目控制区和监督区划分情况如下：

由于本工业CT装置自屏蔽材料的屏蔽作用，使得出束状态下X射线装置周围剂量率远低于国家标准的辐射剂量率限值。根据分区原则以及结合本项目情况，本项目分区如下：工业CT装置自屏蔽体内部区域划为控制区，整个调试区范围设为监督区。

调试机房“两区”划分详见附图3。

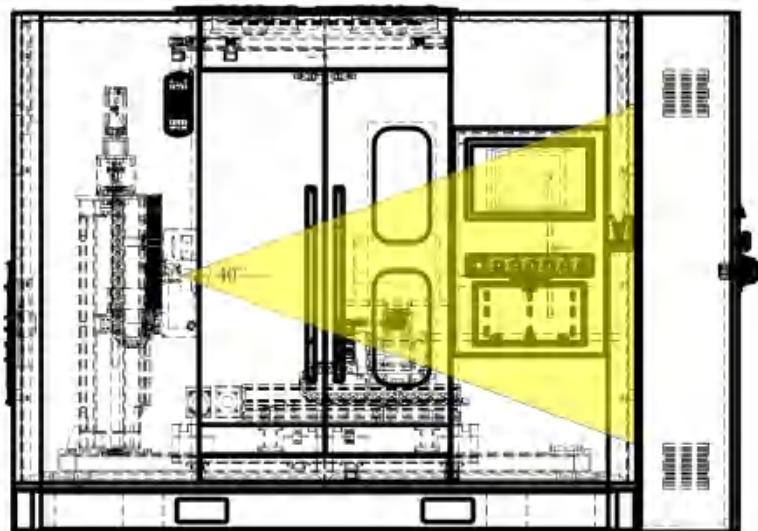
10.1.3 工作场所屏蔽设计

本项目工业CT装置辐射屏蔽体采用外购成品形式，根据建设单位提供资料，本项目工业CT装置采用铅板进行防护，设备尺寸长2.6m×宽1.6m×高1.8m，装置占地面积约为4.16m²，体积约为7.49m³。以工作人员操作位置为正面，工业CT屏蔽体正面、后面、顶部、底部以及左侧面为钢板内衬5mm铅板，右侧面（射线直射侧）为内衬7mm铅板，各面连接处、线缆穿孔和通风孔处均内衬8mm铅板进行屏蔽防护补偿。本项目工业CT装置示意图见图10-1，本项目工业CT装置辐射防护铅房的辐射防护屏蔽设计见表10-1。

表 10-1 本项目工业CT装置辐射防护铅房的辐射防护屏蔽设计一览表

项目	内容
设备整体尺寸	长 2.6m×宽 1.6m×高 1.8m
正面、后面、顶部、底部以及左侧面	内衬 5mm 铅板
右侧面	内衬 7mm 铅板
各面连接处、线缆穿孔和通风孔处	采用 8mm 铅板进行屏蔽补充

正视图



俯视图

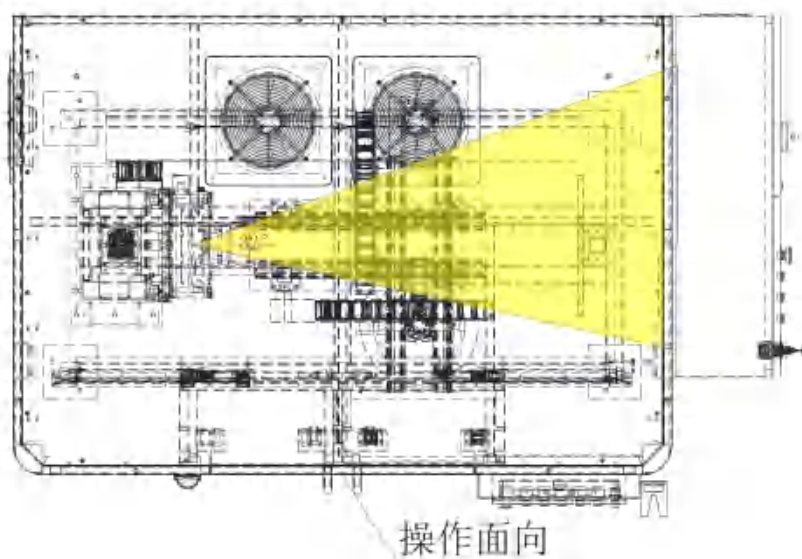


图 10-1 本项目工业 CT 装置示意图

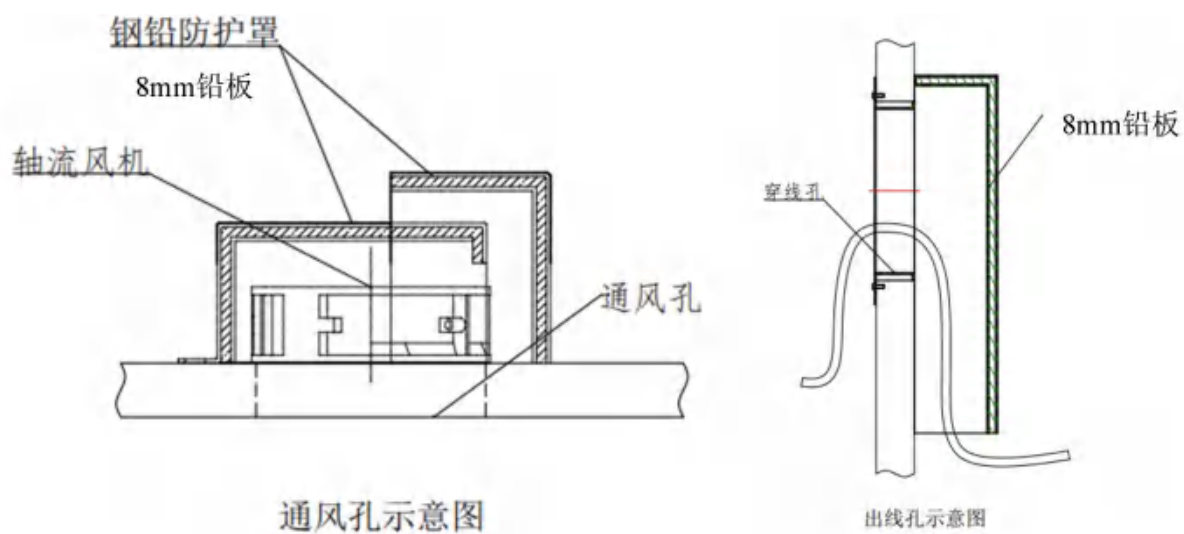


图 10-2 本项目排风管道及电缆沟穿墙方式示意图

10.1.4 辐射安全和防护、环保相关设施

(1) 辐射安全和防护设施

①设置门-机联锁装置：该工业 CT 正面进料门安装 1 个门机联锁只有在进料门完全关闭到位之后，设备才能接收到高压联锁接通的信号，具备出束条件，一旦进料门未完全关闭，工业 CT 机无法出束。

②工作状态指示灯和声音提示装置：本项目工业 CT 带有工作状态指示灯和声音提示装置，指示灯具有三种工作状态指示，能够反映不同的工作状态：绿灯（仪器处于开机状态），黄灯（进料门处于未关闭状态，不能开启射线源），红灯（射线源处于出束状态），建设单位将在工业 CT 正面醒目位置张贴不同工作状态指示意义的说明。

③监控设施：工业 CT 调试区和工业 CT 内均安装有监控设施，可以通过监控观察到辐射工作人员的活动和设备运行状态。

④急停按钮：该工业 CT 共设置 3 个急停开关，分别位于前侧、左侧和右侧，关闭任意一道开关设备都将停止供电停止运行，紧急情况下可按下急停开关快速切断供电系统使 X 射线立即停止出束。急停按钮被按下后，必须首先将其复位，系统才可重启。

⑤排风装置：本项目工业 CT 装置顶部设有动力排风装置，有效排风量不小于 2000m³/h，每小时通风换气次数不少于 3 次。调试区东侧墙体安装排风扇，有效排风量 8000m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。

⑥警告标识：调试区入口和工业 CT 上应张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。

⑦固定式场所辐射探测报警装置：本项目拟在工业 CT 调试区配置一套固定式场所辐射探测报警装置。

⑧X-γ辐射剂量率巡测仪：建设单位拟配备 2 台 X-γ辐射剂量率巡测仪，定期（每季度 1 次）使用便携式辐射巡测仪对设备的各个面进行巡测，如有异常，将立即切断电源，停止调试该设备，应及时通知厂家对工业 CT 进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后工业 CT 的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备。

⑨人员防护：公司拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作

人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

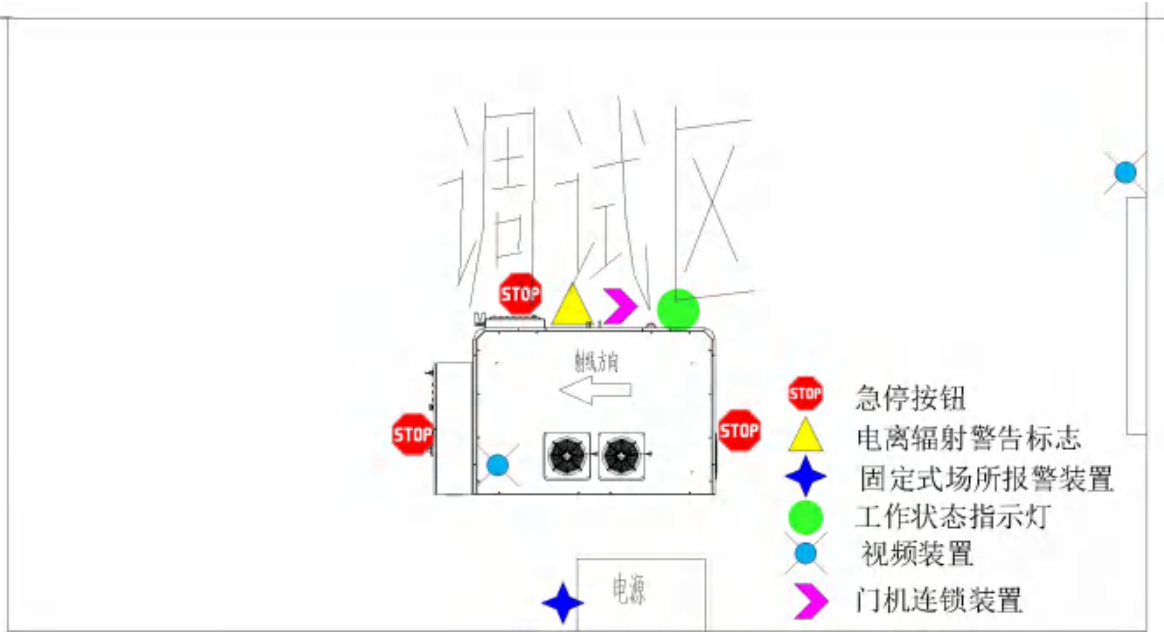


图 10-3 本项目防护措施位置示意图

(2) 辐射安全和防护分析

为分析本项目工业 CT 的辐射防护性能，根据宁波立研智能科技有限公司提供的设计资料，将本项目工业 CT 的主要技术参数列表分析，并与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的技术要求对照，具体见表 10-2。

表 10-2 本项目辐射安全设施与标准符合性分析表

《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	本项目设置情况	符合性分析
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/T250。	本项目操作位设置于 CT 的右前侧，避开有用线束的直接照射。本项目工业 CT 机自带屏蔽体厚度符合 GBZ/T250 要求。	符合
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。	本项目按 GB18871 的要求对工作场所进行分区管理，工业 CT 机自屏蔽体内部区域划为控制区，整个调试区范围设为监督区，实行分区管理。	符合
6.1.5 探伤室应设置门-机连锁装置，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-机连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。	设置门机安全连锁，进料门关闭后，装置才能启动；进料门打开时，设备不能开机，设备运行中门被打开则会自动停机。	符合

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。	本项目工业 CT 带有工作状态指示灯和声音提示装置，指示灯具有三种工作状态指示，能够反映不同的工作状态：绿灯（仪器处于开机状态），黄灯（进料门处于未关闭状态，不能开启射线源），红灯（射线源处于出束状态），建设单位将在工业 CT 正面醒目位置张贴不同工作状态指示意义的说明。	符合
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。	调试区和工业 CT 内均安装有监控探头，调试区设置 1 个监控探头，工业 CT 内部设置 1 个监控探头，确保控制区无死角实时监控，可有效对机房区域情况进行实时监控。	符合
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。	本项目调试区拟设电离辐射警告标识和中文警示说明。	符合
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。	本项目工业 CT 内部人员无法进入，CT 机外部与操作位及机体共设置 3 个急停按钮，出现紧急事故时，能立即 CT 机电源，确保停止照射。	符合
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。	本项目工业 CT 机配置两个风扇，每小时通风换气次数不少于 3 次。通风口位置位于设备顶部，且通风口设有铅板防护。调试区东侧墙体安装排风扇，有效排风量 8000m ³ /h，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。	符合
6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	拟在调试区安装一台固定式场所辐射探测报警装置，对正在生产调整工作的工业 CT 机的调试区场所进行实时监测。	符合
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。	建设单位拟制定详细的操作规程并进行内部培训，明确要求在使用射线装置前检查设备防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	符合
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	建设单位拟为本项目工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员在进行工作时，正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。	符合
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	建设单位拟委托第三方检测机构对调试区周围的环境辐射水平进行每年一次年度检测。并且日常使用 X-γ 辐射剂量率仪，定期（每月不少于 1 次）对设备外周围剂量当量率进行巡测，做好巡测记录。	符合
6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪	建设单位拟制定详细的操作规程并	符合

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。	进行内部培训，明确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。	
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。	建设单位拟制定详细的辐射防护制度，在工业 CT 机工作期间，辐射工作人员均已正确使用佩戴个人剂量片。	符合
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。	本项目工业 CT 设备设有防护门，人员无法进入。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。	符合

10.2 三废的治理

本评价项目中的工业 CT 出束过程产生少量臭氧、氮氧化物，装置顶部设有动力排风装置，2 个风扇总排风量为 2000m³/h，则每小时有效通风换气次数不少于 3 次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。产生的臭氧和氮氧化物通过设备顶部自带排风装置排放至调试区，再通过调试区东侧墙体的通风设施将废气排到室外，调试区东侧墙体安装排风扇，有效排风量 8000m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 3 次，排风口不朝向人员活动密集区，臭氧可在一定时间内自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的 1/3，对周围环境影响较小。

该项目采用数字成像方式，在显示屏上直接显示探伤结果，不涉及胶片、影液等感光材料废物。无放射性废物及其他废气、废水和固体废物产生。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 施工期环境影响分析

本项目拟在厂房一层新建新建调试区、成品区和装配区，从事生产、调试工业 CT，调试区为采用警示防护围栏搭建，不涉及土建工程，不涉及土建工程，故建设期产生的环境影响主要是设备进厂安装时产生的噪声、包装材料废物等环境影响。建设期产生的包装材料废物依托厂区现有工程处理，设备安装产生的噪声为间断性的，随着设备安装的结束，噪声影响也随即结束。本项目施工期污染物主要包括：

(1) 废水

施工期产生的废水主要包括施工人员的生活污水，生活污水产量较小，依托企业现有设施处理后纳入市政污水管网，不得随意排放。

(2) 废气

装修过程会产生装修废气，在加强通风或室内空气净化措施后，可将装修废气的影响降至最低，装修废气不会对周围环境产生大的影响。

(3) 噪声

施工期噪声包括各类机械、运输车辆的噪声以及组装施工产生的噪声，应合理制定施工计划，避开午休时间，禁止在夜间施工；施工设备应考虑选择低噪音设备，防止噪声超标；合理布局施工场地，避免在同一施工地点安排大量动力机械设备；适当设置临时隔声屏障。

(4) 固废

施工过程中会产生装修垃圾和生活垃圾。装修垃圾部分回收利用，剩余部分由施工单位外运至建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾产生量不大，由建设单位进行统一集中收集，并交由当地环卫部门清运。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

本项目拟在厂房一层新建调试区、成品区和装配区，从事生产、调试工业 CT，在新建调试区内调试，每次只调试 1 台 II 类工业 CT，不会出现 2 台及以上设备时调试的情况。本次评价考虑工业 CT 调试对周围环境的影响，采用理论估算的方法进行评估，

计算以装置满功率运行时对工业 CT 装置自屏蔽体四周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/T250-2014）及其修改单中相关公式。

（1）设备参数和防护设计

本项目工业 CT 的设备参数和防护设计情况见表 11-1 和表 10-1。

表 11-1 本项目工业 CT 装置工作参数一览表

设备型号	LYYF-026-002
最大管电压, kV	160
最大管电流, mA	2
周工作天数, 天/周	5
年工作天数, 天/a	250
年设备出束小时（建设单位厂区内生产安装调试）	800h
年设备出束小时（客户厂区内安装调试和维护）	500h
射线锥束角	水平方向锥形32°、垂直方向锥形40°

（2）关注点位的选取

为预测工业 CT 装置调试时自屏蔽设计方案的屏蔽效果，在工业 CT 装置外选取有代表性的关注点进行预测。本项目工业 CT 调试工作人员位置位于设备正面控制台，装置线束角度为水平方向锥形 32°、垂直方向锥形 40°，有用线束由左向右照射（以工作人员操作位置为正面），可能照向工业 CT 装置右侧面，不会偏离其他侧面。本项目工业 CT 装置为自屏蔽式，六面及防护门均设有防护屏蔽，位于公司厂房一层，无上下楼层建筑。因此，本项目关注点位设置在工业 CT 四侧。

本项目关注点情况见表 11-2 和图 11-1；工业 CT 出束范围示意图见图 11-2。

表 11-2 关注点情况一览表

设备名称	关注点位		辐射类型	距离（m）
工业 CT	1#	设备左侧外表面 30cm 处	泄漏	0.91
			散射	
	2#	设备后面外表面 30cm 处	泄漏	1.06
			散射	
	3#	设备右侧外表面 30cm 处	有用线束	1.94
	4#	设备正面外表面 30cm 处 （控制台）	泄漏	1.06
			散射	
	5#	设备上外表面 30cm 处	泄漏	1.21
			散射	

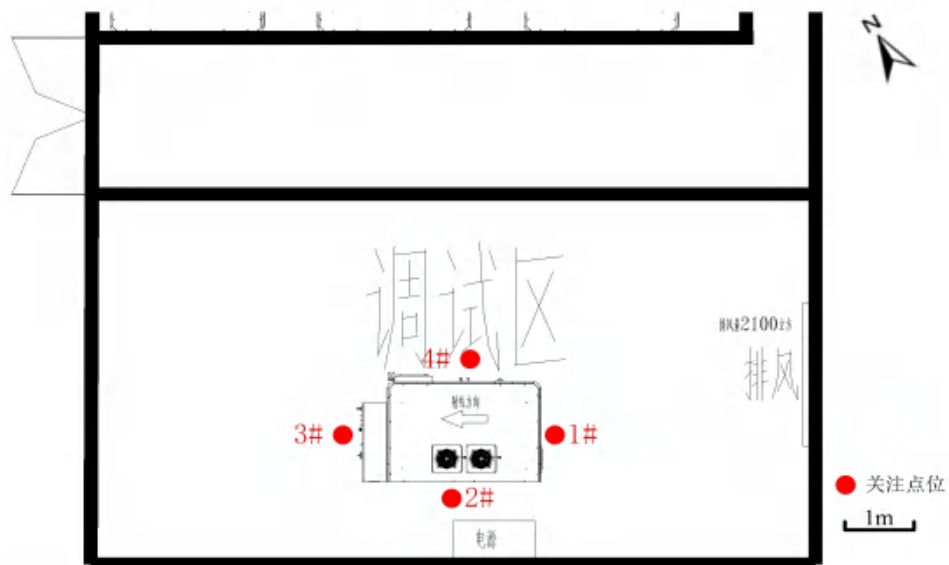


图 11-1 本项目关注点示意图

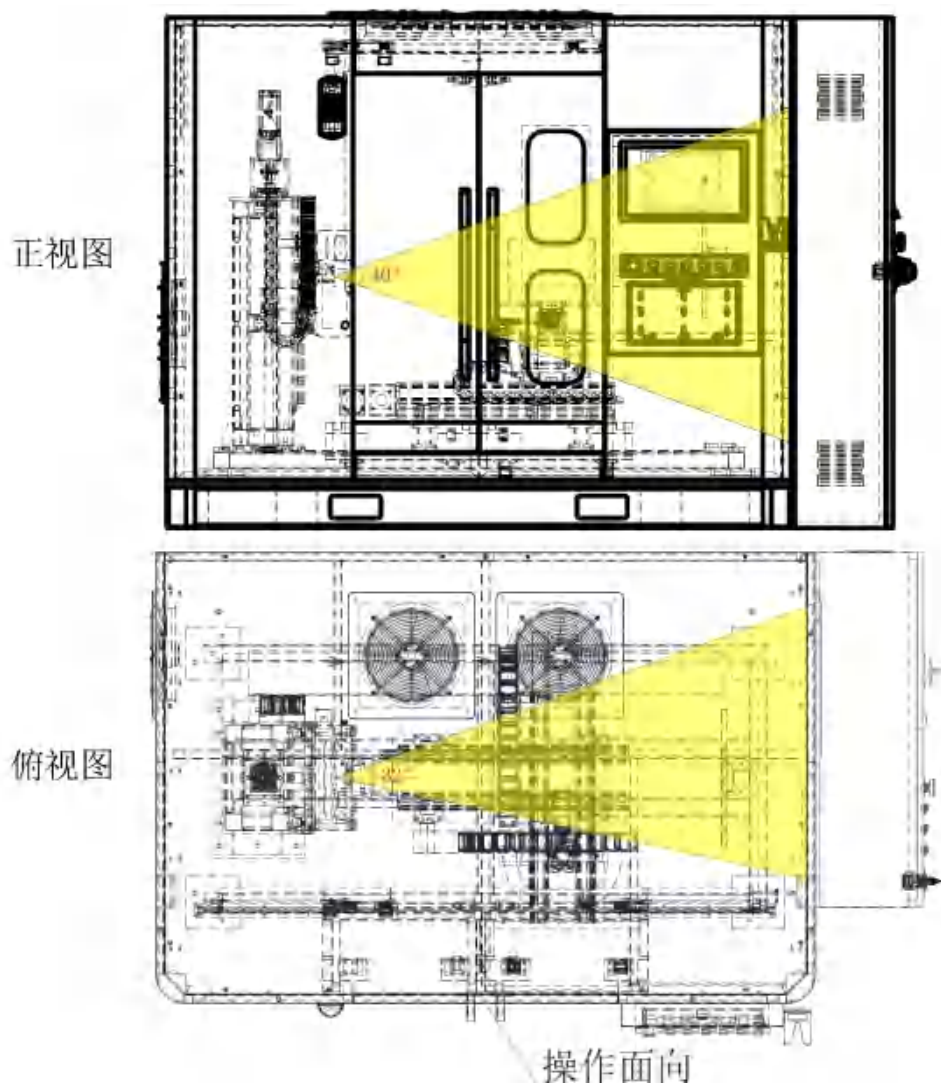


图 11-2 工业 CT 射线管出束范围示意图

(3) 剂量率参考控制水平

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中 3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv/周}$ ）；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；本项目有用线束由左向右照射（以工作人员操作位置为正面），因此工业 CT 右侧使用因子取 1。左侧、前侧、后侧、上方使用因子均取 1/4。

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；按照本项目对辐射工作人员最不利的情况分析，本工业 CT 机在调试过程，辐射工作人员居留因子保守取 1；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。本项目建设单位厂区内年预计出束时间 800h，每周工作 5 天（年工作 250 天），计算得 $t=16\text{h}$ 。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ：

$$\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$ 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c,d}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

居留因子的选取参考取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1，具体见下表。

表 11-2 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子（T）	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道
注：取自 NCRP144。		

各关注点导出剂量率参考控制水平见表 11-3。

表 11-3 导出剂量率参考控制水平计算

设备名称	关注点		U	T	t	$\dot{H}_c$	$\dot{H}_{c,d}$	$\dot{H}_{c,max}$	$\dot{H}_c$
	编号	位置描述	/	/	h	μSv/周	μSv/h	μSv/h	μSv/h
工业 CT	1#	设备左侧外表面 30cm 处	1	1	16	100	6.25	2.5	2.5
	2#	设备后面外表面 30cm 处	1	1	16	100	6.25	2.5	2.5
	3#	设备右侧外表面 30cm 处	1	1	16	100	6.25	2.5	2.5
	4#	设备正面外表面 30cm 处	1	1	16	100	6.25	2.5	2.5
	5#	设备上方外表面 30cm 处	1	1	16	100	6.25	2.5	2.5

(4) 辐射剂量率估算

本次计算以设备满功率运行时对设备四周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）及其修改单中相关公式。

①有用线束的屏蔽估算：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的剂量率 $\dot{H}$ （μSv/h）按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-2)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10⁴；

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

②泄漏辐射屏蔽估算：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ （μSv/h）按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-3)$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

$\dot{H}_L$ ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 可得，当 X 射线管电压为 160kV 时，距靶点 1m 的泄漏辐射剂量率 $\dot{H}_L$ 取 2500 $\mu\text{Sv/h}$ 。

③散射辐射屏蔽估算：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按下式计算：

$$H = \frac{I}{R_s^2} \frac{H_0}{R_0^2} \frac{B}{R_0^2} \frac{F}{R_0^2} \alpha \quad (11-4)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B ——屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ 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，在未获得相关物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

④屏蔽透射因子

对于给定屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-5)$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——什值层厚度。

根据式 11-2 和式 11-3 估算工业 CT 主束方向外表面 30cm 处主射线辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-4。

表 11-4 有用线束辐射剂量率估算

设备名称	关注点		$H_0^{①}$	I	R	X	$B^{②}$	$\dot{H}$
工业 CT	编号	位置描述	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	mA	m	mm	/	$\mu\text{Sv/h}$
	3#	设备右侧外	1.22E+06	2	1.94	7	1.21E-08	7.84E-03

		表面 30cm 处						
注：①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，管电压为 160kV 时，根据内插法，输出量 H_0 保守取 $20.38\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$，即 $1.22\text{E}+06\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$。 ②本项目屏蔽透射因子 B 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）图 B.1 取得，当管电压为 150kV，铅厚度约 4mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子约为 $4.0\text{E}-06$，铅厚度约 3mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子为 $4.0\text{E}-05$，因此，150kV 下，铅板厚度约 7mmPb 时，B 值保守取 $4.0\text{E}-06\times 4.0\text{E}-05=1.6\text{E}-10$；当管电压为 200kV，铅厚度约 5mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子为 $1.5\text{E}-05$，铅厚度约 2mmPb 时，X 射线穿过铅的透射因子为 $4.0\text{E}-03$，因此，200kV 下，铅板厚度约 7mmPb 时，B 值保守取 $1.5\text{E}-05\times 4.0\text{E}-03=6.0\text{E}-08$。根据内插法，160kV 下 B 值保守取 $1.21\text{E}-08$。								

根据式 11-2 和式 11-4 计算设备外表面 30cm 处泄漏辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-5。

表 11-5 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

设备名称	关注点		$\dot{H}_L$	R	X	TVL	B	$\dot{H}$
	编号	位置描述	$\mu\text{Sv/h}$	m	mm	mm	/	$\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	1#	设备左面外表面 30cm 处	$2.5\text{E}+03$	0.91	5	1.048	$1.69\text{E}-05$	$5.10\text{E}-02$
	2#	设备后侧外表面 30cm 处	$2.5\text{E}+03$	1.06	5	1.048	$1.69\text{E}-05$	$3.76\text{E}-02$
	4#	设备正面外表面 30cm 处	$2.5\text{E}+03$	1.06	5	1.048	$1.69\text{E}-05$	$3.76\text{E}-02$
	5#	设备上方面外表面 30cm 处	$2.5\text{E}+03$	1.21	5	1.048	$1.69\text{E}-05$	$2.89\text{E}-02$

注：由于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.2 中无 160kV 状态下对应的铅值层数据，根据表 B.2 内插法取得 160kV 下，X 射线束在铅中的值层厚度 TVL 为 1.048mm，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式（11-5）计算，计算结果为 $1.69\text{E}-05$ 。

根据式 11-2 和 11-5 计算设备外表面 30cm 处散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-6。

表 11-6 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

设备名称	关注点		H_0	I	R_s	X	TVL	B	$F\cdot a/R_0^2$	$\dot{H}$
	编号	位置描述	$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	mA	m	mm	mm	/	/	$\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	1#	设备左面外表面 30cm 处	$1.22\text{E}+06$	2	0.91	5	0.96	$6.19\text{E}-06$	0.0198	$3.61\text{E}-01$
	2#	设备后侧外表面 30cm 处	$1.22\text{E}+06$	2	1.06	5	0.96	$6.19\text{E}-06$	0.0198	$2.66\text{E}-01$
	4#	设备正面外表面 30cm 处	$1.22\text{E}+06$	2	1.06	5	0.96	$6.19\text{E}-06$	0.0198	$2.66\text{E}-01$
	5#	设备上方面外表面 30cm 处	$1.22\text{E}+06$	2	1.21	5	0.96	$6.19\text{E}-06$	0.0198	$2.04\text{E}-01$

注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，160kV 据表查得 90° 散射辐射为 150kV，再根据附录 B 表 B.2 查得：150kV 的 X 射线 TVL 铅=0.96mm，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式（11-5）计算，B 为 $6.19\text{E}-06$ 。

②本项目工业 CT 最大管电压为 160kV，射线管锥束最大为 40° ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽

规范》（GBZ/T250-2014）表 B.3 和 B.4.2，工业 CT 的 $F \cdot \alpha / R_0^2$ 取值为 0.0198。

各关注点辐射剂量率水平计算结果汇总情况见下表。

表 11-7 设备周边辐射剂量率水平汇总

设备名称	关注点		主射辐射	泄漏辐射	散射辐射	合计
	编号	位置描述	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	1#	设备左侧外表面 30cm 处	0	5.10E-02	3.61E-01	4.12E-01
	2#	设备后面外表面 30cm 处	0	3.76E-02	2.66E-01	3.04E-01
	3#	设备右侧外表面 30cm 处	7.84E-03	0	0	7.84E-03
	4#	设备正面外表面 30cm 处	0	3.76E-02	2.66E-01	3.04E-01
	5#	设备上方外表面 30cm 处	0	2.89E-02	2.04E-01	2.33E-01

表 11-8 与剂量率参考控制水平对比

设备名称	关注点		辐射剂量率	剂量率参考控制水平	满足情况
	编号	位置描述	$\mu\text{Sv/h}$	$\mu\text{Sv/h}$	
工业 CT	1#	设备左侧外表面 30cm 处	4.12E-01	2.5	满足
	2#	设备后面外表面 30cm 处	3.04E-01	2.5	满足
	3#	设备右侧外表面 30cm 处	7.84E-03	2.5	满足
	4#	设备正面外表面 30cm 处	3.04E-01	2.5	满足
	5#	设备上方外表面 30cm 处	2.33E-01	2.5	满足

由上表可知，本项目工业 CT 正常工作下，设备外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 $4.12\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中相应的剂量率参考控制水平要求。

（5）实验铅房内通风管道及电缆沟辐射防护分析

根据图 10-2 可知，本项目工业 CT 装置铅房内排风口处包裹 8mmPb 防护罩，电缆沟均槽处加盖 8mmPb 铅板，采用不低于该侧屏蔽进行屏蔽防护补偿；因此本项目实验铅房通风系统及电缆穿墙设计能够满足辐射防护要求。

（6）天空散射影响分析

本项目工业 CT 装置铅房顶棚剂量率最大仅为 $2.33\text{E-}01\mu\text{Sv/h}$ ，不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，故不考虑天空散射的影响。

（7）人员受照年有效剂量估算

人员受照的年有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，具体如下：

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \quad \text{式 (11-6)}$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

Dr ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——年工作时间，h；

T ——居留因子，居留因子的选取见表 11-2。

根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 在建设单位年曝光工作时间为 800h，在厂内调试拟配备辐射工作人员 4 人，单名辐射工作人员的年受照时间最大为 400h。本项目工业 CT 在客户厂区年调试时间共为 500h，在客户厂区拟配备辐射工作人员 4 人，单名辐射工作人员的年受照时间最大为 250h。

根据表 11-7 计算的各关注点辐射剂量率、工作时间及居留因子，计算辐射工作人员和公众的年剂量，具体见下表。

表 11-9 辐射工作人员和周围公众受照的年有效剂量估算

保护目标	方位	关注点	辐射剂量率	居留因子	年受照时间	年有效剂量	年剂量约束值
			$\mu\text{Sv/h}$	/	h	mSv	mSv
工业 CT 辐射工作人员（厂内调试）	北侧	4#	3.04E-01	1	400	1.22E-01	5
工业 CT 辐射工作人员（售后调试）	北侧	4#	3.04E-01	1	250	7.60E-02	
空压机房	北侧	4#	3.04E-01	1/16	800	1.52E-02	0.25
卫生间	北侧	4#	3.04E-01	1/16	800	1.52E-02	
机加办公室	北侧	4#	3.04E-01	1	800	2.43E-01	
成品待发区	北侧	4#	3.04E-01	1/8	800	3.04E-02	
收货区	北侧	4#	3.04E-01	1/8	800	3.04E-02	
工业 CT 装配区	西北侧	3#	7.84E-03	1	800	6.27E-03	
宁波智成机器人技术有限公司	南侧	2#	3.04E-01	1	800	2.43E-01	
扬子江北路	东侧	1#	4.12E-01	1/16	800	2.06E-02	
成品区	北侧	4#	3.04E-01	1/8	800	3.04E-02	

由上表可知，辐射工作人员受照的年有效剂量最大为 1.52E-01mSv，公众受照的年有效剂量最大为 2.43E-01mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求，也满足本项目提出的职业人员和公众照射的年有效剂量不超过 5mSv 和 0.25mSv 的年剂量约束值要求。

对于 50m 范围内的其他公众，由于剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，随着距离的增加，周围 50m 范围内公众所受年有效剂量更小，能够满足本项目 DSA 机房周围公众受照的年有效剂量不超过 0.25mSv 的年剂量约束值要求

11.2.2 三废环境影响分析

本项目在运行过程中不会产生放射性废液、废气及固体废物。本项目工业 CT 调试结果通过计算机数字实时成像显示，调试结果通过计算机终端显示和储存，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

根据 X 射线的工作原理，本项目工业 CT 在工作时产生 X 射线，造成工业 CT 装置铅房内空气电离，产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目实验铅房顶部设有动力排风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。产生的臭氧和氮氧化物通过设备顶部自带动力排风装置排放至室外，排风口不朝向人员活动密集区，臭氧可在一定时间内自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的 1/3，对周围环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的事故

（1）在调试阶段，安全联锁系统故障，导致屏蔽门未关好时，调试人员对安装好的设备进行调试，造成人员意外照射。

（2）设备软件控制故障，导致门机联锁失灵，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

（3）设备检修、更换零配件过程中，人员进入工业 CT 设备内部作业，未执行设备断电锁闭措施，设备意外开机出束，造成设备内部作业人员受到意外照射。

11.3.2 辐射事故防范措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，建设单位应严格执行以下风险预防措施：

（1）建设单位应建立辐射安全与防护管理领导小组，明确领导小组人员及其职责；已建立辐射防护管理相关制度和措施，并严格按照要求执行，对发现的安全隐患应立即进行整改，避免事故的发生。

（2）建设单位需制定《工业 CT 装置调试规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，作业时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并

将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

(3) 对从事本项目工作的辐射工作人员应取得核技术利用辐射安全与防护考核合格成绩报告单后方可上岗；按要求进行个人剂量监测和职业健康监护。

(4) 建设单位配备 2 台 X- γ 辐射剂量率巡测仪和 1 套固定式场所辐射探测报警装置；并为辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

(5) 建设单位拟制定辐射事故应急预案，应定期进行应急演练。

(6) 应定期测量调试工业 CT 辐射防护铅房外周围区域的剂量率水平，包括辐射工作人员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，应及时对工业 CT 进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后工业 CT 的辐射防护性能进行检测，确保辐射水平达标后方可继续使用该设备。

(7) 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 剂量率仪或固定式场所辐射探测报警装置不能正常工作，则不应开始调试工作。

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 机构的设置

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》相关要求，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。

建设单位应成立辐射安全与防护管理领导小组，全面负责建设单位的辐射安全管理工作及相关工作。该文件中应明确领导小组成员组成及相关职责，本项目实施后，建设单位应及时更新、调整管理机构的人员组成。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 辐射安全与防护考核

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），建设单位应组织本项目新增放射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加“X 射线探伤”、“科研、生产及其他”类别的考核，考核合格后方可上岗，并按时接受再培训和考核。

(2) 职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查。

本项目新增的辐射工作人员，应到有资质的医院进行上岗前职业健康检查，在岗期间至少每两年进行一次在岗期间职业健康检查，并建立职业健康监护档案。

(3) 个人剂量检测

对于本项目新增辐射工作人员，拟为其配备个人剂量计，并按期（最长不超过 3 个月）委托有资质单位进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案。

本项目辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一；个人剂量档案应当终生保存。建设单位应设专

人进行环保档案的整理、存档，项目环保档案应包括：项目环境影响评价资料、相关环保会议纪要、辐射安全许可证申请资料、项目竣工环境保护验收资料、日常监测资料（或台账）、辐射工作人员培训资料、考核合格证书、体检报告、个人剂量检测报告及相关调查资料。以上资料按年度进行整理、规范化保存，发现问题及时上报、解决，以满足生态环境主管部门监督检查的要求。

12.1.3 年度评估报告

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，辐射工作单位应当对本单位放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。建设单位年度评估报告应包括：放射性同位素与射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

本项目建成运行后，应被纳入辐射安全与防护状况年度评估报告，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。

12.2 辐射安全管理规章制度

为了保护辐射工作人员、公众及环境的安全，促进辐射实践的正当性，辐射防护的最优化，规范工作人员的操作规程，根据相关法律、法规、规范的要求，建设单位应制定辐射安全管理规章制度、辐射防护安全保卫制度、辐射工作人员培训制度、辐射环境及个人剂量监测方案、射线装置设备检修维护制度、射线装置生产、销售和使用台账登记制度、射线装置辐射事故应急预案等管理规章制度。

鉴于建设单位目前还未制定工业 CT 相关管理规章制度，在本项目建成运行后，应根据本项目核技术利用项目的特点，制定和完善以下方面的管理规章制度，以保证建设单位辐射相关工作安全有序开展。

（1）操作规程：依据工业 CT 装置相关操作规范，明确调试、生产各岗位操作人员作业权限，规定设备调试、批量生产全过程需落实的辐射防护用品佩戴、辐射监测等防护措施，细化调试校验、工件检测生产作业的安全管控要求与标准化操作流程。

（2）岗位职责：明确本项目工业 CT 辐射工作人员及辐射安全管理人员的岗位责任，并落实到个人，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

(3) 辐射安全防护保卫制度：根据本项目工业 CT 的具体情况完善辐射安全防护保卫制度，重点为定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换；工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护。

(4) 设备检修维护制度：设备检修维护制度：明确监控设备以及监测仪器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，监测仪器必须保持良好工作状态。

(5) 使用台账登记制度：完善射线装置使用登记台账，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源、去向及生产、销售相关信息等事项。

(7) 应急预案：对应急措施、事故后续处理等作出要求，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训，辐射事故分类与应急响应的措施等。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，项目单位需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器和防护设备

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应该配置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。根据以上要求，本项目辐射工作场所监测仪器配备情况见表 12-1。

本项目运行期间主要污染物为 X 射线，建设单位拟配备 2 台便携式 X-γ 辐射剂量率巡测仪、1 台个人剂量报警仪和 1 台固定式场所辐射探测报警装置，拟为每名辐射工作人员配备个人剂量计，项目配备的监测仪器符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对监测仪器的配备要求。

表 12-1 本项目监测仪器配备情况

监测仪器	配备情况说明	备注
固定式剂量报警装置	配置 1 台	新增
便携式 X-γ 辐射剂量率巡测仪	配置 2 台	新增
个人剂量计	每名辐射工作人员配备 1 枚	新增
个人剂量报警仪	配置 2 台	新增

12.3.2 监测计划

(1) 年度监测

建设单位应委托有资质的单位对辐射工作场所进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应附于《辐射安全和防护状况年度评估报告》一并提交给发证机关。

(2) 日常自行监测

本项目辐射工作场所应采用 X- γ 辐射剂量率巡测仪进行定期监测，频次不少于 1 次/月，以确保屏蔽防护性能的良好。

(3) 监测内容和要求

监测内容：周围剂量当量率。

监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-2 工作场所年度监测和日常监测计划建议

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测类型
年度监测	工业 CT 调试区	周围剂量当量率	1 次/年	按照国家规定进行	工业 CT 装置外表面 30cm 处、工业 CT 调试区周围环境、工作人员操作位	委托监测
日常监测		周围剂量当量率	1 次/季度	按照国家规定进行		自行监测
调试监测		周围剂量当量率	每一档电压、电流提升后均开展剂量率巡测	按照国家规定进行		自行监测
验收监测		周围剂量当量率	竣工验收时监测 1 次	按照国家规定进行		委托监测

12.4 辐射事故应急

12.4.1 辐射事故应急响应机构的设置

建设单位应成立辐射安全与防护管理领导小组，全面负责建设单位的辐射安全管理工作及相关工作。

12.4.2 辐射事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位应按要求制定《射线装置辐射事故应急预案》。根据国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条对辐射事故应急预案内容的要求，本项目运行前后，应修订辐射事故应急预案，预案应当包括下列内容：

(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) 辐射事故分级与相应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序。

12.4.3 应急人员的培训演习计划

为了能有效应对辐射事故和突发事件，须进行应急人员的演习培训，模拟事故发生时应进行的流程和应采取的措施，当辐射事故发生时才能熟练、沉着、有效应对事故的危害降到最低。本项目建成运行后，建设单位应定期开展辐射事故应急演练，并对演习结果进行总结，并及时对应急预案进行完善和修订。

12.4.4 辐射事故上报的要求

对于在建设单位自行监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》等相关要求，向生态环境主管部门报告。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预案，采取必要防范措施，并根据要求在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门和公安部门报告，造成或者可能人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。

12.5 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，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）、《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）中的相关要求，在规定的验收期限内（一般为项目建成后 3 个月内），对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

宁波立研智能科技有限公司拟在公司厂房一层新建调试区、成品区和装配区进行生产、销售、使用一种型号为 LYYF-026-002 型的工业 CT，属于 II 类射线装置，在新建装配区内组装生产，在新建调试区内调试，每次只调试 1 台工业 CT，年产 20 台。

13.1.2 产业政策分析结论

根据国家发展和改革委员会制订的《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目工业 CT 属于第一类“鼓励类”第十四项“机械”中第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性分析结论

本项目的建设有利于提高公司所生产的产品质量以及竞争力，在保障公司生产的零部件质量的同时也将创造了更大的经济效益和社会效益，符合辐射防护“实践的正当性”。

建设单位对射线装置的安装调试将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在使用和管理射线装置的情况下，对其工作人员和公众产生的影响可以控制在根据最优化原则设置的项目剂量管理限值以下，其获得的利益远大于辐射所造成的损害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.4 辐射安全与防护分析结论

本项目在调试区对组装好的工业 CT 进行调试，工业 CT 装置设有安全连锁系统、多重开关、工作状态指示灯、急停按钮、警告标识等安全设施，建设单位拟配置 2 台 X- γ 辐射剂量率巡测仪、1 台个人剂量报警仪和 1 台固定式场所辐射探测报警装置，拟为辐射工作人员配备个人剂量计，辐射安全与防护措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）防护最优化的要求。

13.1.5 辐射安全管理分析结论

建设单位拟成立辐射安全与防护管理领导小组，并根据本项目的特点制定一系列辐射安全管理规章制度，以保证辐射相关工作安全有序开展。建设单位拟对辐射工作人员进行上岗前职业健康检查，并为新增辐射工作人员配备个人剂量计，并按期（最长不超过 3 个月）委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量检测档案。

13.1.6 环境影响分析结论

（1）辐射影响分析结论

经理论预测分析，本项目工业 CT 正常运行时，装置外表面 30cm 处的辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中相应的剂量率参考控制水平要求，对周围辐射环境影响较小。

经理论估算，本项目工业 CT 辐射工作人员和周围公众受照的年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中的剂量限值要求，也满足本项目提出的职业人员和公众照射的年有效剂量不超过 5mSv 和 0.25mSv 的年剂量约束值要求。

（2）臭氧影响分析结论

本项目工业 CT 装置铅房顶部自带排风扇，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。产生的臭氧和氮氧化物最终通过工业 CT 调试区通风系统排至室外，排风口不朝向人员活动密集区，臭氧可在一定时间内自然分解，氮氧化物只有臭氧产生额的 1/3，对周围环境影响较小。

13.1.7 可行性分析结论

综上所述，宁波立研智能科技有限公司工业 CT 生产项目选址符合国家相关法律法规，平面布局合理可行。建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其场所内辐射安全防护和管理措施满足从事相应辐射活动的要求，职业人员和公众年有效剂量满足相关标准要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

建设单位应加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执

行辐射防护措施的自觉性，杜绝放射性事故的发生。

13.2.2 承诺

（1）在本项目取得批复后，建设单位应及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。

（2）项目严格按照本次报批的设备类型、数量、设计方案建设，项目竣工后正式运行前，根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，在规定的验收期限内（一般为项目建成后3个月内），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（3）承诺在工业CT正式启用前，将张贴悬挂相应规章制度于工作场所墙面上，并在工业CT实验室门外设立符合规范要求的电离辐射警告标志。

（4）加强辐射工作人员剂量计佩戴和个人剂量监测工作的管理和监督。

（5）按要求每年1月31日前向发证机关提交本单位辐射安全和防护年度评估报告。

（6）承诺严格执行辐射监测计划，发现隐患及时整改；对安全连锁系统、工作状态指示灯等防护设施进行经常性检查，发现防护设施故障或失灵应立即维护、修复。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
公章	
经办人：	年 月 日

审批意见：	
公章	
经办人：	年 月 日