

核技术利用建设项目

宁波工程学院 1 台工业 CT 检测装置新建项目
环境影响报告表
(报批稿)

宁波工程学院

2022 年 06 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宁波工程学院 1 台工业 CT 检测装置新建项目 环境影响报告表

建设单位名称：宁波工程学院

建设单位法人代表（签名或签章）：邵**

通讯地址：浙江省宁波市风华路 201 号

邮政编码：315000

联系人：纪**

电子邮箱：****

联系电话：*****

目 录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	6
表 3 非密封放射性物质.....	6
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	8
表 6 评价依据.....	9
表 7 保护目标与评价标准.....	11
表 8 环境质量和辐射现状.....	16
表 9 项目工程分析与源项.....	18
表 10 辐射安全与防护.....	21
表 11 环境影响分析.....	26
表 12 辐射安全管理.....	33
表 13 结论与建议.....	41
表 14 审批.....	43

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波工程学院 1 台工业 CT 检测装置新建项目				
建设单位		宁波工程学院				
法人代表		邵**	联系人	纪**	联系电话	****
注册地址		浙江省宁波市风华路 201 号				
项目建设地点		浙江省宁波市杭州湾新区滨海二路 769 号				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		452	项目环保投资 (万元)	2	投资比例(环保 投资/总投资)	0.44%
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 项目情况

1.1.1 建设单位简介

宁波工程学院（以下简称“学校”）是由宁波市人民政府举办的全日制普通本科院校，创建于 1983 年。占地面积 1800 亩，分为风华校区（位于宁波市风华路 201 号）、翠柏校区（位于宁波市海曙区翠柏路 89 号）和杭州湾校区（位于宁波市杭州湾新区滨海二路 769 号）。现有 13 个二级教学单位，45 个本科专业 24 个一级学科；教职工 1117 人，专任教师 875 人，正高职称 102 人，副高职称 264 人，博士学位 343 人；在校全日制本科学生 13800 余人。

机械工程学院/杭州湾汽车学院是宁波工程院所辖的二级学院，于 2014 年 9 月迁入杭州湾新区办学，占地面积 500 亩，校园环境优美，办学条件设施先进。学院充分发挥地处产业集聚区的优势，深入推进产教融合、校企合作，与吉利集团、中汽研、万都公司等知名企业建立

战略合作关系，与吉利集团共建企业大学，努力建设政产学研“四位一体”，校园、产业园、研发园“三园融合”的国内一流的汽车产业特色学院。2017 年入选宁波市十大试点特色学院，2018 年入选浙江省高等学校省级产教融合示范基地项目，2019 年入选宁波市高校协同创新中心。该项目非辐射类环境影响评价工作已委托宁波甬绿环境保护技术工程有限公司进行，并于 2012 年 8 月 28 日取得了原宁波杭州湾新区环境保护局的批复（甬新环建【2012】63 号）。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

为满足科研需要，学校计划在杭州湾校区学科 A 楼一层工业 CT 实验室配备 1 台 XWT-225-CT 型工业 CT，主要用于教师科研项目，不涉及教学，主要检测对象为各类动力电池内部结构。该工业 CT 检测装置自带屏蔽体，能够满足 X 射线屏蔽要求，无需对工业 CT 实验室进行改造建设防护体。

根据原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目工业 CT 检测装置归入到“工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置”的范畴，属于 II 类射线装置。对照生态环境部令第 16 号《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：172、核技术利用建设项目”，本次评价内容为使用 II 类射线装置，应编制辐射环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，宁波工程学院委托杭州卫康环保科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件 1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、委托监测、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《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）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表，供建设单位上报审批。

1.1.3 建设内容及规模

宁波工程学院配备 1 台 XWT-225-CT 型工业 CT 检测装置，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3.0mA，该设备自带屏蔽体，有用线束方向固定向右（以观察窗一侧为正面），射线装置应用情况具体见表 1-1。

表 1-1 本项目建设内容与规模

装置名称	类别	型号	数量	主要技术参数	主射方向	工作场所名称
工业 CT 机	II 类	XWT-225-CT	1 台	225kV、3.0mA	固定朝右	工业 CT 实验室

1.2 项目选址与环境保护目标

1.2.1 公司地理位置

宁波工程学院杭州湾校区位于宁波市杭州湾新区滨海二路 769 号，本项目地理位置见附图 1。学校东侧为上林路，南侧为金溪西路，西侧为兴慈八路，北侧为滨海二路。

1.2.2 项目周边环境关系

学科 A 楼位于校区北侧，是一幢地上 4 层的建筑，主要用于教师科研用房，一楼主要是各类科研实验室，二楼目前为相关研究生及科研教师办公室，三楼、四楼目前空置，1 楼部分位置层高 10 米，工业 CT 及其他部分实验室层高 5 米，二楼及以上楼层层高 5 米。

工业 CT 实验室位于学科 A 楼一层东南侧，面积约 230 m²，中间隔有实验室，两侧空置，学校计划在西侧配备 1 台自带屏蔽体的工业 CT 检测装置。工业 CT 实验室东侧为校内道路，距离本项目约 22m，南侧为校内道路，距离本项目约 5m，西侧为实验室，距离本项目约 0.5m，北侧为楼内过道，距离本项目约 1m，楼上为研究生办公室，距离本项目约 2.2m，无地下建筑。

因此，本项目工业 CT 检测装置实体边界外 50m 评价范围主要为学校内部实验室、楼内过道、研究生办公室和校内道路。本项目环境保护目标主要为辐射工作人员、实验室周围的其他工作人员和公众人员。

1.2.3 选址合理性分析

本项目拟建地址位于学校现有校区内，不新增土地，工业 CT 检测装置实体边界外 50m 评价范围主要为学校内部实验室、楼内过道、研究生办公室和校内道路，本项目不在生态保护红线范围内，且项目选址周边均无自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区以及基本农田保护区、基本草原、森林公园、地质公园、重要湿地等敏感点存在。项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后不会对周围环境与公众造成危害，故本项目的选址是合理的。

1.2.4 “三线一单”符合性分析

根据《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》（环环评〔2016〕150 号），要求强化“三线一单”约束作用，建立“三挂钩”机制，“三管齐下”切实维护群众的环境权益。“三线一单”即“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”。

本项目“三线一单”符合性判定情况见表 1-2。

表 1-2 “三线一单”符合性分析

生态 保护红线	根据《慈溪市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地位于宁波市杭州湾新区城镇生活重点管控区（ZH33028220004），不在杭州湾新区生态红线保护区内，因此，本项目符合生态保护红线的要求。
------------	--

资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常生活用水和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
环境质量底线	经现场检测，本项目工业 CT 室拟建址及周围环境的 X- γ 辐射本底水平未见异常。经辐射环境影响预测，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健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。
环境准入负面清单	根据《慈溪市“三线一单”生态环境分区管控方案》，项目所在地位于宁波市杭州湾新区城镇生活重点管控区（ZH33028220004），该管控单元生态环境准入清单如下： ①空间布局约束 禁止新建、扩建三类工业项目，现有三类工业项目改建不得增加污染物排放总量，鼓励现有三类工业项目搬迁关闭。禁止新建涉及一类重金属、持久性有机污染物排放等环境健康风险较大的二类工业项目。除工业功能区（小微园区、工业集聚点）外，原则上禁止新建其他二类工业项目，现有二类工业项目改建、扩建，不得增加污染物排放总量。 另外，禁止新建、扩建喷漆/浸漆（包括油性漆和水性漆）、化纤（包括单纯纺丝）、制鞋（使用有机溶剂的）、橡胶（含塑炼、混炼、硫化、浸胶等）、金属压延（含加热）、石材加工、涂布、烧结、发泡、定型、复合、热处理、印刷、压铸、塑料造粒、化学原料和化学制品制造（包括单纯混合或分装）、商品混凝土、轧石、沥青等涉气（粉尘）的项目（含工艺）；禁止新建、扩建发黑、钝化、热镀锌、酸洗、磷化/硅烷化/陶化、电泳、湿法印花、水洗、食品加工等涉水项目（含工艺）；禁止新建、扩建危险废物（含医疗废物）收集储存或利用处置、废旧资源（含生物质）加工再生及利用项目；禁止新建、扩建家具制造、包装印刷、人造板制造、塑料人造革、合成革制造、皮革制品等其他环境影响较大的项目。 ②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。污水收集管网范围内，禁止新建除城镇污水处理设施外的入河（或湖或海）排污口，现有的入河（或湖或海）排污口应限期拆除，但相关法律法规和标准规定必须单独设置排污口的除外。加快污水处理设施建设与提标改造，加快完善城乡污水管网，加强对现有雨污合流管网的分流改造，推进生活小区“零直排”区建设。加强噪声和臭气异味防治，强化餐饮油烟治理，严格施工扬尘监管。加强土壤和地下水污染防治与修复。污水管网未到位区域，禁止新建、扩建排放生产废水的项目。 ③环境风险防控 合理布局工业、商业、居住、科教等功能区块，严格控制噪声、恶臭、油烟等污染排放较大的建设项目布局。 ④资源开发效率 全面开展节水型社会建设，推进节水产品推广普及，限制高耗水服务业用水。落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。 本项目为核技术利用建设项目，主要用于学校的科研教学，不涉及任何生产和制造内容，项目经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，学校已制定《辐射事故应急预案》，并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。因此，本项目的实施符合《慈溪市“三线一单”生态环境分区管控方案》的管控要求。

因此，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

1.3 与产业政策的相符性和实践正当性分析

1.3.1 与产业政策的相符性

本项目系核技术利用项目在工业 CT 内的运用，根据国家发展和改革委员会第 29 号令《产业结构调整指导目录（2019 年本）》和国家发展和改革委员会第 49 号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，本项目属于“第一类鼓励类”中“十四、机械”中第 6 项内容，即“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”，因此本项目的建设与国家的产业政策是相符的。

1.3.2 实践正当性结论

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中 4.3 “辐射防护要求”，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目实施的最终目的是为了进行科学研究，从而提高材料的性能，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会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》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.4 劳动定员及工作制度

1.4.1 劳动定员

学校计划配备 2 名辐射工作人员，从事工业 CT 检测装置的操作工作。辐射工作人员为新增人员，不存在兼职其他辐射工作场所岗位情况。辐射工作人员拟在上岗前进行辐射安全与防护培训，并经培训合格后上岗。

1.4.2 工作制度

本项目辐射工作人员每天最多工作 2 小时，每年工作 200 天。

1.5 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，宁波工程学院之前未开展过跟辐射有关的工作，尚未取得浙江省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》，因此不存在原有项目核技术利用和许可情况。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 CT 检测装置	Ⅱ类	1	XWT-225-CT	225	3.0	无损检测	工业 CT 实验室	拟购， 本次评价
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（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)	最大管电 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	排放口活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	/	/	/	最终排入大气,臭氧常温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）或活度（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）》，主席令第九号，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 年修订）》，主席令第二十四号，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》，中华人民共和国主席令第 81 号，2017 年 11 月 5 日第三次修正并施行； (4)《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，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条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； (6)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8)《射线装置分类》（2017 年修订版），环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年公告第 66 号公布，自 2017 年 12 月 5 日起施行； (9)《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，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (10)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； (11)《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令，2021 年 12 月 30 日起施行； (12)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； (13)《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》，环环评〔2021〕108 号，生态环境部办公厅，2021 年 11 月 19 日印发； (14)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；
------	---

	(15)《浙江省建设项目环境保护管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日修订； (16)《浙江省辐射环境管理办法(2021年修正)》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日修订； (17)关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015年本)》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015年本)》的通知，浙环发〔2015〕38号，原浙江省环境保护厅，2015年10月23日起施行； (18)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(2019年本)》的通知，浙环发〔2019〕22号，浙江省生态环境厅，2019年12月20日起施行； (19)《慈溪市“三线一单”生态环境分区管控方案》，慈溪市人民政府，2020年12月发布。
技术标准	(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 1.6-2016)，2017年1月1日实施； (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)，2016年4月1日实施； (3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施； (4)《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，2017年10月27日实施。 (5)《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)，2015年6月1日实施。 (6)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020年4月1日实施； (7)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021年5月1日实施； (8)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021年5月1日实施。
其他	(1)环评委托书，见附件1； (2)建设单位提供的工程设计图纸及相关技术参数资料。

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）的规定：“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）”，并结合本项目的辐射污染特点，确定本项目评价范围为本次新建1台工业CT检测装置的曝光铅房边界外周围50m范围内区域，评价范围示意图见附图2。

7.2 保护目标

本项目的主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目环境保护目标为评价范围50m内该学校从事工业CT操作的辐射工作人员、实验室周围的其他工作人员和公众人员，具体见表7-1。

表7-1 本项目环境保护目标基本情况表

主要环境保护目标	方位	场所名称	最近距离	规模	年剂量约束值
辐射工作人员	/	操作台	相邻	2人	5mSv
公众	东侧	实验室	5m	10人	0.25mSv
		校内道路	22m	流动人员	
	南侧	校内道路	5m	流动人员	
	西侧	实验室	0.5m	10人	
	北侧	楼内过道	1m	流动人员	
	楼上	研究生办公室	2.2m	12人	
	四周	学科A楼其他工作人员与公众	0-50m	约50人次/天	

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

一、防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

二、剂量限值

1) 职业照射

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

2) 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

三、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）中11.4.3.2条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取职业照射剂量限值的25%、公众照射剂量限值的25%分别作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5.0mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

四、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和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。

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业X射线探伤装置、探伤作业场所及放射工作人员与公众的放射卫生防护要求和监测方法。

4.1 防护安全要求

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

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

4.1.3 X射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\ \mu\text{Sv/h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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4.1.3；

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

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后X射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止X射线照射，关上门不能自动开始X射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示

装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确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。

4.1.7 照射状态指示装置应与X射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 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。

4.2 安全操作要求

4.2.1 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

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

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

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

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

1 范围

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探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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

3.3.2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。

3.3.5应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间,常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

4、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)等评价标准,确定本项目的管理目标。

①辐射剂量率控制水平:工业 CT 检测装置表面外(含顶外表面)30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②年有效剂量控制水平:职业人员年有效剂量不超过 5mSv;公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 辐射环境质量现状与评价

8.1.1 项目地理和场所位置

1、地理位置

宁波工程学院杭州湾校区位于宁波市杭州湾新区滨海二路 769 号，本项目地理位置见附图 1。学校东侧为上林路，南侧为金溪西路，西侧为兴慈八路，北侧为滨海二路。

2、场所位置

本项目铅房位于学科 A 楼一层东南侧的工业 CT 实验室的西侧一端。工业 CT 实验室东侧为校内道路，距离本项目约 22m，南侧为校内道路，距离本项目约 5m，西侧为实验室，距离本项目约 0.5m，北侧为楼内过道，距离本项目约 1m，楼上为研究生办公室，距离本项目约 2.2m，无地下建筑。

8.1.2 环境现状评价对象

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）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为工业 CT 拟建址及周围环境。

8.1.3 辐射环境质量现状

1、检测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

2、检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

3、检测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目工业 CT 拟建址及周围环境进行检测布点。本项目共布设 7 个检测点位，布点情况见图 8-1，检测报告及检测资质见附件 4。

4、检测方案

- （1）检测单位：湖州环安检测有限公司；
- （2）检测时间：2022 年 04 月 14 日；
- （3）检测方式：现场检测；
- （4）检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- （5）检测频次：依据 HJ 1157-2021 标准予以确定；
- （6）天气环境条件：天气：晴；温度：18℃；相对湿度：61%；
- （7）检测工况：辐射环境本底；
- （8）检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

检测仪器	环境监测 X、γ 辐射空气吸收剂量率仪
仪器型号	RM-2030
仪器编号	2019016
生产厂家	上海超奇电子有限公司
量程	0.01μGy/h～200μGy/h、0.1μGy～500.0mGy
能量范围	35keV～3MeV
检定证书编号	2021H21-10-3678113001
检定证书有效期	2021 年 12 月 2 日至 2022 年 12 月 1 日
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

5、质量保证措施

- (1) 合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。
- (2) 检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。
- (3) 检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

6、检测结果及评价

本项目工业CT拟建址的辐射水平检测结果见表8-2，检测点位见图8-1，详细检测结果见附件6。

表8-2 工业CT拟建址及周围环境辐射本底检测结果

点位编号	点位描述	监测结果（μGy/h）	
		平均值	标准差
1#	工业 CT 拟建址	0.09	0.01
2#	工业 CT 拟建址东侧校内道路	0.08	0.01
3#	工业 CT 拟建址东侧实验室内	0.08	0.01
4#	工业 CT 拟建址南侧校内道路	0.09	0.01
5#	工业 CT 拟建址西侧实验室内	0.10	0.01
6#	工业 CT 拟建址北侧楼内过道	0.09	0.01
7#	工业 CT 拟建址上方研究生办公室内	0.09	0.01

注：1、本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为1m，仪器读数稳定后，以10s为间隔读取10个数据；

2、依据HJ 1157-2021标准：测量值=读数平均值×校准因子k1×仪器检验源效率因子k2÷空气比释动能和周围剂量当量的换算系数：校准因子k1为0.95，效率因子k2取1，本项目监测仪器读数为空气比释动能率μGy/h，无需再转换；

3、以上监测结果均已对宇宙射线的响应值修正，环境γ辐射空气吸收剂量率=测量值-屏蔽修正因子k3×测量点宇宙射线响应值Dc，k3楼房取0.8、平房取0.9、原野和道路取1，仪器对宇宙射线的响应值为0.03μGy/h。

由表8-2可知，本项目工业CT拟建址及周围各检测点位的室内γ辐射剂量率范围为（0.08～0.10）μGy/h，室外γ辐射剂量率范围为（0.08～0.09）μGy/h，根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，宁波市室内γ辐射剂量率范围为（0.08～0.19）μGy/h，宁波市道路上γ辐射剂量率范围为（0.06～0.13）μGy/h，可见项目所在地的天然贯穿辐射水平处于当地本底水平范围之内，未见异常。

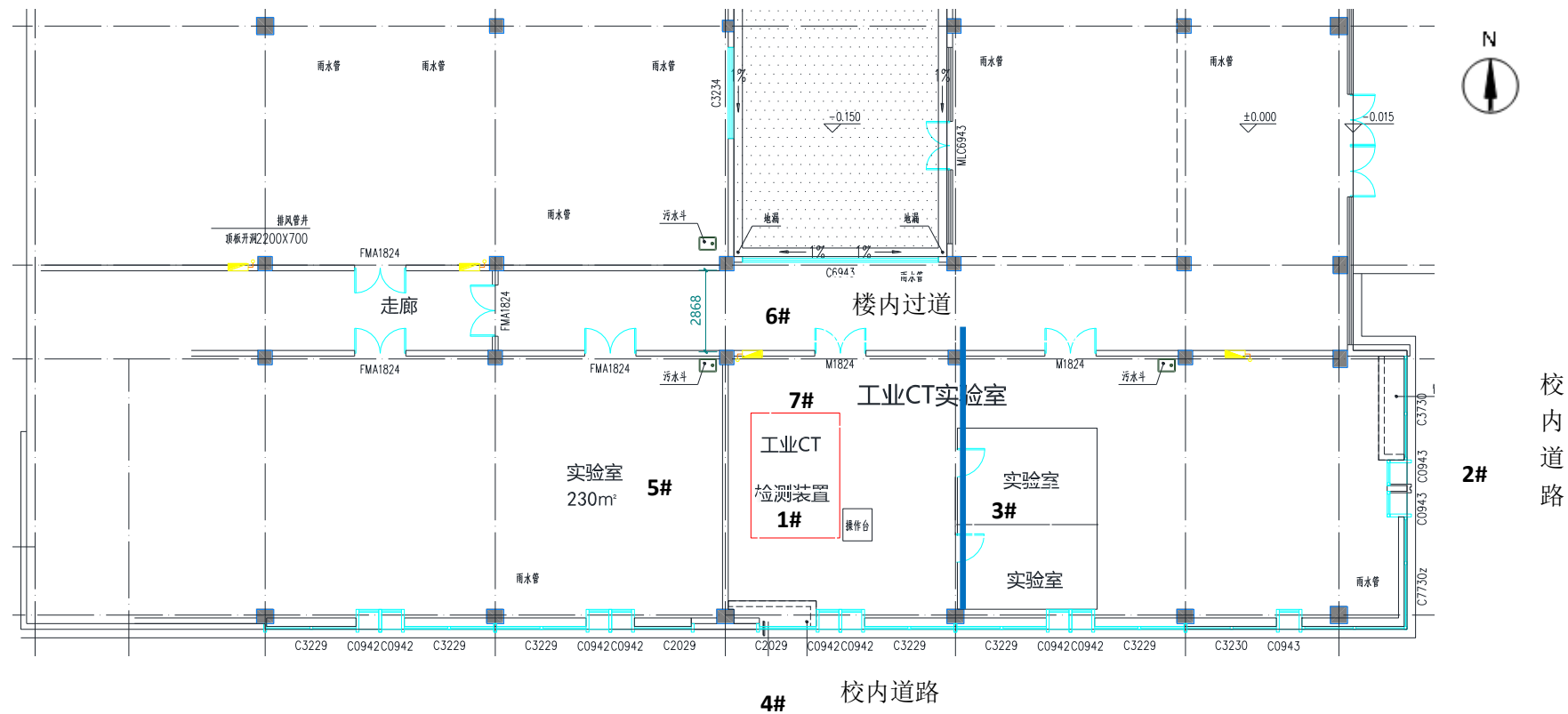


图8-1 工业CT检测装置拟建址检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工艺设备和工艺分析

9.1.1 设备组成及工作方式

(1) 设备组成

为满足科研需要，宁波工程学院拟在杭州湾校区学科 A 楼一层东南侧工业 CT 实验室内配备 1 台工业 CT 检测装置，其最大管电压为 225kV，最大管电流为 3.0mA，有用线束方向固定向右（以观察窗一侧为正面），主要用于教师科研项目，不涉及教学，主要检测对象为各类动力电池内部结构，使用时管电压为 200kV，管电流为 200μA。

学校拟配备的工业 CT 检测装置外形尺寸为：4950×3700×2950（mm），由自屏蔽曝光铅房（内部包括高压发生器、X 射线管、X 射线探测器、数控定位装置）、操作台、电气柜等部件组成。自屏蔽曝光铅房仅在正面设置有一扇工件防护门（兼检修门），用于上、下料工件以设备检修维护。工业 CT 检测装置外观图见图 9-1。

工业 CT 检测装置的球管可在正背平面以及上下平面移动，根据厂家提供的数据，球管距离右面最近距离为 3.2m，正面最近距离为 1m，左面最近距离为 1.4m，背面最近距离为 1.3m，顶面最近距离为 1.3m，底面最近距离为 0.87m。



图 9-1 工业 CT 检测装置外观示意图

(2) 工作方式

为进一步保护辐射工作人员及其他工作人员，拟将工业 CT 检测装置置于工业 CT 实验

室内，工业 CT 检测装置每天开机检测时间 1~2h，每年工作 200 天，即年工作时间最多 400h。

因工业 CT 实验室内还有三个其他实验室，为学校教师团队的内部实验室，不需要实验人员长期操作，一般在完成设备操作后就离开实验室。因此通过对工业 CT 实验室的时间管理，保证在工业 CT 使用时，除辐射工作人员外，其他无关人员均不得入内。

9.1.2 工作原理

工业 CT 检测装置核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。

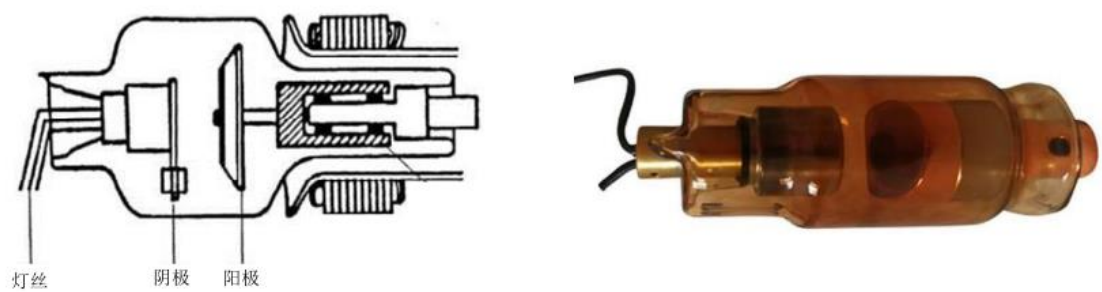


图 9-2 X 射线管结构示意图

本项目工业 CT 检测装置由高压发生器、X 射线管、X 射线探测器、数控定位装置、操作台、自屏蔽曝光铅房等部件组成，可以对检测样品进行 X 射线的二维成像，得到被检测样品内部结构的图像信息，通过计算机处理得到相应的数据，本项目工业 CT 检测装置利用物料在 X 光的照射下，在 X 光相机上得到一对一的影像（阴影），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，物质密度越大，射线强度减弱越大。而当工件内部存在缺陷时，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，透射 X 射线被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信息转换为电子图像并经增强后变成视频图像信号传输至控制台，在监视器上实时显示，实现对检测样品的质量检测和失效分析。用于产品零部件的缺陷检测，保证零部件质量。

9.1.3 工作流程及产污环节

本项目拟配备的 1 台工业 CT 检测装置属于 II 类射线装置，非工作状态时不产生 X 射线，进行检测工作时接通设备高压，发射 X 射线。本项目辐射工作人员将待检测产品部件放入工业 CT 检测装置，利用被检测材料对 X 射线吸收后在透射处成像的原理，采用 X 射线对待检测工件进行透照，并在设备外部连接的工业电视显示器上观察、分析被检测件的内部缺陷。工作流程如下：

- ①打开主控开关，将钥匙开关转到打开位置，按下电源开关按钮；
- ②辐射工作人员打开工业 CT 检测装置工件门；
- ③人工搬运检测工件装载在检测装置载物台上；
- ④摆放好待检测工件后，关闭工业 CT 检测装置工件门；

⑤辐射工作人员于操作台调节载物台至合适位置，打开 X 射线出束开关，开始检测。检测过程中会产生 X 射线，使自屏蔽曝光铅房内空气电离产生微量的臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

⑥检测完成后，关闭 X 射线，取出检测工件。

工业 CT 检测装置工作流程及产污环节如图 9-3 中所示。

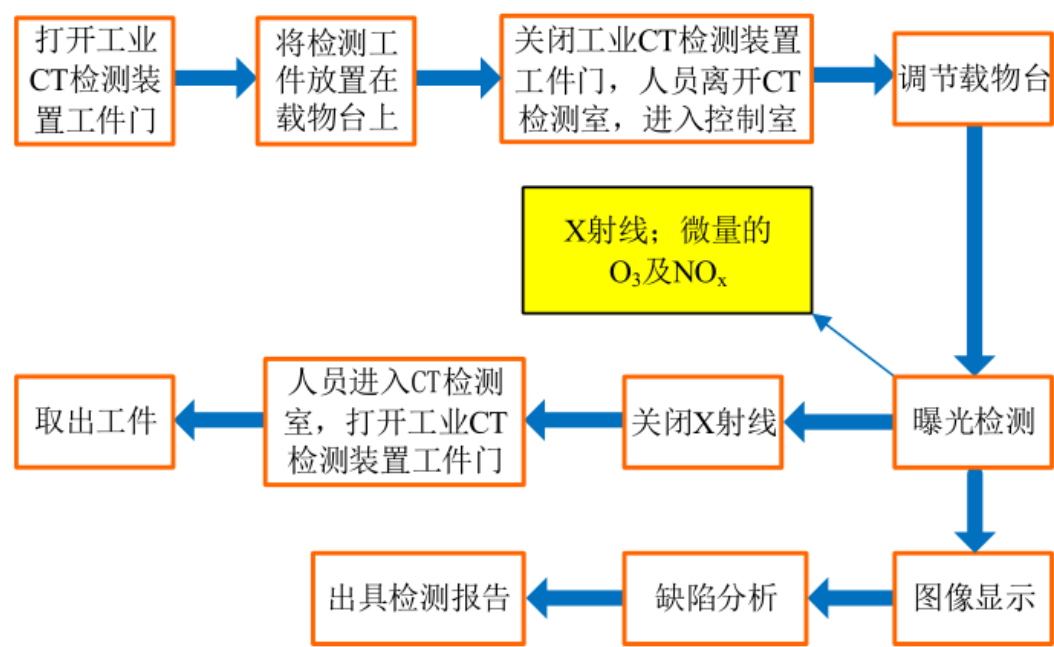


图 9-3 工业 CT 检测装置工作流程及产污环节示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 放射性污染

由工业 CT 检测装置工作原理可知，X 射线管只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对装置周围的工作人员和公众产生一定外照射，因此 X 射线管在开机曝光期间，X 射线是本项目主要污染物。本项目需进行辐射影响预测的辐射污染因子为 X 射线有用线束、泄漏辐射、主射束入射工件 90° 方向的散射辐射。

9.2.2 非放射性污染

工业 CT 检测装置在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧(O₃)和氮氧化物(NO_x)，少量臭氧和氮氧化物通过设备自带排风系统排放至工业 CT 实验室，再通过工业 CT 实验室排至室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响较小。

本项目工业 CT 检测装置使用实时成像技术，不使用胶片，因此在探伤检测过程中不需要洗片，因此不产生废显影液和废胶片。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 辐射工作场所布局合理性分析

宁波工程学院拟配备的 1 台工业 CT 检测装置采用铅板或铅玻璃以自屏蔽的方式进行辐射防护，为进一步保护辐射工作人员及其他工作人员，拟将 1 台工业 CT 检测装置安置于工业 CT 实验室内。

表 10-1 本项目周边场所布局一览表

所在区域	辐射场所	方位	周边房间及场所
学科 A 楼一层	工业 CT 实验室	东	校内道路
		南	校内道路
		西	实验室
		北	楼内过道
		楼上	研究生办公室
		楼下	实土层

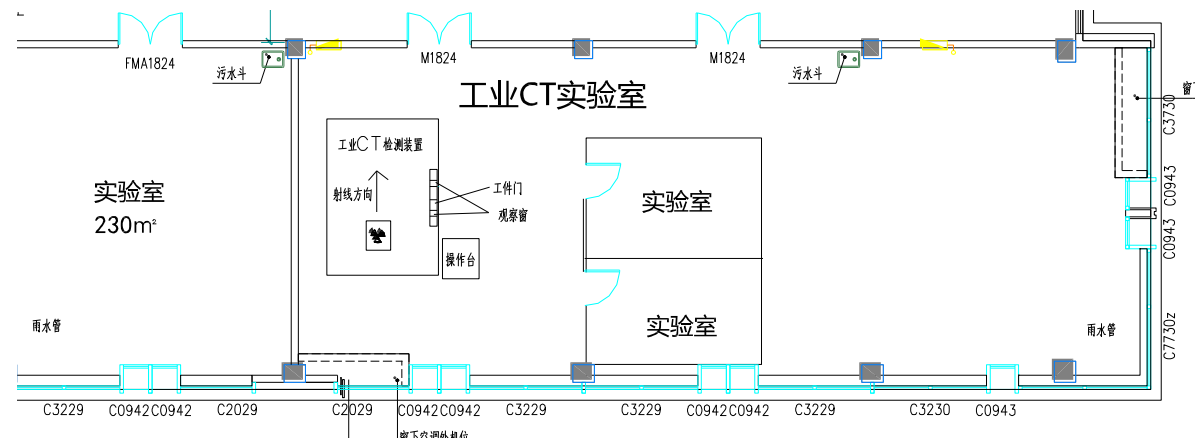


图 10-1 本项目工业 CT 检测装置示意图

本项目工业 CT 检测装置设有曝光铅房和操作台，曝光铅房通过内嵌铅板对 X 射线进行辐射屏蔽。检测装置运行时，辐射工作人员在操作台处对检测装置进行操作。如图 10-1 所示，本项目操作台位于工业 CT 检测装置的东南面，观察窗和工件门位于工业 CT 检测装置的东面，主射束朝向北面。

本项目操作台与曝光铅房分开设置且已避开有用线束照射的方向，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于操作室与曝光室分开设置的要求；此外，该工业 CT 检测装置布置在学科 A 楼一层东南角，避开了人员集中区域，产生的臭氧等气体易于排出楼外大气等，布局设计合理。

10.1.2 辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

（2）把未被定为控制区，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的区域划分为监督区。

根据控制区、监督区划分原则，本项目拟将工业 CT 检测装置铅屏蔽体（曝光铅房）内作为控制区，拟将曝光铅房以外 1m（不足 1m 的按工业 CT 实验室边界以内区域）及操作台作为监督区，通过时间管理，在工业 CT 使用时，除辐射工作人员外，其他无关人员不得入内。两区划分示意图见附图 8。本项目辐射防护分区符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射工作场所的分区管理要求。

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目拟配备的 1 台工业 CT 检测装置型号为 XWT-225-CT 型，采用铅板或铅玻璃以自屏蔽的方式进行辐射防护，其内尺寸为：4650×3400×2750（mm），具体屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 工业 CT 检测装置屏蔽设计参数

装置名称	防护参数	
工业 CT 检测装置	内尺寸	4650×3400×2750（mm）
	正面	钢板+10mm 铅板
	防护门	门洞规格 2m×2.3m（H），10mmPb
	观察窗	两扇，规格 400mm×600mm×50mm，10mmPb 铅玻璃
	右面	钢板+14mm 铅板（主射面）
	左面	钢板+8mm 铅板
	北面	钢板+10mm 铅板
	顶面	钢板+10mm 铅板
	底面	钢板+10mm 铅板
	风管孔洞	10mm 铅板
	电缆管孔	8mm 铅板

注：铅密度不低于 11.35g/cm³。

10.1.3 辐射安全和防护措施

1、设备固有安全措施

(1) 操作台的安全措施有：a、拟设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。b、拟设置有高压连通时的外部报警或指示装置。c、控制台或 X 射线管头组装体上拟设置与探伤铅房防护门联锁的接口，当所有能进入探伤铅房的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤铅房门开启时能立即切断。d、拟设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。e、拟设置紧急停机开关和总电源开关。f、拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(2) 铅房顶部设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与 X 射线机联锁。X 射线管工作时，警示灯和警示铃开启，警告无关人员勿靠近铅房或周围区域作不必要的逗留。

(3) 检测铅房的工件窗与 X 射线机联锁形成门机联锁装置，只有当工件窗完全关闭后 X 射线机才能出束，工件窗打开时立即停止 X 射线照射，关上工件窗不能自动开始 X 射线照射。

(4) 检测铅房表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿靠近该装置。

(5) 操作台、检测铅房前侧屏蔽体、铅房内安装有急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

(6) 铅房内设视频监控系统，方便操作人员进行实时观察。

2、其他辐射安全和防护措施

(1) 工业 CT 实验室入口门表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，提醒无关人员勿进入工业 CT 实验室。

(2) 工业 CT 实验室的入口处均设置门锁，实行双人双锁管理模式，钥匙由专人保管。

(3) 对工作场所实行分区管理，确保无关人员不会在工业 CT 实验室停留。

(4) 工业 CT 实验室内配置个人剂量报警仪，用于工业 CT 出束检测出现异常情况时进行瞬时报警。

(5) 辐射工作人员配备个人剂量计，工作期间必须正常佩戴。

(6) 操作台设置于检测铅房的正面，避开有用线束照射的方向。

(7) 铅房内设有机机械排风设施，确保每小时有效通风换气次数不小于 3 次。

(8) 工业 CT 检测装置周围 1m 处的地面粘贴黄色警戒线，禁止无关人员靠近。每次开机前，本项目执行清场制度，禁止任一普通公众进入工作场所的监督区内。

本项目采取上述辐射安全措施后，能够满足本项目辐射安全的需要。

10.2 三废的治理

本项目工业 CT 检测装置运行过程中，没有放射性废水、废气及固体废物产生，也无显影、定影废液和废胶片产生。工业 CT 检测装置在工作状态时，会使空气电离产生微量的臭氧(O_3)和氮氧化物(NO_x)，CT 检测装置净尺寸为 $4650 \times 3400 \times 2750$ (mm)，容积为 $43.5m^3$ ，拟设置的排风装置其通风量约 $780m^3/h$ ，工业 CT 检测装置换气次数不低于 3 次/h。臭氧在常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响很小。

本项目排风装置的排风口位于铅房的顶部，排风口处使用槽钢+10mm 铅板的铅钢结构防护罩进行屏蔽，确保排风装置不破坏检测铅房的整体防护效果。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目工业 CT 检测装置为整体定制设备，设备在厂家生产完成后，运至现场进行组装，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。但本项目施工期较短，施工量不大，对实验室周围环境影响较小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

本项目工业 CT 检测装置安装后，应由设备厂家工作人员进行调试，学校人员不参与调试，并在调试前应确保门机联锁装置、工作状态指示灯等各项辐射安全防护措施能正常工作。本项目工业 CT 的检测铅房满足屏蔽防护要求，调试时间较短，调试过程对周围环境辐射影响很小。

11.2 运行阶段对环境的影响

结合本项目设备的使用特点，本次评价采用理论计算的方法，分析预测本项目投入使用后的辐射环境影响。

在预测工业 CT 检测装置壳体外各关注点的辐射水平时，按检测装置最高管电压和相应该管电压下的最大管电流（即管电压为 225kV，管电流为 3mA）运行工况进行预测评价。本项目工业 CT 检测装置的射线方向固定向右（以观察窗一侧为正面），拟将右面按有用线束照射、其余各面及观察窗按照非有用线束照射进行估算，工业 CT 实验室下方为土层，人员不可达，故装置底面剂量率计算略去。

工业 CT 检测装置的球管可在前后平面以及上下平面移动，根据厂家提供的数据，球管距离右面最近距离为 3.2m，正面最近距离为 1m，左面最近距离为 1.4m，背面最近距离为 1.3m，顶面最近距离为 1.3m，底面最近距离为 0.87m。

11.2.1 估算模式选取

本项目采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）推荐的计算公式估算屏蔽体外 30cm 处的辐射水平，估算模式如下：

（1）有用线束

关注点的剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（1）计算：

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

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, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 见附录表 B.1;

B: 屏蔽透射因子, 根据 GBZ/T 250-2014, 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B;

R: 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m。

(2) 非有用线束

① 泄漏辐射剂量率

泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$, 单位为 $\mu\text{Sv/h}$ 可按下面公式 (2) 计算:

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

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 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 $\mu\text{Sv/h}$, 其典型值见 GBZ/T 250-2014 中表 1。

② 散射辐射剂量率

散射辐射剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (3) 计算:

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

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, 查附录表 B.3;

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)。

(3) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X , 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (4) 计算:

$$B=10^{-X/TVL} \quad (4)$$

上式中: X —屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL —对于泄漏辐射, 可直接根据《辐射防护导论》(方杰主编, P98) 表 3.5 查得相应的 TVL 值; 对于散射辐射, 先根据 GBZ/T 250-2014 中表 2 查得本项目所对应的 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值, 再根据 GBZ/T 250-2014 中附录 B 表 B.2 查得 90° 散射辐射的 TVL 值。

11.2.2 估算结果

(1) 屏蔽体右面屏蔽防护计算结果

本项目工业 CT 检测装置右面屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 工业 CT 检测装置右面屏蔽防护计算参数及计算结果

参数		右面
设计厚度 (mm)		14mmPb
I (mA)		3.0
H_0 ($\mu Sv \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$)		2.034×10^6
B		2.7×10^{-11}
R (m)		3.5
参考点处剂量率 $\dot{H}(\mu Sv/h)$	$\dot{H}$ 估算值	1.34×10^{-5}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5
	评价结果	满足

注: ①本项目工业 CT X 射线管的滤过条件为 2mm 铝;

② H_0 查《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中表 B.1, 由内插法计算可得 225kV X 射线在 2mmAl 过滤条件下输出量为 $33.9 mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$, 即取值 $2.034 \times 10^6 \mu Sv \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot h^{-1}$;

③ B 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中图 B.1 线性外推得;

④ $R=X$ 射线管距右侧屏蔽体最小距离 3.2m+参考点 0.3m=3.5m;

⑤计算时, 不考虑钢板的屏蔽效果。

由表 11-1 可知，当工业 CT 以最大管电压 225kV、最大管电流 3mA 运行时，受主射线照射影响的检测铅房右侧屏蔽体外参考点处的辐射剂量率为 $1.34 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）屏蔽体其他各面屏蔽防护计算结果

本项目工业 CT 检测装置其他各面屏蔽防护计算参数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 工业 CT 检测装置其他各面屏蔽防护计算参数及计算结果

参数		正面	左面	背面	顶面	防护门、 观察窗
泄 漏 辐 射	设计厚度（mm）	10	8	10	10	10
	TVL（mm）	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
	B	1.8×10^{-8}	6.4×10^{-7}	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}
	$\dot{H}_L (\mu\text{Sv/h})$	5000	5000	5000	5000	5000
	R（m）	1.3	1.7	1.6	1.6	1.3
	参考点处泄漏辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	5.33×10^{-5}	1.11×10^{-3}	3.52×10^{-5}	3.52×10^{-5}	5.33×10^{-5}
散 射 辐 射	TVL（mm）	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	B	1.8×10^{-8}	6.4×10^{-7}	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}	1.8×10^{-8}
	I（mA）	3	3	3	3	3
	$H_0 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	2.034×10^6	2.034×10^6	2.034×10^6	2.034×10^6	2.034×10^6
	R_s （m）	1.3	1.7	1.6	1.6	1.3
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	1/50	1/50	1/50	1/50	1/50
	参考点处散射辐射剂量率 $\dot{H}$ 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	1.30×10^{-3}	0.03	8.58×10^{-4}	8.58×10^{-4}	1.30×10^{-3}
参考点处复合 辐射剂量率 $\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$	$\dot{H}$ 估算值	1.35×10^{-3}	0.03	8.93×10^{-4}	8.93×10^{-4}	1.35×10^{-3}
	$\dot{H}_c$ 控制值	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	评价结果	满足	满足	满足	满足	满足

注：①对于泄漏辐射，可直接根据《辐射防护导论》（方杰主编，P98）表3.5查得相应的TVL值；对于散射辐射，先根据GBZ/T 250-2014中表2查得本项目所对应的90°散射辐射最高能量相应的kV值，再根据GBZ/T 250-2014中附录B表B.2查得90°散射辐射的TVL值；

② $\dot{H}_L$ 的值查《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表1；

③ $R_{s\text{正面}} = R_{\text{正面}} = \text{X射线管距正面屏蔽体最小距离} 1\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 1.3\text{m}$ ；

④ $R_{s\text{左面}} = R_{\text{左面}} = \text{X射线管距左面屏蔽体最小距离} 1.4\text{m} + \text{参考点} 0.3\text{m} = 1.7\text{m}$ ；

- ⑤ $R_{s\text{背面}} = R_{\text{背面}} = \text{X射线管距背面屏蔽体最小距离}1.3\text{m} + \text{参考点}0.3\text{m} = 1.6\text{m};$
- ⑥ $R_{s\text{顶面}} = R_{\text{顶面}} = \text{X射线管距顶面屏蔽体最小距离}1.3\text{m} + \text{参考点}0.3\text{m} = 1.6\text{m};$
- ⑦ $R_{s\text{防护门观察窗}} = R_{\text{防护门观察窗}} = \text{X射线管距正面屏蔽体最小距离}1\text{m} + \text{参考点}0.3\text{m} = 1.3\text{m};$
- ⑧ $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$ 取值《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中B.4.2中的推荐值。

由表 11-2 可知，当工业 CT 以最大管电压 225kV、最大管电流 3mA 运行时，检测铅房正面、左面、背面、顶面、防护门、观察窗均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。

综上所述，本项目工业 CT 检测铅房的屏蔽防护设计能够满足其所配置的 X 射线管的防护要求。

11.2.3 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000 年报告附录 A，X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H^* = H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

- 式中：H*——年有效剂量，mSv/a；
- H——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；
- U——使用因子，本项目均取 1；
- T——关注点处人员驻留的居留因子；
- t——年受照时间，h/a。

剂量估算时，曝光铅房辐射工作人员的剂量率为操作位处剂量率最高的地方，但考虑到工作人员在曝光铅房运行时可能会前往铅房周围进行巡视，为保守估计，本次评价取铅房屏蔽体周围理论计算结果中的最大值 0.03μSv/h 作为辐射工作人员受照剂量率进行估算，居留因子取 1。项目周围公众成员位置取公众成员实际可到达的位置，本次评价取工业 CT 实验室四侧墙外 30cm 处剂量率进行估算，楼上 100cm 处剂量率进行估算。

根据公式（5），可估算出本项目所致辐射工作人员和周围公众的年有效剂量，具体计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 本项目所致辐射工作人员和周围公众年剂量估算一览表

保护目标		关注点剂量率 (μSv/h)	年工作时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
辐射工作人员		0.03	400	1	0.012
公众	东侧校内道路	4.2×10 ⁻⁶	400	1/16	<0.001

成员	南侧校内道路	1.8×10^{-3}	400	1/16	<0.001
	西侧实验室	5.2×10^{-4}	400	1	<0.001
	北侧楼内过道	8.1×10^{-6}	400	1/4	<0.001
	楼上研究生办公室	1.6×10^{-4}	400	1	<0.001

根据表 11-3 估算结果可知，本项目所致辐射工作人员年有效剂量为 0.012mSv，所致铅房周围公众年有效剂量小于 0.001mSv，本项目 50m 评价范围内其他公众距本项目相对较远，经距离的进一步衰减后，本项目所致其年有效剂量小于 0.001mSv，故本项目辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目管理限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

11.2.4 通风措施评价

本项目工业 CT 检测铅房的顶部右上角设置有排风口，排风口安装一台排风扇（排风量约 780m³/h）进行机械排风，产生的少量臭氧和氮氧化物可通过机械排风装置排出检测铅房。铅房位于工业 CT 实验室内，实验室内设有通风系统，排出铅房的臭氧和氮氧化物经工业 CT 实验室的通风系统排至室外，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目检测铅房的容积约为 43.5m³，检测铅房排风装置的设计通风量约 780m³/h，可使检测铅房每小时通风换气 17.9 次，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

本项目排风装置的排风口位于铅房的顶部，排风口处使用钢板+10mm 铅板的铅钢结构防护罩进行屏蔽，确保排风装置不破坏检测铅房的整体防护效果。

11.2.5 电缆管线评价

本项目工业 CT 的检测铅房设置有电缆孔，电缆孔处设置钢板+8mm 铅板的铅钢结构防护罩，确保电缆孔不破坏检测铅房的整体防护效果。

11.3 事故影响分析

11.3.1 辐射事故分析

本项目工业 CT 只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照射事故，主要有：

(1) 由于检测铅房的安全联锁装置失灵,在对工件进行检测时,工件窗未能完全关闭,致使 X 射线泄漏到检测铅房外面,给周围活动的人员造成不必要的照射。

(2) 机器调试、检修时误照。工业 CT 检测系统在调试或检修过程中,责任者脱岗,不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

11.3.2 辐射事故处置方法及预防措施

(1) 切断电源,确保 X 射线管停止出束;

(2) 立即向单位领导汇报,并控制现场区域,防止无关人员进入;

(3) 对可能受到大剂量照射的人员,及时送医院检查和治疗。

宁波工程学院应加强管理,严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业,每次探伤检测前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性,定期检测铅房周围的辐射水平,确保工作安全有效运转。同时,学校应在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善,加强职工辐射防护知识的培训,定期检查探伤设备及监测仪器的性能,尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时,学校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,向属地公安部门和生态环境部门报告。对造成或可能造成人员超剂量照射的,还应同时向属地卫生健康部门报告。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。

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》、《关于做好2020年核技术利用辐射安全与防护培训考核工作有关事项的通知》等有关法律法规要求，使用II、III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，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；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

宁波工程学院拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并将以文件形式明确各成员管理职责。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）根据生态环境部《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》（2019年，第57号）的相关要求，自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台(<http://fushe.mee.gov.cn>)报名并参加考核。2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

（2）辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案应终生保存。

（3）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。

12.2 辐射安全管理规章制度

宁波工程学院拟根据《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求制定辐射安全管理制度，如《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》、《台账管理制度》、《环境监测方案》及《辐射事故应急预案》等，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善，使其具有

较强的针对性和可操作性。现对学校应制定的辐射安全管理规章制度提出相应的建议和要求：

（1）辐射防护和安全保卫制度

根据单位的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业CT检测装置的安全防护和管理落实到个人。

（2）操作规程

明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是明确工业CT检测装置的操作步骤，工作前的安全检查，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器。

（3）岗位职责

明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己在岗位具体责任，层层落实。

（4）设备检修维护制度

明确工业CT和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、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

（5）台账管理制度

对射线装置的使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对射线装置进行严格管理。

（6）人员培训计划

明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

（7）个人剂量监测方案

明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，学校明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，并建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

（8）辐射环境监测方案

购置环境辐射巡测仪等监测设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期

上报生态环境行政主管部门。此外，根据环境保护部第 18 号令，使用射线装置的单位应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

（9）辐射事故应急预案

针对可能产生的辐射事故制定辐射事故应急措施，该措施中应明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。发生辐射事故时，学校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，向属地公安机关和生态环境部门报告。对造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向属地卫生健康部门报告。并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景，演练参与人员等。

本项目辐射工作人员应在学校辐射安全与防护领导小组的领导下，明确各人员岗位职责，严格落实辐射安全管理规章制度，定期对设备的安全措施进行检查。此外，对于操作规程、岗位职责和辐射事故应急预案响应程序等制度应张贴于工业 CT 实验室墙面的醒目处。

12.3 辐射监测

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》，建设单位应配备 1 台 X- γ 辐射剂量率巡检仪，配备 2 台个人剂量报警仪，每名辐射工作人员均配备个人剂量计，并建立个人剂量档案。

12.3.2 个人剂量监测

辐射工作人员工作时要求佩戴个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案。个人剂量监测档案包括辐射操作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。

12.3.3 工作场所及环境辐射监测

建设单位每年须委托有资质的单位对辐射工作场所及周围环境进行辐射环境监测，监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，监测数据纳入年度评估报告，于每年 1 月 31 日前报原发证机关。工业 CT 检测装置进行维修前后，应分别进行一次监测。本项目辐射监测计划见表 12-1。

表 12-1 工作场所年度监测和日常监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测范围	监测类型
年度监测	工业 CT 实验室	周围剂量当量率	1 次/年	工业 CT 检测装置屏蔽体外 30cm 处、楼上 100cm 处、操作位、管线孔洞处等	委托监测
日常监测	工业 CT 实验室	周围剂量当量率	1 次/季度 (建议)	工业 CT 检测装置屏蔽体外 30cm 处、楼上 100cm 处、操作位、管线孔洞处等	自行监测

另外，工业CT检测装置需日常检查常用的安全设备，如工作状态指示灯、报警灯、安全联锁控制显示状况、个人剂量报警仪和辐射监测仪器工作状态等；每月检查、紧急停止按钮、安全联锁装置、通风设施等，并建立运行及维修维护记录制度。

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中第十二条规定及原环保部信息管理要求，建设单位应对本单位的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日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （四）射线装置台账；
- （五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- （六）辐射事故及应急响应情况；
- （七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- （八）存在的安全隐患及其整改情况；
- （九）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》中第四十一条的规定，建设单位应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事

故应急预案主要包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）；
- (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) 辐射事故分级与应急响应措施；、
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，建设单位应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

本次评价要求在项目投入运行后，学校应做到：

- ①辐射事故应急预案内容需规范详细，应建立辐射事故报告框图，明确学校内部辐射事故应急小组和相关管理部门（生态环境、卫生和公安等）的联系电话，以保证事故报告的可操作性。
- ②学校应定期、具有针对性的对可能发生的放射性事故进行演练，演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。
- ③学校应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

12.6 从事辐射活动能力的评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》规定，使用Ⅱ类射线装置的单位应具备相应的条件，对宁波工程学院从事辐射活动能力的评价见表12-2。

通过分析可知，宁波工程学院在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理要求后，公司将具备从事辐射活动的技术能力。

表12-2 宁波工程学院从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）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。	学校拟按要求成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并明确其职责。
（二）从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	学校拟安排2名辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

（三）使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素。
（四）放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	学校拟严格按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求安装相应的安全设施、警示装置及辐射安全防护措施，可保证本项目射线装置的使用安全。
（五）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	学校拟配置1台X- γ 辐射剂量率巡检仪和2台个人剂量报警仪，基本可满足本项目的使用要求。
（六）有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	学校拟制定《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》、《台账管理制度》、《环境监测方案》等，并严格落实。
（七）有完善的辐射事故应急措施。	学校拟制定《辐射事故应急预案》，严格按照要求落实其要求。
（八）产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目不涉及放射性“三废”。
（九）使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有1名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	本项目不涉及放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗，仅为射线装置在工业上的使用。

12.7 竣工验收

宁波工程学院应根据项目的开展情况，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）的相关要求，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，其主体工程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 12-3 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用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的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施： 工业 CT 检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽，检测铅房采用钢板+铅板的组合，右面铅当量厚度为 14mm，左面铅当量厚度为 8mm，正面、背面、顶面和底部铅当量厚度为 10mm，防护门和观察窗位于正面，为 10mmPb。	铅房的辐射防护设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于 X 射线探伤室的屏蔽防护要求。 辐射工作人员和公众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）和本项目剂量管理目标的限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。	450
	安全措施： （1）操作台上设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线机才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出；操作台上设置 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置；操作台上设置高压接通时的外部报警或指示装置；操作台上设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。（2）铅房顶部设有工作状态指示灯和声音提示装置，并与 X 射线机联锁。X 射线管工作时，警示灯和警示铃开启，警告无关人员勿靠近铅房或期周围区域作不必要的逗留。（3）检测铅房的工件窗与 X 射线机联锁形成门机联锁装置，只有当工件窗完全关闭后 X 射线机才能出束，工件窗打开时立即停止 X 射线照射，关上工件窗不能自动开始 X 射线照射。（4）检测铅房表面设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于X射线探伤	

	提醒无关人员勿靠近该装置。 (5) 操作台、检测铅房前侧屏蔽体、铅房内安装有急停按钮, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。 (6) 铅房内设有视频监控系统, 方便操作人员进行实时观察。		
人员 配备	辐射工作人员均应参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。	0.2
	辐射工作人员均应配备个人剂量计, 每3个月定期送检, 并建立辐射工作人员个人剂量档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	0.2
	辐射工作人员均应定期进行职业健康体检(不少于1次/2 年), 并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	0.2
监测仪 器和防 护用品	1 台 X-γ 辐射剂量率巡检仪	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	1.4
	2 台个人剂量报警仪		
辐射安 全管 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、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施等辐射安全管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/
合计	/	/	452

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足科研需要，宁波工程学院计划在杭州湾校区学科 A 楼一层工业 CT 实验室配备 1 台 XWT-225-CT 型工业 CT，设备最大管电压 225kV，最大管电流 3mA，为 II 类射线装置。

13.1.2 实践的正当性

宁波工程学院配备 1 台工业 CT 检测装置，最终目的是为了进行科学研究，从而提高材料的性能，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够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）“实践的正当性”的原则。

13.1.3 选址合理性分析

宁波工程学院杭州湾校区位于宁波市杭州湾新区滨海二路 769 号，学校东侧为上林路，南侧为金溪西路，西侧为兴慈八路，北侧为滨海二路。学科 A 楼位于校区北侧，是一幢地上 4 层的建筑，工业 CT 实验室位于学科 A 楼一层东南侧，面积约 230 m²，中间隔有实验室，两侧空置，学校计划在西侧配备 1 台自带屏蔽体的工业 CT 检测装置。工业 CT 实验室东侧为校内道路，距离本项目约 22m，南侧为校内道路，距离本项目约 5m，西侧为实验室，距离本项目约 0.5m，北侧为楼内过道，距离本项目约 1m，楼上为研究生办公室，距离本项目约 2.2m，无地下建筑。其 50m 评价范围主要为学校内部实验室、楼内过道、研究生办公室和校内道路，无居民区等环境敏感目标，项目运行后的环境保护目标主要为辐射工作人员、其他工作人员及周围公众等。经理论计算，辐射工作人员和公众成员受到的辐射照符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量管理限值”的要求，因此选址是合理可行的。

13.1.4 辐射防护屏蔽能力分析

宁波工程学院对辐射工作场所实行分区管理，将工业 CT 检测装置铅屏蔽体（曝光铅房）内作为控制区，拟将曝光铅房以外 1m（不足 1m 的按工业 CT 实验室边界以内区域）及操作台作为监督区，辐射工作场所分区布局合理。根据理论计算结果，曝光铅房的墙体、观察窗、防护门和顶棚的屏蔽能力均能符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求。

13.1.5 环境影响分析结论

根据理论估算结果，本项目 1 台工业 CT 检测装置项目在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围环境保护目标产生的年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的目标管理值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）。

13.1.6 辐射环境管理制度

宁波工程学院将制定操作规程、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、监测方案和辐射事故应急预案等各项辐射环境管理规章制度，并将其张贴于工作现场。

13.1.7 安全培训及健康管理

本项目新增辐射工作人员均应在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并考核合格后方可上岗。辐射工作人员均应配备个人剂量计，个人剂量计每三个月委托有资质单位进行个人剂量监测，建立个人剂量档案；辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，建立职业健康档案。

13.1.8 可行性分析结论

宁波工程学院 1 台工业 CT 检测装置新建项目在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议

（1）宁波工程学院承诺将根据本评价报告和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

（2）环评报批并批复后，应及时向生态环境主管部门申领辐射安全许可证。

（3）建议工业CT实验室内西侧与东侧设置1堵墙，除辐射工作人员外，其他无关人员不得入内。

（4）建设项目竣工后，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，对项目进行竣工环境保护验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日

审批意见：

公章

经办人（签字）：

年 月 日