

编号：BG-ZFFB25220257

核技术利用建设项目

浙江大学爱丁堡大学联合学院
新增 1 台三维 X 射线显微镜建设项目
环境影响报告表
(报批稿)

浙江大学

2026 年 6 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江大学爱丁堡大学联合学院 新增 1 台三维 X 射线显微镜建设项目 环境影响报告表

建设单位名称：浙江大学

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省杭州市余杭塘路 866 号

邮政编码：310000

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.....	12
表 3 非密封放射性物质.....	12
表 4 射线装置.....	13
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	14
表 6 评价依据.....	15
表 7 保护目标与评价标准.....	18
表 8 环境质量和辐射现状.....	26
表 9 项目工程分析与源项.....	30
表 10 辐射安全与防护.....	35
表 11 环境影响分析.....	43
表 12 辐射安全管理.....	53
表 13 结论与建议.....	59
表 14 审批.....	63

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江大学爱丁堡大学联合学院 新增 1 台三维 X 射线显微镜建设项目			
建设单位		浙江大学			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省杭州市余杭塘路 866 号			
项目建设地点		浙江省海宁市海州东路 718 号浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		1200	项目环保投资（万元）	15	投资比例（环保投资/总投资） 1.25%
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 项目概况 1.1.1 建设单位简介 浙江大学（以下简称“建设单位”）是一所特色鲜明、在海内外有较大影响的综合型、研究型、创新型大学，学科涵盖哲学、经济学、法学、教育学、文学、历史学、理学、工学、农学、医学、管理学、艺术学、交叉学科等 13 个门类，设有 7 个学部、40 个专业学院（系）、1 个工程师学院、2 个中外合作办学学院、7 家直属附属医院。学校现有紫金港、玉泉、西溪、华家池、之江、舟山、海宁等 7 个校区，占地面积 7931901 平方米。 浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）位于浙江省海宁市海州东路 718 号，是浙江大学于 2016 年在浙江省嘉兴市海宁市设立的异地非法人独立校区，是浙江大学				

主动服务国家教育对外开放战略和区域创新驱动发展战略的重要办学基地。

浙江大学爱丁堡大学联合学院是由浙江大学与英国爱丁堡大学于 2016 年合作设立的非独立法人中外合作办学机构，作为浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）内的学院之一，其教学和科研活动均在海宁国际校区内进行。

1.1.2 建设目的和任务由来

因学校的科研和教学需求，浙江大学爱丁堡大学联合学院拟于浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内新增 1 台 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（该设备含有 CT 功能，因此以下简称“工业 CT”），用于科研工作中的生物样品无损分析。

本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜含有 CT 功能，对照《射线装置分类》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）应属于工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，为Ⅱ类射线装置。

根据《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），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用Ⅱ类射线装置”，环境影响评价文件形式应为编制环境影响报告表。

为此，浙江大学委托中辐环境科技有限公司开展“浙江大学爱丁堡大学联合学院新增 1 台三维 X 射线显微镜建设项目（简称‘本项目’）”的环境影响评价工作。在接受委托后，环评单位组织相关技术人员进行了现场勘察、资料收集和委托辐射环境质量现状监测等工作，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的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容和规模

浙江大学爱丁堡大学联合学院拟在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼（共 5 层，无地下层）1 层成像平台北公区 1 内新增 1 台 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）用于科研工作中的生物样品无损分析。成像平台北公区 1 为独立封闭房间，供本项目设备专用。

本项目工业 CT 拟按照设备正面向北放置在成像平台北公区 1 内；由设备正视图可知，设备内主束方向自左向右，则在本项目中设备主束方向由东向西照射，控制台集成于防护铅房外东侧。本项目工业 CT 设备整体外尺寸为长 2088mm×宽 1081mm×高 1988mm，占地面积约 2.26m²；设备分为上下两部分，分别为上部分防护铅房和下部分

电气控制柜；防护铅房尺寸约长 2088mm×宽 1081mm×高 946mm，体积约 2.14m³；电气控制柜尺寸约长 2088mm×宽 1081mm×高 1042mm。本项目工业 CT 最大管电压 160kV，最大管电流 156μA，为Ⅱ类射线装置（设备厂家辐射安全许可证见附件 6）；出束方向定向向西。

本项目工业 CT 可用于生命科学的研究，包括但不限于组织工程支架、硬组织（骨、牙齿）微结构、血管网络三维重建、肿瘤模型、细胞三维培养、发育生物学、生物材料界面以及小型模式生物（如斑马鱼、小鼠器官）的无损成像等，具有重要的科研应用价值。

本项目工业 CT 主要技术参数信息见表 1-1。

表 1-1 本项目射线装置一览表

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	有用线束照射方向	工作场所位置
三维 X 射线显微镜 (工业 CT)	Xradia 610 Versa	Ⅱ类	1 台	160	0.156	定向出束 主束向西	2B 教学楼 1 层 成像平台北公区 1

1.1.4 劳动定员及工作负荷

本项目拟配备 2 名辐射工作人员（均为学校内现有其他工作人员，培训考核合格后从事本项目设备的使用和管理）；每名辐射工作人员日工作 8h，年工作 50 周，每周工作 5 天，年工作 250 天。

据建设单位提供的信息，本项目工业 CT 预计每天最多检测 8 个生物样品，每个样品检测时长不超过 30 分钟，则本项目工业 CT 日曝光工作时间最长为 4h（8 个/天×30min/个=4h），周曝光工作时间为 20h，年曝光工作时间为 1000h。

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），在落实本项目新增辐射工作人员后，建设单位应尽快组织本项目辐射工作人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训，并取得考核合格成绩报告单后方可上岗。建设单位应组织辐射工作人员按时接受再培训。

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 项目地理位置

浙江大学爱丁堡大学联合学院位于浙江省海宁市海州东路 718 号，位于浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）内。校区东侧为宗海路，南侧为海州东路，西侧为竞芳路，北侧为水月亭东路。

项目地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

1.2.2 项目周边环境关系

本项目拟建地点位于浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼（共 5 层，无地下层）1 层成像平台北公区 1 内；2B 教学楼与 2A、2C、2D、2E 楼为同一连廊式建筑群的组成部分，该建筑群呈镜像“3”字形，由东南角顺时针依次为 2A~2E 楼。2B 教学楼位于该建筑群西南侧。2B 教学楼东侧紧邻连廊（距离防护铅房最近距离约 12m），再东侧为 2A 楼（距离防护铅房最近距离约 17m）；东南侧为绿地（距离防护铅房最近距离约 22m）；南侧紧邻绿地（距离防护铅房最近距离约 14m）；西侧紧邻校内道路（距离防护铅房最近距离约 40m），再西侧为绿地（距离防护铅房最近距离约 50m）；北侧为外廊及绿地（距离防护铅房最近距离约 2.3m）。

本项目工业 CT 拟摆放在 2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1，成像平台北公区 1 东侧为成像平台北公区 2（距离防护铅房最近距离约 1.5m），南侧为普通走廊（距离防护铅房最近距离约 2.1m）；西侧为新风机房（距离防护铅房最近距离约 2.1m）；北侧为外廊及绿地（距离防护铅房最近距离约 2.3m）；正上方为研究室和实验室，无地下层。

因此，本项目 50m 评价范围内主要为浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）内部建筑、绿地和道路。项目周边环境关系图见附图 4，本项目所在 2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内布置图见附图 5。

1.2.3 选址合理性分析

本项目拟建工业 CT 位于浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1，利用现有场地，不新增用地。本项目 50m 评价范围均在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）范围内，无居民区等环境敏感目标；本项目设备自带辐射屏蔽设计，采取了有效的辐射防护措施；项目运营过程产生的电离辐射，经采取辐射防护措施后对周围环境与人员的辐射影响是满足标准要求的，因此本项目选址是可行的。

1.3 产业政策符合性

本项目属于核技术在科研领域内的应用，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“第一类鼓励类”项目中“十四、机械”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”中的“工业 CT 等无损检测设备”，属于“鼓励类”产业，符合国家产业政策。

1.4 实践正当性分析

本项目的工业 CT 借助 X 射线的穿透特性，可在不破坏样品的前提下，快速精准探测、解析样品内部结构，实现样品内部构造的三维可视化与无损三维成像分析，可广泛支撑生命科学领域的多项研究工作，拥有重要的科研价值及科学意义。本项目的运行，不仅能提供更贴合实际研究需求的技术支撑，同时将为后续相关科研工作的开展奠定坚实基础。且使用过程中采取满足国家标准要求的辐射安全防护措施，同时加强辐射安全管理，对周围环境和人员的影响满足标准要求。因此，该项目使用工业 CT 的目的是正当可行的，并且该项目有较好的经济效益和社会效益，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。

1.5 《海宁市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

本项目拟建于海宁市海州东路 718 号浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1，根据《海宁市人民政府办公室关于印发<海宁市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》（海政办发〔2024〕60 号），本项目位于“海宁市中心城区生活重点管控单元”（ZH33048120015）内。

本项目与海宁市生态环境管控单元准入清单符合性分析详见表 1-2。

表 1-2 本项目与海宁市生态环境管控单元准入清单符合性分析表

生态环境准入清单		本项目情况	符合性分析
空间布局约束	1.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，鼓励现有三类工业迁出或关闭。 2.禁止新建涉及一类重金属、重点行业重点重金属污染物、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，不得新增控制单元污染物排放总量。 3.新建涉 VOCs 排放的工业企业全部进入工业功能区，严格执行相关污染物排放量削减替代管理要求。 4.严格执行畜禽养殖禁养区规定，城镇建成区内禁止畜禽养殖。 5.推进城镇绿廊建设，协同建设区域生态网络和绿道体	本项目属于核技术利用项目，不属于新建二类、三类工业项目，且不涉及 VOCs 排放，不涉及畜禽养殖。	符合

	系，建立城镇生态空间与区域生态空间的有机联系。 6.推进既有建筑绿色化改造，高质量发展零碳低耗绿色建筑。		
污染物排放管控	1.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。 2.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入海排污口，现有的入河入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。 3.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，深化城镇“污水零直排区”建设。 4.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，依法严禁秸秆、垃圾等露天焚烧。 5.加强土壤和地下水污染防治与修复。 6.推动能源、工业、建筑、交通、居民生活等重点领域绿色低碳转型。	本项目为核技术利用项目，不属于新建二类、三类工业项目，主要影响因子为电离辐射，不涉及污染物排放总量，不新增生活污水。	符合
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。	本项目为核技术利用项目，不属于上述项目。学校已制定突发辐射事件应急预案。	符合
资源开发效率要求	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，推进生活节水降损，实施城市供水管网优化改造。	本项目为核技术利用项目，运营过程中主要消耗一定量的电能，不新增用水量。	符合

综上所述，本项目符合海宁市生态环境分区管控动态更新方案的要求。

1.6 与海宁市“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），将“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。

根据附图9，浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）位于城镇开发边界内，不涉及永久基本农田与生态保护红线。本项目为核技术利用项目，利用现有场地，不新增用地，因此本项目的建设符合“三区三线”管控要求。

1.7 原有核技术利用项目情况

1.7.1 原有核技术利用项目许可情况

浙江大学现持有浙江省生态环境厅颁发的辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[A2159]，有效期至2029年01月07日。许可种类和范围：使用V类放射源；使用II类、

III类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级非密封放射性物质工作场所。

1.7.2 原有核技术利用项目环保手续履行情况

原有核技术利用项目及环保手续见下表。

表 1.7-1 原有放射源使用情况

序号	辐射活动场所名称	核素	类别	总活度（贝可）/活度（贝可）×枚数	用途	环评情况	验收情况
1	紫金港地科大楼 227 室	Sr-90（Y-90）	V类	1.48E+9*3	科研应用	备案号： 201933010600000773	

表 1.7-2 原有非密封放射性物质使用情况

序号	辐射活动场所名称	场所等级	核素	物理状态	活动种类	用途	日最大操作量（贝可）	日等效最大操作量（贝可）	年最大用量（贝可）	环评情况	验收情况
1	紫金港生物物理楼放射性同位素实验室	乙级	Cs-137	液态	使用	科研教学	1.85E+7	1.85E+7	1.85E+9	浙环辐（2014）11 号	自主验收 2021 年 1 月 8 日
2			Zr-95	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
3			Y-88	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
4			K-40	液态	使用	科研教学	3.7E+7	3.7E+6	3.7E+8		
5			Ca-45	液态	使用	科研教学	7.4E+8	7.4E+7	7.4E+9		
6			I-125	液态	使用	科研教学	3.7E+8	3.7E+7	3.7E+9		
7			Cd-109	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
8			S-35	液态	使用	科研教学	3.7E+9	3.7E+8	3.7E+10		
9			H-3	液态	使用	科研教学	7.4E+9	7.4E+8	7.4E+10		
10			Sr-89	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
11			Ce-141	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
12			Ba-133	液态	使用	科研教学	7.4E+6	7.4E+5	7.4E+7		
13			Cs-134	液态	使用	科研教学	1.85E+7	1.85E+7	1.85E+9		
14			Co-60	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
15			Tc-99	液态	使用	科研教学	7.4E+7	7.4E+5	7.4E+9	2024 年 9 月 编制辐射安全分析报告	
16			I-129	液态	使用	科研教学	7.4E+7	7.4E+5	7.4E+9		
17			As-74	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9	浙环辐（2014）11 号	自主验收 2021 年 1 月 8 日
18			Be-7	液态	使用	科研教学	7.4E+8	7.4E+7	7.4E+9		
19			C-14	液态	使用	科研教学	7.4E+9	7.4E+8	7.4E+10		
20			Fe-59	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
21			Na-22	液态	使用	科研教学	3.7E+7	3.7E+6	3.7E+8		
22			P-33	液态	使用	科研教学	3.7E+9	3.7E+8	3.7E+10		
23			P-32	液态	使用	科研教学	7.4E+9	7.4E+8	7.4E+10		
24			Sr-90	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		
25			Cr-51	液态	使用	科研教学	3.7E+9	3.7E+7	3.7E+9		
26			Cl-36	液态	使用	科研教学	3.7E+7	3.7E+6	3.7E+8		
27			Rb-86	液态	使用	科研教学	1.85E+7	1.85E+7	1.85E+9		
28			Zn-65	液态	使用	科研教学	1.85E+8	1.85E+7	1.85E+9		

表 1.7-3 原有射线装置使用情况

序号	辐射活动场所名称	装置分类名称	类别	活动种类	数量/台(套)	装置名称	规格型号	技术参数(最大)	环评情况	验收情况
1	华家池分院放射科	口腔(牙科)X射线装置	Ⅲ类	使用	2	口内X射线系统	X-Mind DC	管电压 70kV, 管电流 8mA	备案号: 202233010 600000136	
						口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	登士柏西诺德 ORTHOPHOS XG 3D	管电压 90kV, 管电流 16mA		
2		医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	数码X光机	Definium(飞龙) 6000GE 单板DR	/		
3		医用X射线计算机断层扫描(CT)装置	Ⅲ类	使用	1	X射线计算机体层摄影设备	联影 UCT530	管电压 140kV, 管电流 420mA		
4	西溪分院放射科	口腔(牙科)X射线装置	Ⅲ类	使用	2	口腔X射线数字化体层摄影设备	ORTHOPHOS XG 3D	管电压 90kV, 管电流 16mA		
						口内X射线系统	X-Mind DC	管电压 70kV, 管电流 8mA		
5		医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	1	数字化医用X射线摄影系统	KD-3510DR	管电压 120kV, 管电流 500mA		
6	玉泉校医院车载	医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	4	遥控X线透视机	BGL-3000	管电压 100kV, 管电流 200mA		
						数字化厢式X射线机	AKHX-50/200C	管电压 120kV, 管电流 500mA		
						数字化厢式X射线机	AKHX-55H	管电压 120kV, 管电流 500mA		
						数字化厢式X射线机	AKHX-55H	管电压 120kV, 管电流 500mA		
7	玉泉校医院放射科	口腔(牙科)X射线装置	Ⅲ类	使用	1	口内X射线系统	X-Mind DC	管电压 70kV, 管电流 8mA		
8		医用诊断X射线装置	Ⅲ类	使用	6	平板多功能数字化X射线系统	OPERA FP	管电压 150kV, 管电流 1000mA		
						X射线骨密度仪	DPX Bravo	管电压 76kV, 管电流 1.5mA		
						全景、头颅和X射线数字化体层摄影	NewTom Giano	管电压 90kV, 管电流 10mA		

						影设备				
						数字放射成像	联影 uDR780i	管电压 150kV, 管电流 800mA		
						数字钼靶 X 光机	Senograph e DS	管电压 30kV, 管电流 100mA		
						直接数字化拍片系统	DigitalDiagnost 双板 DR	管电压 100kV, 管电流 900mA		
9		医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	使用	1	全身 X 射线计算机体层螺旋扫描装置	SOMATOM Emotion16-slice configuration	管电压 130kV, 管电流 345mA		
10	紫金港分院放射科	口腔 (牙科) X 射线装置	III类	使用	2	口内 X 射线系统	X-Mind DC	管电压 70kV, 管电流 8mA		
						口腔颌面锥形束计算机体层摄影设备	Planmeca (普兰梅卡) Promax 3D	管电压 90kV, 管电流 16mA		
11		医用诊断 X 射线装置	III类	使用	1	数码 X 光机	Ysio 西门子双板 DR	管电压 150kV, 管电流 800mA		
12		医用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	III类	使用	1	X 射线计算机体层摄影装置	Optima CT540	管电压 140kV, 管电流 440mA		
13	紫金港和同苑 9 幢-714	X 射线衍射仪	III类	使用	1	X 射线衍射仪	XRD-6000	管电压 60kV, 管电流 80mA		
14	紫金港和同苑 9 幢-721	X 射线衍射仪	III类	使用	1	高分辨多功能 X 射线衍射仪	Bede D1 system	管电压 50kV, 管电流 50mA		
15	紫金港和同苑 9 幢-722	X 射线衍射仪	III类	使用	2	X 射线衍射仪	XRD-7000	管电压 60kV, 管电流 60mA		
						X 射线衍射仪	APEX II	管电压 60kV, 管电流 80mA		
16	紫金港建工试验大厅 117 室	工业用 X 射线计算机断层扫描 (CT) 装置	II类	使用	1	工业 X 射线 CT 机	XTH 320LC	管电压 320kV, 管电流 2mA	杭环辐评批 [2016]11 号	自主验收 2018 年 1 月
17	紫金港纳米楼 D008 室	兽用 X 射线装置	III类	使用	1	小动物活体断层扫描成像系统	MILABS U-CT-XUHR	管电压 65kV, 管电流 0.26mA	备案号: 202233010600000136	
18		其他各类 X 射线检测装置 (测厚、称重、测孔径、测密度)	III类	使用	1	X 射线辐照仪	Rad Source Technologies RS2000	管电压 160kV, 管电流 25mA		

		等)								
19	紫金港农生环A508室	其他各类X射线检测装置(测厚、称重、测孔径、测密度等)	Ⅲ类	使用	1	软X射线辐照仪	OM-303M	管电压 70kV, 管电流 30mA		
20	紫金港生物物理楼电子加速器机房	工业辐照用加速器	Ⅱ类	使用	1	电子加速器	CIAE-FZ-10/15	粒子能量 12MeV	浙环辐(2014)11号	自主验收 2021年1月8日
21	紫金港实验动物中心楼119室	其他各类X射线检测装置(测厚、称重、测孔径、测密度等)	Ⅲ类	使用	1	X射线辐照仪	Rad source RS2000Pro	管电压 160kV, 管电流 25mA	备案号: 202233010600000136	
22	紫金港校区农生环C818-2室	其他各类X射线检测装置(测厚、称重、测孔径、测密度等)	Ⅲ类	使用	1	高分辨显微CT扫描仪	布鲁克 Skyscan1272	管电压 100kV, 管电流 0.1mA		
23	紫金港新化学大楼一楼化学系分析测试平台	X射线衍射仪	Ⅲ类	使用	2	多晶X射线衍射仪	Rigaku D/max 2550PC	管电压 60kV, 管电流 300mA		
						X射线晶体分析仪	牛津 Gemini A Ultra	管电压 60kV, 管电流 50mA		
24	紫金港医科研楼A308室	X射线衍射仪	Ⅲ类	使用	1	X射线衍射仪	Rigaku	管电压 40kV, 管电流 30mA		

1.8 原有核技术利用项目管理情况

(1) 辐射防护管理机构

建设单位已成立了浙江大学辐射安全管理工作小组,并明确人员名单及职责。本项目建成后,可依托建设单位现有比较健全的管理组织机构。

(2) 辐射工作制度

建设单位已制定一系列的辐射工作管理制度,并使用非密封放射性物质、运行射线装置多年。建设单位现有管理制度内容较为全面,符合相关要求,现有规章制度基本满足建设单位从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。建设单位严格落实各项规章制度

制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

（3）辐射安全与防护培训考核情况

建设单位现有辐射工作人员均参加国家和技术利用辐射安全与防护培训平台相应类别的培训，并考核合格，且成绩均在有效期内。

（4）个人剂量监测及职业健康体检情况

建设单位现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，定期委托杭州职业病防治院进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。根据 2024 年第四季度~2025 年第三季度（连续 4 个监测周期）个人剂量监测统计结果表明，建设单位现有辐射工作人员年累积受照剂量最大值均不超过职业年剂量约束值 5mSv。

建设单位现有辐射工作人员建有职业健康档案，辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据建设单位提供的职业健康体检报告，建设单位现有辐射工作人员均可继续从事放射岗位工作。

（5）现有辐射工作场所管理

建设单位现有辐射工作场所均实行“两区”管理，划分明确的监督区和控制区；控制区入口设置有电离辐射警示标识；现有辐射设备辐射安全防护措施在竣工验收时已进行查验，通过环保验收，且每年均进行检查并委托有资质单位进行场所检测，检测结果表明建设单位现有辐射工作场所辐射安全防护措施满足要求。

建设单位已开展放射性核素与射线装置辐射活动多年，经与建设单位核实，现有核技术利用项目运行以来，未收到相关的任何投诉及信访记录。目前浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）暂无开展的核技术利用项目。

（6）辐射事故应急演练和年度评估

建设单位已制定《突发辐射事件应急预案》。经与建设单位核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

建设单位执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置、放射源、非密封放射性物质工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至发证机关。

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	三维 X 射线显微镜 (工业 CT)	II类	1 台	Xradia 610 Versa	160	0.156	科研	2B 教学楼 1 层 成像平台北公区 1	新增

(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	/	/	/	/	/	通过机械通风装置排入大气环境	排入大气后可自然分解

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) 《中华人民共和国环境保护法》(1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过; 2014 年 4 月 24 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订), 自 2015 年 1 月 1 日起施行修订版; (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议通过, 自 2003 年 9 月 1 日起施行; 2016 年 7 月 2 日第一次修正; 2018 年 12 月 29 日第二次修正), 自 2018 年 12 月 29 日起施行修正版; (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第三次会议通过), 自 2003 年 10 月 1 日起施行; (4) 《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 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; (5) 《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 449 号公布, 2014 年 7 月 29 日经中华人民共和国国务院令 653 号修订, 2019 年 3 月 2 日经中华人民共和国国务院令 709 号修订), 自 2019 年 3 月 2 日起施行修订版; (6) 《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 31 号公布, 2008 年 12 月 6 日经环境保护部令 3 号修正, 2017 年 12 月 20 日经环境保护部令 47 号修正, 2019 年 7 月 11 日经生态环境部令 7 号修改, 2020 年 12 月 25 日经生态环境部令 20 号修改), 自 2021 年 1 月 4 日起施行修改版; (7) 《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 18 号), 自 2011 年 5 月 1 日起施行; (8) 《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; (9) 《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 16 号, 2021 年), 自 2021 年 1 月 1 日起施行;
------	--

	(10) 《产业结构调整指导目录(2024 年本)》(2023 年 12 月 27 日中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号公布), 自 2024 年 2 月 1 日起施行; (11) 《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), 自 2020 年 1 月 1 日起施行; (12) 《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; (13) 《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), 自 2006 年 9 月 26 日起施行; (14) 《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, 根据 2014 年 3 月 13 日浙江省人民政府令第 321 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省林地管理办法〉等 9 件规章的决定》第一次修正, 根据 2018 年 1 月 22 日浙江省人民政府令第 364 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省建设项目环境保护管理办法〉的决定》第二次修正, 根据 2021 年 2 月 10 日浙江省人民政府令第 388 号公布的《浙江省人民政府关于修改〈浙江省价格监测预警办法〉等 9 件规章的决定》第三次修正); (15) 《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 号修订), 自 2021 年 2 月 1 日起施行; (16) 《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 日起实施; (17) 《浙江省生态环境保护条例》(浙江省第十三届人民代表大会公告 2022 年第 71 号), 自 2022 年 8 月 1 日起施行; (18) 《海宁市人民政府办公室关于印发<海宁市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》(海政办发〔2024〕60 号), 自 2024 年 10 月 19 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) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);

	(4) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ 1157-2021) ; (5) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ 61-2021) ; (6) 《电离辐射监测质量保证通用要求》 (GB8999-2021) ; (7) 《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022) ; (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T250-2014) 及第 1 号修改单; (9) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019) ; (10) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》 (GB 22448-2008) 。 (11) 《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) 。
其他	(1) 环境影响评价委托书; (2) 《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》; (3) 建设单位提供的其它相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目为使用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）对射线装置应用项目的评价范围的相关规定，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。因本项目 X 工业 CT 为成套设备并自带防护铅房，因此确定本项目评价范围为本项目设备防护铅房外 50m 区域。本项目评价范围示意图见附图 4。

7.2 保护目标

根据附图 2 和附图 3 可知，本项目 50m 评价范围内主要为浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）内部建筑、绿地和道路；环境保护目标为从事本项目辐射活动的职业人员及评价范围内活动的老师和学生等公众，如表 7-1 所示。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		方位	与防护铅房最近距离 m		规模	年剂量约束值 mSv
			水平	垂直		
2B 教学楼内	控制台辐射工作人员	东侧	紧邻	/	2 人	职业人员 5.0
	成像平台北公区 2 公众	东侧	1.5	/	2 人/d	公众 0.25
	普通走廊公众	南侧	2.1	/	流动人员	
	新风机房公众	西侧	2.1	/	1 人/d	
	研究室和实验室公众	上层	3	/	4 人/d	
2B 教学楼外	连廊	东侧	12	/	流动人员	
	2A 楼公众	东侧	17	/	约 100 人/d	
	绿地公众	东南侧	22	/	流动人员	
	绿地公众	南侧	14	/	流动人员	
	校内道路公众	西侧	40	/	流动人员	
	绿地公众	西侧	50	/	流动人员	
	外廊及绿地公众	北侧	2.3	/	流动人员	

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

（1）剂量限值及剂量约束值

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的安全。

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 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 B）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。

附录 B

B1.1 职业照射

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。

本项目取其四分之一，即取 **5mSv** 作为辐射工作人员的年有效剂量约束值。

B1.2 公众照射

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。

本项目取其四分之一，即取 **0.25mSv** 作为公众的年有效剂量约束值。

(2) 辐射分区

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。

7.3.2 《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/T 26837 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/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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

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

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

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。

g) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。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。

8.2 探伤机检测

8.2.1 防护性能检测

8.2.1.1 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行； γ 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 14058 的要求进行。

8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。

8.3 探伤室放射防护检测

8.3.1 检测条件

检测条件应符合如下要求：

a) X 射线探伤机应在额定工作条件下、探伤机置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤机应使装置处于周向照射状态；主屏蔽的检测应在没有探伤工件时进行，副屏蔽的检测应在有探伤工件时进行。

8.3.2 辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，用便携式 X- γ 剂量率仪巡测探伤室墙壁外 30cm 处的辐射水平，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定，并关注天空反散射对周围的剂量影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门、门四周的辐射水平；探伤室四面屏蔽墙外及楼上如有人员活动的可能，应巡测墙上不同位置及门外 30cm 门四周的辐射水平。

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平。

8.3.3 辐射水平定点检测

一般情况下应检测以下各点：

a) 通过巡测发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室门外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层（方）外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作。

8.3.4 检测周期

探伤室建成后应进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。当 γ 射线探伤放射源的活度增加时，或者 X 射线探伤机额定电压增大时，应重新测量上述辐射水平，并根据测量结果对防护措施或设施做出合适的改进。

8.3.5 结果评价

探伤室周围辐射水平应符合本标准第 6.1.3 条和第 6.1.4 条的要求。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

7.3.3 《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。

3.1.1 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 ($H_{c,d}$)：

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 $H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (1) 计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 (1)}$$

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；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周 (h/周)。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

c) 关注点剂量率参考控制水平 H_c 为上述 a) 中的 $H_{c,d}$ 和 b) 中的 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2 a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近

公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和,应按 3.1.1 c)的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2)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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

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

本项目拟建于海宁市海州东路 718 号浙江大学国际联合学院（海宁国际校区），校区东侧为宗海路，南侧为海州东路，西侧为竞芳路，北侧为水月亭东路。项目地理位置见附图 1，周边环境关系见附图 2。

本项目拟在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内新增 1 台 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）用于科研工作中生物样品无损分析。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

8.2.1 环境现状评价对象

拟建工业 CT 所在区域及周围辐射环境本底水平。

8.2.2 监测因子

γ 辐射剂量率。

8.2.3 监测方案

- （1）监测单位：浙江建安检测研究院有限公司
- （2）监测日期：2026 年 5 月 27 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：依据标准予以确定
- （6）监测工况：辐射环境本底
- （7）天气环境条件：温度：28.6℃，湿度：61.7%，晴
- （8）监测设备

表 8-1 X、 γ 剂量当量率仪参数

仪器名称	X、 γ 辐射剂量当量率仪
仪器型号	FH40G-L10+FHZ672E-10
生产厂家	Thermo SCIENTIFIC
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/校准单位	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

8.2.4 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。

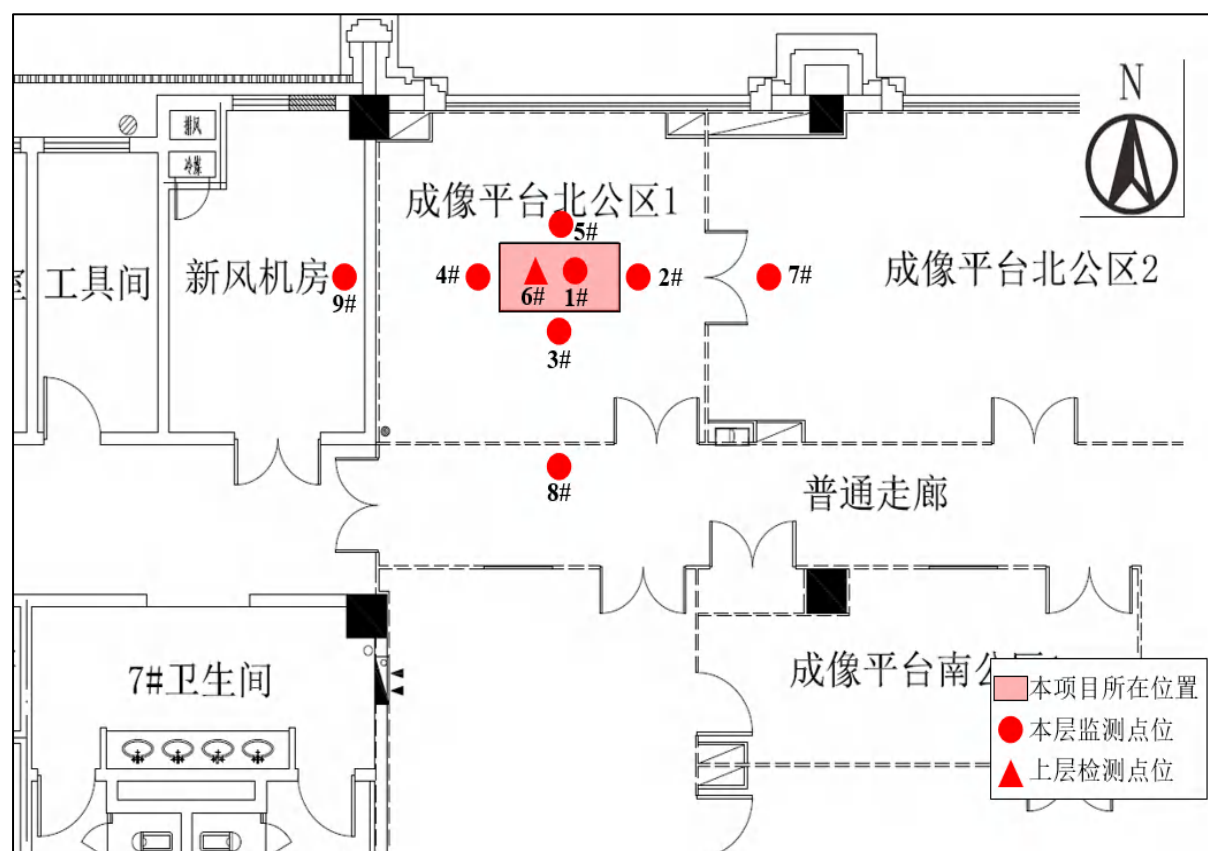
(3) 监测仪器每年定期经计量部门校准或鉴定，确认合格后方可使用。

(4) 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。

(5) 监测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 监测点位及结果

根据项目的平面布置及项目情况布设监测点。本项目辐射环境现状监测点位图见图 8-1~2，监测结果详见表 8-2。



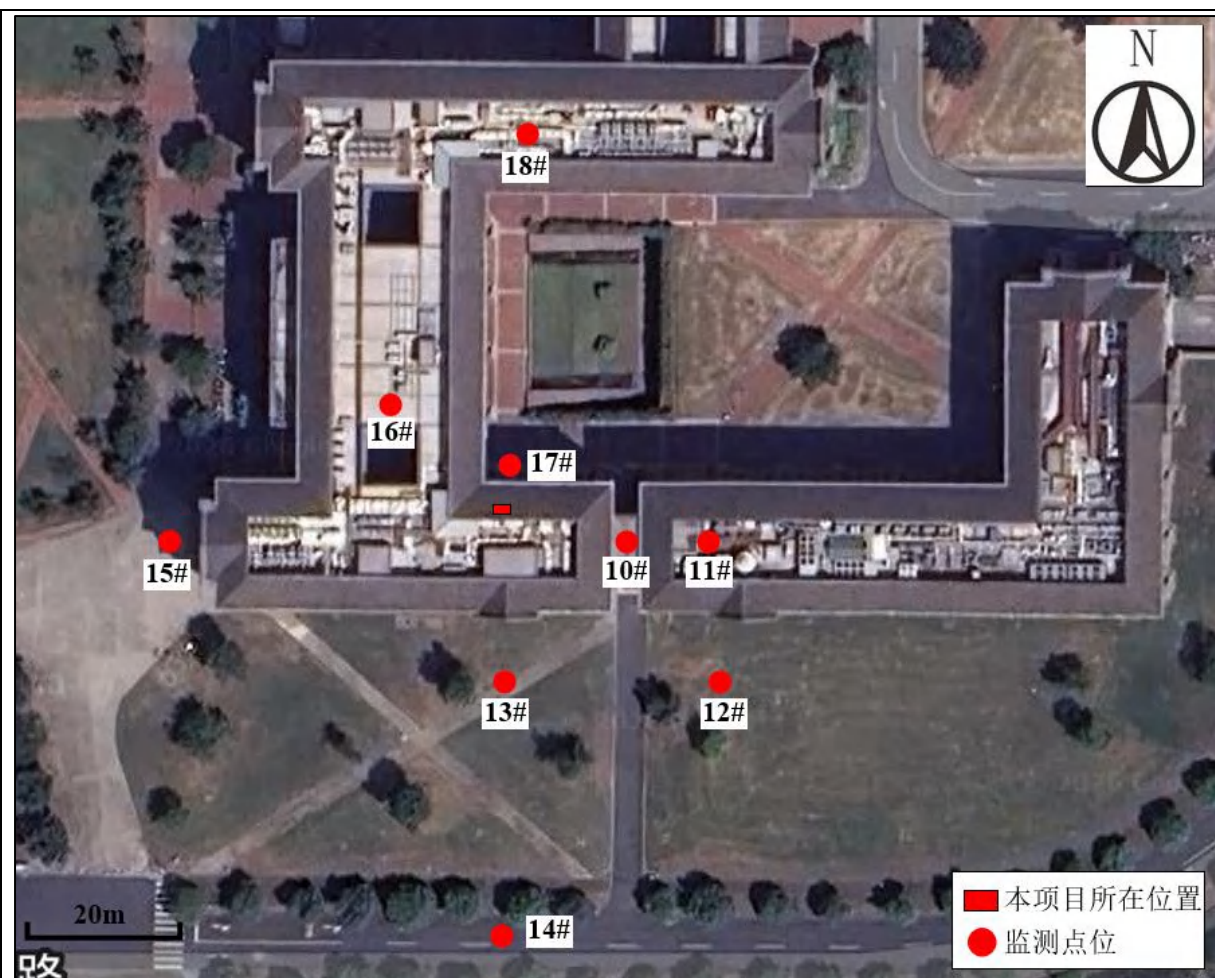


图 8-2 本项目拟建工业 CT 所在位置及周边 X-γ 辐射剂量率监测点位示意图

表 8-2 本项目拟建工业 CT 所在位置及周边 X-γ 辐射环境现状监测结果一览表

监测点编号	监测位置	监测结果 (nGy/h)	备注
1#	拟建工业 CT 所在位置	95.6 ± 1.0	室内
2#	拟建工业 CT 东侧 (成像平台北公区 1 内)	90.2 ± 1.3	室内
3#	拟建工业 CT 南侧 (成像平台北公区 1 内)	94.3 ± 1.1	室内
4#	拟建工业 CT 西侧 (成像平台北公区 1 内)	92.1 ± 0.8	室内
5#	拟建工业 CT 北侧 (成像平台北公区 1 内)	91.4 ± 0.9	室内
6#	拟建工业 CT 对应上层位置	117 ± 1	室内
7#	东侧成像平台北公区 2	96.3 ± 1.6	室内
8#	南侧普通走廊	96.1 ± 1.7	室内
9#	西侧新风机房	108 ± 2	室内
10#	东侧连廊	160 ± 2	室内
11#	东侧 2A 教学楼	123 ± 1	室内
12#	东南侧绿地	76.7 ± 0.7	室外
13#	南侧绿地	69.8 ± 0.9	室外
14#	南侧校内南环路	75.8 ± 0.7	室外
15#	西侧校内道路	61.0 ± 0.4	室外

16#	西北侧 2B 教学楼	125±1	室内
17#	北侧外廊	138±2	室外
18#	北侧 2B 教学楼	127±1	室内

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×仪器校准因子 k_1 ×仪器检验源效率因子 k_2 ÷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 ×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 对环境现状调查结果的评价

由监测结果可知，本项目拟建 CT 所在位置及周边室内 γ 辐射剂量率范围为 90.2nGy/h~160nGy/h，即 $9.02 \times 10^{-8} \sim 16.0 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ ，拟建 CT 所在位置周边室外 γ 辐射剂量率范围为 61.0nGy/h~138nGy/h，即 $6.1 \times 10^{-8} \sim 13.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 。

根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知嘉兴地区室内 γ 辐射剂量率在 $7.6 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 27.1 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间；道路 γ 辐射剂量率在 $2.8 \times 10^{-8} \text{Gy/h} \sim 11.7 \times 10^{-8} \text{Gy/h}$ 之间。故本项目所在区域的 γ 辐射水平处于当地环境天然贯穿辐射水平正常涨落范围内。

由于本项目所在教学楼内地面铺设材质与连廊铺设材质不同，因此“东侧连廊”监测点位 γ 辐射剂量率略高于教学楼内点位的 γ 辐射剂量率，但仍处于当地环境天然贯穿辐射水平正常涨落范围内，未超出天然本底波动区间。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备概述

本项目蔡司 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）将光学和几何两级放大技术和高通量 X 射线源技术相结合，可以实现不同类型、尺寸样品多尺度成像，可实现 500nm 真实空间分辨率和 40nm 最小体素，可以对样品内部结构进行高分辨率无损成像，具有大工作距离高分辨率、高衬度、快速、灵活易使用的特点。主要应用范围包括：材料科学，如三维无损分析；生命科学，如微观结构成像；地球科学，如地质、油气、矿产、古生物等三维成像；电子和半导体行业，如形貌测量及失效分析；原位力学变温试验；衍射衬度成像，实现三维晶粒取向分析。

本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）外型见图 9-1。



图 9-1 本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）外型图

9.1.2 设备组成

本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）主要由 X 射线管、X 射线成像探测器、运动定位系统、载物台、控制台、电气控制柜、防护铅房等组成。组成详见图 9-2。

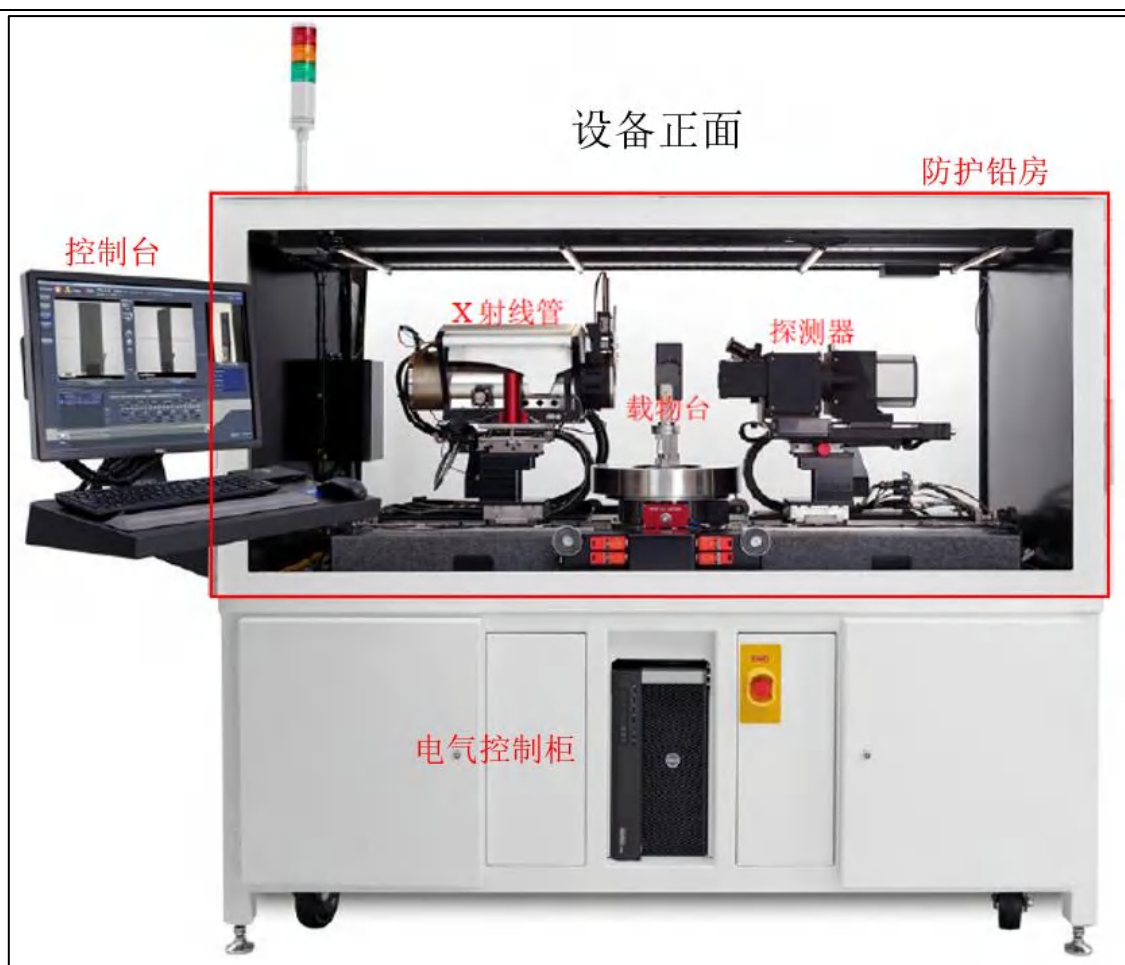


图 9-2 本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）设备组成示意图

9.1.3 工作原理及工作方式

（1）工作原理

工业 CT 探伤装置的工作原理是射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用于穿透检测部件，根据射线在检测部件内的衰减情况实现各点的衰减系统表征的 CT 图像重建。与射线源紧密相关的准直器将射线源发出的锥形射线束处理成扇形线束。扫描系统实现 CT 扫描时检测部件的旋转和平移，以及射线源、检测部件、探测器空间位置的调整。探测器系统用来接收穿过检测部件的射线信号，经放大和模数转换后经控制台计算机进行图像重建。计算机用于扫描过程中控制及参数调整、图像重建、显示和处理等工作。

射线源主要由 X 射线管和高压电源组成，X 射线管由阴极和阳极组成。X 射线管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，如图 9-3 所示。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，产生大量 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-3 所示。

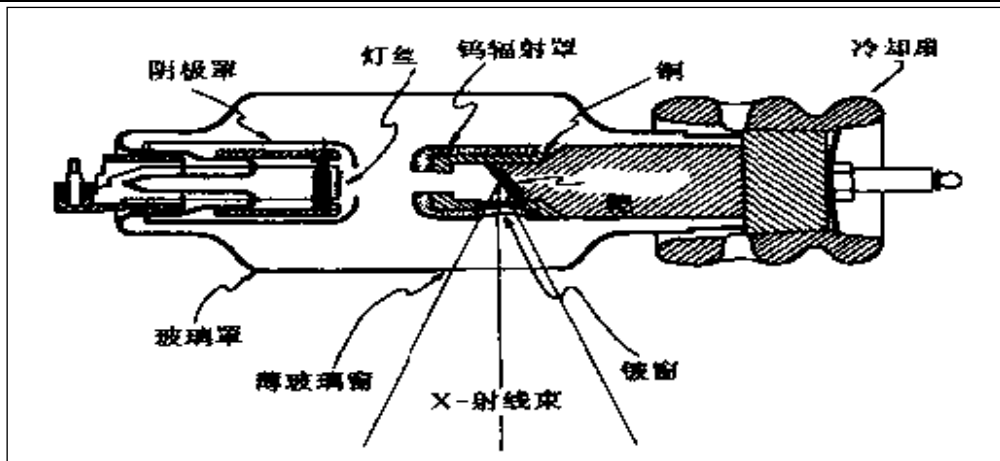


图 9-3 X 射线管基本结构图

(2) 工作方式

辐射工作人员将被检样品放置在载物台上后关闭设备防护门，在控制台调节 X 射线管到被检样品的焦距、载物台位置等；然后根据被检样品材质、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间，开启 X 射线进行出束扫描。X 射线开启后，设备防护铅房上方指示灯亮，并发出警报声；扫描完成后，指示灯熄灭；关闭 X 射线，打开防护门，辐射工作人员取出被检样品。

9.1.4 技术参数

本项目工业 CT 主要技术参数信息见表 9-1。

表 9-1 本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）主要技术参数信息

设备名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	有用线束 照射方向
三维 X 射线显微镜 (工业 CT)	Xradia 610 Versa	II类	1 台	160	0.156	定向出束 主束向西

9.1.5 工作流程及产物分析

本项目配备的工业 CT 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。本项目工作流程如下：

- (1) 工作前检查，确认安全联锁装置、报警装置及警示装置均正常运行；
- (2) 检测前对电控系统进行初始化的定位，校正射线源、探测器、载物台的相对位置，保证检测准确性，打开操作系统；
- (3) 将被检样品登记确认后，打开设备防护门，将样品放置在设备载物台上；
- (4) 关闭防护门，根据被检样品材质、厚度、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等；将样品台调整至检测位置；
- (5) 调整好相关参数后，辐射工作人员开启 X 射线出束，X 射线出束时，设备防

护铅房上方指示灯亮，并发出警报声；

（6）检测期间，可通过射线源和探测器左右移动，载物台升降、左右、前后及旋转等运动，实现对样品的全面检测；辐射工作人员可在控制台处通过显示器观察防护铅房内部情况以及被检样品的成像情况；

（6）一次检测完成后，辐射工作人员关闭 X 射线；将射线源和探测器归位后，开启防护门，取出样品，准备下一轮检测；

（7）检测全部完成后，关闭控制台电脑、设备防护门和总电源

本项目工作流程及产污环节分析图如图 9-4 所示。

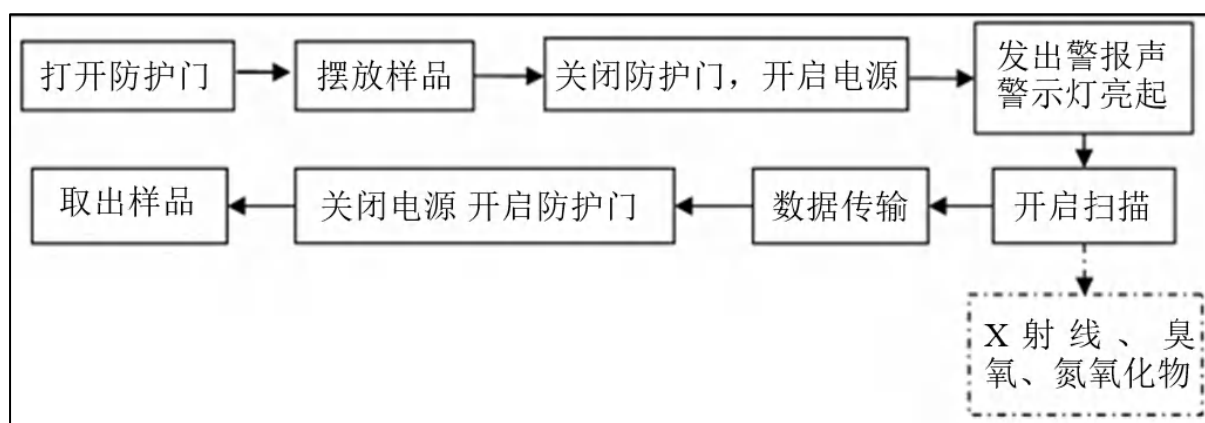


图 9-4 本项目工作流程及产污环节分析图

由图 9-4 可知，本项目工业 CT 运营中产生的主要污染物为扫描工作过程中产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物。

本项目工业 CT 采用实时成像检测、数字化存储的方式，不使用胶片，不会产生废显（定）影液及胶片。

9.1.6 人员配置及工作负荷

据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 预计每天最多检测 8 个生物样品，每个样品检测时长不超过 30 分钟，则本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）日曝光工作时间最长为 4h（8 个/天×30min/个=4h），周曝光工作时间为 20h，年曝光工作时间为 1000h。

9.2 污染源项描述

9.2.1 正常工况

本项目工业 CT 采用实时成像方式，图像直接在显示屏上显示，不产生显影液、定影液及胶片等固废，不产生放射性固废、放射性废液及放射性废气。

（1）X 射线

本项目工业 CT 为II类射线装置，由工作原理可知，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束状态时（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。

（2）臭氧和氮氧化物

本项目工业 CT 在出束状态下，X 射线会与空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。

（3）废水

本项目运行后，产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水；本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此本项目不新增生活污水。

（4）固体废物

本项目运行后，产生的固体废物主要为辐射工作人员的生活垃圾；本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此不新增生活垃圾。

9.2.2 非正常工况

根据本项目工业 CT 的使用特点，在以下几种异常情况下工作人员或其他人员可能接触到高剂量 X 射线照射：

（1）安全联锁装置发生故障，设备防护门未关闭时，辐射工作人员启动 X 射线出束，造成人员被误照，引发辐射事故。

（2）安全联锁装置发生故障，工业 CT 工作时，人员打开设备防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

（3）检修辐射工作人员打开工业 CT 防护门时，X 射线意外出束，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

非正常工况污染源项同正常工况。

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

本项目新增 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）拟安装在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼（共 5 层，无地下层）1 层成像平台北公区 1 内使用，控制台集成于设备表面东侧。设备所在 2B 教学楼 1 层平面布局图见附图 3。

表 10-1 辐射工作场所位置及四周布局一览表

成像平台北公区 1					
方位	东侧	南侧	西侧	北侧	上层
场所	成像平台北公区 2	普通走廊	新风机房	外廊及绿地公众	研究室、实验室

本项目拟建于 2B 教学楼 1 层，由 2B 教学楼 1 层平面布局图可知，成像平台北公区 1 邻近场所主要为成像平台、试验区及新风机房等设备用房，本项目所在位置既与该区域功能统一，又避开了人群较多的办公场所，减少对周围人员的辐射影响。根据本项目设备在成像平台北公区 1 内摆放位置及方向，本项目主束方向定向向西，控制台集成于设备表面东侧，避开了有用线束照射的方向。本项目工业 CT 工作过程中产生的 X 射线经自屏蔽防护和距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。从利于安全使用和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

10.1.2 两区划分

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》（GBZ117-2022）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 GB18871 的要求。

本项目将 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）设备整体内部区域划分为控制区，设备表面张贴电离辐射警告标志和中文警示说明，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区；将成像平台北公区 1（除控制区外）划分为监督区，成像平台北公区 1 设有实体屏蔽（墙体和门），并在出入口处设置钥匙进行管控，门上张贴电离辐射警告标志，无关人员不得进入监督区。本项目辐射工作场所的分区管理划分见图 10-1 与表 10-2。

表 10-2 本项目辐射工作场所两区划分

辐射工作场所	控制区	监督区
成像平台北公区 1	设备整体内部区域	成像平台北公区 1（除控制区外区域）

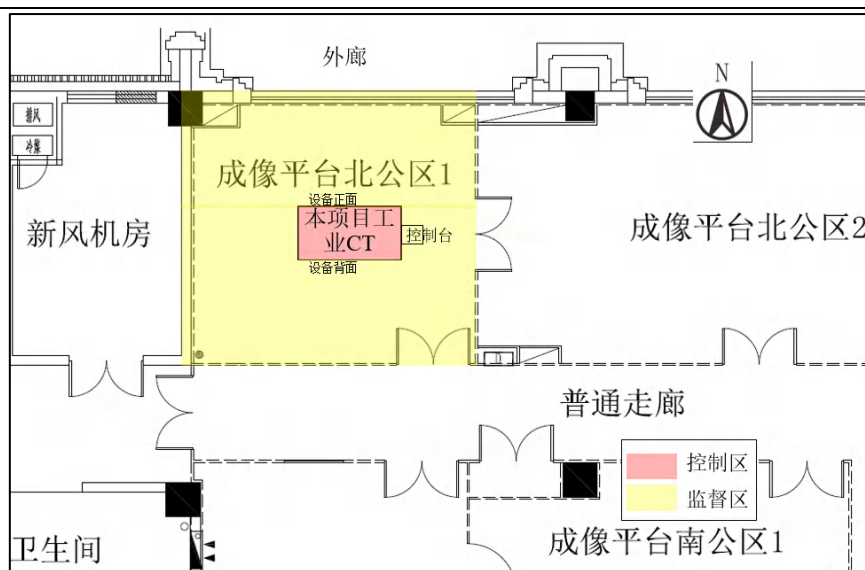


图 10-1 本项目两区划分图

10.1.3 辐射安全防护及环保设施

(1) 屏蔽设计采取措施

根据设备厂家提供资料可知，本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）采用自带的防护铅房进行实体屏蔽。设备整体分为上部分防护铅房和下部分电气控制柜两部分，另外控制台集成于设备外表面东侧。设备整体外尺寸为长 2088mm×宽 1081mm×高 1988mm，占地面积约 2.26m²；设备分为上下两部分，分别为上部分防护铅房和下部分电气控制柜；防护铅房尺寸约长 2088mm×宽 1081mm×高 946mm，体积约 2.14m³；电气控制柜尺寸约长 2088mm×宽 1081mm×高 1042mm。防护铅房设有 2 扇整面式对开防护门，分别位于设备防护铅房南侧和北侧。

本项目工业 CT 防护铅房六面及防护门均设有屏蔽防护。本项目设备拟按照设备正面向北放置在成像平台北公区 1 内，因此以设备正面为本项目北侧进行描述。防护铅房南侧面和北侧面均为整面式对开防护门，均采用钢板夹 6mm 铅板进行屏蔽防护；防护铅房东侧面采用钢板夹 6mm 铅板进行屏蔽防护；防护铅房西侧面（主束方向）采用钢板夹 9mm 铅板进行屏蔽防护；防护铅房顶棚采用钢板夹 6mm 铅板进行屏蔽防护，底部采用钢板夹 6mm 铅板进行屏蔽防护。

进风口位于设备防护铅房东侧面，出风口位于设备防护铅房顶部，均采用钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩进行屏蔽防护；电缆穿线孔位于设备防护铅房底部，采用钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩进行屏蔽防护。

根据设备厂家提供资料，防护门与东侧和西侧屏蔽体搭接宽度均为 7.5cm，防护门与顶棚和底部屏蔽体搭接宽度均为 6cm；同侧防护门之间搭接宽度均为 8cm。

表 10-3 本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）屏蔽设计情况一览表

项目	内容
设备整体尺寸	长 2088mm×宽 1081mm×高 1988mm
电气控制柜尺寸	长 2088mm×宽 1081mm×高 1042mm
防护铅房尺寸	长 2088mm×宽 1081mm×高 946mm
防护铅房南侧面、北侧面 （均为整面式对开防护门）	采用钢板夹 6mm 铅板（防护门之间搭接宽度为 8cm）
防护铅房东侧面	采用钢板夹 6mm 铅板（与防护门搭接宽度 7.5cm）
防护铅房西侧面（主束方向）	采用钢板夹 9mm 铅板（与防护门搭接宽度 7.5cm）
防护铅房顶棚屏蔽防护	采用钢板夹 6mm 铅板（与防护门搭接宽度 6cm）
防护铅房底部屏蔽防护	采用钢板夹 6mm 铅板（与防护门搭接宽度 6cm）
进、出风口屏蔽防护	采用钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩 防护铅房内设 1 套机械排放系统，排风量 234m³/h
电缆管线屏蔽防护	采用钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩

（2）安全装置及污染防治措施

①实体屏蔽：本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，可保证设备运行过程中屏蔽体外剂量率满足标准要求，人员在屏蔽体外操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。

②人员防护措施：工作人员进行工业无损检测工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。

③门-机联锁装置：本项目设备设有 1 套门机联锁装置，只有在所有防护门关闭的情况下设备才能出束；任一防护门未关闭或关闭不到位时设备无法出束；若在出束过程中任一防护门被误打开，则设备立即停止出束。



图 10-2 正面及背面防护门处门-机联锁装置（常闭双触点开关）

④声光报警装置：本项目设备防护铅房体积较小，人员无法完全进入防护铅房内部；本项目设备防护铅房顶棚处设有 1 套显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线机联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且设有对应的信号说明，“预备”信号持续时间足够长。防护铅房外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

⑤视频监控系统：本项目设备防护铅房内设置有实时视频监控系统，并连接到控制台，辐射工作人员能在控制台处观察防护铅房内设备运行情况。

⑥警告标志：本项目设备外及防护门处均醒目处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。

⑦急停装置：本项目设备外共设置 2 个紧急停机按钮，分别位于设备正面和背面电气柜处；急停按钮相互串联，按下按钮后，设备可立即停止出束；触发急停按钮后，需原地复位，并重新在控制台启动设备方可再次出束。本项目设备防护铅房体积较小，人员无法完全进入防护铅房内部。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。

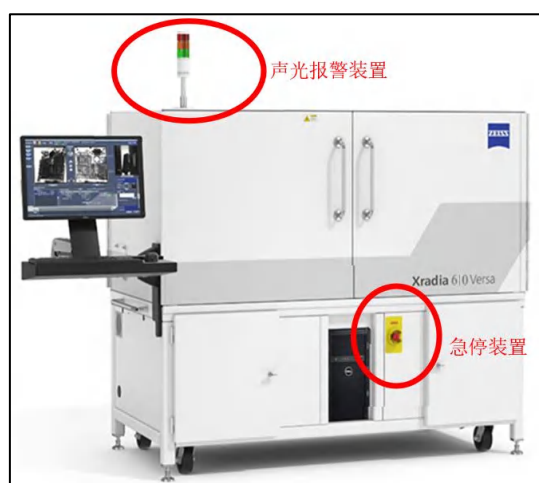


图 10-3 声光报警装置和急停装置

⑧通风装置：进风口位于本项目设备右侧面，出风口位于设备顶部，均在防护铅房内部采用“U”型钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩进行屏蔽防护；本项目设备防护铅房体积约 2.14m^3 ，防护铅房内有 1 套机械通风装置，排风量 $234\text{m}^3/\text{h}$ ，则防护铅房每小时最小通风换气次数约为 109 次/h。设备防护铅房出风口外设有集气罩，产生的臭氧及氮氧化物排出防护铅房后，又经集气罩收集抽至 2B 教学楼顶层排放至室外；2B 教学楼顶层设有门禁，一般情况下无人员进入，因此本项目排风口位置避开了人员活动密集区域。

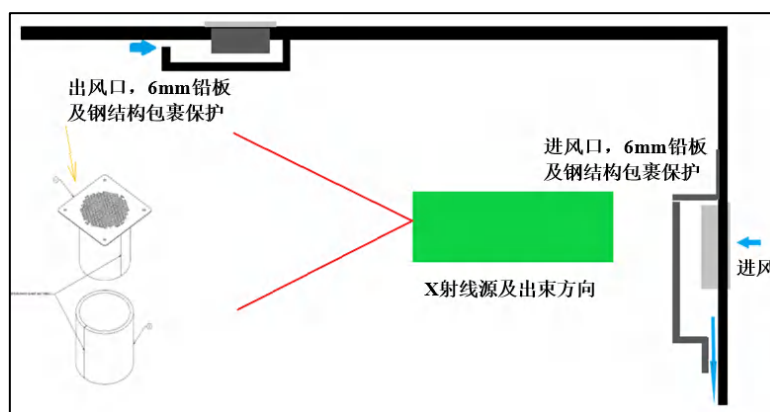


图 10-4 进、出风口屏蔽防护示意图

⑨电缆穿墙屏蔽防护：本项目电缆穿线孔位于设备防护铅房底部，采用“L”型穿墙方式，穿墙处设有钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩进行屏蔽防护。

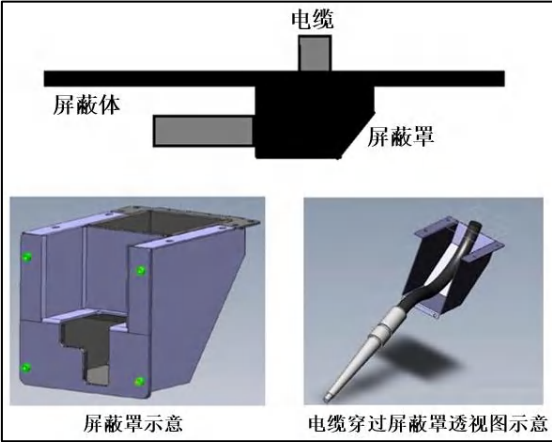


图 10-5 电缆穿墙孔屏蔽防护示意图

⑩成像平台北公区 1 出入口管控：在成像平台北公区 1 出入口处均设置钥匙进行管控，防止无关人员进入成像平台北公区 1。

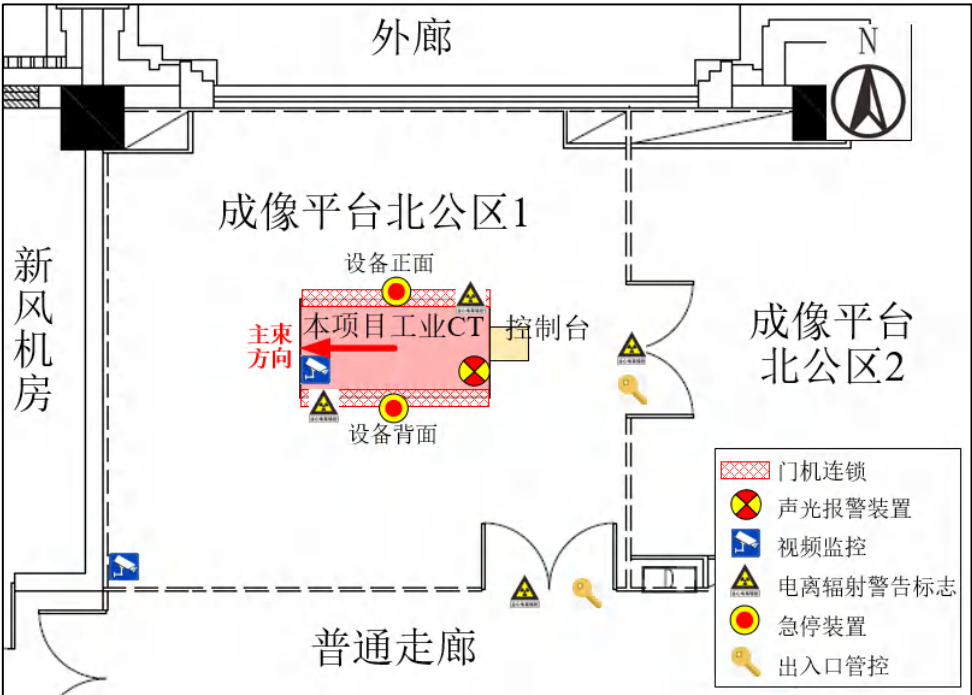


图 10-6 本项目设备防护措施位置示意图

根据上文介绍，本项目拟采取的辐射安全与防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求对比情况见表 10-4 所示。

表 10-4 本项目工作场所辐射安全与防护措施符合性分析

标准要求	项目情况	符合性
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	本项目 X 射线机在防护铅房内定向向西照射，控制台位于设备防护铅房外东侧，避免了有用线束的直接照射；本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射	符合

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。	线显微镜（工业 CT）采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，可保证设备运行过程中屏蔽体外剂量率满足标准要求，人员在屏蔽体外操作，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。经计算四周屏蔽措施均符合要求。	
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。	本项目将 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）设备整体内部区域划分为控制区，设备出束时，任何人员不得停留/进入控制区；将成像平台北公区 1（除控制区外）划分为监督区，成像平台北公区 1 设有实体屏蔽（墙体和门），并在出入口处设置钥匙进行管控，在门上张贴电离辐射警告标志，无关人员不得进入监督区。	符合
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。	本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）防护铅房设有 2 扇双开式防护门，分别位于设备正面和背面；本项目设备设有 1 套门机联锁装置，只有在所有防护门关闭的情况下设备才能出束；任一防护门未关闭或关闭不到位时设备无法出束；若在出束过程中任一防护门被误打开，则设备立即停止出束。	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。	本项目设备防护铅房顶棚处设有 1 套显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线机联锁。“预备”和“照射”状态有明显区别，且设有对应的信号说明，“预备”信号持续时间足够长，以确保无人员停留在防护铅房内。防护铅房外醒目位置处拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	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。	本项目设备防护铅房内设置有实时视频监控系统，并连接到控制台，辐射工作人员能在控制台处观察防护铅房内设备运行情况。	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。	本项目设备外及防护门处均醒目处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。	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。	本项目设备外共设置 2 个紧急停机按钮，分别位于设备正面和背面电气柜处；急停按钮相互串联，按下按钮后，设备可立即停止出束；触发急停按钮后，需原地复位，并重新在控制台启动设备方可再次出束。本项目设备防护铅房体积较小，人员无法完全进入防护铅房内部。急停按钮旁设置中文标识和相关说明。	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。	本项目进风口位于设备左侧面，出风口位于设备顶部，均在防护铅房内部采用“U”型钢板夹 6mm 铅板屏蔽罩进行屏蔽防护；设备防护铅房出风口上方设有集气罩，将防护铅房排出的废气抽至 2B 教学楼楼顶排放，2B 教学楼顶层设有门禁，一般	符合

	情况下无人员进入，因此本项目排风口位置避开了人员活动密集区域。本项目设备防护铅房内设有 1 套机械通风装置，排风量 234m ³ /h，则防护铅房每小时最小通风换气次数约为 109 次/h。	
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。	工作人员进行工业无损检测工作时，佩戴个人剂量报警仪，随时监测工作场所辐射剂量率变化情况。所有辐射工作人员均需佩戴个人剂量计，并定期送有资质的单位进行监测。建设单位拟配备 1 台 X-γ 辐射剂量率巡测仪，拟每季度使用便携式辐射巡测仪对设备防护铅房各侧屏蔽体外进行巡测，如有异常，将立即切断电源，停止使用该设备，及时通知设备厂家对设备进行维修维护，并委托有资质的机构对维修后设备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。	符合

综上所述，本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）固有安全特性、成像平台北公区 1 各项安全措施均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

10.1.4 设备的检查和维护

（1）工作前检查项目应包括：

- ①设备整体外观及防护铅房外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- ③安全联锁是否正常工作；
- ④报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑤螺栓等连接件是否连接良好；

（2）设备维护应符合下列要求：

- ①建设单位应对本项目工业 CT 维护负责，每年至少维护一次。本项目设备维护由设备制造商进行；
- ②设备维护包括本项目工业 CT 设备的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- ③当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- ④应做好设备维护记录。

10.2 三废的治理

本项目工业 CT 采用实时成像方式，图像直接在显示屏上显示，不产生显影液、定影液及胶片等固废，不产生放射性固废、放射性废液及放射性废气。

（1）臭氧和氮氧化物

根据 X 射线的工作原理，本项目工业 CT 在出束状态下，X 射线会与空气电离产生

少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。

本项目工业 CT 防护铅房体积约 2.14m³，防护铅房内设有机械通风装置，排风量 234m³/h，则每小时通风换气次数约 109 次，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次。设备出风口位于防护铅房顶部，出风口外设有集气罩，产生的臭氧及氮氧化物排出防护铅房后，又经集气罩收集抽至 2B 教学楼顶层排放至室外，降低了室内臭氧和氮氧化物的浓度；且 2B 教学楼顶层设有门禁，一般情况下无人员进入，因此本项目排风口位置避开了人员活动密集区域；臭氧在常温下可较快分解为氧气，氮氧化物性质相对稳定，但由于产生量极少，经充分通风扩散后对环境的影响很小。

（2）废水

本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此本项目运行后不新增生活污水。

（3）固体废物

本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此本项目运行后不新增生活垃圾。

10.3 服务期满后的环境保护措施

本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）为 II 类 X 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）》中“五十五、核与辐射”中“173、核技术利用项目退役”，本项目无需开展退役环境影响评价。按照《浙江省辐射环境管理办法》要求，本项目工业 CT 需要报废处理时，应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

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

本项目拟在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内新增 1 台 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）用于科研工作中的生物样品无损分析，设备自带防护铅房，不单独设置机房，因此无土建施工期影响。

11.1.2 设备安装调试期环境影响分析

本项目设备的安装、调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位方不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，在防护铅房外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。设备安装调试阶段，禁止其他无关人员靠近，防止辐射事故发生。

由于本项目设备为整体外购，且自带防护铅房，因此调试阶段 X 射线经过防护铅房屏蔽后，对周围环境造成电离辐射影响较小。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 工作场所周围环境辐射影响分析

本项目新增的 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）最大管电压为 160kV，最大管电流 0.156mA；设备主射方向定向向西。本项目通过理论计算评价方法对工业 CT 投入使用后产生的辐射环境影响进行预测分析，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）中的计算公式。

（1）关注点设置

本项目关注点设置在 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）防护铅房各侧屏蔽体外。关注点分布见图 11-1。

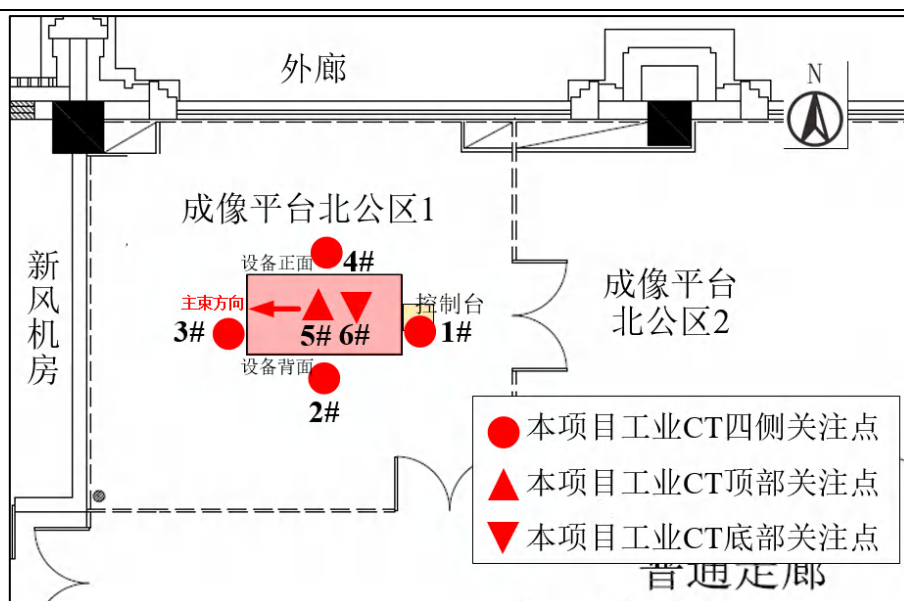


图 11-1 本项目关注点示意图

(2) 靶点与各侧屏蔽体的距离

根据设备厂家提供资料可知，本项目工业 CT 射线源及探测器均可在左右方向上移动，射线源左右移动最大行程为 190mm，探测器左右移动最大行程为 290mm。

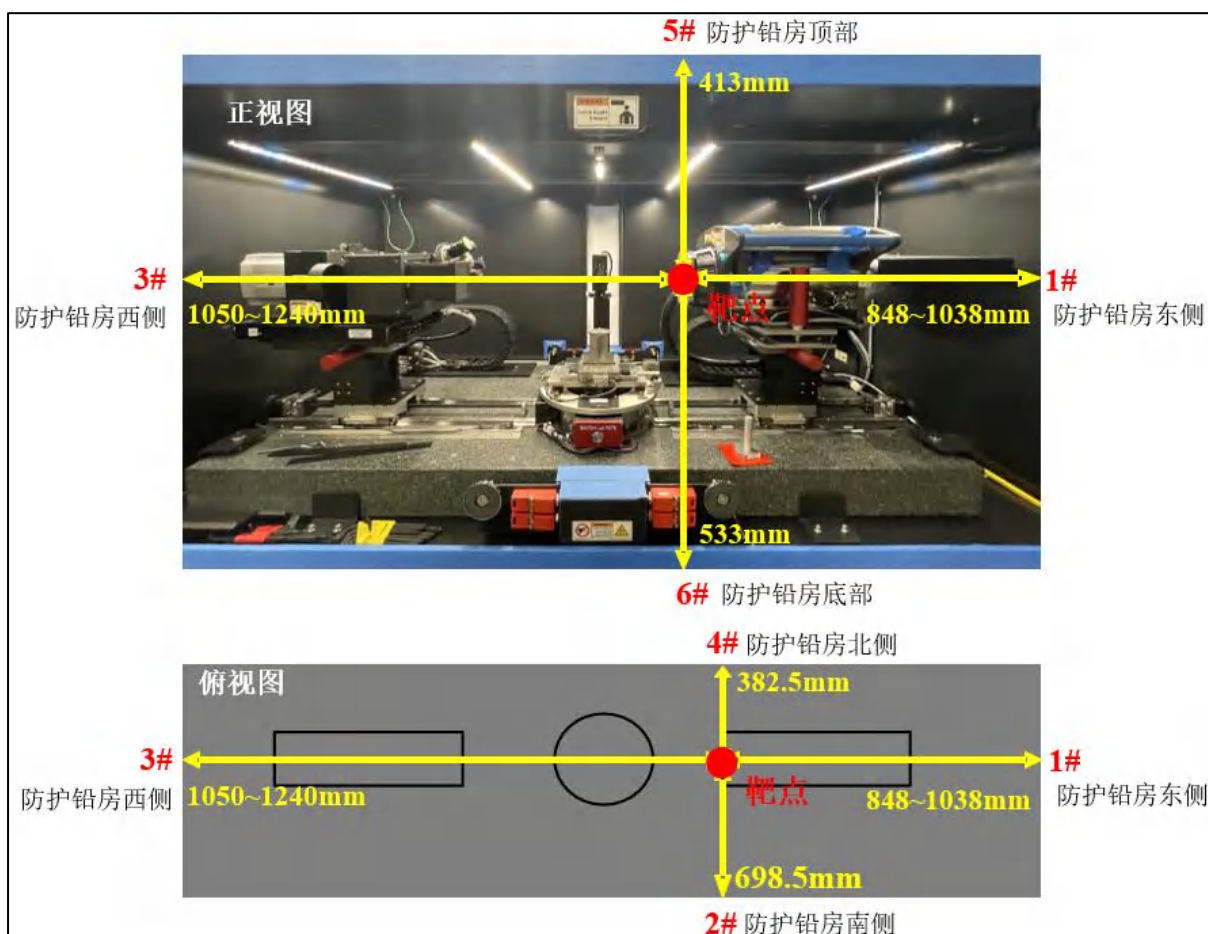


图 11-2 本项目工业 CT 靶点与各侧屏蔽体的距离

表 11-1 本项目工业 CT 靶点与各侧屏蔽体的距离

屏蔽体	对应关注点位	靶点与屏蔽体外距离
防护铅房东侧	1#	848~1038mm
防护铅房南侧	2#	698.5mm
防护铅房西侧	3#	1050~1240mm
防护铅房北侧	4#	382.5mm
防护铅房顶部	5#	413mm
防护铅房底部	6#	533mm

(3) 有用线束照射范围

本项目新增 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）定向出束，主射方向向定向向西；根据设备厂家提供资料，本项目设备有用线束为最大 60° 的锥形线束，则有用线束投射半径最大为 $\tan(30^\circ) \times 1240\text{mm} \approx 716\text{mm}$ ，大于靶点距南侧（698.5mm）、北侧（382.5mm）、顶部（413mm）和底部（533mm）的距离，因此有用线束范围会照射到设备防护铅房的南侧、北侧、顶部和底部，因此需对设备西侧面（主束面）、南侧、北侧、顶部和底部均以有用线束照射情况进行预测分析。

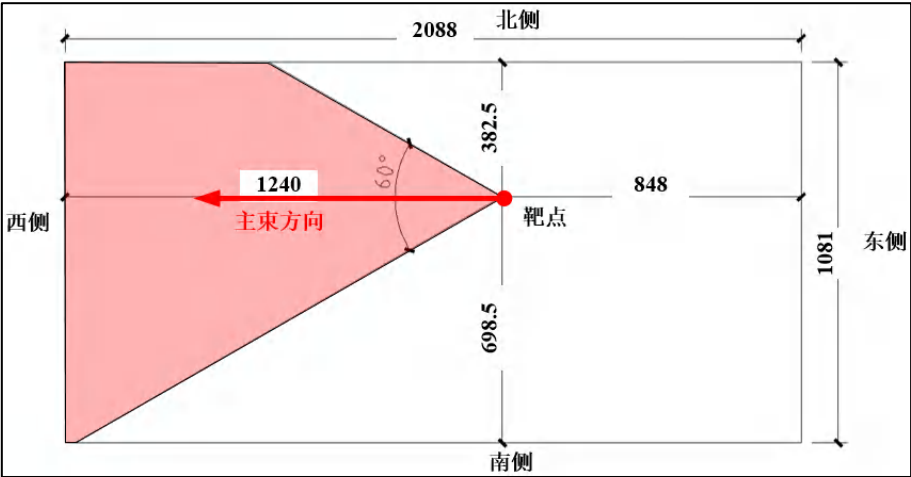


图 11-3 本项目工业 CT 有用线束照射范围示意图（平面，单位：mm）

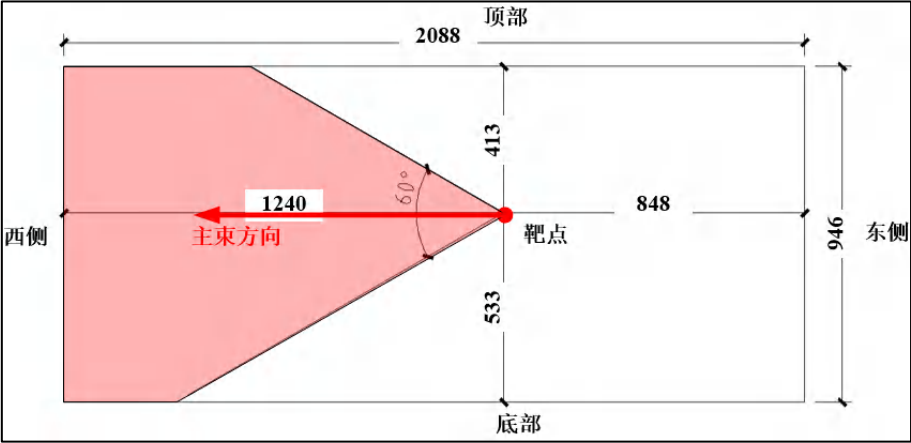


图 11-4 本项目工业 CT 有用线束照射范围示意图（剖面，单位：mm）

(2) 公式及参数选取

①有用线束的屏蔽估算：

关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-1) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (11-1)$$

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，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 ；本项目设备最大管电压为 160kV，保守选取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.1 中 200kV，过滤条件 2mmAl 的 $H_0=28.7\text{mGy} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即 $1.72 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ；

B ——屏蔽透射因子，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 图 B.1 取得；本项目设备最大管电压 160kV，由于图 B.1 中无 160kV 曲线，因此保守选取 200kV，2mmAl 曲线进行读取；9mm 铅屏蔽透射因子约为 $1.00\text{E}-06$ ，6mm 铅屏蔽透射因子约为 $3.00\text{E}-06$ ；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)。

②泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

按式 (11-2) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$ ，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)：

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

式中：

B ——屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B 表 B.2 内插法，取 160kV 下，X 射线束在铅中的什值层厚度 TVL 为 1.07mm，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式 (11-3) 计算；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米 (m)；

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 $\mu\text{Sv/h}$ 。本项目设备最大管电压 160kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 1，本项目设备的泄漏辐射剂量率取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

对于给定屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下面公式 (11-3) 计算，

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-3)$$

式中：

X ——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL ——半值层厚度。

③散射辐射屏蔽的估算方法如下：

关注点的散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式 (11-4) 计算：

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

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)，本项目设备最大管电流为 0.156mA；

H_0 ——距辐射源点(靶点)1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6.0×10^4 ；本项目设备最大管电压为 160kV，保守选取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.1 中 200kV，过滤条件 2mmAl 的 $H_0=28.7\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $1.72\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

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 2，160kV 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 $TVL_{\text{铅}}=0.96\text{mm}$ ，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按照式 (11-3) 计算；

F —— R_0 处的辐射野面积，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 处的辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比；本项目设备最大管电压为 160kV， 90° 散射辐射后为 150kV，再根据附录 B 表 B.3 查得：150kV 的散射因子为 $1.6\text{E}-3$ ；

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) 屏蔽计算

根据公式 (11-1) 计算本项目设备防护铅房外表面 30cm 处有用线束辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-1。

表 11-1 有用线束剂量率水平预测参数及结果

设备	关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I mA	R m	X mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	设备防护铅房南侧外表面 30cm 处	2#	1.72E+06	0.156	0.6985+0.3	6	3.00E-06	8.08E-01
	设备防护铅房西	3#	1.72E+06	0.156	1.05+0.3	9	1.00E-06	1.47E-01

	侧外表面 30cm 处							
	设备防护铅房北侧外表面 30cm 处	4#	1.72E+06	0.156	0.3825+0.3	6	3.00E-06	1.73
	设备防护铅房顶棚上方 30cm 处	5#	1.72E+06	0.156	0.413+0.3	6	3.00E-06	1.59
	设备防护铅房底部下方 30cm 处	6#	1.72E+06	0.156	0.533+0.3	6	3.00E-06	1.16

根据公式（11-2）、（11-3）计算本项目设备防护铅房外表面 30cm 泄漏辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-2。

表 11-2 泄漏辐射剂量率水平预测参数及结果

设备	关注点	编号	H_L $\mu\text{Sv/h}$	R m	X mm	TVL mm	B	H $\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	设备防护铅房东侧外表面 30cm 处（控制台）	1#	2.50E+03	0.848+0.3	6	1.07	5.62E-07	4.68E-03

根据公式（11-3）、（11-4）计算本项目设备防护铅房外表面 30cm 散射辐射剂量率水平，相关计算参数及计算结果见表 11-3。

表 11-3 散射辐射剂量率水平预测参数及结果

设备	关注点	编号	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I mA	R_s m	X mm	TVL mm	B	$F\cdot\alpha/R_0^2$	$\dot{H}$ $\mu\text{Sv/h}$
工业 CT	设备防护铅房东侧外表面 30cm 处（控制台）	1#	1.72E+06	0.156	0.848+0.3	6	0.96	5.62E-07	4.19E-02	4.80E-03

注：F—— R_0 处的辐射野面积取最大值为 $\pi \times (R_0 \times \tan(30^\circ))^2$ ； α ——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比 0.0475（10000/400×1.6E-3=0.04）； R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离；求得 $F\cdot\alpha/R_0^2 = \pi \times (R_0 \times \tan(30^\circ))^2 \times 0.04/R_0^2 = 4.19E-02$ 。

本项目设备防护铅房外表面 30cm 散射辐射剂量率水平与泄漏辐射剂量率水平叠加后，相关计算结果见表 11-4。

表 11-4 本项目设备防护铅房外表面 30cm 辐射剂量率水平预测参数及结果

设备	关注点	编号	主射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄漏辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	合计 ($\mu\text{Sv/h}$)
Xradia 610	设备防护铅房东侧外表面 30cm 处（控制台）	1#	/	4.68E-03	4.80E-03	9.49E-03
Versa 型 三维 X 射线显 微镜 (工业 CT)	设备防护铅房南侧外表面 30cm 处	2#	8.08E-01	/	/	8.08E-01
	设备防护铅房西侧外表面 30cm 处	3#	1.47E-01	/	/	1.47E-01
	设备防护铅房北侧外表面 30cm 处	4#	1.73	/	/	1.73
	设备防护铅房顶棚上方 30cm 处	5#	1.59	/	/	1.59
	设备防护铅房底部下方 30cm 处	6#	1.16	/	/	1.16

由表 11-4 可知，本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）设备防护铅房外表面 30cm 处的辐射剂量率最大为 1.73 $\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》

(GBZ117-2022)中“屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h”的要求。

11.2.2 工作人员及公众个人剂量估算

(1) 公式选取

各点位处公众及职业人员的年有效剂量由方杰主编的《辐射防护导论》中的公式计算，计算公式如下：

$$D_{\text{Eff}} = D_r \times t \times T \quad \text{式 (11-5)}$$

式中：

D_{Eff} ——辐射外照射人均年有效剂量，Sv；

D_r ——辐射剂量率，Sv/h；

t ——年工作时间，h；

T ——居留因子。

居留因子选取参考表 11-5。

表 11-5 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	控制台、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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1。

(2) 人员受照剂量预测结果

根据表 11-4 计算的各个关注点辐射剂量率，结合工作时间及各预测点位居留因子，计算本项目工业 CT 正常运行情况下对辐射工作人员和公众的年剂量，具体见表 11-6。

表 11-6 本项目工业 CT 所致人员年受照剂量估算

保护目标		对应关注点	关注点辐射剂量率 μSv/h	居留因子	年受照时间 h	与设备靶点最近距离 m	年剂量估算值 mSv
2B 教学楼内	控制台辐射工作人员	4#	1.73	1	1000	/	1.73
	东侧成像平台北公区 2 公众	1#	9.49E-03	1	1000	2.348	2.27E-03
	南侧普通走廊公众	2#	8.08E-01	1/4	1000	2.7985	2.57E-02
	西侧新风机房公众	3#	1.47E-01	1/16	1000	3.15	1.69E-03
	上层研究室和实验室公众	5#	1.59	1	1000	3.413	6.94E-02
2B 教学楼外	连廊	1#	9.49E-03	1/8	1000	12.848	9.47E-06
	东侧 2A 楼公众	1#	9.49E-03	1	1000	17.848	3.92E-05
	东南侧绿地公众	2#	8.08E-01	1/16	1000	22.6985	9.77E-05
	南侧绿地公众	2#	8.08E-01	1/16	1000	14.6985	2.33E-04

	西侧校内道路公众	3#	1.47E-01	1/8	1000	41.05	1.99E-05
	西侧绿地公众	3#	1.47E-01	1/16	1000	51.05	6.43E-06
	北侧外廊及绿地公众	4#	1.73	1/4	1000	2.6825	2.80E-02
注：①保守不均考虑墙体和楼板的屏蔽衰减； ②辐射工作人员的年剂量估算保守选用防护铅房四侧屏蔽体外最大剂量率进行预测分析； ③公众的年剂量估算值考虑距离的衰减；以东侧成像平台北公区 2 公众为例：设备防护铅房东侧外表面 30cm 处与靶点最近距离为 1.148m，设备防护铅房表面距东侧成像平台北公区距离为 1.5m，则设备靶点与东侧成像平台北公区公众距离为 $1.148-0.3+1.5=2.348\text{m}$ ，则东侧成像平台北公区公众的年剂量估算值为 $(1.148)^2 \times 9.49\text{E-}03 \div (2.348)^2 \times 1000 \times 1 \div 1000 \approx 2.27\text{E-}03\text{mSv}$ ；其余保护目标的年剂量估算值计算方式同上。							
由表 11-6 可知，本项目单名辐射工作人员年有效剂量最大为 1.73mSv，公众年有效剂量最大为 6.94E-02mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中剂量限值的要求，同时满足本项目年有效剂量约束值（职业人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a）的要求。							
11.3 “三废”影响分析 本项目新增的 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）采用实时成像方式，图像直接在显示屏上显示，不产生显影液、定影液及胶片等固废，不产生放射性固废、放射性废液及放射性废气。 （1）臭氧和氮氧化物 本项目 X 射线能量偏低（160kV），电离产生的臭氧和氮氧化物额度非常低；本项目工业 CT 防护铅房体积约 2.14m³，防护铅房内设有机械通风装置，排风量 234m³/h，则每小时通风换气次数约 109 次，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次。设备出风口位于防护铅房顶部，出风口外设有集气罩，产生的臭氧及氮氧化物排出防护铅房后，又经集气罩收集抽至 2B 教学楼顶层排放至室外，降低了室内臭氧和氮氧化物的浓度；且 2B 教学楼顶层设有门禁，一般情况下无人员进入，因此本项目排风口位置避开了人员活动密集区域；臭氧在常温下可较快分解为氧气，氮氧化物性质相对稳定，但由于产生量极少，经充分通风扩散后对环境的影响很小。 （2）废水 本项目运行后，产生的废水主要为辐射工作人员的生活污水；本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此不新增生活污水。 （3）固体废物 本项目运行后，产生的固体废物主要为辐射工作人员的生活垃圾；本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此不新增生活							

垃圾。

(4) 射线装置报废处理

按照《浙江省辐射环境管理办法》要求，本项目工业 CT 报废时，建设单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境保护部门核销。

11.4 辐射事故影响分析

11.4.1 可能发生的辐射事故

(1) 安全联锁装置发生故障，设备防护门未关闭时，辐射工作人员启动 X 射线出束，造成人员被误照，引发辐射事故。

(2) 安全联锁装置发生故障，工业 CT 工作时，人员打开设备防护门，造成人员被照射，引发辐射事故。

(3) 检修辐射工作人员打开工业 CT 防护门时，X 射线意外出束，造成工作人员被误照，引发辐射事故。

11.4.2 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) 建设单位已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；拟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《Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）操作规程》。凡涉及对设备进行操作，必须按操作规程执行，无损检测时，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人防护；

(3) 对从事无损检测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，定期送检；按要求进行职业健康监护；

(4) 建设单位拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，并为辐射工作人员配备个人剂量计；

(5) 建设单位应根据本项目情况单独制定一份具有可操作性的《浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）辐射事故应急处理预案》，并定期进行应急演练；

(6) 每日检查防护门的门机联锁装置和声光报警装置，确保在防护门关闭后，设备才能进行出束照射；

(7) 若安全联锁装置发生故障，则需立即切断设备电源，停止设备出束。

(8) 辐射工作人员进入成像平台北公区 1 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断开工业 CT 电源，并退出成像平台北公区 1，同时防止其他人进入成像平台北公区 1，并立即向辐射防护负责人报告。

(9) 应定期测量工业 CT 防护铅房、成像平台北公区 1 及其周围区域的剂量率水平，包括辐射工作人员位置和周围毗邻区域人员居留处。

(10) 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。

(11) 在每一次照射前，辐射工作人员都应该确认成像平台北公区 1 内部没有无关人员。只有在设备防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始无损检测工作。

(12) 设备运行过程中若发现异常，应将立即切断电源，停止使用该设备，及时通知设备厂家对设备进行维修，并委托有资质的机构对维修后设备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。

(13) 定期委托设备制造商对工业 CT 进行维护、维修，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。本项目辐射工作人员仅负责设备日常操作与外观巡检，不参与任何辐射设备的维修作业。

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许可管理办法》的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。

建设单位已成立了浙江大学辐射安全管理工作小组，全面负责辐射安全管理工作及相关工作。由于本项目在浙江大学海宁国际校区浙江大学爱丁堡大学联合学院开展，该学院暂无核技术利用项目；因此在本项目建成后，建议将本项目相关辐射工作人员和管理人员纳入浙江大学辐射安全管理工作小组。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）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。

本项目拟组织新增 2 名辐射工作人员进行上岗前的职业健康检查。

（2）辐射工作人员培训

建设单位拟组织新增的 2 名辐射工作人员，在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名参加“X 射线探伤”类别辐射安全与防护培训和考核，在取得考核成绩合格报告单后方可从事辐射工作。考核成绩单有效期为 5 年，届时应及时参加再培训。

（3）个人剂量监测

建设单位拟为新增辐射工作人员均配置个人剂量计。个人剂量计常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月送检，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

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；职业照射个人剂量档案应终生保存。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、体检报告、个人剂量监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档案检查的要求。

12.1.3 年度评估报告

本项目正式开展后，建设单位应对本项目辐射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，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

12.2 辐射安全管理规章制度

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》等法律法规要求，使用射线装置的单位，应有“健全的操作规程、岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，还应有完善的辐射应急措施”。

建设单位现已制定《浙江大学辐射安全与防护管理办法》和《突发辐射事件应急预案》，其中包括了辐射工作场所管理、辐射工作人员管理、放射性同位素和射线装置的采购与使用管理、放射性废物（源）处理、突发辐射事件处理等内容。

由于本项目在浙江大学海宁国际校区浙江大学爱丁堡大学联合学院开展，该学院暂无开展的核技术利用项目，因此建议在本项目投运前，根据本项目特点，制定以下方面的管理制度，以保证本项目工作安全有序开展。

- （1）辐射防护和安全保卫制度；
- （2）Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）操作规程；
- （3）设备检修维护制度；
- （4）辐射工作场所监测计划；
- （5）辐射事故应急预案。

建设单位所有相关制度应以正式文件形式制定，并将各项管理制度、操作规程等悬挂于辐射工作场所。建设单位对于各项制度在日常工作中要加强检查督促，认真组织实施。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于 400mm×600mm。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测仪器和防护设备

本项目属于使用Ⅱ类射线装置,根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求,建设单位应为辐射工作人员配备个人剂量监测仪器,同时配备与辐射类型、辐射水平相适应的防护用品和监测仪器,包括便携式 X-γ 剂量率仪和个人剂量报警仪等。

本项目运行期间主要污染物为 X 射线,建设单位拟配置 1 台便携式 X-γ 射线巡测仪和 2 台个人剂量报警仪,并为每名辐射工作人员均配备个人剂量计。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》(GBZ117-2022)中对监测仪器的配置要求。

12.3.2 日常监测

参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“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”,因此在日常工作中,辐射工作人员应采用自购的辐射巡测仪定期对辐射工作场所展开监测,以确保设备屏蔽防护性能的良好。

12.3.3 年度常规监测

建设单位须定期(每年一次)请有资质的单位对工业 CT 防护铅房和成像平台北公区 1 周围环境进行辐射环境监测,建立监测技术档案,年度监测报告应作为《辐射安全与防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

建设单位拟制定辐射监测计划,并将每次监测结果记录存档备查。

表 12-1 工作场所监测计划一览表

监测类别	工作场所	监测因子	监测频度	监测设备	监测范围	监测方法依据	监测类型
年度监测	成像平台北公区 1	周围剂量当量率	1 次/年	符合监测要求的辐射监测仪,并按要求定期进行计量检定或校准	工业 CT 防护铅房外表面 30cm 处、控制台、防护铅房门缝处、管线口处、成像平台北公区 1 周围环境等	《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)	委托监测
日常监测	成像平台北公区 1		1 次/季度		工业 CT 防护铅房外表面 30cm 处、控制台、防护铅房门缝处、管线口处、成像平台北公区 1 周围环境等		自行监测
验收监测	成像平台北公区 1		竣工验收时监测 1 次		工业 CT 防护铅房外表面 30cm 处、控制台、防护铅房门缝处、管线口处、成像平台北公区 1 周围环境等		委托监测

建设单位应严格执行辐射监测计划，做好辐射工作场所的监测，确保监测记录清晰、准确、完整，并纳入档案进行保存，同时要保留好监测记录台账资料。年度监测数据将作为本单位射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，定期上报生态环境主管部门。

12.3.4 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》（HJ1326—2023）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。

12.4 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》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关规定，建设单位应制定辐射事故应急预案。辐射事故应急预案应当包括以下内容：

- （一）应急机构和职责分工；
- （二）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；
- （三）辐射事故分级与应急响应措施；
- （四）辐射事故调查、报告和处理程序。

建设单位已制定《突发辐射事件应急预案》，内容包括突发辐射事件等级划分、组织体系与工作职责（含各级事件应急处置工作组人员组成及职责）、预测和预警、应急响应办法与程序（含辐射事故调查、报告和处理程序）等；根据相关规定，还应补充应急人员的培训、应急和救助的装备、资金、物资准备等内容。

由于本项目在浙江大学海宁国际校区浙江大学爱丁堡大学联合学院开展，该学院暂无核技术利用项目，因此建议根据本项目情况单独制定一份具有可操作性的《浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）辐射事故应急处理预案》，并在预案中明确以下内容：

- ①明确海宁国际校区的应急组织架构和人员名单（包括现场操作人员、实验室负责

人、学院领导、校区安保、校区医疗点等及其 24 小时有效联系方式)；

②明确与海宁市生态环境局、公安局、卫健委的应急接口部门和联系电话；

③明确辐射事故分级与应急响应措施；

④明确海宁国际校区内应急集合点、疏散路线、物资存放点等信息；

⑤明确辐射事故调查、报告和处理程序。

参考《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》第十二条“企业结合环境应急预案实施情况，至少每三年对环境应急预案进行一次回顾性评估”。建设单位应每三年对《突发辐射事件应急预案》进行一次全面的评估，并根据评估结果及时对《突发辐射事件应急预案》进行修订。同时，如果出现重大变化，也需要及时进行修订。

因此，建设单位应同时更新现有《突发辐射事件应急预案》，并将本项目拟制定的《浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）辐射事故应急处理预案》作为建设单位应急预案的组成部分。

建设单位应定期、具有针对性的对可能发生的辐射事故进行演习和辐射安全的法律法规知识的培训，演习内容包括辐射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，相关演习和培训记录存档。在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合实际及时对预案做补充修改，使之更能符合实际需要。

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，采取必要防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

12.5 从事辐射活动能力评价

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，使用射线装置的单位应具备相应的条件，对其从事辐射活动能力的评价详见表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

应具备条件	落实情况
（一）使用Ⅱ类放射源，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。	建设单位已成立了浙江大学辐射安全管理工作小组，拟将本项目相关管理人员纳入辐射安全管理工作小组。
（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。	建设单位拟组织新增的 2 名辐射工作人员，参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台考核，并考核合格。建设单位应组织辐射工作人员按时接受再培训。

（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要求的措施。	建设单位拟制定相应的操作规程，拟按要求张贴电离辐射警告标志；
（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，包括个人剂量监测报警、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。	建设单位拟为 2 名新增辐射工作人员配置个人剂量计，配备 2 台个人剂量报警仪，拟配置 1 台便携式 X- γ 剂量率仪；
（六）有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位拟制定操作规程，拟制定辐射防护管理、辐射工作人员岗位职责、辐射安全防护自行检查和评估、射线装置台账管理、辐射工作人员培训、辐射工作场所监测管理办法等制度；
（七）有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制定《突发辐射事件应急预案》，拟根据本项目情况进行完善；
（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。	本项目不产生放射性废气、废液和固体废物。

综上所述，浙江大学在严格执行相关法律法规、标准规范等文件的要求，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，其从事辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

浙江大学爱丁堡大学联合学院拟于浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内新增 1 台 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（该设备含有 CT 功能，为 II 类射线装置），用于科研工作中的生物样品无损分析。本项目工业 CT 自带防护铅房，设备最大管电压 160kV，最大管电流 156 μ A；出束方向定向向西。

13.1.2 辐射安全防护措施结论

（1）辐射安全防护措施结论

本项目工业 CT 拟建于 2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1 内，工业 CT 自带防护铅房，防护铅房采用铅+钢进行屏蔽防护；设备设有门机联锁装置、声光报警装置、警告标志、急停装置等安全措施，并设置通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 3 次；辐射工作场所分区管控，设置相关的电离辐射警告标志和警示标牌；成像平台北公区 1 出入口处设置钥匙进行管控；建设单位按要求配置必要的便携式 X- γ 射线巡测仪和个人剂量报警仪，为辐射工作人员配备个人剂量计。建设单位在满足实际工作需要的基础上对工作人员及公众进行了必要的防护，减少不必要的照射，根据理论估算分析结果，本项目拟采取的辐射防护措施能够符合辐射防护要求。

（2）辐射安全管理结论

建设单位已成立了浙江大学辐射安全管理工作小组，并明确管理人员职责，建设单位拟将本项目相关管理人员纳入辐射安全管理工作小组；根据实际情况及本报告要求，制定相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求；建设单位拟组织新增的 2 名辐射工作人员参加生态环境部培训平台组织的核技术利用辐射安全与防护培训学习和考核，在取得考核成绩合格报告单后人员方可上岗；拟组织新增的 2 名辐射工作人员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。

13.1.3 环境影响分析结论

（1）辐射影响分析结论

本项目运营期主要为电离辐射的环境影响，项目建设已采取了针对电离辐射有效的防护措施。本项目工业 CT 固有安全特性、成像平台北公区 1 各项安全措施均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

经预测，本项目 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）设备正常运行时，设备防护铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。项目所致辐射工作人员受照的年有效剂量最大为 1.73mSv ，所致公众受照的年有效剂量最大为 $6.94\text{E-}02\text{mSv}$ ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“剂量限值”和本项目提出的工作人员年剂量约束值不大于 5mSv 、公众年剂量约束值不大于 0.25mSv 的要求。

（2）“三废”影响分析结论

本项目新增的 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜（工业 CT）采用实时成像方式，图像直接在显示屏上显示，不产生显影液、定影液及胶片等固废，不产生放射性固废、放射性废液及放射性废气。

①废气

本项目工业 CT 在运行过程中会产生少量的臭氧及氮氧化物；本项目工业 CT 防护铅房体积约 2.14m^3 ，防护铅房内设有机械通风装置，排风量 $234\text{m}^3/\text{h}$ ，则每小时通风换气次数约 109 次，满足每小时有效通风换气次数不小于 3 次。设备出风口位于防护铅房顶部，出风口外设有集气罩，产生的臭氧及氮氧化物排出防护铅房后，又经集气罩收集抽至 2B 教学楼顶层排放至室外，2B 教学楼顶层设有门禁，一般情况下无人员进入，因此本项目排风口位置避开了人员活动密集区域；满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“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”的要求。

②废水

本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此本项目运行后不新增生活污水。

③固体废物

本项目新增 2 名辐射工作人员均为学校内现有其他工作人员，经培训考核合格后上岗，因此本项目运行后不新增生活垃圾。

13.1.4 可行性分析结论

（1）产业政策分析结论

本项目为核技术利用项目，拟新增使用 1 台工业 CT；根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属于“鼓励类”产业，符合国家产业政策。

（2）实践正当性分析结论

本项目拟新增使用 1 台工业 CT，用于科研工作中的生物样品无损分析。项目实践过程中采取了符合标准要求的辐射安全防护措施，对周围环境、公众的辐射影响满足国家辐射防护安全标准的要求，因此，项目开展所带来的利益大于所付出的代价，符合辐射防护“实践的正当性”原则。

(3) 选址合理性分析

本项目拟建于浙江省海宁市海州东路 718 号浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）2B 教学楼 1 层成像平台北公区 1，，根据《海宁市人民政府办公室关于印发<海宁市生态环境分区管控动态更新方案>的通知》，本项目位于“海宁市中心城区生活重点管控单元”（ZH33048120015）内；本项目 50m 评价范围均在浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）范围内，无居民区等环境敏感目标，周围无环境制约因素，选址合理可行。

13.1.5 可行性分析结论

综上所述，浙江大学爱丁堡大学联合学院新增 1 台三维 X 射线显微镜建设项目符合国家产业政策要求，具有实践正当性，选址合理，在落实本报告提出的各项污染防治和辐射安全防护措施后，该建设单位将具备其所从事的辐射活动的的能力，运营期对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求，对辐射工作人员及周围公众造成的影响满足国家辐射防护标准的要求。因此，从辐射安全和环境保护角度分析，该项目的建设是可行的。

13.2 建议与承诺

13.2.1 建议

（1）加强辐射安全教育培训，提高辐射工作人员辐射防护意识，杜绝辐射事故发生。

（2）根据本项目辐射工作情况单独制定具有可操作性的《浙江大学国际联合学院（海宁国际校区）辐射事故应急处理预案》，满足项目实际应急管理需求。

（3）参考《企业事业单位突发环境事件应急预案备案管理办法（试行）》相关要求，至少每三年对现有辐射事故应急预案进行一次全面的评估，并根据评估结果及时完成预案的完善与更新；若项目内容、管理要求发生重大变化，也需要及时进行修订。

（4）根据本项目辐射工作实际特点，制定适配的专项辐射管理制度；并对学校现有的辐射安全管理相关制度进行完善更新。

(5) 建设单位应定期开展辐射事故应急演练，对演练结果进行总结。

(6) 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，及时向生态环境主管部门重新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 Xradia 610 Versa 型三维 X 射线显微镜正式启用前，将张贴悬挂相应规章制度于工作场所墙面上，并在设备及成像平台北公区 1 外设立符合规范要求的电离辐射警告标志。

(4) 按计划组织辐射工作人员进行辐射安全与防护培训工作，并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；对门-机安全联锁系统、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：		
经办人：	公章	
	年	月 日

审批意见：		
经办人：	公章	
	年	月 日