

核技术利用建设项目

瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高
精度工业 CT 项目环境影响报告表

瑞浦兰钧能源股份有限公司

2024 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高精度工业 CT 项目环境影响报告表

建设单位名称：瑞浦兰钧能源股份有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市龙湾区空港新区滨海六路 205 号 C
幢 A205 室

邮政编码：325400

联系人：章*

电子邮箱：z*****1@chinarept.com 联系电话：183*****287

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	7
表 3 非密封放射性物质	7
表 4 射线装置	8
表 5 废弃物	9
表 6 评价依据	10
表 7 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量现状	20
表 9 项目工程分析与源项	23
表 10 辐射安全与防护	29
表 11 环境影响分析	36
表 12 辐射安全管理	51
表 13 结论与要求	60
表 14 审批	64

附图

- 附图 1: 编制主持人现场勘察照片
- 附图 2: 项目地理位置图
- 附图 3: 温州市“三线一单”环境管控单元图
- 附图 4: 厂区四至关系图
- 附图 5: 研发中心 1F 平面布置图
- 附图 6: 探伤间平面图
- 附图 7: 射线装置屏蔽结构图

附件

- 附件 1: 委托书
- 附件 2: 营业执照
- 附件 3: 主体项目环评批复
- 附件 4: 辐射安全许可证
- 附件 5: 建设项目环境影响登记表
- 附件 6: 现状监测报告
- 附件 7: 辐射安全与防护管理机构
- 附件 8: 辐射安全管理规章制度
- 附件 9: 辐射事故应急措施
- 附件 10: 职业健康体检报告
- 附件 11: 个人剂量检测报告
- 附件 12: 工作场所检测报告
- 附件 13: 专家意见
- 附件 14: 专家意见修改清单

表 1 项目基本情况

建设项目名称		瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高精度工业 CT 项目			
建设单位		瑞浦兰钧能源股份有限公司			
法人代表	曹辉	联系人	章*	联系电话	183*****287
注册地址		浙江省温州市龙湾区空港新区滨海六路 205 号 C 幢 A205 室			
项目建设地址		温州市空港新区民营经济科技产业基地 A-27a 地块			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	520	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	3.8%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积 (m ²)	32.76
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☐ 使用	☐ I 类 (医疗使用) ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	/			
	项目概述 1、建设单位情况 瑞浦兰钧能源股份有限公司 (原瑞浦能源有限公司, 2022 年 4 月 7 日核准变更登记) 成立于 2017 年, 主要从事于锂离子电池制造及回收利用。企业位于浙江省温州市龙湾区空港新区滨海六路 205 号、206 号, 涉及温州市空港新区民营经济科技产业基地 A-21a				

地块、A-27a 地块,温州民科基地永兴南园 A-10b2 地块,温州湾新能源科技产业园 A-05a 地块,其中 A-10b2 地块、A-05a 地块尚未建成。

经过多次增产扩建,现形成年产 6GWh 动力与储能锂离子电池系统(龙环建[2018]4 号、温环龙建审[2019]62 号、温环龙建[2021]121 号)、年产 20GWh 动力与储能锂离子电池及系统(温环龙建[2021]73 号、温环龙建[2021]97 号、温环龙建[2023]117 号)、年产动力与储能锂离子电池系统 8GWh(温环龙建[2021]117 号)、年产 24GWh 动力与储能锂离子电池(温环龙建[2023]17 号)、年梯次利用锂离子电池 1000 吨(温环龙建[2023]179 号),全厂总体生产规模为:年产 50GWh 动力与储能锂离子电池系统、年梯次利用锂离子电池 1000 吨。

2、项目建设规模、目的和任务由来

因企业自身发展需要,为保障产品质量和使用安全,利用 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性来发现其中缺陷,检查工件体积性缺陷,本项目拟于研发中心新增配置 1 套 HH 300/180 型双源高精度工业 CT,开展锂离子电池检测工作。新增工业 CT 机最大管电压为 300kV,最大管电流为 3mA。

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(生态环境部令第 7 号,2019 年修改)等相关规定,辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前,应当组织编制或者填报环境影响评价文件,并依照国家规定程序报生态环境主管部门审批。对照《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)及生态环境部于 2018 年 2 月 12 日就《射线装置分类》中对自屏蔽工业探伤机构理解的回复,本项目新增的工业 CT 机属 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)》,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 类射线装置的”,本项目应编制环境影响报告表。受业主单位瑞浦兰钧能源股份有限公司委托,浙江中蓝环境科技有限公司承担本项目的环评工作(委托书,见附件 1)。评价单位在对探伤场所现场踏勘、资料收集和同类项目类比调查研究的基础上,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),编制该项目的辐射环境影响报告表。

3、地理位置和周边保护目标关系

(1) 建设单位地理位置及周围环境

瑞浦兰钧能源股份有限公司位于浙江省温州市龙湾区空港新区滨海六路 205 号、206 号，涉及温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-21a 地块、A-27a 地块，温州民科基地永兴南园 A-10b2 地块，温州湾新能源科技产业园 A-05a 地块。

本项目位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块（中心地理位置坐标为东经 120 度 50 分 21.828 秒，北纬 27 度 50 分 32.045 秒），项目所在地块总用地面积 101667.55m²，东北侧临滨海六路，隔路为瑞浦兰钧能源股份有限公司 A-21a 地块；西北侧临金海一道，隔路为温州市爱好笔业有限公司；东南侧临金海三道，隔路为环城河和围垦区；西南侧隔滨海八路为其他工业企业，项目所在地详见附图 2。

(2) 项目所在建筑物周边环境关系

本项目探伤间位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块内研发技术中心一楼。研发中心共 5 层，设地下停车场。探伤间东南侧依次为弱电机房、测试机房、保洁室等，西南侧隔厂内道路为宿舍楼，西北侧依次为 sem 测试间、会议室、保洁室等，东北侧为实验室、涂布车间等，企业周边环境关系如下图所示。



图 1-1 项目地理位置及周围关系图

（3）辐射工作场所及周围环境

项目探伤间位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块内研发技术中心一楼，探伤间四周均为厂区内部区域，50m 范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区。周边保护目标具体情况见本报告表第 7 章“保护目标”。

4、项目合理性分析

（1）选址可行性分析

项目探伤间位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块内研发技术中心一楼，探伤间四周均为厂区内部区域，50m 范围不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围的环境影响较小，所以选址是可行的。

（2）产业政策符合性

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类产业，因此本项目的建设符合国家产业政策。

（3）三线一单符合性分析

①生态保护红线

本项目位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块，不在当地饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区内，对照《温州市区生态保护红线划定技术报告》和《温州市区生态保护红线划分图》等相关文件划定的生态保护红线，本项目不涉及生态保护红线，因此，项目建设符合生态保护红线要求。

②环境质量底线

本项目利用现有厂房，仅进行设备安装无需土建，且占地较小，不涉及临时占地，项目的实施不会改变所在地土壤性质。根据环境质量现状监测结果，本项目拟建探伤间周围环境 X 射线剂量属于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

③资源利用上线

本项目探伤间位于已建厂房内部，不新增土地指标。项目用电来自市政电网，不属

于高能耗、高水耗、高资源消耗行业，对资源的利用不会突破工业区资源利用上线。

④生态环境准入清单

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（2021 年 3 月），本项目位于浙江省温州市空港新区产业集聚重点管控单元（ZH33030320003）。其管控要求如下：

表 1-1 温州市区“三线一单”单元管控要求

“三线一单”环境管控单元-单元管控空间属性					“三线一单”生态环境准入清单编制要求				
环境管控单元编码	环境管控单元名称	行政区划			管控单元分类	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
		省	市	县					
ZH33030430001	浙江省温州市空港新区产业集聚重点管控单元	浙江省	温州市	龙湾区	重点管控单元6	合理规划居住区与工业功能区，在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带，确保人居环境安全。	新建三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。	/	/

符合性分析：

本项目使用工业 CT 机对公司生产的锂离子电池进行无损检测，为核技术利用建设项目，不属于三类工业项目，在严格执行各项环境污染治理措施的前提下，对周围环境的影响可以控制在一定的范围内，确保生态环境安全和周边居民健康安全；同时项目周边工业企业之间设有绿化隔离带，因此项目符合产业集聚重点管控单元环境准入清单的要求。

5、原有核技术利用项目许可情况

瑞浦兰钧能源股份有限公司现持有辐射安全许可证（见附件 4），证书编号：浙环辐证[C2597]，许可种类和范围：使用 V 类放射源；发证日期：2023 年 10 月 19 日；有效期至：2028 年 10 月 18 日。许可使用 47 枚 V 类放射源。

原有核技术利用项目均进行了建设项目环境影响登记表备案（见附件 5），现有已开展的核技术利用项目许可及环保手续履行情况见表 1-2。

表 1-2 现许可使用的放射源一览表

序号	辐射活动场所	放射源	类别	总活度（贝可） /活度（贝可） *枚数	活动 种类	环保手续情况	辐射安全 许可情况
1	瑞浦兰钧能源股份有限公司 88 亩	Kr-85	V	1.1E+10*2	使用	环评备案号： 202333030300000019	已许可， 浙环辐证 [C2597]
2	瑞浦兰钧能源股份有限公司二期	Kr-85	V	1.11E+10*29	使用	环评备案号： 202133030300000078	
3	瑞浦兰钧能源股份有限公司一期	Kr-85	V	1.1E+10*16	使用	环评备案号： 201833030300000178	

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	贮存方式于地点	备注
本项目不涉及								

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
本项目不涉及										

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
本项目不涉及										

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊疗和治疗、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	双源高精度工业 CT	II 类	1	HH300/180 型	300	3	锂离子电池检测	技术中心 探伤间	/
					180	0.5			

(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（mA）	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	
本项目不涉及													

表 5 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	气态	/	/	少量	少量	0.009mg/m ³	/	排至大气,经大气 稀释扩散
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	0.005mg/m ³	/	

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	（一）国家有关法律法规、部门规章及规范性文件 （1）《中华人民共和国环境保护法》，国家主席令第 9 号，2014 年 4 月 24 日修订，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 修订）》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议通过，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》，自 2003 年 10 月 1 日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017.10.1； （5）《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； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）及《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令第 709 号）； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （8）《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，于 2011 年 5 月 1 日起施行； （9）《产业结构调整指导目录》（2024 年本），国家发展和改革委员会令第 7 号，2023.12.27； （10）《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，2017 年 12 月 5 日； （11）《放射工作人员健康管理办法》，卫生部令第 20 号； （12）《核应急管理导则—放射源和辐射技术应用应急准备与响应》（国防委、卫生部）； （13）《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》（环发[2006]145 号）； （14）《国家危险废物名录》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起实施。 （二）浙江省有关法规规章及规范性文件 （1）《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（2023 年本）>的通知》，浙环发[2023]33 号，2023 年 9 月 9 日起施行； （2）《浙江省辐射环境管理办法》（2021 年修正），省政府令第 289 号，2021 年 2 月 10 日； （3）《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 日起施行； （4）《浙江省生态环境厅关于印发<浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案>的通知》（浙环发〔2024〕18 号，2024.3.28）。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）； （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》（GB18871-2002）； （4）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及 2017 年第 1 号修改单； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （6）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （7）《放射工作人员的健康标准》（GBZ 98-2017）； （8）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分 化学因素》（GBZ 2.1-2019）及其 1 号修改单； （9）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （10）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； （11）II 类非医用 X 线装置监督检查技术程序（编号：FZ2-4 版本号：No.3）； （12）《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（2021 年 3 月）；
其他	（1）环境影响评价委托书； （2）营业执照； （3）环境本底检测报告； （4）瑞浦兰钧能源股份有限公司提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

1、评价范围

本项目为新增工业 CT 机项目，工业 CT 机属于 II 类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则 核技术应用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中规定：“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”。因此本项目辐射环境影响评价范围为探伤间边界外 50m 区域。

2、评价因子

本项目主要评价因子为 X 射线、臭氧、氮氧化物。

保护目标

本项目工业 CT 机拟放置于研发中心探伤间（1F）内，研发中心为 5 层独立建筑，1F 为研发测试车间、涂布车间、实验室、会议室等，2F 为研发测试车间、办公室等，地下为室内停车场。

结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目评价范围内均为厂区占地范围，主要为研发中心车间和宿舍楼，无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等环境敏感区，无居民区、医院、幼儿园及学校等敏感建筑。

因此，本项目环境保护目标为评价范围 50m 内操作工业 CT 机的辐射工作人员、工业 CT 机周围其他非辐射工作人员。本项目主要环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 项目环境保护目标基本情况表

序号	保护目标		方位	关注点名称	最近距离/m	人数	年管理约束值
1	职业	工业 CT 机操作人员	/	探伤间	/	2	5mSv
2	公众	非辐射工作人员	西侧	宿舍楼	35	30	0.25mSv
3			东侧	涂布车间	16.7	15	
5			东南侧	楼梯	3.9	流动人员	
6				测试车间	8.4	12	
7			东北侧	车间过道	紧邻	2	
8				实验室	4.2	10	
9				前台、大厅	15	流动人员	
10			西北侧	sem 测试	紧邻	6	
11				会议室	8.4	流动人员	

12				客梯、楼梯	26.8	流动人员	
13			正上方	储藏室（2F）	1.53*	1	
				测试间（3F）	4.53	流动人员	
				测试间（4F）	7.53	流动人员	
				会客室（5F）	10.53	流动人员	
14			正下方	停车场（-1F）	3*	流动人员	

*注：1F 层高约 3.5m，探伤室铅房外尺寸高 1.972m，与 2F 楼板间距约 1.53m；地下室层高约 3m



图 7-1 项目环境保护目标分布图

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

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。

(1) 防护与安全的最优化

第 4.3.3.1 条 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）。

(2) 辐射剂量约束值

第 4.3.2.1 款 应对个人受到的正常照射加以限值，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 GB18871-2002 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探伤照射。

B1 剂量限值（标准的附录 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 年的平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 20mSv;
- b) 任何一年中的有效剂量不超过 50mSv;

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超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 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”，本次评价保守取相应剂量限值的 25%作为本项目剂量约束值管理目标，即**放射工作人员职业照射剂量管理目标值为 5mSv/a；公众照射剂量管理目标值为 0.25mSv/a。**

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。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

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 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 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

5.1.2 工作前检查项目应包括：

- a) 探伤机外观是否完好；
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- c) 液体制冷设备是否有渗漏；
- d) 安全联锁是否正常工作；
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 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；
- d) 应做好设备维护记录。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$, 对公众场所, 其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$;

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3;

b) 对没有人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 应在门 (包括人员进出门和探伤工件进出门) 关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中, 防护门被意外打开时, 应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时, 每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置, 并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别, 并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置, 在控制室的操作台应有专用的监视器, 可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 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。

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 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

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

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

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

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

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

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

式中：

H_c ——周剂参考控制水平，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）。

t 按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

W —— X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60 —— 小时与分钟的换算关系；

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

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c \cdot \max$ ：

$$\dot{H}_c \cdot \max = 2.5 \mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ ：

$\dot{H}_c$ 为上述 a) 中的 $\dot{H}_c \cdot d$ 和 b) 中的二者的 $\dot{H}_c \cdot \max$ 较小值。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个价值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的

方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

第 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。

5.1 典型条件

探伤室探伤工作的典型条件如下：

a) 探伤室外表面 30cm 外的剂量率控制值为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

b) X 射线管电流 (I) 为 5mA，X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角 20。

4、《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）

工作场所空气中化学物质容许浓度：臭氧 $\leq 0.3\text{mg/m}^3$ ；二氧化氮 $\leq 5\text{mg/m}^3$ 。

5、标准汇总

根据以上所列标准，综合考虑本项目各方面要素以及实际的可操作性，本环评采用以下各项标准和剂量控制值，见表 7-3。

表 7-3 本环评采用的各项标准和指标

序号	项目	控制值	采用标准
1	年剂量管理目标值	工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)
2	X 射线探伤机要求	X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率： $< 5\text{mSv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
2	X 射线探伤室	探伤室屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014)
		探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率： $\leq 100\mu\text{Sv/h}$	《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)
3	工作场所气体浓度	臭氧 $\leq 0.3\text{mg/m}^3$ ； 二氧化氮 $\leq 5\text{mg/m}^3$	《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)

表 8 环境质量现状

环境质量和辐射现状**1、项目地理和场所位置**

瑞浦兰钧能源股份有限公司位于浙江省温州市龙湾区空港新区滨海六路 205 号、206 号，涉及温州市空港新区民营经济科技产业基地 A-21a 地块、A-27a 地块，温州民科基地永兴南园 A-10b2 地块，温州湾新能源科技产业园 A-05a 地块。

本项目位于温州市空港新区民营经济科技产业基地 A-27a 地块（中心地理位置坐标为东经 120 度 50 分 21.828 秒，北纬 27 度 50 分 32.045 秒），项目所在地块总用地面积 101667.55m²，东北侧临滨海六路，隔路为瑞浦兰钧能源股份有限公司 A-21a 地块；西北侧临金海一道，隔路为温州市爱好笔业有限公司；东南侧临金海三道，隔路为环城河和围垦区；西南侧隔滨海八路为其他工业企业，项目所在地详见附图 2。

项目探伤间位于研发技术中心一楼，探伤间四侧均为厂区内部区域，车间总平面布置图见附图 5。

2、环境现状评价的对象

本项目位于瑞浦兰钧能源股份有限公司内，为掌握项目所在地辐射环境现状水平，业主单位于 2024 年 4 月 25 日委托杭州旭辐检测技术有限公司对项目所在厂区辐射剂量率进行了监测，详情见监测报告（见附件 6）。

3、监测因子和监测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）在本项目探伤室周围布设检测点位。

（1）监测因子：X- γ 辐射剂量率

（2）天气环境条件：环境温度：8~18℃；环境湿度：60~68%；天气：多云。

（3）监测点位：监测点主要考虑探伤间及周边的环境地表 X 辐射剂量率，布点详见下图 8-1。

（4）检测仪器与规范

该项目测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测所使用的仪器情况

仪器名称	环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率仪
仪器型号	JC-5000
仪器编号	JC70-09-2019
检定机构	上海市计量测试技术研究院
检定证书号	2023H21-10-4835729001 号
有效期	2023 年 9 月 21 日-2024 年 9 月 20 日
能量响应	40keV $\sim$ 4.4MeV $\leq\pm 30\%$ （相对于 ^{137}Cs ）
量 程	1nGy/h $\sim$ 150 μ Gy/h

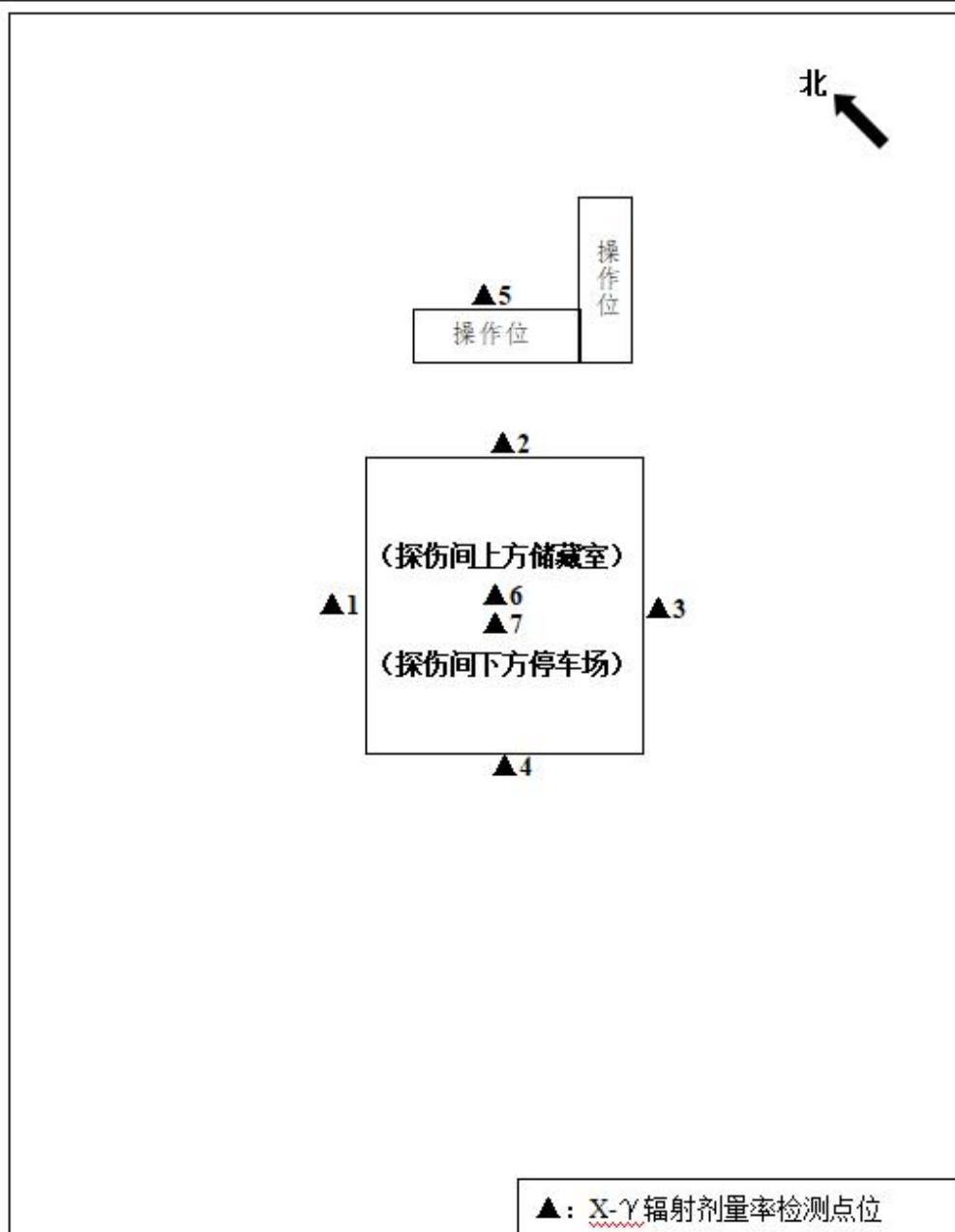


图 8-1 监测点位图

4、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。
- 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有合格证书上岗。
- 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由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑤检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。
- ⑥检验检测机构具有资质认定计量认证证书。

5、监测结果

检测结果见表 8-2，检测报告见附件 6。

表 8-2 X-γ辐射剂量率检测结果

检测点位号	点位描述	检测结果 (μSv/h)	
		平均值	标准差
▲ 1	CT 机西北侧屏蔽体外 30cm 处		
▲ 2	CT 机东北侧屏蔽体外 30cm 处		
▲ 3	CT 机东南侧屏蔽体外 30cm 处		
▲ 4	CT 机西南侧屏蔽体外 30cm 处		
▲ 5	探伤间操作位		
▲ 6	探伤间上方储藏室		
▲ 7	探伤间下方停车场		

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应

根据上表监测结果可知，本项目各检测点位的辐射剂量率在*μSv/h (*nSv/h) 之间。根据《浙江省环境天然贯穿辐射水平调查报告》，可知温州市建筑物室内的 γ 辐射剂量率在 73~198nGy/h 之间，考虑辐射权重因子为 1，本项目拟建场址及周围环境辐射水平处于浙江省环境天然贯穿辐射水平范围。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、设备组成及工作方式

本项目拟新增 1 套工业 CT 机检测装置，型号为海克斯康 HH300/180 型。该系统主要是由高精度微焦点 X 射线源（最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA）、高精度纳米焦点 X 射线源（最大管电压为 180kV，最大管电流为 0.5mA）、X 射线探测器、机械系统、数字图像记录系统、控制和数据处理系统等组成，两个射线源不会同时开机使用，内部设备示意图如下图所示。

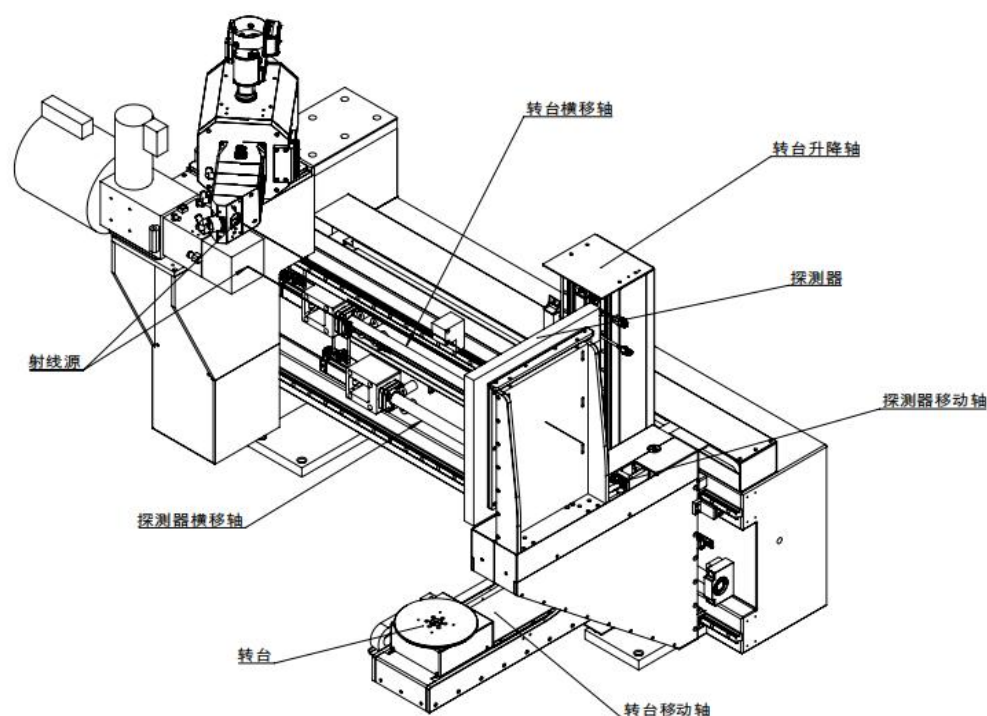


图 9-1 本项目工业 CT 设备示意图

2、工作原理

(1) 射线产生原理

X 射线无损检测是利用 X 射线穿透物质和在物质中有衰减的特性，来发现其中缺陷的一种无损探伤方法。X 射线可以检查金属与非金属材料及其制品的内部缺陷。

X 射线机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需求，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、钼、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，X 射线管两级间的高压使电子束向阳极靶射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加

速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线，典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

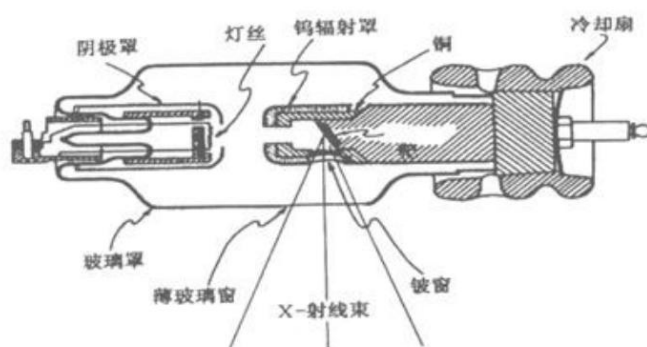


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

（2）工业 CT 工作原理

电子计算机断层扫描（Computed tomography，简称 CT）是近十年来发展迅速的电子计算机和 X 射线相结合的一项新颖的诊断新技术。其原理是基于从多个投影数据应用计算机重建图像的一种方法，现代断层成像过程中仅仅采集通过特定剖面（被检测对象的薄层，或称为切片）的投影数据，用来重建该剖面的图像，因此也就从根本上消除了传统断层成像的“焦平面”以外其他结构对感兴趣剖面的干扰，“焦平面”内结构的对比度得到了明显的增强；同时断层图像中图像强度（灰度）数值能真正与被检对象材料的辐射密度产生对应的关系，发现被检对象内部辐射密度的微小变化。

工业 CT 机一般由射线源、机械扫描系统、探测器系统、计算机系统和屏蔽设施等部分组成。射线源提供 CT 扫描成像的能量线束用以穿透试件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的 CT 图象重建。与射线源紧密相关的准直器用以将射线源发出的锥形射线束处理成扇形射束。探测器系统用来接收穿过试件的射线信号，经放大和模数转换后送进计算机进行图象重建。计算机系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图象重建、显示及处理等。屏蔽设施用于射线安全防护，一般小型设备自带屏蔽设施。

本项目工业 CT 机选择双射线源和双探测器配置，是为了让设备能够应对不同能量要求和应用场景来实现不同的应用功能的一种配置方式，一般情况下射线源主要会选这不同的射线能量的范围和焦点尺寸大小来适应从低密度物质到高密度物质的工件的穿透能够覆盖更宽。同时有能兼顾对扫描分辨力上的不同要求。

射线源通过运动控制机构实现对选择不同的射线源开机对检测样品的照射。在工业

CT 的扫描过程中，根据检测需求选择高能 X 射线源或高分辨微焦点 X 射线源，控制其发出 X 射线；探测器接收被衰减后的射线，将图像信号传输到计算机中。样品放置在载物台上，与载物台一起旋转。计算机发送控制信号和接收探测器传回的图像信息。参考下面的示意图。

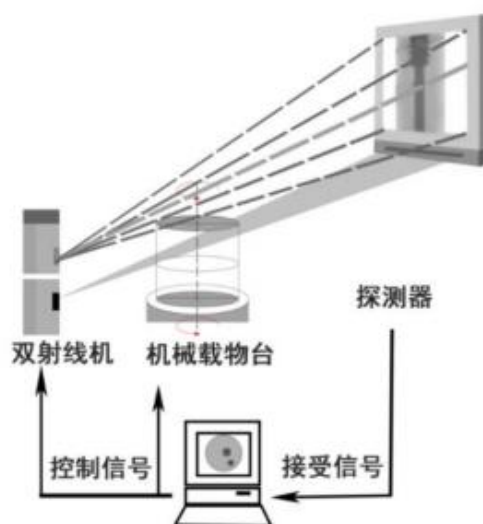


图 9-3 双源工业 CT 装置工作原理图

由于要确保每次扫描摄影的图像稳定、清晰，就必须要求射线源输出线束不但要能量稳定持续，而且不能受到任何的其它射线的干扰，所以在所有的多源 X 射线工业 CT 设备里都必须确保有且只有一台射线机在工作，不可能两台射线机同时开机工作的。

3、工艺流程及产污环节分析

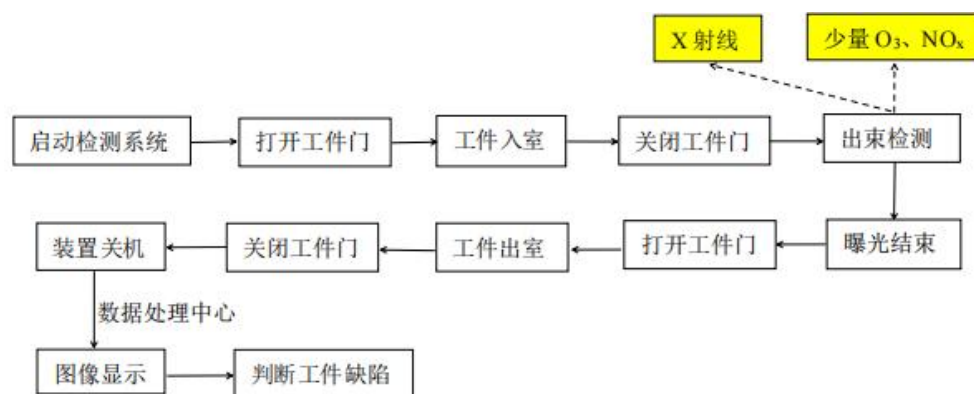


图 9-4 工业 CT 机检测装置工作流程图

检测流程简要说明

工业 CT 机检测装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置内，辐射工作人员在装置前侧控制模块处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- 1) 工作人员将工件送入铅室内载物台上，将工件调整至合适的位置；
- 2) 确认周围环境及工作人员安全后关闭工件门；
- 3) 工作人员开启工业 CT 机检测装置进行无损检测，装置利用载物台旋转和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的断层扫描图像。开机曝光时会发出 X 射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 4) 曝光结束，辐射工作人员开启工件门，移出工件；
- 5) 装置关机；
- 6) 工作人员在数据处理中心对图像进行分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断工件质量、缺陷等。

4、主要放射性污染物和污染途径

根据工业 CT 机的工作原理，本项目的污染物如下：

(1) 由工业 CT 机的工作原理可知，本项目的主要污染因子是 X 射线。X 射线具有较强的穿透性，X 射线探伤机在对工件进行照射的情况下，X 射线通过主射、漏射、散射对作业场所及周围环境产生辐射影响。

(2) X 射线与空气接触，使空气电离产生少量臭氧(O₃)和氮氧化物(主要为 NO₂)。

本项目使用的检测装置为 X 射线实时成像检测系统，该系统将检测过程中的图像通过计算机成像并保存，不进行拍片作业，不产生危险废物和废液，综上，本项目产生的污染因子情况如表 9-2 所示。

表 9-2 项目污染因子一览表

污染物	污染因子		备注
辐射	X 射线		工业 CT 机开机状态
非辐射	废气	O ₃ 、NO _x	铅房设置有机通风装置，保证空气流通，使产生的少量 O ₃ 、NO _x 得以扩散。不会对公众人员和周围环境造成影响。

5、人员配置及出束时间

本项目拟新增配备 2 名辐射工作人员（操作员）负责 CT 设备的操作，由主体项目调剂，已组织参加辐射安全与防护培训及考核。

辐射工作人员每天正常工作时间为 8h，当公司业务量较大时，公司经与工作人员协调后会适当延长工作时间，每天工作时间不超过 15h，每年工作 50 周，每周工作 6 天，则每年最多工作 300 天。

根据建设单位介绍，每天计划抽检 8-10 个工件，每个工件每次拍 2-4 组，每组拍片

平均时间约为 30min（包括重复工件摆放、关门、曝光成像等），设备出束时间 15min。本次保守按辐射工作人员最长工作时间（15h/d）来考虑年受照时间。

由此可计算得设备每天出束时间为 7.5h，周出束时间为 45h，年出束时间为 2250h。

5、原有工艺不足和改进情况

建设单位现许可的放射源均有完善的环评手续和辐射安全许可证。

根据现有项目工作场所检测报告（见附件 13）可知，现有核技术利用项目均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《含密封源仪表的放射卫生防护标准》（GBZ125-2009）相应要求。

建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。

建设单位现有辐射持证人员 58 名，实际工作人员 41 名，储备人员 17 名，均为其建立个人剂量监测档案及职业健康管理档案。根据辐射工作人员的职业健康体检报告（见附件 10），其中 2 名放射工作人员因色盲不宜继续原放射工作，公司已进行调岗、转岗。根据辐射工作人员的个人剂量检测报告（见附件 11），现有辐射工作人员最近一年的个人剂量监测结果均未出现超标情况。

污染源项描述

1、运行期间正常工况下污染源分析

本项目辐射工作人员由主体项目调剂，已经考虑在公司的整个劳动定员中，因此，本次评价不再单独考虑辐射工作人员产生的生活污水、生活垃圾。本项目工业 CT 机为实时成像，不产生废显影液、废胶片、清洗废水等危险废物。根据对项目工业 CT 机正常运行时的污染源项分析，运行期间污染源分析如下：

（1）放射性污染源

根据工业 CT 机工作原理可知，工业 CT 机只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业 CT 机在开机曝光期间，X 射线是本项目的主要污染物。

本项目拟采用的工业 CT 机最大管电压为 300kV，最大管电流为 3mA，年曝光时间约为 2250h。根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，300kV 距辐射源点（靶点）1m 处发射率为 $20.9\text{mSv} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ （3mm 铝过滤条件下），200kV 距辐射源点（靶点）1m 处发射率为 $28.7\text{mSv} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ （2mm 铝过滤条件下）。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

（2）非放射性污染源

本项目使用的工业 CT 机检测装置工作时的最大电压为 300kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此其运行时产生的 X 射线会使铅房内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

2、运行期事故工况下污染源分析

本项目工业 CT 机属于 X 射线装置，根据 X 射线装置工作原理结合本项目情况，最大可能的事故主要如下：

（1）X 射线探伤机在对工件进行拍照的工况下，门-机联锁失效，至使防护门未完全关闭，X 射线泄漏到铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

（2）工作人员还在设备运行过程滞留射线装置机房，受到意外照射；

（3）设备检修时误开机，维修人员受到潜在的照射伤害。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施**1、辐射工作场所布局**

本项目探伤间拟设于温州市空港新区民营经济科技产业基地 A-27a 地块内研发技术中心一 F，研发中心共 5 层，设地下停车场。探伤间东南侧依次为弱电机房、测试机房、保洁室等，西南侧隔厂内道路为宿舍楼，西北侧依次为 sem 测试间、会议室、保洁室等，东北侧为实验室、涂布车间等。

本项目曝光铅房位于探伤间东北侧，曝光铅房门位于铅房的东南侧，为单开电动门（从右往左开）。本项目探伤间设计尺寸为 7.8m（长）×4.2m（宽）×3.5m（高），铅房设计尺寸为 3034mm（长）×1855mm（宽）×1972mm（高）。

本项目探伤间与其他车间非辐射工作人员活动区相隔一定距离，辐射工作区相对独立；铅房门设计时已考虑尽量减小与墙体间的门缝，且搭接的长度大于 10 倍的间隙，能够有效防止射线外泄。根据表 11-10 和表 11-11 计算可知，无损检测过程中产生的 X 射线经铅屏蔽墙和铅防护门并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的；另本项目探伤工作场所的平面布置便于工件运输，能满足安全生产的需要；曝光铅房内尺寸及铅房门洞尺寸满足工件进出要求，便于进行分区管理和辐射防护。探伤间布局在公众相对较少区域，布局相对合理。

2、分区原则和两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 6.4 条：“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”的要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标识并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作的状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监

督区的边界。

根据控制区、监督区的划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体如下：

1、控制区：将工业 CT 机检测装置实体边界内划为控制区，在边界外 1m 处采用黄色警戒线作为标志，禁止无关人员入内，并设置电离辐射警告标识和中文警示说明；

2、监督区：将自屏蔽体外整个探伤间划分为监督区。墙外 1m 处划黄色警戒线，禁止无关人员靠近。

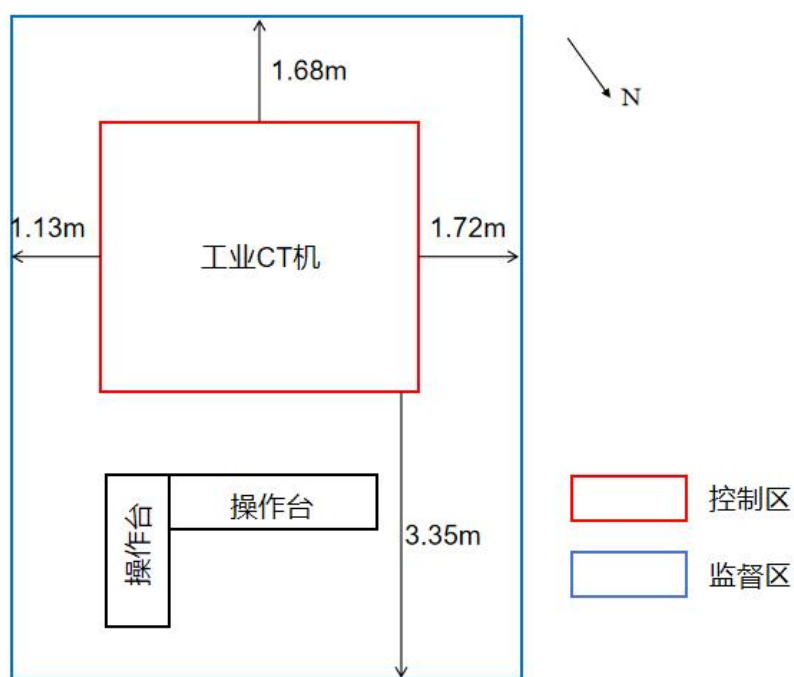


图 10-1 辐射工作场所分区图

3、辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目工业 CT 机屏蔽设计图见附图 7，各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1。

表 10-1 工业 CT 机屏蔽设计一览表

项目	设计屏蔽措施	铅当量
长×宽×高	3034mm×1855mm×1972mm	/
右侧屏蔽体厚度（主屏蔽、西南侧）	35mm 铅板+3.5mm 钢板	35mmPb
左侧屏蔽体厚度（东北侧）	21mm 铅板+5.5mm 钢板	21mmPb
顶部屏蔽体厚度	21mm 铅板+3.5mm 钢板	21mmPb

底部屏蔽体厚度	21mm 铅板+10mm 钢板	21mmPb
其余屏蔽体厚度	21mm 铅板+5mm 钢板	21mmPb
工件进出门规格、厚度	进出件门口 930mm×827mm，厚 21mm 铅板， 电动门	21mmPb
通风装置、风量	顶部通风口，采用通风罩，21mm 厚铅，风量 3360m ³ /h	21mmPb

*注：本次评价防护能力保守按铅厚度计

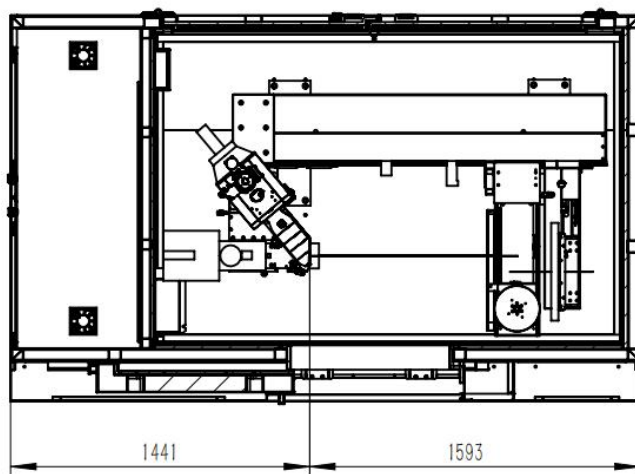


图 10-2 本项目工业 CT 机平面布置示意图

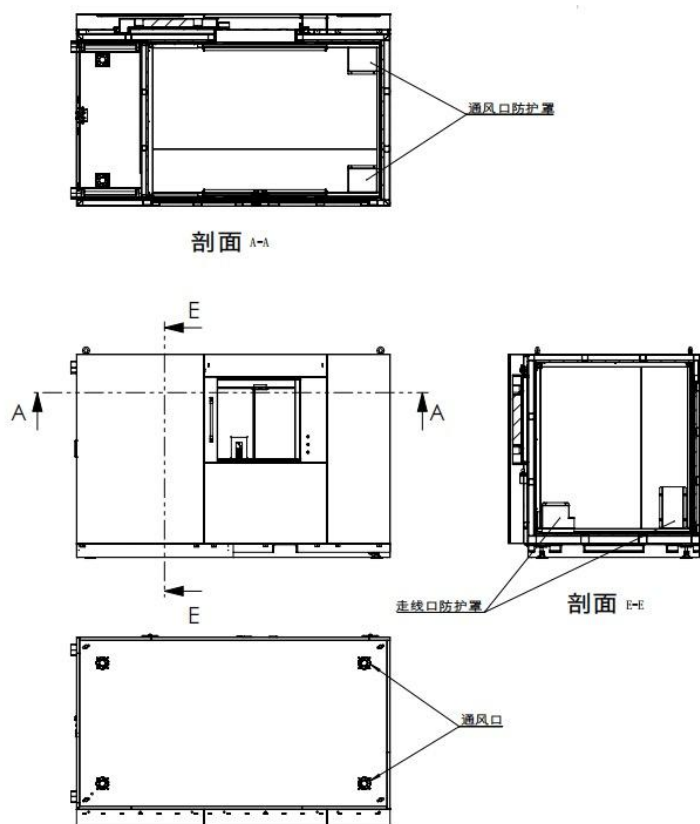


图 10-3 本项目工业 CT 机剖面布置示意图

4、机房通风

当 X 射线实时成像系统运行时，X 射线与空气相互作用，可使机房内空气电离，产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等有害气体。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第 6.1.10 条的要求：“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”。根据设计资料，本项目铅房内设置机械通风装置，通风口位于顶部，罩有铅防护罩，防护厚度为 21mmPb，铅房通风系统设计风量约为 3360m³/h，每小时通风换气次数约 302 次，满足探伤室通风换气次数不小于 3 次/h 的要求。通风装置运行方式为探伤设备跟抽风机同时启动，探伤设备停止探伤后，抽风机延时关机。

5、辐射安全和防护措施

本项目操作台位设于铅房西南侧，操作台操作面板上设置钥匙开关和紧急停机按钮，钥匙开关授权专人使用，紧急停机按钮确保紧急事故照射时，能立即停止照射；防护房顶部设有周围各方位均明显可见的报警等，内部设有照明；X 射线系统高压开启时，探伤房外提供红光警示信号，铅防护门与射线机设有联锁保护装置，只要铅门打开，系统立刻停止发生射线，保证周围环境人员的安全；铅房表面张贴有电离辐射防护警示标识，告诫无关人员尽量远离该区域。

为了保障工作场所以及周边环境的辐射安全，减轻无损检测过程中对周边环境的影响程度，预防辐射事故发生，依据国家相关标准，本项目还应采取如下安全措施：

（1）作业场所张贴操作规程、相关规章制度，操作人员严格按照操作规程进行操作。

（2）对工业 X 射线实时成像检测系统防护门、门-机联锁装置、铅房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。企业应对以上安全设施进行经常性的检查、维护，防止安全装置带故障运行。

（3）配备 X-γ 辐射剂量率监测仪器，定期按照监测计划监测铅房表面、周围区域以及操作位置处辐射剂量率，做好监测记录，存档备查。

（4）对每名放射性操作人员应配备个人剂量计，定期送有资质单位进行监测（每 90 天送检一次），随时掌握受照剂量，使作业人员受到的辐射附加剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）标准要求。

（5）进入作业环境，放射性操作人员应佩戴个人剂量报警仪。当辐射水平超过设

定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，放射性操作人员应立即离开工作场所，同时阻止其他人员进入场所，并立即向辐射防护负责人报告。

(6) 操作台的控制面板及屏蔽体内应安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮应带有标签，标明使用方法。

(7) X 射线实时成像检测系统防护门上方安装有声、光警示装置，通过电子学的方式实现与射线装置联动，射线曝光前先进行声光预警，射线曝光过程中持续进行声光警示。照射状态指示装置与探伤装置联锁，在探伤机外醒目位置处有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

根据上文介绍，本项目拟采取一定的辐射防护措施，其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10-2 所示。

表 10-2 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求	项目情况	是否符合
《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	6.1 探伤室防护安全要求		
	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。	项目操作台与探伤铅房分开布置，CT 机的有用射线束照射方向避开了操作台	符合
	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求	项目根据该要求，拟划定控制区和监督区，实行分区管理	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。	项目新建探伤铅房设置门机联锁装置，只有当防护门关闭后设备才能启动，开高压产生 X 射线。防护门关闭后，设备不能自动开启	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	探伤铅房门口和内部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别	符合

		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。	项目探伤前方内设监视装置，监控显示器位于操作台处，便于操作人员能够及时观察到探伤室内情况，避免无关人员逗留探伤室内	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	项目探伤室防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明	符合
		6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	项目探伤铅房、操作台均设置紧急开门按钮，并在按钮处设置醒目标志，安装视频监控装置，按钮拟设置标签，并标明使用方法	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。	项目探伤间设置了机械排风装置，废气排放口远离人员活动的密集区，每小时有效通风换气次数不低于 3 次	符合
		6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目按要求配置固定式场所辐射探测报警装置	符合
《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 （GBZ/T250-2014）	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	项目在探伤铅房设有人员门和单独的工件门。	符合
		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射线束照射方向	项目操作台置于探伤铅房外，CT 机的有用射线束照射方向避开了操作台	符合
		3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽	入口、出口等有一定厚度的屏蔽盖板	符合
		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管电压下的常用最大管电流设计屏蔽	项目拟新增一台双源高精度工业 CT 机，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流计算，本项目铅房的四周屏蔽体、顶部、防护门的设计厚度均能满足 GBZ/T250-2014 及 GBZ117-2022 中屏蔽防护的要求。	符合
		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	本项目设备屏蔽体采用铅和钢板	符合
综上，本项目采取的辐射防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）要求。				

三废治理

本项目辐射工作人员由主体项目调剂，已经考虑在公司的整个劳动定员中，因此，本次评价均不再单独考虑辐射工作人员产生的生活污水、生活垃圾。本项目工业 CT 机为实时成像，不产生废显影液、废胶片、清洗废水等危险废物。根据对该工业 CT 机正常运行时的污染源项分析，本项目主要产生 X 射线和少量的臭氧和氮氧化物。

1、废气的处理

本项目工业 CT 机使用过程中会产生微量臭氧和氮氧化物，CT 机铅房自带排风装置，排风口接排气管道通至室外，每小时通风换气大于 3 次，项目运行期间进行连续通风，通风系统可将绝大部分的臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂）排出，铅房内的臭氧和氮氧化物浓度基本处于本底水平，排出的废气经大气稀释和扩散作用，浓度进一步降低，对周围大气环境几乎无影响。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤间利用研发中心一层的现有车间，不涉及土建工程；且本次使用的工业 CT 机为自带完整屏蔽体的成品设备，不涉及 CT 室屏蔽防护的施工建设，现场仅需要设备安装即可，不会产生废水、废气等环境影响。设备安装搬运后，及时回收包装材料及其他固体废物，不得随意丢弃。

综上所述，项目建设期间除安装噪声外，对周边环境影响较小，项目安装期间，不会对周围环境产生辐射影响。

运行阶段对环境的影响**1、辐射环境影响分析****(1) 评价原则**

基本原则：对于符合正当化的放射工作实践，以防护最优化为原则，使各类人员的受照当量剂量不仅低于规定的限值，而且控制到可以合理做到的尽可能低的辐射水平。这一考虑包括：正常运行、维修、退役以及应急状态，也包括了具有一定概率的导致重大照射的潜在照射情况。

剂量管理目标值：放射工作人员 5mSv/a，公众 0.25mSv/a；铅房四周屏蔽体外表面 30cm 处剂量当量率控制目标值不大于 2.5 μ Sv/h；对不需要人员到达的探伤室顶，铅房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制目标值不大于 100 μ Sv/h。

(2) 关注点

本项目探伤间配备1台双源工业CT机，CT机仅限在探伤间内工作。探伤间建成后运行过程中，2个射线源不会同时开机使用。本次按最不利情况，采用设备最大参数（最大管电压300kV，最大管电流3mA）进行理论计算分析。

根据设备设计图纸资料，射线管的工作位置固定，主束朝右，因此铅房西南侧主要受有用线束影响，其他方向主要受散射和漏射影响。

本项目的X射线束透过工件后主要由探测器接收，设备主射线方向考虑有用线束的辐射影响，其余方向考虑射线的90° 散射和泄漏的辐射影响。本次采用设备最大参数进行理论计算分析，工业CT的X射线主射线朝设备探测板照射，操作台设于设备左侧，避开主射线方向。选取工业CT的屏蔽体外30cm处及操作台作为辐射水平关注点。根据本项目平面布局及周围环境，关注点具体位置说明见下表。

表11-1 关注点一览表

序号	关注点	方位		靶点至关注点的距离 R
1	铅房右面屏蔽体外 30cm	西南侧	有用线束	1.893
2	铅房正面屏蔽体及铅门外 30cm	西北侧	泄露辐射、散射辐射	0.998
3	铅房左面屏蔽体外 30cm	东北侧	泄露辐射、散射辐射	1.741
4	铅房背面屏蔽体外 30cm	东南侧	泄露辐射、散射辐射	1.467
5	铅房顶部屏蔽体外 30cm	顶部	泄露辐射、散射辐射	1.076
6	铅房底部屏蔽体外 30cm	底部	泄露辐射、散射辐射	1.434
7	操作台	东北侧	泄露辐射、散射辐射	2.741

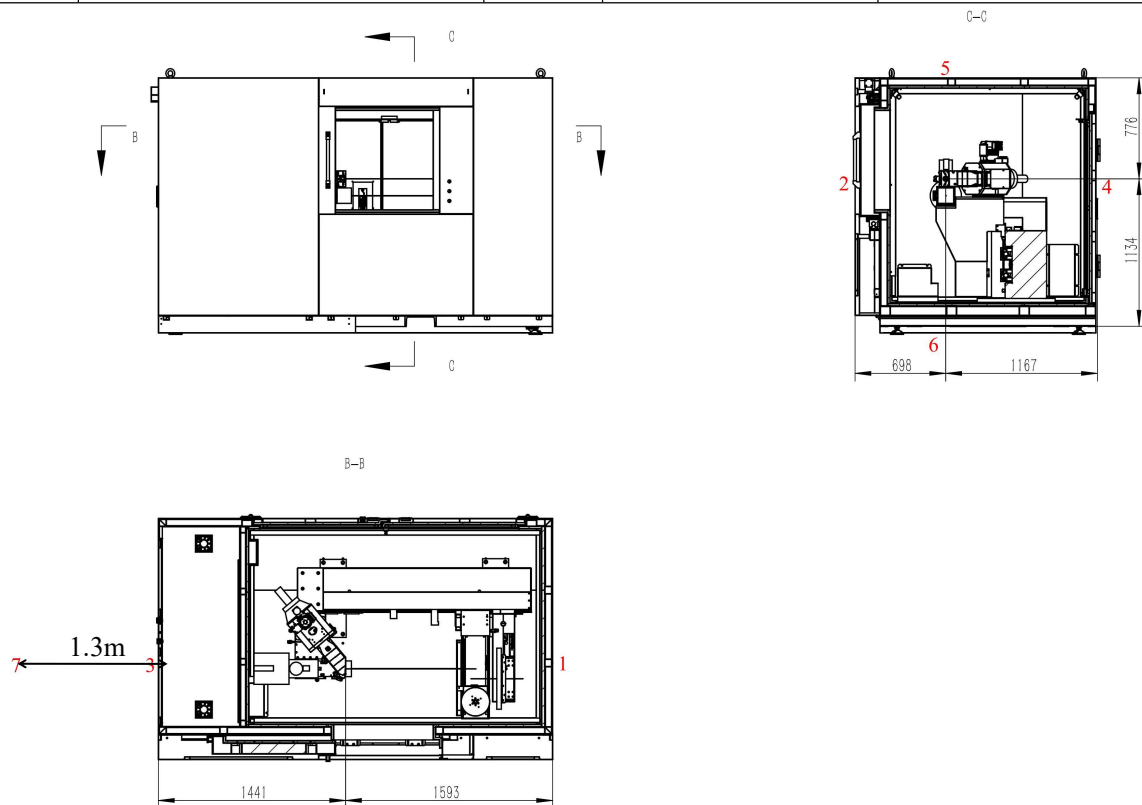


图 11-1 铅房关注点位示意图

(3) 探伤设备主要参数

本项目双源高精度工业 CT 型号为 HH300/180 型，设备工作负荷表见下表。

表11-2 设备工作负荷表

设备名称	最大管电压	最大管电流	周平均照射次数	单次最大照射时间	周最大束出时间
双源高精度工业 CT	300kV	3mA	180	15min	45h
	180kV	0.5mA			

(4) 屏蔽要求计算公式

为分析预测设备投入运行后引起的辐射环境影响，本项目选用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第1号修改清单中计算方法进行理论计算。

1) 有用线束

关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式(11-1)计算，然后 X 由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

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

式中：

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），按式（11-2）计算与 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 相比较取小值；

B——有用线束屏蔽透射因子；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，取 3mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输送量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。根据 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.1，保守按 300kVX 射线在 3mm 铝过滤条件下输出量为 $20.9\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ （根据工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范 GBZ/T250-2014，以等量值的 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 进行屏蔽计算），即取 $1.254 \times 10^6 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$

$\dot{H}_c$ 按式（11-2）计算：

$$\dot{H}_c = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \dots\dots\dots (11-2)$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平， $\mu\text{Sv/周}$ ；

t——探伤装置周照射时间，h/周；

U——探伤装置向关注点照射的使用因子，取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子，不同场所与环境条件下的居留因子取值如下表。

表 11-3 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
----	--------	----

全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

②在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由 GBZ/T250-2014 附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 。关注点的剂量率 $\dot{H}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按 (11-3) 计算。

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

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, mA ;

H_0 ——距辐射源点 (靶点) 1m 处输送量, $\text{uSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$, 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 , 见 GBZ/T250-2014 附录 B.1

B ——有用线束屏蔽透射因子;

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m ;

2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

①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 (11-4) 计算:

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中:

X ——屏蔽物质的厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度, 见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2。

②对于估算出的屏蔽透射因子 B , 所需的屏蔽物质厚度 X 按式 (11-5) 计算:

$$X = -\text{TVL} \cdot \lg B \dots\dots\dots (11-5)$$

式中:

TVL ——屏蔽物质的什值层厚度, 见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2;

B ——达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子。

3) 泄漏辐射屏蔽

①关注点达到剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 时所需的屏蔽透射因子 B 按式 (11-6) 计算, 然后按式 (11-5) 计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中:

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

$\dot{H}_L$ ——距离靶点 1m 处 X 射线管组装的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$; 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 本项目取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

②在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B 按式 (11-4) 计算, 然后按式 (11-7) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 $\dot{H}$, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中:

B——屏蔽透射因子;

R——辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

$\dot{H}_L$ ——距离靶点 1m 处 X 射线管组装的漏射辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$ 。

4) 散射辐射屏蔽

①关注点达到剂量率参考水平 $\dot{H}_c$ 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (11-8) 计算, 按 GBZ/T250-2014 中表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按式 (11-5) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_o} \cdot \frac{R_o^2}{F \cdot a} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中:

$\dot{H}_c$ ——剂量率参考控制水平, $\mu\text{Sv/h}$; 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 按式 11-2 计算与 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 相比较取小值;

R_s ——散射体至关注点的距离, m;

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输送量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见 GBZ/T250-2014 附录 B.1

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 α 与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，以水散射体的 α 值保守估计，见 GBZ/T250-2014 附录 B 的 B.4。

②在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按 GBZ/T250-2014 中表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式（11-4）计算。关注点的散射辐射剂量率 $\dot{H}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按式（11-9）计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (11-9)$$

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，mA；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输送量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B——屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ——散射因子，在未获得相应物质的 α 值时，以水散射体的 α 值保守估计，见 GBZ/T250-2014 附录 B 的 B.3。

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；

R_s ——散射体至关注点的距离，m；

（5）防护能力核算

1）剂量率参考控制水平的确定

剂量率参考控制水平核算见下表。

表 11-4 剂量率参考控制水平核算表

关注点	U	T	$\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	剂量率参考控制水平 H_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）	需屏蔽的辐射源
-----	---	---	--------------------------------------	--------------------------------------	---------

铅房西南面屏蔽体外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	有用线束
铅房东北面屏蔽体外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	泄露辐射、散射辐射
铅房西北面屏蔽体及铅门外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	泄露辐射、散射辐射
铅房东南面屏蔽体外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	泄露辐射、散射辐射
铅房顶部屏蔽体外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	泄露辐射、散射辐射
铅房底部屏蔽体外 30cm	1	1/8	17.78	2.5	泄露辐射、散射辐射
操作台	1	1	2.22	2.5	泄露辐射、散射辐射

注：探伤工作时，除操作人员，其他人员禁止进入探伤室

根据上表可知，项目铅房四侧及顶部、底部 30cm 的剂量率参考控制水平均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，操作台为 $2.22\mu\text{Sv/h}$ 。

2) 其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见下表。

表 11-5 其他参数表

参数	数值		
最大管电压 (kV)	300		
最大管电流 (mA)	3		
剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5 (操作台 2.22)		
距辐射源点 (靶点) 1m 发射率 ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$)	11.3 (300kV, 3mm 铜过滤条件下), 20.9 (300kV, 3mm 铝过滤条件下)		
90° 散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	200		
$\text{Ro}^2/\text{F} \cdot \alpha^*$	50		
泄露辐射剂量 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	5×10^3		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL)	铅		
	电压等级	TVL	HVL
	200	1.4	0.42
	250	2.9	0.86
	300	5.7	1.7

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014)， $\text{Ro}^2/\text{F} \cdot \alpha$ 取 50。

3) 铅房防护核算结果

①主照面屏蔽厚度核算

本项目主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见下表。

表 11-6 铅房主照面屏蔽效能核算结果

关注点	剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	靶点至关注点距离 (m)	屏蔽透射因子 B	计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	复合结果
铅房西南面屏蔽体及铅门外 30cm	2.5	1.893	2.38E-06	32.05	35	符合

②非主照面屏蔽厚度核算

A.泄露辐射屏蔽厚度核算

本项目非主照面屏蔽体的泄露辐射屏蔽效能核算见下表。

表 11-7 铅房（漏射）屏蔽效能核算结果

关注点	剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	靶点至关注点距离 (m)	屏蔽透射因子 B	计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	复合结果
铅房东北面屏蔽体及铅门外 30cm	2.5	1.741	1.52E-03	16.07	21	符合
铅房西北面屏蔽体及铅门外 30cm	2.5	0.998	4.98E-04	18.83	21	符合
铅房东南面屏蔽体外 30cm	2.5	1.467	1.08E-03	16.92	21	符合
铅房顶部屏蔽体外 30cm	2.5	1.076	5.79E-04	18.45	21	符合
铅房底部屏蔽体外 30cm	2.5	1.434	1.03E-03	17.03	21	符合
操作台	2.2	2.741	3.34E-03	14.12	21	符合

B.散射辐射屏蔽厚度核算

本项目非主照面屏蔽体的散射辐射屏蔽效能核算见下表。

表 11-8 铅房（散射）屏蔽效能核算结果

关注点	剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	靶点至关注点距离 (m)	屏蔽透射因子 B	计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	复合结果
铅房东北面屏蔽体及铅门外 30cm	2.5	1.741	1.01E-04	5.60	21	符合
铅房西北面屏蔽体及铅门外 30cm	2.5	0.998	3.31E-05	6.27	21	符合
铅房东南面屏蔽体外 30cm	2.5	1.467	7.15E-05	5.80	21	符合
铅房顶部屏蔽体外 30cm	2.5	1.076	3.85E-05	6.18	21	符合
铅房底部屏蔽体外 30cm	2.5	1.434	6.83E-04	5.83	21	符合
操作台	2.2	2.741	2.22E-04	5.12	21	符合

C.复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），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半值层厚度（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）。综上，本项目复合分析结果见下表。

表 11-9 复合作用下铅房屏蔽参数

关注点	漏射线束辐射屏蔽理论计算铅厚度（mm）	散射线束辐射屏蔽理论计算铅厚度（mm）	理论计算厚度（mm）	设计厚度（mm）	复合结果
铅房东北面屏蔽体及铅门外 30cm	16.07	5.60	16.07	21	符合
铅房西北面屏蔽体及铅门外 30cm	18.83	6.27	18.83	21	符合
铅房东南面屏蔽体外 30cm	16.92	5.80	16.92	21	符合
铅房顶部屏蔽体外 30cm	18.45	6.18	18.45	21	符合
铅房底部屏蔽体外 30cm	17.03	5.83	17.03	21	符合
操作台	15.12	5.12	15.12	21	符合

根据表 11-7~表 11-9 计算结果可知，工业 CT 机工作时，铅房的四周屏蔽体、顶部、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的要求。

③关注点有用线束辐射年照射剂量率量分析

根据上述分析，本项目屏蔽体设计厚度均满足相关屏蔽防护要求，根据设计厚度计算相应的屏蔽透射因子 B，按 GBZ/T250-2014 中相关公式计算关注点剂量率，关注点有用线束辐射关注点剂量率计算结果见下表。

表 11-10 关注点辐射剂量率计算结果一览表

关注点	需屏蔽的辐射源	靶点至关注点距离（m）	屏蔽层厚度（mmPb）	屏蔽透射因子 B	关注点剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
铅房东北面屏蔽体及铅门外 30cm	泄露辐射、散射辐射	1.741	21	2.07E-04(泄露辐射) 1.00E-15(散射辐射)	$0.34+2.48\text{E-}11=0.34$
铅房西北面屏蔽体及铅门外 30cm	泄露辐射、散射辐射	0.998	21		$1.04+7.55\text{E-}11=1.04$
铅房东南面屏蔽体外 30cm	泄露辐射、散射辐射	1.467	21		$0.48+3.50\text{E-}11=0.48$
铅房顶部屏蔽体外 30cm	泄露辐射、散射辐射	1.076	21		$0.89+6.50\text{E-}11=0.89$
铅房底部屏蔽体	泄露辐射、	1.434	21		$0.50+3.66\text{E-}11$

外 30cm	散射辐射				=0.50
操作台	泄露辐射、 散射辐射	2.741	21		0.14+1.00E-11 =0.14
铅房西南面屏蔽 体外 30cm	有用线束	1.893	35	7.24E-07(有用线束)	0.76

(6) 人员剂量估算

①辐射工作人员

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 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算:

$$H_{Er} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

H_{Er} ——X 射线外照射人均年有效剂量当量, mSv/a;

D_r ——X 射线空气吸收剂量率附加值, $\mu\text{Sv/h}$ 。

t ——X 射线照射时间, h/a;

T ——居留因子。

本项目铅房放置于探伤间内, 探伤工作时, 除操作人员, 其他公众人员禁止进入探伤间, 故探伤间内仅考虑操作人员的辐射剂量, 按最不利条件下, 以 1 名探伤操作人员完成所有探伤工作进行计算。辐射人员辐射年照射剂量率计算结果见下表。

表 11-11 辐射工作人员辐射剂量率估算表

位置	敏感人群类别	漏射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	预测点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年曝光时间 (h)	居留因子	剂量率估算 (mSv/a)
屏蔽体外 (东北侧)	辐射工作人员	0.34	2.48E-11	0.34	2250	1	0.765
操作台		0.14	1.00E-11	0.14	2250	1	0.315

根据剂量估算结果可知, 本项目工业 CT 机运行后, 辐射工作人员所受的最大年有效剂量最大为 0.765mSv/a, 低于本评价管理目标值 5mSv/a, 满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

②公众人员

本项目公众人员按探伤间的四周停留人员考虑, 公众人员辐射年照射剂量率计算结果见下表。

表 11-11 公众人员辐射剂量率估算表

类别	位置	方位	与靶点 距离/ (m)	有用线束 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	漏射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	预测点剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年曝光 时间 (h)	居留 因子	剂量估算 (mSv/a)
公众 人员	宿舍楼	西南	37.773	1.91E-03	/	/	0.00222	2250	1	0.00429
	涂布车间	东侧	18.5	/	3.02E-03	2.20E-13	0.00302	2250	1	0.00680
	楼梯	东南	6.197	/	2.69E-02	1.96E-12	0.02694	2250	1/8	0.00758
	测试间	北侧	10.697	/	9.04E-03	6.58E-13	0.00904	2250	1/2*	0.01017
	车间过道	东北	4.791	/	4.51E-02	3.28E-12	0.04507	2250	1/5	0.02028
	实验室	东北	8.891	/	1.31E-02	9.52E-13	0.01309	2250	1	0.02945
	前台、大厅	东北	21	/	2.35E-03	1.71E-13	0.00235	2250	1/5	0.00106
	sem 测试间	西北	2.518	/	1.63E-01	1.19E-11	0.16317	2250	1/2*	0.18357
	会议室	西北	10.918	/	8.68E-03	6.31E-13	0.00868	2250	1/5	0.00976
	客梯、楼梯	西北	29.118	/	1.22E-03	8.87E-14	0.00122	2250	1/8	0.00034
	储藏室	正上方	2.306	/	1.95E-01	1.41E-11	0.19455	2250	1/5	0.08755
	测试间		5.306	/	3.67E-02	2.67E-12	0.03675	2250	1/2*	0.04134
	测试间		8.306	/	1.50E-02	1.09E-12	0.01500	2250	1/2*	0.01687
	会客室		11.306	/	8.09E-03	5.89E-13	0.00809	2250	1/5	0.00364
	停车场	正下方	4.134	/	6.05E-02	4.40E-12	0.06054	2250	1/8	0.01703

*注：sem 测试间仅在有检测需求时有人员活动，且夜间不工作；测试间仅在收样时有人员活动，均考虑为部分居留，居留因子取 1/2

根据上表可知，项目开展无损检测工作时，在探伤间周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 0.18357mSv/a，低于本环评的剂量管理目标值 0.25mSv/a，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量限值的要求，铅房屏蔽措施满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GB Z/T250-2014）要求。

2、废气环境影响分析

（1）臭氧及氮氧化物环境影响分析

根据设计方案，本项目探伤室设置顶置风机排风扇一套，排风口位于铅房房顶，并接排风管引出至室外，风量为 3360m³/h。公司每天开机探伤时间最多为 450 分钟，因此铅房内产生的臭氧量也非常有限，很快通过排风扇排至探伤室外，在环境中大概经 50 分钟自动分解。

1) 臭氧产额

本项目探伤机运行时会产生少量臭氧，根据《辐射防护手册》（三分册），该探伤室内臭氧产率可用下式计算：

$$Q_0 = 0.42 \times D_0 \times R \times G \dots\dots\dots (12)$$

$$D_0 = I \times \delta \dots\dots\dots (13)$$

式中：

Q_0 ——臭氧产率，mg/h；

D_0 ——距靶 1m 处的空气比释动能率，Gy/h；

δ ——距离靶点 1m 处输出量，取 $20.9\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；

I ——最大管电流，取 3mA；

R ——靶与屏蔽室间的距离，m；（本项目取 1.893m）

G ——空气每吸收 100eV 辐射能量所产生的臭氧分子数，此处取 10。

经计算，探伤机检测时臭氧产率为 30.02mg/h 。

2) 臭氧浓度

铅房通风系统设计风量为 $3360\text{m}^3/\text{h}$ ，计算可得 CT 机工作结束后铅房内臭氧浓度分别为 $0.009\text{mg}/\text{m}^3$ ，低于《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2007）中规定的臭氧的最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求，且铅房内臭氧通过排风系统排出后会在 50 分钟内自动分解，因此臭氧对周围大气环境的影响是可以接受的。

3) 氮氧化物分析

在多种氮氧化物中，以 NO_2 为主，其产额约为臭氧的一半，约为 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ 。故工本项目产生的 NO_2 室内浓度也能满足《工作场所中有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2007）中规定的 NO_2 最高允许浓度 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。因此，氮氧化物对大气环境影响是可以接受的。

3、废水及固废的环境影响评价

本项目使用的工业 CT 机为实时成像检测系统，将检测过程中的图像通过计算机成像并保存，不进行拍片作业，不产生危险废物和废液。

事故影响分析

1、事故风险类型识别

本项目工业 CT 机属于Ⅱ类射线装置，根据其无损检测过程中的实际情况分析，其事故类别主要为检测时或射线装置出束时的意外事故，主要归纳为：安全装置失灵，X 射线泄漏；人员误入铅房内或未撤出铅房（检修或安装工件时），而射线装置开始曝光，使人员受到超剂量照射事故。

可能发生的事故主要有以下几种情况：

（1）工业 CT 机检修人员进入曝光室后未完全撤离曝光室，操作人员在开启设备前未对曝光室内部情况进行查看，从而对曝光室内停留人员造成大剂量照射；

（2）由于门机联锁装置失效，防护门未完全关闭或工业 CT 机工作时门被开启，探伤机仍能开机出束，造成大量射线外泄，对防护门外活动的工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

（3）设备因故障短路或其他原因处于失控状态，从而对周围人员造成大剂量照射；

（4）工业 CT 机保管不善，可能发生丢失和被盗事故。

（5）其他人为因素引起的辐射照射。

针对以上可能发生的事故工况，可采取以下相关措施进行预防：

（1）撤离机房时应清点人数，应按搜寻程序进行查找，如受到大剂量照射，应立即送往医院就医。

（2）铅房进出门安装门-机联锁系统，并定期检查确保其能正常工作。当防护门未关闭或关闭不严时，联锁装置生效造成探伤机无法开机，从而避免此类辐射事故的发生。

（3）定期对设备进行维护保养，避免其带“病”进行探伤作业，从而避免关机但仍然出束事件的发生。

（4）工作人员按要求佩戴个人剂量报警仪，一旦进入高剂量场所可提醒人员尽快撤离，可有效降低人员受照剂量；

（5）制定相关操作规程和制度，加强工作人员的辐射安全培训和管理，加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作，从而避免人为事故的发生。

2、事故风险评价

根据《射线装置分类办法》的有关规定，本项目使用的工业 CT 机属Ⅱ类射线装置，为中危险射线装置，其工作时产生的 X 射线可使长时间受照射人员受到严重损伤。本项目发生最大概率风险事故为设备故障，铅门未关闭，X 射线管正常出束，造成大剂量照射。

X 射线管的电压越大产生 X 射线的穿透性越强，风险评价按照其探伤机的管电压，管电流进行计算。根据公式（4），铅房门未关闭，此时无防护措施，因此辐射屏蔽透射因子取 1 进行估算。估算结果见下表。

表 11-13 不同距离、不同接触时间的有效剂量（单位：mSv）

距离 时间	1m	2m	3m	4m	5m	6m
1min	62.70	15.68	6.97	3.92	2.51	1.74
2min	125.40	31.35	13.93	7.84	5.02	3.48
3min	188.10	47.03	20.90	11.76	7.52	5.23
4min	250.80	62.70	27.87	15.68	10.03	6.97
5min	313.50	78.38	34.83	19.59	12.54	8.71

由表 11-13 所接受的剂量估算结果可以看出，当工业 X 射线探伤机处于工作状态，门-联锁失效情况下，距离 X 射线机出束口较近人员将会接受大剂量辐射照射。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中关于辐射事故的分级可知，本项目可发生辐射事故为一般辐射事故。在射线装置在工作期间，应加强射线装置的安全维护，保证门机联锁处于良好的工作状态，杜绝辐射事故的发生。

3、辐射应急措施

（1）事故风险防范措施

①辐射工作人员每人配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行检测，并建立个人剂量档案，确保工作人员的照射剂量控制在剂量管理限值范围内。个人剂量报警仪在工作期间，随身携带，并设定安全阈值和报警。

②拟建铅房的防护门应与射线装置主机联锁，当防护门没有关闭到位时，X射线机无法启动产生X射线，提醒辐射工作人员检查防护门的关闭状况。铅房内设置紧急开关，当人员被误关在铅房时，可使用紧急开关，切断主机电源，防止人员受到辐射影响。控制台上设有紧急开关，工作中辐射工作人员发现异常，可立即使用。铅房防护门上方设置灯光报警装置，可以避免检测装置工作时其它人员误入铅房的事故。

③定期对工业X射线探伤工作场所的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检

测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

④无损检测工作必须按操作规程执行，作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的显眼位置。

（2）事故应急措施

对于工业CT机发生事故处理应采取的措施：

①当发生辐射事故时，应在第一时间切断电源，并将事故情况通报有关（生态环境、公安、卫生）等主管部门。

②对在事故中受到照射的人员及时送到医院进行及时的医学检查和治疗。

③分析确定发生事故的原因，记录发生事故时射线装置的工作状态（如工作电压、电流等参数）、事故延续时间，以便及时确定事故时受到照射个体所接受的剂量。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置**1、机构的设置、人员配备及职能**

按照《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》及生态环境主管部门的要求，使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

建设单位已成立辐射安全与环境保护管理小组，并明确相关成员和职责，不同厂区和车间分别确定不同人员进行管理（见附件 7）。

管理小组职责：

该单位必须制定的《放射防护安全管理机构及职责》内容包括：

①该单位应确定本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责射线装置运行时的安全和防护工作。

②辐射防护领导机构应规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明。

③辐射防护领导机构应加强监督管理，切实保证各项规章制度的实施。

建设单位目前成立的辐射安全与环境保护管理小组能够满足要求，应根据人事变动及时调整人员名单，切实履行辐射安全防护和环境保护管理职责，能够满足法律法规的要求和本项目运行的需求。

2、辐射工作人员管理**（1）辐射工作人员培训**

建设单位现有辐射持证人员 58 名，实际工作人员 41 名，储备人员 17 名。本项目拟配备的 2 名辐射工作人员均为主体项目调剂人员，已组织参加辐射安全与防护培训及考核。

（2）个人剂量监测

2 名辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每 90 天到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理：个人剂量档案应保存至辐射工作人员年满 75 周岁或停止辐射工作满 30 年。

（3）职业健康检查

建设单位须组织 2 名辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每年进行一

次职业健康检查，建立个人健康档案。在本单位从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行放射性职业健康体检。

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许可管理办法》，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；有完善的辐射事故应急措施。

瑞浦兰钧能源股份有限公司原已制定了相关辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等（见附件 8、附件 9）。公司已制定的辐射安全管理规章制度具有一定的针对性和可操作性，满足现有核技术利用项目对辐射安全管理规章制度的需求。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。

本项目为扩建项目，公司应将本项目纳入日常管理内。为保障探伤作业安全运行，确保公众和放射工作人员免受意外照射和潜在照射，公司还应根据本项目情况对相关辐射安全管理制度进行补充和完善，具体如下：

1、公司应加强对射线装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业并报告发放辐射安全许可证的环境保护主管部门，经检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

2、岗位职责：

制定辐射工作人员职责，现场探伤时须制定控制区、监督区管理人员职责。

3、操作规程：

①明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求、工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

②操作人员必须熟悉工业 CT 机的性能和使用方法，并做好相应的个人防护，操作规程应张贴在操作人员可看到的显眼位置，防止误操作。

4、辐射防护和安全保卫制度：

根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 机检测装置的运行和维修时辐射安全管理。装置的使用场所，应有门—机联锁安全装置、开机工作警

示灯，电离辐射警示标志及中文警示说明等防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。

5、设备检修维护制度

明确工业 CT 机检测装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT 机检测装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

①射线装置日常维护频率为 30 天一次，维护内容包括开机后先检查仪器是否正常；使用中遇到异常情况及时切断电源；使用探伤机前训机时间充分；每日工作后清洁探伤机和配件；

②射线装置定期维护频率为三个月一次，维护内容包括对 CT 机作一次曝光曲线，对设备机械性能进行维护；检查安全装置的有效性及操作完整性。

③辐射工作人员每天检查 X 光机运行是否完好，所使用的剂量仪是否完好。

6、监测方案

①根据当地生态环境部门的要求，定期请有资质的检测单位对探伤间周围环境的 X 射线剂量率进行检测；确定了检测项目、检测频度、检测范围等相关要求；

②检测记录应清晰、准确、完整并纳入辐射安全档案管理并存档。

7、射线装置使用登记制度

①公司建立射线装置技术档案，用制表形式表明工业 CT 机的技术档案参数，同时保存设备说明书；

②公司建立管理制度，使用射线装置时及时进行登记、检查；

③公司经常督促射线装置使用人员填写使用记录，并且不定期进行检查；

④公司对每次生态环境部门的监督检查、检测均登记在册，做好生态环境部门环评报告（包括批复）、检测报告等技术档案的归档工作；

⑤做好辐射安全许可证、个人剂量检测报告及体检报告的存档工作。

8、人员培训计划

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，取得上岗证书后方能从事辐射工作，并每四年制定一次培训计划。

9、各项规章制度、操作规程必须张贴上墙明示。

10、公司应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，加以完善和补充，并确

保各项制度的落实。应根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》（国务院第 449 号令）等相关法规和标准，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的环境监测机构进行监测。因此公司应制定检测计划，对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作，做好监测记录，检测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

针对该公司探伤项目情况，本环评提出以下监测计划：

1、工作人员监测计划

探伤工作人员工作时应佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。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（定期将个人剂量片送往有资质的检测单位进行检测）。公司应建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超剂量限值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为，并指定专职辐射管理人员负责对个人剂量检测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

2、探伤室监测计划

本项目正式投入使用后，公司须定期（每年 1 次）委托有资质的单位对铅房周围环境进行监测，并建立监测技术档案，监测数据每年年底向当地生态环境部门上报备案。

①年度监测

委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量当量率进行监测，监测周期为 1 次/年；年测报告应作为《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。

②日常自我监测

定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定辐射工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期建议每季 1 次。

③监测内容和要求

A、监测内容：周围剂量当量率。

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

表 12-1 监测场所及监测项目建议

监测项目	监测项目	监测点位	监测依据	监测频率
周围剂量当量率	年度监测	操作台操作位，铅房屏蔽体、顶部表面 30cm 处，工件门、检修门门缝，铅房排气口及其他人员常驻留位置	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）	1 次/年
	自主监测			
	验收监测			
个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）	常规监测周期一般为 1 个月，最长不应超过 3 个月

3、项目竣工验收检查内容

建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令，第 682 号）第三章 环境保护设施建设 第十七条“编制环境影响报告书、环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。”本项目竣工后，建设单位应当按照《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验收技术指南污染影响类》（生态环保部公告 2018 年第 9 号）等相关要求，编制验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-2。

表 12-2 竣工环境保护设施验收一览表

序号	验收项目	验收内容		验收要求
1	环保资料	项目建设的环评评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告。		落实
2	环境管理制度	有专人负责，制度上墙等。		落实
3	警示装置及安全措施	铅房防护门上方设置工作状态指示灯；防护门或探伤机房入口处贴辐射警示标识，安装机房监控系统，防护门安装联锁装置，安装通风系统，便携式剂量报警仪 2 台，个人剂量计 2 个。		落实
4	人员管理	应配备至少 1 人；放射工作人员持证上岗，5 年进行 1 次复训；每 2 年参加 1 次职业健康体检；佩戴个人剂量计，每 90 天送检 1 次；放射工作人员资料信息安排专人管理。		环境保护部令第 3 号、环境保护部令第 18 号
6	电离辐射	剂量限制	放射工作人员年有效剂量≤5mSv/a；公众人员年有效剂量≤0.25mSv/a。	GB18871-2002 及环评要求

		四周墙体外剂量率控制	探伤室四周墙体外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	GBZ/T250—2014、GBZ117-2022
		顶棚外剂量率控制	探伤室顶棚外 30cm 处周围剂量当量率： $\leq 100\mu\text{Sv/h}$	GBZ117-2022

4、现有核技术利用项目辐射监测

企业已成立了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，已针对现有核技术利用项目制定了辐射安全管理制度，每年委托有资质单位对本单位的辐射工作场所进行了监测，并每年对本单位辐射工作场所的安全和防护状况进行年度评估，于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交上一年度的评估报告。

企业现有辐射持证人员 58 名，实际工作人员 41 名，储备人员 17 名，涉源人员均已参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核，进行职业健康体检并建立了辐射工作人员职业健康监护档案，由专人进行保存。根据辐射工作人员的职业健康体检报告，其中 2 名放射工作人员不宜继续原放射工作，公司已进行调岗、转岗（见附件 10）；公司已为每名辐射工作人员配备个人剂量计，并定期送有资质部门进行个人剂量监测，建立了个人剂量档案，根据辐射工作人员的个人剂量检测报告（见附件 11），现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a 。

辐射事故应急

1、辐射事故应急预案

为应对可能发生的放射事故，确保救援工作有序进行，最大限度地减少或消除事故和紧急情况造成的影响，避免事故蔓延和扩大，维护正常的生产工作秩序，提高应对辐射事故的能力，切实保障工作人员及公众的生命安全，根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（国务院第 449 号令）、《中华人民共和国职业病防治法》和《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》等有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，结合企业自身实际，瑞浦兰钧能源股份有限公司制定了《辐射安全事故应急措施》（见附件 9）。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司还应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期组织应急人员进行应急演练。

对突发放射性事故，企业应坚持以预防为主、防治结合、严格管理、安全第一的方针，建立和加强相应的监测、应急制度，做到及时发现、及时报告、快速反应、及时控

制。同时要不断完善应急反应机制，增强应急处理能力，实现应急工作的科学化、规范化。

（1）组织机构及职责

1）应急机构

公司成立“辐射事故应急处理领导小组”，组织、开展辐射事故的应急救援工作，在突发辐射事故发生时，应急处理小组成员应在 10 分钟内赶到现场，研究制定应急措施，并按照各自职责开展工作。

2）职责：

- ①贯彻执行国家辐射事故应急方针和政策以及浙江省环保厅关于辐射事故应急响应的指示，配合做好事故应急处理工作；
- ②负责向国家和省、市级辐射应急机构报告在公司发生的辐射应急事故；
- ③负责建立公司辐射事故应急响应网络；
- ④应急事故处理小组做好辐射应急准备和应急响应工作，包括事故期间和应急终止后的辐射环境安全监督管理、环境辐射监测与评价、废物处理与处置等工作；
- ⑤负责与公司外部接口单位的工作协调，取得人力、物力、设备的支援和技术支持；
- ⑥及时向省、市级生态环境部门报告辐射事故发展和应急监测情况；
- ⑦组织事故调查，并对有关单位和人员进行责任追究。

（2）应急处置程序

①发生事故时，辐照场地工作人员应立即断开室内应急开关，设备操作人员要立即切断电源开关，并保存控制器上的照射记录，不得随意更改，为以后的事故处理留下依据。

②发生事故时，应急领导小组应初步判断事件等级，并立即启动应急预案；发生较大辐射事故时，应急领导小组要设立现场指挥部，迅速控制事态和现场，判明已造成污染的范围、影响程度、受损程度等情况，并根据所掌握的事件初步情况迅速开展现场应急监测工作，及时掌握并向现场指挥部上报放射性环境污染状况，提出事故控制及处置措施。

③事故发生后，应迅速安排受辐射人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并采取封闭现场等有效措施，防止事故的进一步扩大和蔓延，认真做好受辐射人员的思想工作，保护好现场，如实向事故调查人员介绍清楚，以便于估算受照剂量、判定事

故级别，提出控制办法。

④2 小时内填写辐射事故初始报告表，明确事故类型（丢失、被盗、误照射等），并根据事故类型及时（2 小时内）向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告，根据事态变化提出相应的应急解决方案，并根据实际需要请求支援。

⑤应急响应中，凡发现有人员、财物或场所受到放射性物质污染的，应在医疗或防护人员指导下进行去污。对在去污过程中产生的放射性固体废物和废水，应妥善收集，以便作进一步处理或处置。要防止去污过程中产生的废物和废水造成再次污染。

⑥事故发生后，配合有关部门的事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况

⑦组织召开事故处理分析会议，及时向应急领导小组报告事故有关情况，由应急领导小组统一发布辐射事故的信息。

⑧对事故的处理要公开、严肃，防止类似事件的再次发生。

（3）应急终止

1) 应急终止条件

①事故得到控制，事故条件已经消除；

②辐射事故放射性物质的释放值已降到规定限值之内；

③采取并继续采取一切必要的防护措施以保护公众免受污染，并使事故的长期后果可能引起的照射降至合理可行尽量低的水平。

2) 应急终止程序

根据应急领导小组意见上报，并经相关主管部门批准后实施终止。

应急状态终止后，应当根据上级主管部门的指示和实际情况，安排继续进行环境放射性巡测、采样和评价工作，直到自然过程或其它补救措施无需继续进行下去。

应急状态终止后，应评价所有的应急日志、记录和书面信息等；评价应急期间所采取的一切行动；评价造成应急状态的事故，指导有关部门和事故责任单位查出原因，防止重复出现类似事故；编制应急总结报告；根据实践经验，修改现有应急方案。

2、放射工作人员的应急管理

建设单位应当加强日常事故演习及放射事故的预防工作，辐射工作管理及操作人员树立良好的辐射防护安全意识，培养良好的安全意识。包括以下几点：

①从事探伤工作时，必须设警示标志，以确保公众的安全。

②放射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误。

加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度。

③加强辐射安全防护知识的宣传工作，开展法规教育。

表 13 结论与要求

结论**1、项目概况**

项目名称：瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高精度工业 CT 项目

建设单位：瑞浦兰钧能源股份有限公司

建设性质：扩建

建设地点：瑞浦兰钧能源股份有限公司 A-27a 地块内研发技术中心探伤间。

建设内容：企业拟新增 HH 300/180 型双源高精度工业 CT，开展锂离子电池检测工作。企业计划每天抽检 8-10 个工件，每次拍 2-4 组，每组拍片平均时间约为 30min（包括重复工件摆放、关门、曝光成像等），设备出束时间 15min。辐射工作人员每天正常工作时间为 8h，当公司业务量较大时，公司经与工作人员协调后会适当延长工作时间，每天工作时间不超过 15h，每年工作 50 周，每周工作 6 天，则每年最多工作 300 天。

设备每天出束时间为 7.5h，周出束时间为 45h，年出束时间为 2250h。

2、实践正当性分析

瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高精度工业 CT 是为了实现对锂离子电池的无损检测，提高产品质量与生产安全。本项目运行过程中，对射线装置的使用将按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。根据影响分析，本项目运行所致辐射工作人和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。本项目在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，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。因此，本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

3、可行性分析**（1）选址可行性分析**

本项目位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块，不在生态保护红线范围内，周围不涉自然保护区、饮用水水源保护区、风景名胜区、生态功能保护区等环境敏感区，本项目不会对区域内的生态环境产生明显的影响，符合生态保护红线的要求。

项目探伤间位于温州市空港新区民营经济技术产业基地 A-27a 地块内研发技术中心一楼，探伤间四周均为厂区内部区域，50m 范围不涉及自然保护区、风景名胜区、饮用

水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区，采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围的环境影响较小，所以选址是可行的。

（2）产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类产业，因此本项目的建设符合国家产业政策。

（3）三线一单符合性分析

①生态保护红线

本项目不涉及饮用水源、风景区、自然保护区等生态保护区，对照《温州市区生态保护红线划定技术报告》和《温州市区生态保护红线划分图》等相关文件划定的生态保护红线，本项目不涉及生态保护红线，因此，项目建设符合生态保护红线要求。

②环境质量底线

本项目利用现有厂房，仅进行设备安装无需土建，且占地较小，不涉及临时占地，项目的实施不会改变所在地土壤性质。根据环境质量现状监测结果，本项目拟建探伤间周围环境 X 射线辐射剂量属于正常本底范围。在落实本报告提出的各项污染防治措施后，不会对周围环境产生不良影响，能维持周边环境质量现状，满足该区域环境质量功能要求，因此本项目符合环境质量底线要求。

③资源利用上线

本项目探伤间位于已建厂房内部，不新增土地指标。项目用电来自市政电网，不属于高能耗、高水耗、高资源消耗行业，对资源的利用不会突破工业区资源利用上线。

④生态环境准入清单

根据《浙江省温州市“三线一单”生态环境分区管控方案》（2021 年 3 月），本项目位于浙江省温州市空港新区产业集聚重点管控单元（ZH33030320003）。本项目为核技术利用建设项目，不属于三类工业项目，符合管控单元准入清单要求。

（4）达标排放符合性

在落实报告中提出的各项污染防治措施后，本项目运行对周围环境产生的辐射影响可以满足环境保护的要求。项目运行产生的少量臭氧及氮氧化物室内浓度较小；经排风系统排入大气后，臭氧会自动分解，故臭氧及氮氧化物对大气环境的影响不大。

4、辐射安全与防护分析

本项目探伤铅房西南侧屏蔽体（主屏蔽）拟铺贴 35mm 铅板+3.5mm 钢板，东南、

西北侧屏蔽体拟铺贴 21mm 铅板+5mm 钢板，东北侧屏蔽体拟铺贴 21mm 铅板+5.5mm 钢板，顶部屏蔽体拟铺贴 21mm 铅板+3.5mm 钢板，底部屏蔽体拟铺贴 21mm 铅板+10mm 钢板。根据建议屏蔽参数估算结果可知，屏蔽墙、顶棚、等屏蔽厚度能够满足辐射防护要求，工业 CT 机所致剂量水平能够达到标准规范中的要求。辐射工作场所应设置电离辐射警示标志、报警系统与铅房门联锁、射线装置的设置充分考虑了周围的放射防护安全，辐射工作人员均应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，完善各项辐射环境管理制度。

综上所述，该建设项目辐射安全防护措施包括了辐射防护与安全设施、安全操作、健康监护、危害因素检测、事故应急处理、辐射防护与安全管理等项，辐射防护措施项目齐备，能够有效控制辐射安全。

5、环境影响分析

按屏蔽参数预测估算，本项目探伤间四周放射性职业人员和环境关注点处的剂量率、周剂量水平和年剂量当量均可满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002）中的规定，也满足本项目辐射剂量管理目标限值。

本项目辐射工作人员和公众人员所受辐射年有效剂量均低于本评价提出的 5mSv/a 和 0.25mSv/a 的年管理剂量约束值，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。

6、结论

综上所述，瑞浦兰钧能源股份有限公司新增双源高精度工业 CT 项目在落实本报告提出的所有污染防治措施和辐射管理基础上，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；其运行对周围环境产生的辐射影响满足相关标准的要求，辐射防护措施和事故应急措施可行，该项目对环境的辐射环境影响是可接受的。公司应加强管理，在工作过程中不断补充完善。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议和承诺

1、建议

(1) 按照国家相关要求进行标准化建设，射线装置安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对铅房的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可证后方可开展探伤工作。

(2) 公司应加强辐射安全教育培训，提高辐射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。

(3) 辐射工作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，考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，严禁无证上岗。

(4) 认真学习贯彻国家相关的环保法律法规及相关标准规范，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作；

(5) 定期对铅房及其周围辐射水平进行监测；辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，并进行岗前职业健康检查工作。

(6) 不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

(7) 定期对工作场所及其周围环境的辐射监测，据此对射线装置的安全和防护状况进行年度评估。

2、承诺

(1) 承诺按照相关法律法规要求严格履行环评制度、环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

(2) 承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

(3) 承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

(4) 承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(5) 承诺本项目环评审批后，及时申领辐射安全许可证。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

经办人（签字）

（公 章）

年 月 日

审批意见：

经办人（签字）

（公 章）

年 月 日

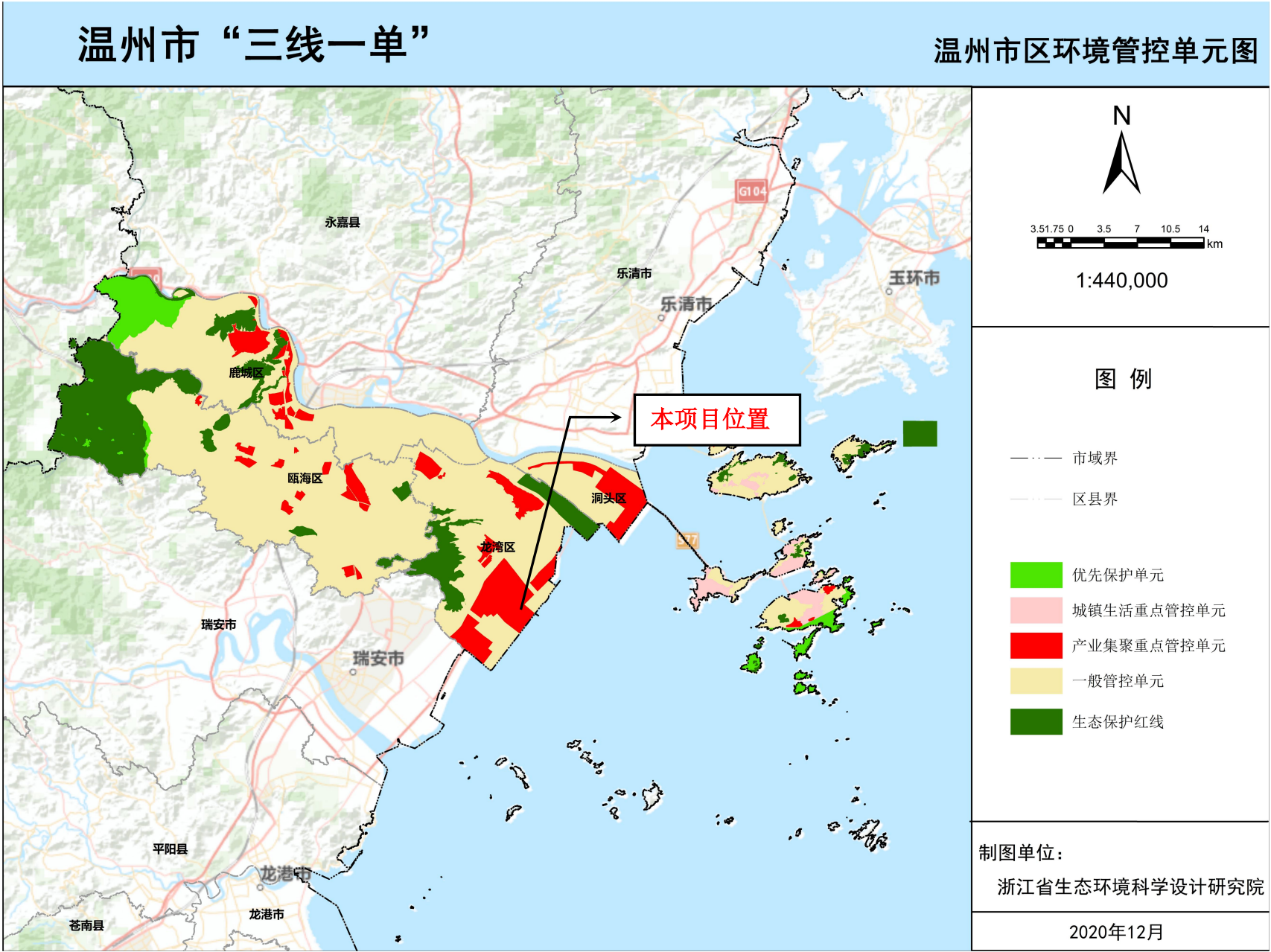
附图 2：项目地理位置图



温州市自然资源和规划局 主办

温州设计集团大数据院、温州市勘察测绘研究院 联合编制

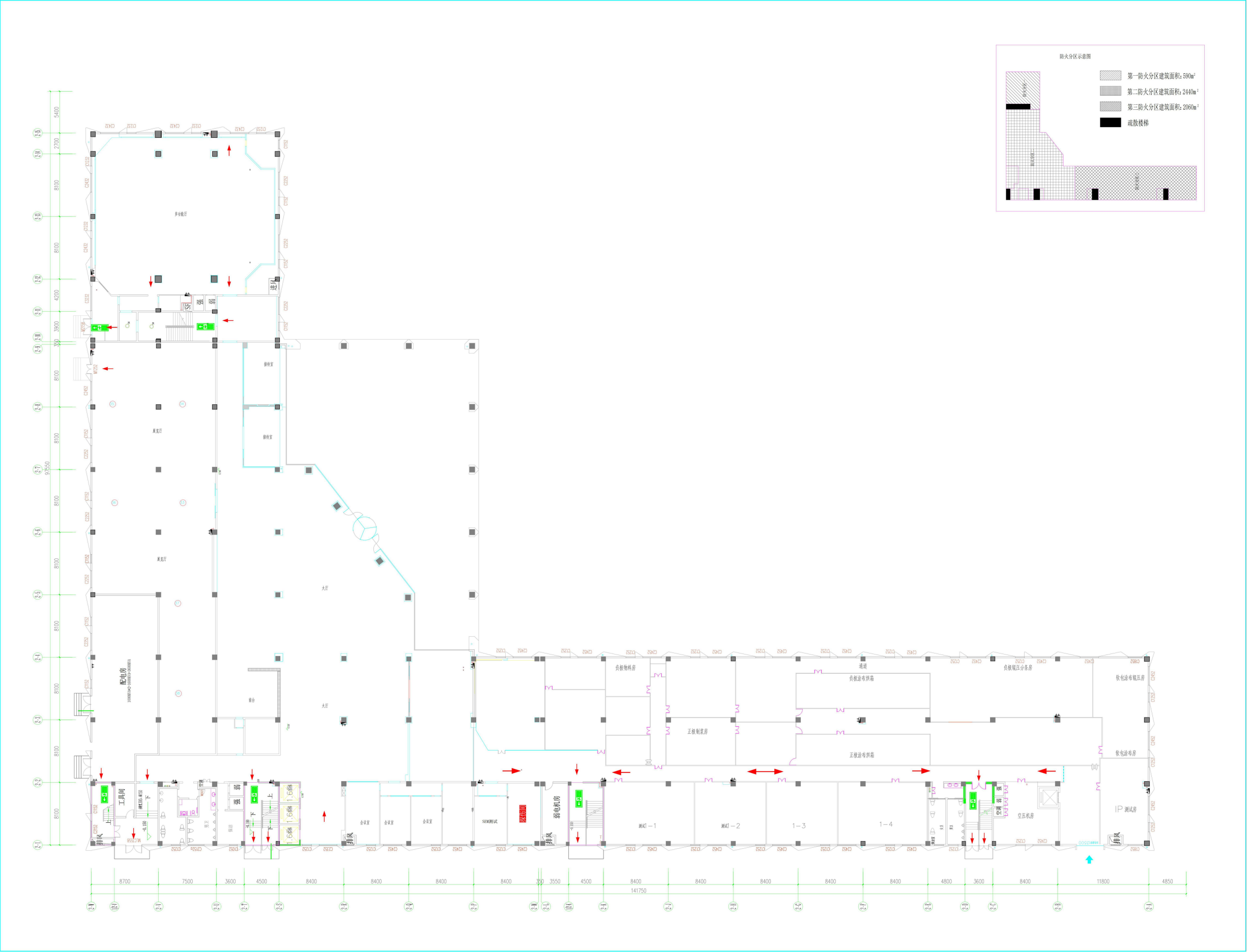
附图 3：温州市“三线一单”环境管控单元图



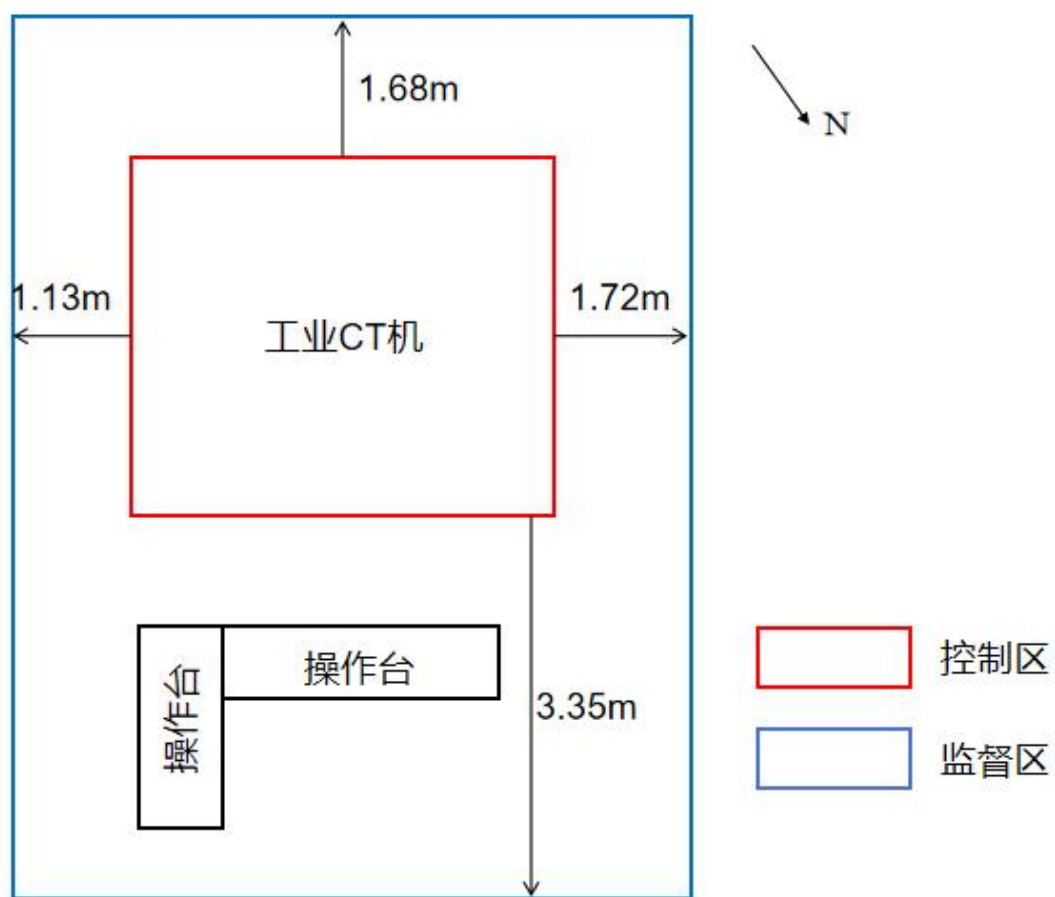
附图 4：厂区四至关系图



附图 5：研发中心 1F 平面布置图



附图 6：探伤间平面图



附图 7：射线装置屏蔽结构图

