

核技术利用建设项目

浙江省应急管理科学研究院 X 射线
探伤项目环境影响报告表
(报批稿)

浙江省应急管理科学研究院

2020 年 12 月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况.....	2
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封放射性物质.....	9
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	11
表 6 评价依据.....	12
表 7 保护目标与评价标准.....	14
表 8 环境质量和辐射现状.....	19
表 9 项目工程分析与源项.....	22
表 10 辐射安全与防护.....	25
表 11 环境影响分析.....	29
表 12 辐射安全管理.....	37
表 13 结论与建议.....	41
表 14 审批.....	47

表 1 项目基本情况

建设项目名称		浙江省应急管理科学研究院 X 射线探伤项目			
建设单位		浙江省应急管理科学研究院			
法人代表	陈**	联系人	朱**	联系电话	159*****
注册地址		浙江省杭州市西湖区莫干山路西溪河下 77 号			
项目建设地点		浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	100	项目环保投资 (万元)	10	投资比例(环保投资/总投资)	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	--
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其它	/			
	1.1 项目概述				
1.1.1 建设单位情况					
<p>浙江省应急管理科学研究院（以下简称“省应科院”，原为浙江省安全生产科学研究院，事业单位法人证书见附件 1）是浙江省安全生产领域集科学研究与技术为一体的综合性科研机构，省应科院前身是 1980 年成立的原浙江省劳动保护科学研究所，2007 年更名为浙江省安全生产科学研究所，2011 年更名为浙江安全生产科学研究院，2020 年再次更名为浙江省应急管理科学研究院，注册地址为浙江省杭州市西湖区莫干山路西溪河下 77 号，业务范围覆盖安全生产科学研究、安全评估、安全生产检测检验、消防设施检测及维护保养、职业及放射卫生检测与评价、特种设备无损检测、安全生产管理咨询等技术服务。省应科院现有员工 122 人，其中教授级高工 4 人，高级工程师 45 人，工程师 36 人，博士 2 人，</p>					

硕士 34 人，本科生 66 人，技术人员专业涵盖通风、公共卫生、采矿、材料、化工与制药、机械、建筑、电气信息、能源动力、环境工程、安全工程等多个相关专业。省应科院持有原省安监局颁发的安全生产检测检验乙级资质，持有原国家安监总局颁发的职业卫生技术服务机构甲级资质，是全国范围内资质领域较为齐全的机构之一。

1.1.2 项目建设目的和任务由来

省应科院目前有两个院区（西溪院区和青山湖院区），本 X 射线探伤项目位于青山湖院区，地址位于浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号。

根据建设单位提供资料，应科院因业务发展需要，并扩充在金属材料安全性能方面研究能力，购入 2 台 X 射线机和一套采用整体式设计的铅房，开展室内无损检测工作，用于少量工业 X 射线探伤业务和院内关于金属材料安全性能方面研究、金属设备设施安全的教育培训工作。

根据《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）：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环境保护主管部门审批。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），本项目拟新增的工业用 X 射线探伤机属 II 类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（环境保护部令第 44 号）及《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部令第 1 号），本项目属于“五十、核与辐射”中“191、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，本项目应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，浙江省应急管理科学研究院委托杭州旭辐检测技术有限公司对本项目进行辐射环境影响评价。评价单位在对探伤场所进行辐射环境影响分析的基础上，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。

1.1.3 项目建设规模

经与建设单位核实，建设单位在浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号公司院区地下室检测室（原设备用房）内新建一间探伤铅房，并配置 2

台 X 射线探伤机（分别为：XXG-3005 型 300kV 定向陶瓷管射线探伤仪一台，最大管电压 300kV，最大管电流 5mA；XXG-2005 型 200kV 定向陶瓷管射线探伤仪一台，最大管电压 200kV，最大管电流 5mA；），用于开展室内无损检测工作，且不同时使用。

1.2 项目选址及周边保护目标

1.2.1 建设单位地理位置

项目建设地址位于浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号，其东侧为大园路，南侧为钱坞路，西侧为自然资源部第二海洋研究所（临安基地）（距本项目探伤铅房 56m），北侧为星港路，具体地理位置见附图 1，公司总平面布置见附图 2。

1.2.2 辐射工作场所地理位置

探伤铅房位于省应科院院区南侧 1#实验楼-1F 地下室西北角检测室，其东侧为地下室道路，南侧隔防护通道、密闭通道为停车库，西侧隔防护通道为扩散室、滤毒室，北侧为停车库，周边环境示意图见附图 3。地下室无其它办公室或工作人员常驻用房，检测室入口处装设声光警报器，射线设备工作时打开，不工作时关闭。检测室周边设置警戒线，在入口处装设监控，禁止无关人员进出。评价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。

1.2.3 选址合法性、合理性分析

（1）土地利用总体规划符合性、区域规划符合性分析

本项目位于浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号，用地性质为科教用地，符合土地利用要求。另据《临安市域总体规划（2007-2020）》中空间发展方向与策略，青山湖片区发展策略与方向：控制青山湖环湖的开发容量、开发强度，限值开发功能，明确控制要求，实施沿线综合整治，在临余公路以北，利用低丘缓坡地区，适度发展景观住宅与高新技术产业与文创产业。本项目行业类别属于专业技术服务业，属于该片区适度发展的技术产业，基本符合地方产业政策要求。

（2）产业政策符合性分析

本项目属于专业技术服务业，经对照查询国家发展和改革委员会发布的《产

业结构调整指导目录（2019年本）》，项目产品和生产规模均不在淘汰或限制发展之列，主要生产设备不在国家明令强制淘汰、禁止或限制使用之列；也不属于《浙江省淘汰落后生产能力指导目录（2012年本）》和《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019年本）》中淘汰的产业导向。因此，项目建设基本符合国家、浙江省及地方产业政策。

因此，本项目选址是合法、合理的。

1.2.4 与“三线一单”的符合性分析

（1）与“生态保护红线”的符合性分析

本项目位于杭州市临安区青山湖科技城，根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及杭州市市辖区环境管控单元分类图（图 1-1），本工程未涉及其划定的生态保护红线优先保护区，本工程所在区域涉及生态管控区域类型为产业集聚区重点管控单元。因此，本项目的建设符合生态保护红线的要求。

（2）与“环境质量底线”的符合性分析

①大气环境质量底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》的要求，杭州市 2020 年大气环境质量底线目标为全市 PM_{2.5} 年均浓度达到 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，空气质量优良天数比率达到省下达的目标，重度及以上污染天数比率比 2015 年下降 25%以上。

本项目利用已有厂房，施工期仅进行设备安装无需土建，对周围环境空气基本无影响。本项目营运期 X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经探伤铅房顶置轴流风机排风扇，排风口位于探伤铅房房顶（探伤铅房通风换气次数不低于 3 次/h），臭氧量在环境中会自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2，远低于无组织排放浓度限值，故有害气体对环境的影响较小。不会导致沿线大气环境质量下降。因此，本项目的建设符合大气环境质量底线的要求。

②水环境质量底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》的要求，到 2020 年，县以上城市集中式饮用水源地水质达标率 100%；国家考核断面水质

I-III类的比例达到 92.3%以上，省控断面水质 I-III类的比例达到 90.6%。

本项目利用已有厂房，施工期仅进行设备安装无需土建，无施工废水排放；营运期仅产生少量冲洗废水，经沉淀后排入（院区）污水管网，不会导致沿线地表水环境质量下降。符合水环境质量底线的要求。

③土壤环境风险防控底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》，到 2020 年，全市土壤环境质量总体保持稳定，农用地和建设用地土壤环境安全得到基本保障，土壤环境风险得到基本管控，受污染耕地安全利用率达到 92%左右，污染地块安全利用率达到 93%以上。

本工程对所在地土壤性质有可能产生影响的活动主要为固体废物未妥善处置。根据环境影响评价章节提出的相应环保措施，危废应与有资质的单位签订危险废物处置协议，定期处理，同时建立危险废物台帐。不会对土壤产生影响，符合土壤环境风险防控底线。

（3）与“资源利用上线”的符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及本工程的特点，本工程涉及到的资源利用类型有水资源及土壤资源。

本项目无施工期，营运期新增用水量约 1t/a，用水量较少。

本项目为应科院已有建设用房，不新增用地，且占地面积较少。

综上所述，本项目的建设符合资源利用上线的要求。

（4）与“环境准入清单”的符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及杭州市市辖区环境管控单元分类图（图 1-1），本工程未涉及其划定的生态保护红线优先保护区，本工程所在区域涉及生态管控区域类型为产业集聚区重点管控单元及一般管控单元。

本项目属专业技术服务业项目，不属于《浙江省工业污染项目（产品、工艺）禁止和限制发展目录（第一批）》中规定的禁止类和限制类项目；本工程不涉及饮用水水源保护区，本工程属于核技术利用建设项目，不属于二、三类工业企业项目，项目产生少量清洗废水，经污水处理设施处理达标后纳管排放，不会对周围水环境造成影响；探伤过程产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经探伤

铅房顶置轴流风机排风扇处理后，臭氧量在环境中会自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2；故本项目产生的废气基本不会对周围大气环境造成影响。项目投运后，不排放有总量控制指标的污染物。并结合本工程所在环境管控单元的环境准入清单（见表 1-1），可知本工程满足环境准入清单的要求。

表 1-1 本工程所在管控单元分类准入清单

环境管控单元		管控要求			
类型	区域	空间布局引导	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求
重点管控单元	产业集聚区	根据产业集聚区块的功能定位，建立分区差别化的产业准入条件。严格控制重要水系源头地区和重要生态功能区三类工业项目准入。优化完善区域产业布局，合理规划布局三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造。合理规划在居住区和工业区、工业企业之间设置防护绿地、生活绿地等隔离带。	严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。	定期评估沿江湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。强化工业集聚区企业环境风险防范设施设备建设和正常运行监管，加强重点环境风险管控企业应急预案制定，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，加强风险防控体系建设。	推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，推进节水型企业、节水型工业园区建设，落实煤炭消费减量替代要求，提高资源能源利用效率。

综上所述，本项目符合杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案要求。

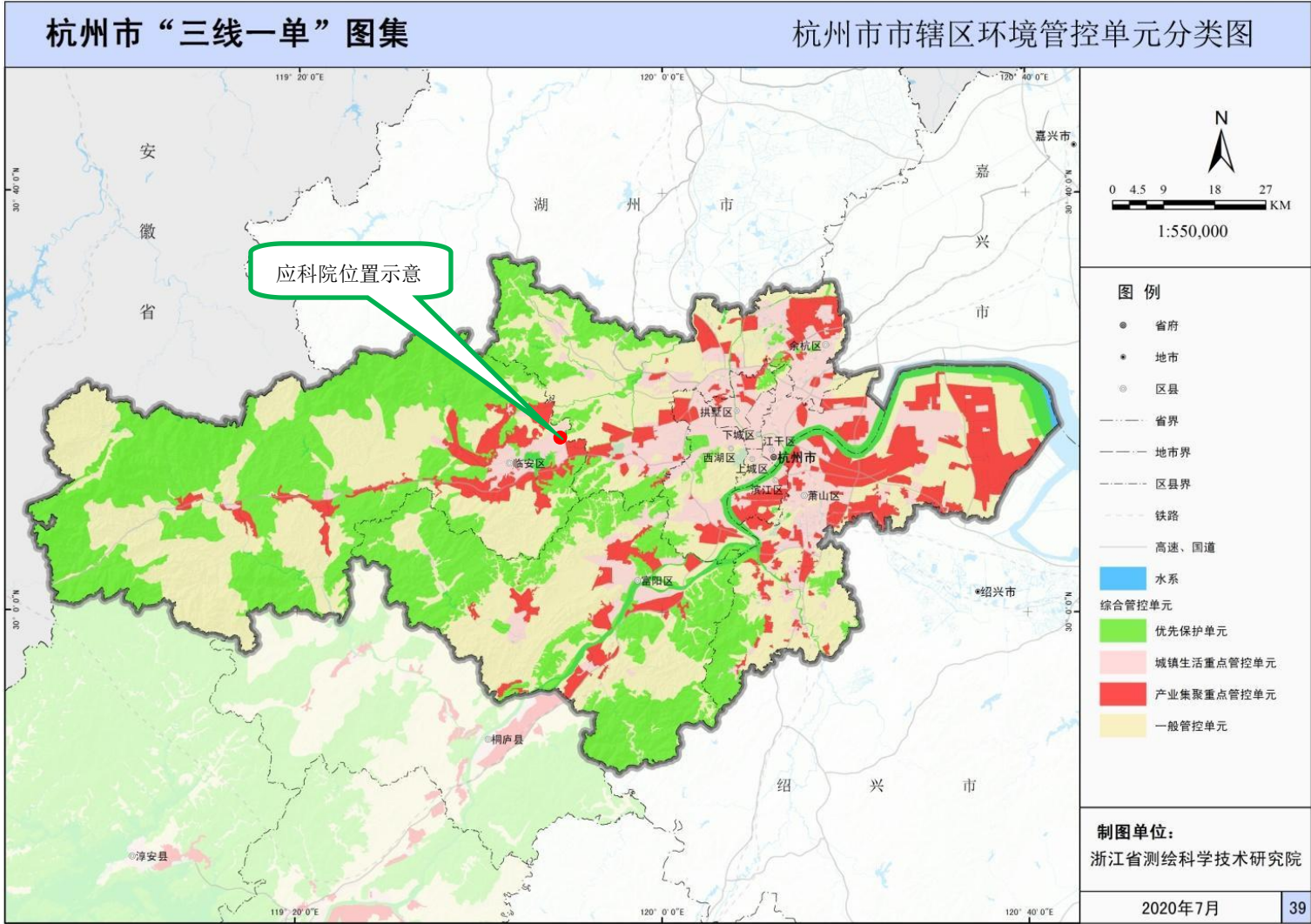


图 1-1 杭州市市辖区环境管控单元分类图

表 2 放射源

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	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	定向陶瓷管射线探伤仪	II	1	XXG-3005	300	5	工业探伤	探伤铅房	新增
2	定向陶瓷管射线探伤仪	II	1	XXG-2005	200	5	工业探伤	探伤铅房	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 (μ A)	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
清洗废水	液体	/	/	/	800kg	/	集水池沉淀	纳管排放
废显(定)影液	液体	/	/	/	200kg	/	暂存于废液贮存室的塑料桶内	交由有资质的单位处理
废胶片	固体	/	/	/	50kg	/	暂存于废液贮存室	交由有资质的单位处理

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，年排放总量为 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	<p>(1) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月；</p> <p>(3) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年；</p> <p>(4) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令 44 号，2017 年 6 月 29 日；</p> <p>(6) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》，生态环境部令 1 号，2018 年 4 月 28 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令 47 号，2017 年 12 月 20 日修改；《生态环境部关于废止、修改部分规章的决定》（生态环境部令 7 号），2019 年 8 月 22 日修改；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（第二次修正）》，国务院令 449 号，2019 年 3 月 2 日修正；</p> <p>(9) 《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 18 号，于 2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 浙江省环保厅关于发布《省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，2015 年 9 月 23 日；</p> <p>(11) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令 289 号，2012 年 2 月；</p> <p>(12) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》，浙江省人民政府令 364 号，2018 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(13) 《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；</p> <p>(14) 《国家危险废物名录》，环境保护部令 39 号，2016 年 8 月。</p>
------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(4) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(5) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；</p>
<p>其它</p>	<p>(1) 事业单位法人证书，见附件 1；</p> <p>(2) 关于浙江省安全生产科学研究所科技园项目环境影响报告表的审查意见，见附件 2；</p> <p>(3) 委托书，见附件 3；</p> <p>(4) 环境本底检测报告，见附件 4；</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据能量流的传播与距离相关的特性，结合《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）的相关规定，本项目的的评价范围取探伤铅房屏蔽墙边界外 50m 的范围，见附图 3。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标为探伤铅房周围活动的辐射工作人员及非辐射工作人员和公众成员。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

保护目标	类型	方位		距离	人数
辐射工作人员	职业	西侧	操作位	紧邻	3 人
公众、非辐射工作人员	公众	东侧、西侧	停车场车库使用人员	紧邻	/
		北侧	2#办公楼及院区部分工作人员	45m	约 10 人

7.3 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

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

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当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。不应将辐射剂量约束值应用于获准实践中的医疗照射。

B1 剂量限值（标准的附录 B）

第 B1.1.1.1 款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，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 5mSv 作为辐射剂量约束值。

第 B1.2 款，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 0.25mSv 作为辐射剂量约束值。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、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。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤系统(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

4.1 防护安全要求

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

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

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

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

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线系统才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始

X 射线照射。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间,以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其它报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

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

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

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

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

4.2 安全操作要求

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

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

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

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

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

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

6 放射防护检测

6.2 X 射线探伤室的检测和检查

6.2.1.4 结果评价

X 射线探伤装置在额定工作条件下，探伤室周围辐射水平应符合 4.1.3 和 4.1.4 的要求。

6.2.2 探伤室的安全检查

对正在使用中的探伤室应检查探伤室防护门-机连锁装置，以及出束信号指示灯等安全措施，当同时使用多台探伤装置时，每台装置均应与防护门连锁。

(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。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

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

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

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

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° 。
- c) X 射线探伤机的泄漏辐射在距靶点 1m 处的剂量率，见表 1。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目建设地址位于浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号，其东侧为大园路，南侧隔院区其他办公楼为钱坞路，西侧为自然资源部第二海洋研究所（临安基地）（距本项目探伤铅房 56m），北侧为星港路，具体地理位置见附图 1，公司总平面布置见附图 2。

探伤铅房位于省应科院院区南侧 1#实验楼-1F 地下室西北角检测室，其东侧为地下室道路，南侧隔防护通道、密闭通道为停车库，西侧隔防护通道为扩散室、滤毒室，北侧为停车库，距离北侧最近 2#办公楼约 45 m，周边环境示意图见附图 3。

8.2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位及结果

(1) 环境现状评价的对象

本项目辐射工作场所周围。

(2) 监测因子

γ 辐射剂量率

(3) 监测点位

监测点位布点详见图 8-1。

(4) 监测方案

- 1、监测单位：杭州旭辐检测技术有限公司
- 2、监测日期：2020 年 05 月 27 日
- 3、监测方式：现场检测
- 4、监测依据：环境地表 γ 辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993
- 5、监测频次：依据 GB/T 14583-1993 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：29℃；相对湿度：67%；天气状况：多云。
- 8、监测设备

表 8-1 γ 辐射剂量当量率仪参数与规范

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
生产厂家	上海见驰辐射检测设备有限公司

能量响应	48KeV~3MeV $\leq\pm 30\%$ (相对于 ^{137}Cs)
量程	1nGy/h~200uGy/h, 1nSv/h~200uSv/h
检定证书	上海市计量测试技术研究院 (检定证书编号: 2020H21-10-2449496001 号) 有效期: 2020 年 4 月 26 日-2021 年 4 月 25 日
检测规范	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范 GB/T 14583-1993 电离辐射防护与辐射源安全基本标准 GB18871-2002

(5) 质量保证措施

- a 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。
- b 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。
- c 检测仪器每年定期经有相应资质的计量部门检定, 并在有效期使用期内。
- d 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常, 确保仪器正常后方可进行监测。
- e 检测人员经过省级培训机构的监测技术培训, 并经考核合格, 做到持证上岗。
- f 检测人员按操作规程操作仪器, 测量方法选用质量手册有关本次检测项目的检测实施细则, 并做好记录。
- g 检测单位已通过了浙江省质量技术监督局计量认证。

(6) 监测结果

本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率背景水平检测结果见表 8-2 (环境本底检测报告见附件 4)。

表 8-2 本项目辐射工作场所周围的 γ 辐射剂量率检测结果

检测点位	检测点位描述	辐射剂量率 (nGy/h)	
		平均值	标准差
▲1	探伤铅房中央	97	2.08
▲2	探伤铅房南侧防护通道口	114	5.21
▲3	探伤铅房北侧操作位内	103	4.60
▲4	探伤铅房东侧车库内	106	4.92

注: 检测结果未扣除宇宙射线的响应。

8.3 环境现状调查结果的评价

由表 8-2 的检测结果可知,本项目新建探伤铅房周围各现状检测点位的 γ 辐射剂量率在 97~114nGy/h 之间,由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知,杭州市建筑物室内 γ 辐射剂量率在 56~443nGy/h 之间,该项目建设地址 γ 辐射本底水平未见异常。

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 探伤机的特点及作业方式

该公司购置的 X 射线探伤机具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min，为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1: 1 方式工作和休息，确保 X 线管充分冷却，防止过热。公司预计每周工作 2d，每天开机探伤 2h。

探伤工件为尺寸不大于 500×500×1600mm 的金属构件，年拍片数约 1000 张。

9.1.2 工作原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对对象进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，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、铂、金、钽等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。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 9-1。

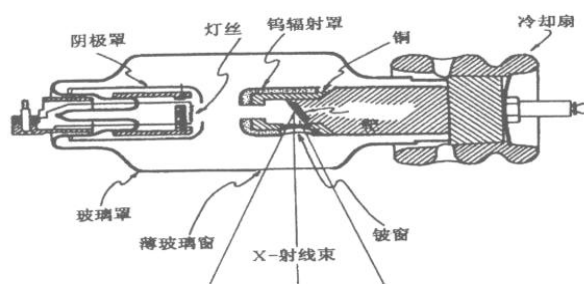


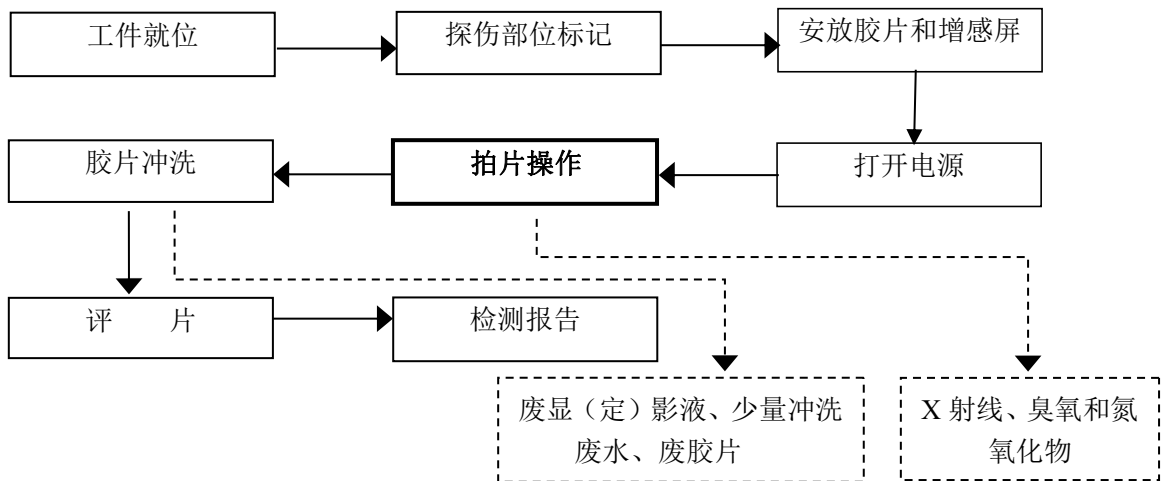
图 9-1 典型的 X 射线管结构图

9.1.3 探伤过程

本项目射线探伤均在固定的铅房内，将需要进行射线探伤的工件通过人工方式送至铅房，设置适当位置，在工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号，检查无误，工

作人员撤离铅房，并将工件门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员打开铅门将探伤工件送出铅房外，从探伤工件上取下已经曝光的 X 片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

9.1.4 探伤工艺流程图及产污位置图



9.2 污染源项描述

9.2.1 X 射线

本项目探伤机为Ⅱ类射线装置，由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时(曝光状态)才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

9.2.2 废气

X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经探伤铅房顶置轴流风机排风扇，排风口位于探伤铅房房顶（探伤铅房通风换气次数不低于 3 次/h），并接排风管引出至室外，臭氧量在环境中易自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2，故有害气体对环境影响较小。

9.2.3 废水

本项目洗片时会产生少量冲洗废水。洗片时先把胶片放到显影液里浸泡，然后将其从显影液里拿出、沥干，沥干后放入清水将胶片表面的灰尘杂质等冲洗掉，最后捞出晾干。冲洗废水产生量约 800L/年（0.8t/a）。

本项目冲洗废水中不含显影液，只清洗胶片表面灰尘杂质，水中污染因子主要为

SS，产生的废水经排水管沟汇集到集水池，集水池沉淀后排入院区污水处理设施处理达标后一并纳管排放。

9.2.4 固体废物

X射线探伤过程中产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，并无放射性。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 X 射线探伤铅房概况

根据建设单位提供的探伤铅房设计资料可知，本项目新建的一间探伤铅房，探伤铅房采用整体式铅房设计，净高度 2.0m，有效使用面积为 2.5m×2m=5m²。探伤铅房设有顶置轴流风机排风扇一套，排风口位于探伤铅房房顶，通风机拟设计风量 100m³/h，探伤铅房体积为 10m³，每小时通风换气次数不小于 3 次，满足通风需求。工件进出门设置门机联锁装置。当门体为关闭时探伤机无法送高压（即无射线释放），当门体被意外打开时，自动断开探伤机高压（即切断射线释放），铅房外部配备 1 套声光报警器及 4 个当心电离辐射警示标志。探伤铅房平面布置见图 10-1，探伤铅房设计图见图 10-2，探伤铅房剖面图见图 10-3，各侧房体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-1，项目总平面图见附图 3。

表 10-1 探伤铅房铅房设计屏蔽情况一览表

项目	内容
四侧墙体	3mm 钢板+30mm 铅板+100mm 骨架+30mm 钢板
顶部墙体	3mm 钢板+30mm 铅板+140mm 骨架+30mm 钢板
底部墙体	3mm 钢板+30mm 铅板+120mm 骨架+30mm 钢板
铅门	铅门为 3mm 钢板+30mm 铅板+80mm 骨架+30mm 钢板 工件进出口门洞尺寸：宽 800mm×高 1800mm 工件进出口门体尺寸：宽 1200mm×高 2000mm 工件进出口门体塔接：右塔接 200mm、左塔接 200mm、上塔接 100mm、下塔接 100mm 工件进出口门体传动方式：电动-蜗轮蜗杆减速电机-齿轮转动
排风系统	顶置轴流风机排风扇一套，铅房顶部安装防护铅罩。
穿线孔	铅房穿线孔设置铅防护罩

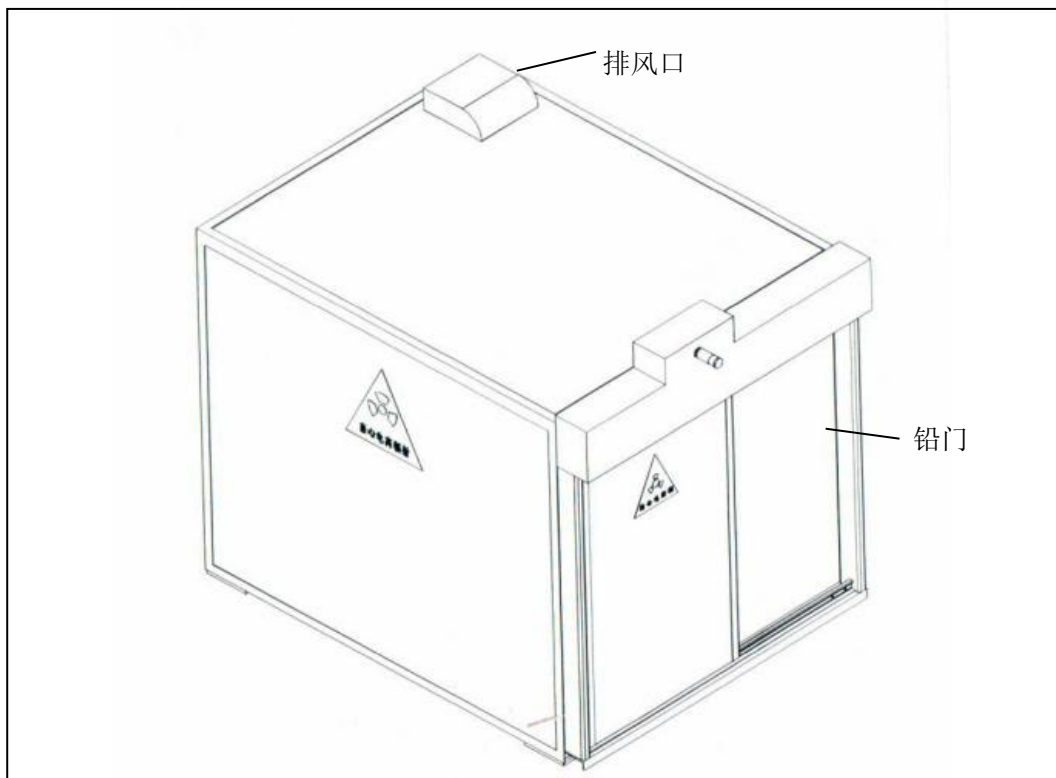


图 10-2 探伤铅房设计图

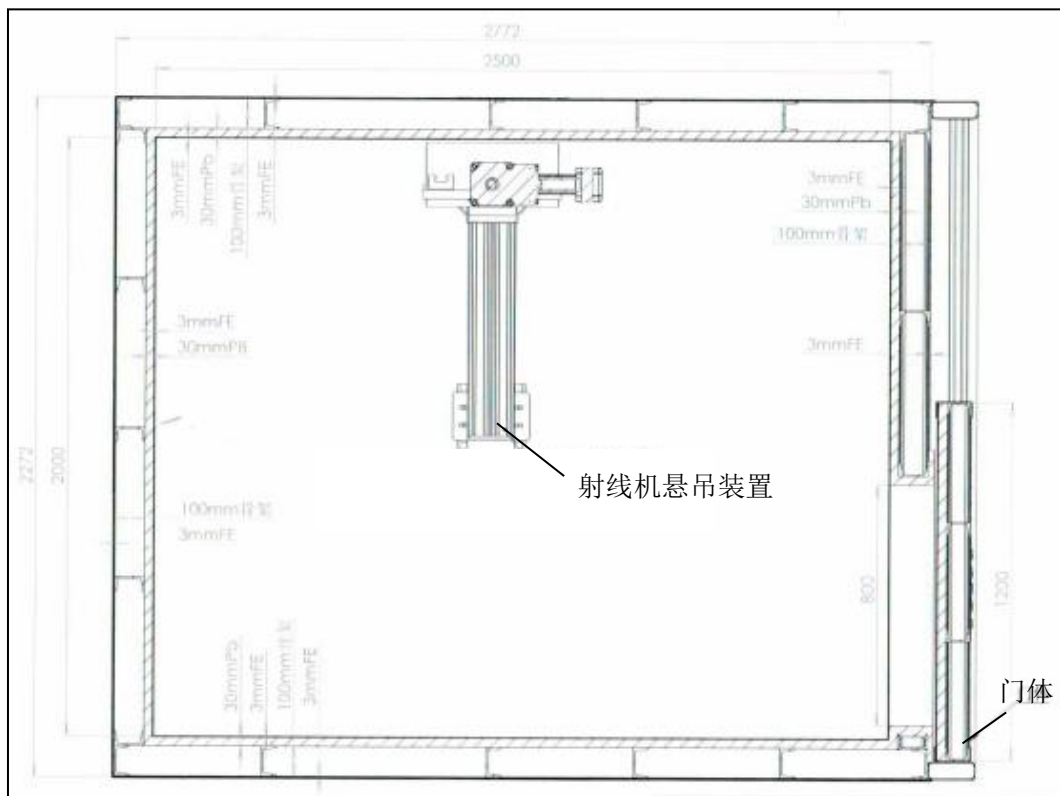


图 10-3 探伤铅房剖面图一

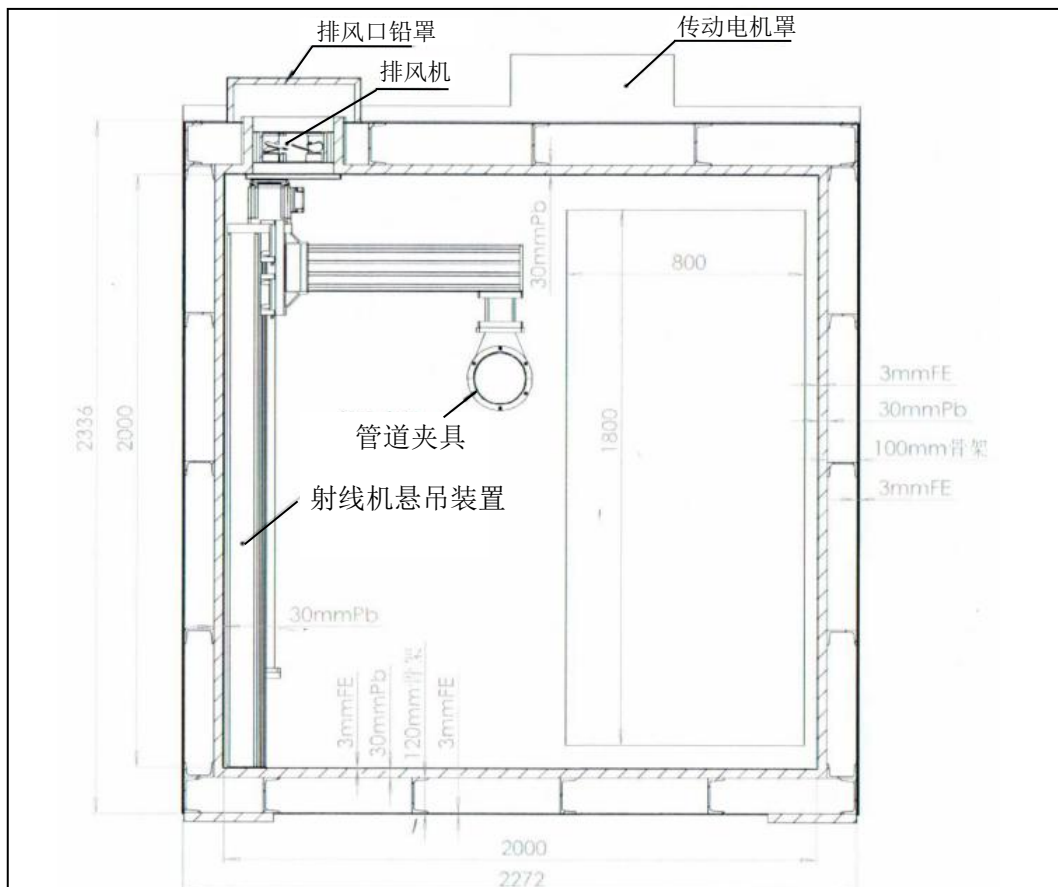


图 10-4 探伤铅房剖面图二

10.1.3 污染防治措施

(1) 对探伤工作场所实行分区管理。将探伤铅房墙壁围成的内部区域划为控制区，将整个检测室及门外 1m 处区域划为监督区。

(2) 探伤铅房应安装门-机联锁装置，只有在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。

(3) 照射状态指示装置应与 X 射线探伤机联锁。

(4) 探伤铅房防护门上应有电离辐射警告标志和中文警示说明。

(5) 探伤铅房内应安装紧急停机按钮，并明显标识。

(6) 探伤铅房内应设置机械通风装置，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

(7) 探伤铅房外 1m 处应划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(8) 检测室入口处装设声光警报器，射线设备工作时打开，不工作时关闭。

(9) 在检测室入口处装设监控，实时监控，禁止无关人员进出。

(10) 探伤铅房穿线孔设置铅防护罩。

(11) 建设单位须给每个辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。

(12) 探伤机应有固定存放场所，并且要有防盗措施。

10.2 三废的治理

(1) 探伤铅房设有顶置轴流风机排风扇一套，排风口位于探伤铅房房顶，并接排风管引出至室外，通风机拟设计风量 100m³/h，探伤铅房体积为 10m³，每小时通风换气次数不小于 3 次/h，以降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(2) 企业产生冲洗废水约 0.8t/a，本项目冲洗废水中不含显影液，只清洗胶片表面灰尘杂质，产生的废水经排水沟汇集到集水池，集水池沉淀后排入院区污水处理设施处理达标后一并纳管排放。

(3) 企业每年拍片数大约为 1000 张，产生一定量的废显影液、定影液，废显影液、定影液及废胶片集中收储在废液贮存室内，并与有资质的单位签订危险废物处置协议，定期处理，同时建立危险废物台帐。

危险废物贮存室环评要求：

(一) 贮存室为独立的封闭建筑，专用于贮存危险废物。

(二) 贮存室门口必须设置标识（警告标识+《危险废物信息公开栏》）

(三) 贮存室有雨棚、门锁（防盗），避免雨水落入或流入室内。

(四) 贮存室地面须硬化处理，而贮存酸碱等和有条件的单位还要做防腐。

(五) 贮存室门口须有围堰（缓坡），防止废物向外泄露，地面应保持干净整洁。

(六) 危险废物必须进行包装（桶装），不得散装，容器应完好无损，每一个包装桶均须张贴危险废物标签。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

由于 X 射线探伤机只有在无损检测过程中才会产生辐射，其产生的射线是随机器的开、关而产生和消失的。在 X 射线探伤机配备过程中，X 射线探伤机未通电运行，故不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水及固体废弃物产生。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目通过理论计算的评价方法来预测本项目建成投入使用后的辐射环境影响。

11.2.1 室内探伤项目

探伤铅房内 X 射线探伤机的对环境的影响分析采用理论计算。

11.2.1.1 理论计算

(1) 计算公式及参数选取

根据《放射物理与防护》中“屏蔽厚度的确定方法”，可查透射量图得 X 射线初级防护混凝土屏蔽墙的厚度。

$$B = \frac{Pd^2}{WUT} \dots\dots\dots (1)$$

其中: B:有用射线的最大允许透射量， $\text{mSv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$;

P: 周剂量限值。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 第 4.1.3 条，X 射线探伤铅房墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足: a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。本项目评价时保守考虑: 各侧墙及入口门处的周剂量值不大于 $5\mu\text{Sv}$ 。

d: 参考点到焦点的距离，本项目探伤铅房长 $2.5\text{m}\times$ 宽 2.0m ，根据该公司实际使用工况，保守考虑取探伤机位于离各侧墙体最近距离约为 1.0m ，考虑墙体的厚度，到墙外和防护门外 30cm 的最小距离均为 1.33m ($1.0+0.03+0.3=1.33\text{m}$)。

WUT: 有效工作负荷。其中，W 为周工作负荷 (It)，单位为 $\text{mA}\cdot\text{min}\cdot\text{w}^{-1}$ ，本项目根据该单位预计每天开机的情况，取每天开机探伤时间 120min ，每周工作 2

天。另外，U 为利用因子，取 1/4，T 为居留因子，公众成员居留因子取 1/4。

(2) 屏蔽厚度估算

①四侧防护墙

根据公式 (1)，距离取 1.33m，可以估算出本项目电压等级为 300kV(保守考虑按公司配备最大 300kV 探伤机计算，不允许两台或两台以上探伤机同时开启工作)的探伤机其最大允许的透射量为 3.33×10^{-4} ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。

查 300kV 的宽束 X 线对铅的透射曲线图可知，所需的初级防护铅板的厚度为 14.5mm，考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层(半阶层：使 X 射线强度减弱 50%所需特定吸收体的厚度)”表可知，300kV 的 X 射线所需铅的半阶层为 1.7mm。

因此，本项目铅房四侧须敷设不小于 16.2mm 的铅板。

②防护门铅防护厚度

根据公式 (1)，工件门屏蔽计算距离取 1.58m ($1.25+0.03+0.3=1.58\text{m}$)，可以估算出本项目电压等级为 300kV 的探伤机其最大允许的透射量为 8.32×10^{-4} ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。

查宽束 X 线对铅的透射曲线图可知，所需的铅防护门的厚度为 12mm，考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层”表可知道，参照 300kV 的 X 射线所需铅的半阶层为 1.7mm。

因此，本项目探伤铅房须建造厚度不小于 13.7mm 的铅防护门。

③顶棚厚度

探伤铅房为一层建筑，由于探伤铅房近顶棚处人员活动很少，居留因子取 1/16，利用因子 U 取 1/8。

根据公式 (1)，距离取 1.33m (高 2.0m+厚 0.03m+墙外 0.3m-探伤机位置 1m=1.33m)，可以估算出本项目电压等级为 300kV 的探伤机其最大允许的透射量为 4.71×10^{-3} ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)。

查 300kV 的宽束 X 线对铅的透射曲线图可知，顶棚所需的铅板的厚度为 14mm，考虑 2 倍安全系数，加上一个半阶层厚度。查“不同管电压下铅和混凝土的半阶层表可知道，300kV 的 X 射线所需混凝土的半阶层为 1.7mm。

因此，本项目铅房顶棚须敷设厚度不小于 15.7mm 的铅板。

④屏蔽设计符合性分析

由以上计算，可比较该公司探伤铅房的屏蔽是否符合理论计算的结果，比较结果见表 11-1。

表 11-1 探伤铅房屏蔽符合情况一览表

项目	理论估算值水平	实际屏蔽水平	是否符合
四侧屏蔽墙厚度	16.2mm 铅板	30mm 铅板	符合
顶棚厚度	13.7mm 铅板	30mm 铅板	符合
工件门	15.7mm 铅板	30mm 铅板	符合

由表 8-1 可见，该探伤铅房防护墙、铅防护门及顶棚的屏蔽均符合要求。

11.2.1.2 剂量分析

①辐射工作人员

该公司辐射工作人员年工作时间约为 30 周，根据理论计算结果，各侧墙及入口门处的周剂量值不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，因此年剂量不大于 $150\mu\text{Sv}/\text{年}$ ，在满足辐射防护屏蔽要求的前提下，辐射工作人员受到辐射照射剂量符合《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。

②公众成员

X 射线探伤机开机工作时，将开启工作灯光警示装置，告诫车间其它工作人员不要在探伤铅房周围停留。公司将制定严格的管理制度，公众成员一般不进入该区，车间其它工作人员和公众人员不会接受明显的额外的辐射照射，因此，公众成员所接受的剂量也能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.1.3 探伤铅房屏蔽能力分析

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的规定，结合该公司探伤铅房屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对该公司使用的探伤铅房的辐射屏蔽能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，该探伤铅房的设置已充分考虑周围的放射安全，且探伤铅房与操作室分开；探伤铅房工件出入门防护性能（工件门有 30mm 厚的铅板）、各侧墙的防护性能及顶棚的防护性能结合理论计算结果可知，其已能满足辐射防护。

(2) 由辐射环境影响预测分析可知, 辐射工作人员和公众成员所受辐射照射能符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量管理限值”的要求。

因此, 该公司 X 射线探伤铅房屏蔽能力能达到管电压不大于 300kV、管电流不大于 5mA 的探伤机正常工作时的辐射防护要求。

11.3 臭氧及氮氧化物环境影响分析

根据设计方案, 本项目拟在探伤铅房设置顶置轴流风机排风扇一套, 排风口位于探伤铅房房顶, 并接排风管引出至室外, 探伤铅房体积为 10m³, 每小时通风换气次数不小于 3 次。建设单位每天开机探伤时间最多为 120 分钟, 因此探伤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

参考(中华放射医学与防护杂志 VoL14, 2, P101~P103, 1994), 依照下式计算 X 射线束所致臭氧的产额:

①有用线束的臭氧产额

$$P=2.43 D_0 (1-\cos\theta) RG \dots\dots\dots (11-6)$$

式中:

P 为臭氧产额, mg/h;

D₀ 为辐射有用束在距靶 1m 处的输出量, 参考 GBZ/T250-2014, D₀ =0.0209 Sv·m²/(mA·min);

R 为靶到屏蔽物(墙)的距离, m, 本项目 R_{max}=1.25m;

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的臭氧分子数 (G=10);

θ 为有用束的半张角, 本项目 θ=22.5°。

经计算, 本项目有用 X 射束的臭氧产额为 0.048mg/h。

②泄漏辐射的臭氧产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源(包括有用束区限定的空间区), 并考虑机房壁的散射线使室内的臭氧产额增加 10%, 臭氧的产额 P (mg/h) 为:

$$P=3.32\times 10^{-3} D_0 GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中:

V 为探伤室的体积，m³，本项目 V=10m³；其余符号同（11-6）。

经计算，本项目泄漏辐射的臭氧产额为 0.0015mg/h。

故探伤室内臭氧总产额为 0.048mg/h + 0.0015mg/h = 0.0495mg/h。

（2）臭氧浓度

设：臭氧的有效分解时间为 t_d（常取为 0.83h），机房通风换气周期为 3 次/h，平均每次换气需通风 t_v 小时（h）。机房最高饱和臭氧浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{V} \times \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：

V 为探伤室的体积，m³；

T 为臭氧的有效清除时间， $T = t_v \times t_d / (t_v + t_d)$ ，h。

假设没有通风（此时室内浓度最高）：当 T = t_d = 0.83h，V = 10m³ 时，Q = 4.1 × 10⁻³ mg/m³，此值远低于《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》（GBZ2.1-2007）中规定的臭氧的最高允许浓度 0.3mg/m³ 的限值要求。探伤室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 NO₂ 为主，其产额约为臭氧的一半，约为 0.024mg/h，年产生量为 7.68mg。故工本项目产生的 NO₂ 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》（GBZ2.1-2007）中规定的 NO₂ 最高允许浓度 5mg/m³ 的限值要求。因此，氮氧化物对大气环境影响是可以接受的。

（4）影响预测分析

①预测模式

根据《环境影响评价技术导则(大气环境)》(HJ2.2-2018)，本次预测采用导则推荐模型进行估算。

②评价因子和评价标准表见表 11-2。

表 11-2 评价因子和评价标准表

排放源	评价因子	排放速率 (kg/h)	标准值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	面源参数 长度×宽度	面源初始 排放高度*	类型	标准来源
探伤铅房	氮氧化物	2.4×10^{-8}	250	2.5×2	0	面源	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)
	臭氧	4.8×10^{-8}	200				

*本项目探伤铅房位于-1层，排气管道于铅房顶部，以地面高度为0计。

③估算模型参数

项目选用 AERSCREEN 模型，估算模型参数详见表 11-3。

表 11-3 估算模型参数表

参数		取值
城市/农村选项	城市/农村	城市
	人口数 (城市选项时)	1254000
最高环境温度/°C		42.2
最低环境温度/°C		-15
土地利用类型		城市
区域湿度条件		湿润
是否考虑地形	考虑地形	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
	地形数据分辨率/m	/
是否考虑海岸线熏烟	考虑岸线熏烟	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
	海岸线距离/km	/
	海岸线方向/°	/

④预测结果评价及分析

表 11-4 主要污染源估算模型预测结果表

污染源	污染因子	最大落地浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	最大落地浓度距离 (m)	占标率 (%)	评价等级
探伤铅房	氮氧化物	9.37E-05	2	0.04	三级
	臭氧	1.25E-04	2	0.09	三级

根据估算模式预测，本项目各污染因子占标率均 $<1\%$ ，为三级评价，根据《环境影响评价技术导则-大气环境》(HJ2.2-2018)要求，三级评价项目不需设置大气环境影响范围。

综上所述，探伤铅房利用通风管机械排风，将臭氧和氮氧化物排出探伤室外，不会对工作人员和公众成员产生影响；臭氧及氮氧化物浓度较低，不会对周围的大气环境产生较大的影响。

11.4 水环境影响分析

本项目废水主要是清洗废水。本项目清洗废水经院区原有废水处理设施预处理

达标后纳入污水管网排放。

由于本项目废水纳管量不大，约为 0.8t/a，且项目废水可实现纳管排放，不向周边地表水体直接排放，不会对项目所在区域周边地表水环境产生影响。

11.5 事故影响分析

该项目使用的射线装置属 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

1. X 射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，至使铅防护门未完全关闭，X 射线泄漏到探伤铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或工作人员误入探伤铅房，使其受到额外的照射。

2. 人为故意引起的辐射照射。

为了杜绝事故发生，建设单位必须进行门机联锁装置的定期检查，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

发生上述辐射事故时，现场操作人员或工作人员首先须立即切断电源，同时事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。如发生射线装置被盗的事故，则还须向公安部门报告。

11.5 事故预防措施

为了杜绝上述辐射事故的发生，环评要求建设方严格执行以下风险预防措施：

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、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；

(2) 建设单位需制定《X 射线探伤机操作规程》。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，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操作人员可看到的显眼位置；

(3) 每月检查曝光室的门机联锁装置和门灯联锁装置，确保在防护铅门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；

(4) 每月对使用射线装置的安全装置进行维护、保养，对可能引起操作失灵的

关键零配件定期进行更换。

(5) 建设单位所有辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并需取得合格证书，所有辐射工作人员均需持证上岗。

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、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》及环境保护主管部门的要求，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。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。

12.1.2 辐射工作人员管理

(1) 辐射工作人员培训

该单位须组织从事辐射操作的 3 名工作人员参加辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗。

(2) 个人剂量监测

3 名辐射工作人员均须配备个人剂量计，个人剂量计每 3 个月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

该单位须组织 3 名辐射工作人员到有资质的医院进行上岗前体检，并每两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。

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许可管理办法》，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。具体如下：

(1) 该单位必须制定《操作规程》。

a. 凡涉及对射线装置进行的操作，都有应有明确的操作规程，操作人员必须按操作规程进行操作。

b. 操作人员必须熟悉探伤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。

(2) 该单位必须制定《岗位职责》。

该单位必须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) 该单位必须制定《辐射防护和安全保卫制度》。

①射线装置的使用场所，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。

(4) 该单位必须制定《设备检修维护制度》。

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，维护内容包括对探伤机作一次曝光曲线，对设备机械性能进行维护；检查安全装置的有效性及其操作完整性。

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。

(5) 该单位必须制定《监测方案》，内容包括：

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 X 射线探伤区域周围环境的 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。

(6) 该单位必须制定《射线装置使用登记制度》，内容包括：

①建设单位建立射线装置技术档案，用制表形式表明 X 射线探伤机的技术档案参数，同时保存射线装置说明书；

②建设单位建立管理制度，使用射线装置时及时进行登记、检查；

③建设单位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建设单位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。

(7) 该单位必须制定《人员培训计划》，内容包括：

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。

12.3 辐射监测

(一) 年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定，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。建设单位应制定检测计划，检测数据每年年底向当地环生态环境局上报备案，具体内容为：

(1) 检测项目：X- γ 辐射剂量率。

(2) 检测频度：每年常规检测一次。

(3) 检测范围：探伤铅房屏蔽墙外、防护门及缝隙处、工作人员操作位、电缆孔及排风口等。

(4) 检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(二) 个人剂量监测

建设单位辐射工作人员应佩戴个人剂量计，须每三个月送有资质的单位检测一次，并建立完整的个人剂量档案。

12.4 辐射事故应急

为有效预防和及时控制突发放射性事故，规范放射工作防护管理和突发放射性事故的应急处置工作，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）、其它有关法律、法规的规定和职能管理部门要求，企业必须结合自身实际，建立《辐射事故应急预案》。

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。

(一) 组织机构及职责

①由辐射防护领导机构全面负责辐射事故的应急处理，保障事故处理的有效性、快捷性。

②由总经理或行政主管领导担任总指挥。其职责：听取事故情况汇报，并组织放射防护安全管理领导小组会议，制定处理方案，并及时向环保部门、卫生部门和公安部门报告。

③辐射防护领导机构其它成员在总指挥的统一领导下，开展事故现场救援、调查处理和善后处理工作。

(二) 应急处置程序

①发生放射性事故时，现场工作人员应立即采取切断射线装置电源、并报告公司领导。

②公司领导接到报告必须立即赶往现场，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，2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（两小时内）向当地生态环境、卫生、公安等职能部门报告。

③生态环境部门、卫生部门、公安部门接到辐射事故报告后立即赶赴现场，进行处理，建设单位应积极配合，做好相关工作。

④事故发生后，建设单位应认真配合生态环境部门进行调查。

(三) 还需包括辐射事故调查、报告和处理程序及人员和联系方式。

表 13 结论与建议

13.1 实践的正当性

浙江省应急管理科学研究院开展 X 射线探伤项目的目的是应科院因业务发展需要，并扩充在金属材料安全性能方面研究能力，购入 2 台 X 射线机和一套采用整体式设计的铅房，开展室内无损检测工作，用于少量工业 X 射线探伤业务和院内关于金属材料安全性能方面研究、金属设备设施安全的教育培训工作。其运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合标准中关于“剂量限值”的要求。因而，该单位使用探伤机符合辐射防护“正当实践”原则。

13.2 选址合法性、合理性分析

(1) 土地利用总体规划符合性、区域规划符合性分析

本项目位于浙江省杭州市临安区青山湖科技城大园路 1555 号，用地性质为科教用地，符合土地利用要求。另据《临安市域总体规划（2007-2020）》空间发展方向与策略中，青山湖片区发展策略与方向：控制青山湖环湖的开发容量、开发强度，限值开发功能，明确控制要求，实施沿线综合整治，在临余公路以北，利用低丘缓坡地区，适度发展景观住宅与高新技术产业与文创产业。本项目行业类别属于专业技术服务业，属于该片区适度发展的技术产业，基本符合地方产业政策要求。

(2) 产业政策符合性分析

本项目属于专业技术服务业，经对照查询国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，项目产品和生产规模均不在淘汰或限制发展之列，主要生产设备不在国家明令强制淘汰、禁止或限制使用之列；也不属于《浙江省淘汰落后生产能力指导目录（2012 年本）》和《杭州市产业发展导向目录与产业平台布局指引（2019 年本）》中淘汰的产业导向。因此，项目建设基本符合国家、浙江省及地方产业政策。

因此，本项目选址是合法、合理的。

13.3 与“三线一单”的符合性分析

(1) 与“生态保护红线”的符合性分析

本项目位于杭州市临安区青山湖科技城，根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及杭州市市辖区环境管控单元分类图（图 1-1），本

工程未涉及其划定的生态保护红线优先保护区，本工程所在区域涉及生态管控区域类型为产业集聚区重点管控单元。因此，本项目的建设符合生态保护红线的要求。

(2) 与“环境质量底线”的符合性分析

①大气环境质量底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》的要求，杭州市 2020 年大气环境质量底线目标为全市 PM_{2.5} 年均浓度达到 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，空气质量优良天数比率达到省下达的目标，重度及以上污染天数比率比 2015 年下降 25%以上。

本项目利用已有厂房，施工期仅进行设备安装无需土建，对周围环境空气基本无影响。本项目营运期 X 射线探伤机在开机状态下，空气在 X 射线作用下分解产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经探伤铅房顶置轴流风机排风扇，排风口位于探伤铅房房顶（探伤铅房通风换气次数不低于 3 次/h），臭氧量在环境中会自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2，远低于无组织排放浓度限值，故有害气体对环境影响较小。不会导致沿线大气环境质量下降。因此，本项目的建设符合大气环境质量底线的要求。

②水环境质量底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》的要求，到 2020 年，县以上城市集中式饮用水源地水质达标率 100%；国家考核断面水质 I -III类的比例达到 92.3%以上，省控断面水质 I -III类的比例达到 90.6%。

本项目利用已有厂房，施工期仅进行设备安装无需土建，无施工废水排放；营运期仅产生少量冲洗废水，经处理达标后纳管排放，不会导致沿线地表水环境质量下降。符合水环境质量底线的要求。

③土壤环境风险防控底线

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》，到 2020 年，全市土壤环境质量总体保持稳定，农用地和建设用地土壤环境安全得到基本保障，土壤环境风险得到基本管控，受污染耕地安全利用率达到 92%左右，污染地块安全利用率达到 93%以上。

本工程对所在地土壤性质有可能产生影响的活动主要为固体废物未妥善处置。根据环境影响评价章节提出的相应环保措施，危废应与有资质的单位签订危

险废物处置协议，定期处理，同时建立危险废物台帐。不会对土壤产生影响，符合土壤环境风险防控底线。

(3) 与“资源利用上线”的符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及本工程的特点，本工程涉及到的资源利用类型有水资源及土壤资源。

本项目无施工期，营运期新增用水量约 1t/a，用水量较少。

本项目为应科院已有建设用房，不新增用地，且占地面积较少。

综上所述，本工程的建设符合资源利用上线的要求。

(4) 与“环境准入清单”的符合性分析

根据《杭州市“三线一单”生态环境分区管控方案（发布稿）》及杭州市市辖区环境管控单元分类图（图 1-1），本工程未涉及其划定的生态保护红线优先保护区，本工程所在区域涉及生态管控区域类型为产业集聚区重点管控单元及一般管控单元。

本项目属专业技术服务业项目，不属于《浙江省工业污染项目（产品、工艺）禁止和限制发展目录（第一批）》中规定的禁止类和限制类项目；本工程不涉及饮用水水源保护区，本工程属于核技术利用建设项目，不属于二、三类工业企业类项目，项目产生少量清洗废水，经院区污水处理设施处理后纳管达标排放，不会对周围水环境造成影响；探伤过程产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，经探伤铅房顶置轴流风机排风扇处理后，臭氧量在环境中会自动分解，氮氧化物产额约为臭氧的 1/2，远低于无组织排放浓度限值，故有害气体对环境影响较小，不会对周围大气环境造成影响。项目投运后，不排放有总量控制指标的污染物。并结合本工程所在环境管控单元的环境准入清单（见表 1-1），可知本工程满足环境准入清单的要求。

13.4 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。

13.5 辐射安全防护措施

本项目新建探伤铅房四侧墙体为3mm钢板+30mm铅板+100mm骨架+30mm钢板；顶层为3mm钢板+30mm铅板+140mm骨架+30mm钢板；铅房门为3mm钢板+30mm铅板+80mm骨架+30mm钢板。由理论计算可知，屏蔽墙、顶棚、防护门等屏蔽厚度能够满足辐射防护要求。

本项目探伤铅房设置门机联锁、门灯联锁、急停装置等辐射安全保护装置，并计划为辐射工作人员配备个人剂量计和射线剂量报警仪，为工作场所检测配备便携式辐射仪等。以上安全设施能够满足辐射安全防护的要求。

13.6 辐射环境管理制度

该单位在从事辐射操作前，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，并制订《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》、《使用登记制度》、《人员培训计划》、《监测方案》、《辐射事故应急预案》等规章制度。

13.7 安全培训及健康管理

建设单位3名辐射工作人员经培训考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，并须佩戴个人剂量计，每3个月检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前须进行体检，并每两年进行一次职业健康检查，建立个人健康档案。在本公司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。

13.8 环境影响分析结论

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5.0mSv/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。

13.9 结论

综上所述，浙江省应急管理科学研究院开展X射线探伤项目，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影响能符合辐射环境保护的要求，该公司基本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，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

13.10 建议和承诺

13.10.1 建议

建设单位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。

13.10.2 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) 承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行各项制度。

(5) 承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

(6) 承诺本项目环评审批后，及时申领辐射安全许可证。

(7) 承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评【2017】4号），在规定的验收期限内（一般不超过3个月），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表 14 审批

下一级生态环境部门初审意见：

经办人

公章

年 月 日

生态环境部门意见：

经办人

公章

年 月 日

