

核技术利用建设项目
桐乡合德机械有限公司
工业 X、 γ 射线室内探伤应用项目
环境影响报告表
(报批稿)

桐乡合德机械有限公司

2022年9月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
桐乡合德机械有限公司
工业 X、 γ 射线室内探伤应用项目
环境影响报告表

建设单位名称：桐乡合德机械有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：孙袁



通讯地址：浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路 51 号

邮政编码：314599

联系人：***

电子邮箱：/

联系电话：*****



营业执照

统一社会信用代码

91330108MA2AXDJA8X(1/1)

(副本)



扫描二维码登录“国家企业信用信息公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息

名称 杭州卫康环保科技有限公司
 类型 有限责任公司(自然人投资或控股)
 法定代表人 陆浩楠

经营范围 技术开发、技术服务、技术咨询、成果转让：环保技术；服务：环境保护监测（凭资质经营）；承接：环保工程、辐射防护屏蔽工程、室内外装饰工程、环保工程（凭资质经营）。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

注册资本 壹仟零壹拾万元整

成立日期 2017年10月12日

营业期限 2017年10月12日至长期

住所 浙江省杭州市滨江区江陵路88号5幢3层F区

登记机关

2020年07月16日

国家企业信用信息公示系统网址 <http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家信用公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。

This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained the qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.



Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China



Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00017214
No.



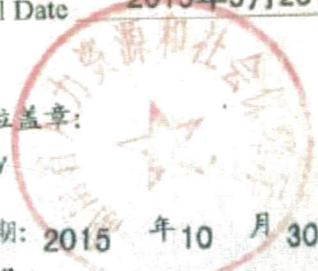
04021744

持证人签名:
Signature of the Bearer



姓名: 李昭龙
Full Name
性别: 男
Sex
出生年月: 1974年7月
Date of Birth
专业类别: _____
Professional Type
批准日期: 2015年5月23日
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by
签发日期: 2015 年 10 月 30 日
Issued on



管理号: 2015035430352013439901000596
File No.

04040217

编制单位和编制人员情况表

项目编号	6h0023		
建设项目名称	桐乡合德机械有限公司工业X、γ射线室内探伤应用项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	桐乡合德机械有限公司		
统一社会信用代码	91330400788804222F		
法定代表人 (签章)	孙袁 		
主要负责人 (签字)	王朱刚 		
直接负责的主管人员 (签字)	周江宏 		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	杭州卫康环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91330108MA2AXDJA8X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李昭龙	2015035430352013439901000596	BH007840	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李昭龙	全部章节	BH007840	

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	8
表 3 非密封放射性物质	8
表 4 射线装置	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	10
表 6 评价依据	11
表 7 保护目标与评价标准	14
表 8 环境质量和辐射现状	23
表 9 项目工程分析与源项	26
表 10 辐射安全与防护	36
表 11 环境影响分析.....	47
表 12 辐射安全管理	66
表 13 结论与建议	77
表 14 审批	81

表 1 项目基本情况

建设项目名称	桐乡合德机械有限公司工业 X、γ 射线室内探伤应用项目					
建设单位	桐乡合德机械有限公司					
法人代表	***	联系人	***	联系电话	*****	
注册地址	浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路 51 号					
项目建设地点	浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路 51 号					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)	400	项目环保投资 (万元)	240	投资比例(环保 投资/总投资)	60%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他			占地面积 (m ²)	不新增	
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input checked="" 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			
其他	/					

1.1 建设单位基本情况

桐乡合德机械有限公司（以下简称“公司”）成立于 2006 年 4 月 30 日，位于浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路 51 号，主要经营范围：中央空调压缩机、精密型腔模、注塑机械、工程机械的铸造、加工和销售。目前公司尚未开展过辐射相关活动，不具备《辐射安全许可证》。企业自成立以来，主体工程非放射性内容相关环保手续情况见表 1-1。

表 1-1 企业主体工程非放射性内容环保手续一览表

时间	项目名称	建设内容与规模	环评情况	验收情况
2006 年	桐乡合德机械有限公司新建项目环境影响报告表	年产压缩机 8000 台、型腔模 10000 套	桐环建〔2006〕98 号	桐环建函 2007 便字第 92 号
2010 年	桐乡合德机械有限公司年喷漆加工 3000 台压缩机技改项目环境影响报告书	在现有产量基础上，新增喷漆工艺，年喷漆加工 3000 台压缩机	桐环建〔2010〕147 号	桐环建函 2012 第 19 号
2018 年	桐乡合德机械有限公司年产 2000 套精密型腔模技改项目环境影响报告表	年产 2000 套精密型腔模	桐环建〔2018〕0011 号	2020 年完成阶段性自主验收

1.2 项目建设目的与任务由来

为提高企业生产水平和保证产品质量，桐乡合德机械有限公司计划在10跨车间内新建一间探伤室及辅助用房，并配置2台XXG-3505型X射线定向探伤机（一用一备，最大管电压均为350kV，最大管电流均为5mA）和2台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（一用一换，每台 γ 射线探伤机内置1枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），用于对自生产的压缩机和精密型腔模配套的零部件进行无损检测。所有探伤作业仅限于探伤室内，不涉及移动探伤。

根据原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》和原国家环境保护总局公告2005年第62号《关于发布放射源分类办法的公告》，本项目X射线探伤机归入到“工业用X射线探伤装置”的范畴，属于II类射线装置； ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ，介于 $8.0\times 10^{11}\text{Bq}\sim 8.0\times 10^{13}\text{Bq}$ 之间，属于II类放射源。对照生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目”，本次评价内容为使用II类射线装置、使用II类放射源，应编制辐射环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，桐乡合德机械有限公司委托杭州卫康环保科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、委托监测、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表（送审稿）。浙江环能环境技术有限公司于2022年8月19日在浙江省杭州市组织召开了本项目的技术咨询会，并形成专家咨询意见。根据专家咨询意见，评价单位对报告表相关内容进行了补充、修改和完善，形成了本项目环境影响报告表（报批稿），供建设单位上报审批。

1.3 项目建设内容与规模

本项目目前处于筹建阶段，经与建设单位核实，本次辐射评价的内容和规模为：

桐乡合德机械有限公司计划在10跨车间内新建一间探伤室及辅助用房，并配置2台XXG-3505型X射线定向探伤机（一用一备，最大管电压均为350kV，最大管电流均为5mA）和2台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（一用一换，每台 γ 射线探伤机内置1枚放射源 ^{192}Ir ，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），用于对自生产的压缩机和精密型腔模配套的零部件进行无损检测。所有探

伤作业仅限于探伤室内，不涉及移动探伤。室内探伤时，每次仅限1台探伤机开机运行，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。

1.4 项目选址及周边环境保护目标

1.4.1 项目地理位置及外环境关系

桐乡合德机械有限公司位于浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路51号，地理位置见附图1。厂区东侧为桐乡波力科技复材用品有限公司，南侧隔二环南路为农田，西侧隔河道为浙江高和羊毛科技有限公司，北侧隔凤翔中路为嘉兴市倍思特家具制造有限公司，东北侧隔凤翔中路为哈伯精密机械（浙江）有限公司，西北侧隔凤翔中路和河道为桐乡玉成纺织有限公司，周围环境见附图2，周围环境实景见附图3。

整个厂区由1~10跨车间（共1F）、11~14跨车间（共1F）、办公楼（共3F）及宿舍楼（共6F，其中1F为食堂，2~6F为宿舍）及门卫室（共1F）组成，总平面布置见附图4。

1.4.2 探伤工作场所拟建位置及外环境关系

本项目探伤工作场所拟建于10跨车间内，由探伤室、控制室、暗室、评片室和X射线探伤机贮存间等组成，总建筑面积约153m²，所在车间平面布局见附图6。结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目探伤室评价范围50m内环境特征情况见表1-2。

表 1-2 本项目评价范围 50m 内环境特征一览表

辐射工作场所	方位	50m内环境特征
探伤室	东侧	10跨车间内的车间过道和模具库
	南侧	厂区道路、二环南路
	西侧	控制室、晾片室、暗室、X射线机贮存间、厂区道路
	北侧	10跨车间内的过道和毛坯周转区、8跨~9跨车间（模具仓库）
	西北侧	厂区道路、办公楼（3F，最近距离约40m）
	正上方	隔开放空间（高约9m）为10跨车间屋顶（属于无人平台）
	正下方	土层，无地下室

1.4.3 探伤机储存设施拟建位置

X射线探伤机不工作时，存放于专门的X射线机贮存间内，位于探伤室的西侧，建筑面积约11m²，可以满足本次评价的2台X射线探伤机贮存的空间需求。该场所仅为射线装置的临时存放，不涉及使用、调试及维修工作。

¹⁹²Ir- γ 射线探伤机不工作时，存放于探伤室内东南侧的储源坑内，共设2个，其中1个储源坑用于贮存本次评价的 γ 射线探伤机，供源单位每次送入含新源的 γ 射线探伤机，同时立即取走含废源的 γ 射线探伤机，另1个储源坑用于远期发展预留。

结合探伤室的内部布局，存在3块区域可设置储源坑，本次评价通过方案比选进一步论证储源坑设置位置的合理性，见表1-3。

表1-3 储源坑设置位置比选表

项目	设置位置	存在的因素	图例
方案一	探伤室内北侧 (图例中①)	靠近北侧工件门，辐射操作人员吊装或贴片时，可能会受到放射源的辐射影响，同时存在放射源被盗的隐患。	
方案二	探伤室内西南侧 (图例中②)	工件门靠探伤室的西侧设置，导致工件进入探伤室时摆放位置偏西。同时，各类管道线路均通过西墙连接到控制室。此处如设放射源坑，探伤作业时不方便放射源的存取工作，操作空间受到限制。	
方案三	探伤室内东南侧 (图例中③)	工作人员通过迷道进入探伤室时会途径此处，但时间极短，放射源导致工作人员的辐射剂量甚微。	

综合考虑，从探伤室的空间布局、探伤作业的便捷性和工作人员的安全防护等多个方面比较，本项目最终选在探伤室的东南侧设置储源坑，合理可行。

1.4.4洗片和评片及危废暂存场所拟建位置

本项目探伤洗片和评片工作分别在探伤室西侧的暗室和控制室的评片位完成，该过程产生的废定（显）影液、废胶片集中收集后及时转移至1跨车间内现有的危废暂存间内贮存，最终委托有资质的单位处理处置；完好的胶片归入到胶片存档室进行建档备查。

1.4.5周边环境保护目标

本项目环境保护目标为评价范围 50m 内该公司从事放射源管理与 X、 γ 射线探伤机操作辐射工作人员及周围公众成员，分布情况见章节 7.2。

1.4.6相关规划符合性及选址合理性

(1) 用地规划符合性分析

根据建设单位提供的土地证（见附件5）、房产证（见附件6），并对照桐乡经济开发区规划用地图（见附图11），本项目用地性质属于工业用地，且周围无环境制约因素，符合用地规划要求。

(2) 与浙江省桐乡经济开发区（整合提升区一期）总体规划（2018-2035）环评的符合性分析

对照《浙江省桐乡经济开发区（整合提升区一期）总体规划（2018-2035）环境影响报告书》及其审查意见（浙环函〔2019〕284号），浙江省桐乡经济开发区位于桐乡市区南部，总体规划用地面积47.47平方公里，其中建设用地40.41平方公里；规划范围为北至桐德线、校场路，东至乌镇大道、人民路及开发区管辖东界，西至中路过桥港、现状河道、规划道路及文华路，南至沪杭高速及规划用地边界。

本项目位于浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路51号，属于浙江省桐乡经济开发区（整合提升区一期）总体规划中的汽车汽配产业片，且项目用地性质为工业用地，故符合区域规划环评的要求。

（3）“三线一单”符合性分析

根据《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》（环环评〔2021〕108号），“三线一单”是指生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单。本项目“三线一单”符合性判定情况见表1-4。

表 1-4 本项目“三线一单”符合性分析

内容	符合性分析
生态保护红线	结合《桐乡市“三线一单”生态环境分区管控方案》（桐政发〔2020〕22号）和《桐乡市生态保护红线分布图》（见附图12），本项目所在地周边无自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等生态保护目标，未触及生态保护红线。
环境质量底线	经现场检测，本项目相关辐射工作场所拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可以做到达标排放，符合环境质量底线要求。
资源利用上线	本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。
环境准入负面清单	根据《桐乡市“三线一单”生态环境分区管控方案》（桐政发〔2020〕22号），本项目所在地属于桐乡经济开发区产业集聚重点管控单元（编码：ZH33048320005，见附图13），该管控单元的环境准入负面清单要求如下： 1、空间布局约束 ①优化产业布局 and 结构，实施分区差别化的产业准入条件。②合理规划布局三类工业项目，控制三类工业项目布局范围和总体规模，对不符合桐乡市重点支持产业导向的三类工业项目禁止准入，鼓励对现有三类工业项目进行淘汰和提升。③提高电力、化工、印染、造纸、化纤等重点行业环保准入门槛，控制新增污染物排放量。④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。⑤除热电行业外，禁止新建、改建、扩建使用高污染燃料的项目。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、生态绿地等隔离带。 2、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。③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。④加强土壤和地下水污染防治与修复。

3、环境风险防控

①定期评估沿江河湖库工业企业、工业集聚区环境和健康风险。

②强化工业集聚区企业环境风险防范设施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。

4、资源开发效率要求

推进工业集聚区生态化改造，强化企业清洁生产改造，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。

本项目为核技术利用建设项目，主要从事室内探伤作业，不属于《桐乡市“三线一单”生态环境分区管控方案》附表：工业项目分类表中的工业项目，且项目利用现有已建建筑开展工作，不改变土地现状。经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。同时，公司拟制定《辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的风险防范措施。因此，本项目的实施符合《桐乡市“三线一单”生态环境分区管控方案》的管控要求，符合生态环境准入清单的要求。

因此，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

（4）项目周围易燃易爆情况调查

经现场勘查，公司设有1间专门的危化品仓库，位于10跨车间的东侧，建筑面积约101m²，与本项目拟建的探伤室最近距离约110m，与探伤室内储源坑最近距离约112m。经与建设单位核实，该仓库存放的化学物质主要为环氧防锈漆和香蕉水，厂区内一次性最大储存量分别为2t和0.5t，其中环氧防锈漆的主要成分为30%甲苯、50%二甲苯、20%烃类物质；香蕉水的主要成分为40%二甲苯，酯类和醇类含量较少，不做具体定量计算。

根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）附录C中公式（C.1），该公司厂区内危险物质总量与其临界量比值Q计算结果见表1-5。

表1-5 危险物质总量与其临界量比值Q计算结果

序号	物质名称	CAS号	一次性最大贮存量/t	临界量/t	比值Q
1	甲苯	108-88-3	0.6	10 ^①	0.06
2	二甲苯	1330-20-7	1.2	10 ^②	0.12
合计					0.18

注：①和②数值来源于《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）附录B中表B.1。

因此，可计算出危险物质总量与其临界量比值Q<1，判定出环境风险潜势为I，可简单分析，不构成重大危险源。同时，企业按要求设置规范的危化品仓库，已开展过安全评价，采取完善的环境风险防范措施，并制定企业突发环境事件应急预案。经现场勘查，该仓库设有明显的危化品标识，实行双人双锁管理模式，指定专人负责管理。库内设有可燃气体探测

器、防爆灯具、烟感探测器和紧急防爆排风；库外墙上张贴了《危险化学品安全管理制度》和《油漆化学品安全周知卡》，配置了防爆电箱、灭火器、静电触摸球、应急物资（如防火毯）等，现状情况见附图15。因此，厂区内部区域对本项目的实施无潜在的安全隐患。

（5）选址合理性分析

本项目探伤室评价范围50m内主要为桐乡合德机械有限公司厂区内的生产车间、厂区道路、办公楼及二环南路，无居民点和学校等环境敏感点。项目用地为工业用地，周围无环境制约因素。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。

综上所述，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的应用，结合国家发展和改革委员会第29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》及国家发展和改革委员会第49号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

1.6 实践正当性分析

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

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行质检服务，以提高公司生产水平和确保产品的质量，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

本项目为新建项目，桐乡合德机械有限公司之前未开展过与辐射有关的工作，尚未取得《辐射安全许可证》，因此不存在原有核技术利用项目许可情况。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² Bq×2 枚	II类	使用	室内探伤	10 跨车间的探伤室内	不工作时，贮存于探伤室的储源坑内	拟购，本次评价

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
本项目不涉及										

(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	X射线探伤机 (定向)	II类	2台	XXG-3505	350	5	室内探伤	10跨车间的探伤室内	拟购，本次评价

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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	
本项目不涉及													

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
废放射源	固态	¹⁹² Ir	1.58×10 ¹² Bq/枚	/	约 4 枚	/	暂存于探伤室的 储源坑内	由供源单位回收处理。
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	通过排风管道引至探伤室外，直接 排放于大气环境。
废显（定）影液	液态	/	/	约 48kg	约 576kg	/	集中存放于 现有危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	约 19.4kg	约 233kg	/		

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	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日起施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(9) 《放射性废物安全管理条例》，国务院令 612 号，2012 年 3 月 1 日起施行；</p> <p>(10) 《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行；</p> <p>(11) 《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行；</p> <p>(13) 《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，环发〔2007〕8 号，原国家环境保护总局，2007 年 1 月 15 日起施行；</p> <p>(14) 《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609 号，原环境保护部办公厅，2017 年 4 月 21 日起施行；</p> <p>(15) 《放射性废物的分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(16) 《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》，国家发展和改革委员会</p>
------------------	--

员会令第49号，2021年12月30日起施行；

(17)《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》，环环评〔2016〕150号，原环境保护部办公厅，2016年10月27日印发

(18)《关于实施“三线一单”生态环境分区管控的指导意见（试行）》，环环评〔2021〕108号，生态环境部办公厅，2021年11月19日印发；

(19)《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；

(20)《国家危险废物名录（2021年版）》，生态环境部令第15号，2021年1月1日起施行；

(21)《关于发布〈建设项目危险废物环境影响评价指南〉的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年9月1日印发；

(22)《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第23号，2022年1月1日起施行；

(23)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发；

(24)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第9号，2019年11月1日起施行；

(25)《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；

(26)《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》，浙江省人民政府令第388号，2021年2月10日起施行；

(27)关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015年本）》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015年本）》的通知，浙环发〔2015〕38号，原浙江省环境保护厅，2015年10月23日起施行；

(28)关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019年本）》的通知，浙环发〔2019〕22号，浙江省生态环境厅，2019年12月20日起施行；

(29)关于《浙江省“三线一单”生态环境分区管控方案》的批复，浙政函〔2020〕41号，浙江省人民政府，2020年5月14日起施行；

	<p>(30) 关于印发《桐乡市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，桐政发〔2020〕22号，桐乡市人民政府，2020年11月26日印发。</p>
技术标准	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)，2017年1月1日实施；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)，2016年4月1日实施；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(4) 《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)，2015年6月1日实施；</p> <p>(5) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及第1号修改单，2017年10月27日实施；</p> <p>(6) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》(GBZ 114-2006)，2007年4月1日实施；</p> <p>(7) 《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)，2008年10月1日实施；</p> <p>(8) 《γ射线探伤机》(GB/T 14058-2008)，2009年4月1日实施；</p> <p>(9) 《放射性废物管理规定》(GB 14500-2002)，2003年4月1日实施；</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)，2020年4月1日实施；</p> <p>(11) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，2021年5月1日实施；</p> <p>(12) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)，2021年5月1日实施；</p> <p>(13) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)，2021年8月1日实施；</p> <p>(14) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001) 及2013年修改单，2013年6月8日实施；</p> <p>(15) 《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)，2020年4月1日；</p> <p>(16) 《环境空气质量标准》(GB 3059-2012) 及2018年修改单，2018年9月1日实施。</p>
其他	<p>(1) 环评委托书，见附件1；</p> <p>(2) 企业提供的与工程建设有关其他设计资料等。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”，以及本项目的辐射污染特点（放射源和射线装置应用项目），确定本项目评价范围为探伤室实体墙外 50m 的区域，评价范围示意图见附图 2。

7.2 保护目标

本项目的�主要环境影响因素为电离辐射。根据本项目评价范围、公司辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目环境保护目标为评价范围 50m 内该公司从事放射源管理与 X、 γ 射线探伤机操作辐射工作人员及周围公众成员。

表7-1 本项目环境保护目标基本情况表

场所位置	环境保护目标		方位	与探伤室的相对距离 (m)	人数
探伤室	职业人员	放射源管理	相邻	0	2人
		控制室	西	0	4人
	公众成员	暗室	西	3.7	1人/d
		晾片室	西	4.8	1人/d
		车间过道	东	0	2人/d
		10跨车间 (模具仓库)	东	40	2人/d
		车间过道	北	0	2人/d
		毛坯周转区	北	2	4人/d
		9跨车间 (模具仓库)	北	25	2人/d
		8跨车间 (模具仓库)	北	40	7人/d
		厂区道路	南	0	10人/d
		厂区道路	西	8	20人/d
		办公楼	西北	40	60人/d
		二环南路	南	45	约100人次/d

7.3 评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

一、剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 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；

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；

二、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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，即职业照射剂量约束值为 5mSv/a；公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a。

三、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置进行探伤的工作。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

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 射线探伤室墙和入门口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 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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

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

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

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

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

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

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

3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

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，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

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

3.3 其他要求

3.3.1 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的形式。

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免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，按最高管电压与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。

4、《密封放射源及密封 γ 放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006）

本标准适用于 $3.7 \times 10^4 \text{Bq} \sim 3.7 \times 10^{16} \text{Bq}$ ($1 \mu\text{Ci} \sim 1 \text{MCi}$) 量级密封源。

5 密封 γ 放射源容器的放射防护要求

5.8 距离装有活度为 $3.7 \times 10^{10} \text{Bq}$ 以上的密封 γ 放射源容器外表面 100cm 处任一点的空气

比释动能率不得超过 0.2mGy/h。

7 密封源贮存的放射防护要求

7.1 使用单位应有密封源的帐目，设立领存登记，状态核查，定期清点，钥匙管理等防护措施。

7.2 使用密封源类型、数量及总活度，应分别设计安全可靠的贮源室、贮源柜、贮源箱等相应的专用贮源设备。

7.3 贮源室应符合防护屏蔽设计要求，确保周围环境安全，贮源室应有专人管理。

7.4 有些贮源室应建造贮源坑，根据存放密封源的最大设计容量确定贮源坑的防护设施，贮源坑应保持干燥。

7.5 贮源室应设置醒目的电离辐射警示标志，严禁无关人员进入。

7.6 贮源室应有足够的使用面积，便于密封源存取；并应保持良好的通风和照明。

7.7 贮源室及贮源柜、箱等均应有防火、防水、防爆、防腐蚀与防盗等安全设施。

7.8 无使用价值或不继续使用的退役密封源应退回生产厂家。

5、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）

本标准适用于工业 γ 射线探伤机的生产和使用。

4 γ 射线探伤机的放射防护性能要求

4.1 源容器应符合 GB/T 14058-1993 中 5.3 的要求，照射容器周围的空气比释动能率不超过表 1 的数值。

4.7 在满足探伤工作的情况下，放射源传输控制缆和导向缆的长度应尽可能使操作者与放射源之间的距离最大，每次照相后，放射源应能迅速返回源容器的屏蔽位置。

表 1 照射容器周围空气比释动能率控制值

探伤机类别与代号		距容器外表面不同距离处空气比释动能率控制值/mGy·h ⁻¹		
		0cm	5cm	100cm
手提式	P	2	0.5	0.02
移动式	M	2	1	0.05
固定式	F	2	1	0.10

5 γ 射线探伤的通用防护要求

5.1 应使用为 γ 探伤设计的专用设备，探伤人员应全面熟悉所用设备，以及操作方法和潜在的问题。

5.2 所用放射源的核素和活度应优先选择，在保证工作人员的剂量符合“合理达到尽可能

能低的水平”原则（ALARA）的同时，获得足够的诊断信息，应采用先进的成像技术如影像增强屏或快速片屏组合。

5.3 探伤作业人员应佩戴符合审管部门要求的个人剂量计（包括热释光或胶片剂量计和直读式剂量计），每一个工作小组应至少配备一台具有检验源的便携式剂量仪，并配备能在现场环境条件下被听见、看见或产生震动信号的个人报警剂量仪。

5.4 探伤作业之前，应对探伤机做如下的检查：

a) 检查源容器和传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物；

b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；

c) 确认放射源锁紧装置工作正常；

d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；

e) 检查源容器和导管是否连接牢固；

f) 检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；

g) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；

h) 测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合本标准 4.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致，应在更换或维修设备后投入使用。

5.5 工作完毕离开现场前，探伤人员应对装置进行目测检查，确认设备没有被损坏。应用可靠的放射检测仪器对探伤机进行检测确认放射源回到源容器的屏蔽位置。

6 固定式探伤的附加要求

6.1 探伤室屏蔽要求

γ 射线探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑直射、散射和屏蔽物材料和结构等各种因素。在进行屏蔽墙设计时剂量约束值可取 $0.1\sim 0.3\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ，并要求探伤室屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，无迷路探伤室门的防护性能应与同侧墙的防护性能相同。

6.2 安全设施要求

6.2.1 应安装门-机联锁装置和工作指示灯；探伤室门口处必须有固定的电离辐射警告标志；探伤室入口处及被探物件出入口处必须设置声光报警装置，该装置在 γ 射线探伤机工作时应自动接通以给出声光警示信号。

6.2.2 应在屏蔽墙内外合适位置上设置紧急停止按钮，并给出清晰的标记和说明。

6.2.3 应配置固定式辐射检测系统，并与门-机联锁相联系。同时配置便携式辐射测量仪

和个人剂量报警仪。

6.2.4 辐射安全装置检查

应定期对探伤室的探伤室防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等安全措施进行检查。

6.3 操作要求

6.3.1 工作人员进出探伤室时应佩戴个人剂量计、剂量报警仪和便携仪剂量测量仪。

6.3.2 每次工作前，探伤作业人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态，只有确认探伤室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。

8 放射源的安全

8.2 放射源的储存和领用

8.2.1 探伤使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤装置）的储存库。储存库应为单独的建筑，不能和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放。储存库的相应位置设置电离辐射警告标志。源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

8.2.2 工作间歇临时储存含源源容器或放射源、控制源，应在专用的储存设施内贮存。放射源储存设施应能做到：

a) 严格限制周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，储存设施外应有警告提示；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 如其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 或者审管部门批准的水平。

8.2.4 探伤使用单位应设立放射源管理组织，制定领用及交还制度，建立放射源领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

8.2.5 领用含放射源的源容器或照射容器或连同源与容器的探伤装置时，进行放射性水平测量，确认放射源在源容器或照射容器内。工作完毕交还时，再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将放射源及其容器放回原储存坑存放，装置的领用和交还都应有详细的登记。

6、关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知，环发（2007）8号

三、使用探伤装置单位的要求

(一) ~ (十七) 条, 具体条款内容见章节 11.4。

7、《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2001) 及 2013 年修改单

本标准规定了对危险废物贮存的一般要求, 对危险废物包装、贮存设施的选址、设计、运行、安全防护、监测和关闭等要求。

7.2 危险废物贮存前应进行检验, 确保同预定接收的危险废物一致, 并登记注册。

7.3 不得接收未粘贴符合 4.9 规定的标签或标签未按规定填写的危险废物。

7.4 盛装在容器内的同类危险废物可以堆叠存放。

7.5 每个堆间应留有搬运通道。

7.6 不得将不相容的废物混合或合并存放。

7.7 危险废物产生者和危险废物贮存设施经营者均须作好危险废物情况的记录, 记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

7.8 必须定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查, 发现破损, 应及时采取措施清理更换。

8、项目剂量管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 与《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008) 等评价标准, 确定本项目的管理目标。

①周围环境辐射剂量率控制水平: 探伤室各侧屏蔽墙和防护门表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$; 储源坑表面外 30cm 处剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②个人剂量约束值: 职业人员个人年有效剂量不超过 5mSv/a ;

公众成员个人年有效剂量不超过 0.25mSv/a 。

9、工作场所臭氧和氮氧化物的控制水平

《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 1 中规定工作场所空气中 O_3 容许浓度为 0.3mg/m^3 , NO_x 容许浓度为 5mg/m^3 , 确定本项目探伤工作场所 O_3 浓度 $\leq 0.3\text{mg/m}^3$, NO_x 浓度 $\leq 5\text{mg/m}^3$ 。

10、《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及 2018 年修改单

根据建设单位最近一期的《桐乡合德机械有限公司年产 2000 套精密型腔模技改项目环境影响报告》及环评批复（桐环建〔2018〕0011 号），本项目所在区域环境空气属于二类功能区，常规污染物浓度限值执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）及其 2018 年修改单中二级标准。该标准表 1 和表 2 中规定了各项环境空气污染物不允许超过的浓度限值： O_3 不允许超过的 1 小时平均浓度限值（二级标准）为 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ， NO_x 不允许超过的 1 小时平均浓度限值（二级标准）为 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

桐乡合德机械有限公司位于浙江省桐乡市梧桐街道凤翔东路51号，地理位置见附图1。厂区东侧为桐乡波力科技复材用品有限公司，南侧隔二环南路为农田，西侧隔河道为浙江高和羊毛科技有限公司，北侧隔凤翔中路为嘉兴市倍思特家具制造有限公司，东北侧隔凤翔中路为哈伯精密机械（浙江）有限公司，西北侧隔凤翔中路和河道为桐乡玉成纺织有限公司，周围环境见附图2，周围环境实景见附图3。

8.1.2 场所位置

本项目探伤工作场所拟建于10跨车间内，由探伤室、控制室、暗室、评片室和X射线探伤机贮存间等组成。探伤室东侧为车间过道，南侧为厂区道路，西侧为控制室，北侧为车间过道，正上方隔约9m高的开放空间为10跨车间屋顶（属于无人平台），正下方为土层，无地下室。

8.2 环境现状评价对象

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“对其他射线装置、放射源应用项目及非密封放射性物质工作场所，应提供评价范围内贯穿辐射水平”，故本项目环境现状评价主要针对评价范围内的区域辐射环境质量进行评价，评价对象为探伤室拟建址及周围环境。

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 检测目的

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

8.3.2 检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.3.3 检测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目探伤室拟建址及周围环境进行检测布

点，共布设8个检测点位，布点情况见附图14，检测报告及检测资质见附件10。由于探伤室所在10跨车间为单层建筑，屋顶为无人平台，且下方为土层，无地下室，故探伤室拟建地址的上方和下方均不设检测点位。

8.3.4检测方案

- (1) 检测单位：浙江亿达检测技术有限公司；
- (2) 检测时间：2022年6月24日；
- (3) 检测方式：现场检测；
- (4) 检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
- (5) 检测频次：仪器读数稳定后，以约10s的间隔读取10个数据；
- (6) 检测工况：辐射环境本底；
- (7) 天气环境条件：天气：阴；温度：26℃；相对湿度：74%；
- (8) 检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表8-1。

表 8-1 检测仪器的参数与规范

仪器名称	X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD-b/H；外置探头：6150AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05 μ Sv/h~99.99 μ Sv/h；外置探头：0.01 μ Sv/h~10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV $\leq\pm 30\%$ ；外置探头：60keV-1.3MeV $\leq\pm 30\%$
检定证书编号	2022H21-20-3813605002
检定有效期	2022年02月16日至2023年02月17日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

8.3.5质量保证措施

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等标准中有关电离辐射环境监测质量保证的通用要求、实验室的质量要求文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格）和质量证明文件（包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录）实行全过程质量控制，保证此次检测结果科学、有效。本次环境现状检测质量保证主要内容有：

- (1) 检测机构通过了计量认证。
- (2) 检测前制定了详细的检测方案及实施细则。

(3) 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。

(4) 检测所用仪器已通过计量部门检定/校准合格，且在检定/校准有效使用期内使用。检测仪器与所测对象在量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行。

(5) 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。

(6) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(7) 现场检测严格按照规定的检测点位、方法、记录内容等进行，按照统计学原则处理异常数据和检测数据。

(8) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、检测方案、检测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查。

(9) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

8.4 检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表8-2 探伤室拟建址及周围环境辐射本底检测结果

点位编号	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率 (nGy/h)		备注
		平均值	标准差	
△1	探伤室拟建址东侧	83	5	室内
△2	探伤室拟建址南侧	83	2	室外
△3	探伤室拟建址西侧	81	3	室内
△4	探伤室拟建址北侧	79	2	室内
△5	储源坑拟建址	81	2	室内
△6	控制室拟建址	127	3	室内
△7	厂区道路	87	3	室外
△8	办公楼	91	2	

注：1) 表中检测值已扣除宇宙射线响应30nGy/h。2) 表中所列检测值已进行剂量换算，换算依据：本项目检测使用¹³⁷Cs作为检定/校准参考辐射源，根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)中第5.5条款，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG393，使用¹³⁷Cs作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy。

由表8-2可知，本项目探伤室拟建址各检测点位室内的γ辐射空气吸收剂量率范围为(79~127) nGy/h；室外的γ辐射空气吸收剂量率范围为(83~91) nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，嘉兴市室内γ辐射剂量率范围为(76~271) nGy/h，道路上γ辐射剂量率范围为(28~117) nGy/h，可见该辐射场所拟建址的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺分析

本项目施工期主要为依托现有10跨车间进行局部改造施工及设备安装调试，具体工艺流程及产污环节如下：

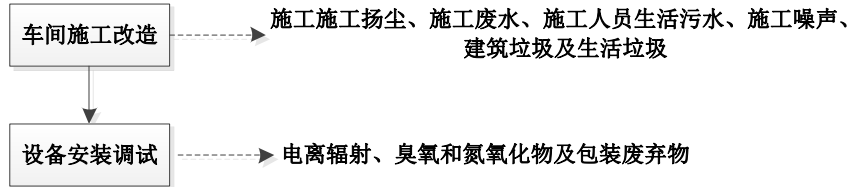


图9-1 施工期工艺流程及产污环节示意图

车间改造施工阶段主要污染因子为施工扬尘、施工废水、施工人员生活污水、施工噪声、建筑垃圾及生活垃圾。设备安装调试阶段主要污染因子为电离辐射、臭氧和氮氧化物及包装废弃物。本项目施工作业范围有限，施工期较短，因此其对周围环境的影响是短暂的。随着施工期的结束，其环境影响也将不复存在。

9.2 工艺设备和工艺分析

9.2.1 探伤设备配置合理性分析

本项目拟建一间探伤室，共配置2台XXG-3505型X射线定向探伤机和2台¹⁹²Ir-γ射线探伤机。所有探伤作业仅限探伤室内，不涉及移动探伤，且同一个探伤室内不存在两台及两台以上探伤机同时运行的工况，具体应用情况见表9-1。

表9-1 探伤设备配置情况表

场所	设备名称	型号	数量	类别	额定参数	备注
探伤室	X射线定向探伤机	XXG-3505	2台	II类射线装置	最大管电压为350kV、最大管电流为5mA	一用一备，主射方向朝探伤室的东墙和南墙，拟使用支架固定设备的主射朝向。
	¹⁹² Ir-γ射线探伤机	待定	2台	II类放射源	¹⁹² Ir密封源，额定装源活度均为3.7×10 ¹² Bq/枚	一用一换，均为手提式（P）。

本项目探伤工件厚度范围为（5~100）mm，存在差异性，需配置不同类型的探伤设备来满足产品的质检要求。由于X射线探伤机穿透能力有限，需配套更大射线能量的¹⁹²Ir-γ射线探伤机来支撑较厚工件的检测需求，其中：XXG-3505型X射线探伤机主要用于厚度为（5~60）mm的产品无损检测；¹⁹²Ir-γ射线探伤机主要用于厚度为（20~100）mm的产品无

损检测。由于企业远期发展规划需要和设备损耗，故本次XXG-3505型X射线探伤机申报数量为2台，实行“一用一备”。同时考虑到废旧放射源退役和换源周转，故本次放射源申报数量为2枚，实行“一用一换”。实际工作中，公司应根据产品特点和质检要求，合理选择相应的探伤类型，避免使用较高能量的射线机检测较薄厚度的工件。

9.2.2X 射线探伤机

(1) 设备组成及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成，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 射线管充分冷却，防止过热。典型X 射线探伤机外观情况见图 9-2。



图9-2 典型X射线探伤机外观图

(2) 工作原理

X射线探伤机是利用X射线对物件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融金属（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 射线管结构见图 9-3。

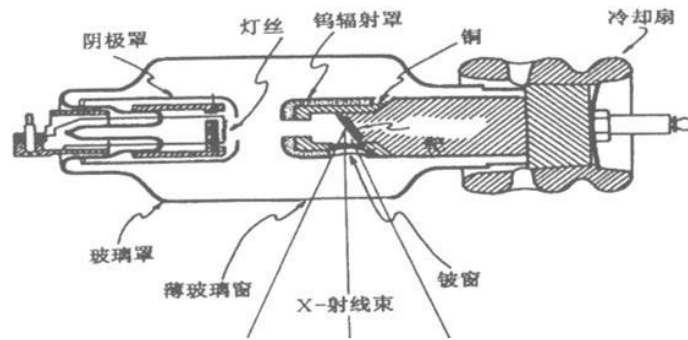


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

(3) X射线室内探伤工作流程及产污环节

该公司使用X射线探伤机在固定的探伤室内探伤，将需要进行射线探伤的工件使用轨道平板车送入探伤室，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，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，然后按照检测标准选择透照方式，根据工件规格选择一次透照长度及张数，根据曝光曲线选择合适的管电压以及曝光时间，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，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，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。

X射线探伤机贮存间实行双人双锁制度，并指定专人管理，制定《射线装置使用登记制度》，对存取X射线探伤机进行登记管理，以确保射线装置的安全监管，防止射线装置意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

X射线室内探伤工作流程及产污环节情况见图9-4。

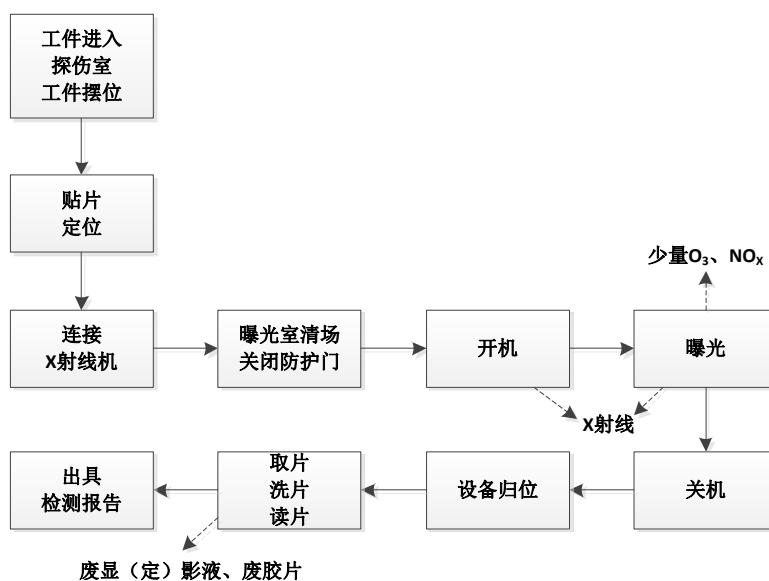


图9-4 X射线室内探伤工作流程及产污环节示意图

9.2.3 γ 射线探伤机

(1) 设备组成及工作方式

γ 射线探伤机一般由放射源及源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控装置和其他附件组成。源容器是探伤机主体，用作放射源贮存和运输的屏蔽容器，其最外层为钢包壳，内部一般为贫铀屏蔽层。源容器的一端有联锁装置，用来连接控制缆；另一端通过管接头和输源管连接。未工作时放射源位于芯部的“S”形管道中央，以防射线的直通照射。工作时，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端构成照射头，用钥匙打开储源器的安全锁，再转动安全闸环到停止位置，使其指针对准红字“打开”处（即快门已开）；操作自控仪预置启动延迟时间、输源管距离、曝光时间，然后按下“启动”按钮，自控仪将自动完成“送源→曝光→收源”的检测照相过程。

典型 γ 射线探伤设备外观件见图9-5，内部结构见图9-6。



图 9-5 典型 γ 射线探伤机外观图

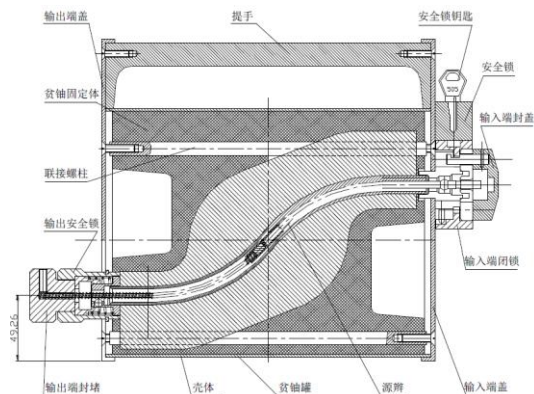


图 9-6 典型 γ 射线探伤设备内部结构示意图

(2) 工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 ^{192}Ir 产生的 γ 射线对受检工件进行照射，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，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的的。

(3) γ 射线室内探伤工作流程及产污环节

密封源 ^{192}Ir 在探伤机出厂时就已安装在探伤机内。探伤机不工作时，放射源位于探伤机内贮存位置，密封源发射的 γ 射线通过探伤机自身的贫铀结构屏蔽和防护。

当需要对工件进行探伤操作前，操作人员必须关闭探伤室大门、打开场地剂量报警器，随身佩带好个人剂量计和个人剂量报警仪。布设胶片并加以编号完毕后，将 γ 射线探伤

机从储源坑内取出，放置工件附近，开启探伤机闭锁装置，工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。人员在操作室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关闭安全锁。人员打开防护门进入探伤室，将探伤机放回储源坑，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

探伤作业时，由放射源保管人员领用含源的 γ 射线探伤机时应进行放射性水平测量，确认放射源在源容器内，同时记录检测值，并在全程监控下交接给探伤操作人员，领用时必须填写《放射源出入库登记表》。探伤作业完成后，含源的 γ 射线探伤机存放于储源坑前，放射源保管人员再对含源的 γ 射线探伤机进行放射性水平测量，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，储源坑实行双人双锁制度，并至少由2名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。

出现卡源故障时，可在控制室内通过摇柄手动送源/回源方式驱动放射源回到贮源位，并再次确认放射源回到贮源位。若手动仍不能回源的，应及时通知放射源生产单位到现场处理。

γ 射线室内探伤工作流程及产污环节见图9-7。

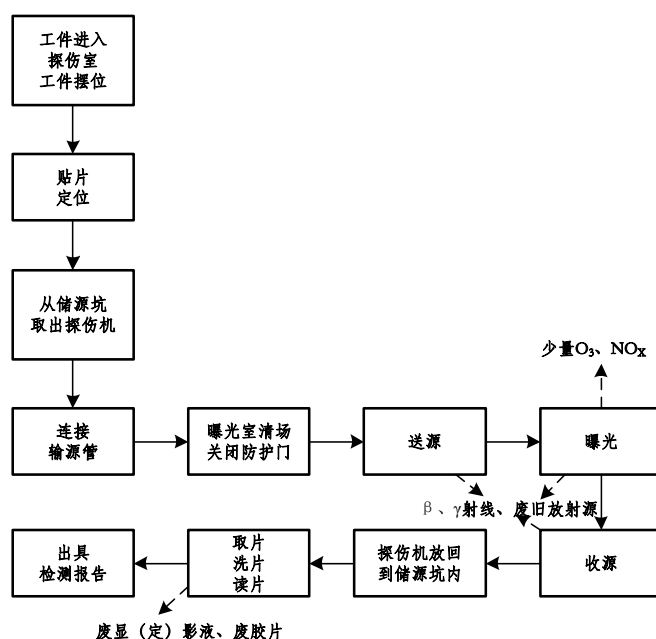


图 9-7 γ 射线室内探伤工作流程及产污环节示意图

(4) 换源流程

经与建设单位核实，桐乡合德机械有限公司厂区内不涉及换源工作。当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

①放射源使用单位（桐乡合德机械有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向浙江省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，经其批准同意后方可开展购源工作。

②获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位委托有资质的运输单位将源容器运输至放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

③放射源生产单位委托有资质的运输单位将装有新源的 γ 射线探伤机运输至放射源使用单位（桐乡合德机械有限公司），同时将装有废源的 γ 射线探伤机运回放射源生产单位，在生产单位厂区内由生产单位完成倒源工作。放射源使用单位在废源收贮的活动完成之日起20日内向浙江省生态环境厅备案。

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号文）规定：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度”，桐乡合德机械有限公司不得自行进行倒源操作。本项目放射源退役和换源的所有工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责，放射源运输过程中的安全责任由运输单位负责。目前，桐乡合德机械有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了“放射性同位素转让与退役源回收协议”（见附件8）与“ γ 射线探伤机委托运输协议”（见附件9）。经核实，浙江省科学器材进出口有限责任公司具备有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔A0135〕，种类和范围：销售II类、III类、IV类、V类放射源；销售III类射线装置，有效期至2027年2月20日；同时具备有效的《中华人民共和国道路运输经营许可证》，证号：浙交运管许可杭字（330101200129）号，经营范围：货运：经营性危险货物运输（第7类）（剧毒化学品、国家特别管控危险化学品除外）。

因此，本项目的放射源运输方案和废源回收处置方案合理可行。

9.2.4 工作负荷及合理性分析

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室计划每天工作16h，其中日曝光时间为8h，年工作300天，则年曝光时间为2400h，全年按50周计，则周曝光时间为48h；日不曝光时间为

8h，其中辐射工作人员在探伤室内工作时间为4h，主要为存取密封源、近距离移动 γ 射线探伤机、安装输源导管、布置底片及摆放工件等；在探伤室外工作时间为4h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。探伤工件主要为公司生产的压缩机和精密型腔模配套的零部件，检测方式为抽检，工件最大尺寸：2.2m（长） \times 2.3m（宽） \times 2.4m（高），材质主要为钢，厚度范围为（5~100）mm。 ^{192}Ir - γ 射线探伤机计划年拍片量为20000张，XXG-3505型X射线探伤机年拍片8800张，合计年拍片量为28800张。

单片最长曝光时间按5min计，日拍片量为28800（张/年）/300（d/年）=96张，则相应的日曝光时间为8小时，则推导出本项目的拍片量与计划曝光时间匹配。

9.2.5 运行工况及可行性分析

本项目所有探伤作业仅限于探伤室内，不涉及移动探伤。室内探伤时，每次仅限1台探伤机开机运行，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机拟采用1台专用的自动控制器电动出源，该控制器具有2个接口，其中1个接口负责 γ 射线探伤机与探伤室防护门的开关状态联锁，另1个接口负责与 γ 射线探伤机连接后电动出源，不具备同时连接2台 γ 射线探伤机的硬性条件。每台设备X射线探伤机配1套控制系统，该系统具有2个接口，其中1个接口负责X射线探伤机与探伤室防护门的开关状态联锁，另1个接口负责与X射线探伤机连接后开机曝光，不具备同时连接2台X射线探伤机的硬性条件。每次探伤，仅使用一台探伤设备的控制器。

因此，本项目探伤室在多台探伤机联锁的情况下，可实现单台设备独立运行的工况。

9.2.6 人员配置与岗位内容

本项目计划配置7名辐射工作人员，全部拟新聘，其中1名专职负责辐射安全管理；2名专职负责放射源的保管工作；4名为辐射操作人员，分为2组，每组2名共同负责承担探伤室的X、 γ 射线室内探伤（不同时操作使用），实行两班制，每班8小时。

上述人员配置计划符合《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）中“ γ 射线探伤装置的单位，至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作；明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作；探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场”，合理可行。

9.3 污染源项描述

9.3.1 放射性污染源项

(1) X射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，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污染因子，污染途径是 X 射线外照射。

辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射。

①有用线束和散射辐射

参考《X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B中表B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，基于本项目探伤室的防护墙和工件门采用混凝土，工作人员出入门采用铅门，有用线束存在穿透不同屏蔽材料的情况，本次评价保守选取较大值；在未获得厂家给出的输出量，散射辐射屏蔽估算选取表B.1中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计。本报告在标准的基础上采用内插法推导出X射线输出量，见表9-2。

表9-2 X射线输出量（有用线束和散射辐射）

管电压kV	距靶点1m处输出量 H_0 -mGy·m ² /（mA·min）
350	20.2

②泄漏辐射

参考《X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第4.2.2条款表1，本项目距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率见表9-3。

表9-3 X射线探伤机的泄漏辐射剂量率

管电压kV	距靶点1m处的泄漏辐射剂量率 H_L -μSv/h
>200	5×10^3

(2) β、γ射线

根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）P85 页、《辐射防护导论》（方杰主编）P75 页，相关核素的辐射特性见表 9-4。

表 9-4 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 (分支比, %)	射线 类型	辐射能量 (MeV)	辐射 能量强度*	空气比释动能率常数 (μGy·m ² ·Bq ⁻¹ ·h ⁻¹)
¹⁹² Ir	74.02d	β ⁻ (95.22)	β ⁻	0.672	46%	1.13×10^{-7}
		ε (4.78)		0.536	41%	
		β ⁺ (~0)		0.240	8%	

				0.296	34.6	
				0.308	35.8	
			γ	0.316	82.9%, 100	
				0.468	58.0	

注：该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

根据放射性核素 ^{192}Ir 的主要辐射特性可知，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{192}Ir 衰变时均会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线，其中 β 射线穿透能力相对较小，已基本被源容器屏蔽。根据《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2008）中第 5.3.3.1 条款规定，当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。因此， β 射线对周围环境的辐射影响甚微，可忽略不计，而 γ 射线具有较强的贯穿能力，则 γ 射线探伤机的污染因子主要是 γ 射线。放射源贮存过程中有小部分穿过储源坑屏蔽体（主要为坑盖）泄漏到工作场所及周围环境中，放射源使用过程中对探伤室周围的工作人员和公众成员产生 γ 射线外照射。

（3）废旧放射源

本项目放射源使用到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。经与建设单位核实，本项目购买的单枚放射源 ^{192}Ir 最大出厂活度为 $3.70 \times 10^{12} \text{Bq}$ （100Ci），日常使用约 3 个月（保守按 91 天计）更换一次，则废旧放射源年产生量约 4 枚。参考《电离辐射防护基础》（陈志编著，清华大学出版社）P11 页公式（2-11）， ^{192}Ir 的半衰期为 74.02d，则废旧放射源的活度 A 计算结果如下：

$$3.70 \times 10^{12} \text{Bq} / 2^{(91/74.02)} = 1.58 \times 10^{12} \text{Bq} \text{ (42.6Ci)}$$

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源回收协议。目前公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订放射性同位素转让及退役源回收协议，见附件 8。

9.3.2 非放射性污染源项

（1）臭氧和氮氧化物

本项目 X、 γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室拟设置一套机械通风装置，设计风机风量不低于 $1000 \text{m}^3/\text{h}$ 。探伤室的设计净容积约 174m^3 （含迷道），则每小时有效通风换气次数不低于 5 次，排风管道外口朝向 10 跨车间南侧的厂区道路，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》

（GBZ 117-2015）第 4.1.11 条款“探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向而

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。少量的废气通过排风管道排至探伤室外，再通过生产车间的排风设施引至室外，对周围环境空气影响较小。

(2) 废显（定）影液、废胶片

本项目 X、γ 射线探伤洗片和评片过程中会产生一定量的废显（定）影液、废胶片，属于《国家危险废物名录（2021 年版）》中感光材料废物，危废代码为 HW16：900-019-16，并无放射性。X、γ 射线室内探伤年拍片总量为 28800 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中每年产生的废显（定）影液约 576L，密度保守按照 1g/cm³，则可折算为 576kg。参考同类无损检测企业的废胶片实际管理经验和成本控制，废片率不高于 5%，则每年产生废胶片约 1440 张。该部分危险废物定期委有资质的单位处理，完好的胶片由公司归入胶片存档室进行建档备查。

根据《承压设备无损检测 第 1 部分：通用要求》（NB/T 47013.1-2015）中第 7.3.3 条款要求，无损检测记录的保存期应符合相关法规标准的要求，且不得少于 7 年。7 年后若用户需要，可将原始检测数据转交用户保管。经与建设单位核实，本项目完好的胶片约 27360 张，存档期限为 10 年。存档满 10 年后的胶片最终处理方案分两种：①如用户需要，公司将此类胶片转交用户保管，占比约 30%，即 8208 张胶片；②如用户不需要，公司将此类胶片作为危废交有资质单位处理处置，占比约 80%，即 21888 张胶片。基于本项目运行的第 11 年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即 1440+21888=23328 张（无损检测胶片尺寸大小存在差异，单片平均重量按 10g 计，则折合重量约 233kg）。

本项目暗室拟配置 2 个容积为 50L 的废液桶，用于收集废显（定）影液；废胶片采用防渗袋装形式收集，然后转移至现有的危废暂存间进行集中贮存。根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表 9-5。

表 9-5 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	576 kg/a	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次室内探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	233 kg/a	评片、胶片存档	固态	废胶片	废胶片	每次室内探伤、存档期满	T	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 场所布局及合理性分析

本项目探伤工作场所位于 10 跨车间内，主要由探伤室、控制室、暗室和评片室组成。探伤室北墙拟设电动工件门，便于工件进出。探伤室与控制室之间均设有“Z”型和人员通道电动铅防护门，便于辐射工作人员进出探伤室，并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。X 射线定向探伤机的主射束主要朝向探伤室的东墙和南墙，避开朝向西侧控制室的方向； ^{192}Ir - γ 射线探伤机内置的密封源 ^{192}Ir 主射束朝向探伤室的任一方向，经辐射影响理论预测，在西墙 900mm 厚混凝土的屏蔽防护的基础上控制室处的辐射剂量率低于标准限值要求，且控制室内辐射工作人员的年有效剂量满足本次评价的剂量约束值要求。探伤室内设有 2 个储源坑，用于 ^{192}Ir - γ 射线探伤机不作业时的临时储存。探伤室西侧设有 1 间 X 射线机贮存间，用于 X 射线探伤机不作业时的临时储存。探伤工件最大尺寸为 2.2m（长） \times 2.3m（宽） \times 2.4m（高），探伤室净尺寸为 6.32m（长） \times 5.80m（宽） \times 4.15m（高），工件门的门洞尺寸为 3.0m（宽） \times 3.5m（高），采用轨道平板车送入探伤室，平板车的尺寸为 3.0m（长） \times 2.0m（宽） \times 0.4m（高），满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。探伤室内拟采用行车进行吊装工件，行车设计高度为 3.5m，故探伤室的设计高度可以满足工作需求。曝光后的胶片统一在暗室和评片室内完成洗片和评片工作，产生的各类危废依托厂区 1 跨车间内现有的危废暂存间进行暂存。探伤室平面和剖面设计见附图 6 和附图 7。

因此，本项目探伤室布局设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）的要求，合理可行。

10.1.2 分区原则及划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 6.4 条款规定，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

根据两区划分原则，结合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）等相关规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，拟将探伤室实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室工件门外 1m 处采用

黄色警戒线作为标志，探伤期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标识和中文警示说明；控制室等相邻区域划为监督区，探伤期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见附图 6。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目探伤室辐射屏蔽防护设计方案见表 10-1。

表 10-1 探伤室辐射屏蔽防护设计方案

探伤室	外尺寸	面积为 63.5m ² ，8.36m（长）×7.60m（宽）×4.85m（高）
	净尺寸	面积为 36.7m ² （不含迷道），6.32m（长）×5.80m（宽）×4.15m（高）
东、南、北墙	900mm 混凝土	
西墙	设有“Z 型”迷道，迷道内墙采用 900mm 混凝土，长 1900mm；迷道外墙为 900mm 混凝土	
顶棚	700mm 混凝土	
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护	
工件门	电动门，门洞的尺寸为 3.0m（宽）×3.5m（高）；门体的尺寸为 4.0m（宽）×4.5m（高），采用 900mm 混凝土（门与墙体左、右搭接各为 500mm，上、下搭接各为 200mm、800mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。	
工作人员出入口	电动门，门洞的尺寸为 0.9m（宽）×2.1m（高）；门体的尺寸为 1.2m（宽）×2.3m（高），敷设 15mm 铅板（门与墙体左、右搭接各为 150mm，上、下搭接各为 150mm、50mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。	
储源坑	2 个，设计原则为“一源一坑”，用于存放 1 台 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机，采用下沉式设计，位于探伤室内东南侧，单坑的净尺寸为 400mm（长）×300mm（宽）×400mm（深），坑四壁与底部均为混凝土层，顶盖尺寸为 440mm（长）×340mm（宽），采用 10mm 铅板，顶盖与源坑各侧之间的搭接均为 20mm，坑口高出地面 100mm。	
普通高压电缆、X 射线探伤机控制线缆、γ 射线探伤机控制导管	各类预埋管道分别敷设 1 根，合计 3 根，均以“U”或“月牙弯”型埋地管道穿越探伤室的西墙，连接至控制室的控制台，管径均为 100mm，埋深均为 400mm。	
排风设施	设 1 套机械排风设施，设计风机风量为 1000m ³ /h，排风管道 1 根，管径为 300mm，以“Z”型管道呈 45° 斜穿探伤室的南墙，最终引至 10 跨车间外。排风口设计尺寸为 300mm（长）×300mm（宽），高 4.1m，管道出口处设有 1 个 3mmPb 的铅防护罩，朝向 10 跨车间南侧的厂区道路。	

注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm³，铅的密度不小于 11.34g/cm³。

实际施工中，建设单位务必做好施工质量保证，加强探伤室施工阶段的质量监督工作，具体要求：①探伤室屏蔽墙及顶棚属于大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果。②合理设置高压电缆线、X 射线探伤机的控制线缆、γ 射线探伤机的控制导管及排风等各类管道，不得破坏探伤室墙体的屏蔽效果。③探伤室的防护门安装时应尽可能减少缝隙泄漏辐射，通常防护门宽与门洞的部分应大于“门-墙”间歇的 10 倍。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

本项目探伤装置均拟购于有资质的单位，设备在出厂前应具备以下多项安全措施：

表 10-2 探伤装置固有安全属性基本要求

装置名称	设备技术要求	
X 射线探伤机	X 射线管头组装体	a) 移动式或固定式的 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。b) X 射线管头应设有限束装置。c) X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。d) X 射线管头应具有如下标志：制造厂名称或商标；型号及出厂编号；X 射线管的额定管电压、额定管电流；焦点的位置；出厂日期；电离辐射标志。e) X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合 GBZ 117-2015 中第 3.1.1.5 条款表 1 的要求，本项目使用的 X 射线探伤机最大管电压为 350kV，故 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率 < 5mGy/h。
	控制台	a) 应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。b) 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。c) 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未完全关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。d) 应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。e) 应设置紧急停机开关。f) 应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。
γ 射线探伤机	放射源容器	a) 本项目 ¹⁹² Ir-γ 射线探伤机为手提式 (P)，装有设计的最大额定装源活度的放射源时，容器的表面剂量率应满足《γ 射线探伤机》(GB/T 14058-2008) 中表 1 的要求。b) 放射源容器应进行 GB/T 14058-2008 中规定的性能试验，并满足标准要求。
	安全锁	探伤装置必须设置安全锁，并配置专用钥匙。a) 源辫返回源容器后，该锁方能锁死；b) 安全锁锁死时，源辫应不能移动；安全锁打开后，源辫方能移离源容器；c) 钥匙不在锁上时，安全锁仍能锁死。
	联锁装置	探伤装置应设有安全联锁装置。a) 安装或拆卸驱动装置时，源辫应不能移离源容器；b) 非工作状态时，源辫应锁闭在源容器中；c) 工作状态时，驱动装置应保持与源容器连接，随时可将源辫摇回源容器内。
	源托、输源管、控制缆等配件	a) 源托（包括源辫，源辫与控制缆联接点）承受的张力应满足如下要求： ¹⁹² Ir 源托 500 牛顿；b) 采用输源管和远距离操作的探伤装置，必须进行性能试验，并满足 GB/T 14058-2008 等相关标准要求。
	源辫位置指示系统	探伤装置应具有源辫位置指示系统，该指示器系统应具有如下功能：a) 用不同灯光颜色分别显示源辫在源容器内或外；b) 用数字显示源辫离开源容器的距离；c) 用音响提示源辫已离开源容器。
	遥控装置	a) γ 射线探伤机的遥控装置，其控制缆应有一个止动装置，以防止控制缆与遥控装置丢失和脱开。b) 遥控装置的控制机构应清晰标记源组件运动到曝光位置及其返回方向。c) 非手动操作的遥控装置，系统出现故障时，源容器和源组件能自动回到安全状态；配备一个应急装置（最好是手动的）和（或）应急措施，使源组件能返回到安全状态。
	标志和标识	在探伤装置的放射源容器表面固定金属铭牌，铭牌上应铭刻下列内容：电离辐射警告标志、探伤装置生产厂家名称、产品名称、出厂编号、出厂日期、放射源核素名称、设计的最大装源活度。
	放射源编码卡	放射源编码卡与探伤装置可靠联接，且便于更换。更换放射源时，放射源编码卡应随之更换，确保与容器内的放射源一一对应。

10.1.4.2 辐射安全和防护措施

本项目共建一间探伤室，主要开展 X、 γ 射线室内探伤活动。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）及《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号文）等标准要求，本项目探伤室投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

一、探伤室的建设

1、探伤室的工件门和工作人员出入门均拟安装门-机联锁装置，防护门与所有探伤机联锁，只有在门关闭后探伤机才能进行透照检查。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。

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

3、探伤室内、外醒目位置处拟设清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4、探伤室的工件门和工作人员出入门均拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明。由于探伤室南墙紧邻厂区道路，考虑到途径此处的周围公众的辐射安全，本次评价建议建设单位在探伤室南墙外设置显著的电离辐射警示标志和中文警示说明，提醒无关人员远离辐射区。

5、探伤室工件门和工作人员出入门的照射状态指示装置拟与所有探伤装置联锁。

6、探伤室内四侧墙面、迷道入口处和控制台等处均拟设 1 个紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮安装，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。按钮应当带有标签，标明使用方法。

7、探伤室拟设 1 套机械通风装置，每小时有效通风换气次数不小于 5 次，排风管道外口朝向 10 跨车间南侧的厂区道路，已避免朝向人员活动密集区。

8、探伤室内拟安装 1 套固定式辐射剂量监测系统，在探伤室内设置固定式辐射剂量监测仪探头，该监测系统能够显示机房内实时剂量计及累积剂量，并有报警功能，其显示单元设置在控制室，并与门-机联锁相联系。

9、探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口处拟设置声光报警装置，该声光报警装置在探伤机工作时应自动接通以给出声光警示信号，工作状态指示灯箱应醒目显示“禁

止入内”。

10、探伤室拟设有 1 套视频监控系统，视频探头设置在探伤室内，显示屏设置在控制台上。保证监控无死角，且须覆盖到储源坑，全方位监控探伤室内情况。若有人员滞留于探伤室内，可以在控制室内及时观察发现。

11、本项目工件门和工作人员出入门均拟设为电动门，均具有防夹功能。工件门和工作人员出入门的内侧分别拟设 1 个室内紧急开门装置，紧急状态下室内人员可开启该装置而离开探伤室。同时，工作人员可通过控制台上的电动操控按钮从室外打开工件门，通过工作人员出入门外侧墙上的电动操控按钮从室外打开工作人员出入门。

12、探伤室内墙拟设 2 个应急照明灯，作为应急使用。

13、探伤室的防护门外 1m 处拟划定黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

探伤室辐射安全和防护设施布置方案见附图 10。

二、X 射线探伤机及贮存间的管理

1、X 射线探伤机贮存间的出入口拟设视频监控系统，采用防盗门窗，门上拟设电离辐射警告标志。

2、射线装置贮存场所仅为 X 射线探伤机的临时贮存，不涉及使用、调试和维修工作，实行双人双锁制度，由专人负责。

三、 γ 射线探伤机及储源坑的管理

1、 γ 射线探伤机均拟采用电动出源方式，用电动控制放射源传输的 γ 射线探伤机均具有与探伤机房门的开关状态联锁的接口。

2、 γ 射线探伤机拟配备自动控制器 1 台，供 ^{192}Ir - γ 射线探伤机专用。 γ 射线探伤机配备该控制器能实现放射源运动的自动控制，能实现一次操作对一个点进行曝光，当预置好曝光位置和曝光时间，按下“送源”按键后，根据设置的延时时间，控制器自动把放射源从屏蔽体内通过输源管送到曝光位置，当设定的曝光时间完成后，自动将放射源收回到屏蔽体。

该控制器具备以下技术特点和功能：①采用 PLC 控制，性能稳定，操作方便，可灵活设置出源距离、曝光时间和送源延时等参数；②多种安全联锁（门联锁、操作联锁等）；③紧急回源及手动送收源；④送源卡堵、超时、超限检测及保护功能；⑤曝光报警及回源提示功能；⑥延时出源功能；⑦触摸屏操作，方便、可靠。

3、放射源储存设施设于探伤室内，包括 2 个储源坑，放射源储存设施管理措施如下。

表 10-3 放射源储存设施管理措施

序号	措施内容
1	拟设红外线防盗报警装置，并与当地公安“110”联网。
2	拟设 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网。
3	探伤室结构上防火，内部拟设 2 台干粉灭火器，作为应急物资备用。
4	储源坑的坑盖上拟设有显著的电离辐射警告标识，并实行双人双锁制度。
5	储源坑的坑口高出地面 100mm，达到防水要求，确保不会有水流入。
6	认真做好防水、防火、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏的“六防”工作。
7	储源坑不能和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放。
8	源容器出入储源坑时应进行监测并有详细记录。

4、公司拟 2 名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作。

5、 γ 射线探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应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测量，并建立个人剂量档案。

6、每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。

7、领用含放射源的源容器或照射容器或连同源与容器的探伤装置时，进行放射性水平测量，确认放射源在源容器或照射容器内。工作完毕交还时，再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将放射源及其容器放回原储源坑存放。

8、更换放射源时，探伤装置使用单位应向浙江省生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源。

9、放射源换源工作必须由放射源生产单位进行，换源时穿上专门的辐射防护服，并佩带个人剂量计和剂量报警仪。

10、对拟退役或不用的放射源 ^{192}Ir ，公司应按照事先达成的废源回收协议，委托有资质的单位运输，返回供应商，并有详细的交接记录，档案长期保存。目前公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订放射性同位素转让及退役源回收协议。

11、本项目为 II 类放射源，其风险等级为二级，治安防范级别也为二级。公司应加强储源坑及探伤室等的安保措施，具体如下

①拟采用防盗门，防盗安全级别为乙级（含）以上，防盗锁应符合 GA/T 73 的要求。

②拟设置保卫值班室，同时 24 小时有专人值守。

③值守人员应认真履行岗位职责，对进出探伤室的人员进行检查，制止非法侵入；严格执行交接班制度，并有记录。

④探伤室内视频监控系统拟与值班室联网。

⑤加强夜间和节假日巡逻，做好防盗和防破坏措施。

⑥设置治安保卫机构或者配备专人，对治安防范措施开展日常检查，及时发现、整改治安隐患，并保存检查、整改记录。

四、监测仪器与防护用品

1、公司拟配置 1 台便携式辐射检测报警仪，该报警仪拟与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

2、辐射工作人员进出探伤室时需配戴个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。

3、公司须给所有辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，工作期间必须正常佩戴；同时配置基本个人防护用品，如铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜等；还需配置放射源长柄夹、储源罐等应急物品，可以满足相关标准要求，具体配置计划见表 10-4。

表 10-4 本项目辐射防护设施与防护用品配置计划

序号	名称	数量
1	便携式辐射剂量仪	1 台
2	固定式辐射剂量监测仪	1 台
3	个人剂量计	6 个
4	个人剂量报警仪*	6 个
5	长柄夹（长度至少 1.5m）	1 个
6	储源罐	1 个
7	铅衣、铅帽、铅围脖、铅手套、铅眼镜	各 2 套

注：具有累积剂量监测功能的个人剂量报警仪（该仪器同时具备直读剂量计和个人剂量报警仪的功能）。

上述用于放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并取得相应证书。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。

五、辐射安全管理措施

1、公司应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》第十六条规定，建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源和射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施、放射性固体废物处理方案，相关制度内容及制定要求见本报告表 12 章节。

2、公司应建立放射源和射线装置的管理档案和台帐记录，贮存、领取、使用、归还探伤机时应及时进行登记、检查，做到帐物相符，并要求专人负责保管。

3、公司应制定相关管理制度，禁止将 X、 γ 射线探伤机移出探伤室外作业。同时，严

格控制探伤室运行工况，每次探伤工作仅限 1 台探伤机开机运行，禁止 2 台及 2 台以上探伤机同时开机运行。

4、各项辐射环境管理规章制度应张贴于控制室内，并严格落实到探伤工作中。

5、公司应建立详细的辐射安全管理档案，由专人负责保管工作。

6、公司应定期对探伤室的防护门-机联锁装置、紧急停止按钮、出束信号指示灯等安全措施进行检查。

7、每次工作前，探伤工作人员应检查安全装置、联锁装置的性能及警告信号、标志的状态。只有确认探伤室内无人且门已关闭、所有安全装置起作用并给出启动信号后才能启动照射。

六、探伤装置检查和维护

根据国家相关规定，本项目 X、 γ 射线探伤机日常检查和维护应满足如下基本要求：

表 10-5 探伤装置的检查和维护基本要求

装置名称	类型	检查项目/维护内容
X 射线探伤机	日检	a) 探伤机外观是否存在可见的损坏；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；c) 安全联锁是否正常工作；d) 报警装备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好。
	定期检查	a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；b) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；c) 机房内安装的固定辐射检测仪的检查；d) 制造商推荐的其他常规检测项目。
	设备维护	a) 公司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都来自设备制造商。d) 应做好设备维护记录。
γ 射线探伤机	每次探伤作业之前检查	a) 检查源容器和源传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物；b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；c) 确认放射源锁紧装置工作正常；d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供）、与控制导管是否有效连接；e) 检查源容器和源导管是否连接牢固；f) 检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；g) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；h) 测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合 GBZ 132-2008 第 4.1 条款的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致，应在更换或维修设备后投入使用。
	设备维护	a) 探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。b) 每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。c) 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。d) 更换输源管、控制缆和源辨等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。

七、危险废物环境管理措施

本项目危险废物主要为探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片，根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及 2013 年修改单和《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）危废的贮存

本项目危废的暂存直接依托厂区内 1 跨车间内现有的危废暂存间，具体位置见附图 4。现有危废暂存间于 2010 年 11 月 25 日以桐环建（2010）147 号文通过原桐乡市环境保护局的环保审批，2012 年 5 月 2 日以桐环建函 2012 第 19 号文通过原桐乡市环境保护局的环保竣工验收。经现场勘查，该暂存间建筑面积约 73.85m²，设计尺寸为 8.7m（长）×8.5m（宽）×4.5m（高），四侧墙体采用 300mm 实心砖，顶棚采用 300mm 混凝土，地坪已硬化处理，采用环氧树脂地面+钢板铺设，北墙设有 2 扇窗户（铝合金玻璃结构），南墙设有 1 扇普通钢门，门上设有规范的危废标识和防盗锁，并指定专人管理。四周设有导流沟和收集池，现场处张贴有《危险废物管理规定》、《危险废物管理周知卡》等规章制度。现有危废暂存间的建设满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及 2013 年修改单中“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，现状情况见附图 16。

现有危废暂存间的最大贮存能力为 7t，场所内不同种类的危险废物已分区存放，具体存放情况见图 10-1 和表 10-6。

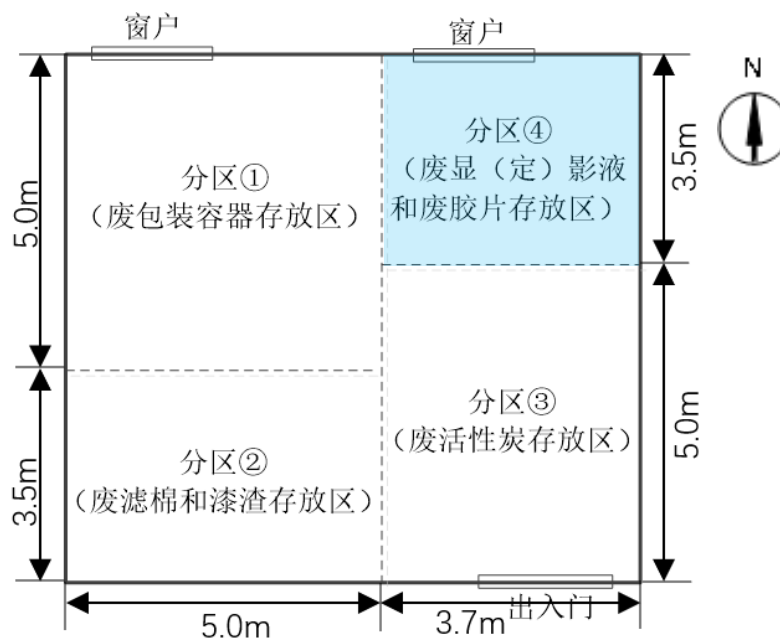


图 10-1 现有危废暂存间平面布局及分区存放情况

表 10-6 现有危废暂存间内部分区存放情况及本项目危废依托情况

分区情况		危废存放情况					
名称	建筑面积	危废名称		危废代码	危废量	包装形式	贮存周期
分区①	25.0m ² (长 5.0m×宽 5.0m)	现有 非放射 性项目	废包装容器	HW49: 900-041-49	1.80t	袋装	半年
分区②	17.5m ² (长 3.5m×宽 5.0m)		废滤棉和漆渣	HW12: 264-013-12	0.83t	袋装	半年
分区③	18.5m ² (长 5.0m×宽 3.7m)		废活性炭	HW12: 900-252-12	0.88t	袋装	半年
分区④	12.95m ² (长 3.7m×宽 3.5m)	本次 辐射 项目	废显(定)影液	HW16: 900-019-16	0.576t	桶装	半年
			废胶片	HW16: 900-019-16	0.233t	袋装	半年

根据上表可知，桐乡合德机械有限公司现有非放射性项目危废产生量约 3.51t，本次辐射项目危废产生量约 0.809t，现有危废暂存间具备足够的空间容纳本次辐射项目新增的危险废物。因此，本项目危废暂存的暂存依托现有的危废暂存间合理可行。

(2) 危废暂存间的环境管理

①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前应做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器应粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物必须分类分区贮存，不同类危险废物间应有明显间隔，严禁不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员应作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

(3) 危废的转移

对于厂内运输，本项目危废从厂区内产生环节运输到危废暂存间，应由专人负责，专用容器或废物袋收集转移，避免可能引起的散落、滴漏。对于厂外运输，危废由有资质单位定期到厂内收集并运输转移，采用专用车辆。危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度，危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

(4) 危废的委托处置

桐乡合德机械有限公司已与绍兴华鑫环保科技有限公司签订危废委托处置合同，该单位具备有效的《危险废物经营许可证》（经营许可证号码：3300000158，有效期至 2022 年 11 月 19 日），核准经营的危废类别包括 HW16：900-019-16，与本项目产生的危废类别相

符，因此具备处理本项目危废的能力。同时，绍兴华鑫环保科技有限公司与安畅物流（嘉兴）有限责任公司签订了危险废物运输协议，该单位具备有效的《中华人民共和国道路运输经营许可证》（浙交运管许可嘉字 330401101623 号，有效期至 2024 年 11 月 18 日），因此具备运输本项目危废的能力。因此，本项目危险废物处置方案基本可行，相关委托协议及资质证书具体见附件 10。

10.2 三废的治理

1、放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

本项目 γ 射线探伤机内 ^{192}Ir 密封源退役后仍具有很强的放射性，公司应按国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源回收协议。在收贮前，公司应将退役的放射源暂存于储源坑内，做好保管工作。

2、非放射性“三废”

（1）本项目 X、 γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、 γ 射线将会使探伤室内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设机械排风系统，该部分废气通过排风管道排至室外，对环境影响较小。

（2）X、 γ 射线探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片属于危险废物，企业应将该部分废物集中收集和贮存，并定期委托有资质的单位回收处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

建设阶段主要影响为将 10 跨车间的部分空间改造为探伤工作场所，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本次评价仅作简要分析。

(1) 大气：本项目在施工期产生少量地面扬尘，由于工程量不大，涉及的施工作业面较小，因此只要采取一定的措施即可很大程度的降低施工期的废气污染。

(2) 废水：施工期间，有少量含有泥浆的施工废水产生，应对这些废水进行集中收集妥善处理，建议在采取简单的沉淀处理后排入已有的排污管道。施工人员生活污水经化粪池预处理后排入市政污水管网。

(3) 噪声：施工机械在运行中会产生噪声，但由于施工量小，对周围环境影响较小。

(4) 固体废物：整个施工过程中产生少量以建筑垃圾为主的固体废物，企业应妥善收集后处理处置。施工人员生活垃圾经收集后交环卫部门清运。

11.1.2 设备安装调试阶段

待本项目的X、 γ 射线探伤机按照国家规定的程序合法购置到位后，需安装和调试后方可使用。安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装、调试（如门机联锁等性能）及针对建设单位的使用示范教学均要求在本项目辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，桐乡合德机械有限公司不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位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，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警示标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应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。

11.2 运行阶段对环境的影响

目前本项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法来预测探伤室投入使用时对周围环境的辐射影响。

11.2.1 机房周围辐射水平预测

11.2.1.1 预测模式

因各预测点位与放射源使用位置之间的距离比放射源本身的几何尺寸大 5 倍以上，故可将放射源视为点源。 γ 射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式（3.10）中 γ 点源空气比释动能率计算公式，无屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 \dot{K} ：

$$\dot{K} = \frac{A \cdot \Gamma_k}{r^2} \dots \dots \dots (11-1)$$

式中： \dot{K} ——无屏蔽防护时参考点的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

A——放射性活度，Bq；

Γ_k ——空气比释动能率常数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P75 页表 3.2 可知：

对于 ^{192}Ir ， $\Gamma_k=1.13 \times 10^{-7} \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

r——参考点距离放射源的距离，m。

探伤作业时，有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率 K：

$$K = \frac{\dot{K}}{N} \dots \dots \dots (11-2)$$

式中：K——有屏蔽体情况下参考点的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\dot{K} ——无屏蔽防护时参考点的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{(d/\text{HVL})}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中附录 C 表 C.1，放射源 ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm，在铅中的半值层厚度为 3mm。

11.2.1.2 各探伤机的射线能量对比

本项目探伤室拟配置 2 台 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机和 2 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机，所有探伤机在探伤室内作业范围基本相同，各探伤机的辐射影响对比情况见表 11-1。

表 11-1 本项目探伤室拟使用的探伤机辐射影响对比表

探伤机型号	最大管电压 / 活度	最大射线能量	在混凝土中的半值层厚度	距辐射源点 1m 处辐射剂量率
XXG-3505 型 X 射线定向探伤机	350kV	0.350MeV	30mm ^①	20.2mGy·m ² / (mA·min)
^{192}Ir - γ 射线探伤机	100Ci	0.672MeV ^③	50mm ^②	$1.13 \times 10^{-7} \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

注：①数值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 表 B.2；

②数值来源于《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中附录 C 表 C.1。

③数值来源于《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）中 P85 页表 1.11。

由上表可知：相对 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机， ^{192}Ir - γ 射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强。因此，本报告选取 ^{192}Ir - γ 射线探伤机作为评价对象进行理论计算，如探伤室能够满足 ^{192}Ir - γ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 X 射线探伤机的辐射防护要求。

本项目探伤室内每次仅开启一台探伤机进行探伤，不允许开启 2 台及 2 台以上探伤机同时探伤。预测背景为单台探伤机开机运行， ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含放射源的最大出厂活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，预测点位示意图分别见图 11-1 和图 11-2。

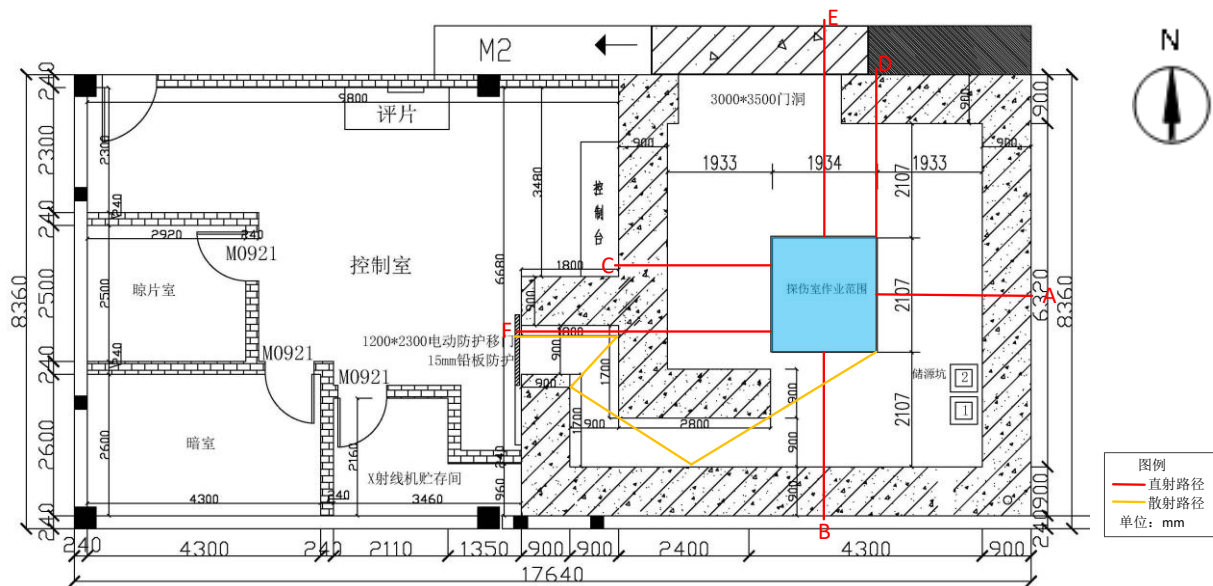


图 11-1 探伤室平面设计及预测点位示意图

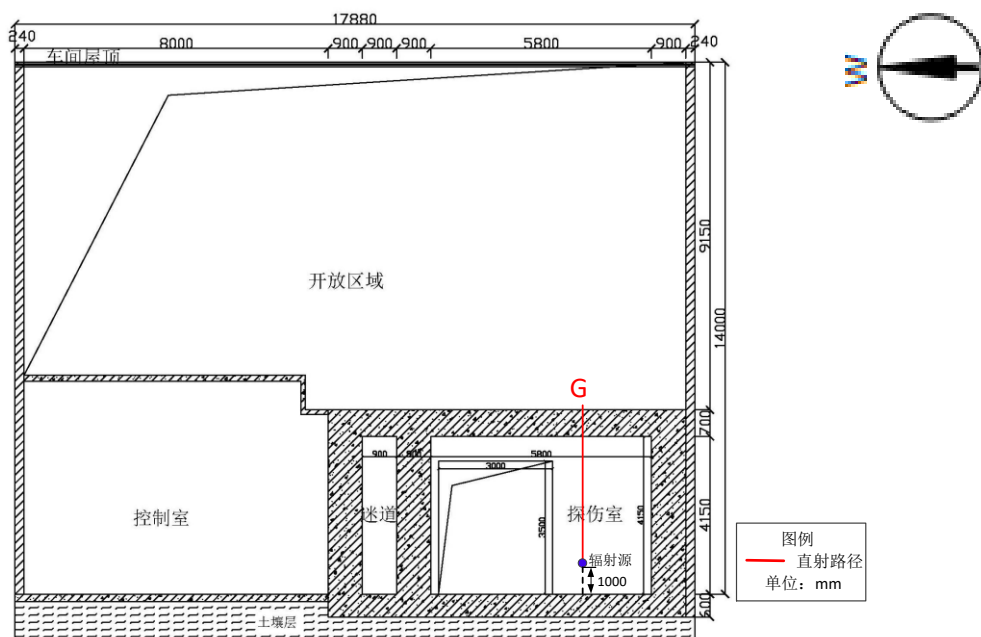


图 11-2 探伤室平面设计及预测点位示意图（单位：mm）

11.2.1.3 探伤室各侧屏蔽墙体和工件门屏蔽防护性能预测

本项目探伤室内每次仅开启一台探伤机进行探伤，不允许开启2台及2台以上探伤机同时探伤。辐射影响预测选取1台¹⁹²Ir- γ 射线探伤机，额定装源活度为 3.7×10^{12} Bq，正常检测工作中工件运至探伤室，放射源被放置在工件内进行照射。根据探伤室设计参数（净尺寸：长6.32m×宽5.80m×高4.15m），按企业探伤时实际使用工况，保守考虑取探伤机位于离各侧屏蔽墙体最近距离约为长或宽的三分之一，放射源与地面最大距离约1m。考虑墙体厚度，关注点距离各侧屏蔽墙及工件门的表面均为30cm，将相关参数代入公式（11-1）~（11-2），则本项目探伤室屏蔽墙及工件门外辐射防护水平理论计算结果见表11-2。

表 11-2 探伤室运行时各侧墙体及工件门辐射影响预测结果（¹⁹²Ir- γ 射线探伤机）

关注点 参数	A 东墙	B 南墙	C 西墙	D 北墙	E 工件门	F 工作人 员进出门	G 顶棚
r (m)	3.1 ^①	3.3 ^②	3.1 ^③	3.3 ^④	4.2 ^⑤	4.9 ^⑥	4.2 ^⑦
A (Bq)	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}	3.70×10^{12}
Γ_k $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}	1.13×10^{-7}
无屏蔽体时参考点的 空气比释动能率 \dot{K} ($\mu\text{Gy/h}$)	43508	38393	43508	38393	23702	17414	23702
防护材料及厚度 d (mm)	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	700mm 混凝土
半值层厚度 HVL (mm)	50	50	50	50	50	50	50
减弱倍数 N	262144	262144	262144	262144	262144	262144	16384
有屏蔽体时参考点的 空气比释动能率 K ($\mu\text{Gy/h}$)	0.166	0.146	0.166	0.146	0.090	0.066	1.447
控制限值 K^* ($\mu\text{Gy/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：1) 距离参数 r 取值说明如下：

- ①放射源距东侧屏蔽墙取 5.80/3m+东侧屏蔽墙厚 0.9m+墙外 0.3m=3.1m；
- ②放射源距南侧屏蔽墙取 6.32/3m+南侧屏蔽墙厚 0.9m+墙外 0.3m=3.3m；
- ③放射源距西侧屏蔽墙取 5.80/3m+西侧屏蔽墙厚 0.9m+墙外 0.3m=3.1m；
- ④放射源距北侧屏蔽墙取 6.32/3m+北侧屏蔽墙厚 0.9m+墙外 0.3m=3.3m；
- ⑤放射源距工件门取 6.32/3m+北侧屏蔽墙厚 0.9m+工件门厚 0.9m+墙外 0.3m=4.2m；
- ⑥放射源距工作人员出入门取 5.80/3m+西侧屏蔽墙厚 0.9m+迷道长 1.8m+墙外 0.3m =4.9m；
- ⑦放射源距顶棚取 4.15m+顶棚厚 0.7m+墙外 0.3m -放射源高 1.0m=4.2m。

2) 探伤室下方为土层，无地下室，不作特殊防护，故不设关注点预测。

由表 11-2 可知：当探伤室内仅开启一台活度为 $7.4 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机进行探伤时，探伤室各侧屏蔽墙体和工件门均满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中“探伤室屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 $2.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ”的要求。可推断出当最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 XXG-3505 型 X 射线定向探伤机满功率运行时，探伤室各侧屏蔽墙体和工件门也能够《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“探伤室墙和入口门的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶外 30cm 处的剂量率参考控制水平不大于 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

11.2.1.4 探伤室迷道入口处屏蔽防护性能预测

本项目探伤室采用“Z”型迷道设计，利用散射降低迷道外的辐射水平，避免 X 和 γ 射线直接照射迷道入口。迷道位于探伤室的西侧，迷道外口设计安装 15mm 铅防护门。迷道入口处的辐射剂量主要考虑散射辐射剂量率和主射束穿过迷路内墙的直射辐射剂量率。

(1) 散射辐射剂量率

本次评价按最不利情况保守考虑，选择散射次数最少的路径进行预测，则射线需经过至少 3 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外，具体散射路径示意图见前文图 11-1。

根据 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则) P63 页公式 (13)，无屏蔽防护时，经 i 次散射后迷道外入口的剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{H_0 \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \dots \dots \dots (11-3)$$

式中：H——经 i 次散射后关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ——对于 γ 辐射源，数值上由 $A \Gamma_k$ 确定，其中 A 是放射源活度， Γ_k 是空气比释动能率常数。对于放射源 ^{192}Ir ， $A = 3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ ， $\Gamma_k = 1.13 \times 10^{-7} \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，则 $H_0 = 4.18 \times 10^5 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ 。

α_1 ——入射到第一个散射体的 γ 射线的散射系数；

α_2 ——从以后的物质散射出来的 γ 射线的散射系数；本次评价偏安全考虑， γ 射线散射后能量等同原射线，对于后续散射过程，假设能量不再改变，由 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则) P110 页附录 E.15，本项目 α 均保守取 1.0×10^{-2} 。

A_1 —— γ 射线入射到第一散射物质的散射面积, m^2 ;

A_2 ——迷道的截面积, m^2 ;

d_1 —— γ 射线源与第一散射物质的距离, m ;

$d_{r1}, d_{r2} \cdots d_{rj}$ ——沿着迷道长轴的中心线距离, m ;

j ——指第 j 个散射过程;

本项目探伤室迷道散射次数 $j=3$, $d_1=1.66m$, $d_{r1}=2.35m$, $d_{r2}=2.15m$, $d_{r3}=1.35m$; $A_1=(5.35+2.0) \times 4.15=30.5m^2$; $A_2=A_3=0.9 \times 4.15=3.7m^2$; 经理论预测可知: 本项目 γ 射线经 1 次散射后 (无铅防护门屏蔽时) 空气比释动能率为 $1.361\mu Gy/h$ 。

(2) 主射线穿过迷道内墙的直射辐射剂量率

根据前文表 11-2 计算结果, 主射线穿过迷道内墙后 (无铅防护门屏蔽时) 的空气比释动能率为 $0.066\mu Gy/h$ 。

因此, 本项目迷道口处 (无铅防护门屏蔽时) 的空气比释动能率为 $1.427\mu Gy/h$, 低于 $2.5\mu Gy/h$ 的标准限值要求, 可不增设防护门。保守起见, 该探伤室迷道口处设计安装 $15mm$ 铅防护门, 减弱倍数为 32 (根据 GBZ 132-2008 中附录 C 表 C.1, 放射源 ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 $3mm$), 则散射线经铅防护门的屏蔽作用后, 在工作人员出入门外 $30cm$ 处 (关注点 F) 的空气比释动能率为 $0.045\mu Gy/h$ 。因此, 本项目射线对工作人员出入门外的剂量贡献值很小, 探伤室迷道的设计可以满足屏蔽防护要求。

11.2.1.5 探伤室顶棚屏蔽设计效果分析

本项目探伤室所在 10 跨车间为单层建筑, 由于探伤室屋顶上属于人员不可达区域, 因此主要考虑天空反散射的影响。探伤室邻近无高层建筑, 不考虑射线通过屋顶后侧向散射对周围建筑物的辐射影响。天空反散射示意图见图 11-3。

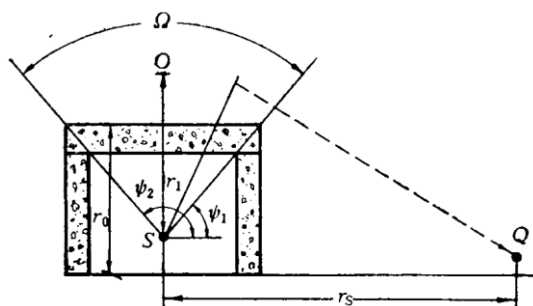


图11-3 天空反散射示意图

参考《辐射防护导论》(方杰主编) P181 页公式 (6.1), 对于天空反散射对地面点 Q 点造成的辐射剂量率, 可以使用公式 (11-4) 来计算:

$$H = \frac{D_{10}\Omega^{1.3}\eta}{0.67 (r_i r_s)^2} \dots\dots\dots (11-4)$$

式中：H——在距离辐射源 r_s 处地面天空反散射的辐射剂量率，Sv/h；

r_i ——辐射源到屋顶上方 2m 处的距离，m，即 $r_i=r_0+2$ ，本项目辐射源距离地面最大高度为 1m，探伤室的外高为 4.85m，则 r_i 取 5.85m；

r_s ——室外参考点 Q 到源的距离 m，根据项目周围建筑物分布情况，本项目保守取经验值 20m；

D_{10} ——离源上方 1m 处的吸收剂量指数率， $Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$ ；根据前文分析，本项目 D_{10} 取值 $4.18 \times 10^5 \mu Gy \cdot m^2 \cdot h^{-1}$ （即 $6.97 \times 10^{-3} Gy \cdot m^2 \cdot min^{-1}$ ）；

η ——屋顶的屏蔽透射比，无量纲，本项目探伤室的顶棚屏蔽设计厚度为 700mm 混凝土， ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm。结合公式 $\eta=2^{-d/HVL}$ ，其中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm，则本项目 η 取值 6.1×10^{-5} ；

Ω ——辐射源对屋顶张的立体角，Sr，设辐射源位于探伤室的中央位置，如图 11-3 所示，则立体角 Ω 可由下式计算：

$$\Omega = 4 \tan^{-1} \frac{a \cdot b}{c \cdot d} \dots\dots\dots (11-5)$$

式中：a——屋顶长度之半，m，本项目取值 3.20m；

b——屋顶宽度之半，m；本项目取值 2.90m；

c——源到屋顶表面中心的距离，m；本项目辐射源距离地面最大高度为 1m，探伤室的外高为 4.85m，则 c 取值 3.85m；

d——源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ ，m，则本项目取 5.79m；

则可计算出： $\Omega=1.576$ 。

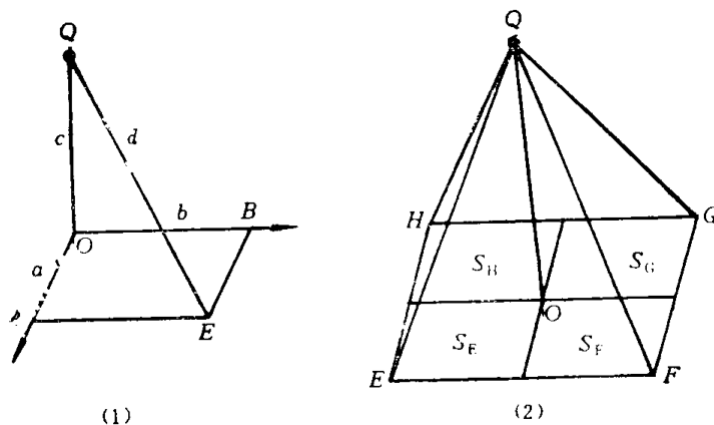


图 11-4 计算立体角的示意图

假设 Q 点位于公众所能到达的区域，区域居留因子保守取 1/4（部分停留），因此 Q 点所在位置的最大允许周围剂量当量率为： $H_M=0.25\text{mSv}/(2400\text{h}\times 1/4)=0.417\mu\text{Sv/h}$ 。根据公式（11-4），则本项目天空反散射的辐射剂量率 $8.37\times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$ ，满足对应区域的年剂量率要求，对周围环境的辐射影响较小。

11.2.1.6探伤室屏蔽设计符合性分析

本评价按最不利情况考虑，各关注点处最高剂量率参考控制水平均取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，根据公式（11-1）～（11-2）进行反推，其他参数取值同上，可比较出本项目探伤室的屏蔽设计厚度是否符合理论计算的结果，见表 11-3。

表 11-3 探伤室屏蔽设计符合性分析

关注点		东墙	南墙	西墙	北墙	顶棚	工件门	工作人员 出入口
探伤室	设计值	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	900mm 混凝土	700mm 混凝土	900mm 混凝土	15mm 铅板
	理论值	715mm 混凝土	705mm 混凝土	715mm 混凝土	705mm 混凝土	665mm 混凝土	680mm 混凝土	普通 钢门
	符合性	符合	符合	符合	符合	符合	符合	符合

因此，本项目探伤室的各侧墙体和防护门等屏蔽设计均符合要求。

11.2.1.7探伤室各类管道线路屏蔽效果分析

本项目探伤室各类管道线路设计见附图 9。

本项目高压电缆线、X 射线探伤机控制缆线、 γ 射线探伤机控制导管分别预埋 1 根，均以“U”型或“月牙弯”型管道穿越探伤室的西墙，管径均为 100mm，埋深均为 400mm。排风管设 1 根，管径为 300mm，以“U”型管道呈 45° 斜穿越探伤室的南墙后到达 10 跨车间外高空排放，设计风机风量不低于 $1000\text{m}^3/\text{h}$ ，排气口高 4.1m。管道出口处的辐射剂量主要考虑散射辐射剂量率和主射束穿过探伤室墙体的直射辐射剂量率。

①散射辐射剂量率

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。

②主射束穿过探伤室墙体的直射辐射剂量率

高压电缆线、X 射线探伤机的控制缆线、 γ 射线探伤机的控制导管均为地下穿墙方式，

不会改变探伤室西墙的屏蔽防护效果。根据前文表 11-2 的预测结果，探伤室西墙外 30cm 处的辐射剂量率理论预测结果为 0.166 μ Gy/h。

排风管道距离以 45° 斜穿探伤室的南墙，根据前文公式（11-1），距离 r 取值 5.5m，有效屏蔽厚度取值 600mm，其他参数取值同前文，则排风管道口 30cm 处有用线束辐射剂量率为 3.374 μ Gy/h。

③综合剂量率

高压电缆线、X 射线探伤机的控制缆线、 γ 射线探伤机的控制导管穿墙外 30cm 处散射辐射剂量率和有用线束辐射剂量率叠加后的最大值均为 0.166 μ Gy/h，低于 2.5 μ Gy/h 的限值要求，无需进行屏蔽补偿。

排风管道穿墙外 30cm 处散射辐射剂量率和有用线束辐射剂量率叠加后的最大值为 3.374 μ Gy/h，大于 2.5 μ Gy/h 的限值要求，需进行屏蔽补充。本项目拟在排风管道出口设 1 个 3mmPb 的铅防护罩， ^{192}Ir 在铅中的半值层厚度为 3mm，则可推导出经进一步铅防护后，排风管道穿墙外 30cm 处的综合剂量率为 1.687 μ Gy/h，满足相应的标准限值要求。

因此，本项目各类电缆线、X、 γ 射线探伤机的控制缆线和排风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.1.8放射源储存设施辐射影响预测

1、容积设计合理性分析

本项目探伤室内设有 2 个储源坑，设计原则为“一源一坑”，呈下沉式，其中 1 个储源坑用于贮存本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机（2 台，一用一换，供源单位每次送入含新源的 γ 射线探伤机，同时立即取走含废源的 γ 射线探伤机），另 1 个储源坑为远期发展备用。单个储源坑的内尺寸为 400mm（长） \times 300mm（宽） \times 400mm（深），坑四壁与底部均为混凝土层，顶盖尺寸为 440mm（长） \times 340mm（宽），敷设 10mm 铅板，顶盖与坑各侧之间的搭接均为 20mm，坑口高出地面 100mm，平面和剖面设计方案见附图 11。

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外尺寸一般为 350mm（长） \times 130mm（宽） \times 240mm（高）。根据探伤机的摆放位置，本项目单个储源坑能满足 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机贮存的空间要求。因此，本项目储源坑的容积设计合理可行。

2、辐射屏蔽防护性能预测

本次评价保守考虑该公司最大可能工况条件下（单个储源坑最多储存 1 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机），对放射源储存设施的辐射屏蔽防护性能进行预测分析。根据空气比释动能率与距

离的平方成反比的关系式及《辐射防护导论》（方杰主编）P96页公式（3.45），可推导出：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \dots\dots\dots (11-6)$$

式中：K——设置屏蔽层后r（m）处的空气比释动能率，μGy/h；

K₀——辐射场中r₀（m）处没有设置屏蔽防护时空气比释动能率，μGy/h；

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{(d/HVL)}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据 GBZ 132-2008 中附录 C 表 C.1，¹⁹²Ir 放射源在铅中的半值层厚度为 3mm。

储源坑呈下沉式，四壁和底部均为人员无法到达区域，故本次评价仅预测坑盖的辐射影响。参考点距离储源坑顶盖表面为 30cm，则储源坑周围辐射水平理论计算结果如下。

表 11-4 探伤室内储源坑屏蔽防护性能预测

参数	关注点	储源坑顶盖
γ 射线探伤机到关注点表面外 30cm 处距离 r（m） ^①		0.46
每台 γ 射线探伤机表面外 5cm 处空气比释动能率 K ₀ （mGy/h） ^②		0.5
r ₀ （m）		0.05
防护材料及厚度 d（mm）		10mm 铅板
半值层厚度 HVL（mm）		3
减弱倍数 N		10
关注点表面外 30cm 处辐射剂量率 K（μGy/h）		0.586
控制值 K*（μGy/h）		2.5
评价结果		满足

注：①¹⁹²Ir-γ 射线探伤机距顶盖取值为坑深 0.4m+坑外 0.3m-探伤机位置 0.24m =0.46m。

②本项目 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机为手提式（P），参考 GBZ 132-2008 第 4.1 条款中表 1，距照射容器外 5cm 处空气比释动能率控制值为 0.5mGy/h。

因此，本项目单个储源坑储存 1 台 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机时，其坑盖外空气比释动能率为 0.617μGy/h，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中对于放射源储存设施“如其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 2.5μSv/h 或者审管部门批准的水平”的要求。

11.2.2 人员年有效剂量估算

11.2.2.1 估算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中公式（1），人员受年有效剂量计算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \cdot 10^{-3} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中：H——一年有效剂量，mSv/a；

\dot{H} ——关注点处空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t——探伤装置年照射时间，h/a；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本次评价均保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P20 页，在辐射防护领域所关心的能量范围内，对于 X、 γ 光子或中子都可以近似的认为吸收剂量同比释动能在数值上是相等的。故关于 Sv/Gy 的剂量换算系数，本次评价保守取 1。

11.2.2.2 居留因子确定

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A 表 A.1，不同场所与环境条件下的居留因子见表 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、休息区、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

注：取自 NCRP144。

11.2.2.3 辐射工作人员年有效剂量

（1）放射源保管人员

本项目放射源保管人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a) 日常探伤工作，工作人员存取含源的 γ 射线探伤机受到的外照射；b) 含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走的过程，工作人员近距离接触导致的外照射。

①日常探伤工作存取含源的 γ 射线探伤机

根据存/取一次含源的 γ 射线探伤机需的工序，主要为从储源坑内存取 γ 射线探伤机和近距离移动 γ 射线探伤机，保守取辐射工作人员存/取一次 γ 射线探伤机时处于离探伤机 5cm 处的时间为 2min。参考《浙江省量力机械有限公司 γ 射线室内探伤项目（扩建）竣工环境保护验收监测表》（浙江省辐射环境监测站编制，监测时间：2015 年 6 月 2 日）， ^{192}Ir - γ 射线探伤机（内含的放射源出厂时间为 2015 年 5 月 14 日，出厂活度为 100Ci）表面 5cm 处的辐射剂量率为 79.4 $\mu\text{Sv/h}$ 。结合 ^{192}Ir 的半衰期为 74.02d 及放射源衰变时间，可推导出出厂时

^{192}Ir - γ 射线探伤机表面 5cm 处辐射剂量率 97.60 $\mu\text{Sv/h}$ ，保守计作 100 $\mu\text{Sv/h}$ （下同），则可估算出完成一次存/取放射源的操作所受的附加剂量约为 0.003mSv。

经与建设单位核实，每间探伤室每班最多存/取 1 次放射源，实行两班制，则保守估计本项目每天存/取放射源最多 2 次，年探伤工作 300 天，所有工作由 2 名辐射工作人员完成，居留因子取 1，则单名辐射工作人员由于存/取放射源所致的年有效剂量为 0.90mSv/a。

②含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走的过程

本项目每年换源 4 次，具体换源过程在放射源生产厂家厂区内进行，桐乡合德机械有限公司厂区内不涉及。当含新源的 γ 射线探伤机送入时，由放射源生产厂家立即取走含废源的 γ 射线探伤机，一般双方在探伤室外在监控下进行交接。该存取过程涉及到对存取源容器出入库表面剂量监测、打开和关闭储源坑、近距离移动 γ 射线探伤机等工作内容。保守假设存入新源的 γ 射线探伤机的过程需要 1min，工作人员距离探伤机 5cm，该处辐射剂量率取前文的数值 100 $\mu\text{Sv/h}$ ；取出含废源的 γ 射线探伤机的过程需要 1min，工作人员距离探伤机 5cm。根据工程分析，废源的活度约 42.6Ci，根据源容器外辐射剂量率与放射源的活度成正比的关系式，可推导出含废源的 γ 射线探伤机外 5cm 处的辐射剂量率为 42.6 $\mu\text{Gy/h}$ 。

则上述工作内容由 2 名辐射工作人员完成，居留因子取 1，则单名辐射工作人员由于含新源的 γ 射线探伤机送入和含废源的 γ 射线探伤机取走所致的年有效剂量为 0.01mSv/a。

综上所述，本项目放射源保管人员的剂量叠加结果为 0.91mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ ）。

（2）探伤操作人员

本项目探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a) 探伤期间，工作人员在控制室内拍片受到的外照射；b) 探伤作业前，工作人员在探伤室内近距离移动探伤机、安装输源导管、布置底片和摆放工件等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。

①开机状态

本项目探伤室开机状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在控制室内控制台处，该处辐射剂量率取值 0.166 $\mu\text{Gy/h}$ （数值来源前文理论预测表 11-2），探伤室每日实际曝光时间为 8h，年工作日 300 天，则年曝光时间为 2400h，所有工作由 4 名辐射工作人员完成。根据公式（11-7），居留因子取 1，可估算出本项目探伤室开机时操作位处的单名辐射工作人员的

年有效剂量为0.10mSv/a。

②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下，辐射工作人员在每间探伤室内日工作时间为4h，年工作300天，则探伤室内年操作时间为1200h，所有工作由4名辐射工作人员完成。

a、近距离移动探伤机和安装输源导管一般不超过5min，年操作时间为25h，保守取辐射工作人员处于离探伤机5cm处，该处辐射剂量率取100μSv/h。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为1175h。该工作时段段的γ射线探伤机始终处于未出源状态，辐射工作人员距离储源坑（布置在探伤室内一角）和探伤机一般超过2m，其他操作期间的空气比释动能率保守按照储源坑表面空气比释动能率取值0.586μGy/h（数值来源前文理论预测表11-4）。

根据公式（11-5），居留因子取1，可估算出本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名辐射工作人员的年有效剂量为0.81mSv/a。

③综合剂量

综上所述，本项目探伤操作人员的剂量叠加结果为：

$$H_{\text{开机}}+H_{\text{不开机}}=0.10+0.80=0.90\text{mSv/a}$$

因此，本项目从事室内探伤操作的单名辐射工作人员的最大年有效剂量为0.90mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求（职业人员≤20mSv/a）。

11.2.2.3 公众成员及评价范围内环境保护目标年有效剂量

结合本项目评价范围内环境保护目标分布，10跨车间和9跨车间均为模具仓库，分别位于探伤室东侧约40m和北侧约25m，均不设专人固定值守，日常管理形式为巡查，居留因子按照偶然停留取值为1/16；8跨车间为模具仓库，位于探伤室北侧约40m，设有专人固定值守，居留因子保守按照全居留取值为1；办公楼位于探伤室西北侧约40m，居留因子保守按照全居留取值为1。根据公式（11-7），本项目探伤室周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见表11-6。其中：

表 11-6 探伤室周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

人员属性	关注点	辐射剂量率 \dot{H} (μGy/h)	年受照时间 t (h/a)	居留因子 T	年有效剂量 H (mSv/a)
公众成员	A（东侧车间过道）	0.166	2400	1/16	0.025
	B（南侧厂区道路）	0.146	2400	1/16	0.022
	D（北侧车间过道）	0.146	2400	1/16	0.022

		10 跨车间内北侧毛坯周转区	0.057 ^①	2400	1/16	0.009
		10 跨车间内东侧模具仓库（巡查）	8.59×10 ^{-4②}	2400	1/16	<0.001
		8 跨车间（模具仓库，专人值守）	8.48×10 ^{-4③}	2400	1	0.002
		9 跨车间（模具仓库，巡查）	0.002 ^④	2400	1/16	<0.001
		办公楼	8.48×10 ^{-4⑤}	2400	1	0.002
厂外	二环南路	6.82×10 ^{-4⑥}	2400	1/16	<0.001	

注：①~⑥处辐射剂量率数值，由朝向关注点一侧的探伤室外 30cm 处辐射剂量率根据辐射剂量率与距离的平方成反比的关系式推导出。

因此，本项目探伤室运行所致公众成员受到的年附加有效剂量小于本次评价项目剂量约束值（公众成员≤0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员≤1.0mSv/a）。

11.2.3 “三废”影响分析

1、废旧放射源

γ 射线探伤机内放射源使用到一定年限后，将退役产生废旧放射源。公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废源回收协议。

2、臭氧和氮氧化物

本项目 X、γ 射线探伤机在工作状态时，产生的 X、γ 射线将会使探伤室内空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室内拟设 1 套机械排风系统，设计风机风量为 1000m³/h，排风管道穿出探伤室的南墙并引至 10 跨车间外高空排放，排风口高度为 4.1m，排风口朝向 10 跨车间南侧的厂区道路，有效避免了朝向人员活动集聚区。

本次评价采用理论计算的方式预测本项目室内探伤过程臭氧对周围环境的影响。

（1）臭氧

根据《辐射所致臭氧的估算与分析》（王时进、娄云，中华放射医学与防护杂志，1994 年 4 月第 14 卷第 2 期）中给出的公式，估算辐射所致臭氧的产额和浓度。

①点状 γ 射线密封源所致的 O₃ 产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-8)$$

式中：P——O₃ 的产额，mg/h；

A——放射性活度，TBq，本项目放射源 ¹⁹²Ir 的放射性活度均为 3.7×10¹²Bq，即 3.7TBq；

K_γ——空气比释动能率常数，Gy·m²·TBq⁻¹·min⁻¹；根据《辐射防护导论》（方杰主编）P75 页表 3.2 可知：对于 ¹⁹²Ir，K_γ=1.89×10⁻³Gy·m²·TBq⁻¹·min⁻¹；

G——空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，本次评价取值 10；

V——探伤室的体积，m³，本项目探伤室净容积约 174m³（含迷道）；

经计算：本项目探伤室所致的 O₃ 产额 P=11.8mg/h。

②O₃ 浓度

本项目探伤过程中产生的 O₃，一部分因时间原因自然分解，另一部分由排风系统排到室外，则空气中臭氧的平均浓度：

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \dots\dots\dots (11 - 9)$$

式中：Q——空气中 t 时刻 O₃ 的空气浓度，mg/m³；

T——O₃ 的有效清除时间，h。 $T = \frac{T_v \cdot T_d}{T_v + T_d}$ ，其中 T_v 表示平均每次换气需通风的时间，

本项目探伤室设计风量不低于 1000m³/h，则正常通风状态下，探伤室的换气次数约 5 次，t_v=0.2h/次；T_d 表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则 T=0.16h；

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积，m³，本项目探伤室净容积约 174m³（含迷道）；

当射线照射时间较长时，t >> T 时，臭氧浓度达到饱和，则公式 (11-9) 可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11 - 10)$$

经计算，本项目探伤室内 O₃ 浓度 Q=0.01mg/m³。

因此，本项目产生的臭氧室内浓度远低于《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）中规定的 O₃ 的最高允许浓度 0.3mg/m³ 限值要求。同时，探伤室内臭氧通过排风系统排出后，在常温常压状态下会自动分解为氧气，其浓度进一步的降低，远低于《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中 O₃ 的 1 小时平均浓度限值 0.2mg/m³ 的要求。

(2) 氮氧化物

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧。因此，本项目产生的 NO_x 室内浓度也能满足《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）中规定的 NO_x 的最高允许浓度 5mg/m³ 限值要求，排出后环境空气中的 NO_x 浓度能满足《环境空气质量标准》（GB 3059-2012）及 2018 年修改单中 NO_x 的 1 小时平均浓度限值 0.25mg/m³ 的要求。

综上所述，本项目探伤过程中产生的非放射性有害气体，对大气环境影响较小。

3、废显（定）影液与废胶片

探伤作业完成后产生的废显（定）影液、废胶片必须按规定进行合理的处置，送交有资质的危险废物处置单位集中收集与处置，不得随意排放或废弃，采取该措施后不会对周围环境或人类健康造成危害。

11.2.4探伤室屏蔽防护能力分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）与《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）等相关规定，结合该公司探伤室屏蔽防护相关数据及上述辐射环境影响预测分析结果，对本项目使用的探伤室的辐射屏蔽防护能力符合性进行如下分析：

（1）设计中，本项目探伤室的设置均已充分考虑周围的辐射安全，且探伤室与控制室分开。结合理论计算结果可知，本项目探伤室的各侧屏蔽墙、防护门及顶棚的防护性能均能满足辐射防护要求。

（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》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求，也能满足本项目剂量约束值要求。

（3）该公司探伤过程中产生的 X、 γ 射线使空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，探伤室利用排风管道机械排风，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。

因此，本项目探伤室屏蔽能力能达到 ^{192}Ir - γ 射线探伤机及最大管电压为 350kV、最大管电流为 5mA 的 X 射线探伤机正常工作时的辐射防护要求。

11.3事故影响分析

11.3.1辐射事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十条规定，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表11-7。

表11-7 辐射事故等级划分表

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。

重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

11.3.2 辐射风险识别

(1) X射线室内探伤

①X射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门-机联锁失效，致使防护门未完全关闭，X射线泄漏到探伤室外面，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人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。

(2) γ 射线室内探伤

① γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，探伤室门-机联锁失效，工作人员误入探伤室，或防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外面，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射。

②人员滞留探伤室内尚未完全撤出， γ 射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。

③放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。

④检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。

⑤管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。

⑥人为故意引起的辐射照射。

上述事故其危害结果及其所引发的放射性事故等级见表11-8。

表11-8 项目环境风险因子、危害因素、危害结果及事故分级表

探伤设备	环境风险因子	危害因素	危害结果	事故等级
XXG-3505型X射线探伤机	X射线	超剂量照射	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。	一般辐射事故
^{192}Ir - γ 射线探伤机	γ 射线	超剂量照射、II类放射源	II类放射源丢失、被盗、失控导致2人以下（含2人）急性死亡	重大辐射事故

		射源丢失、被盗、失控	或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。	
			II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。	特别重大辐射事故

根据上述分析，本项目可能发生的事故为一般辐射事故、重大辐射事故和特别重大辐射事故。

11.3.3 风险防范措施

(1) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每天开展探伤工作前，检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、探伤机完好性、出束信号指示灯等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。

(2) γ 射线探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用 γ 射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。

(3) γ 射线探伤必须 2 人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。

(4) γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。

(5) 桐乡合德机械有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。

(6) 探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应关闭探伤室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场的工作人员第一时间联系放射源生产单位，由厂家的专业工程师严格按照操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类事故发生。

(7) 对 X、 γ 射线室内探伤分别制定操作规程，明确 X、 γ 射线机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，并建立完善的《射线装置使用登记制度》和《放射源使用登记

制度》，加强对射线装置和放射源的监管和维护。

11.3.4应急处置方案

针对以上可能发生的事故风险，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等有关规定，公司应制定辐射事故应急方案，并定期进行演练，及时进行整改，同时还应配置必要的应急装备、器材以及应急资金。当发生或发现辐射事故，当事人应立即向公司的辐射安全负责人和法定代表人报告。当事故发生时，公司应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要防范措施，并填写《辐射事故初始报告表》，向生态环境主管部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

11.4与环发〔2007〕8号文的符合性分析

对照《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号），本项目相关符合性分析评价见表11-9。

表 11-9 本项目与环发〔2007〕8号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）		本项目情况	符合情况
1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	该公司拟成立辐射安全防护管理小组，并配备1名专职人员负责辐射安全管理工作。	符合
2	每台探伤装置须配备2名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	该公司每台γ射线探伤机均拟配备2名探伤操作人员，操作人员上岗前均拟参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
3	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目在履行环评手续后，该公司将办理辐射安全许可证申领手续，在取得辐射安全许可证后，方可开展探伤工作。	符合
4	探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求；当γ射线探伤装置到10年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
5	明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人24小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	该公司拟安排2名工作人员专职负责储源坑的保管工作，拟设置红外报警装置和视频监控装置，并对储源坑实行24小时监控，并设置电离辐射警告标志，并实行双人双锁制度。	符合
6	制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	该公司拟制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度，并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作，在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行，由2名储源坑工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到帐物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。	符合
7	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司拟制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录；在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
8	探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，每名操作人员应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测量，并建立个人剂量档案。	该公司承诺开展探伤工作时，至少2名操作人员同时在场。每名操作人员均佩戴1台个人剂量报警仪和1台个人剂量计，个人剂量计拟定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	符合

续表 11-9 本项目与环发〔2007〕8号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8号)		本项目情况	符合情况
9	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司拟制定γ射线室内探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
10	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起20日内，分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	本项目探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位操作，并承担安全责任，桐乡合德机械有限公司不得自行进行装源操作。 更换放射源时，该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起20日内，桐乡合德机械有限公司与放射源生产单位拟分别将1份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
11	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司拟制定辐射事故应急预案，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合
12	探伤室建筑（包括辐射防护墙、门、辐射防护迷道）的防护厚度应充分考虑γ射线直射、散射效应。	本项目探伤室拟采用混凝土防护墙及防护门对γ射线进行屏蔽，经理论预测，其屏蔽防护措施能够满足标准要求。	符合
13	探伤室应安装固定式辐射剂量仪，剂量率水平应显示在控制机房内，并与门联锁。	探伤室内拟安装固定式剂量监测系统，剂量率水平应显示在控制室内，并与门-机联锁相联系。	符合
14	应配置便携式辐射检测报警仪，该报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	公司承诺按要求配置便携式辐射检测报警仪，并将该报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。	符合
15	探伤室工作人员入口门外和被探伤物件出入口门外应设置固定的电离辐射警告标志和工作状态指示灯箱。探伤作业时，应由声音提示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。	本项目探伤室防护门外拟设置“当心电离辐射”的警告标志和“禁止入内”的工作状态指示灯箱，警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室周围做不必要的逗留。	符合
16	γ射线探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。	公司承诺将对本项目探伤室的各项安全措施定期检查，并做好记录，并在管理制度里明确上述要求，在今日的工作中严格按照制度实施。	符合

11.5环保投资估算

本项目总投资额为 400 万元，环保投资为 240 万元，占总投资额的 60.0%，环保投资估算情况见表 11-10。

表 11-10 辐射安全设施和环保设施（措施）投资一览表

序号	类别	环保设施/措施	投资额（万元）
1	屏蔽措施	探伤室机房：四周墙体、迷道、顶棚和防护门；储源坑；	200
2	安全装置	门机联锁装置	3.0
		灯机联锁装置	0.5
		紧急止动装置	0.5
		视频监控系统	0.5
		红外线防盗报警装置	1.5
		工作状态指示灯	0.3
		声音提示装置	0.5
		电离辐射警告标志	0.2
3	监测仪器及警示装置	固定式剂量监测系统	3.0
		便携式辐射剂量仪	2.0
		个人剂量计	不单独核算，已包括在个人剂量检测费用中
		个人剂量报警仪	0.5
4	防护用品	铅衣	0.3
		铅帽	0.3
		铅围脖	0.2
		铅手套	0.1
		铅眼镜	0.1
5	三废处理	排风系统	2.0
		危废包装容器、危废委托处理（危废暂存间依托现有，不另设）	3.0
		废源收贮	10.0
6	人员管理	辐射工作人员辐射安全培训和职业健康管理	2.0
7	管理制度	制定相关辐射安全管理制度并张贴上墙	3.0
8	应急设施	应急和救助的资金、物资准备（使用放射源处理工具如长柄夹等，灭火器等）	2.0
9	设备维护	定期对探伤装置的配件进行检查、维护等	2.0
10	辐射监测	个人剂量监测	0.5
		探伤工作场所年度监测	2.0
合计			240.0

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

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》等法律法规要求，使用Ⅱ类放射源和Ⅱ类射线装置的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；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。

12.1.1 机构设置

桐乡合德机械有限公司应尽快发文成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，并明确相关负责人和各成员及其职责。

12.1.2 辐射工作人员管理

（1）所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、放射源管理人员、辐射操作人员）应根据《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）的要求参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。放射源管理人员和辐射操作人员均应配备个人剂量计，定期送检有资质单位（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案。同时，辐射安全管理人员因不参与实际的辐射操作，可不进行个人剂量检测和职业健康体检。

（2）所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。同时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定，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。按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第四十一条规定，职业健康监护档案应长期保存。

（3）根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》，对于使用X、 γ 射线探伤设备的辐射工作人员，辐射安全考核专业类别和从业范围均不同。对于X射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“X射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上

岗。对于 γ 射线探伤机，辐射工作人员上岗前应参加“ γ 射线探伤”类别的相关培训，经考核合格后方可上岗。实际工作中持有“X 射线探伤”与“ γ 射线探伤”类别培训证书的辐射工作人员应不交叉使用，满足人员资质条件方可上岗。

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（2021 年修改）》第十六条规定，使用放射源和射线装置的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源和射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。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。

因此，公司在从事辐射操作前，应结合现行法律法规要求及实际工作情况，制定一系列相关辐射安全管理规章制度，形成完善的体系，为本项目的安全开展、辐射防护和环境保护提供有力保障。建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度目录见表 12-1。

表 12-1 建设单位拟制定的相关辐射安全规章制度目录

序号	制度名称
1	辐射安全和防护管理规定
2	X、 γ 射线探伤机操作规程
3	安全防护设施的维护和维修制度（包括机构人员、维护维修内容等）
4	保安管理制度
5	放射源管理规定（购买、使用、转让、返回或送贮等）
6	放射源和射线装置使用登记和台账管理制度
7	监测仪表使用与校验管理制度
8	辐射工作人员岗位职责
9	辐射工作人员培训/再培训管理制度
10	辐射工作人员个人剂量管理制度
11	辐射工作人员职业健康管理制
12	监测方案
13	辐射事故应急预案
14	废旧放射源处置制度
15	放射源换源安全管理制度
16	卡源故障处理制度
17	射线装置报废管理制度
18	辐射安全档案管理制度
19	危险废物安全处置管理制度

本次评价对各项制度的要点提出以下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X、 γ 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

X、 γ 射线探伤机操作规程：针对本项目 X、 γ 射线室内探伤分别制定操作规程，明确辐射工作人员资质条件要求、X、 γ 射线机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 X、 γ 射线装置室内探伤时的操作步骤，明确每次 γ 射线探伤工作前，操作人员应检查 γ 射线探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能，确保辐射安全措施的有效性。

安全防护设施的维护和维修制度：明确 X、 γ 射线探伤装置、辐射监测设备以及探伤室各项辐射安全设施（如安全联锁装置、照射信号指示器等）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 X、 γ 射线装置及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是明确：每个月对 γ 射线探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对 γ 射线探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录；严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置；禁止使用超过 10 年的探伤装置，当 γ 射线探伤装置到 10 年年限后，应及时报废。

保安管理制度：明确探伤室内放射源储存场所保安管理人員和安保措施。

放射源管理规定：明确放射源购买、使用、转让、返回或送贮等过程中的辐射安全管理要求，指定专职工作人员管理放射源。

放射源和射线装置使用登记和台账管理制度：应记载探伤装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对探伤装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人員和职责，建立台帐的交接制度；制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度，重点是明确：由 2 名源库工作人员负责放射源相关的领取、归还和登记工作，由 2 名源库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到帐物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。

辐射工作人员岗位职责：明确辐射安全管理人员、探伤操作人员、放射源专职管理人員及维修人員等的岗位责任，使每一个相关的工作人員明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

辐射工作人员培训/再培训管理制度：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

辐射工作人员个人剂量管理制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测。明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并建立个人剂量档案。

辐射工作人员职业健康管理制度：明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立职业健康体检档案。

监测方案：购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测方式有企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，并定期上报生态环境行政主管部门。

辐射事故应急预案：根据《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号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的放射性事故应急领导小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，定期应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故/事件情景；演练参与人员等。

废旧放射源处置制度：应与放射源的生产单位与销售单位签订回收协议，明确其有义务接受退役的放射源。放射源使用一定时间退役为废源后，应及时通知源的销售单位专车取走。

放射源换源安全管理制度：明确桐乡合德机械有限公司厂区内不得擅自开展任何换源工作，确保辐射安全。

卡源故障处理制度：明确卡源故障处理流程及现场保护措施，记录故障产生原因并建立卡源故障处理记录。

射线装置报废管理制度：应按要求进行射线装置报废工作，并建立相应的报废台账，记录报废的射线装置基本情况，包括报废原因和数量等。

辐射安全档案管理制度：应建立辐射安全工作档案，并专人负责保管，主要包括：①辐射环评、辐射安全许可证及相关审批文件档案；历次核技术利用项目环境影响评价文件及环评批复文件、历次辐射安全许可证申请和变更、延续等办理手续的材料、辐射安全许

可证正副本、历次核技术利用项目验收文件和批复等。②辐射安全管理制度：放射源和射线装置台账、放射源和射线装置购买和送贮（报废）相关材料、辐射安全管理制度文件资料、放射源和射线装置使用登记和维修维护记录、历次辐射管理培训和辐射应急演练记录、历次生态环境部门监督检查的检查表及整改报告、历次辐射安全和防护年度评估报告、辐射事故（事件）处理情况相关材料等。③辐射工作人员档案：辐射工作人员名单、辐射工作人员辐射岗位培训合格证、历次辐射工作人员个人剂量监测报告和个人剂量监测台账、历次放射性工作场所监测报告、辐射防护仪器设备和用品台账等。

危险废物安全处置管理制度：应制定危废管理计划，建立危废产生和贮存台账，保存危废申报登记材料、危废转移审批材料、危废转移联单及危废委托处置合同等。

《辐射安全和防护制度》、《岗位职责》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等相关制度，应张贴上墙于探伤工作现场处。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目探伤室的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性。

12.3 辐射监测

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

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第十六条规定，使用Ⅱ类放射源与Ⅱ类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目拟配置固定式辐射剂量监测仪1台、便携式辐射检测仪1台、个人剂量报警仪6台、个人剂量计6个。以上监测仪器按要求配备后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

12.3.2个人剂量监测

公司应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，为辐射工作人员配备个人剂量计。同时，应根据每年的工作人员的变化增加个人剂量计，并进行个人剂量监测（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月）和职业健康检查（不少于1次/2年），建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

12.3.2.3探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

（1）正式使用前监测：委托有相关监测资质的监测单位对核技术应用场所的辐射防护设施进行全面的验收监测，做出辐射安全状况的评价。

（2）常规监测：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），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。参考《工业X射线探伤放射防护标准》（GBZ 117-2015）第6.2.1.3条款和《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）第11.5.4条款，本项目探伤室投入使用后每年至少进行1次常规监测。

（3）年度监测：每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行辐射环境的监测，年度监测报告应作为《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。参考《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条款规定，年度监测周期为1次/年。

本项目辐射工作场所监测计划建议见表12-2。

表 12-2 本项目辐射工作场所监测计划

监测对象	监测方式	监测范围	监测项目	监测频率	监测依据
探伤室	验收监测	①控制区：探伤室的四周屏蔽墙外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、各类穿墙管道口处、储源坑表面 30cm 处、γ射线探伤机出入储源坑时源容器表面；②监督区：工作人员控制室及评价范围内需关注的环境敏感目标。	周围剂量当量率	竣工验收	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）
	常规监测（自主）			1次/年	
	年度监测			1次/年	

所有辐射监测记录应建档保存，测量记录应包括测量对象、测量条件、测量方法、测量仪器、测量时间和测量人员等信息。公司应定期对辐射监测结果进行评价，监测中发现异常情况应查找原因并及时报告，提出改进辐射防护工作的意见和建议。

12.4 年度安全状况评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定，公司应对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容：

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

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

12.5 环保竣工验收

公司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验收技术指南——污染影响类》（生态环境部公告2018年第9号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修改）》第四十一条规定，公司应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。辐射事故应急预案主要包括下列内容：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 辐射事故分级与应急响应措施；、
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境主管部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生主管部门报告。如发生放射源被盗的事故，则还须向公安部门报告。

本项目投入运行后，公司应做好以下工作：

①根据辐射事故的分级和应急响应程序，结合公司的具体情况，分别制定不同级别辐射事故应急预案。内容应包括：紧急出动、现场应急、善后处理、事故总结、信息发布等过程，落实每一步骤的具体参加人员、负责人，明确各自职责以及时限要求等，其内容应当全面具体，具有可操作性。

②应公布应急组织各成员的姓名、岗位和事故情况下各部门（包括企业内涉源各部门和生态环境、公安、卫生等管理部门）的联系人和24小时联络电话，并建立相应的辐射事故报告框图，涵盖X、 γ 射线室内探伤的辐射事故应急措施，明确卡源故障时的应急处理方案。

③制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训和演练，以验证该预案的有效性。演练内容包括放射事故应急处理预案的可操作性、针对性、完整性，演习报告存盘。可提出将每年用于辐射应急工作的（包括应急装备、应急技术支持、培训及演习等）支出，纳入部门预算。

④公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

⑤公司应将本单位的应急预案报所在地生态环境主管部门备案，开展隐患排查并及时消除隐患，防止发生事故。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护结论

(1) 本项目探伤室四侧墙体和工件门拟采用900mm混凝土，顶棚拟采用700mm混凝土，工作人员出入门拟采用15mm铅板，其屏蔽防护性能均能符合《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ 132-2008)的相关要求。

(2) 探伤工作场所划定控制区和监督区，实行分区管理。探伤室拟设门机联锁、灯机联锁、急停按钮、视频监控系统、红外线报警系统、排风系统等辐射安全设施，防护门外1m处划定黄色警戒线，可满足辐射安全要求。

13.1.3 辐射安全管理结论

(1) 公司应成立辐射安全与环境保护管理机构，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。同时应根据实际情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

(2) 公司应组织所有辐射工作人员(包括本项目辐射安全管理人员、放射源管理人员、辐射操作人员)参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。

(3) 公司应为放射源管理人员和辐射操作人员配备个人剂量计，定期送检有资质单位(常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月)，并建立个人剂量档案。辐射工作人员在上岗前和离职后都须在有资质的单位进行职业病健康体检，且须在岗期间每一年或两年进行一次职业病健康体检，并建立完整的职业健康档案。同时，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；职业健康监护档案应长期保存。

(4) 公司应按本报告提出的要求制定辐射事故应急预案和安全规章制度，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

13.1.4 环境影响分析结论

(1) 主要污染因子

本项目的污染因子为X、 β 、 γ 射线，另外探伤过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物，洗片和评片过程中产生一定量的废显(定)影液和废胶片。

(2) 辐射环境影响预测

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，各侧屏蔽墙体和防护门均满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）中“探伤室屏蔽墙外30cm处空气比释动能率不大于 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ”的要求和《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“探伤室墙和入口门的关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；对不需要人员到达的探伤室顶外30cm处的剂量率参考控制水平不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。因此，本项目探伤室的屏蔽防护设计能够满足拟配备的X、 γ 射线探伤机的屏蔽要求。

（3）保护目标剂量

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，在做好辐射安全措施的基础上，本项目辐射工作人员和周围公众成员年有效剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众成员的剂量限值要求（职业人员 $\leq 20\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 1\text{mSv/a}$ ）以及本项目的剂量约束值要求（职业人员 $\leq 5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ）。

（4）“三废”影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源回收协议。探伤过程产生的少量臭氧和氮氧化物，探伤室拟设机械通风装置排至室外。

X、 γ 射线探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理，危废暂存间按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境几乎不会造成影响。X、 γ 射线探伤机运行时无其它固体废弃物产生。

13.1.5 可行性分析结论

（1）产业政策符合性

本项目属于核技术在工业领域内的运用，符合国家发展和改革委员会第29号令《产业结构调整指导目录（2019年本）》及国家发展和改革委员会第49号令《关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

（2）实践正当性

本项目实施的最终目的是为了对自生产的产品进行质检服务，以提高公司生产水平和确保产品的质量，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射防护屏蔽和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

（3）相关规划符合性及选址合理性

本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，符合用地规划要求，符合《浙江省桐乡经济开发区（整合提升区一期）总体规划（2018-2035）环评的要求，项目建设不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，符合“三线一单”的建设要求。项目区域附近不涉及易燃易爆物质和危险化学品的存放，对本项目的实施均无潜在的安全隐患。探伤室评价范围50m内主要桐乡合德机械有限公司厂区内的生产车间、厂区道路、办公楼及二环南路，无居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。

因此，本项目的建设符合相关规划要求，且选址合理可行。

（4）项目区辐射环境背景水平

本项目探伤室拟建址及周围环境的 γ 辐射剂量率处于当地本底水平，未见异常。

13.1.6 环保可行性结论

综上所述，桐乡合德机械有限公司工业X、 γ 射线室内探伤应用项目的建设符合土地利用规划、区域规划环评和“三线一单”的建设要求，项目选址基本合理，符合国家产业政策和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本次评价所包括的各探伤机投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 承诺和建议

13.2.1 承诺

1、公司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”处理设施及措施等辐射环保内容进行建设，加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用品的使用，落实辐射工作人员的辐射安全与防护培训、个人剂量监测、职业健康体检，并建立相应的人员档案。

2、本项目环评报批后并建成，公司承诺及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

3、建设项目竣工后，建设单位承诺按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

4、桐乡合德机械有限公司承诺不擅自在其厂区内自行开展放射源更换工作，并严禁使用超过10年的 γ 射线探伤机。

13.2.2 建议

1、本项目涉及II类放射源的使用，对服务期满并拟淘汰使用的探伤室，公司应按照《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）的要求实施老探伤室的退役活动，并根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的规定，及时办理相应的退役环境影响评价手续，确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关要求，方可无限制开放使用。

2、对拟报废的X射线探伤机，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021年修正）》中第十八条要求，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部门核销。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：	
	公章
经办人（签字）：	年 月 日
审批意见：	
	公章
经办人（签字）：	年 月 日