核技术利用建设项目

改扩建固定式X、γ射线探伤项目
环境影响报告表



江苏万恒铸业有限公司

2023年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

改扩建固定式X、γ射线探伤项目
环境影响报告表

建设单位名称：江苏万恒铸业有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：江苏滨海经济开发区工业园北区世纪大道6号

邮政编码：224500　　联系人：刘建东

电子邮箱：474087712@qq.com　　联系电话：

打印编号：1687226742000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	k041v1
建设项目名称	改扩建固定式X、γ射线探伤项目
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）	江苏万恒铸业有限公司
统一社会信用代码	91320922746822975K
法定代表人（签章）	曹峤
主要负责人（签字）	刘建东
直接负责的主管人员（签字）	刘建东
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	江苏科易达环保科技股份有限公司
统一社会信用代码	91320991681629145C
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
陈正梁	2016035320352015320101000072	BH003700	陈正梁

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陈正梁	1、项目基本情况；2、放射源；3、非密封放射性物质；4、射线装置；5、废弃物（重点是放射性废弃物）；6、评价依据；7、保护目标与评价标准；8、环境质量和辐射现状；9、项目工程分析与源项；10、辐射安全与防护；11、环境影响分析；12、辐射安全管理；13、结论与建议	BH003700	陈正梁

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">改扩建固定式 X、γ射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">江苏万恒铸业有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>曹峤</td><td>联系人</td><td>刘建东</td><td>联系电话</td><td colspan="3">***</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">江苏滨海工业园北区世纪大道 9 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">江苏滨海工业园北区世纪大道 9 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>250</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>112</td><td>投资比例（环保投资/总投</td><td colspan="2">44.8%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">□新建 ☑改建 ☑扩建 □ 其它</td><td>占地面积(m^2)</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>√使用</td><td colspan="6">□Ⅰ类（医疗使用） √Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>√使用</td><td colspan="6">√Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

1、建设单位简况

江苏万恒铸业有限公司现有世纪大道厂区和砂铸厂，其中世纪大道厂位于江苏滨海工业园北区世纪大道 9 号，紧邻沿海高速，向南 80 公里可达盐城市民航机场，向北 100 公里可达连云港港口，交通极为便利，以下简称本部。砂铸厂位于海门东路 88 号。

该公司是一家专业从事泵阀类铸件生产经营的制造商，成立于 2003 年，厂区占地面积约 34.5 万平方米。公司采用 ASTM、GB 等国内外先进制造标准进行铸件的工艺设计和制造。目前年产精铸件达 20000 吨，年产砂铸件达 20000 吨，年产 1000 台套核电用系列整机泵，单件铸件最大制造重量为 10 吨。产品规格通径尺寸为 3/4"到 48"，压力等级为 150LB 到 4500LB。主体材料涉及碳钢、合金钢、不锈钢和双相不锈钢等 120 余种材质。公司检测手段先进，热处理设备齐全，是全国最大的专业从事泵阀铸件生产的企业，产品主要出口美国、意大利、葡萄牙、加拿大、墨西哥、日本、

韩国、印度等国家。

2、项目由来及建设规模

随着公司规模的不断壮大，生产量逐年增加，产品质量检验要求也同步提高，为保证产品质量，进一步优化产品质量检验体系建设，满足产品质量检验保障要求，公司计划于 2023 年将本部 7#和 8# 2 座原 X 射线探伤室改扩建为 X、γ射线探伤室。其中 7#探伤室拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机和 1 台 TITANE450 型 X 射线探伤机（定向机），并保留原配置的 1 台 XXG-3505 型探伤机和 1 台 XXH-3505 型探伤机；8#探伤房拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机，并保留原配置的 1 台 XXG-3505 型探伤机和 1 台 XXH-3505 型探伤机，以便更好地满足对不同产品质量检测的需求。本项目核技术利用情况见表 1-1。

表 1-1 江苏万恒铸业有限公司改扩建工程核技术应用情况一览表（本项目）

序号	探伤设备名称	数量	额定参数	类别	工作场所名称	使用情况	环评情况	许可情况
1	^{192}Ir-γ探伤机	1 台	3.7×10^{12} Bq×1 枚 ^{192}Ir 密封源	II 类密封源	本部 7#探伤房	新增	本次环评	未许可未验收
2	TITANE450 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：450kV；最大管电流：10mA	II 类射线装置		新增	本次环评	未许可未验收
3	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：350kV；最大管电流：5mA	II 类射线装置		已有	已环评已审批	已许可已验收
4	XXH-3505 型 X 射线探伤机	1 台						
5	^{192}Ir-γ探伤机	1 台	3.7×10^{12} Bq×1 枚 ^{192}Ir 密封源	II 类密封源	本部 8#探伤房	新增	本次环评	未许可未验收
6	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：350kV；最大管电流：5mA	II 类射线装置		已有	已环评已审批	已许可已验收
7	XXH-3505 型 X 射线探伤机	1 台						

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第 16 号，2021 年版），本项目为使用 X 射线探伤机及γ射线探伤机，属于“172 核技术利用建设项目”

中的“使用Ⅱ类射线装置的”及“使用II类放射源的”，本项目应编制环境影响报告表。受江苏万恒铸业有限公司委托，江苏科易达环保科技股份有限公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件1，射线装置承诺书见附件2。

3、项目周边环保目标及选址情况

江苏万恒铸业有限公司本部目前已建10座探伤室，编号分别为1#~10#探伤室，企业计划将本部2座原X射线探伤房改扩建为X、γ射线探伤房。本项目位于盐城滨海工业园区北区世纪大道9号，其地理位置见图1，公司厂界东侧为高速公路收费站，西侧为中市北路，隔路为园区机加工企业；南侧厂界外为世纪大道，隔路距厂界100m为施二庄；北侧厂界外为已建成的园区机加工企业，隔路距厂界 60米为左二庄，本项目改建探伤室周围50m范围内无居民住宅等环境敏感点，项目厂区周边环境关系图见附图3；厂区总平面布置见附图2。

4、原有核技术利用项目许可情况

（1）原有核技术利用项目环保手续履行情况

公司现有的辐射安全许可证由江苏省生态环境厅于2022年11月4日核发，编号为苏环辐证【00300】，有效期至2027年11月3日，许可的种类和范围为使用II类放射源、II类射线装置，涉及本部（地址：世纪大道9号）和砂铸厂（地址：海门东路88号）。公司辐射安全许可证及前期项目环评、验收意见见附件6。

公司现有核技术利用情况见表1-2。

表1-2 江苏万恒铸业有限公司现有核技术利用情况一览表

类别	型号（参数）	工作场所	环评、许可及验收等情况	实际使用情况	备注
^{192}Ir探伤机	100Ci-^{192}Ir密封源×1枚	砂铸厂γ探伤房	环评批复时间2006.3.13 2007.3.6已通过验收；已许可	不在厂内，已送贮，接收函见附件，许可证台账尚未变更	放射源已由海门伽马星探伤设备有限公司接收，目前尚未取得回收证明，故许可证放射源台账中暂未变更（许可证台账中放射源编码0322IR015502使用场所10#探伤房有误，实际环评、验收报告中工作场所均为砂铸厂）
^{60}Co	100Ci-^{60}Co密封源×1枚	本部1#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审	在用	放射源编码为0319CO002382，许可证

探伤机			[2009]121号）2010.12.30已通过验收（苏环核验【2010】148号），已许可		台账登记用途为移动使用伽马探伤机有误，实际环评、验收均为固定使用伽马探伤机
Ⅱ类射线装置	9MeV直线加速器×1台	本部2#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审[2011]29号）已验收1台9MeV加速器，苏环核验[2012]023号	在用	/
	100Ci-^{60}Co密封源×1枚			未购	/
	9MeV直线加速器×1台		已编制辐射安全分析报告，经专家评审并取得评估意见（苏辐防协评[2017]98号），已取得辐射安全许可证	在用	/
^{192}Ir探伤机	100Ci-^{192}Ir密封源×1枚	本部3#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审[2011]29号）X探伤未验收（暂不使用）^{192}Ir已通过验收，验收批文苏环核验[2012]023号，已许可	退役，已送贮，许可证台账已变更	/
Ⅱ类射线装置	3005型X射线探伤机×1台			未购	/
^{192}Ir探伤机	100Ci-^{192}Ir密封源×1枚	本部4#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审[2013]130号）已于2018.4.20组织开展验收，取得验收意见，已许可	在用	放射源编码为0322IR006222
Ⅱ类	2 MeV直线加速器×1台	本部5#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审	在用	放射源编码为0322IR003672

射线装置	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚		[2013]130 号）已于 2018.4.20 组织开展验收，取得验收意见，已许可		
	6 MeV 直线加速器×2 台	本部 6#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审[2017]075 号）已于 2018.4.20 组织完成自验收，已许可	在用 1 台	/
^{192}Ir 探伤机	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚			退役，已送贮，许可证台账已变更	/
Ⅱ类射线装置	1 台 ISOVOLT 450M2/10 型 X 射线探伤机		已编制辐射安全分析报告，经专家函审，已取得辐射安全许可证	在用	/
	XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台	本部 7#探伤房	环评批复：苏环辐（表）审[2019]11 号已于 2019.10.22 组织完成自主验收，已许可	在用	/
	XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台	本部 8#探伤房		在用	/
^{192}Ir 探伤机	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚	本部 9#探伤房		在用	放射源编码为 0322IR008922
	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚	本部 10#探伤房		在用	放射源编码为 0322IR003202

公司已许可探伤设备设施台账、本次新增的探伤设备设施台账、改扩建后探伤设备及设施台账见下表 1-3。

表 1-3 公司探伤设备设施“三本账”一览表

序号	已许可探伤设备设施		本次新增的探伤设备设施		改扩建后探伤设备及设施	
1.	1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）	砂铸厂γ探伤房	1 台 ^{192}Ir-γ探伤机	7#探伤房	1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）	砂铸厂γ探伤房
2.	1 台 ^{60}Co 探伤机	1#探伤房	1 台 TITANE450 型 X 射线探伤机		1 台 ^{60}Co 探伤机	1#探伤房
3.	1 台 ^{60}Co 探伤机（未购）、2 台 9 兆直线加速器	2#探伤房	1 台 ^{192}Ir-γ探伤机	8#探伤房	1 台 ^{60}Co 探伤机（未购）、2 台 9 兆直线加速器	2#探伤房
4.	1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）、1 台 3005 型 X 射线探伤机（未购）	3#探伤房	/		1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）、1 台 3005 型 X 射线探伤机（未购）	3#探伤房
5.	1 台 ^{192}Ir 探伤机	4#探伤房	/		1 台 ^{192}Ir 探伤机	4#探伤房
6.	1 台 2 兆直线加速器、1 台 ^{192}Ir 探伤机	5#探伤房	/		1 台 2 兆直线加速器、1 台 ^{192}Ir 探伤机	5#探伤房
7.	2 台 6 兆直线加速器（在用 1 台）、1 台 ISOVOLT 450M2/10 型 X 射线探伤机、1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）	6#探伤房	/		2 台 6 兆直线加速器（在用 1 台）、1 台 ISOVOLT 450M2/10 型 X 射线探伤机、1 台 ^{192}Ir 探伤机（无放射源）	6#探伤房
8.	XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台	7#探伤房	/		XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台、1 台 ^{192}Ir 探伤机 1 台、TITANE450 型 X 射线探伤机	7#探伤房
9.	XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台	8#探伤房	/		XXG-3505 型 X 射线探伤机 1 台、XXH-3505 型 X 射线探伤机 1 台、1 台 ^{192}Ir 探伤机	8#探伤房
10.	1 台 ^{192}Ir 探伤机	9#探伤房	/		1 台 ^{192}Ir 探伤机	9#探伤房

11.	1 台 ^{192}Ir 探伤机	10#探伤房	/	1 台 ^{192}Ir 探伤机	10#探伤房

（2）现有射线装置管理情况

（1）公司已成立了辐射防护管理领导小组，制定了一系列的辐射工作管理制度，其中包括《辐射防护安全管理机构及职责》、《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《设备检修维护制度》、《人员培训计划制度》、《射线装置使用登记、台账管理制度》、《个人剂量与辐射环境监测制度》及《辐射事故应急预案》等。

公司现有管理制度内容较为全面，符合相关要求，现有规章制度基本满足公司从事相关辐射活动辐射安全和防护管理的要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

本项目建成后，可依托公司现有比较健全的管理组织机构。公司目前配置的领导小组人员学历大部分为本科学历，都具有一定的管理能力，本项目开展后，辐射管理成员为同一套班子成员，目前公司的管理人员也能满足配置要求。

（2）公司目前在职从事探伤作业的辐射工作人员共计30人，已为每一名辐射工作人员配备个人剂量计，并严格按照规范佩戴，定期送检。已建立有个人剂量健康档案并终生存档保存，个人剂量计最长不超过90天送检一次。根据建设单位提供的现有辐射工作人员2022年全年四个季度个人剂量检测报告可知，现有辐射工作人员全年个人剂量累计值最大为0.696mSv。7#~8#探伤室现有辐射工作人员全年个人剂量累计值在0.168mSv~0.479mSv范围内，均能够满足要求。企业日后在运行过程中企业应根据员工流动情况，及时委托有资质的单位对新入职的员工进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。由监测报告结果可以看出：实际从事探伤作业的辐射工作人员的个人剂量监测结果均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员剂量限值要求。

（3）在职实际从事探伤作业的辐射工作人员中有20人已于2020年、2021年、2022年及2023年通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加辐射安全考核取得了考核成绩报告单。其余人员公司目前已按计划分两批组织通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加辐射安全考核，公司已有的有效考核成绩报告单见

附件7，公司应严格执行辐射工作人员培训制度，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）和《关于进一步优化辐射安全考核公告》（生态环境部公告第2021年第9号），公司应及时组织从事使用射线装置的辐射工作人员参加生态环境部在线平台的辐射防护与安全培训并考核合格，并在合格成绩单五年到期后重新考试。

（4）公司在职辐射工作人员于 2022 年 3 月委托盐城欧宝利亚医院开展职业健康体检，并建有职业健康档案。公司今后应严格按照要求对所有辐射工作人员开展岗前、在岗期间和离岗职业健康体检，在岗期间体检周期不超过 2 年。根据公司提供的职业健康体检报告，在岗的所有辐射工作人员均可继续从事放射性工作。

（5）企业现有辐射工作场所设置有电离辐射警示牌、报警装置、门机联锁装置、紧急按钮、视频监控和工作状态指示灯等安全措施。运行以来未发生辐射事故及人员超剂量照射事故。

（6）企业于 2023 年 1 月 5 日委托江苏宁大卫防检测技术有限公司对辐射工作场所进行年度监测，根据建设单位所提供的年度监测报告，辐射工作场所周围的 X-γ辐射剂量当量率均能够满足标准要求。

（7）辐射应急演练和年度评估

公司已制定有《辐射事故应急预案》，经与企业核实，自辐射活动开展以来，未发生过辐射事故。

公司执行有年度评估制度，编制有《辐射安全和防护状况年度评估报告》，对现有射线装置辐射工作场所防护状况、人员培训及个人剂量、射线装置台账、辐射安全与防护制度执行情况等进行年度总结和评估，并及时提交至原辐射安全许可证发证机关，2022 年年度评估报告已及时提交。

5、实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加探伤房周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

6、产业政策相符性分析

本项目使用 X 射线机、γ放射源开展无损检测工作，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（国家发展和改革委员会 2019 年令第 29 号）及《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019 年本）>的决定》（国家发展和改革委员会 2021 年令第 49 号），本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

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	$3.7\times10^{12}/3.7\times10^{12}\times1$	Ⅱ	使用	工业探伤	本部7#探伤房	不使用时贮存在γ射线探伤房内贮源铅箱中	
2	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}/3.7\times10^{12}\times1$	Ⅱ	使用	工业探伤	本部8#探伤房		
—以下空白—								

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
—以下空白—										

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	II	1	TITANE450 型	450	10	工业探伤	本部 7#探伤房	本次新增，定向机
2	X 射线探伤机	II	1	XXG-3505	350	5	工业探伤		环评已审批，已许可，已验收
3	X 射线探伤机	II	1	XXH-3505	350	5	工业探伤		
4	X 射线探伤机	II	1	XXH-3505	350	5	工业探伤	本部8#探伤房	
5	X 射线探伤机	II	1	XXG-3505	350	5	工业探伤		

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度(n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
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
^{192}Ir 废源（2枚）	固态	铱-192	退役源强约为 9.25×10^{11} Bq/枚（2 个半衰期）	/	/	/	退役后暂存于探伤房内贮源铅箱	由放射源供货单位回收处置。
前道洗片冲洗废水	液体	/	/	0.04 吨	0.5 吨/年	/	暂存于危废库内	定期委托有资质的单位回收处理。
废显（定）影液	液体	/	/	0.04 吨	0.5 吨/年	/		
废胶片	固体	/	/	约 16 片	约 200 片	/		
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	通过排风系统排入大气环境	排入大气，臭氧在50分钟后自动分解为氧气
—以下空白—								

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/m^3；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/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（修正本），2015 年 1 月 1 日施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订），2018 年 12 月 29 日起实施； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日起实施； （4）《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年修订），2018 年 10 月 26 日修订； （5）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订），2020 年 9 月 1 日施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正本），中华人民共和国 2019 年国务院令第 709 号，自 2019 年 3 月 2 日起施行； （7）《建设项目环境保护管理条例》（修正本），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日实施； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本），中华人民共和国生态环境部令第 20 号修正，自 2021 年 1 月 4 日起施行； （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国环境保护部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施； （10）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，中华人民共和国生态环境部令第 16 号，自 2021 年 1 月 1 日起施行； （11）《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； （12）《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局，2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日； （13）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发【2006】145 号，2006 年 9 月 26 日； （14）《国家危险废物名录（2021 年版）》，部令第 15 号公布，自 2021 年 1 月 1 日起施行 （15）《放射性物品运输安全管理条例》，中华人民共和国国务院令第

562 号，自 2010 年 1 月 1 日起施行；

（16）《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》，国家环境保护总局 环发（2007）8 号，2007 年 1 月 15 日；

（17）《放射工作人员职业健康管理办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 3 月 23 日经卫生部部务会议讨论通过，自 2007 年 11 月 1 日起施行；

（18）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议，2018 年 3 月 28 日施行。

（19）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告 2019 年第 39 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行）；

（20）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；

（21）关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；

（22）《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》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；

（23）《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；

（24）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；

（25）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；

（26）《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕20号，自2021年5月1日起施行；

（27）《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕3号，自2021年2月1日起施行；

	（28）《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展改革委令第29号公布），自2020年1月1日起施行； （29）《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》（国家发展改革委令第49号修订），自2021年12月30日起施行； （30）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，江苏省生态环境厅苏环办〔2021〕187号，2021年5月31日印发。
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （5）《γ射线探伤机》（GB/T14058-2008）； （6）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； （7）《500kV以下工业X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）； （8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZT 250-2014 ）； （9）《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编； （10）《辐射防护导论》，方杰主编。
其他	与项目有关的文件 1）委托书（见附件 1）； 2）射线装置及放射源使用承诺函（见附件 2）； 3）废源回收处置承诺书（见附件 3）； 4）废感光材料处理协议（见附件 4）； 5）现有辐射安全许可证正副本（见附件 5）； 6）现有核技术利用项目环评、验收意见（见附件 6）； 7）辐射工作人员培训合格证书（见附件 7）； 8）2022 年度监测报告（附件 8）； 9）本项目辐射环境检测报告（见附件 9）；

	10）重晶石材料检验证明（见附件 10）； 11）X 射线滤过材料支撑文件（见附件 12）。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据本项目的特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定“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”的规定，确定以本项目 7#探伤房和 8#探伤房爆光室周围 50m 的范围作为评价范围。

保护目标

本项目 7#和 8#探伤房曝光室周围 50m 范围内无居民、学校等敏感点，且评价范围内未涉及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号》中划分的环境管控单元中的优先保护单元。因此，根据评价范围确定本项目 7#、8#探伤房曝光室周围的保护目标主要为辐射工作人员、厂区内其他工作人员等。保护目标见表 7-1，保护目标分布图见图 7-1。

表 7-1 环境保护目标分布一览表

环境保护目标分类	方位	编号	保护目标名称	最近距离（m）	规模（人数）	控制要求
辐射工作人员	南	1.	控制室、暗室、备片室工作人员	0.3	4人	X、γ射线探伤房：关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h。对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取为100μSv/h。辐射工作人员年照射剂量约束值为5mSv，公众成员年照射剂量约束值为0.1mSv。
	西	2.	9#~10#探伤室工作人员	0.3	4人	
公众成员	西北	3.	4#机加工车间内工作人员	38	约25人	
	西	4.	2#机加工车间内工作人员	18	约15人	
	西南	5.	3#机加工车间内工作人员	26	约35人	
	北	6.	厕所流动人员	45	流动人员	
	东北	7.	物流中心工作人员	27	约20人	
	东	8.	2#厂房工作人员	21	约15人	
	东南	9.	硅溶胶车间工作人员	24	约40人	
	东、南、西、北	10.	厂区道路流动人员	0.3	流动人员	

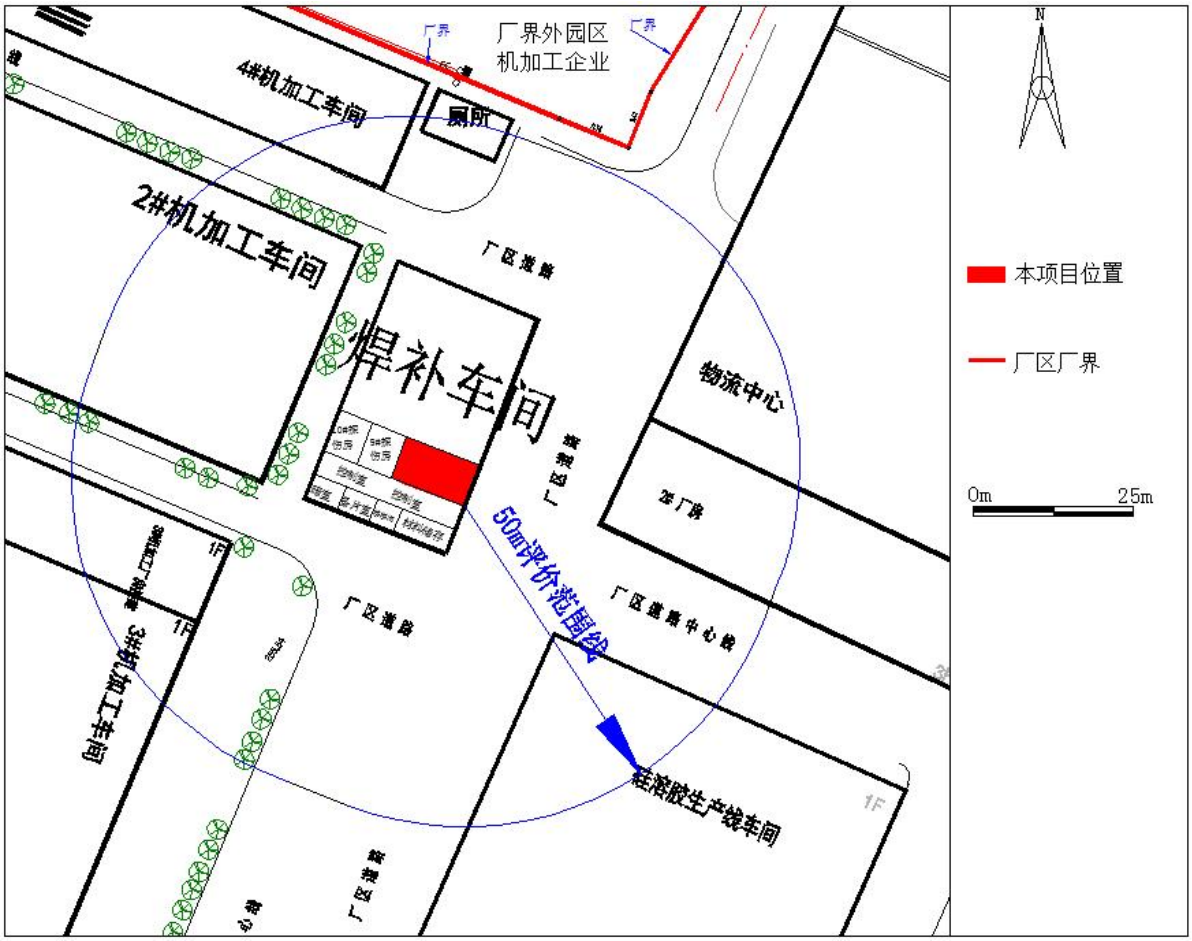


图 7-1 保护目标分布图

评价标准

1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

关于公众照射：

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；

b）特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

同时，应对剂量限制进行约束，约束值通常应在公众照射剂量限值 10%-30%（即 0.1mSv/a-0.3mSv/a 范围之内）。

关于职业照射：

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年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；

b）任何一年中的有效剂量50mSv。

2、《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）：

7 密封源储存的放射防护要求

7.1 使用单位应有密封源的账目，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 根据密封源型、数量及总活度，应分别设计安全可靠的储源室、储源柜、储源箱等相应的专用储源设备。

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

7.4 有些储源室应建造储源杭,根据存放密封源的最大设计容量确定储源坑的防护设施，储源坑应保持干燥。

7.5 储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 储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 储源室以及储源柜、箱等均应有防火、防水、防爆、防腐蚀与防盗等安全措施。

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。

3、《γ射线探伤机》（GB/T14058-2008）：

5.3.1.2 屏蔽性能

当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，其周围当量剂量应不超过表1规定的限值。

1	2	3	4
类别	最大周围当量剂量率/（mSv/h）		
	容器外表面	离容器表面50mm处	离容器表面1m处
P	2	0.5	0.02
M	2	1	0.05
S	2	1	0.1

5.3.2 安全锁

γ探伤机的源容器应有安全锁，并配置专用钥匙。该安全锁应符合以下要求：

只有专用钥匙打开安全锁后，才能进行自动安全装置的一系列操作，使射线束从源容器或照射头射出；

a)安全锁可以是在无钥匙的情况下能锁上的保险锁，也可以是只有当源容器处

于锁定状态时才能取下钥匙的保险锁。当该安全锁锁上时，源容器和源组件一定处于安全状态，否则就无法锁上。当密封源处在工作位置时，安全锁的损坏应不妨碍密封源从工作位置返回到安全位置；

b)安全锁应能承受逐渐施压的400N的作用力且能起作用。

4、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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

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

他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

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

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

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

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

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

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

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

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

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤

的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

5、项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，本项目管理目标限值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众人员年有效剂量值的 1/10，职业人员年有效剂量值的 1/4，即：

（1）职业人员剂量约束值不大于 5mSv/a；

（2）公众活动区域相关人员剂量约束值不大于 0.1mSv/a；

（3）关注点的周围剂量当量参考控制水平（根据 GBZ117-2022 中 6.1.3a)要求："对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/ 周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周"）；

（4）本项目探伤室四周和防护门外关注点周围当量剂量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h；对于不需要人员到达的探伤室顶，其 30cm 处的当量剂量率参考控制水平取 100μSv/h。

6、参考资料

1）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，辐射防护第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月，江苏省环境监测站。

表 7-2 江苏省原野、道路、建筑物室内γ辐射（空气吸收）剂量率（单位：nGy/h）

	原野γ辐射剂量率	道路γ辐射剂量率	室内γ辐射剂量率
范围	33.1～72.6	18.1~102.3	50.7～129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差（S）	7.0	12.3	14.0

根据上表，本报告取扣除宇响后的江苏省环境γ辐射剂量率的"均值±3 倍标准差"为其评价参考范围，即原野γ辐射剂量率参考范围取（50.4±21.0）nGy/h，室内γ辐射剂量率参考范围取（89.2±42.0）nGy/h。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

本项目位于江苏万恒铸业有限公司本部盐城滨海工业园区北区世纪大道 9 号，公司厂界东侧为高速公路收费站，西侧为中市北路，隔路为园区机加工企业；南侧厂界外为世纪大道，隔路距厂界 100m 为施二庄；北侧厂界外为已建成的园区机加工企业，隔路距厂界 60 米为左二庄，其地理位置见附图 1，厂区周边环境关系见附图 3。

本次拟改扩建的 2 座探伤房位于该公司本部焊补车间内，呈东西并列布置，自东向西依次为 7#探伤房、8#探伤房。探伤房东侧为厂区道路及物流中心等厂房；南侧为厂区道路；西侧依次为 9#探伤房和 10#探伤房，隔路为 2#机加工车间；北侧为本项目所在的焊补车间、车间外为厂区道路、4#机加工车间及北厂界。2 座探伤房周围 50m 范围内除公司厂区内工作人员外无其他居民住宅等敏感目标，项目周边环境及厂区总平面布置见附图 2。项目周边环境示意图及现状照片见图 8-1。探伤室现状照片见图 8-2。

8.2 项目所在地环境现状评价

8.2.1 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

1）评价对象：项目周围辐射环境

2）监测因子：项目周围 X-γ辐射剂量率

3）监测点位：在项目周围均匀布设 13 个监测点位

8.2.2 监测方案

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》（HJ61-2021）的要求，在本项目拟改建探伤房周围布设监测点位，测量周围 X-γ辐射剂量率。监测时仪器探头水平距离地面 1m，每组读 10 个数据，读数间隔不小于 20s。本次监测仪器参数见表 8-1，项目周围辐射剂量率测量结果见表 8-2，监测布点图见图 8-2。

监测单位：南京基越环境检测有限公司

监测日期：2023 年 2 月 17 日

监测仪器参数见表 8-1。

表 8-1 X-γ射线剂量率监测仪器参数

监测仪器设备	能量响应及量程范围	检定证书编号	有效日期	检定单位
ESMFH40G/FHZ672E-10 型 X、γ辐射剂量当量率仪	能量响应范围： 主机 36keV～1.3MeV； 探测器 48keV~4.4MeV； 量程范围： 主机：10nSv/h~1Sv/h； 探测器：1nSv~100μSv/h；	Y2022-0074997	2022.8.5～2023.8.4	江苏省计量科学研究院

评价方法：参考江苏省室内、室外天然贯穿辐射所致（空气吸收）剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

8.2.3 质量保证措施：

①委托的检测公司已通过检验检测机构资质认定（资质证书编号 171012050572，有效期至 2023 年 11 月 23 日）。

②合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性，同时满足相关标准要求。

③检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。

④检测人员均经过考核并持有合格证书， 检测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内。

⑤检测报告实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

⑥检测时仪器使用前后检查是否正常。

8.2.4 数据记录及处理

环境γ辐射剂量率测量结果按照下列公式计算：

$$D_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times D_C$$

式中：

D_γ——测点处环境辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器检定/校准因子；

k_2 ——仪器检验源效率因子[$k_2=A0/A$（当 $0.9\leq k_2\leq 1.1$ 时，对结果进行修正；当 $k_2<0.9$ 或 $k_2>1.1$ 时，应对仪器进行检修，并重新检定/校准），其中 $A0$、A 分别是检定/校准时和测量当天仪器对同一检验源的净响应值（需考虑检验源衰变校正）；如仪器无检验源，该值取 1]；本次取 1；

R_γ ——仪器测量读数值均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG 393，使用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20 Sv/Gy和 1.16 Sv/Gy），Gy/h；监测单位使用 ^{137}Cs 作为检定辐射源，系数取 1.20 Sv/Gy；

k_3——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

D_C ——测点处宇宙射线响应值（由于测点处海拔和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同，需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正，具体计算和修正方法参照 HJ 61），Gy/h。

8.2.5 检测结果及评价

由监测结果可知：本项目周围辐射环境背景水平在 57nSv/h~118nGy/h 范围内，与江苏省天然贯穿辐射水平相比未见异常，处于江苏省环境天然贯穿辐射水平正常涨落范围内。

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 探伤设备配置情况

江苏万恒铸业有限公司拟改扩建的 2 座探伤房（7#探伤房和 8#探伤房），在各原配置 1 台 XXG-3505 型探伤机和 1 台 XXH-3505 型探伤机的基础上，7#拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机和 1 台 TITANE450 型 X 射线探伤机，8 号拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机。具体应用情况见表 9-1。

表 9-1 探伤设备配置情况一览表

工作场所名称	探伤设备名称	数量	额定参数	类别	使用情况
本部 7#探伤房	铱-192 γ源探伤机	1 台	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚	Ⅱ类放射源	未使用
	TITANE450 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：450kV；最大管电流：10mA	Ⅱ类射线装置	未使用
	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：350kV；最大管电流：5mA	Ⅱ类射线装置	已许可使用
	XXH-3505 型 X 射线探伤机	1 台			
本部 8#探伤房	铱-192 γ源探伤机	1 台	100Ci-^{192}Ir 密封源×1 枚	Ⅱ类放射源	未使用
	XXH-3505 型 X 射线探伤机	1 台	最大管电压：350kV；最大管电流：5mA	Ⅱ类射线装置	已许可使用
	XXG-3505 型 X 射线探伤机	1 台			

9.1.2 人员配置及工作负荷

本改扩建项目由于总的工作量不增加，只是将原来使用 3505 型 X 射线探伤机检测的部分产品按质检新要求改用γ源探伤或 450 型 X 射线探伤机作业。因而本改扩建项目不新增加辐射工作人员，仍由原 7#、8#、9#和 10#探伤房项目所配置的 8 名辐射工作人员调配承担探伤作业，单班运行，且不兼职其它辐射工作。改扩建后的探伤房仍与现有的其他探伤房一样，每个探伤房内每次作业只使用 1 台探伤作业设备，辐射工作人员每天开机操作探伤机的时间不超过 2 小时，每人每周受照时间不超过 10h，每年受照时间不超过 500h。探伤工件通过人工搬运或平板车进

出探伤室。

9.1.3 γ射线探伤工作原理和工艺流程

（1）工作原理

γ射线探伤机主要由放射源、源容器（贮源容器）、源托、输源管、遥控传输装置、准直器及支撑架等附件组成。γ射线探伤机主要是利用放射源发射的γ射线对金属设备部件进行曝光拍片，通过读片判断设备的质量。工业γ射线探伤机在工作过程中，通过放射源产生的γ射线对受检工件进行照射，当射线穿过裂缝时衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断工件焊接的质量。

γ射线探伤机主体主要用于屏蔽γ射线，密封放射源安装在探伤机主体内，设计有双保险等多种安全联锁装置；遥控等传输装置用于远距离驱动放射源在输源管内移动，并安装有放射源行程指示器，输源管设有曝光探头；支撑架等附件用于固定输源管，确保放射源处于曝光焦点位置；准直器等附件用于限制射线束方向。探伤机不工作时放射源在探伤机内的贮源容器内储存，γ射线通过探伤机机体以及存放设施、探伤房屏蔽。当需要对工件进行探伤时，工作人员将探伤机搬运至工作位置时，把遥控传输部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置后，工作人员退出探伤场所，通过γ探伤机自动控制仪实现对放射源的自动收放操作。同时随时支持手动操纵曲柄驱动放射源到曝光位（容器内腔）进行曝光，曝光结束后同样通过操纵曲柄驱动放射源收回到探伤机内。γ射线探伤机内部构造示意图见图 9-1。γ探伤机实物图见图 9-2

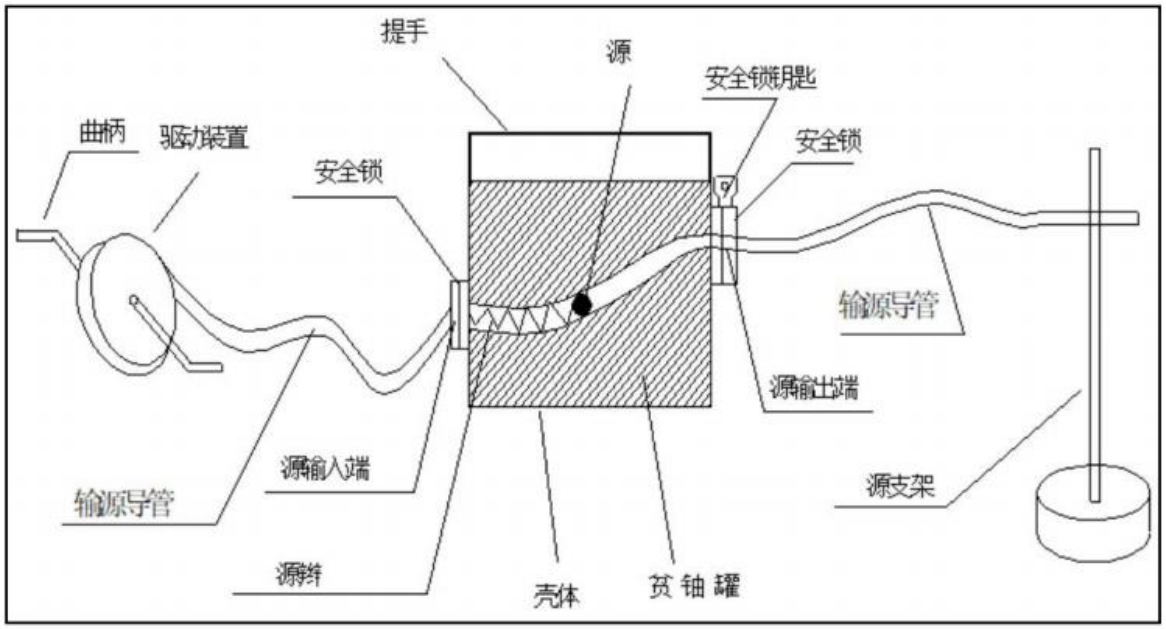


图 9-1　γ射线探伤机内部构造示意图



图 9-2 γ射线探伤机实物图

出现卡源状况时，可在操作台处通过摇柄手动送源/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，通知设备供货商到现场处理。放射源换源也由供货商负责。

（2）工艺流程及产污环节

γ射线探伤工作流程及产污环节如图 9-3 中所示：

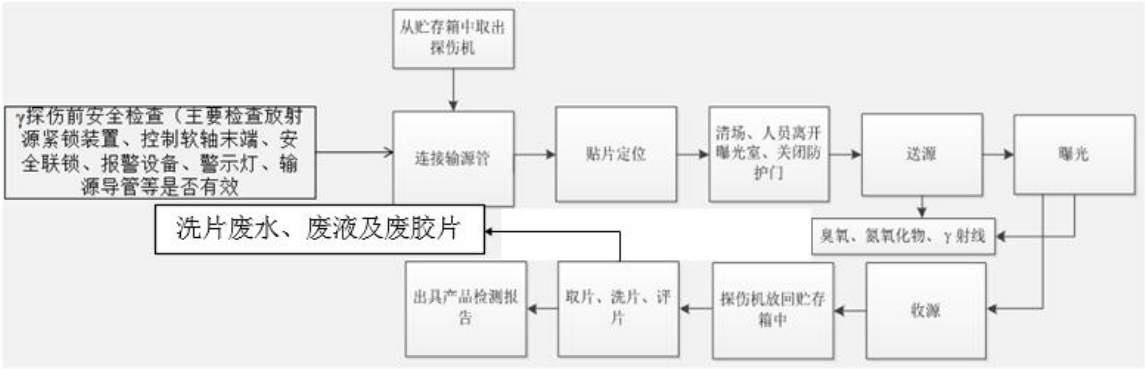


图 9-3 γ射线探伤作业流程及产污环节分析示意图

探伤工作流程简述：

1）γ探伤检测前安全检查，主要检查放射源紧锁装置、安全联锁、报警设施及警示灯等是否安全有效；

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

探伤人员通过人工或平板轨道车将工件运输至探伤室内，摆放好探伤工件；

3）从贮源铅箱中取出γ射线探伤机，将遥控传输装置和输源管连接好。将工件待测部位进行贴片定位。

4）在贴片定位前期工作完成后进行清场，操作人员应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。

5）通过γ射线探伤机自动控制仪自动驱动放射源至指定曝光位置，

6）当达到预定的曝光时间后，通过自动控制仪自动将放射源通过输源导管回收到探伤机贮源位置；

7）开启防护门，探伤工作人员经该门进入探伤室内，从探伤工件上取下已经曝光的底片，如探伤工件需做多次曝光摄片的，则可按上述方法进行下一次操作；

8）待全部曝光完成后，将探伤机搬运至贮源铅箱中贮存，清理工件，将工件搬运出探伤室，然后对已曝光的底片进行洗片处理，并进行评定。评定合格后，出具产品合格探伤报告。

9.1.4 X 射线探伤工作原理和工艺流程

（1）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感光片进行照射，当 X 射线在穿过裂缝或空腔时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生较黑的图像显示裂缝或空腔所在的位置，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，可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，电子就被“蒸发”出来，“蒸发”出的电子经聚焦杯聚集成束，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加速到很高的速度。这些高速电子到达靶面被靶突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-4。

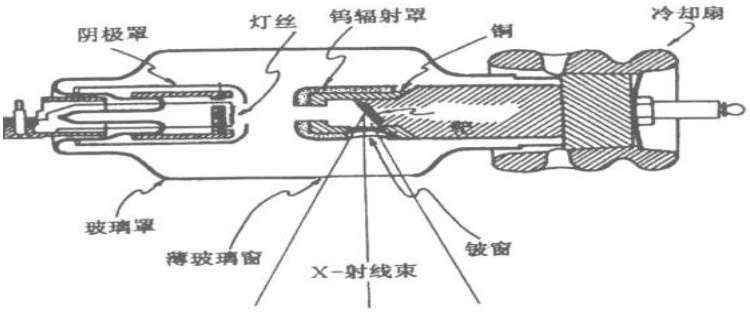


图 9-4 典型的 X 射线管结构图

（2）工艺流程及产污环节

X 射线探伤工作流程及产污环节如图 9-5 所示：

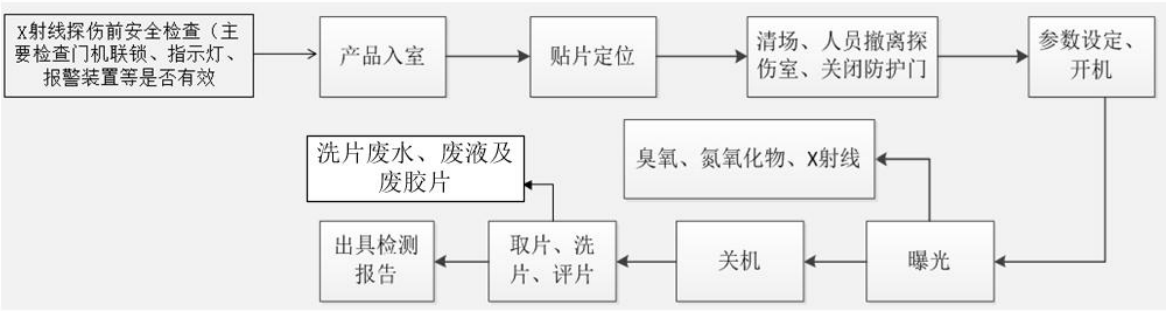


图 9-5　X 射线探伤机工作流程及产污节点

探伤工作流程简述：

1）X 探伤检测前安全检查，主要检查安全联锁、报警设施及警示灯等是否安全有效；

2）探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。探伤人员通过人工或平板轨道车将工件运输至探伤室内，摆放好探伤工件；

3）进行探伤前期准备，包括裁片、贴片标记、拍片定位、贴片、接电缆等；

4）在贴片定位前期工作完成后进行清场，操作人员应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；

5）然后接通 X 射线探伤机电源，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；

6）当达到预定的照射时间后，关闭电源；

7）开启防护小门，探伤工作人员经该门进入探伤室内，从探伤工件上取下已经曝光的底片，如探伤工件需做多次曝光摄片的，则可按上述方法进行下一次操作；

8）待全部曝光摄片完成后，清理工件，把工件推出探伤室，然后对已曝光的底片进行洗片处理，并进行评定。评定合格后，出具产品合格探伤报告。

9.2 污染源项描述

9.2.1 放射性源项

1）γ射线

^{192}Ir 密封源发射γ射线，半衰期为 74 天，衰变类型为β衰变。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表 A.1 可知 ^{192}Ir 周围剂量当量率常数为 0.17μSv·m^2/h·MBq，本项目单枚源活度为 3.7×10^{12}Bq，初始源强为：6.29×10^5（μSv•m^2/h），^{192}Ir 放射性核素特性见表 9-2。

表 9-2 ^{192}Ir 放射性核素特性一览表

放射性核素的种类	半衰期	衰变类型	主要污染因子
^{192}Ir	74d	β衰变	γ射线 0.07MeV~0.612MeV （平均能量约 0.37 MeV）

本项目使用的^{192}Ir探伤机为手提式，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）设备表面的辐射水平控制值见表9-3。

表 9-3 探伤机源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类型	距容器外表面不同距离处最大周围剂量当量率控制值（mSv/h）	
	5cm	100cm
手提式探伤机	0.5	0.02

γ射线探伤机贮源位屏蔽层大多为一定厚度的贫铀材料，称其为贫铀罐。本项目辐射污染主要是当放射源从贫铀罐出源后进行曝光时发射的γ射线对周围环境产生的外照射，其可能对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射。另外，退役的放射源也会对周围环境产生γ射线外照射影响，因此，γ射线是本项目主要的污染物。探伤用放射源一般使用 2 个半衰期后因活度显著下降，不能满足探伤要求时退役。退役源由生产厂家负责回收处置。退役源活度约 9.25×10^{11}Bq/枚。

2）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。因此，正常工况时，在开机曝光期间，X 射线探伤机的放射性污染物为初始 X 射线以及散射射线、漏射射线。X 射线成为污染环境的主要污染因子。探伤机最大管电压为 450kV，最大管电压下最大管电流为 10mA，本项目探伤机 X 射线管固定于支架上，探伤作业时有用线束方向固定朝西侧。

本项目 TITANE450 型 X 射线探伤机只是因产品按质检新要求承担部分原来使用 3505 型 X 射线探伤机的检测任务，防护计算时，仍采用最大管电压和最大管电流进行。根据厂家提供的 X 射线管技术参数（见附件 12）可知，TITANE450 型 X 射线探伤机为 5mmBe+2mmAl，等效 1.5mm 铜滤过，本次保守取 0.5mm 铜滤过，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 来源的 ICRP33 中图 3，取 450kV 管电压 0.5mm 铜滤过下的 X 射线输出量为 60mGy·m^2/（mA·min），按最大管电流 10mA 计算，可知距靶点 1m 处输出量为 3.6×10^7μSv·m^2/h。距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率取 5.0×10^3μSv/h。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射（如以 0º入射工件的 90º散射辐射和天空反散射）。

本项目 X 射线探伤机与γ探伤机共用探伤室，鉴于改造后的探伤室其 X 射线探伤机是定向作用及γ探伤机的使用特点，本项目屏蔽计算分别对 X、γ源进行预测。

9.2.2 非放射性源项

（1）废气

探伤作业时γ射线、X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，排放周围大气环境，其中臭氧 50 分钟后自动分解为氧气，这部分废气产生量较少，不做定量分析。

本项目为改扩建项目，原有的 7#、8#探伤房未设置通风口，探伤室内均配置 1 台型号为 SFG4-4R 型低噪声轴流式风机，排风量为 5870m^3/h，通过开关工件门实现曝光室内的通风换气。单独在现有的探伤室内开设通风口会破坏原有的墙体屏蔽效果，从辐射防护最优化角度考虑，为尽可能低地降低射线的外照射，故本次仍按照原已批复的通风换气方案，即探伤工作期间，开启排风机，废气经工件门及门缝排出曝光室。

（2）固废

本项目运行后每年产生的废显（定）影液及废胶片，属《国家危险废物名录（2021年版）》中编号为HW16感光材料废物，其废物代码为900-019-16，危险特性T（毒性）。本改扩建项目由于总的工作量不增加，只是将原来使用3505型X射线探伤机检测的部分产品按质检新要求改用γ源探伤或450型X射线探伤机作业。因而，本项目运行后，产生的危险废物量仍保持在原有水平，即年产生废显（定）影液约0.5t、前道洗片废水约0.5t，废胶片约200片。公司共在暗室内设置三个水槽，分别为显影液、定影液与清水，胶片经显影液浸泡后在清水池里进行清洗，再经定影液浸泡后进行清洗，最后烘干，前道清洗废水以危险废物处置。公司产生的废显（定）影液、洗片废水和废胶片经专用容器收集后暂存于危废库中，定期委托盐城环弘再生资源有限公司进行收集后交由江苏爱科固体废物处理有限公司进行处置（危险废物暂存时间不超过一年）。处置协议见附件4。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局和分区

本项目涉及的探伤房包括曝光室、操作室、评片室、备片室和暗室等组成，本次改扩建仅在曝光室内增加防护屏蔽，增加防护设施，以及房顶增加防护屏蔽及排风装置，其它设备均保持原状。因而，原有布局不变。曝光室均为一层建筑，高为4.7m（外），位于探伤房北侧，呈东西并列布置；探伤室南侧为2层建筑，一层为操作室、暗室、备片室、材料储存室；二层为评片室和储片室，层高为4m，总高为9m。操作室和曝光室隔开并单独设置。

根据GB18871-2002内容要求，本次改扩建的辐射工作场所控制区保持原样，拟扩大监督区范围。即以探伤房的曝光室建筑边界作为控制区边界，探伤房的其他建筑边界（包括操作室、暗室、评片室等）、东墙外1m、工件门外1m作为监督区边界，管理措施如下：

控制区边界采用门机联锁装置（工件门、迷道的门），入口处设置电离辐射标志和工作指示灯（预备、照射）、声音提示装置，探伤期间任何人不能进入，停止曝光后，人员进入时必须佩戴合格的个人剂量报警仪。

监督区边界为探伤房的实体边界，为砖墙结构。为加强监督区边界入口管理，探伤房监督区入口处设置门锁，张贴电离辐射警告标志，工件门外1m及东墙外1m地面划设黄黑相间警示线，提示非辐射工作人员在探伤作业期间禁止在监督区滞留等管理措施。

企业对于辐射工作场所的分区管理措施是合理可行的，可有效加强辐射安全管理，降低探伤期间造成的误照事故几率。控制区和监督区划分示意图见图10-1。

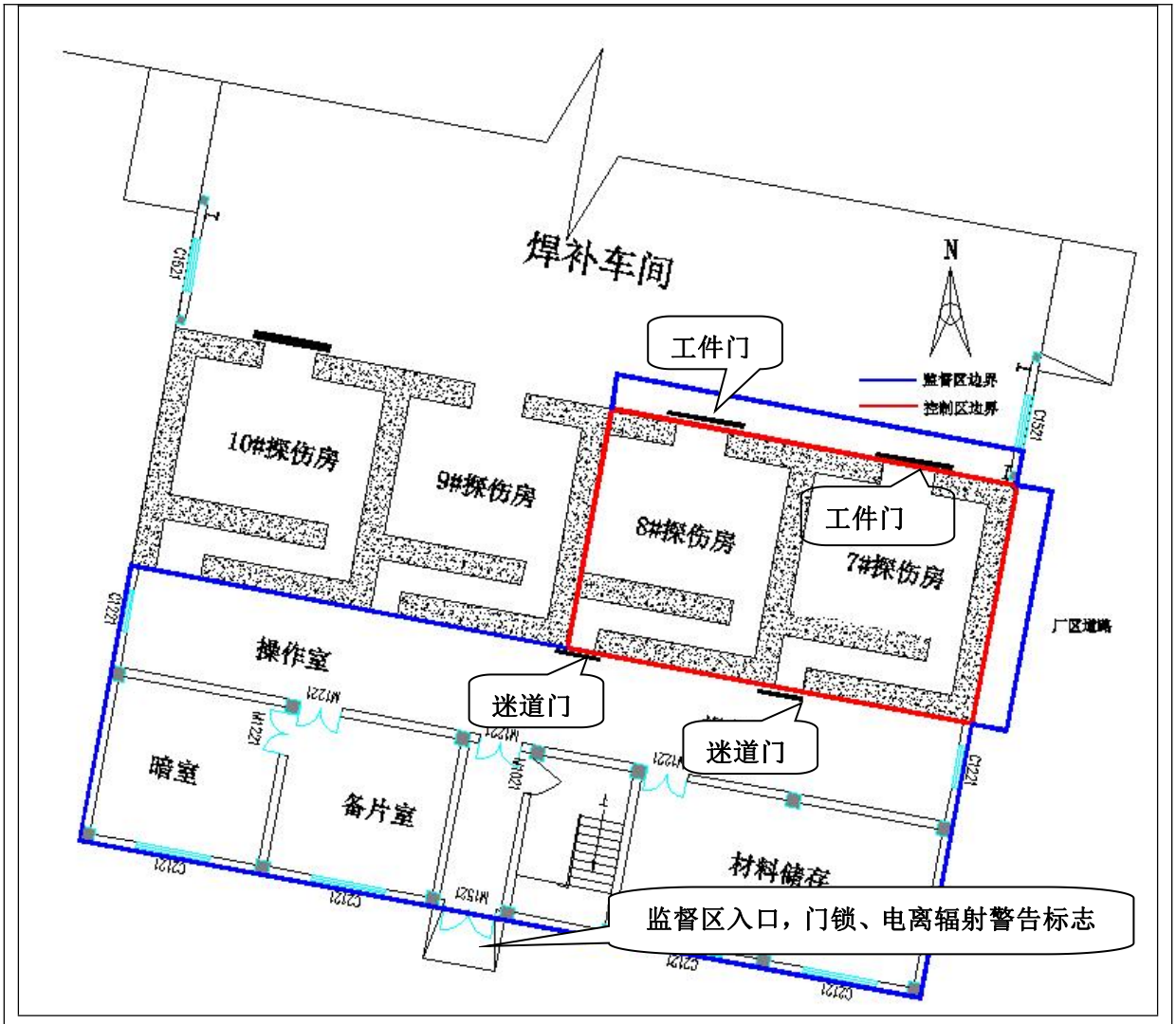


图 10-1 控制区、监督区划分示意图

10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目探伤房土建屏蔽设计参数见表 10-1。

表 10-1 探伤房屏蔽设计参数一览表

建筑楼层		改建前	改建后
探伤室一层	探伤室尺寸（内净面积）	7#探伤室曝光室尺寸为 5.0m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）（净面积）；8#探伤室曝光室尺寸为 5.3m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）（净面积）。	7#探伤室曝光室尺寸为 4.50m（长）×3.50m（宽）×4.0m（高）（净面积）；8#探伤室曝光室尺寸为 5.05m（长）×3.50m（宽）×4.0m（高）（净面积）。
	东、北、西侧墙体	均为 700mm 混凝土	均为 700mm 混凝土+244mm 重晶石砖+6mm 粉灰层
	迷道内、外墙	均为 700mm 混凝土	迷道内墙 700mm 混凝土+244mm 重晶石砖+6mm 粉灰层、迷道外墙 700mm 混凝土

	房顶	700mm 混凝土	700mm 混凝土+200mm 重晶石混凝土
	工件门（防护大门）	7#、8#探伤房，门洞大小均为 1.5m（宽）×2.2m（高），电动铅门大小为 2.1m（宽）×2.5m（高），探伤房防护大门为 48mm 厚的铅当量。	7#、8#探伤房，门洞大小均为 1.5m（宽）×2.2m（高），电动铅门大小为 2.1m（宽）×2.5m（高），探伤房防护大门铅厚增加 5mm 至 53mm 厚的铅当量。
	迷道门（小防护门）	7#、8#探伤房，迷道门洞大小均为 0.8m（宽）×2.0m（高），电动铅门大小为 1.0m（宽）×2.3m（高），防护小门为 12mm 厚的铅当量。	保持原状，不变
通风口及屏蔽措施		无通风口，设置低噪声轴流式风机，风量为 5870m³/h，通过开关工件门及门缝实现通风换气	保持原状，不变
贮源设施		无	7#和 8#探伤室各增购 1 个 1000mm（长）×700mm（宽）×500mm（高）铅储源箱，含铅当量为 12mm
二层	辅房	储片室、评片室均为 24cm 砖墙，储片室尺寸：5.5m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）；评片室：12m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）。普通门。储片室、评片室东西布置。	保持原状，无变化。储片室、评片室均为 24cm 砖墙，储片室尺寸：5.5m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）；评片室：12m（长）×4.0m（宽）×4.0m（高）。普通门。

注：混凝土的密度为 2.35t/m³；根据企业提供重晶石钡砖检测报告（见附件 10），重晶石砖的密度为 3.24g/cm³，厚度为 244mm 重晶石砖墙的等效混凝土厚度为 336mm，厚度 200mm 重晶石混凝土层（取重晶石砖的密度为 3.24g/cm³）的等效混凝土厚度为 275mm。

防护门与墙体及地槽的重叠尺寸均大于 10cm，防护门嵌入沟槽均大于 10cm（沟槽设计深度 18cm)，门与墙体的间隙小于 1cm，穿线管位于地面 30cm 以下。

改建前后的各探伤房平面图和立面示意图见图 10-2。

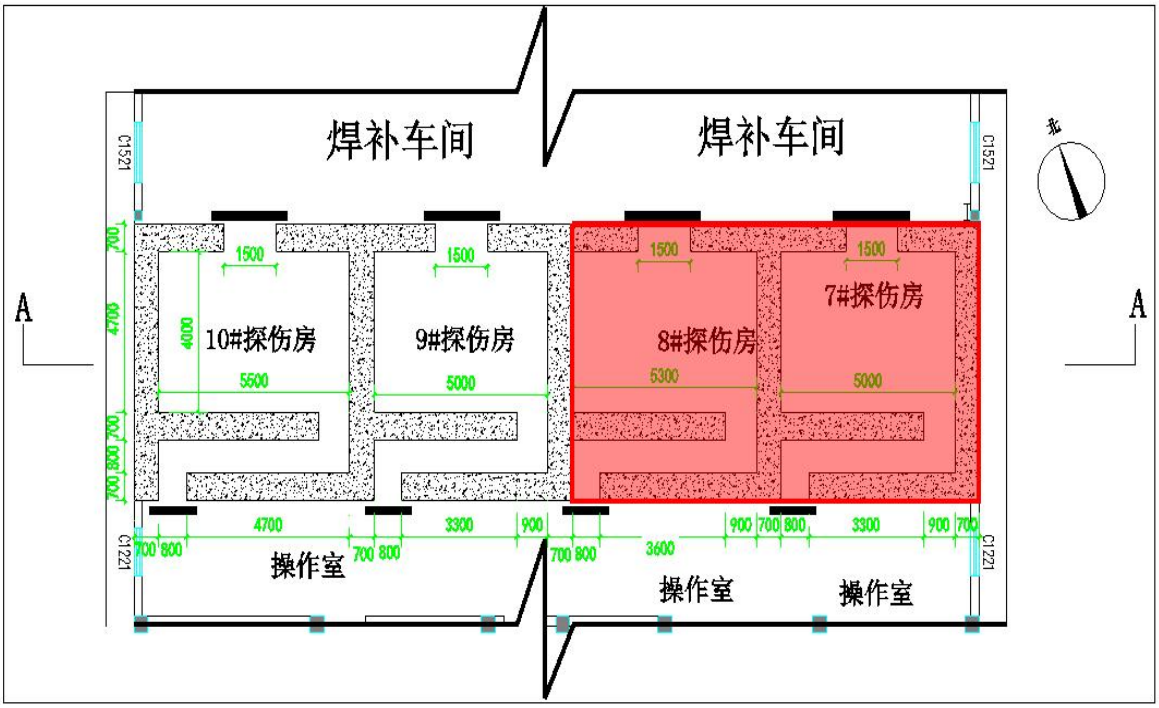


图10-2a　改建前的探伤室平面图

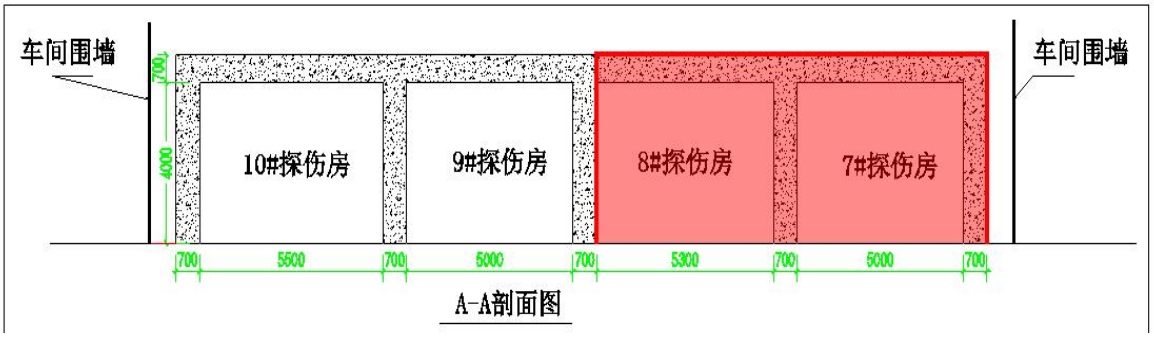


图10-2a　改建前的探伤房立面示意图

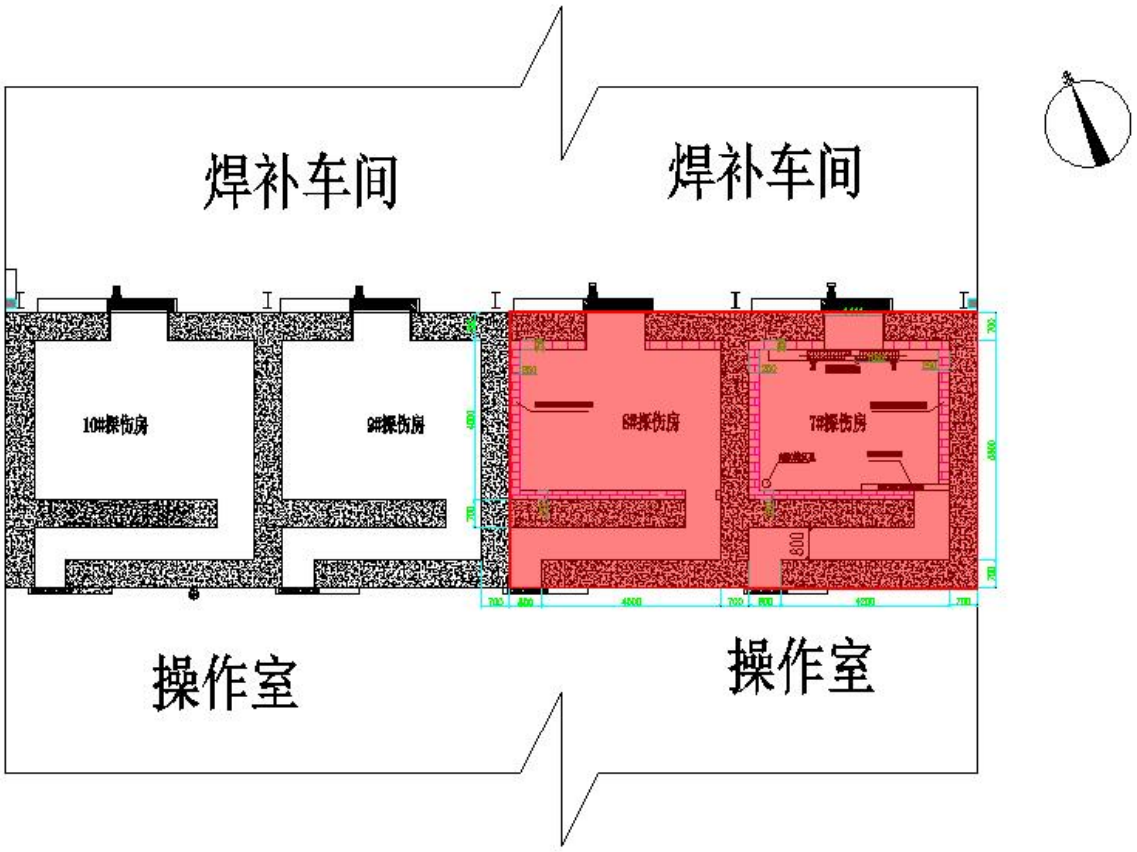


图10-2b　改建后的探伤室平面图

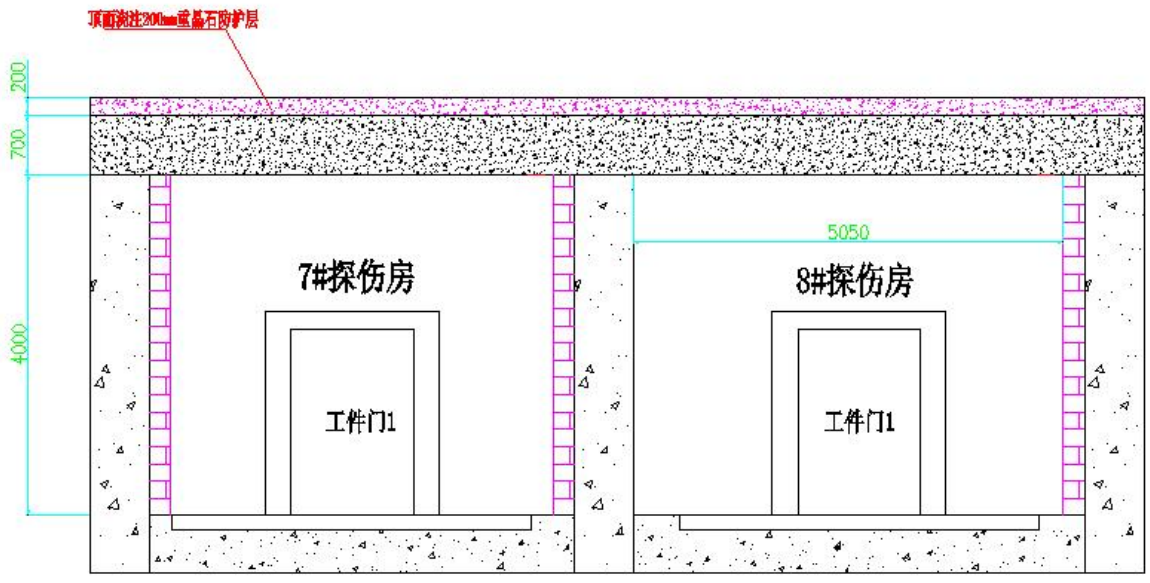


图10-2b　改建后的探伤房立面示意图

10.1.3 辐射安全设施及评价

10.1.3.1 X、γ固定探伤辐射安全措施

为保障本项目 7#~8#探伤房内探伤作业的安全运行，避免在探伤期间维修人员误留或误入机房而发生误照射事故，本项目 7#~8#探伤房目前已设计有相应的辐射安全装置和保护措施（见图 10-3），主要有：

（1）门机联锁：每个探伤室均设置 2 扇防护门（工件门和迷道门），所有防护门已与 X 射线探伤机联锁。任何一扇防护门未完全关闭时，X 射线探伤设备不会接通高压出束，操作期间误打开任何一扇防护门，可以立即实现射线停止出束。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均已与防护门联锁。

（2）钥匙开关：探伤室控制台上已设有钥匙开关，只有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）电离辐射警示标志、工作状态指示灯、声光报警装置：每个探伤室 2 扇防护门入口处均张贴有电离辐射警示标志，曝光室内、工件门和迷道门外顶部已安装带有“预备”和“照射”信号的工作指示灯和声音提示装置。该装置能够在探伤机工作时自动接通并给出声光警示信号。“预备”信号能持续足够长时间，以确保探伤房内人员安全离开。“照射”和“预备”信号有明显的颜色或光线区别，并与工作场所内其它报警信号有明显区别。“照射”状态指示灯与探伤室内 X 射线探伤机联锁。探伤室内外醒目位置处已张贴有清晰的“照射”和“预备”信号意义的说明。

（4）急停开关：各探伤室东墙、迷道内墙、西墙墙壁及操作台上已安装急停开关。紧急情况下就近按下急停开关，可立即实现 X 射线停止出束。按下急停后，下次开机前必须先复位才能出束。按钮带有标签，已标明了使用方法。

（5）视频监控：

探伤室内和探伤室出入口已安装有红外视频监控装置，即在普通的视频监控装置上增加了红外补充光源，可实现 24h 监控。并在控制室的操作台设有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。当发生意外情况（有人员误入或滞留）时，控制室内操作人员可以及时发现并采取应急措施。

（6）通风、电缆管道设置

改建探伤室内所有电缆管道均依托原有“U 型”穿墙电缆管道。该电缆管道位于迷道内入口处内侧迷道墙地下，不直接穿墙，电缆管道出入口处均配置铅盖板，厚度为

10mm 铅当量，不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。探伤室内均配置 1 台型号为 SFG4-4R 型低噪声轴流式风机，排风量为 5870m^3/h，通过开关工件门实现曝光室内的通风换气。

公司还应针对本项目伽马探伤，完善相应的辐射安全防护措施（见图 10-3），主要包括：

（1）门机联锁：本次在 7#探伤室内增加 1 台γ探伤机及 1 台 X 射线探伤机与所有防护门的联锁装置。在 8#探伤室内增加 1 台γ探伤机与所有防护门的联锁装置，确保项目运行后探伤室内 X、γ探伤机均与防护门联锁。任何一扇防护门未完全关闭时，X 射线探伤设备不会接通高压出束，γ射线探伤设备不会接通电动传输装置。操作期间误打开任何一扇防护门，可以立即实现 X 射线停止出束及γ源回源。

（2）工作状态指示灯

本次在 7#探伤室内增加 1 台γ探伤机及 1 台 X 射线探伤机与工作指示灯的联锁装置。在 8#探伤室内增加 1 台γ探伤机与工作指示灯的联锁装置，确保本项目运行后，7#和 8#探伤室内 X、γ探伤机均与工作状态指示灯联锁。

（3）辐射监测设备

拟在 7#和 8#探伤房配置固定式辐射探测报警装置，并与防护门进行联锁，固定式辐射检测系统剂量探头建议安装于迷道内的拐角处，以便能够及时探测到迷道入口处的辐射剂量。该系统的数字显示装置应安装在控制台，当辐射剂量超过预定水平时，该装置的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号。

（4）急停按钮及开门按钮

北墙增设急停按钮及防护门启闭按钮。

（5）贮源设施

拟在 7#和 8#探伤房曝光室各配置 1 个贮源铅箱，尺寸为 1000mm（长）×700mm（宽）×500mm（高），含铅当量为 12mm。贮源铅箱拟设置双人双锁并张贴电离辐射警告标志，钥匙仅由授权人员掌管，通过铁架焊接并固定于探伤室墙体。γ探伤机不用时均应贮存在铅箱内。每次领用和归还时均应登记，并进行放射性水平监测，确保放射源位于探伤机内。

改造后的探伤室在采取上述辐射安全措施及设施后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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）中关于安全联锁、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、急停开关、放射源贮存等安全设施的相关要求。

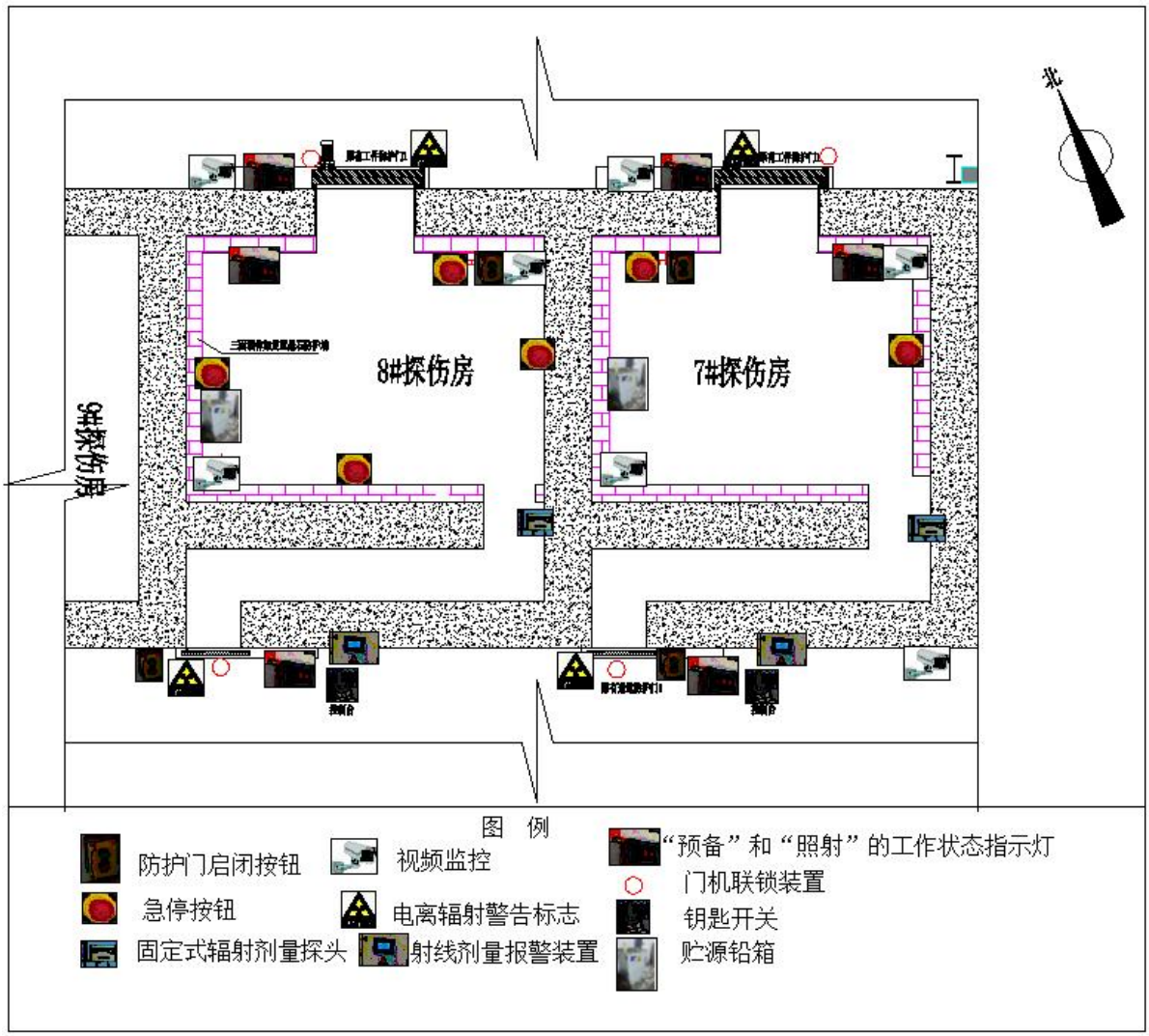


图 10-3 辐射安全设施分布图

10.1.3.2 关于γ探伤的其他安全措施要求

2007 年，针对γ射线探伤，原国家环保总局发布环发〔2007〕8 号文：关于印发《关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》的通知。本项目对照**《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）**中关于γ射线探伤的相关要求评价如下：

（1）至少有1名专职人员负责辐射安全管理工作。该公司设有辐射安全防护管理小组，并有 1 名专职人员负责辐射安全管理工作，符合要求。

（2）必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。该公司本次改建固

定式γ射线探伤项目应在履行环评手续后向省级生态环境主管部门申领辐射安全许可。

（3）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。该公司应在γ射线探伤装置使用达到使用年限之前及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。

（4）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。

该公司应完善相应规章制度，使其符合上述要求；并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行，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。

（5）探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，每名辐射工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。该公司在开展γ探伤时，应至少有两名辐射工作人员在场；公司应为从事γ射线探伤的辐射工作人员配备个人剂量计及个人剂量报警仪，定期送检并建立个人剂量档案。

（6）每次探伤工作前，辐射工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。该公司应在相关制度中明确上述要求，并在今后的生产实践过程中严格按照制度执行。

（7）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。该公司应在管理制度内明确上述要求，明确更换放射源时，由厂家人员进行倒源操作，并在今后的工作中严格按照制度实施。

（8）明确 2 名以上工作人员专职负责贮源保险箱的保管工作。贮源箱双人双锁。该公司拟安排 2 名工作人员专职负责曝光室贮源保险箱的保管工作，符合要求；曝光室内已安装红外监视摄像头；贮源保险箱钥匙分别由 2 名专职人员保管，满足放射源贮存场所为双人双锁管理的要求。

（9）已制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账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。该公司已针对放射源制定相关的档案管理制度，并设 2 名专门的放射源保管员做好放射源领用情况的登记、收集和存档工作。

（10）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，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。该公司已制定辐射事故应急预案，公司应尽快根据上述内容对辐射事故应急预案进行完善。

（11）探伤室建筑（包括防护墙、门、迷道）的防护厚度应充分考虑γ射线直射、散射效应。该公司 7#~8#探伤房拟在现有的四周墙体基础上增加 244mm 厚的重晶石砖，拟将现有防护大门铅厚增至 53mm，拟在屋顶上增加 200mm 厚的重晶石砖，经理论预测，其能够充分屏蔽γ射线。

（12）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。该公司拟在 7#~8#探伤房曝光室内安装固定式辐射剂量监测探头，监测系统的数字显示装置应安装在控制台，当辐射剂量超过预定水平时，该装置的音响和（或）灯光警告装置发出警告信号。在进行探伤时，固定辐射监测系统应与防护门进行联锁，当辐射剂量超过预定水平时，防护门无法打开。

（13）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。

该公司已配备了 11 台个人剂量报警仪，本次增购 8 台个人剂量报警仪，公司应将报警仪与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串在一起。

（14）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，应有声音警示，灯箱应醒目显示“禁止入内”。本项目 7~8##探伤房曝光室内及工件门上方、人员门上方已各安装 1 个工作状态指示灯及声音提示装置，其中工作状态指示灯可显示“预备”和“工作” 状态。

（15）γ射线探伤室的各项安全措施必须定期检查，并做好记录。公司应对本项目 7#~8##探伤房的各项安全措施必须定期检查、记录，并应在管理制度内明确上述要求，并在今后的工作中严格按照制度实施。

在落实以上辐射安全措施后，本项目辐射安全措施能够满足相关辐射安全要求。

10.1.6 现有项目存在的不足及“以新带老”措施

公司现有的 1#~6#探伤房、9#~10#探伤房及砂铸厂γ探伤房已按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求张贴有电离辐射警告标志，安装有工作状态指示灯及声音提示装置、急停按钮、门机联锁、视频监控装置。现有探伤室已采取的及存在的问题及整改措施一览表见下表。

表 10-2 现有探伤室已采取措施及存在的问题及整改措施一览表

名称	已采取的辐射安全措施及设施	存在的问题	整改措施	备注
砂铸厂γ探伤房	已安装有工作状态指示灯、急停按钮、电离辐射警告标志、中文警示说明，紧急开门按钮、射线剂量报警装置、门机联锁等安全设施或措施	无	无	仅一台γ射线探伤机，且放射源已送贮，目前该探伤室停用
1#探伤房	已安装有工作状态指示灯、急停按钮、电离辐射警告标志、中文警示说明，紧急开门按钮、射线剂量报警装置、门机联锁等安全设施或措施	部分墙体未安装急停按钮、按钮无标签，未注明使用方法；曝光室内无“照射”和“预备”信号意义的说明。	四周墙体均设置急停按钮并带有标签及使用方法；曝光室内张贴“照射”和“预备”信号意义的说明	/
2#探伤房		防护小门无紧急开门开关，曝光室内无“照射”和“预备”信号意义的说明。	防护小门安装紧急开门开关，曝光室内张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。	/
3#探伤房		曝光室内无“照射”和“预备”信号意义的说明。	曝光室内张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。	放射源已送贮，暂未开展γ探伤
4#探伤房		无	无	/
5#探伤房	已安装有工作状态指示灯、急停按钮、电离辐射警告标志、中文警示说明，紧急开门按钮、射线剂量报警装置、门机联锁等安全设施或措施	曝光室内部分墙体未按照急停按钮；防护小门无紧急开门开关。曝光室内无“照射”和“预备”信号意义的说明。	曝光室四周墙体均应设置急停按钮防护小门安装紧急开门开关，曝光室内张贴“照射”和“预备”信号意义的说明。	/
6#探伤房		无	无	/
9#探伤房		无	无	/
10#探伤房		无	无	/

10.2 三废的治理

10.2.1 退役放射源处置

γ放射源退役后将委托放射源的原供货单位回收处理。企业承诺购置放射源时与供货单位一并签订废源回收协议（见附件 3）。在γ放射源达到使用期限后，企业将把含γ放射源的探伤机放置于探伤房内购置的储源铅保险柜中，等待放射源供货单位处置。在放射源的暂存期间，与放射源日常存放时一样进行安全管理，储源铅保险柜设置密码锁，指定专人看管。

10.2.2 臭氧、氮氧化物等废气处置

探伤产生的γ射线、X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物。

本项目为改扩建项目，原有的 7#、8#探伤房未设置通风口，探伤室内均配置 1 台型号为 SFG4-4R 型低噪声轴流式风机，排风量为 5870m^3/h，通过开关工件门实现曝光室内的通风换气。单独在现有的探伤室内开设通风口会破坏原有的墙体屏蔽效果，从辐射防护最优化角度考虑，为尽可能低地降低射线的外照射，故本次仍按照原已批复的通风换气方案，即探伤工作期间，开启排风机，废气经工件门及门缝排出曝光室。

探伤室内各配置 1 台低噪声轴流式风机，排风量为 5870m^3/h，8#探伤室曝光室体积约 91m^3，7#探伤室曝光室体积约 82m^3，将作业中产生的臭氧及氮氧化物排出，探伤室通风换气次数分别为 64 次/h 和 71 次/h，均能够满足探伤室通风换气次数不低于 3 次/h 的要求。臭氧和氮氧化物排入大气后，臭氧 50 分钟后自动降解为氧气。

10.2.3 废感光材料处置

探伤作业每年预计产生洗片废水、废液约 1.0 吨及约 200 个废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不能随意排放。企业已委托盐城环弘再生资源有限公司进行收集后最终交由江苏爱科固体废物处理有限公司处置（见附件 4），公司拟将洗片过程中产生的洗片废液及废胶片经专用容器收集后暂存于厂区内的危废库，定期委托该单位进行收集处理。

公司已按照《江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）》（苏环办〔2021〕290 号）和《江苏省危险废物全生命周期监控系统》等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目改建探伤房在施工期间，公司将遵守当地环保部门有关施工期环境管理的要求，在施工阶段采取如下污染防治措施，将施工期的影响控制在厂区内局部区域，并尽量减小对周围环境的影响。

（1）施工期废水

施工期产生的废水主要为施工人员的生活污水和少量施工废水，应做到集中、有序排放。探伤房在建设施工过程中，平均施工人数约为 10 人，施工期的生活污水排放量约为 0.32t/d，经厂区已建的化粪池处理后接管至市政污水管网。在施工现场，严格管理用水且所产生的废水要及时处置，避免施工期产生的废水对周围水环境产生影响。

（2）施工扬尘污染分析

施工期对大气环境的污染主要来自运输车辆引起的道路扬尘，污染因子为 TSP。

根据相关工程的类比调查，运输车辆引起的扬尘对道路两侧 30m 范围内影响较大，而且呈线性污染，路边的 TSP 浓度可达 10mg/m^3 以上，故施工过程中应定期洒水，减少空气中扬尘的含量。施工所用的堆料、工具应集中放置，堆料应遮挡或遮盖防止堆料在风力作用下产生扬尘。

（3）施工期噪声污染分析

施工期噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声、物料运输的交通噪声、物料装卸碰撞噪声及施工人员的活动噪声等，对施工场地周围和运输车辆所通过道路两侧的声环境产生影响。本项目建筑施工在车间内进行，对周围环境影响较小。

（4）施工期固体废弃物

探伤房在建设过程中产生的固废主要是废弃的建筑材料、包装材料及施工人员生活垃圾等，经公司统一收集后，由环卫部门统一运走妥善处理，以防止固体废物对环境带来不利的影响。

由于改建的工程量较小，因而，施工期间对周围环境的大气、噪声影响轻微，且影响范围基本限于该企业厂区内的局部区域，预计对厂区外环境质量无明显的影响。施工期间产生的废水和固体废弃物妥善处置，对周围环境基本没有影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响评价

11.2.1.1 计算条件

本项目探伤房探伤室屏蔽设计参数表见表 10-1。屏蔽结构图见图 11-1。

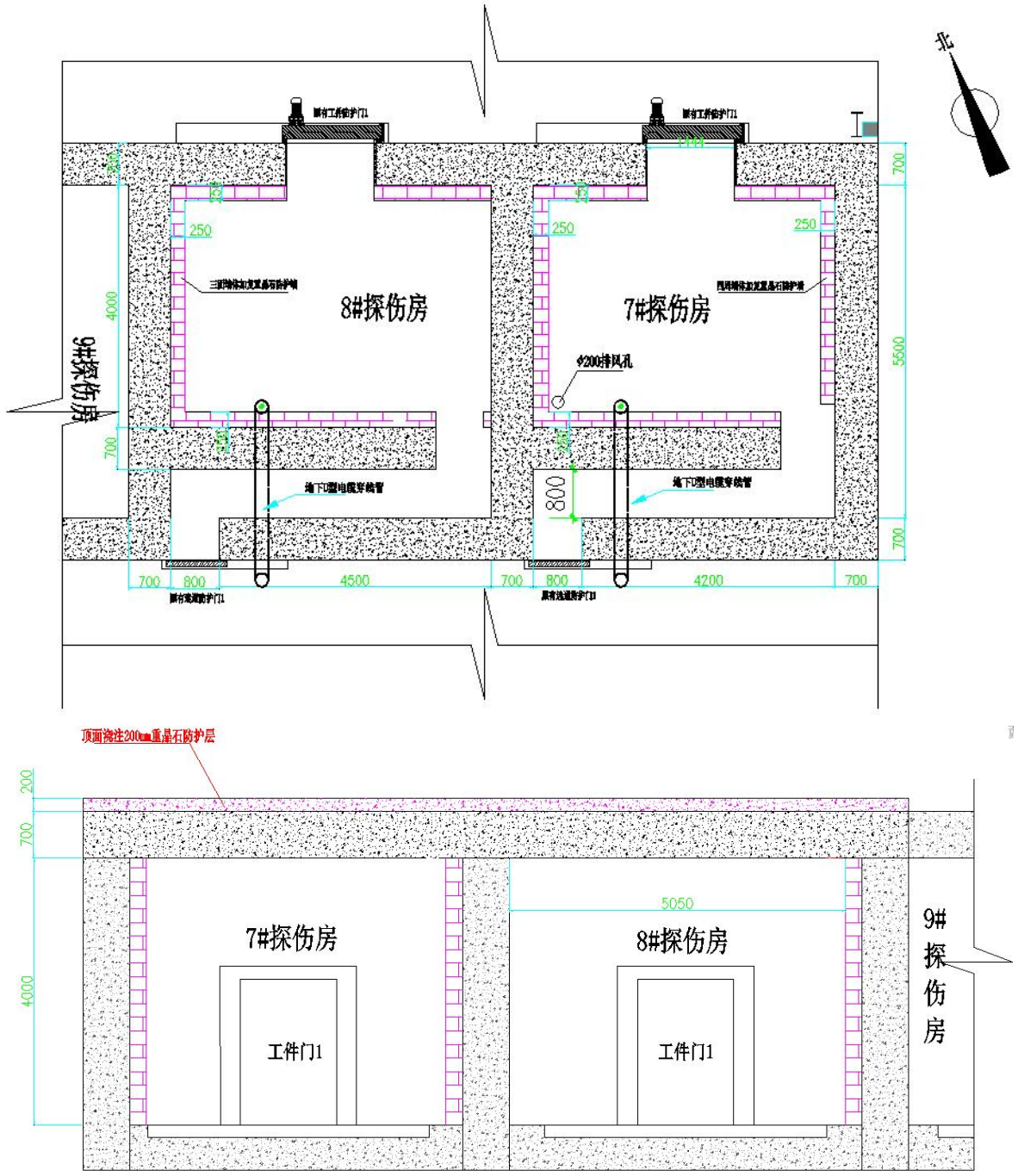


图11-1 探伤室平面及立面图（单位：mm）

本项目为在原有探伤室内进行改建，增加γ源探伤项目，探伤作业的总工作量不增加，只是将原来使用3505型X射线探伤机检测的部分产品按质检新要求改用 γ

源探伤或450型X射线探伤机作业。为避免探伤机之间的相互影响，确保探伤拍片能准确反映探伤工件的内部缺陷位置，改建后探伤房内配置的探伤机不会同时使用。改建后探伤房仍按原运行安排运行，即年运行50周，γ射线和X射线每周总计曝光时间不超过10小时。此次环评每周探伤曝光时间保守按10小时计。

11.2.1.2 预测模式

（1）γ射线探伤

1）初始γ射线屏蔽计算

参照《电离辐射工业应用的防护与安全》P128 的公式（2.1）可得无屏蔽时预期的最大周围剂量当量率（*K*）的计算公式：

$$K = \frac{A\ \Gamma_K}{R^2} \quad \text{……（1）}$$

式中： A——源强，^{192}Ir（100Ci），3.7×10^{6}MBq；

Γ_k——周围剂量当量率常数，μSv·m^2/h·MBq，按《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） 表 A.1 可知本项目 ^{192}Ir 的Γ_k=0.17μSv·m^2/h·MBq；

R——距放射源的距离，m；

K——预期的最大周围剂量当量率，μSv/h。

2）透射比计算公式：

透射比可以在已知厚度的情况下，根据半值层法求得。即：

$$\mu = 2^{-\left(\frac{d}{HVL}\right)} \quad \text{……（2）}$$

式中：HVL——铅或混凝土的半值层；

d—屏蔽层厚度，mm。

^{192}Ir的半值层从《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表A.2 查得，其对混凝土半值层为50mm，对Pb半值层为3mm。

3）有屏蔽下的预期的最大周围剂量当量率（K_1）的计算公式：

$$K_1 = \mu K \quad \text{……} \quad \text{……（3）}$$

式中：K_1——有屏蔽下预期的最大周围剂量当量率（μSv/h）；

K—无屏蔽下预期的最大周围剂量当量率（μSv/h）；

μ—已知屏蔽厚度下的透射比。

（2）X 射线探伤

依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中推荐的计算模式及相关参数。由于本项目除新增的 TITANE450 型 X 射线探伤机外，其它均已取得许可，因而仅对 7#探伤室内新增的 TITANE450 型 X 射线探伤机进行预测，按最大管电压和管电流下的定向机向西定向照射进行预测。本项目新增的 TITANE450 型探伤机 X 射线管固定于支架上，探伤作业时有用线束方向固定朝西侧照射。

1）有用射线所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{I \cdot B \cdot H_0}{R^2} \qquad （4）$$

式中：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），10 mA；H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m^2/（mA·h），TITANE450 型 X 射线探伤机为 3mm 铜滤过，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录表 B.1 来源的 ICRP33 中图 3，保守取 450kV 管电压 0.5mm 铜滤过下的 X 射线输出量为 60mGy·m^2/（mA·min），按最大管电流 10mA 计算，可知距靶点 1m 处输出量为 3.6×10^{7}μSv·m^2/h。

B—屏蔽透射因子，B=10$^{-X/TVL}$，考虑到《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B.1 曲线中无 450kV 0.5 mm 铜滤过的曲线，且有用线束与漏射线能量相同，可用同一什值层计算屏蔽透射因子，故本次保守按照屏蔽物质厚度与什值层厚度计算得出屏蔽透射因子，具体计算公式见式（6）。

根据《辐射安全手册》（潘自强主编（科学出版社 2011 年 11 月第一版 P147 表 6.7）采用内插法，取 450kV 时混凝土 TVL 取 109.4mm，铅 TVL 取 9.3mm。

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。根据企业提供的资料，本项目 X 射线探伤机距四侧墙体最近距离均为 1m。

2）泄漏辐射所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{B \cdot H_L}{R^2} \qquad （5）$$

式中：

H—泄漏辐射在关注点处的剂量率，μSv/h；

B—屏蔽透射因子，对于给定的屏蔽物质厚度X，相应的辐射屏蔽透射因子B按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \qquad (6)$$

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

H_L—距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为μSv/h，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，H_L=5×10³μSv/h。

3）散射辐射所致屏蔽墙外剂量率利用下列公式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \qquad (7)$$

式中：

B—为屏蔽透射因子，$B=10^{-X/TVL}$，X 为屏蔽体厚度。GBZ/T250-2014 表 2 中没有列出 450kV 散射线的能量，根据《辐射防护导论》散射线能量计算公式如下：

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos\alpha)} \qquad (8)$$

计算得出 450kV 的 X 射线 90°散射辐射最高能量为 239kV。因而，本次预测按 GBZ/T250-2014 表 2 中的射线能量 250kV 实施。TVL 取值查自附录 B 表 B.2，即混凝土为 90mm，铅为 2.9mm；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h）；

F—R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m²），按 X 射线装置圆锥束中心轴与圆锥边界的夹角为 20°计算；

R_0—辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m），由 GBZ/Tl 附录 B 的表 B.4.2 可知 $R_0^2/F{\cdot}a$ 为 50；

R—散射体至关注点的距离，单位为米（m）；

a—散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

4）工作人员及周围公众所受年有效剂量估算

本项目周围工作人员及公众所受附加年有效剂量计算公式：

$H_c = H_L \cdot U \cdot T \cdot t$ …….. （9）

式中：U—使用因子，无量纲；

T—居留因子，无量纲；

t—年照射时间，h。

11.2.1.3 屏蔽效果核算结果

（1）γ射线探伤

根据上述计算模型和相关参数，使用γ源时探伤房屏蔽效果核算结果见表 11-1。预测关注点见图 11-2。

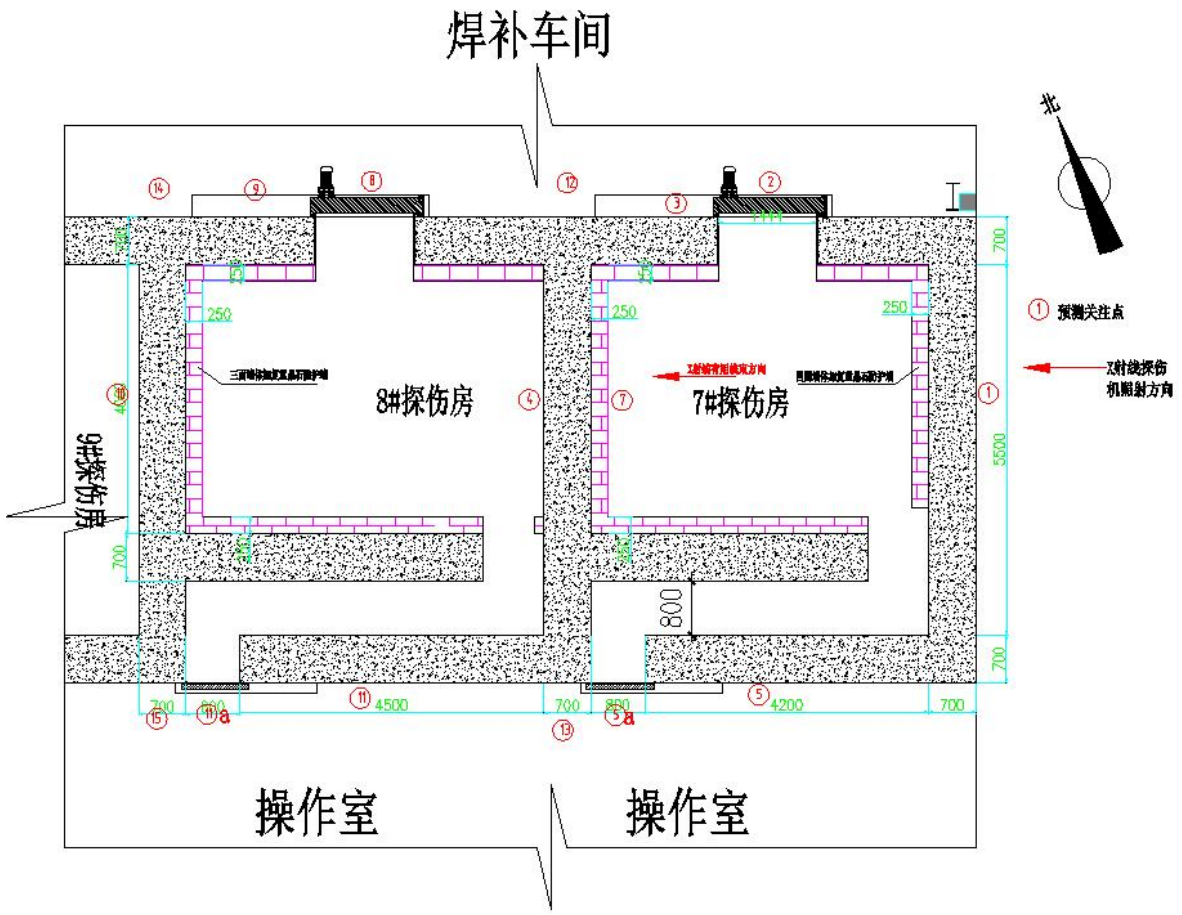


图 11-2a 预测关注点图（单位：mm）

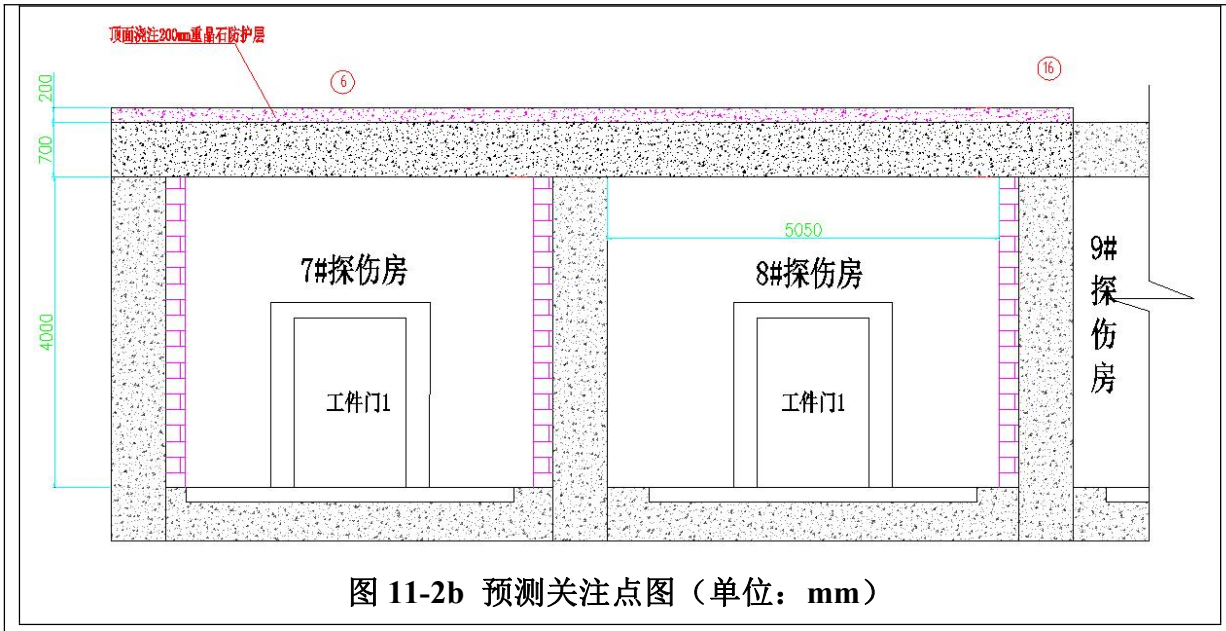


图 11-2b 预测关注点图（单位：mm）

根据企业提供的重晶石砖的检测报告，重晶石砖的密度为 3.24g/cm^3（厚度为 244mm 重晶石砖墙的等效混凝土厚度为 336mm，厚度 200mm 重晶石混凝土层（取重晶石砖的密度为 3.24g/cm^3）的等效混凝土厚度为 275mm)。

根据企业提供的资料，本项目γ探伤机正常工作时，辐射源处于探伤室内划定的探伤区域范围内，距离北墙距离最近为 2m，保守取距离南侧迷道内墙、东侧墙及西侧墙的最近距离分别为 1m。

根据上表可知，7#和 8#探伤房屏蔽墙外、顶棚、迷道门外关注点周围剂量当量率均能够满足相应的评价标准要求；两座探伤房同时开机条件下，关注点⑫、⑬、⑭、⑮处的周围剂量当量率也能满足相应的评价标准要求。在 7#、8#、9#探伤房同时开机条件下，关注点⑯和⑰处的周围剂量当量率也能满足相应的评价标准要求。

（2）X射线探伤（7#探伤室）

根据上述计算模型和相关参数，7#探伤房有用束屏蔽效果预测结果见表 11-2，泄漏辐射关注点剂量率计算参数及结果见下表 11-3。散射辐射关注点剂量率计算参数及结果见下表 11-4。预测关注点见图 11-2。

表 11-2 7#探伤房使用 X 射线机有用线束关注点周围剂量当量率计算参数及结果

点位	I（mA）	B	H_0 μSv·m^2/（mA·h）	R（m）	H（μSv/h）	控制标准（μSv/h）	符合性
④	10	3.39×10^{-10}	$60\times6\times10^4$	2.25	2.44×10^{-3}	2.5	符合

注：探伤机与西墙壁最近距离为 1m，关注点取屏蔽体外 30cm 处；关注点④=辐射源（靶点）到西墙为 1.0m+屏蔽墙厚 0.95m+取墙外 0.3m=2.25m。该关注点位于 8#探伤房内。

表 11-3　7#探伤房使用 X 射线机泄漏辐射关注点剂量率计算参数及结果

参数 / 关注点	R*（m）	H_L (μSv/h)	X （mm）	TVL (mm)	B	H (μSv/h)
①东墙外 30cm 处	2.25	5.0×10^{3}	1036	109.4	3.39×10^{-10}	3.35×10^{-7}
②北防护门外 30cm 处	2.25		53	9.3	2.0×10^{-6}	2.0×10^{-3}
③北墙外 30cm 处	2.25		1036	109.4	3.39×10^{-10}	3.35×10^{-7}
⑤南墙外 30cm 处	3.75		1736	109.4	1.35×10^{-16}	4.81×10^{-14}
⑤a 南防护门外 30cm 处	3.75		1036+12 (Pb)	109.4/ 9.3	1.74×10^{-11}	6.18×10^{-9}
⑥顶上 30cm 处	4.2		975	109.4	1.22×10^{-9}	3.47×10^{-7}

表 11-4　7#探伤房使用 X 射线机散射辐射关注点剂量率计算参数及结果

关注点位	I （mA）	H_0 μSv·m²/ （mA·h）	X （mm）	TVL (mm)	B	$R_0^2/F\cdot a$	R（m）	H (μSv/h)
①东墙外 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	1036	90	3.08×10^{-12}	50	2.25	4.4×10^{-7}
②北防护门外 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	53	2.9	5.3×10^{-19}	50	2.25	7.5×10^{-14}
③北墙外 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	1036	90	1.20×10^{-12}	50	2.25	1.7×10^{-7}
⑤南墙外 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	1736	90	2.80×10^{-16}	50	3.75	1.4×10^{-11}
⑤a 南防护门外 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	1036+ 12 (Pb)	90/2.9	2.24×10^{-16}	50	3.75	1.2×10^{-11}
⑥顶上 30cm 处	10	$60\times6\times10^{4}$	975	90	2.80×10^{-16}	50	4.2	1.1×10^{-11}

表 11-5　7#探伤房使用 X 射线机探伤房外关注点周围剂量当量率汇总表

点位	有用线束方向剂量率（μSv/h）	非有用线束方向			评价标准值（μSv/h）
		泄漏辐射剂量率（μSv/h）	散射辐射剂量率（μSv/h）	总辐射剂量率（μSv/h）	
①	/	3.35×10^{-7}	4.4×10^{-7}	<0.001	2.5
②	/	2.0×10^{-3}	7.5×10^{-14}	2.0×10^{-3}	2.5
③	/	3.35×10^{-7}	1.7×10^{-7}	<0.001	2.5
④	2.44×10^{-3}	/	/	2.44×10^{-3}	2.5
⑤	/	4.81×10^{-14}	1.4×10^{-11}	<0.001	2.5
⑤a		6.18×10^{-9}	1.2×10^{-11}	<0.001	2.5
⑥	/	3.47×10^{-7}	1.1×10^{-11}	0.049	100

从表 11-5 的计算结果可以看出，X 射线机有用束方向关注点的剂量率

（2.44×10^{-3}μSv/h）远低于γ射线探伤时同一关注点的剂量率（0.072μSv/h），X 射线非有用线束方向上的屏蔽墙外关注点的剂量率也远低于γ探伤时相应关注点的剂量率。因而，预测计算可以以γ源来实施。

11.2.1.4 迷道入口辐射防护

本项目探伤室采用“L”形迷道设计，利用散射降低迷道处的辐射水平，避免 X 和γ射线直接照射迷道入口，探伤房迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-3(图中红线所示)，迷道出入处的预测计算见公式（10）(公式由《辐射防护导论》第六章 6.6 式导出)。

$$H_{迷}=A\times\Gamma_k\times(a_1\times ds_1)\times.....\times(a_i\times ds_i)/(R_0^2\times R_1^2\times.....\times R_i^2) \quad (10)$$

式中： A—— 源强，^{192}Ir（100Ci），3.7×10^6MBq；

Γ_k——周围剂量当量率常数，按《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022） 表 A.1 可知本项目 ^{192}Ir Γ_k=0.17μSv·m^2/h·MBq；

$H_{迷}$——迷道入口处(无防护门)的辐射剂量率（μSv/h）；

a_1——反射物对第 1 次反射的反射系数；

ds_1 ——第 1 次入射辐射束在反射物上投射面积（m^2）；

a_i——反射物对第 i 次反射的反射系数。

ds_i——第 i 次入射辐射束在反射物上投射面积（m^2）；

R_0——辐射源至第 1 反射点之间的距离（m）；

R_1——第 1 反射点至第 2 反射点之间的距离（m）；

R_i——第 i 反射点至参考点之间的距离（m）。

本次保守取混凝土上的反射系数为 5×10^{-3}，7#及 8#探伤房各参数的取值见表 11-6。

表 11-6 迷道出口处各参数取值及计算结果

参数名称		a_1	a_2	ds_1	ds_2	R_0	R_1	R_2	$H_{(迷)}$
7#探伤房	参考取值	0.005	0.005	4.1	4.0	2.82	5.0	1.67	0.47
8#探伤房		0.005	0.005	4.0	3.9	2.82	5.3	1.67	0.39

根据公式计算预测，7#和 8#探伤室迷道口无防护门时其剂量率分别为 0.47μSv/h 和

0.39μSv/h，本项目改建探伤房迷道门外设置有 1 道防护门（12mm 铅当量），^{192}Ir 放射源对铅的半值层为 3mm。经迷道外的铅防护门屏蔽后，其防护门外的剂量率分别为 0.03μSv/h 和 0.02μSv/h。

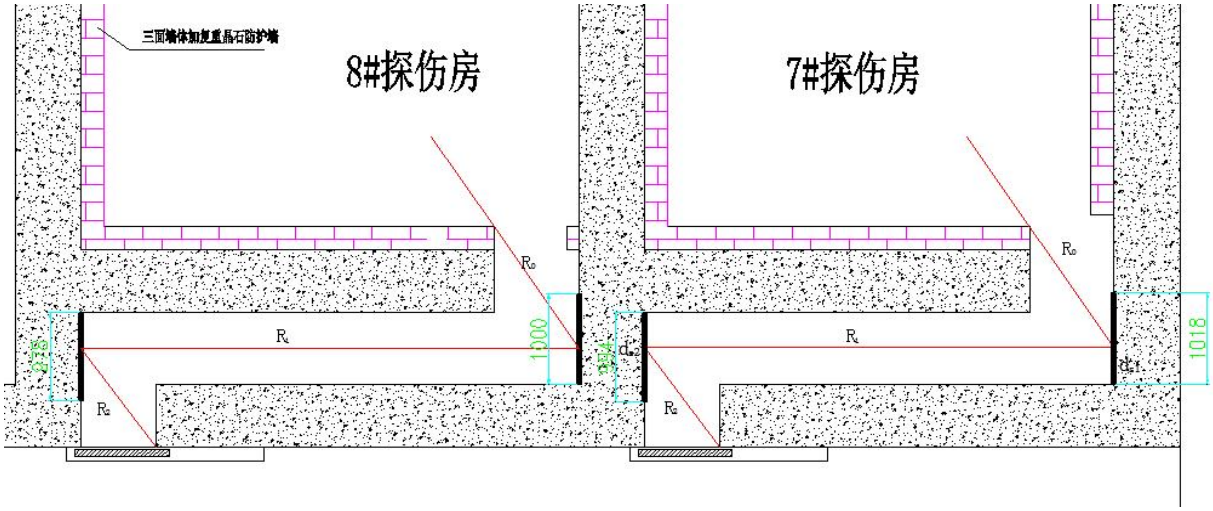


图 11-3 迷道内散射线路径示意图（图中红色线）

11.2.1.5 电缆管道辐射防护评价

本项目探伤室内所有电缆管道均为“U 型”穿墙电缆管道，电缆直径 300mm，电缆管道埋于地下 30cm，射线机控制电缆通过“U”形线管至操作室与控制器连接，进入 U 型管的射线需经至少三次的散射后才能到达出口处，且电缆管道出入口处均有一定铅屏蔽厚度的盖板，因而，U 型电缆管道能够满足辐射防护要求。

根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，通过电缆管道内散射后到达室外的剂量较小，对周边影响甚微。综上，本项目探伤室电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

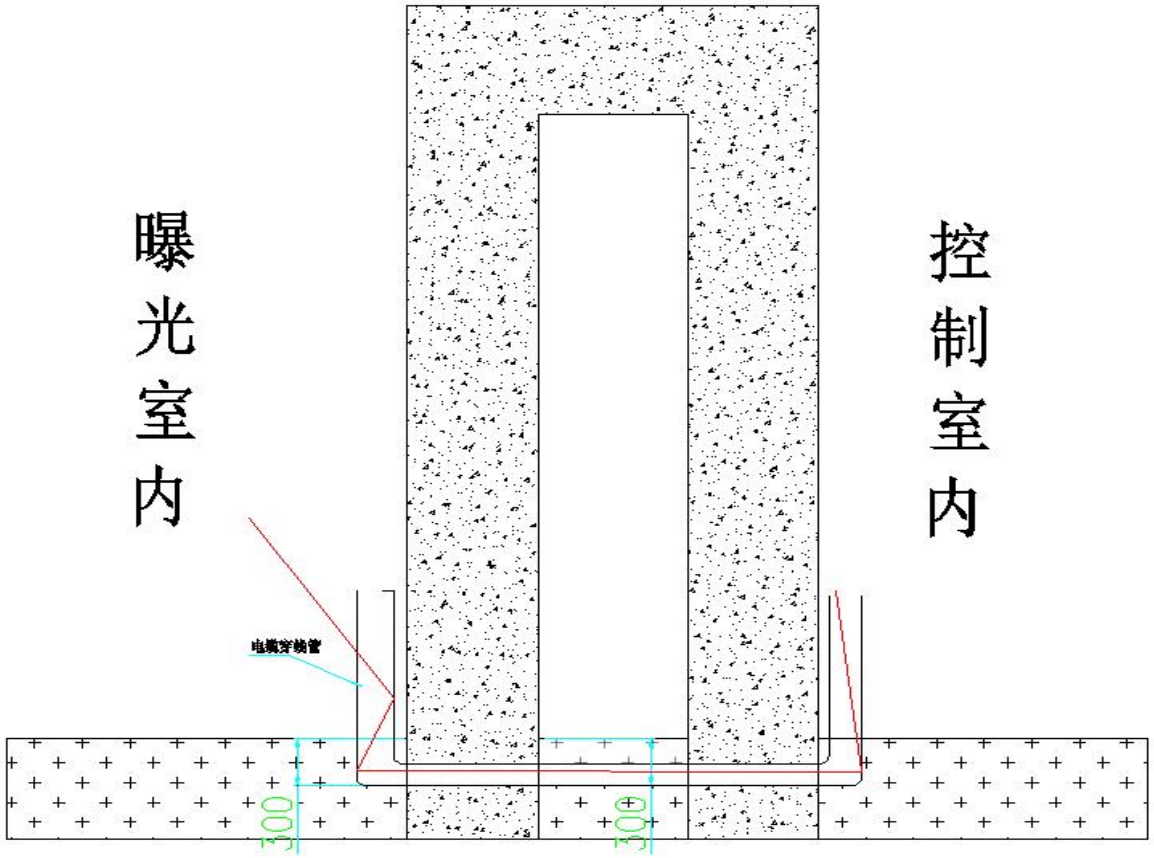


图 11-4 电缆口断面示意图

11.2.1.6 天空反散射影响防护评价

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 1)穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c)的剂量率参考控制水平 Hc（μSv/h）加以控制。”根据前述预测计算可知，7#和 8#探伤房在γ探伤时，房顶关注点处的周围剂量当量率均为 0.048μSv/h，7#探伤房在进行 X 射线探伤时，房顶关注点处的周围剂量当量率小于 0.001μSv/h，即使考虑 7#、8#、9#探伤房 3 座探伤房同时开机并进行γ探伤室，其探伤房屋顶外关注点处的周围剂量当量率仅为 1.90μSv/h，经天空反散射到达地面的剂量远小于漏射线、散射线透过屏蔽墙到达关注点的剂量率，对关注点地面公众的辐射剂量率贡献不大，因此叠加后关注点处辐射剂量率也能够满足评价标准要求。

11.2.1.7 γ探伤作业间隙，γ探伤机贮存状态下对探伤室内探伤工作人员辐射影响

辐射工作人员每次进行γ探伤时，均从贮源铅箱中取出γ探伤机，完成γ探伤后，及时将探伤机贮存于贮源箱中保存。因此本项目探伤室辐射工作人员在进行γ探伤作业时，

由于搬运γ探伤机、贴片、摆放工件过程中会受到额外照射。

当放射源处于探伤机源容器内时，《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），P 类探伤机（手提式）表面 1m 处周围剂量当量率 K_1≤0.02mSv/h。周围剂量当量率与距离平方成反比，因此根据公式（11）可计算出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots（11）$$

式中：K_1：距探伤机表面 R_1 处的周围剂量当量率，mSv/h；

K_0：距离探伤机表面 1m 处的周围剂量当量率，mSv/h；

R_0：源容器表面 1m；

R_1：参考点距源容器表面的距离，m。

表 11-7 距探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果 （mSv/h）

距离 R_1（m）	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.0	3.0
周围剂量当量率	0.22	0.09	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.006	0.0025

注：源贮存位置至源表面距离取 15cm

通过表中计算数据可以得出，探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对探伤室外环境影响较小，但当探伤机置于探伤室内贮源箱外时，在探伤室内进行探伤作业准备工作或其他工作的辐射工作人员易受到一定的外照射。因此，实际工作过程中工作人员应加强对探伤机的防护和管理，在探伤室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时尽量与探伤机保持一定的距离，并尽可能配置铅毡来遮盖探伤机。

根据公司提供的资料，每周每个工作人员与γ射线探伤机接触的时间（包括搬运探伤机、胶片贴取等工作时间）不会超过一个小时，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）γ探伤机 1m 处表面控制剂量为 0.02mSv/h，可以估算出探伤房内的辐射工作人员在γ探伤机不出源的情况下，进行探伤机搬运及胶片贴取等工作中所受年有效剂量不会超过 1.00mSv。

该公司为了强化放射源管理，以及尽可能降低探伤机对辐射工作人员的影响，计划为每个γ射线探伤房购置 1 个 1000mm（长）×700mm（宽）×500mm（高）储源箱，含铅当量为 12mm，用于储存γ探伤机。探伤机在铅箱中贮存时，铅箱外表面的剂量率水平

可通过式（2）和（3）计算，其中γ探伤机表面控制剂量取 0.8m 处的周围剂量当量率的数据，即 0.03mSv/h，代入相关参数可计算出铅箱表面外 30cm 处的周围剂量当量率约为 1.88μSv/h，能够满足剂量率不大于 2.5μSv/h 的贮存要求。储源箱固定于距离日常作业区域较远位置，因而，对探伤室内工作的辐射工作人员影响较小。

另外，公司在涉及γ射线探伤作业的探伤室内配置铅板或铅橡胶，用于作业间隙对γ探伤机的防护，因而，使用γ探伤机的探伤室在实际作业过程中，其辐射工作人员所受的非出源状态下γ探伤机贡献的年有效剂量远低于 1.0mSv。

11.2.1.8 辐射工作人员及公众剂量估算及评价

本改扩建项目由于总的工作量不增加，只是将原来使用3505型X射线探伤机检测的部分产品按质检新要求改用γ源探伤或450型X射线探伤机作业。结合前面关于X射线探伤及γ射线探伤的预测结果，同一关注点下X射线探伤条件下辐射剂量率远小于γ射线探伤，因此本次保守按照探伤房内全部开展γ射线探伤来估算探伤间隙及探伤作业过程中工作人员及公众年受照剂量，具体见表11-8。

表 11-8　探伤间隙及探伤作业过程中工作人员及公众年受照剂量汇总表

点位	H（μSv/h）	U 使用因子	T 居留因子	t 年受照时间（h）	年有效剂量 H_c(mSv)			管理限值（mSv）	符合性
					探伤工作期间	探伤工作间隙	总年有效剂量		
①	0.072	1	1/4	500	＜0.01	/	＜0.01	0.1	符合
②	0.286	1	1/4	500	0.04	/	0.04	0.1	符合
③	0.034	1	1/4	500	＜0.01	/	＜0.01	0.1	符合
④	0.072	1	1/4	500	＜0.01	/	＜0.01	0.1	符合
⑤	＜0.001	1	1	500	＜0.01	＜1.0	＜1.01	5	符合
⑤a	0.002	1	1	500	0.001		＜1.001	5	符合
⑥	0.048	1	1	500	0.024		＜1.02	5	符合
⑦	0.072	1	1/4	500	＜0.01	/	＜1.01	0.1	符合
⑧	0.286	1	1/4	500	0.04	/	0.04	0.1	符合
⑨	0.034	1	1/4	500	＜0.01	/	＜1.01	0.1	符合
⑩	0.072	1	1/4	500	＜0.01	/	＜1.01	0.1	符合
⑪	＜0.001	1	1	500	＜0.01	＜1.0	＜1.01	5	符合
⑪a	0.002	1	1	500	0.001		＜1.001	5	符合
⑫	0.068	1	1	500	0.034		＜1.03	5	符合
⑬	＜0.001	1	1	500	＜0.01		＜1.01	5	符合
⑭	0.044	1	1/4	500	＜0.01	/	＜0.01	0.1	符合
⑮	＜0.01	1	1	500	＜0.01	＜1.0	＜1.01	5	符合

根据上表可知，7#和 8#探伤房关注点处辐射工作人员及公众所受年有效剂量均能够满足本项目管理限值要求。

综合探伤室外注点年有效剂量、γ探伤机贮存条件下以及非出源状态的作业间隙过程中，辐射工作人员所受年剂量计算结果，辐射工作人员所受附加年有效剂量最大为1.03mSv。公众人员所受可能年有效剂量小于0.04mSv，故本项目工作人员及周围公众年有效剂量能够满足本项目管理目标要求（职业工作人员年有效剂量不超过5mSv，公众成员年有效剂量不超过0.1mSv），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的有关“剂量限值”要求。

11.2.2 三废治理措施评价

11.2.2.1 臭氧和氮氧化物处理措施评价

该项目中产生的 X、γ射线电离空气产生少量臭氧和二氧化氮。原有的 7#、8#探伤房未设置通风口，探伤室内均配置 1 台型号为 SFG4-4R 型低噪声轴流式风机，排风量为 5870m^3/h。8#探伤室曝光室体积约 91m^3，7#探伤室曝光室体积约 82m^3，将作业中产生的臭氧及氮氧化物排出，探伤室通风换气次数分别为 64 次/h 和 71 次/h，均能够满足探伤室通风换气次数不低于 3 次/h 的要求。臭氧和氮氧化物排入大气后，臭氧 50 分钟后自动降解为氧气，对环境不会产生较大影响。

11.2.2.2 感光材料处理措施评价

本项目运行后产生的废显（定）影液、洗片废水及废胶片，属《国家危险废物名录》中的 HW16 感光材料废物，废物代码：900-019-16，不得随意排放。公司产生的废显（定）影液、洗片水和废胶片经专用容器收集后暂存于厂区危废库中，公司现有 2 座危废库，总占地面积约 150m^2，贮存容量约 450t，其中位于厂区北侧建筑面积约 15m^2，贮存容量约 45t 的危废库专用于废感光材料的贮存。危废库已采取如下措施：

1）已按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及 2013 年修改单、《省生态环境厅关于进一步加强危险废物污染防治工作的实施意见》（苏环办[2019]327 号）等要求进行管理，并注意加强日常的“防风、防雨、防晒，防渗漏”等措施；

2）危废库外面醒目位置已张贴明显的标志牌(警告标识+《危险废物信息公开栏》)。

3）危废库内设置防止泄漏液体收集托盘，地面设置防渗措施。仓库门口设置有围堰(缓坡)，防止仓库废物向外泄漏。

4）不同类的危险废物均分区贮存，不同分区地面画线并预留明显间隔。每一分区的墙体已悬挂危险废物大标签(40cm×40cm)。

5）废显影定影液及洗片废水等废液均利用专用塑料桶收集，废胶片袋装收集。每一个包装桶(袋)已张贴危险废物标签(20cm×20cm 或 10cm×10cm)。

7）仓库室已悬挂《江苏万恒铸业有限公司危险废物污染防治责任制度》及每一种废物的《工业固体废物台账记录本》。

8）公司已根据《江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）》（苏环办〔2021〕290 号）和《江苏省危险废物全生命周期监控系统》等管理规定，制定危险废物管理计划、建立危险废物管理台账，在全生命周期系统中实时申报危险废物的产生、贮存、转移等相关信息，在系统中打印的危废标志标识均按规范要求张贴，实施对危险废物的规范化管理。

目前企业已委托盐城环弘再生资源有限公司进行收集后最终交由江苏爱科固体废物处理有限公司进行处置，处置协议见附件 4，不外排，不会对周围环境产生影响。

11.2.2.3 废源处理措施评价

本项目拟购置 2 枚铱 192 γ放射源，退役后将委托放射源的原供货单位回收处理。企业承诺购置放射源时与供货单位一并签订废源回收协议（见附件 3）。在γ放射源达到使用期限后，企业将把含γ放射源的探伤机放置于探伤房内购置的储源铅保险柜中，等待放射源供货单位处置。在放射源的暂存期间，放射源日常存放时一样进行安全管理，储源铅箱设置双人双锁，指定专人看管。

11.3 事故影响分析

11.3.1、事故工况

该项目场所使用Ⅱ类放射源和Ⅱ类射线装置，具有较高危险性，发生辐射事故时可使受照人员产生较严重放射损伤，大剂量照射时甚至导致死亡。

（1）使用 II 类射线装置

使用 II 类射线装置可能引起以下事故工况：

1）X 射线探伤机及工业 X 射线检测系统在开机曝光期间，门机联锁失效，工作人员误入曝光室或打开铅房门，使其受到额外的照射；

2）防护门未完全关闭，致使 X 射线泄漏到曝光室及铅房外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；

3）人员滞留曝光室内尚未完全撤出，X 射线探伤机即对工件进行探伤，或未确保人员尚未撤出控制区，X 工业射线检测系统即对管件进行检测，造成工作人员受到额外的照射。

（2）使用 II 类放射源

使用 II 类射线装置可能引起以下事故工况：

1）γ探伤机在开机曝光期间，门机联锁失效，工作人员误入探伤室，使其受到额外的照射；或者防护门未完全关闭，致使γ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；人员滞留探伤室内尚未完全撤出，γ探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。

2）γ探伤结束后，由于机械故障或其他原因，如输源管破裂、输源管末与源辫的挂钩接合或接合不牢等，在放射源未能安全收回探伤机源容器的情况下辐射工作人员误入探伤室从而受到照射。

3）废源在回收单位还未及时回收期间，若对废源的保管不善，可能会发生被盗事故，将会造成安全隐患。

4）探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。或者探伤机检修时，放射源从容器中掉出来，将对操作工人产生很强的辐射照射。

5）误传联络信号误照射。在有人贴胶片时，由于联络信号传递失误而导致探伤机

开机，造成误照射。

6）公司日常管理中，由于管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或被盗事故，公众成员误捡拾，将会对人员造成较严重的放射照射。

7）由于公司管理不善，探伤房探伤室内同时开多台探伤机工作，导致探伤房屏蔽墙外辐射剂量率过高，对人员造成辐射照射。

11.3.2、事故后果

本项目使用Ⅱ类源和Ⅱ类射线装置。若发生放射源丢失、被盗，失控，长时间照射，或射线装置失控长时间出束，事故时可能导致人员产生较严重放射损伤，大剂量照射会导致急性死亡或者急性重度放射病、局部器官残疾，后果分别属于重大或者较大辐射事故。

11.3.3、事故预防措施

分析事故发生的原因，此类事故大都是人为因素造成的，即由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，建议企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，警钟长鸣，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

（2）在探伤室内与控制台设置有紧急停机及开门按钮，只要未撤离人员了解该按钮的作用，可避免此类事故发生，因此，在工作场所内应设置此按钮醒目的指示和说明，便于在紧急情况下使用。

（3）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天开展工作前，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。只有确认探伤房内无人且门已关闭、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。

γ探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回收至探伤机内的源容器内。领用γ探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源贮存在探伤机源容器内。

（4）严格执行放射源使用登记制度，放射源贮存设施双人双锁，取用和放回均需进行登记并进行放射性水平监测，确保放射源在探伤机源容器内。

（5）γ探伤作业后或暂时不使用γ探伤机的应及时登记并将放射源贮存于探伤室配置的贮源箱中，严禁将γ探伤机长时间放置于曝光室内。企业拟将该要求纳入日常辐射

安全监管中，并落实奖惩制度。

（6）加强γ探伤机的日常维护，确保探伤机处于良好状态。

（6）辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定佩戴有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓情况并就近按下急停按钮，设备可停止出束，此时人员不会受到大剂量照射。

（7）探伤作业2人以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，并注意关注视频监控、剂量探头的数据显示等安全措施，探伤期间不得脱岗。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《江苏省辐射污染防治条例》《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》等规定，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，辐射工作单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向当地环境保护部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。发生辐射事故的，辐射工作单位还应当同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

因此，该公司应按相关规定，完善和加强管理，使射线装置和放射源始终处于监控状态。

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 辐射安全管理机构设置情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等管理规定，使用Ⅱ类放射源、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。辐射工作人员以及辐射防护负责人需进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

江苏万恒铸业有限公司已成立有以分管副总为组长的辐射安全防护领导小组，并明确 1 名辐射防护负责人，统筹管理整个企业的日常辐射安全工作。

12.1.2 人员配备与职能

公司目前在职实际从事探伤作业的辐射工作人员共计 30 人，本项目的 8 名辐射工作人员，从现有辐射工作人员中调配。以后如有新增人员，将按照管理要求规定，进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

本项目配置的辐射工作人员 8 名，人员数量满足《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）中关于使用γ探伤装置单位的应确保每台γ射线探伤装置至少有 2 名操作人员要求，并明确了专职负责放射源的保管工作人员。

12.2 辐射安全管理规章制度

12.2.1 有关辐射安全规章制度名录规章制度制定情况

一、管理机构

公司已制定了《辐射安全与环境保护领导小组》。

①公司以分管副总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，辐射管理人员还应参加并通过“辐射安全管理”考核科目的考核，企业应尽快安排其参加并通过考核，方可从事辐射安全管理的岗位。

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，切实保证公司各项规章制度的实施。

二、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”中的有关要求，辐射工作单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划等辐射安全管理规章制度。

目前公司已经建立了相应的规章制度，包括：X 射线探伤操作规程、γ射线探伤操作规程、直线加速器操作规程、探伤岗位职责、辐射防护与安全保卫制度、设备检修与维护制度、射线装置使用登记制度、放射源使用登记制度、人员培训制度、危险废物管理制度等。

1）公司制定的探伤岗位职责：明确了管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，并张贴在相应工作场所的合适墙面上，操作人员、维修人员等均严格按照相应的岗位职责开展作业。

2）公司制定了 X 射线探伤操作规程、γ射线探伤操作规程、直线加速器操作规程等，均张贴在相应工作场所的合适墙面上，操作人员严格按照相应的操作规程开展作业。企业辐射防护负责人负责日常的监督管理。

3）公司制定了人员辐射安全培训制度，规定拟新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报告、学习、并参加考核，取得辐射安全培训合格证书。取证人员每五年接受一次再培训。培训不合格、逾期未参加再培训或者再培训考核不合格的人员，均不得上岗。

4）公司制定了辐射防护和安全保卫制度，内容覆盖了运行、维修等各阶段的辐射安全管理要求。

5）公司制定了辐射健康管理制度，明确了个人剂量管理要求，规定了上岗前、岗中、离岗时进行放射职业健康体检和健康资料保存等要求。

6）公司制定了危险废物管理制度，明确了危险废物贮存、转移等要求。

公司的辐射安全管理制度已基本齐全，并在日常工作中得到较好执行与落实，运行多年来，公司严格遵守相关法律条例和管理办法，未发生辐射安全事故，未受到过环境监管部门的警告或处罚。公司将依据相关辐射法规标准和管理要求的变化，及时修正相关辐射安全管理制度。

12.2.2 规章制度执行及落实情况

公司各种规章制度虽均已上墙，公司严格按照制度执行，在现有核技术利用项

目管理中基本得到了有效地落实执行；同时企业还应加强人员的培训，严格按照培训计划执行，特别是新入职及培训到期人员应及时组织参加考核。

（1）X 射线探伤操作规程、γ射线探伤操作规程、直线加速器操作规程

所有辐射操作人员均严格按照相应探伤类别的《操作规程》进行探伤作业，制度执行以来未发生因人员误操作导致额外受照剂量情况产生。

（2）《岗位职责》

公司内辐射工作人员严格按照《岗位职责》中的要求，做到了分工明确，探伤期间不从事无关工作。制度执行以来未发生过辐射工作人员从事非本岗位的其他工作。

（3）《设备检修、维护制度》

辐射工作人员每次操作探伤机或加速器均严格按照《设备检修、维护制度》中的要求检查设备外观、电缆是否有破损、探伤室工作指示灯等是否正常等辐射安全措施；发现设备损坏时及时报告辐射防护负责人，取得设备厂家技术支持，并委托厂家进行检修和维护。未发生私自维修或不正常运行辐射安全设施。

（4）《射线装置使用登记、台账管理制度》

辐射工作人员严格按照《射线装置使用登记、台账管理制度》中的要求如实登记设备取用、归还状态、取用及归还时间、领用人等信息，特别是γ放射源探伤机的取用登记，并接受辐射防护负责人监督管理。

（5）《人员培训制度》

根据现有资料显示，部分辐射工作人员未及时参加培训并通过考核，同时已取证到期人员也未及时参加再培训考核。公司今后应严格按照《人员培训制度》中规定的要求及时组织证书到期人员及新入职人员参加培训考核，通过考核后方可安排从事探伤作业。

（6）《辐射环境监测方案》

企业每年委托有资质单位的单位定期对在用的辐射工作场所进行辐射环境监测，2023 年 1 月已委托江苏宁大卫防检测技术有限公司进行年度监测，监测结果表明，探伤室周边辐射剂量水平均能够满足标准要求。

（7）《辐射事故应急预案》

企业已按照应急预案要求成立了以企业负责人为组长的应急小组，探伤室自运行以来未发生过辐射事故。

12.3 辐射监测

公司制定了个人剂量监测、场所监测管理规定，并得到了全面的落实。

1）个人剂量检测

公司现已委托江苏星灿检测咨询有限公司开展辐射工作人员的个人剂量检测。个人剂量片应按照规定时间送检，不允许漏交或不交个人剂量片，建立剂量管理限值和剂量评价制度，对受到超剂量限值的应进行评价，跟踪分析高剂量的原因，优化实践行为。已指定专职辐射管理人员负责对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满 75 周岁，或者停止辐射工作 30 年。

2）工作场所辐射环境检测

企业应每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，连同年度辐射安全评估报告一并在次年 1 月 31 日前送交原辐射安全许可证发证机关。企业目前已委托江苏宁大卫防检测技术有限公司对辐射场所进行年度监测，年度监测结果表明，工作场所辐射水平均能够满足辐射防护要求。

企业每月用巡检仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。

监测布点及监测项目见表 12-3。

表 12-3 监测场所及监测项目

监测场所	监测项目	评价指标	监测频次
迷道门、工件门、操作台	X-γ辐射空气吸收剂量率	不大于 2.5μGy/h	每月一次，发现异常时适当增加监测频次
各屏蔽墙外			
电缆口处			
其他人员可达部位			

3）环境监测仪器配备

本项目为改建项目，不新增辐射工作人员，依托原有的 8 名辐射工作人员，每人配备个人剂量计，工作时随身佩戴。企业监测设备情况见下表 12-4。已购置的监测设备均已检定，正常工作。

表 12-4 企业已购置的监测仪器一览表

仪器名称	型号	在用情况	本项目拟购置	备注
X、γ辐射场报警装置	HM131 A 型	已购置 1 台	依托	个人剂量

X、γ个人剂量报警仪	FJ2000	已购置 11 台	10 台	报警仪
X、γ辐射空气吸收计量率仪	RM-2030	已购置 2 台	依托	便携式X-γ剂量仪
辐射防护用 X、γ辐射监测仪	YG-J7 型	已购置 5 台	依托	
袖珍 X、γ辐射仪	FY-3	已购置 4 台	依托	
袖珍 X、γ辐射仪	FD-3007 型	已购置 1 台	依托	
个人剂量片	TLD-469	已购置 30 个	依托	/

企业现有探伤房共计 10 座，已有辐射工作人员共计 30 名，GBZ117-2022 要求探伤工作人员进入探伤室除佩戴个人剂量计，还应佩戴个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量仪，因此现有的监测设备购置数量不能够满足《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）及江苏省环境保护厅《关于印发江苏省辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》中关于使用 X、γ探伤装置的单位应配置监测设备数量的要求。企业应按照表 12-4 的要求增购部分监测设备，确保每个探伤室至少配置 1 台辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪。

在日常工作中，公司制定的个人剂量和辐射环境监测规定得到很好的执行与落实，运行多年来，公司严格遵守该规定，未发生不按规定不测、漏测等现象，对公司的辐射安全发挥了作用。公司将依据相关辐射法规标准和管理要求的变化，以及公司探伤业务的开展情况，及时调整相关辐射监测内容和要求。

12.4 辐射事故应急

公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《江苏省辐射污染防治条例》《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》等规定，已制定《辐射事故应急措施及应急预案》，内容覆盖了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施等。应急组织机构参见下图：

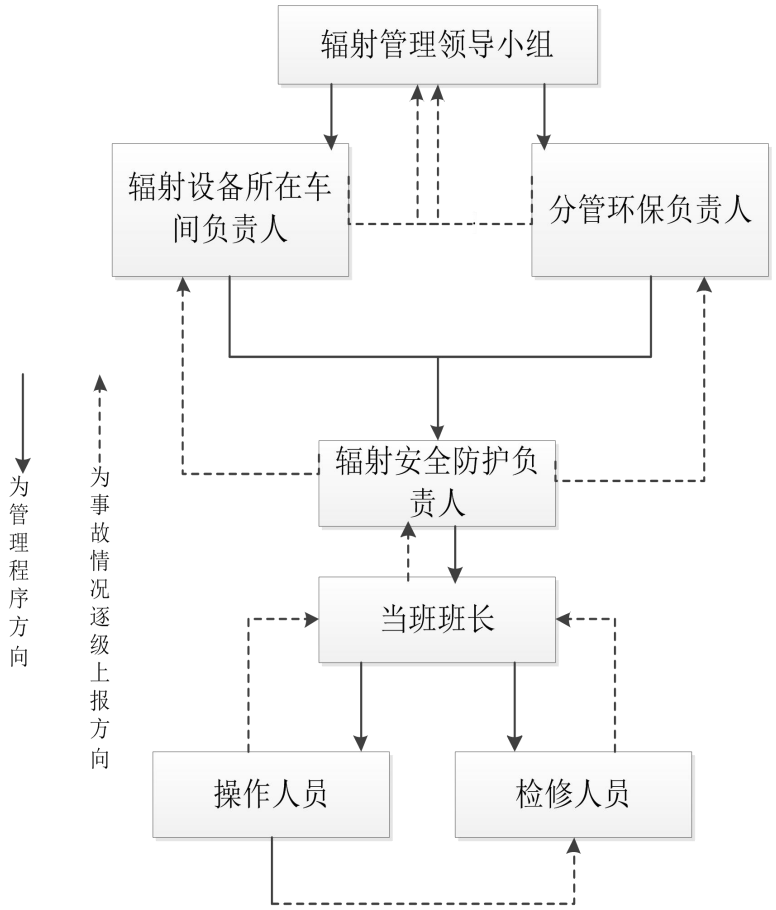


图 12-1 应急组织机构图

在应急准备程序中，建立了工作人员日常培训和演练的制度。应急响应程序包括在放射事故情况下采取的执行程序。

1）事故情况下立即切断高压控制开关的电源，组织人员保护现场，迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理，在 1 小时内上报环保、公安等有关部门，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》， 同时做好放射事故处理过程的记录。

2）发生人员受照事故时，迅速安排受照人员接受医学检查和救治，建立并保存相应的医疗档案。

3）辐射事故发生后，积极配合环保、公安等管理机关做好事故调查和善后处理工作。

4）对发生事故的装置，请有关供货单位或相关的检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，提出改进意见，并保存记录。

公司运行以来，每年进行辐射应急的各种演练，使公司管理层和辐射工作人员熟悉了应急程序和内容，锻炼了队伍。公司将根据相关辐射法规标准和管理要求的变

化、公司探伤业务的变化、辐射管理人员及辐射工作人员的变动情况等，不断修改完善辐射应急预案，进一步增加预案的针对性和可操作性。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 实践的正当性

江苏万恒铸业有限公司使用X射线探伤机和γ射线探伤机的目的是实现对所生产的产品进行无损检测，提高产品的质量，满足市场需求及提高公司产品市场竞争性，符合辐射防护“正当实践”原则，能够满足辐射环境保护的要求。

为保护该项目周边工作人员和公众，对探伤房加强了辐射防护，从辐射剂量预测结果可知，项目周围职业及公众成员年所受附加剂量满足项目管理限值的要求，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，因此从代价利益分析看，该项目是正当可行的。

因此，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。

13.1.2 辐射安全与防护分析结论

13.1.2.1 辐射安全管理分析

公司已成立了辐射安全管理小组，并以文件形式明确各成员职责，明确了辐射防护负责人及其职责。

公司制定了各项规章制度，基本满足辐射安全的相关要求，同时还应根据本报告提出的要求完善相应的规章制度，并在今后的实际工作中，不断完善使其具有针对性和可操作性。

在日后的工作实践中，公司应根据核技术应用情况及时对已有辐射安全管理小组成员作相应调整，确保调整后的辐射安全管理小组的基本组成涵盖核技术应用所涉及的相关部门。新增的辐射工作人员同样须参加相关部门举办的有关法律法规、规章、专业技术、安全防护和应急响应等知识的培训教育，并通过考核取得上岗证，考核不合格的不得上岗。公司还应不断加强对辐射工作人员的有关技能和辐射安全防护知识的再教育或培训，进一步提高对专业技能和放射防护工作重要性的认识。

13.1.2.2 人员培训及健康管理

公司已制定了人员培训计划；已按照国家关于个人健康管理的规定，对辐射工作人员进行了职业健康检查，并建立职业健康监护档案，并为工作人员保存职业健

康体检报告。公司已委托有资质单位定期开展个人剂量监测工作，所有辐射工作人员在上岗前均配有个人剂量片。新增的辐射工作人员同样需要开展人员培训及上岗前的职业健康体检，取得培训合格证书及体检合格方可上岗。

13.1.2.3 辐射防护分析

公司改扩建的 2 座 X、γ射线探伤房，其中 7#探伤房拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机（放射源活度为 100Ci）和 1 台 TITANE450 型 X 射线探伤机（定向机），并保留原配置的 1 台 XXG-3505 型探伤机和 1 台 XXH-3505 型探伤机；8#探伤房拟增配 1 台铱-192 γ源探伤机（放射源活度为 100Ci），并保留原配置的 1 台 XXG-3505 型探伤机和 1 台 XXH-3505 型探伤机，以便更好地满足对不同产品质量检测的需求。根据理论计算可知本项目投入使用后探伤房的屏蔽能力能达到辐射防护的要求。电缆管道、通风措施的设置合理可行，该公司辐射防护措施满足当前的管理要求。

13.1.2.4 辐射防护措施评价

本项目拟增设以下辐射防护措施：①新增的探伤机与防护门均设计门机联锁装置；②7#~8#探伤室北墙增设急停开关和防护门启闭按钮；③贮源铅箱固定于曝光室墙体，设置双人双锁并张贴电离辐射警告标志，钥匙仅由授权人员掌管；④各探伤室均配置 1 台低噪声轴流通风机，将探伤时产生的少量废气由开关工件门、门缝等排出；⑤探伤室均安装固定式射线剂量报警装置；⑥现有的探伤室应按照本报告表 10-2 要求完成相关的整改措施。

综上，在落实以上措施后，本项目辐射安全措施能够满足辐射安全防护要求。

13.1.2.5 辐射防护监测仪器

公司已配备必要的辐射监测设备，增购 10 台个人剂量报警仪，能满足现行相关法律及标准所要求的辐射监测装置配置要求。

13.1.3 环境影响分析结论

13.1.3.1 辐射环境影响现状评价

本项目周围辐射环境背景水平在 57nGy/h~118nGy/h 范围内，与江苏省天然贯穿辐射水平相比未见异常，处于江苏省环境天然贯穿辐射水平正常涨落范围内。

13.1.3.2 主要污染因子、防护措施及辐射环境影响评价

该项目的主要污染因子为 X 射线、γ射线和非辐射影响因子（臭氧、氮氧化物、洗片废水、废显影定影液、废胶片）。项目开机下由于电离空气产生的臭氧和氮氧

化物量极少，同时臭氧能够在短时间内分解，通过机械排风后经大气扩散、稀释作用后对大气环境影响较小。

根据理论预测结果可知，探伤室外各关注点处周围剂量当量率均能够满足评价标准要求。项目周围辐射工作人员和公众成员所受年有效剂量，均低于本项目管理目标要求（职业工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

综上所述，江苏万恒铸业有限公司改扩建 X、γ射线探伤项目符合正当化原则，已采取和拟采取的辐射安全和防护措施适当，具有其所从事辐射活动相适应的技术能力和辐射安全管理能力，在进一步完善辐射安全与环境保护管理机构和各项制度的前提下，从辐射安全和环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

13.2 建议：

1）本项目投入试运行后，企业应根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）开展自主验收工作，验收合格后方可正式投入使用。

2）各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3）定期对辐射工作场所进行监测，及时排除事故隐患。

4）企业内的辐射防护专业人员加强对辐射防护设施的工程质量进行检查，尤其在屏蔽墙的浇筑过程中，确保达到设计要求。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：   公　章 经办人　　年　　月　　日
审批意见：   公　章 经办人　　年　　月　　日

项目防护措施三同时验收一览表

表 1　辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	内容	“三同时”措施	预期效果	投资（万元）
辐射安全管理机构	辐射防护管理	已建立以分管副总为组长的辐射安全管理机构，配备了经过相关部门培训合格的辐射防护技术人员	建立辐射安全与环境保护管理机构，统筹管理整个企业的辐射安全工作	/
辐射安全防护措施	屏蔽措施防护门	①7#探伤室曝光室尺寸为 4.50m（长）×3.50m（宽）×4.0m（高）（净面积）； 8#探伤室曝光室尺寸为 5.05m（长）×3.50m（宽）×4.0m（高）（净面积）。东、北、西侧墙体均为 700mm 混凝土+244mm 重晶石砖+6mm 粉灰层；迷道内墙 700mm 混凝土+244mm 重晶石砖+6mm 粉灰层，迷道外墙 700mm 混凝土；房顶为 700mm 混凝土+200mm 重晶石混凝土；7#、8#探伤房，门洞大小均为 1.5m（宽）×2.2m（高），电动铅门大小为 2.1m（宽）×2.5m（高），改建后探伤房防护大门均为 53mm 厚的铅当量；7#、8#探伤房，迷道外口门洞大小均为 0.8m（宽）×2.0m（高），电动铅门大小为 1.0m（宽）×2.3m（高），防护小门为 12mm 厚铅当量； 7#和 8#探伤室内各配置 1 台低噪声轴流通风机；7#和 8#探伤室各增购 1 个 1000mm（长）×700mm（宽）×500mm（高）铅储源箱，12mm 厚铅当量； ②防护门与墙体及地槽的重叠尺寸均大于 10cm，防护门嵌入沟槽均大于 10cm（沟槽设计深度 18cm），门与墙体的间隙小于 1cm，穿线管位于地面 30cm 以下。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的要求。	100
	安全措施（联锁装置、警告标志、急停按钮、工作指示灯等）	①所有防护门与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置。在曝光室四周墙体和操作台上安装急停按钮。门-机联锁装置和工作指示灯应定期检查，确保有效； ②探伤室内、工件门外、迷道门外安装带有“预备”和“照射”信号的工作指示灯和声音提示装置，该装置在探伤机工作时应自动接通以给出声光警示信号。 ③防护门、监督区入口均设置“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。 ④公司将辐射工作场所划分控制区和监督区，实行分区管理，开机条件下，控制区内严禁任	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。	9.2

		何人员进入，监督区内严禁非辐射工作人员进入。 ⑤曝光室内均配置固定式辐射检测系统，并与防护门进行联锁； ⑥曝光室内各设置 1 个贮源保险箱，保险箱设置双人双锁，张贴电离辐射警告标志，钥匙仅由授权人员掌管； ⑦开门按钮 曝光室北墙增设防护门启闭按钮； ⑧探伤室配置机械排风设施，确保每小时通风换气次数不低于 3 次； ⑨现有探伤室按照表 10-2 要求进行整改完善。		
固废防治措施	废显影定影液、洗片废水及废胶片等废感光材料均有效收集后暂存于危废库，定期委托有资质单位处置。		固废均妥善处置，不外排	0.5
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射工作人员须参加辐射安全与防护培训，取得考核成绩报告单	符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中有关人员配备、检测仪器、防护用品的要求	0.5
	个人剂量监测	工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期（一般为 90 天）送检，加强个人剂量监测，建立个人剂量档案		
监测仪器防护用品	环境辐射剂量巡测仪 个人剂量报警仪	依托现有辐射剂量巡测仪，增购个人剂量报警仪 10 台		0.8
	个人剂量计	已委托江苏星灿检测咨询有限公司进行个人剂量监测，定期送检		
职业健康监护	人员职业健康监护	定期组织辐射工作人员参加职业健康检查（两次检查的时间间隔不应超过 2 年），并建立个人健康档案。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健康体检。	符合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的有关要求	1.0
辐射安全管理制度	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，射线装置使用登记和台账管理制度，人员培训 计划，监测方案，辐射事故应急措施	不断完善有关管理制度，操作规程，岗位职责，设备检修维护制度，射线装置使用登记、台帐管理制度，培训计划，监测方案，应急措施等	满足《江苏省辐射污染防治条例》及《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》（苏环规〔2019〕4 号）的要求。	每年投入

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行使用。