核技术利用建设项目

扩建固定式X、γ射线探伤项目

环境影响报告表

惠生（南通）重工有限公司（公章）

2022年12月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

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：惠生（南通）重工有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：江苏省南通经济技术开发区港口工业三区

邮政编码：226009　　联 系 人：尹邦国

电子邮箱：/　　联系电话：

打印编号：1669014892000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	da4611
建设项目名称	惠生（南通）重工有限公司扩建固定式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）	惠生（南通）重工有限公司
统一社会信用代码	91320691757972776B
法定代表人（签章）	刘洪钧
主要负责人（签字）	尹邦国
直接负责的主管人员（签字）	尹邦国
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	江苏睿源环境科技有限公司
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57
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
欧杰	2016035320352015320101000066	BH008749	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
欧杰	表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议	BH008749	
黄雨菲	表1项目基本情况 表2放射源 表3非密封放射性物质 表4射线装置 表5废弃物（重点是放射性废弃物） 表6评价依据 表7保护目标与评价标准 表8环境质量和辐射现状	BH026314	

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书



HP00018576欧杰

姓名: 欧杰
Full Name

性别: 男
Sex

出生年月: 1988年01月
Date of Birth

专业类别:
Professional Type

批准日期: 2016年05月
Approval Date

持证人签名:
Signature of the Bearer

欧杰

201603532035201532010100006 6

管理号:
File No.

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2016 年 08 月 23 日
Issued on

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，获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 qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer.

中华人民共和国人力资源和社会保障部
approved & authorized
by
Ministry of Human Resources and Social Security
The People's Republic of China

中华人民共和国环境保护部
approved & authorized
by
Ministry of Environmental Protection
The People's Republic of China

编号: HP 00018576
No.

编制主持人社会保险缴纳证明

江苏省社会保险权益记录单（参保单位）

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司　　现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57　　查询时间：202209-202212

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险
缴费总人数	18	18	18

序号	姓名	公民身份号码（社会保障号）	缴费起止年月	缴费月数
1	黄雨菲	[redacted]	202209 - 202211	3
2	欧杰	[redacted]	202209 - 202211	3

说明：
1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

江苏省社会保险局 电子专用章

打印时间：2022年12月9日

仅用于惠生(南通)重工有限公司扩建固定式X、

目录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....6
表 3 非密封放射性物质.....6
表 4 射线装置.....7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....8
表 6 评价依据.....9
表 7 保护目标与评价标准.....13
表 8 环境质量和辐射现状.....20
表 9 项目工程分析与源项.....24
表 10 辐射安全与防护.....34
表 11 环境影响分析.....41
表 12 辐射安全管理.....57
表 13 结论与建议.....61
表 14 审批.....65
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表.....66

附图：

附图 1 惠生（南通）重工有限公司地理位置图

附图 2 惠生（南通）重工有限公司厂区周围环境示意图

附图 3 惠生（南通）重工有限公司厂区平面布置图

附图 4 本项目探伤房平面及剖面布置图

附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 承诺书

附件 3 废源退役承诺书

附件 4 危险废物收集处置协议书

附件 5 辐射安全许可证正副本

附件 6 环评批复及验收材料

附件 7 现有辐射工作人员证书

附件 8 最近一年辐射工作人员个人剂量检测报告

附件 9 2021 年度检测报告

附件 10 探伤房曝光室拟建址周围环境本底检测报告

附件 11 惠生（南通）重工有限公司营业执照

附件 12 现有辐射规章制度

附件 13 专家意见

附件 14 修改清单

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="6">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="6">惠生（南通）重工有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>刘洪钧</td><td>联系人</td><td>尹邦国</td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="6">江苏省南通经济技术开发区港口工业三区</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="6">江苏省南通经济技术开发区港口工业三区</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>200</td><td>项目环保投资(万元)</td><td>80</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>40%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☐新建 ☐改建 ☑扩建 ☐其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td>364</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="5">☐I类 ☐II类 ☐III类 ☐IV类 ☐V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☐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="5">☐制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>☐使用</td><td colspan="5">☐乙 ☐丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>☐生产</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☐销售</td><td colspan="5">☐II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="5">☑II类 ☐III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

项目概述：

1. 建设单位基本情况、项目建设规模和任务由来

惠生（南通）重工有限公司 2004 年 03 月 01 成立。注册地位于江苏省南通经济技术开发区港口工业三区。经营范围包括海洋工程装备、船舶、LNG 装置和陆地模块的研发、设计、制造、维修、安装、调试及销售；港口物流工程机械、石油工程机械、船舶配套和其他钢结构的研发、设计、制造、安装和销售；钢结构工程和海洋工程总承包；

港口物流工程、海洋油气工程的技术服务。

惠生（南通）重工有限公司因船舶配件需进行无损检测，拟扩建固定式X、γ射线探伤项目。拟在不锈钢钢管加工车间东侧空地扩建1座固定式探伤房（包括曝光室、源库及辅房），拟配备1台^{192}Irγ射线探伤机（100Ci）和1台XXH3005型X射线探伤机。本项目探伤房主要用于检测的本公司生产的船舶配件，工件形状不定，工件钢厚度为5~50mm，长度范围约为2~10m，宽度范围约为1~3m。拟为本项目新配备2名辐射工作人员，项目运行后X射线探伤机每周开机曝光时间不超过10h，年工作50周，年曝光总时间不超过500h；γ射线探伤机每周开机曝光时间不超过10h，年工作50周，年曝光总时间不超过500h。惠生（南通）重工有限公司核技术利用项目详见下表1-1。

表1-1 惠生（南通）重工有限公司本项目核技术利用项目一览表

放射源									
序号	放射源名称	数量	单枚出厂活度（Bq）	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
1	^{192}Irγ射线探伤机	1	3.7×10^{12}	II	探伤房曝光室	使用	本次环评	未许可	未验收
射线装置									
序号	射线装置名称及型号	数量	管电压kV	管电流mA	类别	场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
2	XXH3005型X射线探伤机	1	300	5	II	探伤房曝光室	使用	本次环评	未许可	未验收

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、γ射线探伤机进行无损检测，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类放射源的”和“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受惠生（南通）重工有限公司委托，江苏睿源环境科技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。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

惠生（南通）重工有限公司位于江苏省南通经济技术开发区港口工业三区，公司东侧、南侧均为惠生路；西侧为长江；北侧为江海路。

本项目探伤房拟建设于公司中部不锈钢钢管加工车间东侧空地。本项目探伤房东侧为厂区道路及SPB罐总组车间；南侧为厂区道路及碳钢管加工车间和结构综合车间；

西侧为不锈钢钢管加工车间；北侧为2#空压站及配变电站。本项目探伤房拟设置有曝光室、源库、操作室、评片室及暗室。操作室、评片室及暗室均位于曝光室西侧，源库位于曝光室西南角。本项目探伤房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。本项目地理位置图见附图1，公司周围环境图见附图2，厂区平面布局图见附图3，本项目探伤房平面及剖面布置图见附图4。

本项目探伤房曝光室周围50m范围均在本公司厂区内，50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m范围内涉及保护目标包含：①南侧31m的碳钢管加工车间，②西侧27m的不锈钢钢管加工车间，③北侧12m的2#空压站及配变电站，④东南侧45m的结构综合车间，⑤厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。

3. 实践正当性

惠生（南通）重工有限公司因船舶配件无损检测需要，拟在公司中部不锈钢钢管加工车间东侧空地扩建1座固定式探伤房并拟配备1台^{192}Ir γ射线探伤机（100Ci）和1台XXH3005型X射线探伤机对产品进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所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》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

4. 原有核技术利用项目许可情况

公司目前已开展核技术利用项目。公司于2008年5月向原江苏省环保厅报批《新增移动X射线探伤项目》，2008年8月18日通过审批取得环评批复意见，环评同意使用9台X射线探伤机。2009年3月原江苏省辐射环境监测管理站对该项目进行建设项目竣工环保验收，实际使用6台X射线探伤机。环评批复及验收报告见附件6。

公司2015年7月向原南通市环保局报批《扩建移动式X射线探伤项目》，并于2015年9月15日取得环评批复，环评同意使用6台X射线探伤机。2016年7月29日原南通市环保局对《扩建移动式X射线探伤项目》进行了行政验收，实际使用2台X射线

探伤机。环评批复及验收批复见附件6。

公司2009年3月首次申领辐射安全许可证，许可使用6台X射线探伤机。2016年1月重新申领辐射安全许可证，新增许可使用2台X射线探伤机，共计8台X射线探伤机。2021年1月辐射安全许可证到期换证，公司2台X射线探伤机报废停用，延续后许可使用6台X射线探伤机。

公司现辐射安全许可证见附件5，许可证编号为苏环辐证[F0446]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至2024年5月12日，发证机关为南通市生态环境局。

表1-2 惠生（南通）重工有限公司已有核技术利用项目一览表

射线装置										
序号	射线装置名称及型号	数量	管电压kV	管电流mA	类别	场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
1	XXG3505T型X射线探伤机	1	350	5	II	公司内250T外场移动探伤区域	使用	已环评2008.8.18	已许可	已验收
2	XXG3005T型X射线探伤机	1	300	5	II	公司内250T外场移动探伤区域	使用	已环评2008.8.18	已许可	已验收
3	XXG2505D型X射线探伤机	1	250	5	II	公司内32T外场移动探伤区域	使用	已环评2008.8.18	已许可	已验收
4	XT3505P型X射线探伤机	1	350	5	II	公司内32T外场移动探伤区域	使用	已环评2015.9.15	已许可	已验收
5	XXG2505D型X射线探伤机	1	250	5	II	公司内船坞内移动探伤区域	使用	已环评2008.8.18	已许可	已验收
6	XXG3505D型X射线探伤机	1	350	5	II	公司内船坞内移动探伤区域	使用	已环评2015.9.15	已许可	已验收

公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规，已成立了辐射安全管理小组，并制定相关辐射安全管理制度（附件12）。辐射安全与环境保护管理小组负责辐射防护与安全工作的领导工作，包括制定相关辐射防护与安全制度、辐射安全与防护措施的定期检查、设备仪器自检、组织辐射工作人员定期参加辐射防护与安全知识考核、定期职业健康体检、个人剂量计送检并管理好辐射工作人员个人剂量及职业健康档案、委托单位对建设单位辐射工作进行年度检测，2021年度检测报告见附件9。

公司现有3名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护考核，人员证书见附件7。辐射工作人员均已开展个人剂量检测，最近一年（2021年3月~2022年3月）人员年有效剂量最大为0.039mSv（顾静），满足人员年有效剂量限值要求。辐射工作人员已进行职业健康体检。个人剂量检测报告见附件8。

表1-3 辐射工作人员情况一览表

序号	姓名	证书编号	个人剂量
1	吕志强	FS22JS1201289	0.020（2021.3~2022.3）
2	顾静	FS22JS1200381	0.039（2021.3~2022.3）
3	刘学建	苏环辐 1927126	0.012（2021.3~2022.3）

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与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日前向发证机关提交上一年度的评估报告。惠生（南通）重工有限公司2021年已委托有资质单位对已有核技术项目进行年度检测，检测报告见附件9，公司每年均按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

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）/枚×1 枚	II	使用	无损检测	探伤房曝光室	探伤房曝光室源库内	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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）	年最大操作量 （Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	1	XXH3005	300	5	无损检测	探伤房曝光室	周向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	不暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m^3	28.8m^3	/	不暂存	进入公司污水处理管道最终进入污水处理厂处理。
废显（定）影剂	液态	/	/	约 20kg	约 240kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
洗片冲洗废水	液态	/	/	约 60kg	约 720kg	/	集中收集后暂存危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
废胶片	固态	/	/	约 2kg	约 24kg	/	集中收集后暂存于危废库	收集贮存危废库后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
退役 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	3.7×10^{11}Bq（10Ci）	/	约 2 枚	/	处置前贮存在探伤房源库内	退役放射源将由生产单位或有资质单位回收处置。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，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》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（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) 《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； 8) 《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； 9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 10) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 11) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告2005年第62号，2005年12月23日印发 12) 《国家环境保护总局关于γ射线探伤装置的辐射安全要求》环发[2007]8号，2007年1月15日印发 13) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年修订本，中华人民共和国主席令第四十三号公布，自2020年9月1日起施行） 14) 《国家危险废物名录》(2021版)，生态环境部令第15号，2021年1月1日起施行

	15) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部部令第23号，自2022年1月1日起施行； 16) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物贮存规范化管理专项整治行动方案的通知》（苏环办〔2019〕149号），2019年4月29日印发； 17) 《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），2019年9月24日印发； 18) 《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》（苏环办〔2020〕401号），2020年12月31日印发； 19) 《省生态环境厅关于印发江苏省危险废物集中收集体系建设工作方案（试行）的通知》（苏环办〔2021〕290号），2021年10月14日印发。 20) 《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》国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日印发； 21) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行； 22) 《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； 23) 《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； 24) 《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； 25) 《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；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； 26) 《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。 27) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》（生态环境部公告第39号，2019年10月25日印发）；

	28) 《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。
技术标准	1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） 2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（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》（HJ1157-2021） 5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） 6) 《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015） 7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014） 8) 《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008） 9) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001） 10) 《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012） 11) 《环境保护图形标志-固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）
其他	**附图：** 附图 1 惠生（南通）重工有限公司地理位置图 附图 2 惠生（南通）重工有限公司厂区周围环境示意图 附图 3 惠生（南通）重工有限公司厂区平面布置图 附图 4 本项目探伤房平面及剖面布置图 附图 5 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图 **附件：** 附件 1 委托书 附件 2 承诺书 附件 3 废源退役承诺书 附件 4 危险废物收集处置协议书 附件 5 辐射安全许可证正副本 附件 6 环评批复及验收材料 附件 7 现有辐射工作人员证书 附件 8 最近一年辐射工作人员个人剂量检测报告

	附件 9　2021 年度检测报告 附件 10 探伤房曝光室拟建址周围环境本底检测报告 附件 11 惠生（南通）重工有限公司营业执照 附件 12 现有辐射规章制度 附件 13 专家意见 附件 14 修改清单

表7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用X、γ射线探伤机进行无损探伤，X射线探伤机属于II类射线装置，γ射线探伤机属于II类放射源。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）中“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”相关规定，确定本项目评价范围为本项目探伤房曝光室边界外50m区域。本项目50m评价范围见附图2、3。

保护目标

本项目建设地点位于江苏省南通经济技术开发区港口工业三区惠生（南通）重工有限公司内，本项目曝光室周围50m范围内均在厂区内。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号）、《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）后可以确定，本项目不涉及江苏省生态空间管控区域、江苏省国家级生态保护红线区域。同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》中环境敏感区。本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图5。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

1、本项目探伤房曝光室辐射工作人员。

2、本项目探伤房曝光室周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

序号	保护目标名称		方位	最近距离	人员数量
1	辐射工作人员	操作室、暗室、评片室	曝光室西侧	紧邻	2人
2	周围公众	碳钢管加工车间	曝光室南侧	31m	约10人
3		结构综合车间	曝光室东南侧	45m	约10人
4		不锈钢钢管加工车间	曝光室西侧	27m	约20人
5		2#空压站及配变电站	曝光室北侧	12m	约3人
6		厂区道路	曝光室东侧、南侧	紧邻	流动人员

评价标准

1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《电离辐射防护与辐射源安全基

本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②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。

4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险值的限值。

2）《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

本标准规定了工业X射线探伤室探伤、工业X射线CT探伤与工业X射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用500kV以下的工业X射线探伤装置(以下简称X射线装置或探伤机)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；钥匙只有在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射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于100μSv/周，对公众不大于5μSv/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 μSv/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30 cm处的剂量率参考控制水平通常可取为100 μSv/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。

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）

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形式。

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

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

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

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

4）《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）

5 γ射线探伤的通用防护要求

5.1 应使用为γ探伤设计的专门设备，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化选择，在保证工作人员的剂量符合"合理达到尽可能低的水平"原则（ALARA）的同时，获得是够的诊断信息，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 探伤作业人员应佩带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，探伤人员应对探伤装置进行目测检查，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为0.1~0.3mSv·a^{-1}，并要求探伤室屏蔽墙外30cm处空气比释动能率不大于2.5μGy·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；探伤室门入口处必须有固定的电离辐射警告标志；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带个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。

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

8.1 放射源的选用和退役

8.1.1 按 GB4075 选定密封源的级别。对于工业γ探伤，无保护的密封源为 43515 级、装置中源为 43313 级。

8.1.2 退役或不用的放射源按照事先达成的协议退还给设备制造商或其他经授权的废物管理单位进行处置。并有详细的记录归档保存。

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）严格限制对周围人员的照射、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^{-1} 或者审管部门批推的水平；

d）门应保持在锁紧状态，钥匙仅由授权人员掌管；

e）定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

8.2.3 储存要求按国家有关规定规定执行。

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。

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7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	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

现状评价时，参考“均值±3s”数值：原野为（50.4±21.0）nGy/h；道路为（47.1±36.9）nGy/h；室内为（89.2±42）nGy/h。

2）方杰，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991

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）、《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》（GBZ132-2008）评价标准，确定本项目的管理目标职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众按照1/10取值。

本项目探伤房辐射剂量率控制水平：

曝光室四周墙及防护门表面外30cm处剂量率不超过**2.5μSv/h；**

曝光室顶部表面外30cm处剂量率不超过**100μSv/h（不需要人员到达）；**

源库四周墙、顶部及门表面外30cm处剂量率不超过**2.5μSv/h**。

本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

职业人员年有效剂量不超过**5mSv；**

公众年有效剂量不超过**0.1mSv。**

职业人员周有效剂量不超过**100μSv；**

公众周有效剂量不超过**5μSv。**

表 8 环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

惠生（南通）重工有限公司位于江苏省南通经济技术开发区港口工业三区，公司东侧、南侧均为惠生路；西侧为长江；北侧为江海路。

本项目探伤房拟建设于公司中部不锈钢钢管加工车间东侧空地。本项目探伤房东侧为厂区道路及 SPB 罐总组车间；南侧为厂区道路及碳钢管加工车间和结构综合车间；西侧为不锈钢钢管加工车间；北侧为 2#空压站及配变电站。本项目探伤房拟设置有曝光室、源库、操作室、评片室及暗室。操作室、评片室及暗室均位于曝光室西侧，源库位于曝光室西南角。本项目探伤房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。

本项目探伤房曝光室周围 50m 范围均在本公司厂区内，50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，50m 范围内涉及保护目标包含：①南侧 31m 的碳钢管加工车间，②西侧 27m 的不锈钢钢管加工车间，③北侧 12m 的 2#空压站及配变电站，④东南侧 45m 的结构综合车间，⑤厂区道路。本项目周围环境保护目标主要为从事 X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。



探伤房拟建址东侧厂区道路



探伤房拟建址南侧碳钢管加工车间



探伤房拟建址西侧不锈钢钢管加工车间



探伤房拟建址北侧 2#空压站及配变电站（在建）


探伤房拟建址东南侧结构综合车间


工程师踏勘现场照片（拟建址）


工程师踏勘现场照片（拟建址）



工程师踏勘现场照片（厂区门口）

图 8-1 本项目探伤房拟建址周围环境现状及工程师现场踏勘照片

2.环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目探伤房曝光室拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目探伤房曝光室拟建址周围环境γ辐射剂量率。

监测点位：探伤房曝光室拟建址及周围布设 12 个监测点位，分别位于探伤房曝光室拟建址四周及保护目标处。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）及《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）在探伤房曝光室拟建址周围布设监测点位，对探伤房曝光室拟建址周围环境γ辐射剂量率进行检测。

质量保证措施：江苏睿源环境科技有限公司已通过检验检测机构资质认定，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。检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和公司《质量体系文件》的要求，实施全过程质量控制。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，检测报告实行三级审核制度，检测时仪器使用前后检查是否正常。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512P 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J001）

测量范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

检定有效日期：2022.6.6——2023.6.5

检定单位：江苏省计量科学研究院

检定证书编号：Y2022-0045496

监测日期：2022 年 9 月 16 日

环境条件：天气：阴；温度：24℃；相对湿度：62％

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目探伤房曝光室拟建址周围现状贯穿辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 10），监测点位示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目探伤房曝光室拟建址周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	备注
1	曝光室拟建址东侧	50	原野
2	曝光室拟建址南侧	48	原野
3	曝光室拟建址西侧	57	原野
4	曝光室拟建址北侧	51	原野
5	曝光室拟建址中央	50	原野
6	曝光室拟建址东侧厂区道路	61	道路
7	曝光室拟建址南侧厂区道路	55	道路
8	碳钢管加工车间内	66	室内
9	不锈钢钢管加工车间内	54	室内
10	2#空压站及配变电站	45	原野
11	SPB 罐总组车间西侧空地	57	原野
12	结构综合车间内	58	室内

*已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 16nGy/h）。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目探伤房曝光室拟建址周围环境γ辐射剂量率在（45~57）（原野）nGy/h、（55~61）（道路）nGy/h、（54~66）（室内）nGy/h 范围内，处于江苏省天然γ辐射本底水平内。

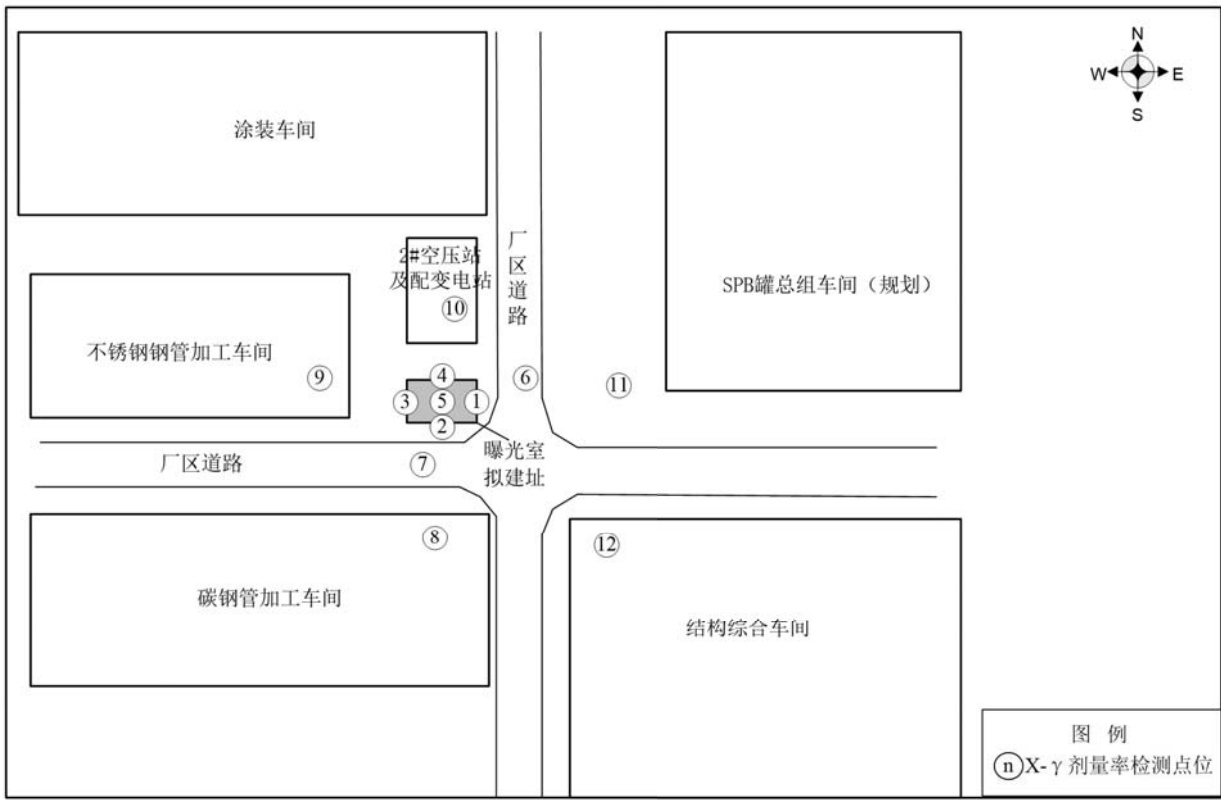

图 8-2　X-γ辐射剂量率检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

①X射线探伤机：本项目配备1台XXH3005型周向X射线探伤机（管电压300kV，管电流5mA）。与生产厂家核实，未能提供探伤机滤过条件。本项目XXH3005型探伤机滤过条件保守参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1中300kV探伤机3mm铝滤过片。

表9-1本项目探伤机主要设备参数

参数	XXH3005 型周向 X 射线探伤机
输出电压范围	170kV~300kV
输出电流	5mA
主射线辐射角	30°×360°
工件最大穿透厚度（钢）	40mm
工作方式	间歇式工作 1:1，工作 5 分钟休息 5 分钟。

X射线探伤机主要由控制箱、X射线发生器和连接电缆等部件构成。控制箱用于调节探伤机开关、管电压、曝光时间设置。连接电缆用于连接控制器与X射线发生器。X射线发生器用于在控制器设置条件进行曝光探伤。X射线发生器的核心部件是X射线管。X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成。X射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线。



图9-1　常见X射线探伤装置控制箱



图 9-2 常见 X 射线探伤机外观图及连接电缆

②γ射线探伤机：本项目配备1台^{192}Ir源探伤机，探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7×10^{12}Bq（100Ci）。γ射线探伤机属于高风险移动放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。γ射线探伤机配备安全锁、联锁装置等功能。探伤机上设置标志和标识，内容包括：电离辐射警告标志、生产厂家名称、产品名称、出厂编号、出厂日期、辐射源核素名称、最大装源活度。

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，内部是一般为贫铀屏蔽层。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，转动快门环操作偏心轮，使偏心轮中的曝光通道和源通道对直，用快速接头把输源管和源容器连起来，输源导管的另一端部构成照射头，操作遥控装置将放射源移出源容器至照射头，进行曝光照相检测。γ射线探伤机外观图见图9-3，γ射线探伤机结构见图9-4、图9-5、图9-6。



图 9-3 常见 ^{192}Ir γ射线探伤机外观图

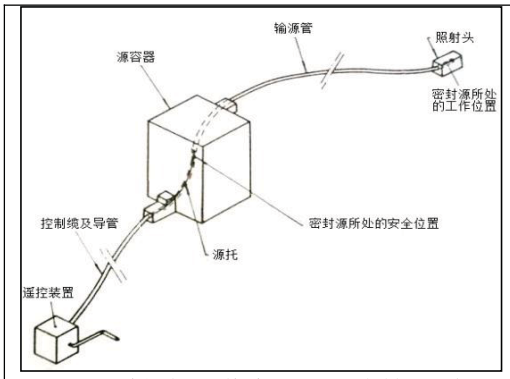

图 9-4 γ射线探伤机外部结构示意图

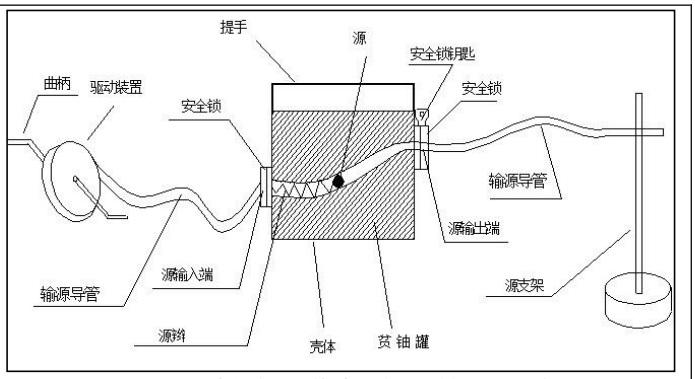

图 9-5 γ射线探伤机内部构造示意

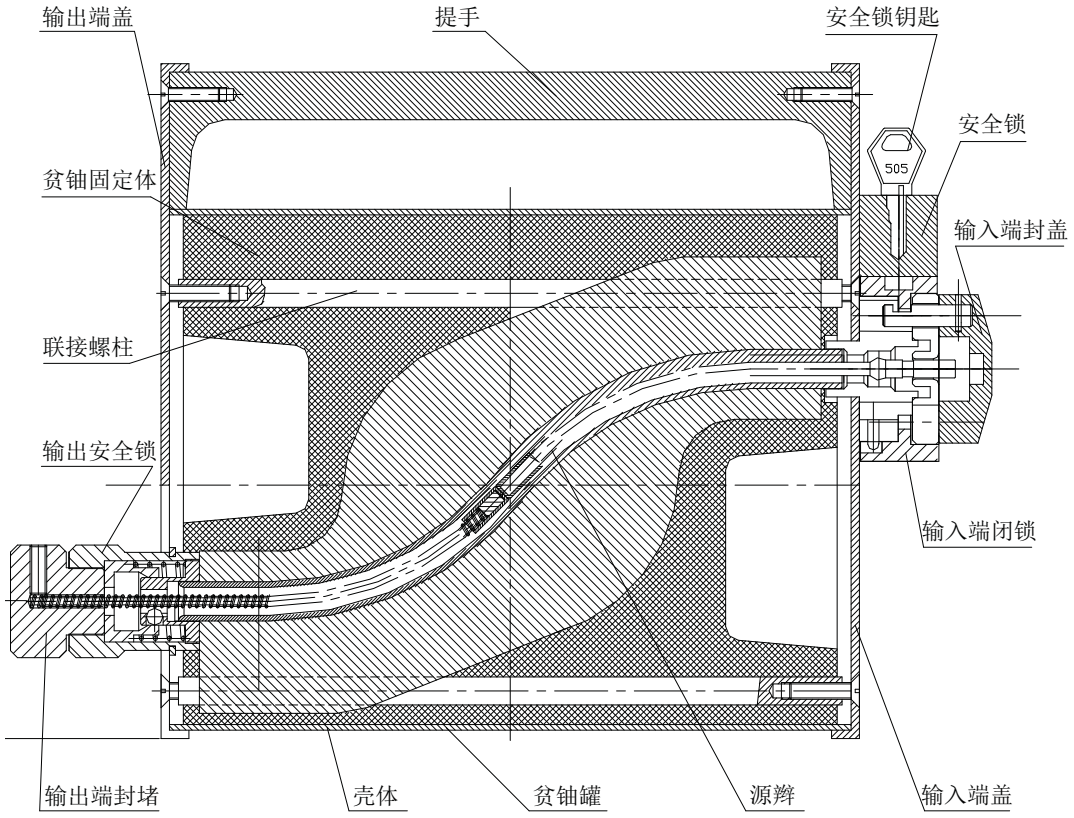

图 9-6　γ射线探伤机机体内部结构图

本项目用于γ射线探伤的放射源是 ^{192}Ir，其核素特性见表 9-2，衰变纲图见图 9-7。

表 9-2 放射性核素特性

核素	放射源活度(Bq)	衰变类型	半衰期	主要γ射线		产生主要废物	空气比释动能率常数Γ_k Gy•m²/（Bq•h）
				能量(MeV)	强度(%)		
^{192}Ir	3.7×10^{12}	β^-、EC	73.8d	0.296	28.72	^{192}Ir 废源	1.09×10^{-13}
				0.309	29.68		
				0.468	47.81		
				0.604	8.2		
				0.317	82.71		

注：^{192}Ir空气比释动能率常数取自《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数-李士骏》（辐射防护 第19卷第4期，1999年7月）

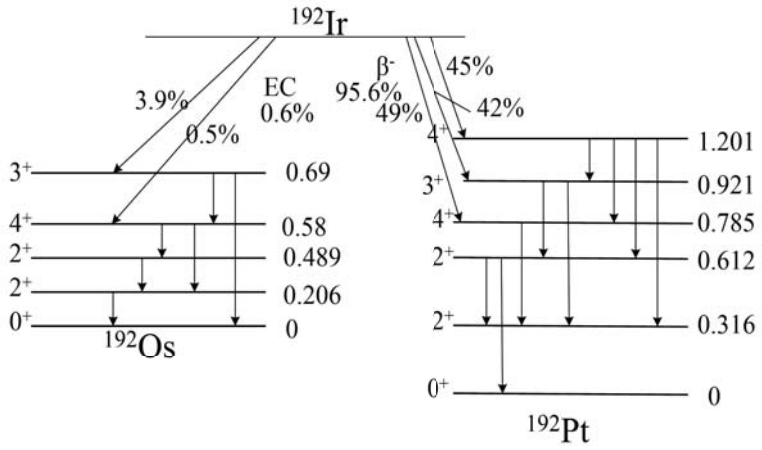

图 9-7 ^{192}Ir 衰变量纲图

2、X、γ射线探伤机工作原理

（1） X 射线探伤机工作原理

X射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，底片感光量就小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

X射线探伤机的核心部件是X射线管。X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成，X射线管结构示意图见图9-8。X射线管一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线。

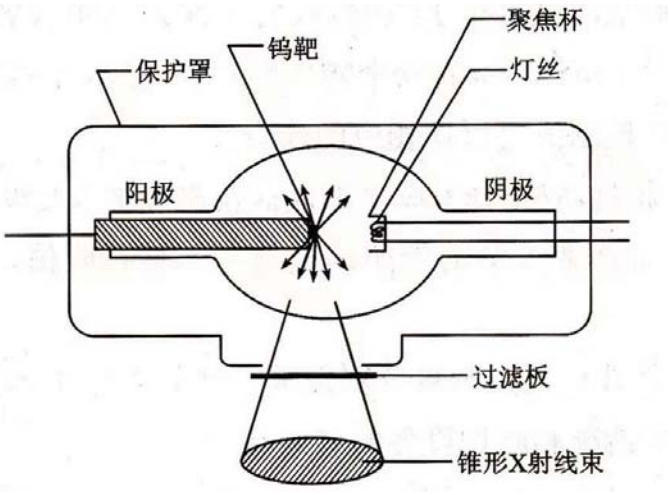

图 9-8 典型的 X 射线管结构图

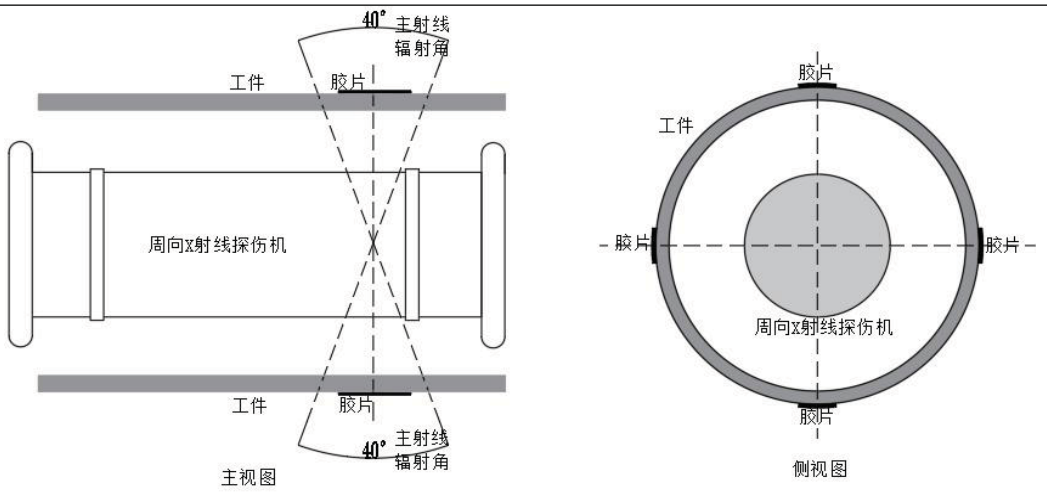

图 9-9 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

（2）γ射线探伤机工作原理

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。把被检物体放在离射线装置 0.5m-1m 的位置处，把胶片紧贴在被检工件焊缝背后，用 X、γ射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的真实情况就反映到胶片的乳胶上，对感光后的胶片在暗室中进行显影、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

γ射线探伤机在工作过程中通过γ放射源产生的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的位置，γ射线探伤机据此实现探伤目的。

3、工作流程及产污环节分析

（1）X射线探伤工作流程及产污环节

固定式X射线探伤时被探伤工件通过推车、吊车或轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，探伤工作人员在操作室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1）通过推车、吊车或轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定好工件，并在工件被检测部位贴胶片；

2）将X射线探伤机固定到在合适的位置；

3）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

4）探伤工作人员开启X射线探伤机进行曝光检测；

5）X射线探伤机根据设置的电压、束流和曝光时间曝光后关闭X射线探伤机，辐射工作人员从人员门进入曝光室从工件上取下胶片；

6）完成所有检测工作后，通过推车、吊车或轨道运输将工件运出曝光室；

7）辐射工作人员对胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

固定式X射线探伤工作流程及产污环节见图9-10。

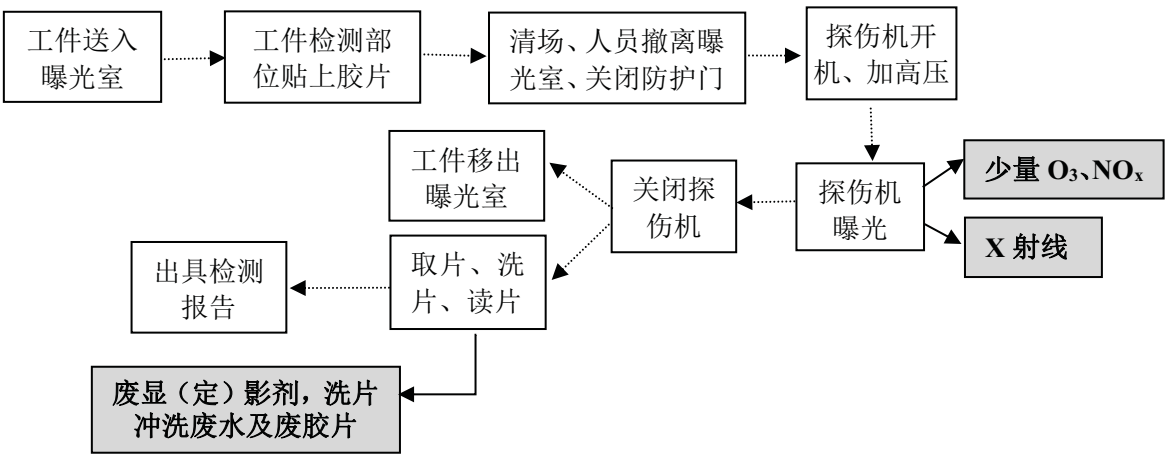

图 9-10 本项目 X 射线探伤工作流程及产污环节

由图 9-10 可知，本项目 X 射线探伤营运中产生的主要污染物如下

（1）X 射线探伤机出束过程中产生的 X 射线；

（2）X 射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当显（定）影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；

（5）探伤工作中可能产生废胶片。

（2）γ射线探伤机工作流程及产污环节

固定式γ射线探伤时被探伤工件通过推车、吊车或轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，探伤工作人员在操作室内进行远距离操作，对工件焊缝等需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

1) 通过推车、吊车或轨道运输将工件从工件门运至曝光室内，人员进入曝光室固定工件并在检测部位贴上感光胶片；

2) 关闭曝光室工件门，从源库中将γ探伤机用手推车取出，放置在合适位置；

3) 把控制部件和输源管连接好，开启探伤机闭锁装置；

4) 检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭工件门，通过人员门回到操作室后关闭人员门；

5) 通过操作控制装置将放射源送至曝光位（容器内腔），开始曝光；

6) 曝光时间结束后，操作控制装置再将放射源收回探伤机至贮源位，放射源回位时安全锁自动关闭；

7) 确认放射源回到贮源位后，辐射工作人员手持辐射巡测仪及佩戴个人剂量报警仪进入曝光室，将γ探伤机控制部件与输源管拆卸后由辐射工作人员手提放进放射源库，关门并由专人保管钥匙；

8) 完成所有检测工作后，辐射工作人员从工件上取下胶片。通过推车、吊车或轨道运输将工件运出曝光室；

9) 辐射工作人员对胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

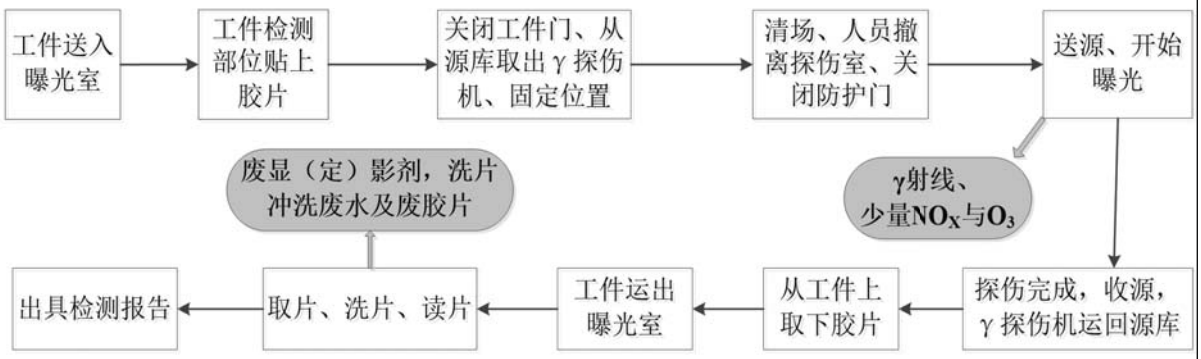

图9-11 γ探伤机探伤作业工作流程及产污环节示意图

由图 9-11 可知，本项目γ射线探伤营运中产生的主要污染物如下

（1）拿取γ探伤机时产生的γ射线，γ探伤机出束过程中产生的γ射线；

（2）γ射线电离空气产生的臭氧及氮氧化物；

（3）当显（定）影剂在使用至无法起效时产生的废显（定）影剂；

（4）胶片冲洗过程产生洗片冲洗废水；

（5）探伤工作中可能产生废胶片；

（6）放射源退役产生废源。

4、工件信息及工作方式

本项目探伤房主要用于检测的本公司生产的船舶配件，工件形状不定，工件钢厚度为 5~50mm，长度范围约为 2~10m，宽度范围约为 1~3m。主要工件见下图 9-12。



碳钢管环缝Φ406*21.4



不锈钢管环缝Φ1016*9.53



不锈钢管环缝Φ609*9.53



铜镍管环缝Φ406*12.7



碳钢管环缝Φ355*23.83



不锈钢管小径管



碳钢管小径管



不锈钢管小径管

图 9-12 本项目主要探伤工件部位示意图

5.人员配置及工作制度

工作制度：本项目探伤房辐射工作人员实行白班单班制，X 射线探伤机每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h；γ射线探伤机每周开机曝光时间不超过 10h，年工作 50 周，年曝光总时间不超过 500h。本项目探伤房每次探伤只使用 1 台探伤机，不存在在曝光室内同时使用多台探伤机的情况。

人员配置：建设单位拟新配备 2 名辐射工作人员共同操作探伤机及管理该探伤房。本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

6.原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可厂区内开展移动式 X 射线探伤项目，使用 6 台 X 射线探伤机。已履行环评、辐射安全许可证申领及竣工验收手续。

原有移动式 X 射线探伤前，需发布探伤通知，规定时间内人员清除，辐射工作人员划定探伤区域并设置警戒设施，划定控制区、监督区。开机试曝光，辐射工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，重新确定控制区、监督区边界后开始对被测工件进行无损检测。原有探伤工艺受场地、时间、天气等因素影响。不能随时进行探伤。

本项目扩建固定式 X、γ射线探伤项目在探伤房曝光室内进行探伤，工件需探伤时可随时探伤，因此建设单位扩建本项目。较大工件无法在曝光室内进行探伤时可开展移动式 X 射线探伤。因此本项目固定式 X、γ射线探伤项目与原移动式 X 射线探伤项目进行互补。

污染源项描述

1.辐射污染源分析

①X 射线探伤机：本项目配备 1 台 XXH3005 型周向 X 射线探伤机（管电压 300kV，管电流 5mA）。本项目探伤机输出量保守参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中 300kV 探伤机为 3mm 铝滤过片，输出量为 20.9mGy·m^2/（mA·min），即主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 中取得距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率为 5×10^3μSv/h，即泄漏射线源强。

由X射线探伤机工作原理可知，探伤机只有在开机并处于出束状态时才会发出X射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此探伤机在开机曝光期间，本项目的辐射源项主要包括X射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射（如以0º入射

探伤工件的90º散射辐射、天空反散射、曝光室内各类射线的散射辐射等）。

②γ射线探伤机：本项目配备1台^{192}Ir源探伤机，购置正规厂家，探伤机满足《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2008）防护设计要求。探伤机每台探伤机中有1枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7×10^{12}Bq（100Ci），属于《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中P类探伤机。根据《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）要求，对于本项目使用的手提式γ探伤机，源容器表面5cm处空气比释动能率限值不超过500μGy/h，1m处不超过20μGy/h。退役放射源活度随时间衰变，因活度显著下降不能满足探伤要求。退役放射源由生产厂家或有资质单位负责回收，每年退役约2枚^{192}Ir放射源，退役放射源活度约为3.7×10^{11}Bq/枚（10Ci）。

由γ射线探伤机工作原理可知，放射源会一直发出γ射线，对曝光室外工作人员和周围公众产生一定外照射，本项目的辐射源项主要包括：（1）放射源处于γ射线探伤机内时对周围产生的γ射线外照射；（2）γ射线探伤机工作时放射源对四周有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射（如以0º入射探伤工件的90º散射辐射、天空反散射、曝光室内各类射线的散射辐射等）。

2.非辐射污染源分析

（1）固体废物

本项目运营时会产生废胶片和废显（定）影剂、洗片冲洗废水。废胶片和废显（定）影剂、洗片冲洗废水均属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为HW16，废物代码为 900-019-16。公司每月预计产生废显（定）影剂 20kg，每年预计产生废显（定）影剂 240kg；每月预计产生洗片冲洗废水 60kg，每年预计产生洗片冲洗废水 720kg；每月预计产生废胶片 2kg，每年预计产生废胶片 24kg。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。

（2）液体废物

本项目不产生放射性液体废物。本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m^3，年排放量为 28.8m^3。

（3）气体废物

X、γ射线探伤机工作状态时，会使曝光室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1.工作场所布局及分区

本项目探伤房设计有曝光室、源库、操作室、评片室和暗室。本项目操作室、评片室和暗室均位于曝光室西墙外；源库位于曝光室西南角；本项目曝光室设置有人员门、工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，探伤房顶部人员不可到达；本项目探伤房曝光室 X 射线探伤机曝光时探伤机距离东、西、北墙最近距离为 3m，距离南墙最近距离为 5.5m，可避开有用线束照射的方向向操作室照射。本项目探伤房工作场所布局设计基本合理。本项目探伤房平面及剖面图见附图 4。

本项目探伤房将曝光室及源库作为本项目控制区，将操作室、评片室和暗室作为本项目监督区，在监督区入口门张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。在工件门及人员门外均设置电离辐射警告标志及中文警示说明。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.2中关于辐射工作场所的分区规定。两区划分示意情况见图10-1。

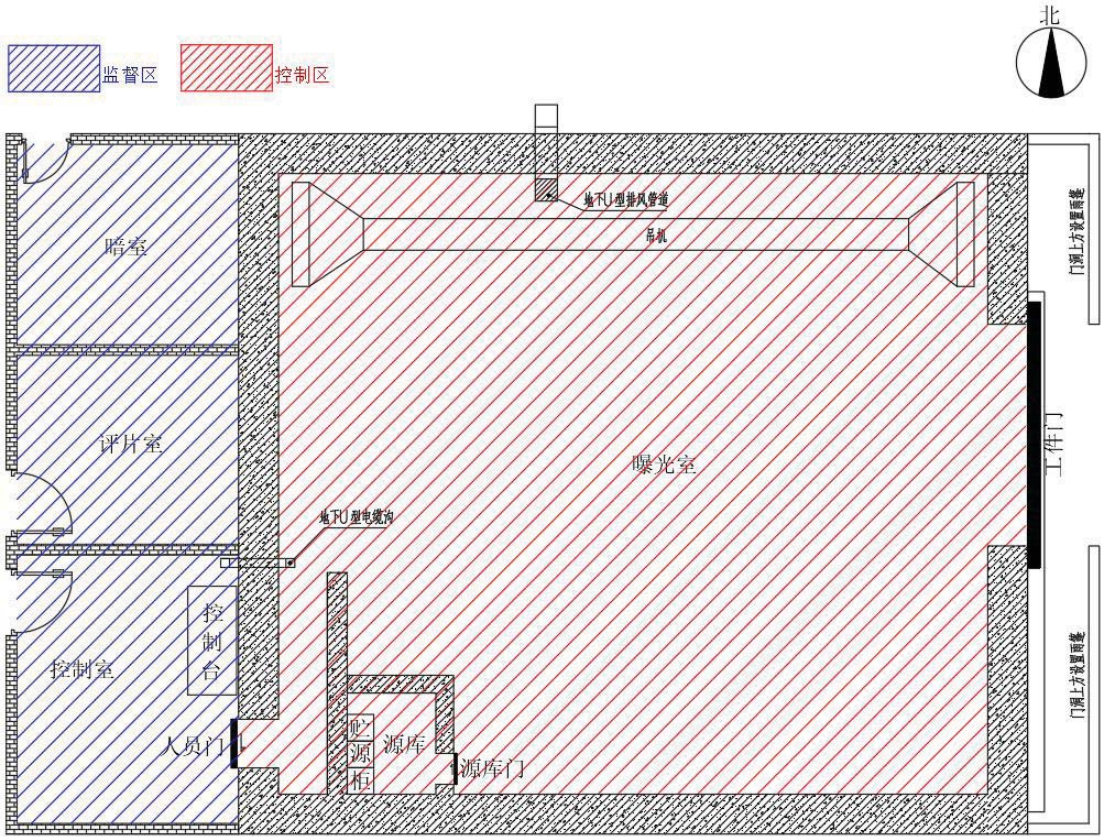

图 10-1 本项目探伤房两区划分示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	曝光室及源库	操作室、评片室和暗室
划分依据	①根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）：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”。 ②根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	①根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）：5.1.3“探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施”。 ②根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，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”。 6.4.2.2 a）“采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，探伤装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	曝光室工件门及人员门表面外粘贴电离辐射警告标识。	操作室、评片室和暗室门外入口处粘贴监督区标牌。

2.探伤房辐射屏蔽设计

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 16m×14m×7m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对 X、γ射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m^3。曝光室四周墙为 900mm 混凝土，屋顶为 650mm 混凝土，曝光室设置“L”型迷道、迷道内为 450mm 混凝土，工件门为 60mm 铅板，人员门内嵌 20mm 铅板。本项目探伤房平面及剖面布局见附图 4。

源库内长宽高为 2.0m×2.28m×2.35m，源库为混凝土结构，东、北墙及顶部为 400mm 混凝土，南墙为 900mm 混凝土，西墙为 450mm 混凝土，源库门为 20mm 铅板。

本项目探伤房曝光室北墙设置 1 个直径 500mm 通风管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 600mm 以下，拟在北墙外表面贴墙设置管道接至曝光室顶部，可通过轴流风机抽排曝光室内产生的臭氧及氮氧化物。拟安装轴流风机排风量约为 5000m^3/h，探伤作业时全程开启风机。

本项目探伤房曝光室西墙下方设置 1 个直径 200mm 电缆管道，使用 U 型过墙方式埋于地坪 300mm 以下。利用散射降低通风管道及线缆管道口的辐射水平。本项目工件门、人员门与墙体间距 10mm，搭接 200mm，搭接宽度不小于门缝间隙 10 倍。

表 10-2 本项目工作场所屏蔽设计情况一览表

	探伤房曝光室	源库
东墙	900mm混凝土	400mm混凝土
西墙	900mm混凝土	450mm混凝土
南墙	900mm混凝土	900mm混凝土
北墙	900mm混凝土	400mm混凝土
屋顶	650mm混凝土	400mm混凝土
迷道内墙	450mm混凝土	/
工件门	60mmPb	20mmPb
人员门	20mmPb	/

3.辐射安全与防护设施和措施

1）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。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。只有确认探伤房曝光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。

2）每次γ射线探伤作业之前，应对γ射线探伤机做如下的检查：

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本标准要求，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。

3）本项目X射线探伤机控制台拟设置高压接通或断开指示灯，当X射线探伤机管电压及高压接通后，指示灯亮，从而判断X射线探伤机是否正常通电；拟设置显示器，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。拟设置有辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识，提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。

4）本项目X射线探伤机控制台拟设计“钥匙开关”，只有在打开钥匙开关后，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。

5）本项目探伤房曝光室工件门及人员门均拟安装门机联锁装置，只有在工件门及人员门同时完全关闭时X、γ射线探伤机才能出束照射，当工件门或者人员门打开时立即停止照射，关上门不能自动开始照射等。

6）本项目工件门、人员门外上方及曝光室内部均拟设置“预备”“照射”状态工作状态指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置应与X、γ射线探伤装置联锁；工件门、人员门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；在操作室入口处张贴监督区标志；探伤房曝光室内外醒目位置拟设置清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

7）本项目控制台及曝光室内部四周墙壁上均拟设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射，曝光室内的急停按钮安装能够使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，紧急停机按钮设置标签及标明使用方法。曝光室内人员门附近拟设置紧急开门按钮，在射线装置失控时，室内人员可通过按下紧急停机按钮逃离曝光室。

8）本项目曝光室内配置机械通风，有效通风换气次数不小于3次/小时。

9）本项目探伤房将曝光室、源库作为本项目的控制区，将操作室、评片室和暗室作为本项目的监督区。

10）本项目探伤房曝光室拟安装固定式辐射检测仪，并与门-机联锁相联系。

11）定期对探伤房曝光室防护门-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。

12）γ射线探伤时，辐射工作人员进出探伤房曝光室时应佩带个人剂量计、剂量报警仪和便携式剂量测量仪。每次作业前，辐射工作人员使用辐射巡测仪进行监测，确认放射源在γ射线探伤机内，作业结束后，辐射工作人员必须再次用辐射巡测仪进行

监测，确定放射源收回到γ射线探伤机源容器内，将γ射线探伤机放回放射源库。

13）探伤房曝光室西南角拟设置专用源库，用于储存本项目γ射线探伤机。源库门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；源库拟安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；源库拟实行双人双锁，并由2名工作人员专职负责源库的保管工作，源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

14）本项目工件门、人员门与墙体间距10mm，搭接200mm，搭接宽度不小于门缝间隙10倍。

15）公司拟建立放射源使用登记台账，对放射源的使用进行严格登记，强化放射源安全管理。

16）放射源退役后由按照事先达成的协议退还给设备制造商或其他经授权的废物管理单位进行处置，并有详细的记录归档保存。

17）探伤作业时，2名辐射工作人员必须同时在场，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。本项目探伤房配备1台辐射巡测仪及2台个人剂量报警仪。个人剂量报警仪应与防护门钥匙、探伤装置的安全锁钥匙串结一起。

18）探伤房每次探伤作业均只能使用1台探伤设备，不同时使用2台及2台以上探伤设备。

19）γ射线探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的γ射线探伤装置。

20）本项目γ射线探伤机属于高风险放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。

21）更换放射源时，建设单位应向所在地省级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。建设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生态环境主管部门备案。

22）公司已成立辐射防护管理机构，并制定了相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，工作过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。

23）公司已与有资质单位签订洗片废水及废胶片处置协议。探伤过程中产生的洗片废水及废胶片集中贮存，后交由该单位进行处理。

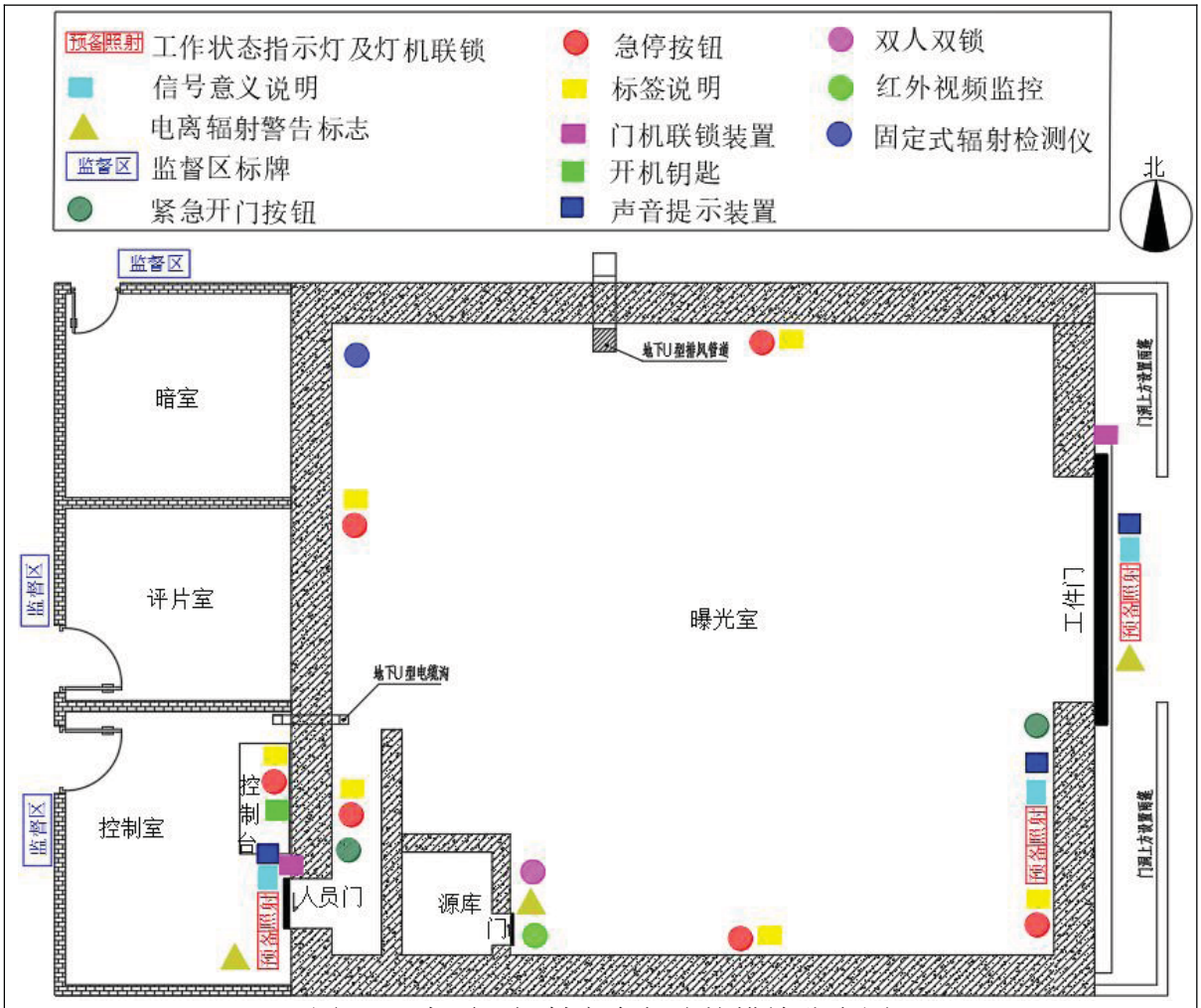

图 10-3 本项目辐射安全与防护措施分布图

三废的治理

1. 固废

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活垃圾。本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

本项目评片和洗片过程可能会产生废胶片和废显（定）影剂、洗片冲洗废水。在产生废显（定）影剂和洗片冲洗废水后立即用废液桶收集，并在探伤工作结束后运至厂区危废库中废显（定）影剂和洗片冲洗废水存放区域；每日探伤产生废胶片在工作结束后收集运至厂区危废库中废胶片存放区域；废胶片和废显（定）影剂、洗片冲洗废水入库时在危险废物管理台账中如实记录。定期按照危险废物电子或者纸质转移联单由有资质单位转运。

公司现已开展移动 X 射线探伤项目，已产生废胶片和废显（定）影剂、洗片冲洗废水。公司已建有危废库进行暂存，公司已与南通惠民固废处置技术有限公司签订

危废协议，产生的危废由该单位回收处置。本项目危废依托厂区已有危废库进行暂存，危废库位置见附图 2、3。危废库按照《危险废物贮存污染控制标准 GB18597-2001》（2013 年修订）相关要求建设，能够防雨淋、防风、防晒。危废库内设消防设施，防止出现火灾。危废库门上张贴环保标识牌，明确危险废物种类，建设单位制定危废库管理制度，危废库由专人管理，做好危险废物情况的记录，注明危险废物的名称、来源、数量、特性、入库日期、使用量等登记工作。危废库内划定废胶片、废显影液定影液存放区域确保满足本项目的存放需求。

建设单位将按照《省生态环境厅关于做好江苏省危险废物全生命周期监控系统上线运行工作的通知》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。

本项目 ^{192}Ir 放射源强度低于使用要求时，放射源退役，本项目每年产生约 2 枚 ^{192}Ir 退役放射源，退役放射源由生产厂家或者有资质单位回收。

2. 废水

本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水，产生的生活污水进入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。

3. 废气

本项目运行后不会产生放射性气体废物。X 射线探伤机在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。曝光室拟设置通风设施，可通过西南角地下通风管道将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室。本项目探伤房曝光室不设置进风口，通过工件门及人员门进气，排风口设置在曝光室西南角，通风管道采用 U 型管道设计，排风口至曝光室顶部，排风口处无人员聚集。曝光室内体积约 1568m^3，如需达到每小时有效换气次数 3 次以上，需要达到的排风量为 4704m^3/h，曝光室拟安装风量为 5000m^3/h 的风机，拟安装的风机能够满足每小时有效换气次数 3 次以上需求。且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目的主体工程为在新建一座固定式探伤房（包括曝光室及其辅房）。施工过程中的扬尘、噪声、废水、固废，主要是通过施工管理等措施来进行控制。具体施工流程产污环节如下所述：

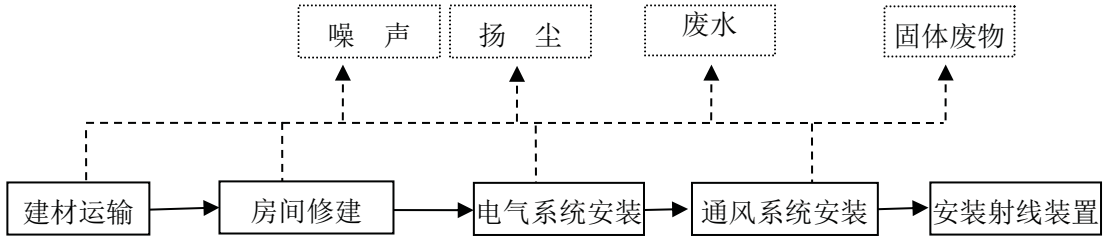

图 11-1 施工期工艺流程及产污环节图

（一）施工期扬尘

施工过程中会产生一定扬尘，属于无组织排放，针对上述大气污染拟采取以下措施：a、及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b、车辆在运输建筑材料时采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c、施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

（二）施工期噪声

施工期噪声包括土建施工过程、通风及电气设备安装过程中机械产生的噪声，由于项目评价范围内均为企业，公众活动较少，施工噪声对周围环境的影响较小。在施工时拟严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备。

（三）施工期废水

施工期废水主要为施工人员的生活污水和施工废水。施工废水拟先经简易沉淀设施进行沉淀处理后，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制；施工人员产生的生活污水拟依托厂区内现有的污水处理设施处理后排放。

（四）施工固废

施工期固废主要是装修过程中产生固体废物和施工人员的办公垃圾，装修固体废物为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集。该单位在施工期间认真搞好组织工作，文明施工，切实落实各种环保措施，将施工期的影响控制在公司内局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、屋顶、迷道和铅防护门对射线进行防护，探伤房内配备1台^{192}Irγ射线探伤机（100Ci）及1台XXH3005型X射线探伤机，探伤时只开启其中1台探伤机进行探伤作业。本报告分别以X、γ射线探伤机对探伤室辐射影响进行理论预测分析。

一.本项目X射线探伤机辐射影响分析

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、铅工件门和铅人员门对X射线进行防护，探伤时仅开启1台X射线探伤机。本项目探伤工作时，X射线探伤机可能朝东墙、南墙、西墙、北墙、顶部、地面出束照射。本项目探伤房曝光室X射线探伤机曝光时探伤机距离东、西、北墙最近距离为3m，距离南墙最近距离为5.5m，可避开有用线束照射的方向向操作室照射。本次评价拟将曝光室四周墙壁及屋顶按照有用射束照射进行估算。本项目X射线探伤机以满功率（300kV/5mA）运行时对探伤房四周墙壁、顶部、工件门及人员门辐射环境影响进行预测。预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1、四周墙壁、屋顶、工件门及人员门辐射影响分析

四周墙壁、屋顶及工件门预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

$$\dot{H}=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R^2} \qquad \text{……公式（1）}$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1中300kV探伤机为3mm铝滤过片，输出量为20.9mGy·m^2/（mA·min）；

B：屏蔽透射因子，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），根据附录B表B.2中300kV混凝土什值层为100mm，900mm混凝土透射因子为1.0×10^{-9}，650mm混凝土透射因子为3.2×10^{-7}，450mm混凝土透射因子为3.2×10^{-5}；300kV铅什值层为5.7mm，60mm铅透射因子为3.0×10^{-11}，20mm铅透射因子为3.1×10^{-4}。

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

本项目以 XXH3005 型 X 射线探伤机最大管电压 300kV，最大管电流 5mA，主射线方向为四周墙壁、屋顶及地面，进行计算；辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（1）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-1。

表 11-1 探伤房关注点及其需要防护的射线

序号	关注点	需要屏蔽的辐射源*	剂量率控制水平	居留因子
①	东墙外30cm（厂区道路）	有用线束	2.5μSv/h	1/16
②	工件门外30cm（厂区道路）	有用线束	2.5μSv/h	1/16
③	南墙外30cm（厂区道路）	有用线束	2.5μSv/h	1/16
④	西墙外30cm（操作室、暗室、设备间）	有用线束	2.5μSv/h	1
⑤	北墙外30cm（厂区道路）	有用线束	2.5μSv/h	1/16
⑥	顶部表面外30cm（一层建筑，上方无建筑）	有用线束 天空反散射	100μSv/h	/
⑦	人员门外30cm（操作室）	有用线束 散射线	2.5μSv/h	1

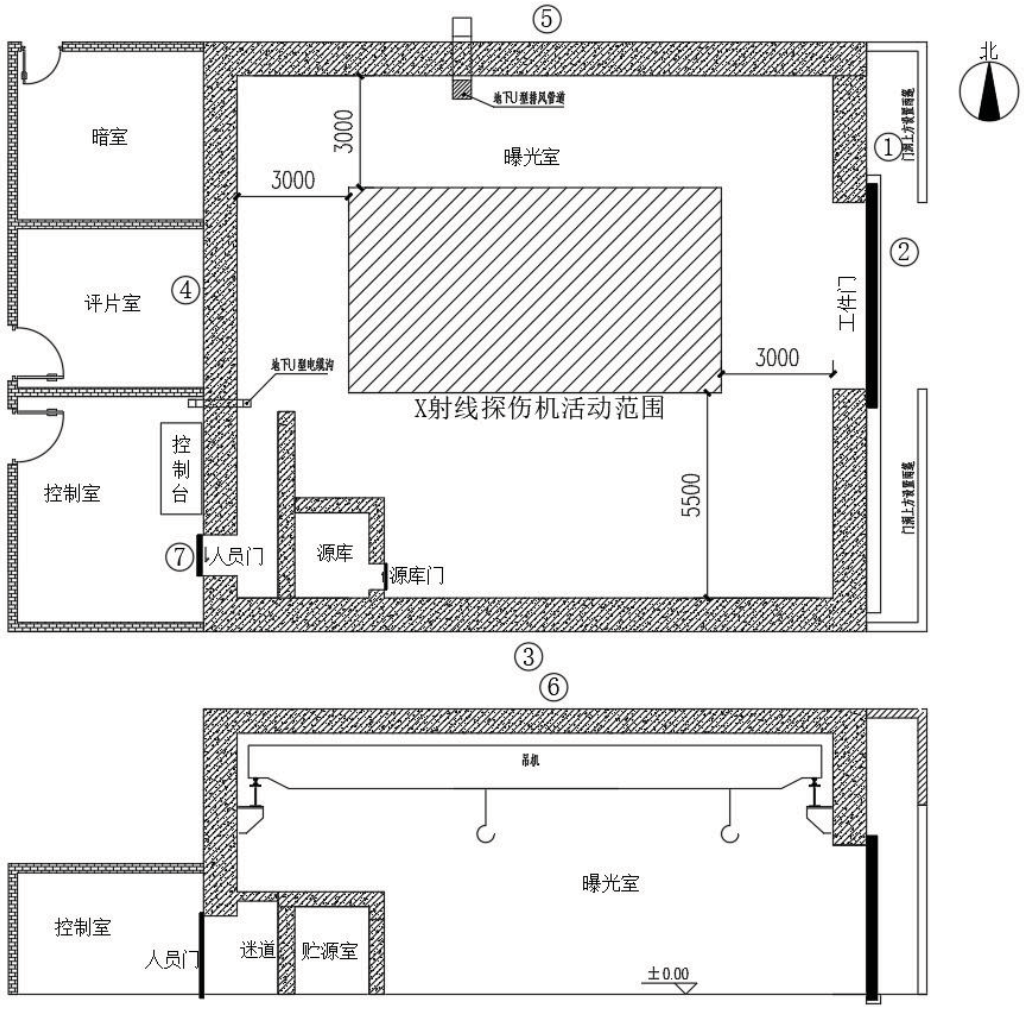

图 11-2 本项目探伤房计算点位示意图

表 11-2 本项目探伤房曝光室有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	设计厚度	I (mA)	H_0 μSv·m²/(mA·h)	B	R （m）	$\dot{H}$ （μSv/h）	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
东墙①	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	4.2	3.55×10^{-4}	2.5	满足
工件门②	60mmPb	5	1.254×10^{6}	3.0×10^{-11}	4.2	1.07×10^{-5}	2.5	满足
南墙③	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	6.7	1.40×10^{-4}	2.5	满足
西墙④	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	4.2	3.55×10^{-4}	2.5	满足
北墙⑤	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	4.2	3.55×10^{-4}	2.5	满足
屋顶⑥	650mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	3.2×10^{-7}	6.95	4.15×10^{-2}	100	满足
人员门⑦	450mm 混凝土 +20mmPb	5	1.254×10^{6}	$(3.2\times10^{-5})\times(3.1\times10^{-4})$	4.2	3.53×10^{-3}	/	/
碳钢管加工车间	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	35.2	5.06×10^{-6}	2.5	满足
结构综合车间	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	49.2	2.59×10^{-6}	2.5	满足
不锈钢钢管加工车间	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	31.2	6.44×10^{-6}	2.5	满足
2#空压站及配变电站	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	16.2	2.39×10^{-5}	2.5	满足
厂区道路	900mm 混凝土	5	1.254×10^{6}	1.0×10^{-9}	4.2	3.55×10^{-4}	2.5	满足

注：X 射线探伤机距曝光室东、西、北墙最近距离为 3m，距离南墙最近距离为 5.5m，离地面 1m，取墙外 30cm 为关注点。

从表11-2预测结果可以看出，当本项目探伤房以拟配备的XXH3005型X射线探伤机（300kV/5mA）满功率运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外30cm处剂量率能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

2、迷道口处辐射影响分析

本项目探伤房曝光室采用“L”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平。X 射线照射西墙反射至迷道内，射线进入迷道后散射示意图见图 11-3。X 射线探伤时有用线束经西墙 1 次散射，迷道内墙 2 次散射到达人员门，散射路径为 O→A→B→C，迷道出口人员门采用厚度为 20mm 的铅板防护。散射公式见（2）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_S=\frac{D_0\cdot\alpha_1\cdot\alpha_2\cdot A_1\cdot A_2}{r_1^2\cdot r_2^2\cdot r_3^2}\qquad\cdots\cdots\cdots\cdots\text{公式（2）}$$

其中：H_s 为散射剂量率，μSv/h；

D_0：入射源强，μSv·m²/h；$D_0=H_0\times I=1.254\times10^6$μSv·m²/(mA·h)×5mA=$6.27\times10^6$μSv·m²/h;

α 为散射系数，根据《辐射防护导论》P186 图 6.4 光子在普通混凝土上的反射查的 0.3MeV 光子 90°散射系数为 0.025。

r 为入射距离，3m，散射距离分别为 4.3m、1.8m；

A 为散射面积，m²；散射面积 A_1 为迷道内口横截面积：1.1×2.5=2.75m²、A_2 为人员门洞横截面积：1.1×2.1==2.31m²。

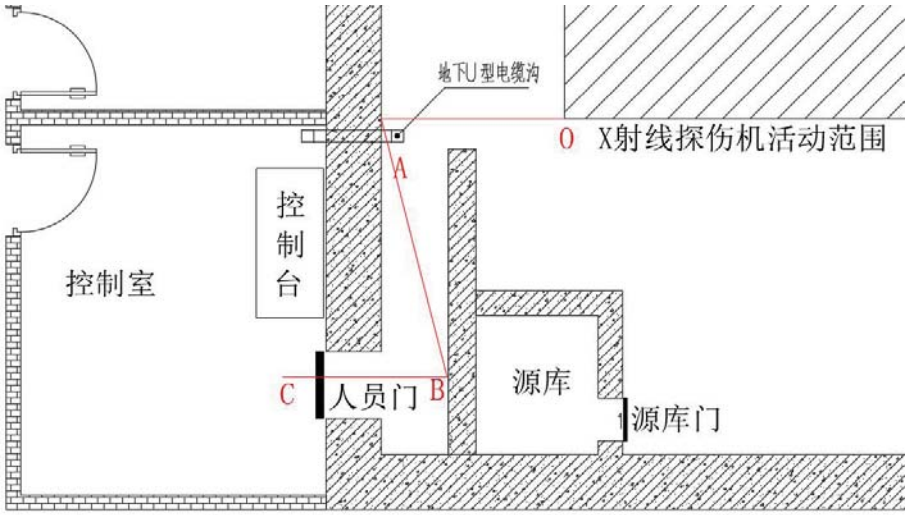

图 11-3 人员门口射线路径示意图（单位：mm）

表 11-3 本项目探伤房迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

F_{j0}（μSv·m²/h）	α		A_1（m²）	A_2（m²）	r_{OA}（m）	r_{AB}（m）	r_{BC}（m）
6.27×10^6	0.025		2.75	2.31	3	4.3	1.8
E_0（kV）	E_1（kV）	E_2（kV）	H（散射线的迷道散射，无屏蔽，μSv/h）	B 20mmPb	H（散射线的迷道散射，有屏蔽，μSv/h）		
300	200	150	46.2	1.47×10^{-21}	6.79×10^{-20}		

注：C 点射线能量根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中 300kV 射线 2 次散射后能量为 150kV，铅什值层厚度为 0.96mm。

根据表11-2主射线穿迷道墙及迷道门外辐射剂量率为3.53×10^{-3}，叠加主射线2次散射至人员门外辐射剂量率后为3.53×10^{-3}μSv/h，人员门外30cm处剂量率能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

3、天空反散射辐射影响分析

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。”

根据表 11-2，本项目 X 射线探伤机满功率开机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 4.15×10^{-2}μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 4.15×10^{-2}μSv/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

4、电缆沟、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房电缆管道、通风管道采用 U 型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口、通风口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-4，进入通风管道后散射示意图如图 11-5。X 射线进入电缆管道及通风管道均需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目探伤房电缆管道设计、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

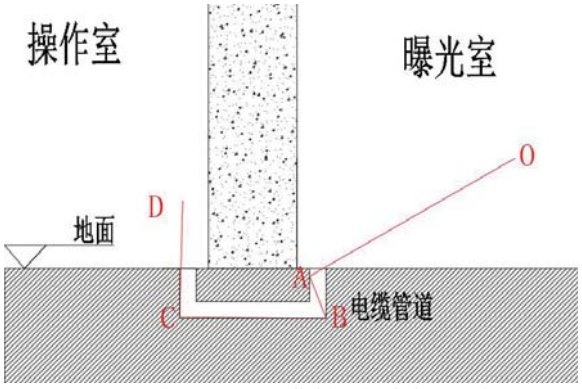

图 11-4 本项目电缆管道散射示意图

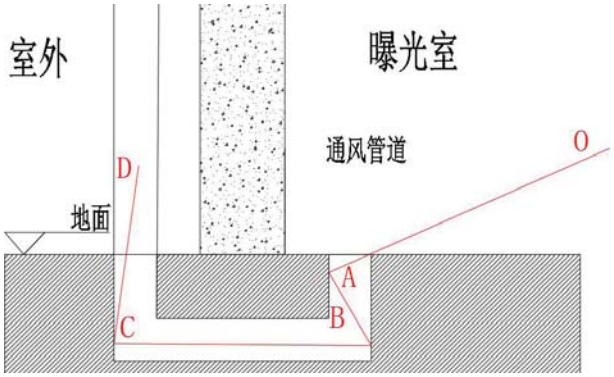

图 11-5 本项目通风管道散射示意图

5、X射线探伤时人员有效剂量估算

参考点的剂量水平估算：

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \text{……公式（3）}$$

式中：H_c：参考点的剂量水平，μSv；

$\dot{H}_{c,d}$：参考点处剂量率，μSv/h；

t：装置照射时间，h；

U：装置向关注点方向照射的使用因子；

T：人员在相应关注点驻留的居留因子。

表11-4 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	使用因子	关注点辐射剂量率(μSv/h）	周剂量估算值(μSv/周)	目标管理值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)	目标管理值(mSv/年)
操作室	1	1	3.53×10^{-3}	1.77×10^{-2}	100 (工作人员)	8.83×10^{-4}	5 (工作人员)
碳钢管加工车间	1	1	5.06×10^{-6}	5.06×10^{-5}	5 (公众)	2.53×10^{-6}	0.1 （公众)
结构综合车间	1	1	2.59×10^{-6}	2.59×10^{-5}		1.29×10^{-6}	
不锈钢钢管加工车间	1	1	6.44×10^{-6}	6.44×10^{-5}		3.22×10^{-6}	
2#空压站及配变电站	1	1	2.39×10^{-5}	2.39×10^{-4}		1.19×10^{-5}	
厂区道路	1/16	1	3.55×10^{-4}	2.22×10^{-4}		1.11×10^{-5}	

注：①本项目X射线探伤机周曝光时间最长约为10h，年工作50周，年曝光时间最长为500h；

②使用因子保守取1。

根据表11-4理论计算结果，本项目X射线探伤辐射工作人员周有效剂量最大为1.77×10^{-2}μSv，年有效剂量最大为8.83×10^{-4}mSv；周围公众周有效剂量最大为2.39×10^{-4}μSv，年有效剂量最大为1.19×10^{-5}mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

二.本项目γ射线探伤机辐射影响分析

1、γ射线探伤机放射源屏蔽状态下辐射影响分析

当放射源处于γ射线探伤机源容器内时，根据《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008），P 类探伤机的表面空气比释动能率$\dot{K}_1$≤2 mGy/h，源容器外 5cm 处空气比释动能率$\dot{K}_1$≤0.5mGy/h，表面 1m 处空气比释动能率$\dot{K}_1$≤0.02mGy/h。而空气比释动能率与距离平方成反比，因此根据公式（4）可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$K=K_0 \cdot B/R^2 \quad \text{……（公式 4）}$$

式中 K：参考点处的空气比释动能率，μGy/h

K_0：距离放射源 1m 处的空气比释动能率，根据《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008），距离探伤机表面 1m 处剂量率不超过 20μGy/h。源贮存位置至探伤机表面距离取 7cm，求得距离放射源 1m 处的空气比释动能率为 22.9μGy/h。

R：参考点距放射源的距离，m

B：屏蔽透射因子

表 11-5 距γ射线探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果

距离 R（m）	0.3	**1.0**	2.0	3.0
空气比释动能（μGy/h）	167.3	**20**	5.34	2.43

注：源贮存位置至源表面距离取 7cm

通过表 11-5 中计算数据可以看出，γ射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对曝光室外环境影响较小，但工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

2.放射源库辐射影响分析

公司拟在探伤房曝光室内西南角设计建造放射源库，用于贮存本项目γ射线探伤机。放射源库内长宽高为 2.0×2.28×2.35m，放射源库为混凝土结构，东、北墙 400mm 混凝土，南墙 900mm 混凝土，西墙 450mm 混凝土，源库门为 20mm 铅板。源库拟安装红外报警及监控探头，对放射源实行 24h 实时监控；放射源库拟实行双人双锁，并由辐射工作人员专职负责放射源库的保管工作。

根据《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008），P 类探伤机的表面空气比释动能率$\dot{K}_1$≤2 mGy/h，源容器外 5cm 处空气比释动能率$\dot{K}_1$≤0.5mGy/h，表面 1m 处空气比释动能率$\dot{K}_1$≤0.02mGy/h。本项目γ射线探伤机存储时位于放射源库中部，则放射源库外辐射剂量率如下表 11-6。

表 11-6 ^{192}Ir 探伤机储存时放射源库外 30cm 处辐射剂量率

参数	东墙	南墙	西墙	北墙	防护门	顶部
γ射线探伤机表面外 1m 处$\dot{K}_1$（μGy/h）	20	20	20	20	20	20
距源 1m 处$\dot{K}_1$（μGy/h）	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9
关注点至源距离 R（m）	1.2	1.7	1.25	1.2	1.2	3.05
设计厚度	400mm 混凝土	900mm 混凝土	450mm 混凝土	400mm 混凝土	20mmPb	400mm 混凝土
屏蔽因子 B	3.9×10^{-3}	3.8×10^{-6}	2.0×10^{-3}	3.9×10^{-3}	9.8×10^{-3}	3.9×10^{-3}
放射源库外 30cm 处 K（μGy/h）	6.2×10^{-2}	3.0×10^{-5}	2.9×10^{-2}	6.2×10^{-2}	0.16	9.6×10^{-3}

注：①探伤机储存时有部分活动区域，计算以四周距墙 0.5m 进行估算，放置在地面，取墙外 30cm 为关注点。

②^{192}Ir 混凝土半值层为 50mm，铅半值层为 3mm（取自工业γ射线探伤放射防护标准 GBZ 132-2008 表 C.1）。

③源贮存位置至源表面距离取 7cm。

从表 11-6 中预测结果可以看出，本项目放射源库 ^{192}Ir 探伤机储存时源库外 30cm 处最大辐射剂量率为 0.16μGy/h，能够满足《工业γ射线探伤卫生防护标准》（GBZ 132-2008）中对探伤机的贮存屏蔽要求。

3. γ射线探伤机正常开机时辐射影响分析

（1）四周墙壁、屋顶、工件门及人员门辐射影响分析

放射源空气比释动能率公式

$$\dot{K}_0 = A\cdot\Gamma_k/R^2 \qquad \text{……公式（5）}$$

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0\cdot B \qquad \text{……公式（6）}$$

公式中：$\dot{K}_0$：无屏蔽防护时，在距离放射源 R 处的空气比释动能率

$\dot{K}_1$：采取屏蔽措施后在距离放射源 R 处的空气比释动能率

A：放射源活度，^{192}Ir 额定装源活度为 3.7×10^{12}Bq

Γ_k：比释动能率常数，$\Gamma_{k-}{}^{192}\text{Ir} = 1.09\times10^{-13}\text{Gy•m}^2/(\text{Bq•h})$

R：参考点离放射源的距离

B：屏蔽透射因子，$B=1/2^n$（n 为半值层数），根据《工业γ射线探伤放射防护

标准》（GBZ132-2008）表 C.1 中 ^{192}Ir 混凝土半值层为 50mm，铅半值层为 3mm。900mm 混凝土透射因子为 3.8×10^{-6}，650mm 混凝土透射因子为 1.2×10^{-4}，450mm 混凝土透射因子为 2.0×10^{-3}；60mm 铅透射因子为 9.5×10^{-7}，20mm 铅透射因子为 9.8×10^{-3}。

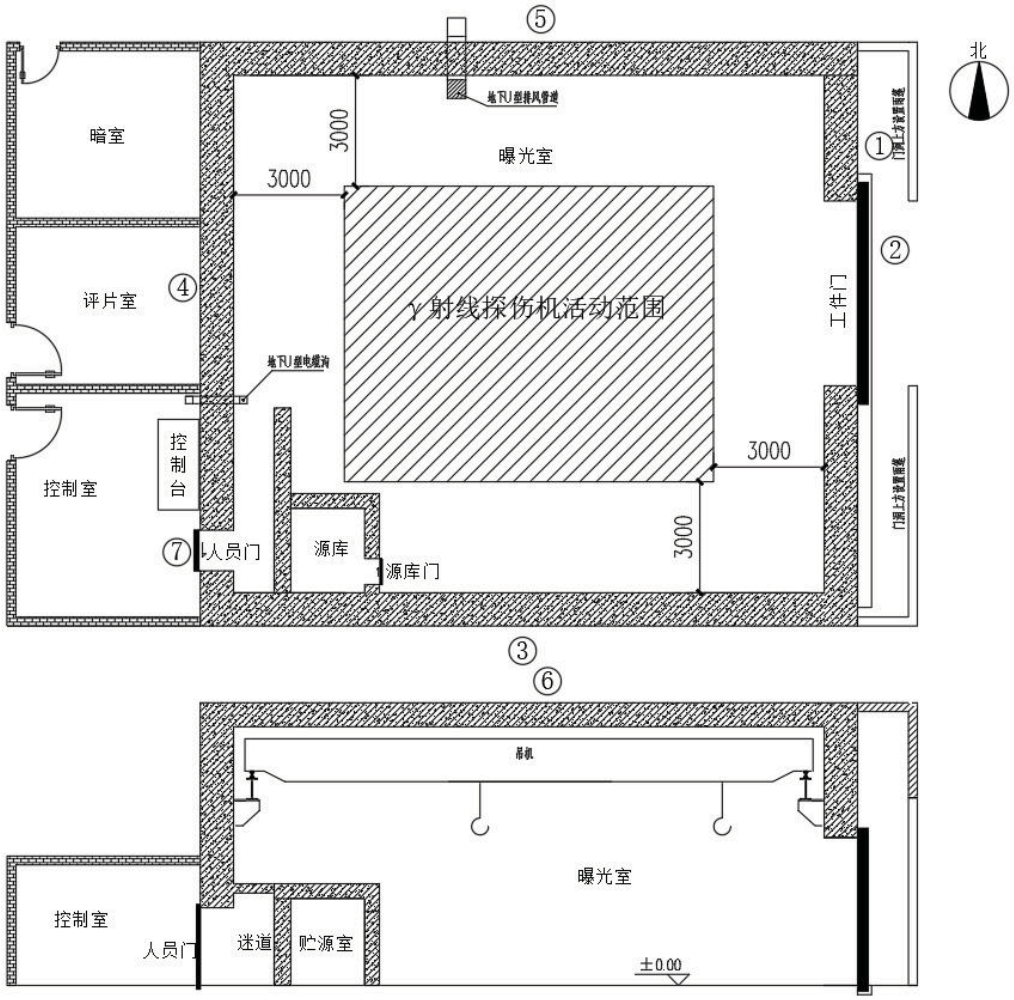

图 11-6 本项目探伤房计算点位示意图

本项目γ射线探伤机工作时主射线方向为四周屏蔽墙、屋顶、地面，四周墙、防护门及屋顶辐射防护屏蔽预测计算模式采用公式（5）、（6）。曝光室周围各关注点处的辐射剂量率理论计算结果见表 11-6。

表 11-7 本项目曝光室四周屏蔽墙、屋顶及工件门屏蔽效果预测表

参数	设计厚度	$\dot{K}_0$ μSv/h (1m 处)	B	R (m)	$\dot{K}_1$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平(μSv/h)	评价
东墙①	900mm 混凝土	4.033×10^5	3.8×10^{-6}	4.2	0.087	2.5	满足
工件门②	60mmPb	4.033×10^5	9.5×10^{-7}	4.2	0.022	2.5	满足
南墙③	900mm 混凝土	4.033×10^5	3.8×10^{-6}	4.2	0.087	2.5	满足
西墙④	900mm 混凝土	4.033×10^5	3.8×10^{-6}	4.2	0.087	2.5	满足

北墙⑤	900mm 混凝土	4.033×10^{5}	3.8×10^{-6}	4.2	0.087	2.5	满足
屋顶⑥	650mm 混凝土	4.033×10^{5}	1.2×10^{-4}	6.95	1.02	100	满足
人员门⑦	450mm 混凝土 +20mmPb	4.033×10^{5}	$(2.0\times10^{-3})\times(9.8\times10^{-3})$	4.2	0.45	/	/

注：放射源距曝光室四周墙最近为 3m，离地面 1m，取墙外 30cm 为关注点。

从表 11-7 理论预测结果可以看出，当本项目探伤房以配备的 ^{192}Ir γ射线探伤机最大活度（100Ci）运行时，探伤房曝光室四周屏蔽墙、顶部及工件门外 30cm 处剂量率均能够满足《工业γ射线探伤卫生防护标准》（GBZ 132-2008）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

（2）迷道口处辐射影响分析

本项目探伤房曝光室采用“L”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平，保守以γ射线直接照射迷道内口，射线进入迷道后散射示意图见图 11-7。X 射线探伤时有用线束经西墙 1 次散射，迷道内墙 2 次散射到达人员门，散射路径为 O→A→B→C，迷道出口人员门采用厚度为 20mm 的铅板防护。散射公式见（7）（美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告）。

$$H_S=\frac{D_0\cdot\alpha_1\cdot\alpha_2\cdot A_1\cdot A_2}{r_1^2\cdot r_2^2\cdot r_3^2} \qquad \text{……公式（7）}$$

其中：H_s 为散射剂量率，μSv/h；

D_0：入射源强，μSv·m²/h；$D_0=4.033\times10^5$μSv·m²/h;

α 为散射系数，根据《辐射防护导论》P186 图 6.4 光子在普通混凝土上的反射查的 0.468MeV 光子 90°方向散射系数为 0.021。

r 为入射距离，3m，散射距离分别为 3.9m、1.8m；

A 为散射面积，m²；散射面积 A_1 为迷道内口横截面积：$1.1\times2.5=2.75$m²、A_2 为人员门洞横截面积：$1.1\times2.1==2.31$m²。

表 11-8 本项目探伤房迷道主射线 2 次散射辐射剂量率

F_{j0}（μSv·m²/h）	α	A_1（m²）	A_2（m²）	r_{OA}（m）	r_{AB}（m）	r_{BC}（m）
4.033×10^{5}	0.021	2.75	2.31	3	3.9	1.8
H（散射线的迷道散射，无屏蔽，μSv/h）			B 20mmPb	H（散射线的迷道散射，有屏蔽，μSv/h）		
16.2			9.84×10^{-3}	0.16		

注：不考虑 ^{192}Ir 射线散射后能量衰减，铅半值层厚度为 3mm。

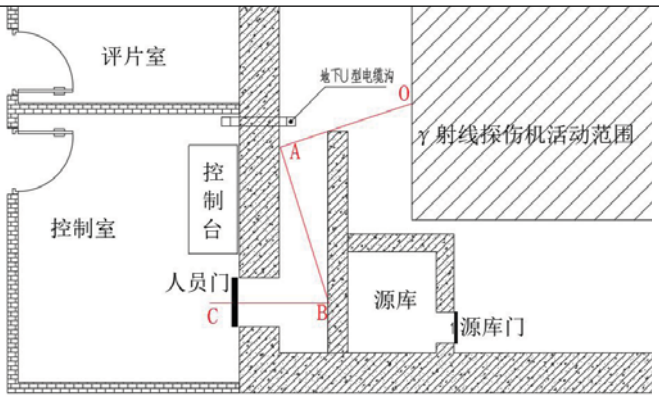

图 11-7 人员门口射线路径示意图（单位：mm）

根据表 11-7 主射线穿迷道墙及迷道门外辐射剂量率为 0.45μSv/h，叠加主射线 2 次散射至人员门外辐射剂量率后为 0.61μSv/h，人员门外 30cm 处剂量率能够满足《工业γ射线探伤卫生防护标准》（GBZ 132-2008）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

4、天空反散射辐射影响分析

根据表 11-7，本项目γ射线探伤机曝光时屋顶外 30cm 处辐射剂量率为 1.02μSv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 1.02μSv/h，能够满足《工业γ射线探伤卫生防护标准》（GBZ 132-2008）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

5、电缆沟、通风管道辐射影响分析

本项目探伤房电缆管道、通风管道采用 U 型管设计，利用散射降低管道口的辐射水平，避免γ射线直接照射电缆口、通风口，γ射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-4，进入通风管道后散射示意图如图 11-5。γ射线进入电缆管道及通风管道均需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门”，本项目探伤房电缆管道设计、通风管道设计能够满足辐射防护要求。

6、γ射线探伤时人员有效剂量估算

6.1 搬运γ射线探伤机时辐射工作人员年有效剂量估算

从表 11-5 中的计算结果可以看出，γ射线探伤机表面处辐射水平较高，辐射工作人员手提搬运γ探伤机，平均距离γ探伤机距离约 0.3m，此时受到γ射线外照射的空气比释动能率为 167.3μGy/h，探伤机搬运时间按 30s/次、4 次/d、5d/周、250d/年计算，此工作保守由一名辐射工作人员承担，则辐射工作人员周有效剂量最大为 27.9μSv，年有效剂量最大为 1.40mSv。

6.2 贴片、工件摆位、取片时辐射工作人员年有效剂量估算

辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时，平均距离探伤机距离约3m。根据表11-5，受到γ射线外照射的空气比释动能率为2.43μGy/h，每名辐射工作人员贴片、工件摆位、取片时时间按5min/次、5次/d、5d/周、250d/年计算，辐射工作人员周有效剂量最大为5.1μSv，年有效剂量最大为0.25mSv。

6.3 γ射线探伤机正常曝光时人员有效剂量估算

表11-9 本项目保护目标辐射影响理论估算结果表

位置	居留因子	使用因子	墙外30cm处辐射剂量率(μSv/h)	距离(m)	关注点辐射剂量率(μSv/h）	周剂量估算值(μSv/周)	目标管理值(μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)	目标管理值(mSv/年)
操作室	1	1	0.58	/	5.80E-01	5.80	100 (工作人员)	2.90×10^{-1}	5 (工作人员)
碳钢管加工车间	1	1	0.087	31	1.24×10^{-3}	1.24×10^{-2}	5 (公众)	6.19×10^{-4}	0.1 （公众）
结构综合车间	1	1	0.087	45	6.34×10^{-4}	6.34×10^{-3}		3.17×10^{-4}	
不锈钢钢管加工车间	1	1	0.58	27	1.05×10^{-2}	1.05×10^{-1}		5.26×10^{-3}	
2#空压站及配变电站	1	1	0.087	12	5.85×10^{-3}	5.85×10^{-2}		2.92×10^{-3}	
厂区道路	1/16	1	0.087	/	8.70×10^{-2}	5.44×10^{-2}		2.72×10^{-3}	

注：本项目γ射线探伤机周曝光时间最长约为10h，年工作50周，年曝光时间最长为500h；

综上，根据6.1~6.3的理论计算结果，本项目γ射线探伤时辐射工作人员周有效剂量最大为38.8μSv，年有效剂量最大为1.94mSv；周围公众周有效剂量最大为1.05×10^{-1}μSv，年有效剂量最大为5.26×10^{-3}mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

三.本项目人员有效剂量汇总

本项目X射线探伤与γ射线探伤均由本项目辐射工作人员操作完成，人员有效剂量进行叠加分析，根据以上计算结果进行汇总。

表11-10本项目探伤房人员有效剂量估算结果汇总表

类别	辐射工作人员		公众	
	周剂量估算值(μSvh/周)	年剂量估算值(mSv/年)	周剂量估算值(μSvh/周)	年剂量估算值(mSv/年)
X射线探伤	1.77×10^{-2}	8.83×10^{-4}	2.39×10^{-4}	1.19×10^{-5}
γ射线探伤	38.8	1.94	1.05×10^{-1}	5.26×10^{-3}
合计	**38.8**	**1.94**	**0.105**	**5.27×10^{-3}**
目标管理值	100μSv/周	5mSv/年	5μSv/周	0.1mSv/年
评价	满足	满足	满足	满足

综上，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量及年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本项目管理目标限值要求。

事故影响分析

本项目 X 射线探伤机为II类射线装置，γ射线探伤机为II类放射源。在 X、γ射线探伤机探伤过程中，若不采取适当的屏蔽措施，可能对操作的辐射工作人员及周围公众造成放射性损伤，可能会造成意外照射。

1.X 射线探伤事故类型

1.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

1）X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下，曝光室门机联锁失效，工作人员误入曝光室；

2）曝光室门机联锁失效，工件门未完全关闭，X 射线探伤机在对工件进行曝光的工况下对曝光室周围人员造成意外照射；

3）探伤操作人员未发现曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

4）探伤机进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射；

5）曝光室防护门屏蔽受损有漏射线对周围人员造成意外照射。

1.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，停止探伤机曝光，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后，X 射线探伤机才能进行照射；定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，定期对探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期进行更换。制定各项管理制度并严格按要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

3）X 射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检（2 名辐射工作人员之一），发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录。

4）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

5）建设单位需制定《探伤机操作规程》。凡涉及对X射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

6）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

7）公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对探伤机进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

2.γ射线探伤事故类型

2.1 本项目运行可能发生的辐射事故：

1）γ射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

2）γ射线探伤机探伤机源容器出口安全锁损坏，导致探伤机移动过程中放射源移出源容器。

3）γ射线探伤机探伤机输源管或控制缆经过挤压、弯曲后不能保持结构完整导致放射源不能在导管内运动，造成卡源事故。

4）γ射线探伤过程中辐射工作人员或其他人员误留在曝光室内，致使其受到大剂量照射。

5）γ射线探伤过程中因门-机联锁失效、警告灯损坏等原因，工作人员或其他人员误入曝光室使其受到大剂量照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，大量X射线泄漏到曝光室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

2.2 本项目针对上述可能出现的事故提出预防措施：

1）误入人员可按下室内紧急停机按钮并通过紧急开门按钮逃离曝光室，辐射工作人员对于人员误入曝光室应及时按下急停按钮，回收放射源，核算人员误照射剂量，并及时到专业医院就诊检查治疗。

2）辐射工作人员应经常检查门机联锁装置，确保完好。确保在所有防护门关闭后，

γ射线探伤机才能启动出源；每月应对γ射线探伤机进行检查、维护，每3个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。

3）γ射线探伤时辐射工作人员应定期使用辐射巡检仪进行巡检（2名辐射工作人员之一），发现异常情况应立即停止将放射源回收至探伤机内，并检查排除异常，并做好记录。

4）对辐射工作人员造成意外照射，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标则人员应及时调岗，并及时到专业医院就诊检查治疗。

5）辐射工作人员进出探伤房曝光室时必须携带个人剂量报警仪。

6）建设单位需制定《探伤机操作规程》。凡涉及对γ射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并应将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置。

7）加强源库管理，落实双人双锁制度，由2名工作人员专职负责源库的保管工作，加强源容器出入源库登记记录。

8）辐射工作人员通过考核后方能从事探伤作业，同时定期进行辐射安全与防护培训，提升安全与防护意识。

9）γ射线探伤装置的安全使用期限为10年，禁止使用超过10年的γ射线探伤装置。

10）公司在日常工作中应加强辐射安全管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤操作，每次探伤前检查探伤室门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测探伤室的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，完善切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应制定应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表 12 辐射安全管理

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》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置及放射源的单位应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；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

惠生（南通）重工有限公司已成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。本项目拟新配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的相关工作人员仍需通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

惠生（南通）重工有限公司已开展移动式 X 射线探伤。公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了相关辐射安全管理制度，并严格执行，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等；公司已制定辐射应急预案，已于每年组织应急演练，通过应急演练完善辐射应急预案；综上所述，公司目前辐射安全管理制度、环境监测及应急预案执行情况良好。公司现有各项制度较为健全及辐射事故应急预案等。具体制度见表 12-1，具体内容见附件 12。

表 12-1 现有辐射安全管理制度情况

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位落实情况	是否满足
辐射防护和安全保卫制度	辐射防护和安全保卫制度	满足
操作规程	X射线作业人员操作规程	满足
岗位职责	辐射防护人员岗位职责	满足
设备检修维护制度	射线设备检修与维护制度	满足
使用登记制度	射线装置使用登记、台账管理制度	满足
监测方案	辐射环境监测制度	满足
人员培训计划	人员培训计划	满足
辐射事故应急	辐射事故应急措施	满足

本项目公司扩建固定式X、γ射线探伤项目，公司应根据本项目情况，将本项目纳入日常管理内，补充完善相关辐射安全管理制度。现本报告对项目辐射安全管理制度提出如下建议：

岗位职责：完善管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

操作规程：明确本项目辐射人员的资质条件要求、X、γ射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确探伤装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是X、γ射线探伤机运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：完善设备检修维护制度，明确本项目X、γ射线探伤机、监测仪器、警示灯、联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。重点是辐射巡测仪、个人剂量报警仪等监测仪器必须保持良好工作状态。

射线装置使用登记、台账管理制度：完善探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期检查核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立管理档案。

人员培训计划：完善人员培训计划，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。

监测方案：方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

事故应急方案：依据《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）的要求建立事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话。

放射源更换：放射源活度不能达到使用要求更换放射源时，向省级生态环境主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，并在转入放射源后20日内将1份上述审批表报送省级生态环境主管部门备案，落实定期监测计划，并进行记录。

公司应完善相关管理制度，并严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1. 监测方案

1）委托有资质单位定期对探伤房曝光室及源库周围环境辐射剂量率进行检测，每年1～2次；

2）委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过3个月）送检，并建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生部门调查处理。

3）曝光室内进行探伤作业时公司辐射安全管理人员对探伤房曝光室及源库周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

2. 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》及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）等要求，使用II类射线装置及II类放射源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；公司拟为本项目配备1台辐射巡测仪和2台个人剂量报警仪。项目运行后公司应定期对探伤房周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，拟委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并计划定期组织职业健康体检，拟为辐射工作人员建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

辐射事故应急

惠生（南通）重工有限公司现有移动X射线探伤项目已制定事故应急预案，已于每年组织应急演练，通过应急演练完善辐射应急预案；公司目前应急预案执行情况良好。公司应在今后的工作实践中不断完善辐射应急预案。公司应针对本项目可能产生

的辐射事故情况完善事故应急预案，具体应急预案内容包括：

（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）应急演习计划；

（4）辐射事故分级与应急响应措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序。

惠生（南通）重工有限公司应依据《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，本项目一旦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，应立即启动企业内部的事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。事故发生后公司积极配合生态环境部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

公司应加强辐射安全管理，严格执行相关规章制度，并在实际工作中不断完善 X、γ射线探伤相关的操作规程和辐射安全管理制度，同时应加强γ射线探伤的安全管理，每月应对γ射线探伤机进行检查、维护，每 3 个月应对其性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修；并针对γ射线探伤机可能出现的事故完善切实可靠的辐射事故应急预案，平时工作中还应加强辐射工作人员辐射防护知识的培训，树立辐射安全意识，尽可能避免辐射事故的发生。公司应经常监测探伤房曝光室周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全设施有效运转。

表 13 结论与建议

结论

1.实践正当性

惠生（南通）重工有限公司因船舶配件无损检测需要，拟在公司中部不锈钢钢管加工车间东侧空地扩建 1 座固定式探伤房并拟配备 1 台 ^{192}Ir γ射线探伤机（100Ci）和 1 台 XXH3005 型 X 射线探伤机对产品进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从经济角度而言，可以提升厂家议价权，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，探伤机的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所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》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2.与产业政策的相符性

本项目使用 X、γ射线探伤机对公司船舶配件进行无损质量检测，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），本项目不属于限制类、淘汰类。根据《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（2013 年修正）的相关规定，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。

3.辐射安全与防护分析结论

1）选址、布局合理性

惠生（南通）重工有限公司位于江苏省南通经济技术开发区港口工业三区，公司东侧、南侧均为惠生路；西侧为长江；北侧为江海路。本项目探伤房拟建设于公司中部不锈钢钢管加工车间东侧空地。本项目探伤房东侧为厂区道路及 SPB 罐总组车间；南侧为厂区道路及碳钢管加工车间和结构综合车间；西侧为不锈钢钢管加工车间；北侧为 2#空压站及配变电站。本项目探伤房拟设置有曝光室、源库、操作室、评片室及暗室。操作室、评片室及暗室均位于曝光室西侧，源库位于曝光室西南角。本项目探伤房为一层建筑，上方无建筑，下方为土层。本项目探伤房曝光室周围 50m 范围均在本公司厂区内，50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保

护目标主要为从事X、γ射线探伤操作的辐射工作人员及周围公众。本项目探伤房选址基本合理。

本项目探伤房设计有曝光室、源库、操作室、评片室和暗室。本项目操作室、评片室和暗室均位于曝光室西墙外；源库位于曝光室西南角；本项目曝光室设置有人员门、工件门；探伤房外墙无可攀爬的设施，探伤房顶部人员不可到达；本项目工作场所布局设计基本合理。

2）辐射防护措施

本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为16m×14m×7m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对X、γ射线进行屏蔽，混凝土密度不小于2.35t/m^3。曝光室四周墙为900mm混凝土，屋顶为650mm混凝土，工件门为60mm铅板，人员门内嵌20mm铅板。

源库内长宽高为2.0m×2.28m×2.35m，源库为混凝土结构，东、北墙及顶部为400mm混凝土，南墙为900mm混凝土，西墙为450mm混凝土，源库门为20mm铅板。

本项目探伤房将曝光室及源库作为本项目控制区，将操作室、评片室和暗室作为本项目监督区，在监督区入口门张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示。在工件门及人员门外均设置电离辐射警告标志及中文警示说明。

3）辐射安全措施

曝光室工件门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置，防止人员误入；公司拟在曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与探伤装置联锁，以提醒工作人员和其它人员在照射时不要靠近和逗留；门-机联锁装置、声音提示装置工作指示灯应定期检查，确保有效；曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志，用于提醒无关人员勿在其附近出入和逗留；公司拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。同时本项目X射线探伤机控制台设置高压接通或断开指示灯，当X射线探伤机管电压及高压接通后，指示灯亮，从而判断X射线探伤机是否正常通电；拟设置显示器，通过显示器能够知晓管电压、管电流、照射时间及设定值。拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮，确保发生事故时，人员能够逃离事故现场。探伤房曝光室拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。

公司拟为本项目配置1台辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，用于对瞬时辐射剂量率的实时报警及探伤房周围环境辐射水平监测。以上措施落实后能够满足辐射安全管理的要求。

探伤房曝光室西南角拟设置专用放射源库，用于储存本项目γ射线探伤机。源库门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；源库拟安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；源库拟实行双人双锁，并由2名工作人员专职负责源库的保管工作，源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

4）洗片废液及废胶片处置

惠生（南通）重工有限公司本项目探伤房产生的废显（定）影剂、洗片冲洗废水及废胶片集中收集暂存于厂区危废库。建设单位已与有资质的单位签订了洗片废液、废胶片处置协议，产生的危废交由该单位处理。

4.辐射环境影响分析结论

本项目探伤房曝光室通过混凝土屏蔽墙、混凝土屋顶、铅工件门和铅人员门对X、γ射线进行防护。经理论预测结果可知，X、γ射线探伤机正常运行时，曝光室表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）、《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求；放射源库表面外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众周有效剂量和年有效剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的剂量限值要求和本项目的目标管理值要求。

5.辐射环境管理

1) 拟委托有资质的单位每年对本项目固定探伤房工作场所周围环境辐射水平进行检测；

2) 公司拟配置辐射剂量监测仪器，定期对本项目固定探伤房工作场所辐射水平进行检测；

3) 在项目运行前，公司委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均配带个人剂量计，并定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

4）在项目运行前拟对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立辐射工作人员职业健康监护档案。

5）公司已成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前完善相关辐射安全管理制度；公司本项目拟新配备的辐射工作人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识考核，公司对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

综上所述，惠生（南通）重工有限公司扩建固定式X、γ射线探伤项目符合实践正当化原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”及目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

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）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4）建设单位在获得本项目环评批复后且探伤房建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5）根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过3个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过12个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后3个月内进行竣工环保验收。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：   公　　章 经办人 年　　月　　日
审批意见：   公　　章 经办人 年　　月　　日

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资（万元）
辐射安全管理	公司已成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》成立安全管理机构。	/
	管理制度：完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、事故应急制度等。		/
	2 名辐射工作人员上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。	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》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入（每 5 年）
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天。个人剂量档案长期保存）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正本）第四十一条），个人剂量档案应长期保存。	每年投入
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立职业健康监护档案。（两次检查的时间间隔不应超过 2 年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入
辐射防护措施	本项目探伤房曝光室内部长宽高尺寸为 16m×14m×7m，曝光室通过混凝土墙、混凝土屋顶和铅防护门对 X、γ射线进行屏蔽，混凝土密度不小于 2.35t/m^3。曝光室四周墙为 900mm 混凝土，屋顶为 650mm 混凝土，工件门为 60mm 铅板，人员门内嵌 20mm 铅板。 源库内长宽高为 2.0m×2.28m×2.35m，源库为混凝土结构，东、北墙及顶部为 400mm 混凝土，南墙为 900mm 混凝土，西墙为 450mm 混凝土，源库门为 20mm 铅板。	曝光室表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）剂量率限值要求。 辐射工作人员及公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。（职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv；职业人员周有效剂量不超过 100μSv；公众周有效剂量不超过 5μSv。）。	77
污染防治措施	危废：本项目探伤房产生的废显（定）影剂、洗片冲洗废水及废胶片集中暂存危废库后，交给有资质单位处理。	交由有资质单位处理。	每年投入
	废气：臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气。曝光室内拟设置通风设施，可通过风机将臭氧及氮氧化物抽排出曝光室，能确保每小时有限通风换气次数不小于 3 次。且每次更换工件都将打开防护门，也可实现通风。本项目采取开门和通风设施两种通风方式排出废气。	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/
	固废：（1）本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾。 （2）本项目 ^{192}Ir 放射源强度低于使用要求时，放射源退役。	（1）本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后，交给环卫部门清运。 （2）退役放射源由原供源单位或有资质单位回收。	/
	液体废物：本项目运行后工作人员会产生一定量的生活污水。	本项目产生的生活污水进入公司污水管网，最终进入污水处理厂处理。	/

辐射安全措施	曝光室工件门及人员门均拟设置与探伤机高压联动的门-机安全联锁装置；公司拟在曝光室工件门及人员门的门口及内部拟设置带有“预备”“照射”状态的工作指示灯，照射状态指示装置与探伤装置联锁；曝光室工件门及人员门拟设置“当心电离辐射”警告标志；公司拟在控制台处设置钥匙开关，控制台及曝光室内部四周墙壁上拟设置急停机按钮。同时本项目 X 射线探伤机控制台设置高压接通或断开指示灯。操作台拟设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。工件门及人员门拟设置紧急开门按钮。探伤房曝光室拟安装固定式剂量率仪，并与门-机联锁相联系。 探伤房曝光室西南角拟设置专用放射源库，用于储存本项目γ射线探伤机。源库门外表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志及警示说明；源库拟安装红外报警及监控探头，对放射源实行实时监控；源库拟实行双人双锁，并由 2 名工作人员专职负责源库的保管工作，源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。	能满足《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求。	2
	拟配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪。	根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。	1

以上措施必须在项目运行前落实。