

核技术利用建设项目

舟山惠生海洋工程有限公司

X 射线室内和现场探伤项目

环境影响报告表

舟山惠生海洋工程有限公司

2019 年 11 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目 环境影响报告表

建设单位名称： 舟山惠生海洋工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）： _____

通讯地址： 舟山市岱山县高亭镇沿港中路 311 号

邮政编码： 316200 联系人： 刘科杰

电子邮箱： _____ / _____ 联系电话： 15824260895

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	5
表 3 非密封放射性物质	5
表 4 射线装置	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	7
表 6 评价依据	8
表 7 保护目标与评价标准	10
表 8 环境质量和辐射现状	15
表 9 项目工程分析与源项	18
表 10 辐射安全与防护	22
表 11 环境影响分析	25
表 12 辐射安全管理	34
表 13 结论与建议	38

附图 1 舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地地理位置示意图	
附图 2 舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地周围环境卫星图	
附图 3 舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地平面布置示意图	
附图 4 探伤房平面布置及剖面布置示意图	

附件 1 项目委托书

附件 2 公司营业执照

附件 3 显影、定影废液和废胶片安全处置承诺书

附件 4 本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质

附件 5 浙江省舟山市环境保护局关于舟山惠生海洋工程建设基地环境影响报告书批复
（舟环建审[2013]97 号）

附件 6 本项目探伤情况说明

建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目			
建设单位		舟山惠生海洋工程有限公司			
法人代表	曲颂	联系人	刘科杰	联系电话	15824260895
注册地址		浙江省舟山市岱山县高亭镇长河路 80 号二楼			
项目建设地点		浙江省舟山市岱山县秀山乡秀东社区			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保投 资/总投资)	10%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射 性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	项目概述				
一、建设单位基本情况					
<p>舟山惠生海洋工程有限公司隶属惠生集团，是惠生集团重工板块中的重要力量，公司位于风景秀丽的浙江舟山，注册资金 3 亿元人民币，一期投资 11 亿元人民币。公司占地 1400 亩，拥有深水岸线 1920 米。公司以“发展科技，为海洋工程服务作贡献”为使命，以海洋石油工程为主业、港口物流工程机械为支撑。</p> <p>舟山惠生海洋工程建设基地项目已履行环境影响评价手续，并已取得环评批复（见附件 5）。</p>					

二、建设项目规模

由于生产需要，公司拟在海洋工程建设基地 1#结构车间（包括 2 层生活间）东侧余料利用工场内新建 1 座固定式 X 射线探伤房，包括 1 间 X 射线探伤室和控制室等相关辅房，拟配备 7 台 X 射线探伤机，在探伤室内开展 X 射线室内探伤作业，用于公司产品的无损检测；同时公司拟在海洋工程建设基地外场滑道区指定区域，开展 X 射线现场探伤作业，用于对无法进行固定探伤的超尺寸或超吨位产品进行无损探伤检测。

考虑到日后公司生产的产品厚度有可能增加、无法使用 X 射线探伤机探伤，故公司探伤室设计厚度较厚，同时探伤室西北角内设计有一个源库，为日后 γ 射线室内探伤预留，源库不属于本次环境影响评价内容。日后公司若需开展 γ 射线探伤，将依法履行环境影响评价手续。

本次环境影响评价内容为：公司在海洋工程建设基地新建 1 座固定式 X 射线探伤房，拟配备 7 台 X 射线探伤机，开展 X 射线室内和现场探伤项目。

本项目为该公司首次开展核技术利用项目，本项目射线装置基本情况见下表：

射线装置										
序号	射线装置型号	数量	管电压 kV	管电流 mA	类别	工作场所名称	许可种类	环评情况及 审批时间	许可情况	备注
1	XXG3505D	7	350	5	II	海洋工程建设基地探伤室内、海洋工程建设基地外场滑道区指定区域	使用	新建项目 本次环评	未许可	定向

舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目属于核技术利用项目，为保护环境和公众利益，防止辐射污染，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，其应办理环境影响评价手续，并向生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

本项目为使用 II 类射线装置，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（修订版），应编制环境影响报告表。受舟山惠生海洋工程有限公司的委托，我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、项目工程分析，并在结合现场勘察、现场检测（委托江苏核众环境监测技术有限公司检测）等工作的基础上，编制了该核技术应用项目环境影响报告表。

三、项目周边保护目标及项目选址情况

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区，基地地理位置示意图附图 1，基地周围环境卫生卫星图见附图 2。

本项目探伤房拟建场址位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，探伤房拟建址东侧依次为厂内道路和不锈钢配管车间，南侧为余料利用工场，西侧依次为余料利用工场、1#结构车间（包括生活间），北侧依次为余料利用工场、厂内道路。现场探伤区域拟设置于公司海洋工程建设基地外场滑道区中部偏西，其东侧依次为外场滑道区、厂内道路、预留用地、厂区围墙，南侧依次为外场滑道区、厂内道路、拟建仓库等、山丘，西侧依次为涂装车间、建造场地和加工场地，北侧依次为外场滑道区、厂区围墙、3号码头及海域。本项目探伤房、现场探伤区域拟建址及周围环境示意图见图 3，周围环境现状见图 1-1~图 1-8。

根据现场调查和附图 2、附图 3 可知，本项目探伤室周围 50m 评价范围内、移动探伤区域周围 205m 评价范围内均无居民区、学校等环境敏感点，环境保护目标主要是本项目辐射工作人员及项目周围公众。



图 1-1 探伤房拟建址及西侧



图 1-2 探伤房拟建址东侧



图 1-3 探伤房拟建址北侧



图 1-4 探伤房拟建址南侧



图 1-5 现场探伤区域拟建址及东侧、南侧



图 1-6 现场探伤区域拟建址南侧道路及山丘



图 1-7 现场探伤区域拟建址西侧



图 1-8 现场探伤区域拟建址北侧码头及海域

四、实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加项目周围的辐射水平，但采取各种辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目的建设将满足企业的生产需求，提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后，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。

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
无								

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
无										

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
无										

(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	7	XXG3505D	350	5	无损检测	海洋工程建设基地探伤 室内、海洋工程建设基 地外场滑道区指定区域	定向
	以下空白								

(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	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度	贮存方式	数量	
无													

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
显影、定影废液	液态	/	/	/	≤400kg	/	暂存在探伤房暗室内	集中收集并委托有资质单位回收处理
废胶片	固态	/	/	/	≤100 张	/		
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/m³，年排放总量用 kg。
 2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 2015 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修正版), 国家主席令第 48 号, 自 2018 年 12 月 29 日起施行</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017 年修正版), 2017 年 10 月 1 日起施行</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(修订版), 国务院令第 709 号, 2019 年 3 月 18 日起施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019 年修正本), 生态环境部令第 7 号, 2019 年 8 月 22 日起施行</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2018 年修正本), 生态环境部令第 1 号, 自 2018 年 4 月 28 日起施行</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(9) 《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》, 国家环境保护总局文件, 环发[2006] 145 号文</p> <p>(10) 《射线装置分类》(2017 年修订本), 环境保护部 国家卫生计生委公告 2017 年公告第 66 号, 自 2017 年 12 月 5 日起施行</p> <p>(11) 《国家危险废物名录》(修订版), 环境保护部令第 39 号, 2016 年 8 月 1 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(13) 《浙江省建设项目环境保护管理办法》, 浙江省人民政府令第 364 号, 2018 年 3 月 1 日起施行</p> <p>(14) 《浙江省辐射环境管理办法》, 浙江省人民政府令第 289 号, 2012 年 2 月 1 日起施行</p> <p>(15) 《关于发布〈省环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)〉及〈设区市环境保护行政主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高污染风险以及严重影响生态的建设项目清单(2015 年本)〉的通知》浙环发[2015]38 号, 2015 年 10 月 23 日起施行</p>
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则——核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)</p> <p>(4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)</p> <p>(6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)</p>
<p>其他</p>	<p>报告附件:</p> <p>(1) 项目委托书 (附件 1)</p> <p>(2) 公司营业执照 (附件 2)</p> <p>(3) 显影、定影废液和废胶片安全处置承诺书 (附件 3)</p> <p>(4) 本项目辐射环境现状检测报告及检测单位资质 (附件 4)</p> <p>(5) 浙江省舟山市环境保护局关于舟山惠生海洋工程建设基地环境影响报告书批复 (舟环建审[2013]97 号) (附件 5)</p> <p>(6) 本项目探伤情况说明 (附件 6)</p> <p>参考资料:</p> <p>(1) 《辐射防护手册》(第三分册), 李德平, 潘自强主编。</p> <p>(2) 《辐射防护导论》, 方杰主编。</p> <p>(3) 根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》, 舟山地区道路上 γ 辐射剂量率范围为 (64~116) nGy/h。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为使用 II 类射线装置进行室内和现场探伤，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》(HJ10.1-2016)的相关规定，射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围(无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围)，因此，X 射线室内探伤项目评价范围确定为探伤室边界外延 50m 的区域；X 射线现场探伤无实体边界，根据 HJ10.1-2016 的相关规定、环评报告表中控制区和监督区的理论计算范围，确定为现场探伤区域边界外延 205m 的区域。本项目评价范围示意图见图 3。

保护目标

根据现场调查和附图 2、附图 3 可知，本项目探伤室周围 50m 评价范围、移动探伤区域周围 205m 评价范围均位于海洋工程建设基地厂界范围内，评价范围内无居民区、学校等环境敏感点，环境保护目标主要是本项目辐射工作人员及项目周围公众。本项目环境保护目标情况见表 7-1。

公司均在 21:00 至次日凌晨 6:00 开展现场探伤，探伤作业均需提前按照公司体系文件走申请审批流程，每次探伤前均会发布探伤通知，开具作业通知单，确保通知到海洋工程建设基地内所有工作人员，进行清场，现场探伤时除探伤人员外，评价范围内无其他人员居留。

表 7-1 本项目周围环境及保护目标情况

编号	环境保护目标名称		方位	距探伤室/ 现场探伤区域最近距离	人口规模	
1	本项目辐射工作人员		探伤室北侧	0m	不低于 5 人	
			现场探伤控制区外	/		
2	公众	室内探伤项目	厂区道路	东侧	5m	流动人员
3			不锈钢配管车间		29m	约 40 人
4			余料利用工场	南侧	5m	无固定工作人员
5			余料利用工场	北侧	11m	
6			余料利用工场	西侧	2m	
7			1#结构车间(包括生活间)		33m	约 40 人

评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

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

4 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

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,控制室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

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

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足:

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

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

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

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

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

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

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

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

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

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

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

4.2 安全操作要求

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

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

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

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

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

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

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \quad (1)$$

式中： \dot{K} ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t ——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100 ——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ 。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标识和警告标语等提示信息。

5.5.1 开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方看不到，应安排足够的人员进行巡查。

5.5.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确保剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区与监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确定探伤机确已停止工作。

（3）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

（4）项目管理目标

本项目探伤室为单层建筑，探伤室顶不需要人员到达，探伤室旁邻近建筑物不在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内，综合考虑以上评价标准，确定本项目的管理目标为：

①辐射环境剂量率控制水平：

X 射线室内探伤项目：探伤室四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，屋顶外表面 30cm 处辐射剂量率不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

X 射线现场探伤项目：控制区边界辐射剂量率不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

②辐射剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.25mSv 。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区，基地地理位置示意图见附图 1，基地周围环境卫星图见附图 2。

本项目探伤房拟建场址位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，探伤房东侧依次为厂内道路和不锈钢配管车间，南侧为余料利用工场，西侧依次为余料利用工场、1#结构车间（包括生活间），北侧依次为余料利用工场、厂内道路。现场探伤区域位于公司海洋工程建设基地外场滑道区中部偏西，其东侧依次为外场滑道区、厂内道路、预留用地、厂区围墙，南侧依次为外场滑道区、厂内道路、拟建仓库等、山丘，西侧依次为涂装车间、建造场地和加工场地，北侧依次为外场滑道区、厂区围墙、3 号码头及海域。本项目探伤房、现场探伤区域拟建址及周围环境示意图见附图 3。

二、环境现状检测

1、检测因子、检测方法

检测因子：X- γ 辐射剂量率

检测方法：《环境地表 γ 射剂量率测定规范》（GB/T4583-1993）

2、检测点位布设

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）有关布点原则进行布点，共计布点 10 个，重点调查本项目探伤房、现场探伤区域拟建址及周围环境贯穿辐射水平，具体点位见图 8-1、8-2。

3、检测单位、检测时间和检测仪器

检测单位：江苏核众环境监测技术有限公司

检测时间：2019 年 9 月 3 日

测天气：晴

检测仪器名称：辐射检测仪

仪器型号：AT1123，仪器编号：55045，能量响应范围：15keV~3MeV，检定有效期：2019.6.21~2020.6.20，检定单位：江苏省计量科学研究院，证书编号：Y2019-0054092

4、质量保证措施、检测结果

(1) 质量保证措施

①委托的检测机构已通过计量认证，具备有相应的检测资质和检测能力，其计量认证证书及检测能力证书见附件 4；

②委托的检测机构制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；

③委托的检测机构所采用的监测设备均通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；

④所有检测人员均通过专业的技术培训和考核；

⑤检测报告实行三级审核。

(2) 检测结果及评价

本项目环境贯穿辐射水平检测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 4。

表 8-1 本项目环境贯穿辐射水平检测结果

序号	检测点位描述	检测结果 (nSv/h)
1	探伤房拟建址	98
2	探伤房拟建址东侧	106
3	探伤房拟建址南侧	100
4	探伤房拟建址西侧	95
5	探伤房拟建址北侧	107
6	现场探伤区域拟建址	104
7	现场探伤区域拟建址东侧	89
8	现场探伤区域拟建址南侧	97
9	现场探伤区域拟建址西侧	108
10	现场探伤区域拟建址北侧	95

注：上表数据未扣仪器宇响值。

环境天然放射性水平因地域不同差异较大，国家没有制定相关的标准，实际工作中一般采用当地天然放射性水平的基本数据作为参考。

根据《浙江省环境天然放射性水平调查报告》可知，舟山地区道路上 γ 辐射剂量率范围为 (64~116) nGy/h。

根据表 8-1 检测结果可知，舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目拟建场址及周围环境贯穿辐射水平为 (89~108) nSv/h，，即 (89~108) nGy/h (取 $1\text{nSv/h}\approx 1\text{nGy/h}$)，处于舟山地区道路上 γ 辐射剂量率本底值范围内，属正常环境本底水平。

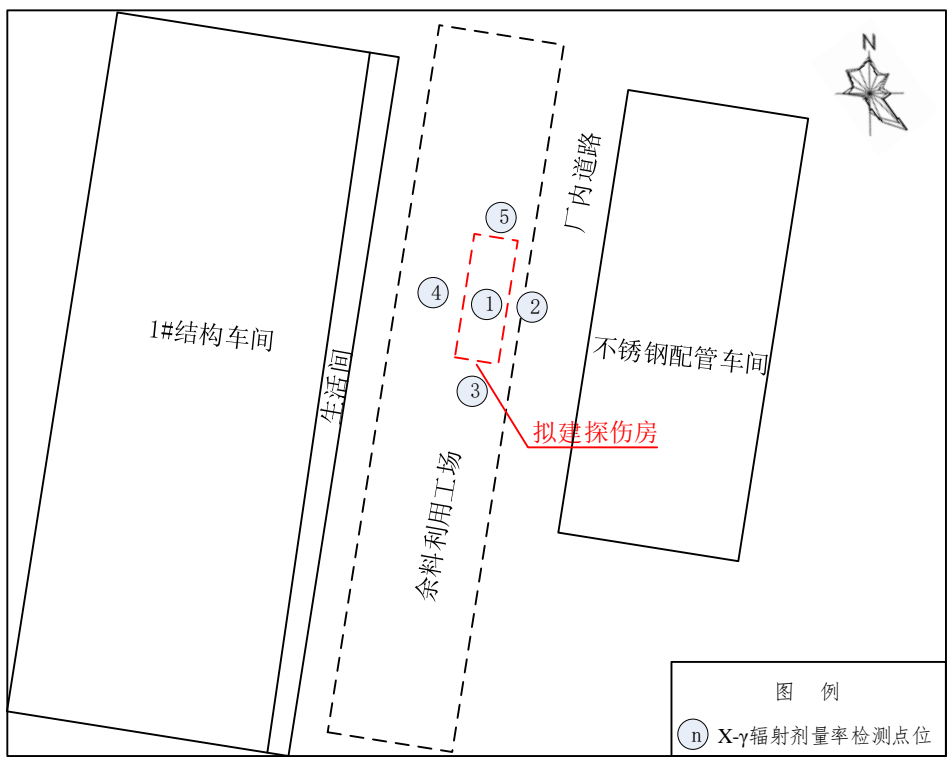


图8-1 本项目拟建场址及周围环境检测点位图（一）

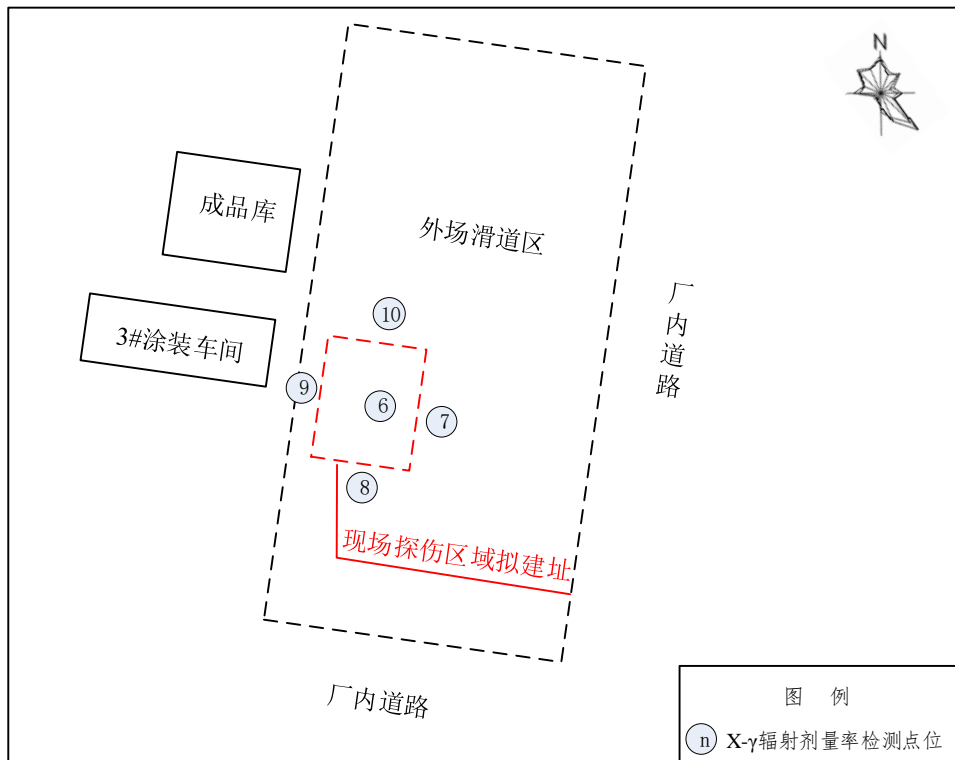


图 8-2 本项目拟建场址及周围环境检测点位图（二）

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、项目概况

由于生产需要，公司拟在海洋工程建设基地 1#结构车间（包括 2 层生活间）东侧余料利用场内新建 1 座固定式 X 射线探伤房，包括 1 间 X 射线探伤室和控制室等相关辅房，拟配备 7 台 XXG3505D 型 X 射线探伤机，在探伤室内开展 X 射线室内探伤作业，用于公司产品的无损检测；同时公司拟在海洋工程建设基地外场滑道区指定区域，开展 X 射线现场探伤作业，用于对无法进行固定探伤的超尺寸或超吨位产品进行无损探伤检测。

公司拟配备至少 5 名辐射工作人员，同时负责 X 射线室内和现场探伤工作，X 射线现场探伤设置 1 个工作组，探伤时至少 2 名辐射工作人员同时在场；每次室内和现场探伤作业仅使用一台 X 射线探伤机，X 射线室内和现场探伤年探伤时间预计均不大于 400h，各辐射工作人员分摊辐射工作，单名辐射工作人员 X 射线室内和现场探伤年最大探伤时间均不高于 200h。

二、工作原理

X 射线探伤机核心部件是 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，其中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。

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，射线减弱强度越大，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，其减弱强度较小，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。

常见 X 射线探伤机外形示意图 9-1。



图 9-1 常见 X 射线探伤机外形示意图

三、工作流程

1、X射线室内探伤

X 射线室内探伤时被检测工件通过工件门运至探伤室内，探伤操作人员在控制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，X 射线室内探伤工作流程及产污环节示意图 9-2，探伤工作流程如下：

- (1) 产品入室：将被探伤工件通过防护门运至探伤室内固定；
- (2) 贴片定位：在工件需检测的部位贴上感光胶片，并将X射线探伤机放置在合适的位置；
- (3) 清场、关门：检查探伤室内人员滞留情况，确定无人后辐射工作人员关闭防护门，启动‘预备’信号；
- (4) 开机、加高压、曝光：辐射工作人员开启X射线探伤机进行无损检测；
- (5) 关机：达到预定照射时间和曝光量后关闭 X 射线探伤机，辐射工作人员取下胶片，曝光结束；
- (6) 取片、洗片、读片、出具检测报告：辐射工作人员在暗室内对探伤胶片进行洗片，在评片室内进行读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

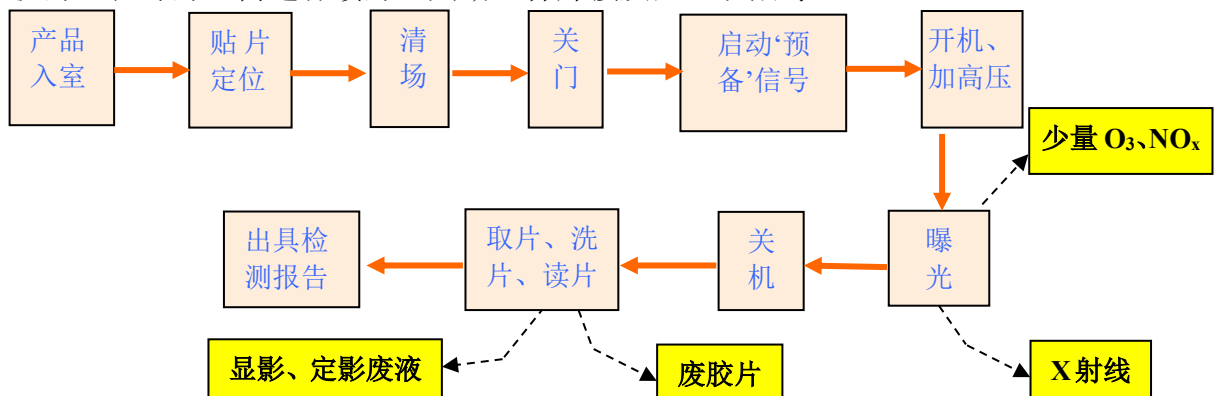


图 9-2 X 射线室内探伤工作流程及产污环节示意图

2、X射线现场探伤

X 射线现场探伤前探伤操作人员划定探伤区域并设置警戒设施，进行远距离操作

后退至控制区外，对被测工件进行无损检测，X 射线现场探伤工作流程及产污环节示意图 9-3，工作流程如下：

- (1) 发布 X 射线现场探伤通知，确定拍片时间、地点，开具作业通知单；
- (2) 现场工作开始前，探伤操作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，根据估算值及经验初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；
- (3) 对探伤现场进行清场，确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，连接好 X 射线探伤机控制部件；
- (4) 将探伤机控制台放置在探伤区域外，并尽量远离探伤区域，探伤操作人员在控制台处设置开机电压等参数进行延时试曝光，携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修正，并记录巡测结果，重新确定控制区、监督区边界，并重新设置安全警戒措施；
- (5) 探伤操作人员在工件需检测的部位贴上感光胶片并开始延时曝光检测，操作人员退至控制区外；
- (6) 达到预定照射时间和曝光量后探伤操作人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回 X 射线探伤机，取下胶片，曝光结束，探伤工作人员解除警戒并离场；
- (7) 评片人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

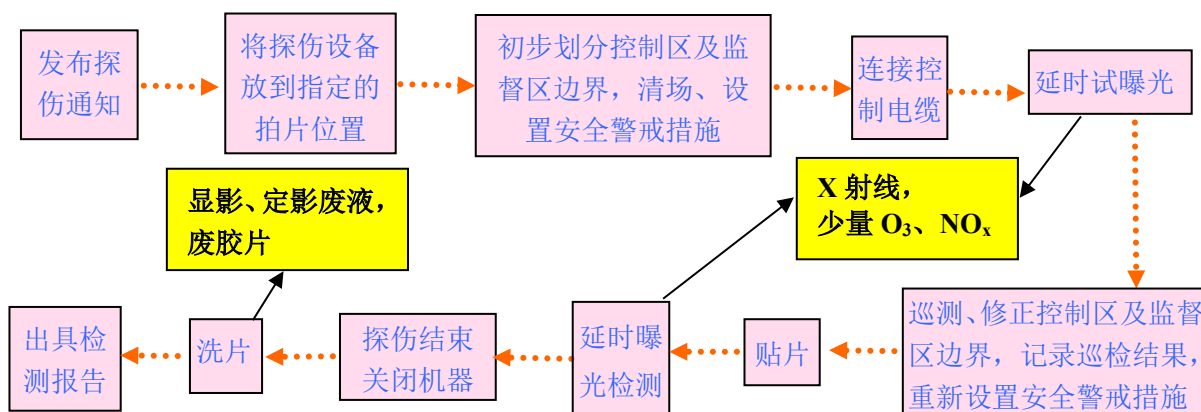


图 9-3 X 射线现场探伤工作流程及产污环节

污染源项描述

(1) 辐射污染

X 射线探伤机在开机并处于出束状态时会发出 X 射线，对 X 射线装置操作人员和公众产生一定外照射，因此在开机检测期间，X 射线是本项目主要污染物。

(2) 其他污染

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生。

① X 射线探伤机在工作状态时，X 射线电离空气会产生少量臭氧和氮氧化物，因此本项目 X 射线探伤机正常运行时会产生一定量的臭氧和氮氧化物。

② X 射线探伤洗片作业时会产生显影、定影废液和废胶片（含重金属），属于《国家危险废物名录》中的 HW16 号危险废物，应统一收集后委托有资质单位处理。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局与分区

1、X 射线室内探伤

本项目探伤房为一层结构，设计有探伤室及控制室、暗室、评片室等辅房，控制室、暗室、评片室等辅房均位于探伤室北侧，探伤房布局设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于控制室与探伤室分开设置的要求，布局合理。

公司拟将探伤室划分为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，将控制室、暗室、评片室等辅房划分为监督区，探伤期间禁止非辐射工作人员进入，该公司拟采取的分区措施基本满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的要求。

X 射线室内探伤项目控制区和监督区划分示意图见附图 4。

2、X 射线现场探伤

公司开展 X 射线现场探伤作业时，探伤现场辐射工作人员将根据估算值及经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。该公司拟采取的布局与分区措施基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于移动探伤的要求。

X 射线现场探伤项目控制区和监督区划分示意图见附图 3。

二、辐射防护屏蔽设计

本项目探伤室室内净尺寸为 13.2m （长） $\times 28.2\text{m}$ （宽） $\times 7.95\text{m}$ （高），探伤室为混凝土（密度不低于 2.35g/cm^3 ）浇筑结构，四周墙体和屋顶厚度均为 900mm ；工件门位于南墙，为 600mm 厚电动推拉重晶石混凝土（密度不低于 2.8g/cm^3 ）防护门；探伤室北墙设有迷道，迷道墙体为 600mm 厚混凝土，迷道外口设有手动推拉铅防护门，迷道门内嵌 10mm 厚铅板。电缆管道及通风管道均采用地下 U 型管道，不破坏探伤室的整体屏蔽效果。探伤房平面布置及剖面布置示意图见附图 4。

为了避免辐射泄漏过大，探伤室防护门设计安装时，应尽量减小防护门与搭接墙体之间的缝隙，防护门与屏蔽墙、地面之间的搭接宽度至少应为门缝的十倍。

三、辐射安全和防护措施分析

为确保辐射安全，保障 X 射线装置安全运行，根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），舟山惠生海洋工程有限公司拟设计相应的辐射安全装置和防护措施。

1、X 射线室内探伤

本项目探伤室拟设计以下辐射安全装置和防护措施：

（1）设计安装门机联锁装置。探伤室工件门、迷道门均拟设计门机联锁装置，即控制台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，只有当防护门完全关闭后才能接通 X 射线管管电压，防护门打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

（2）设计安装指示灯和声音提示装置。探伤室工件门、迷道门上方和探伤室内部均拟设计显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，探伤室内、外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明，照射状态指示灯拟与探伤机联锁，探伤机工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近探伤室或在室外做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开，“预备信号”和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（3）探伤室工件门、迷道门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

（4）设计安装紧急停机按钮。探伤室内拟设计安装紧急停机按钮，当出现紧急事故时，按下紧急停机按钮，探伤机能够立即停止照射。紧急停机按钮拟设置标明使用方法的标签，按钮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。

2、X 射线现场探伤

公司进行 X 射线现场探伤时，拟采取以下辐射安全装置和防护措施：

（1）探伤过程中严格执行 X 射线现场探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

（2）探伤过程中严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求划定控制区和监督区，并在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”

的警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤。

(3) 警示信号指示装置与 X 射线探伤机联锁。

(4) 探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员配备 1 台个人剂量报警仪，佩戴个人剂量计。

(5) 控制台设置在探伤区域外，采用延时曝光装置，确保曝光时探伤作业人员在控制区外并尽量远离控制区。

(6) 当场所、被检测体（材料、规格、形状）、屏蔽等条件发生变化时，均利用辐射巡测仪重新进行巡测，确定新的划区界线，并每次对工作现场情况进行记录。

(7) 在探伤时利用现场较厚工件对射线进行遮挡，进一步缩小控制区和监督区的范围。

以上辐射安全与防护措施认真落实后，将满足相关法律法规的要求。

三废的治理

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生，本项目每年将产生不超过 400kg 的显影、定影废液和 100 张废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不得随意排放。

本项目洗片作业均在公司探伤房暗室内进行，洗片过程中产生的显影、定影废液和废胶片将集中贮存在暗室中。公司已承诺与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议，定期交由有资质单位处理。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室和探伤现场的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），本项目探伤室内拟设置机械通风系统，移动探伤在良好通风条件下进行，臭氧和氮氧化物将很快弥散在大气环境中，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目探伤房为新建建筑，建设施工时对环境会产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、静力压桩机、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：**a**，及时清扫施工场地，并利用洒水车或自动喷洒装置等及时洒水，保持施工场地一定的湿度；**b**，车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、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。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，如静力压桩机、混凝土搅拌机、卷扬机及载重车辆等在运行中都将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《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，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，并经隔渣后排放。

该单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在厂区局部区域，对周围环境影响较小。

X 射线现场探伤为在现有场地内开展，无土建工程，不存在施工期。

X 射线探伤机只有在开机并处于出束状态时才会产生辐射，其产生的 X 射线是随机器的开、关而产生和消失的。在探伤房建设安装过程中探伤机不通电运行，故建设安装期不会对周围环境造成电离辐射影响，也无放射性废气、废水和固体废弃物产生。

运行阶段对环境的影响

一、辐射环境影响分析

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。

1、X 射线室内探伤

本项目拟配备 7 台 XXG3505D 型 X 射线定向探伤机，探伤时主照射方向一般为东墙、西墙，每次工作时仅开启一台 X 射线探伤机。为保守起见，本项目进行预测时，

探伤室四周屏蔽墙、屋顶及防护门均考虑 X 主射线的影响。

(1) 各侧墙体、工件门及屋顶辐射防护性能预测

根据 GBZ/T 250-2014, 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 由附录 B.1 和 B.2 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (1) 计算:

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

式中:

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA), 本项目为 5mA;

H_0 —距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$, 根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 表 B.1, 取滤过条件为 3mm 铜, 采用插入法, 可得出本项目 H_0 为 $1.05 \times 10^6 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$;

B —屏蔽透射因子;

R —辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m)。

计算时, 探伤机距离探伤室各侧屏蔽墙的最小距离均保守取 2m, 距离地面的最大距离保守取 1m, 参考点距离各屏蔽墙、工件门及屋顶表面的距离均取 30cm。将探伤室相关屏蔽防护参数代入公式 (1), 可得到探伤室屏蔽计算结果见表 11-1。

表 11-1 探伤室辐射防护计算参数和计算结果

参 数		屏蔽体		
		四周墙体	工件门	屋顶
X (mm)		900 砵	600 重晶石混凝土	900 砵
B		1.5×10^{-9}	1.5×10^{-7}	1.5×10^{-9}
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)		1.05×10^6	1.05×10^6	1.05×10^6
I (mA)		5	5	5
R (m)		3.2	3.8	10.15
参考点 处剂量 率 \dot{H}	\dot{H} 估算值($\mu\text{Sv/h}$)	<0.001	5.5×10^{-2}	<0.001
	\dot{H} 控制值($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	100
	评价结果	满足	满足	满足

注: 根据密度换算关系, 600mm厚重晶石混凝土等效于约714mm厚混凝土。

根据上述理论预测结果可知, 本项目XXG3505D型X射线探伤机满功率运行时, 探伤室各侧墙体、屋顶及工件门表面30cm处X辐射剂量率均能够满足《工业X射线探伤放

射防护要求》(GBZ117-2015)的要求。

(2) 迷道辐射防护性能预测

探伤室设计有迷道, 利用散射降低迷道处的辐射水平, 避免 X 射线直接照射迷道入口, 探伤室迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1。

X 射线探伤机曝光时, 迷道口处的反散射水平可以通过下式进行估算(公式由《辐射防护导论》第六章 6.6 式导出):

$$H_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot a_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot \frac{1}{k} \quad (2)$$

式中: $H_{L,h}$ 为反射点处 X 辐射剂量率, Sv/h;

F_{j0} 为辐射源处辐射水平, $Gy \cdot m^2/min$;

a_r 为反射物的反射系数;

a 为 X 射线束在反射物上的投照面积, m^2 ;

r_i 为辐射源同反射点之间的距离, m;

r_R 为反射点到参考点的距离, m;

k 为单位换算系数, 对于 X 射线源为 1.67×10^{-2} 。

光子散射后的能量 E 为:

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos \theta)}{0.511}} \quad (3)$$

式中: E_0 为入射光子能量, MeV;

θ 为散射角, $^\circ$ 。

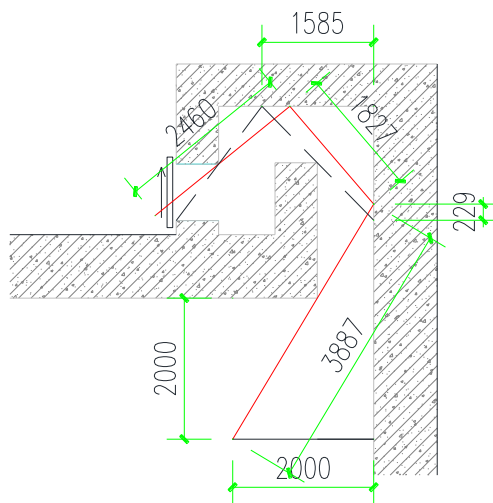


图 11-1 散射示意图

将相关参数代入公式（2）和公式（3），可知，XXG3505D型探伤机曝光时，光子经探伤室东墙一次散射后光子能量约为0.24MeV（ θ 取 70° ），辐射剂量率为约 $1.9 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ （ F_{j0} 取 $1.05 \times 10^6 \times 10^{-6} \times 5/60 = 0.0875 \text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ ， a_γ 取0.025， a 取 $0.229 \times 3.2 = 0.73 \text{m}^2$ ， r_i 取3.887m， r_R 取1.827m）；光子经迷道墙两次散射后光子能量约为0.16MeV（ θ 取 90° ），辐射剂量率为 $44.5 \mu\text{Sv/h}$ （ a_γ 取0.028， a 取 $1.58 \times 3.2 = 5.06 \text{m}^2$ ， r_R 取2.46m）。探伤室迷道门内含10mm铅，根据《辐射防护导论》附图12，0.16MeV电子产生的宽束X射线对10mmPb的透射比为 $<10^{-6}$ ，可估算出经铅板减弱后迷道门外30cm处瞬时剂量 $<0.001 \mu\text{Sv/h}$ ，能够满足探伤防护要求。

2、X射线现场探伤

公司按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，将周围剂量当量率大于 $15 \mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。

X射线现场探伤拟使用XXG3505D型X射线定向探伤机，每次探伤仅开启1台X射线探伤机，理论估算时，假设探伤机满功率运行，探伤工件取350kV下最常探伤工件40mm铁，给出控制区及监督区的参考划分范围。

X射线现场探伤控制区及监督区范围估算采用《辐射防护导论》（方杰主编）中的公式：

（1）有用线束

可根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式3.1）计算公式：

$$\dot{K}_a = I \delta_x (r_0/r)^2 \eta \quad (4)$$

式中： \dot{K}_a ---空气比释动能率，mGy/min，控制区取 $15 \mu\text{Sv/h}$ ，监督区取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；

I ---X射线机管电流，本项目探伤机管电流为5mA；

r ---参考点距离X射线机靶的距离，m；

r_0 ---取1m；

η ---透射比，根据《辐射防护手册》（第三分册），在管电压350kV下，40mm铁屏蔽效果等效为约4.7mmPb，根据GBZ/T 250-2014附录B图B.1，可查得其透射比为约0.02；

δ_x ---X射线机的发射率常数， $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ，根据GBZ/T 250-2014附录B表B.1，取滤过条件为3mm铜，采用插入法，取 $17.5 \text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

（2）非有用线束

①漏射线

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中 X 射线装置在额定工作条件下, 当 X 射线机管电压 >200kV 时, X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率 < 5mGy/h。

一般情况下出厂合格的 X 射线探伤机都将满足该要求。根据下列公式可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围。

$$r_2 = r_1 \sqrt{k_1 / \sqrt{k_2}} \quad (5)$$

式中, K_2 ---距探伤机表面 r_2 处的空气比释动能率, mGy/h;

K_1 ---距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率, 取 5mGy/h;

r_2 ---参考点距探伤机表面的距离, m;

r_1 ---探伤机表面外 1m;

②散射线

可根据《辐射防护导论》(方杰主编, P185, 式 6.6) 计算公式:

$$\eta_{rR} \leq k \frac{H_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \cdot \alpha_\gamma \cdot \alpha \cdot q}$$

从上式可以导出:

$$H_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_\gamma \cdot \alpha}{r_i^2 \cdot r_R^2 \cdot k} \quad (6)$$

式中: $H_{L,h}$ ---参考点处 X 辐射剂量率 (Sv/h), 控制区取 15 μ Sv/h, 监督区取 2.5 μ Sv/h;

F_{j0} ---辐射源处距设置屏蔽层前 1m 处的吸收剂量指数衰变 (Gy \cdot m²/min),
 $F_{j0-250} = \delta \times 5\text{mA} = 17.5\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5\text{mA} = 0.0875\text{Gy} \cdot \text{m}^2/\text{min}$ 。

α_γ ---反射物的反射系数, 可依据《辐射防护导论》图 6.4, 在入射光子能量为 0.35MeV 下, 单能光子在铁上的反射系数为 0.007;

a ---X 射线束在反射物上的投照面积 (m²), 根据探伤机距探伤工件距离约 0.5m, 探伤机辐射角保守取 40°, 可保守估算出 X 射线束在反射物上的投照面积为 0.1m²;

r_i ---辐射源同反射点之间的距离 (m), 本项目取 0.5m;

r_R ---反射点到参考点的距离 (m);

k ---单位换算系数, 对于 X 射线源为 1.67 $\times 10^{-2}$ 。

将相关参数分别代入公式(4)、(5)、(6)，可以分别估算出本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的边界范围，估算结果分别见表 11-3、表 11-4、表 11-5。

表 11-3 有用线束控制区与监督区边界范围估算结果

探伤机型号	探伤工件	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
XXG3505D	40mm 铁	84	205

表 11-2 泄漏辐射控制区与监督区边界范围估算结果

探伤机型号	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
XXG3505D	19	45

表 11-3 散射辐射控制区与监督区边界范围估算结果

探伤机型号	控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
XXG3505D	46	111

综上所述，从理论计算结果可知，XXG3505D型X射线探伤机满功率开机条件下现场探伤，主射束方向控制区范围最大为约84m，监督区最大为约205m；非有用射束方向控制区范围最大为约46m，监督区最大为约111m，根据附图2可知，X射线现场探伤区域距离各侧厂界均不低于210m，理论估算得出的控制区和监督区均在公司海洋工程建设基地厂界范围内，并在本项目评价范围内。

上述理论计算结果仅为本项目X射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中X射线探伤机的管电压的降低、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求：在第一次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区和监督区边界；在试运行或第一次探伤期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将空气比释动能率在15μSv/h以上的范围内划为控制区，控制区边界外空气比释动能率在2.5μSv/h以上的范围内划为监督区。

二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中的公式(1)来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (7)$$

上式中：H—年剂量，μSv/年；

\dot{H} —参考点处剂量率，μSv/h；

U—使用因子；
T—居留因子；
t—年照射时间，(h/年)。

1、辐射工作人员剂量估算

公司拟配备至少 5 名辐射工作人员，同时负责 X 射线室内和现场探伤工作，X 射线室内和现场探伤年探伤时间预计均不大于 400h，各辐射工作人员分摊辐射工作，单名辐射工作人员 X 射线室内和现场探伤年最大探伤时间均不高于 200h。

(1) X 射线室内探伤

X 射线室内探伤时，辐射工作人员均位于控制室内隔室操作，根据表 11-1 和迷道门外辐射剂量估算结果可知，控制室内辐射剂量率均 $<0.001\mu\text{Sv/h}$ ，单名辐射工作人员 X 射线室内探伤年受照时间不高于 200h，居留因子取 1，使用因子保守取 1，则单名辐射工作人员从事本项目 X 射线室内探伤作业受到的年有效剂量 $<0.001\mu\text{Sv/h}$ 。

(2) X 射线现场探伤

X 射线现场探伤时，公司将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，辐射工作人员位于控制区边界外，单名辐射工作人员 X 射线现场探伤年受照时间不高于 200h，居留因子取 1，使用因子保守取 1，则单名辐射工作人员从事本项目现场探伤作业受到的年有效剂量为约 3mSv。

综上所述，公司在做好安全防护措施的情况下，本项目运行后，单名辐射工作人员年有效剂量最大为约 3mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对辐射工作人员受照剂量限值和本项目管理目标值的要求(职业人员年有效剂量不超过 5mSv)。

2、(2) 周围公众剂量估算

本项目探伤室和 X 射线现场探伤区域相距约 763m，X 射线室内探伤和现场探伤评价范围无重叠部分，项目运行过程中对项目周围公众基本无叠加照射影响。

(1) X 射线室内探伤

根据表 11-1 和迷道门外辐射剂量估算结果可知，探伤室周围辐射剂量率最大为 $5.5\times 10^{-2}\mu\text{Sv/h}$ ，探伤室周围为道路、余料利用工场等，公众居留因子保守取 1/4，X 射线室内探伤年探伤时间预计不大于 400h，则探伤室周围公众年有效剂量最大为 0.0055 mSv。

(2) X 射线现场探伤

公司均在 21:00 至次日凌晨 6:00 开展现场探伤，探伤时除探伤人员外，评价范围内无其他人员居留，现场探伤区域距离基地东侧、南侧、北侧厂界均不低于 210m，基地东侧、南侧、北侧厂界处辐射剂量率保守取监督区边界（监督区最大为约 205m）处最大辐射剂量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，X 射线现场探伤年探伤时间预计不大于 400h，基地东侧、南侧、北侧均为山丘或海域，无长期居留人员，居留因子取 1/64，使用因子取 1，则基地东侧、南侧、北侧厂界处公众年有效剂量最大为约 0.016mSv ；现场探伤区域距离基地西侧厂界最近约 1119m，经距离衰减后，X 射线现场探伤对西侧厂界基本无附加剂量影响，该处公众年受照剂量将低于 0.01mSv 。

综上所述，公司在做好安全防护措施的情况下，本项目运行后，项目周围公众年有效剂量最大为约 0.016mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对公众受照剂量限值和本项目管理目标值的要求（公众年有效剂量不超过 0.25mSv ）。

三、三废治理措施评价

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生，每年将产生不超过 400kg 的显影、定影废液和 100 张废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不得随意排放。

本项目洗片作业均在公司探伤房暗室内进行，洗片过程中产生的显影、定影废液和废胶片将集中贮存在暗室中。公司已承诺与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议，定期交由有资质单位处理。公司应注意显影、定影废液暂存时使用的容器应耐腐蚀，贮存措施保证做到“防雨淋、防渗漏、防流失”。落实后，将满足危险废物暂存处置要求。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室和探伤现场的空气电离产生臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），本项目探伤室内拟设置机械排风系统，排风口处拟安装轴流风机进行机械通风，排风管道采用 U 型从探伤室地面下穿墙，不破坏探伤室的整体屏蔽效果，探伤室内产生的臭氧和氮氧化物可通过机械通风排出探伤室，本项目探伤室容积约为 2973m^3 （包括迷道），则轴流风机有效通风量应不低于 9000m^3 ，方能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

X 射线现场探伤在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中。

本项目产生的少量臭氧和氮氧化物排放对周围环境空气质量影响较小。

事故影响分析

1、辐射事故分析

本项目拟使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，室内探伤作业可能存在以下事故工况：

(1) 机器调试、检修时误照。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；

(2) 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开机，造成误照射；

(3) 二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人去开机，而另一人却仍在探伤室内而受到误照射；

(4) 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探伤室使其受到照射；曝光期间防护门未能完全关闭时，X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；

X 射线现场探伤作业可能存在以下事故工况：

(1) 探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位，致使工作人员或公众误入控制区或监督区，使其受到超剂量的外照射；

(2) 现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

2、辐射事故处置方法及预防措施

(1) 立即关机、切断电源，停止探伤作业；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制探伤区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

舟山惠生海洋工程有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，定期检查探伤室和探伤现场的辐射安全设施，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查探伤设备及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。

发生辐射事故时，该公司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，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生主管部门报告。

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管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II类射线装置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安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

舟山惠生海洋工程有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确各成员管理职责，辐射安全与环境保护管理机构的职责主要应包括：

- (1)全面负责公司辐射安全管理工作；
- (2)认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司实际情况制定安全规章制度并检查监督实施；
- (3)负责辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- (4)检查安全环保设施，开展环保监测，对本项目安全防护情况进行年度评估；
- (5)实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；
- (6)编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；
- (7)定期向生态环境主管部门报告安全工作，接受监督。

公司拟配备至少5名辐射工作人员，上岗前均拟参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，考核合格后上岗。公司应注意相关人员辐射安全与防护培训证书到期前应及时安排其参加复训（四年一次）。工作人员还应熟悉专业技术，熟知X射线探伤机的各项操作，在实际运行过程中公司还应加强管理，工作人员应严格按安全操作规程行事，自觉遵守规章制度。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位应建立健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

舟山惠生海洋工程有限公司应对照法律法规要求，尽快制定相关辐射安全管理规章制度，并在运行过程中不断进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。现对各项制度提出相应的建议和要求：

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

X 射线室内探伤安全操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线室内探伤操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线室内探伤时的操作步骤、探伤前对辐射安全措施的检查，确保辐射安全措施的有效性。

X 射线现场探伤安全操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、X 射线现场探伤操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线现场探伤时的操作步骤、探伤前对控制区和监督区的巡测和修正、人员的清场和辐射安全措施的检查，确保辐射工作安全有效运转。

设备维修制度：明确 X 射线装置以及辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线装置以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

岗位职责：明确管理人员、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。

台账管理制度：对射线装置出入库及 Usage 情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，对射线装置进出进行严格管理。

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。

个人剂量监测方案：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射环境监测方案：购置辐射监测仪器等设备，明确日常工作的监测项目和监测频次，监测结果定期上报环境保护行政主管部门。此外，根据 18 号令，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

事故应急预案：针对 X 射线装置室内和现场探伤作业可能产生的辐射事故制定辐射事故应急预案或应急措施，该预案或措施中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，

公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，并在 2 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射时，还应同时报告当地卫生主管部门。

辐射监测

一、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》要求，使用射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。

本项目现场探伤拟设置 1 个工作组，现场探伤时仅使用 1 台 X 射线探伤机进行探伤作业。公司拟配备 1 台辐射巡测仪和 5 台个人剂量报警仪，确保同时参与现场探伤的辐射工作人员均每人配备 1 台个人剂量报警仪。

落实后，能够满足本项目的仪器配备要求。

二、监测方案

根据国家相关法律法规要求，开展辐射工作的单位应当对其工作场所防护以及放射工作人员职业受照情况定期开展自主或者委托监测，以保障辐射工作的正常开展以及人员的健康和安​​全。舟山惠生海洋工程有限公司需根据要求制定以下辐射监测计划。

1、个人剂量和职业健康监测

公司应委托有资质的单位定期（不少于 1 次/3 个月）对辐射工作人员个人剂量进行监测，并应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案，并对职业照射个人监测档案终生保存。辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。

所有辐射工作人员上岗前均应进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症；开展辐射工作后，应定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年）；辐射工作人员离岗时也应进行职业健康体检。公司应建立辐射工作人员职业健康监护档案并终生保存，并有专人负责管理。

2、工作场所及周围环境监测

（1）企业自检

公司应用自配备的环境巡测仪定期（建议每 3 个月 1 次）对探伤室周围环境辐射水平进行监测，X 射线现场探伤过程中对控制区和监督区边界辐射水平进行巡测或连续性监测，并记录档案。

(2) 年度监测

公司应委托有资质的单位定期对探伤室及 X 射线探伤现场周围环境辐射水平进行监测，周期：不少于 1 次/年。监测结果连同单位的年度辐射安全评估报告一起，在次年的 1 月 31 日前，上报发证的生态环境部门备案。

(3) 监测要求

监测项目：X- γ 辐射剂量率。

监测范围：探伤室四周屏蔽墙、工件门、迷道门及门缝外 30cm，操作位，评价范围内人员居留场所等；X 射线现场探伤时，控制区及监督区边界。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

本项目运行后，应按照上述监测方案落实，方能满足开展本项目的辐射管理要求。

辐射事故应急

根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目事故多为人员误入辐射工作场所、开机误照射等事故，通常情况下属于一般辐射事故。

舟山惠生海洋工程有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容至少应包括：

- (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，应急人员联系方式。

当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

因生产需要，舟山惠生海洋工程有限公司在海洋工程建设基地内新建 1 座固定式 X 射线探伤房，包括 1 间 X 射线探伤室和控制室等相关辅房，拟配备 7 台 XXG3505D 型 X 射线探伤机，在探伤室内开展 X 射线室内探伤作业，用于公司产品的无损检测；同时公司拟在海洋工程建设基地外场滑道区指定区域，开展 X 射线现场探伤作业，用于对无法进行固定探伤的超尺寸或超吨位产品进行无损探伤检测。

本项目探伤机最大管电压均为 350kV、最大管电流均为 5mA，均属于 II 类射线装置。

2、实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加项目周围的辐射水平，但采取各种辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后可得到有效的控制。本项目的建设将满足企业的生产需求，提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，经落实辐射防护屏蔽措施、安全措施和管理措施后，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。

3、选址、布局评价

舟山惠生海洋工程有限公司海洋工程建设基地位于舟山市岱山县秀山乡秀东社区，本项目探伤房拟建场址位于公司海洋工程建设基地余料利用工场中部偏北，现场探伤区域拟设置于公司海洋工程建设基地外场滑道区中部偏西，探伤室周围 50m 评价范围内、移动探伤区域周围 205m 评价范围内均无居民区、学校等环境敏感点。

本项目探伤房为一层结构，设计有探伤室及控制室、暗室、评片室等辅房，控制室、暗室、评片室等辅房均位于探伤室北侧，探伤房布局设计满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中关于控制室与探伤室分开设置的要求，布局合理。

公司拟将探伤室划分为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，将控制室、暗室、评片室等辅房划分为监督区，探伤期间禁止非辐射工作人员进入；公司开展 X 射线现场探伤作业时，探伤现场辐射工作人员将根据估算值及经验初步划定并标志出控制区和监督区边界，同时，利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正，将空气比释动能率在 15 μ Sv/h 以上的范围内划为控制区，探伤期间禁止任何人员进入，

控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区，禁止非辐射工作人员进入。该公司拟采取的分区措施基本满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的要求。

4、辐射防护措施评价

本项目探伤室为混凝土（密度不低于 2.35g/cm^3 ）浇筑结构，四周墙体和屋顶厚度均为 900mm；工件门位于南墙，为 600mm 厚电动推拉重晶石混凝土（密度不低于 2.8g/cm^3 ）防护门；探伤室北墙设有迷道，迷道墙体为 600mm 厚混凝土，迷道外口设有手动推拉铅防护门，迷道门内嵌 10mm 厚铅板；电缆管道及通风管道均采用地下 U 型管道，不破坏探伤室的整体屏蔽效果。根据理论预测可知，本项目探伤室的辐射防护设计能满足辐射防护要求；电缆管道、通风管道的设置合理可行，辐射防护措施满足当前的管理要求。

5、辐射安全措施评价

本项目探伤室拟设计以下辐射安全装置和保护措施：

- （1）探伤室工件门、迷道门均拟设计门机联锁装置；
- （2）探伤室工件门、迷道门上方和探伤室内部均拟设计显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，探伤室内、外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明，照射状态指示灯拟与探伤机联锁；
- （3）探伤室工件门、迷道门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；
- （4）探伤室内拟设计安装紧急停机按钮，紧急停机按钮拟设置标明使用方法的标签，按钮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。

公司进行 X 射线现场探伤时，拟采取以下辐射安全装置和保护措施：

- （1）探伤过程中严格执行 X 射线现场探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故；
- （2）探伤过程中严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求划定控制区和监督区，并在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤；
- （3）警示信号指示装置与 X 射线探伤机联锁；
- （4）探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员配备 1 台个人剂

量报警仪，佩戴个人剂量计；

(5) 控制台设置在探伤区域外，采用延时曝光装置，确保曝光时探伤作业人员在控制区外并尽量远离控制区；

(6) 当场所、被检测体（材料、规格、形状）、屏蔽等条件发生变化时，均利用辐射巡测仪重新进行巡测，确定新的划区界线，并每次对工作现场情况进行记录；

(7) 在探伤时利用现场较厚工件对射线进行遮挡，进一步缩小控制区和监督区的范围。

以上辐射安全与防护措施认真落实后，将满足相关法律法规的要求。

6、保护目标剂量评价

根据理论估算可知，本项目投入运行后，公司在做好安全防护措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和本项目管理目标（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv）的剂量限值要求。

7、三废治理措施评价

本项目运行过程中无放射性废水、放射性固废、放射性废气产生，本项目每年将产生不超过 400kg 的显影、定影废液和 100 张废胶片，属于《国家危险废物名录》中编号为 HW16 的危险废物，不得随意排放。公司已承诺与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议，定期交由有资质单位处理。公司应注意显影、定影废液暂存时使用的容器应耐腐蚀，贮存措施保证做到“防雨淋、防渗漏、防流失”。落实后，将满足危险废物暂存处置要求。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤室和探伤现场的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），本项目探伤室内拟设置机械排风系统，有效通风量应不低于 9000m³，方能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

X 射线现场探伤在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物可很快弥散在大气环境中。

本项目产生的少量臭氧和氮氧化物排放对周围环境空气质量影响较小。

8、辐射安全管理评价

舟山惠生海洋工程有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，以文件形式明确各成员的管理职责；本项目拟配备至少 5 名辐射工作人员，上岗前均拟参加辐射安全和防护专业知识及相关法律

法规的培训，考核合格后上岗；公司应根据项目具体情况和相关法律法规要求，制定健全的辐射管理制度和操作规程；同时，辐射工作人员均应按照要求进行个人剂量监测和职业健康体检，公司建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。以上措施落实后，将满足辐射安全管理要求。

9、辐射防护监测仪器

本项目现场探伤拟设置 1 个工作组，现场探伤时仅使用 1 台 X 射线探伤机进行探伤作业。公司拟配备 1 台辐射巡测仪和 5 台个人剂量报警仪，确保同时参与现场探伤的辐射工作人员均每人配备 1 台个人剂量报警仪。落实后，能够满足本项目的仪器配备要求。

总结论：

综上所述，舟山惠生海洋工程有限公司 X 射线室内和现场探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够满足辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设运行是可行的。

建议与承诺

(1) 公司应定期或不定期针对 X 射线探伤机的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查，确保仪器的完好和有效。

(2) 针对本项目可能出现的辐射事故，公司应加强辐射工作人员的安全思想教育，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故的发生。

(3) 公司应认真保管好探伤设备的各种档案资料以及定期的测试报告，做到各种数据有据可查。

(4) 公司应及时向生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》，建设项目投入试运行后 3 个月内应及时进行项目竣工环保验收。

(5) 若公司日后需开展 γ 射线探伤，则应依法重新履行环境影响评价手续，重新申领《辐射安全许可证》。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人

公 章
年 月 日

审批意见

经办人

公 章
年 月 日

附表

“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	公司应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作,以文件形式明确了各成员的管理职责。	满足《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》中辐射安全管理的要求。	/
辐射安全和防护措施	探伤室采用混凝土(密度不低于 2.35g/cm^3)浇筑结构,四周墙体和屋顶厚度均为 900mm ;工件门位于南墙,为 600mm 厚电动推拉重晶石混凝土(密度不低于 2.8g/cm^3)防护门;探伤室北墙设置迷道,迷道墙体为 600mm 厚混凝土,迷道外口设有手动推拉铅防护门,迷道门内嵌 10mm 厚铅板;电缆管道及通风管道均采用地下U型管道,不破坏探伤室的整体屏蔽效果。	满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)及本项目辐射剂量率限值要求,即探伤室四周墙体和防护门外 30cm 处辐射剂量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 、屋顶外表面 30cm 处辐射剂量率不大于 $100\mu\text{Sv/h}$ 。	/
	公司开展移动X射线现场探伤作业时,将根据估算值及经验初步划定并标志出控制区和监督区边界,同时,利用环境辐射巡测仪巡测对控制区和监督区边界进行巡测并修正,将空气比释动能率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区,探伤期间禁止任何人员进入,控制区边界外空气比释动能率在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区,禁止非辐射工作人员进入。	满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中关于X射线现场探伤作业分区设置要求。	
	探伤室设置以下辐射安全装置和保护措施: (1)探伤室工件门、迷道门均设置门机联锁装置; (2)探伤室工件门、迷道门上方和探伤室内均设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,探伤室内、外醒目位置处设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明,照射状态指示灯与探伤机联锁; (3)探伤室工件门、迷道门外设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明; (4)探伤室内设置安装紧急停机按钮,紧急停机按钮设置标明使用方法的标签,人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过	满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中关于X射线探伤室及X射线现场探伤作业安全措施的设置要求。	1

	<p>主射线束就能够使用急停按钮。</p> <p>公司进行 X 射线现场探伤时，设置以下辐射安全装置和保护措施：</p> <p>(1)探伤过程中严格执行 X 射线现场探伤操作规程及探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故；</p> <p>(2)探伤过程中严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 要求划定控制区和监督区，并在控制区边界设置“禁止进入 X 射线区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤；</p> <p>(3)警示信号指示装置与 X 射线探伤机联锁；</p> <p>(4)探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员配备 1 台个人剂量报警仪，佩戴个人剂量计；</p> <p>(5)控制台设置在探伤区域外，采用延时曝光装置，确保曝光时探伤作业人员在控制区外并尽量远离控制区；</p> <p>(6)当场所、被检测体（材料、规格、形状）、屏蔽等条件发生变化时，均利用辐射巡测仪重新进行巡测，确定新的划区界线，并每次对工作现场情况进行记录；</p> <p>(7)在探伤时利用现场较厚工件对射线进行遮挡，进一步缩小控制区和监督区的范围。</p>		
人员配备	<p>公司辐射工作人员上岗前均应参加并通过了辐射安全和防护专业知识的培训，考核合格后上岗。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中人员培训要求。</p>	/
	<p>所有辐射工作人员均应配备个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，公司建立辐射工作人员个人剂量档案。</p>	<p>满足《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》中个人剂量监测的要求。</p>	/
	<p>所有辐射工作人员上岗前均应进行职业性健康体检，以排除职业禁忌症；开展辐射工作后，应定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），公司建立辐射工作人员职业健康监护档案。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中职业健康体检的要求。</p>	/

监测仪器和防护用品	应配备 1 台辐射巡测仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中监测仪器配备的要求。	/
	应配备 5 台个人剂量报警仪		/
辐射安全管理制度	应建立健全的辐射安全管理制度, 在之后的实际工作中应不断根据法律法规及实际情况对各管理制度进行补充和完善, 使其具有较强的针对性和可操作性。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射安全管理的要求。	/
显影、定影废液及废胶片处理	应与有资质单位就显影、定影废液和废胶片签订安全处置协议, 定期交由有资质单位处理。显影、定影废液暂存时使用的容器应耐腐蚀, 贮存措施保证做到“防雨淋、防渗漏、防流失”。	满足法律法规对危险废物处理的要求。	/

以上措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。