

报告编号：WKFHP-24111

核技术利用建设项目

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司
X、 γ 射线探伤及放射源暂存库迁扩建项目
环境影响报告表
(公示稿)

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司

2025 年 08 月

生态环境部监制

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	21
表 3 非密封放射性物质	21
表 4 射线装置	22
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	23
表 6 评价依据	28
表 7 保护目标与评价标准	24
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	42
表 10 辐射安全与防护	61
表 11 环境影响分析	74
表 12 辐射安全管理	119
表 13 结论与建议	122
表 14 审批	134

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宁波明峰检验检测研究院股份有限公司 X、 γ 射线探伤及放射源暂存库迁扩建项目			
建设单位		宁波明峰检验检测研究院股份有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		浙江省宁波市镇海区澥浦镇北海路 169 号			
项目建设地点		探伤室、放射源暂存库、X 射线探伤机临时贮存间及辅助用房建设地点：浙江省宁波市镇海区宁波石化开发区，东至泰兴路，西至规划工业用地，南至规划工业用地，北至规划工业用地； 移动探伤作业地点：全国各地的探伤施工现场，作业地点不固定。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		项目环保投资（万元）		投资比例（环保投资/总投资）	
项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 迁扩建 ☐ 其他		占地面积（m ² ）	288
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I 类 ☐ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
		☒ 使用	☐ I 类（医疗使用） ☒ II 类 ☐ III 类 ☐ IV 类 ☐ V 类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II 类 ☐ III 类		
		☐ 销售	☐ II 类 ☐ III 类		
		☒ 使用	☒ II 类 ☐ III 类		
	其他	放射源暂存库建设			

1.1 建设单位基本情况

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司（以下简称“公司”），前身为宁波市镇海区明峰检测技术有限公司，成立于1997年5月30日，2014年2月经工商管理局核准更名为宁波明峰检验检测研究院有限公司，2015年10月经镇海区市场监督管理局核准更名为宁波明峰检验检测研究院股份有限公司，是一家具有独立法人资格，专业从事无损检测及理化检验工作的股份制企业。公司具有国家质量技术监督检验检疫总局核准的射线检测（RT）、超声波检测（UT）、磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）技术资质，并已取得CMA计量认证及HSE三合一证，依托并服务于镇海炼化、宁波化工区，立足宁波、面向全国，专业从事石化装置、化工装置、锅炉、压力容器、压力管道、燃气管道、长输管道、阀门、铸件、锻件、结构件等无损检测工程。现厂区地址位于浙江省宁波市镇海区澥浦镇北海路169号，建有1间放射源暂存库、1间X射线探伤机临时贮存间及暗室、评片室和危废暂存间等配套用房。

公司现有核技术利用项目环保手续履行情况见表 1-1，相关环评批复与验收意见见附件 5。

表 1-1 公司现有核技术利用项目环保手续一览表

序号	项目名称	环评情况			验收情况			备注
		环评规模	批复文号	批复时间	验收规模	验收文号	验收时间	
1	宁波市镇海区明峰检测技术有限公司移动式 X、 γ 射线探伤建设项目（扩建）环境影响报告表	对公司借用镇海炼化化工股份有限公司的专用贮源库的安全状况和现有 14 台移动式 X 射线探伤机、2 台移动式 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 2 台移动式 ^{75}Se - γ 射线探伤机的使用和管理进行现状环境影响评价，对拟购的 2 台移动式 X 射线探伤机、1 台移动式 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 4 台移动式 ^{75}Se - γ 射线探伤机的使用和管理进行环境影响预测评价。	浙环辐（2007）128号	2007.04.23	16 台 X 射线探伤机、3 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 5 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机，均用于移动式探伤作业。	浙环辐验（2012）8 号	2012.04.26	验收规模小于环评规模
2	宁波市镇海区明峰检测技术有限公司移动式 γ 射线探伤项目（扩建）环境影响报告表	在原有基础上新增 12 台移动式 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 19 台移动式 ^{75}Se - γ 射线探伤机，扩建后项目最终规模为 16 台移动式 X 射线探伤机、15 台移动式 ^{192}Ir - γ 射线探伤机和 25 台移动式 ^{75}Se - γ 射线探伤机（每台探伤机内放射源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ），放射源临时存放场所为中国石化镇海炼化分公司乙烯东区暂存库。	浙环辐（2013）18号	2013.08.16	该项目最终没有实施，故没有验收。			/

续表 1-1 公司现有核技术利用项目环保手续一览表

序号	项目名称	环评情况			验收情况			备注
		环评规模	批复文号	批复时间	验收规模	验收文号	验收时间	
3	宁波明峰检验检测研究院有限公司移动式 X、 γ 射线探伤项目（迁建）环境影响报告表	公司放射源暂存库从原中国石化镇海炼化分公司乙烯东区暂存库迁建至镇海区北海路 169 号内的暂存库，使用 16 台移动式 X 射线探伤机、40 台移动式 γ 射线探伤机（包括 15 枚 ^{192}Ir 放射源、25 枚 ^{75}Se 放射源，放射源活度均不大于 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）	浙环辐（2015）1 号	2015.01.16	1 间贮源库、15 台 ^{192}Ir 源的 γ 射线探伤机（放射源活度不大于 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、25 台 ^{75}Se 源的 γ 射线探伤机（放射源活度不大于 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、16 台 X 射线探伤机。所有探伤机均用于移动探伤作业。	浙环辐验（2015）75 号	2015.08.18	环评规模与验收规模一致。
4	宁波明峰检验检测研究院股份有限公司移动式 X、 γ 射线探伤扩建项目环境影响报告表	在原有基础上新增 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 放射源各两枚，每枚活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，淘汰原有 16 台 X 射线探伤机，新购 16 台 X 射线探伤机，进行移动探伤。	甬环建表（2020）26 号	2020.09.28	新增 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 放射源各两枚，每枚活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，新购 16 台 X 射线探伤机，进行移动探伤。	自主验收	2021.08.16	环评规模与验收规模一致。
5	宁波明峰检验检测研究院股份有限公司 γ 射线移动探伤及放射源暂存库扩建应用项目辐射安全分析材料	在原来 44 枚放射源（ ^{192}Ir 、 ^{75}Se ）的基础上新增 31 枚放射源（其中 13 枚 ^{192}Ir 、18 枚 ^{75}Se ），进行移动探伤。	/	2023.02.20	/	/	/	/

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证（B0005），种类和范围：使用Ⅱ类放射源；使用Ⅱ类射线装置，有效期至2028年01月12日，许可内容和规模：75枚放射源（其中30枚 ^{192}Ir 源、45枚 ^{75}Se 源，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、16台X射线探伤机，均用于移动式探伤作业，见附件4。

1.2 项目建设目的和任务由来

近年来公司检测业务飞速发展，中标的大工程陆续开工，检测工作量繁重且检测完成时间要求紧迫，公司现有放射源和X射线探伤机的使用数量明显不足，需新增探伤装置以满足需求。同时现有放射源暂存库的设计库容为一次性最多贮存75枚放射源，场所可利用的空间有限。根据公司的远期规划和发展定位，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司计划将现有厂区整体从浙江省宁波市镇海区澥浦镇北海路169号（以下简称“老厂区”）搬迁至浙江省宁波市镇海区宁波石化开发区，东至泰兴路，西至规划工业用地，南至规划工业用地，北至规划工业用地（以下简称“新厂区”），工程总占地面积为 2860m^2 ，总建筑面积为 6410m^2 ，其中1#厂房（6F）建筑面积为 6380m^2 ，门卫建筑面积为 30m^2 。项目建成后，用于检测服务。主体工程非放射性内容于2024年12月16日取得镇海区发展和改革局出具的浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表，项目代码：2409-330211-04-01-511523，见附件6。同时，公司已委托编制《宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新建厂房项目环境影响报告表》，于2025年03月17日通过了宁波市生态环境局镇海分局的环评审批（镇环许（2025）38号），见附件7。目前新厂区主体工程正在建设，尚不具备竣工环保验收条件。

为日后继续开拓检测市场打下坚实基础，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司计划将现有的X、 γ 射线探伤机从老厂区迁建至新厂区，并在现有许可规模的基础上新增15台含源 γ 射线探伤机（其中5台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、10台 ^{75}Se - γ 射线探伤机，每台探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）和20台X射线探伤机，所有探伤装置均用于固定式和移动式探伤作业。同时，在新厂区1#厂房一层内新建1间探伤室及1间控制室，配置上述X、 γ 射线探伤机，用于对客户的产品进行固定式探伤作业；新建1间放射源暂存库（以下简称“放射源库”）和1间X射线探伤机临时贮存间（以下简称“X射线机贮存间”），分别用于X、 γ 射线探伤机不作业时的临时贮存，并配套建设2间洗片室、1间晾片室、1间评片室等辅助用房。本项目依托主体工程配套的危废暂存间，不另设。老厂区现有辐射工作人员全部调配到新厂区继续从事探伤工作，现有辐射检测仪器、防护用品、辐

射安全和防护设施及相关配套物品等一并搬迁并利旧使用。

待新厂区放射源库建成并投入使用后，老厂区原有的放射源库将淘汰使用。公司应按照《核技术利用设施退役》（HAD 401/14-2021）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等标准要求依法实施老放射源库的退役活动，清除所有电离辐射警告标志和安全告知，对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况，同时根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》的规定，及时办理相应的退役环境影响评价手续，确保退役场所满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相关要求，方可无限制开放使用。

本项目为主体工程配套的辐射项目，已作为初步设计方案的重要内容纳入到主体工程的一次性整体规划中。根据原国家环境保护总局公告2005年第62号《关于发布放射源分类办法的公告》和原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目放射源属于Ⅱ类，X射线探伤机属于Ⅱ类射线装置。对照生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目——使用Ⅱ类放射源；使用Ⅱ类射线装置”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司委托卫康环保科技有限公司（浙江）有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位接受委托后，通过现场踏勘和收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目环境影响报告表。

1.3 项目建设内容与规模

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司计划将现有的 X、 γ 射线探伤机从老厂区迁建至新厂区，并在现有许可规模的基础上新增 15 台含源 γ 射线探伤机（其中 5 台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、10 台 ^{75}Se - γ 射线探伤机，每台探伤机内放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）和 20 台 X 射线探伤机，所有探伤装置均用于固定式和移动式探伤作业。同时，在新厂区 1#厂房一层内新建 1 间探伤室及 1 间控制室，配置上述 X、 γ 射线探伤机，用于对客户的产品进行固定式探伤作业，探伤工件类型主要为阀门、压力容器、管道等，最大尺寸为 1.2（直径） $\times$ 8.0m（长），根据工件类型、厚度、单壁或双壁检测等要求，选择合适的 ^{192}Ir - γ 射线探伤机、 ^{75}Se - γ 射线探伤机或不同管电压的 X 射线机进行无损检测，单次开机作业仅限 1

台探伤装置，不存在 2 台或 2 台以上开机的工况；新建 1 间放射源库和 1 间 X 射线机贮存间，分别用于 X、 γ 射线探伤机不作业时的临时贮存，并配套建设 2 间洗片室、1 间晾片室、1 间评片室等辅助用房。本项目探伤过程中产生的各类危废暂存依托主体工程配套的危废暂存间，不另设。危废暂存间位于 1#厂房一层综合检测设备库的东侧，面积约 15m²。

本次迁扩建项目实施后，公司最终的辐射活动规模为：90 台含源 γ 射线探伤机（其中 35 台 ¹⁹²Ir- γ 射线探伤机、55 台 ⁷⁵Se- γ 射线探伤机，每台探伤机内含放射源的额定装源活度均为 3.7×10¹²Bq/枚）和 36 台 X 射线探伤机。

放射源与射线装置具体应用见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 本次评价的 γ 射线机及放射源应用情况表

序号	装置名称	核素名称	放射源枚数	额定装源活度	类别	备注
1	¹⁹² Ir- γ 射线探伤机	¹⁹² Ir	35 枚	3.7×10 ¹² Bq/枚	II 类	其中 30 枚 ¹⁹² Ir 源、45 枚 ⁷⁵ Se 源为迁建，5 枚 ¹⁹² Ir 源、10 枚 ⁷⁵ Se 源为拟购，一源两用，均用于移动式探伤（全国各地探伤施工现场）、固定式探伤（新厂区 1#厂房一层的探伤室内）
2	⁷⁵ Se- γ 射线探伤机	⁷⁵ Se	55 枚	3.7×10 ¹² Bq/枚	II 类	
合计			90 枚			

表 1-3 本次评价的 X 射线装置应用情况表

序号	装置名称	型号	类别	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	出束 类型	备注
1	X 射线 探伤机	XXG-2305	Ⅱ类	2 台	230	5	定向	迁 建 ， 一 机 两 用，均用于移动 式探伤（全国各 地探伤施工现 场）、固定式探 伤（新厂区 1# 厂房一层的探伤 室内）
2		XXG-2505	Ⅱ类	5 台	250	5	定向	
3		XXG-2505L	Ⅱ类	3 台	250	5	定向	
4		XXG-3005	Ⅱ类	1 台	300	5	定向	
5		XXG-3005T	Ⅱ类	2 台	300	5	定向	
6		XXG-3505	Ⅱ类	3 台	350	5	定向	
小计				16 台				
7	X 射线 探伤机	待定	Ⅱ类	2 台	200	5	定向	拟 购 ， 一 机 两 用，均用于移动 式探伤（全国各 地探伤施工现
8		待定	Ⅱ类	1 台	200	5	周向	
9		待定	Ⅱ类	4 台	250	5	定向	
10		待定	Ⅱ类	2 台	250	5	周向	

11		待定	Ⅱ类	3台	300	5	定向	场)、固定式探伤(新厂区1#厂房一层的探伤室内)
12		待定	Ⅱ类	2台	300	5	周向	
13		待定	Ⅱ类	4台	350	5	定向	
14		待定	Ⅱ类	1台	400	10	定向	
15		待定	Ⅱ类	1台	450	10	定向	
小计				20台				
合计				36台				

1.4 项目选址及环境保护目标

1.4.1 项目地理位置及外环境关系

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新厂区位于浙江省宁波市镇海区宁波石化开发区地块(东至泰兴路,西至规划工业用地,南至规划工业用地,北至规划工业用地),地理位置见附图1。公司厂区东侧隔泰兴路为河流,南侧为宁波盛灏建设有限公司(在建),西侧为宁波正元铜合金有限公司,北侧为宁波镇海岚能(凌光)新能源科技有限公司岚能(凌光)110kV光伏电站,周围环境关系见附图2,周围环境实景见附图3。

整个新厂区由1#厂房(地上6F,其中1F为各类检测室及配套用房;2F主要为员工办公区、评片区、档案室和仓库;3F为中层办公区;4F为高层办公区;5F为董事长办公区;6F为职工休息区,其中1层层高约5.4m,2-6层层高均约3.5m,无地下层)和1栋门卫室(共1F)构成,厂区总平面布置见附图4。

1.4.2 固定式探伤及配套用房位置及外环境关系

本项目主要功能用房由1间探伤室及其控制室、1间放射源库、1间X射线机贮存间、2间洗片室、1间晾片室和1间评片室组成,其中评片室以外的功能间均集中设置在1#厂房一层,评片室位于1#厂房二层,具体位置见附图5-6。相关功能间外环境关系介绍如下:

(1)探伤室东侧紧邻试样存储室和力学性能实验室,再东侧50m范围内分别为金相光谱实验室和制样室(距探伤室最近约3m)、磁粉实验室和声学实验室及其更衣室(距探伤室最近约11m)、展厅(距探伤室最近约24m)、厂区室外道路(距探伤室最近约39m);南侧紧邻厂区道路,再南侧50m范围内分别停车位(距探伤室最近约5m)、宁波盛灏建设有限公司(在建,距探伤室最近约10m);西侧紧邻前室、放射源库和水泵房,再西侧50m范围内分别为厂区道路(距探伤室最近约7m)、宁波正元铜合金有限公司(距探伤室最近约13m);北侧紧邻控制室,再北侧50m范围内分别为洗片室和晾片室(距探伤室最近约

2m)、厂区道路（距探伤室最近约 6m）、宁波镇海岚能（凌光）新能源科技有限公司岚能（凌光）110kV 光伏电站（距探伤室最近约 12m），正上方为档案室，正下方为土层，无地下室。

（2）放射源库东侧紧邻探伤室，再东侧 50m 范围内分别为式样存储室和力学性能实验室（距源库最近约 7m）、金相光谱实验室和制样室（距源库最近约 10m）、磁粉实验室和声学实验室及其更衣室（距源库最近约 18m）、展厅（距源库最近约 30m）、厂区室外道路（距源库最近约 46m）；南侧紧邻前室，再南侧 50m 范围内分别为厂区道路（距源库最近约 2m）、停车位（距源库最近约 7m）、宁波盛灏建设有限公司（在建，距源库最近约 12m）；西侧紧邻厂区道路，再西侧 50m 范围内为宁波正元铜合金有限公司（距源库最近约 7m）；北侧紧邻水泵房，再北侧 50m 范围内分别为楼梯间和卫生间（距源库最近约 4m）、厂区道路（距源库最近约 10m）、宁波镇海岚能（凌光）新能源科技有限公司岚能（凌光）110kV 光伏电站（距源库最近约 16m）；正上方为档案室，正下方为土层，无地下室。

（3）X 射线机贮存间的东侧紧邻仓库，南侧紧邻过道，西侧紧邻洗片室，北侧紧邻式样暂存室，正上方为会议室，正下方为土层，无地下室。该贮存间仅为 X 射线探伤机不作业的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X 射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。因此，X 射线机贮存间的位置合理可行。

（4）本项目固定式探伤和宁波市内移动式探伤项目部均固定在新厂区的洗片室、晾片室和评片室内完成洗片、晾片和评片工作，废显（定）液、废胶片及洗片废液等危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，最终委托有资质的单位处理处置。洗片室、晾片室均位于 1#厂房一层控制室的北侧，危废暂存间位于 1#厂房一层综合检测设备库的东侧，评片室位于 1#厂房二层资料组的西侧。

宁波市外移动式探伤项目部均设有单独的临时性暗室，曝光后的探伤胶片不运回公司新厂区的洗片室进行洗片，临时性暗室的建设和管理要求参考新厂区的危废暂存间。产生的各类危废就近处理，委托当地有资质单位处理处置。

1.4.3 移动式探伤作业地点

本项目 X、 γ 射线移动探伤无确定的作业地点，根据承接项目的需要，在施工现场进行，具体操作地点的选择严格按照公司管理制度进行。

1.4.4 周边环境保护目标

（1）固定式探伤

本项目固定式探伤环境保护目标主要为探伤室和放射源暂存库评价范围 50m 内公司从事放射源管理和 X、 γ 射线固定式探伤操作的辐射工作人员及周围公众成员。

（2）移动式探伤

本项目移动探伤作业地点不固定，故 X、 γ 射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。移动式探伤环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员为放射源库管理人员、X、 γ 射线移动探伤操作人员；公众成员为放射源库周围、移动探伤工作场所周围的普通公众人员及新厂区内其他非辐射工作人员。

1.4.5 相关规划符合性分析

（1）用地规划符合性分析

根据《宁波石化开发区湾塘南片（ZH13-02）控制性详细规划——用地规划图》（见附件 11），本项目所在地规划为二类工业用地。结合建设单位提供的建设工程规划许可证（见附件 8）和不动产权证（见附件 9），本项目所在地的地类（用途）为二类工业用地，符合相关规划要求。

（2）“三区三线”符合性分析

根据《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函〔2022〕2080 号），“三区三线”划定成果作为建设项目用地用海报批的依据。其中“三区”具体指城镇空间、农业空间、生态空间三种类型的国土空间，“三线”分别对应城镇空间、农业空间、生态空间划定的城镇开发边界、永久基本农田保护红线、生态保护红线三条控制线。

对照《宁波市镇海区国土空间总体规划（2021-2035 年）——三条控制线图》（见附图 12），本项目位于城市集中建设区，属于城镇开发边界内，在现有厂区内实施建设，用地性质为工业用地，选址区域及评价范围内均不涉及永久基本农田保护红线和生态保护红线，符合宁波市“三区三线”划定方案的要求。

（3）与《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》符合性分析

根据《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》（甬环发〔2024〕45 号），生态环境分区管控是以改善生态环境质量为核心，明确生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线，划定环境管控单元，在一张图上落实“三线”的管控要求，编制生态环境准入清单，构建环境分区管控体系。本项目与《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》符合性判定情况如下：

①生态保护红线

结合项目《宁波市镇海区国土空间总体规划（2021-2035 年）——三条控制线图》（见附图 12）与《宁波市生态环境分区管控动态更新方案——镇海区环境管控单元图》（见附图 13），本项目选址区域及评价范围均不在划定的生态保护红线内，符合生态保护红线的管控要求。

②环境质量底线

经现场检测，本项目辐射工作场所拟建址及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率均处于当地本底水平，未见异常。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。根据理论预测，本项目固定式探伤过程中产生的臭氧室内浓度可达到《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改清单控制要求（最高容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ）；移动式探伤作业场所为开放式，废气不容易积聚。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周边环境的影响轻微。而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一，且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，影响更小。因此，“三废”污染物均采取了合理、有效、可行的处理措施，可做到达标排放，符合环境质量底线要求。

③资源利用上线

本项目营运过程中会消耗一定量的电源、水资源等，主要来自工作人员的日常办公和设施用电，但项目资源消耗量相对区域资源利用总量较少，符合资源利用上线要求。

④生态环境准入清单

根据《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》，本项目位于宁波石化经济技术开发区产业集聚重点管控单元（单元编码：ZH33021120007，见附图13），生态环境特征如下：

该管控单元横跨澥浦镇和蛟川街道。

石化区生态保护片区：主要包含澥浦大河生态带、岚山水库及海呈路南侧生态带区域。

石化区限制开发片区：主要包含澥浦片的海天路以西地块、蛟川区块、镇海炼化老区厂界以外工业用地（含部分临俞工业区）。具体划定范围见石化区化工产业发展控制线。

石化区重点开发片区：主要包含澥浦片的海天路以东地块、岚山片及泥螺山围垦区（一期）、4#地块的南侧建设用地地块、湾塘片的海天路以东地块、俞范片的海天路以东

地块、镇海炼化老区地块。具体划定范围见石化区化工产业发展控制线。

其余区块：主要包含部分临俞工业区及其他石化区规划以外区域。

该区块基础设施较完善，污水管网和污水处理设施较健全，污水纳入宁波华清环保技术有限公司和宁波市城市排水有限公司岚山净化水厂处理。

本项目位于其余区块，相关符合性分析如下。

表1-4 与生态环境准入清单符合性分析

序号	所在单元管控要求		本项目情况	符合性评价
1	空间布局约束	其余区块： 除经批准专门用于三类工业集聚的开发区（工业区）外，禁止新建、扩建三类工业项目，鼓励对三类工业项目进行淘汰和提升改造；新建二类、三类工业项目污染物排放水平需达到同行业国内先进水平。优化产业结构，鼓励发展新材料、生物医药、节能环保、高端装备制造等产业。除主导产业配套项目外，限制新建不符合园区定位和主导产业的其他三类工业项目。现有不符合园区主导产业的三类工业企业，允许实施不增加主要污染物排放的改扩建项目。禁止新建、扩建非自身配套的电镀、喷漆、酸洗、磷化等项目。	本项目为无损检测服务，不属于工业项目。	符合
2	污染物排放管控	其余区块： 严格实施污染物总量控制制度，根据区域环境质量改善目标，削减污染物排放总量。新建二类、三类工业项目污染物排放水平要达到同行业国内先进水平，推动企业绿色低碳技术改造。新建、改建、扩建高耗能、高排放项目须符合生态环境保护法律法规和相关法定规划，强化“两高”行业排污许可证管理，推进减污降碳协同控制。加快落实污水处理厂建设及提升改造项目，推进工业园区（工业企业）“污水零直排区”建设，所有企业实现雨污分流。加强土壤和地下水污染防治与修复。强化减污降碳协同，重点行业按照规范要求开展建设项目碳排放评价。	本项目不产生需要总量控制的污染物，经营过程中污染物简单，排放量较小，“三废”污染物皆可控制和处理，故项目运营后对周围环境不会产生较大影响。主体工程已按雨污分流设计。	符合
3	环境风险防控	其余区块： 定期评估沿江河海工业企业、工业集聚区环境与健康风险，落实防控措施。强化工业企业环境风险防范设施建设和监管。涉化企业按规定编制环境突发事件应急预案，重点加强事故废水应急池建设，以及应急物资的储备和应急演练。化工园区建立大气环境风险防控体系，建立常态化的企业隐患排查整治监管机制，制定园区应急预案，构建区域联动一体的应急响应体	公司已制定《辐射事故应急预案》，并设置辐射事故应急小组和应急物资，具备完善的辐射风险防范措施。本项目迁建完成的同时，应落实辐射	符合

		系，实行联防联控。建立土壤污染隐患排查和定期监测制度，开展园区及周边土壤和地下水环境风险点位布设，根据园区产业特点，制定“常规+特征”污染物监测指标体系，定期组织园区及周边土壤和地下水环境风险监测。应在工业用地与居民区之间设置一定宽度的环境隔离带。	事故应急预案修编工作。	
4	资源开发效率要求	其余区块： 落实最严格水资源管理制度，实施“分质供水、优水优用”，推进大工业供水和中水回用。推进重点行业企业清洁生产改造，提高工业水循环利用率，减少新鲜水的消耗。落实煤炭消费减量替代要求，提高能源使用效率。	本项目用水量占区域水资源比例极小，且不涉及煤炭使用。	符合

因此，本项目的实施符合生态管控单元准入清单的管控要求。

综上所述，本项目建设符合《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》的要求。

1.4.6 选址合理性分析

本项目探伤室和放射源库评价范围50m内主要为宁波明峰检验检测研究院股份有限公司的1#厂房和厂区道路、宁波盛灏建设有限公司、宁波正元铜合金有限公司及宁波镇海岚能（凌光）新能源科技有限公司岚能（凌光）110kV光伏电站，不涉及居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目探伤室和放射源库的选址合理可行。

移动式探伤作业场所按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）划定控制区和监督区，严格执行清场制度，并用便携式X-γ剂量率仪从远及近进行实测验证和调整。禁止在不符合两区划分原则的场所开展移动式探伤工作。在此基础上，本项目移动探伤作业场所的选址合理可行。

1.5 产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第1条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

1.6 实践正当性分析

本项目实施的目的是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效

益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

1.7 原有核技术利用项目许可情况

1.7.1 原有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证〔B0005〕，种类和范围：使用Ⅱ类放射源、使用Ⅱ类射线装置，有效期至2028年01月12日，许可规模：75枚放射源（其中30枚 ^{192}Ir 源、45枚 ^{75}Se 源，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、16台X射线探伤机，均用于移动式探伤作业。

由于存在放射源退役及换源周期问题，公司目前实际持有52枚放射源（其中20枚 ^{192}Ir 源、32枚 ^{75}Se 源）和16台X射线探伤机。所有辐射内容均已通过环评审批和竣工环保验收。现有已许可的在用放射源和射线装置台账明细见表1-5和表1-6。

企业放射源跨地区异地作业，严格按照浙江省相关规定，在作业实施前10日内向转入地设区市生态环境主管部门报告；作业活动结束后20日内向转入地设区市生态环境主管部门报告注销。企业放射源跨省作业时，企业在活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级生态环境主管部门备案，经备案后，到移出地省级生态环境主管部门备案。异地使用活动结束后，公司在放射源转移出使用地20日内，先后向使用地、移出地省级生态环境主管部门注销备案。

企业放射源在移动探伤过程中已严格落实放射源备案及报告制度。

表 1-5 现有已许可的在用放射源台账明细表

序号	核素名称	类别	数量	出厂活度 (Bq)	出厂日期	标号	编码	用途	工作场所	动态去向
1	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.03.20	S24026	0324IR004832	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
2	¹⁹² Ir	II类	1 枚	4.07E+12	2024.04.26	S24142	0324IR005692	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
3	¹⁹² Ir	II类	1 枚	4.07E+12	2024.04.26	S24143	0324IR005702	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
4	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.05.27	S24213	0324IR008552	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
5	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.05.27	S24214	0324IR008562	γ射线探伤机	探伤施工现场	贵州项目部
6	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.05.29	S24063	CZ24IR005742	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
7	¹⁹² Ir	II类	1 枚	2.738E+12	2024.07.22	S24275	0324IR012062	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
8	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.441E+12	2024.08.14	S24259	0324IR013292	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
9	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24258	0324IR014622	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
10	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24302	0324IR014632	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
11	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24303	0324IR014642	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
12	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24304	0324IR014652	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇江项目部
13	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24305	0324IR014662	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
14	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24308	0324IR014792	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
15	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2024.09.25	S24256	0324IR014802	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
16	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2025.02.26	S24502	CZ25IR001422	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
17	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2025.02.26	S24503	CZ25IR001432	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
18	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2025.03.24	S24529	CZ25IR003212	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
19	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2025.03.24	S24530	CZ25IR003212	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
20	¹⁹² Ir	II类	1 枚	3.70E+12	2025.03.27	S25519	0325IR005232	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
21	⁷⁵ Se	II类	1 枚	3.70E+12	2024.02.21	Se013	CZ24SE000052	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
22	⁷⁵ Se	II类	1 枚	3.70E+12	2024.02.21	Se014	CZ24SE000062	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
23	⁷⁵ Se	II类	1 枚	3.33E+12	2024.02.22	VC23040	0324SE000442	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
24	⁷⁵ Se	II类	1 枚	3.515E+12	2024.03.20	Se022	CZ24SE000142	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
25	⁷⁵ Se	II类	1 枚	3.644E+12	2024.03.20	Se024	CZ24SE000152	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部

续表 1-5 现有已许可的在用放射源台账明细表

序号	核素名称	类别	数量	出厂活度 (Bq)	出厂日期	标号	编码	用途	工作场所	动态去向
26	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.681E+12	2024.03.20	Se025	CZ24SE000162	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
27	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.70E+12	2024.04.26	S22094	0324SE001882	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
28	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.70E+12	2024.04.26	S22095	0324SE001892	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
29	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.70E+12	2024.04.26	S22096	0324SE001902	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
30	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.70E+12	2024.04.26	S22097	0324SE001912	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
31	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.33E+12	2024.05.27	S22088	0324SE002712	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
32	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.33E+12	2024.05.27	S22089	0324SE002722	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
33	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.33E+12	2024.05.27	S22090	0324SE002732	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
34	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.70E+12	2024.05.29	4717ZXD	CZ24SE000302	γ射线探伤机	探伤施工现场	贵州项目部
35	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.738E+12	2024.07.22	S22078	0324SE003752	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
36	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.479E+12	2024.09.25	VB19140	0324SE004662	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
37	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.479E+12	2024.09.25	VB19139	0324SE004672	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
38	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.479E+12	2024.09.25	VB19138	0324SE004682	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
39	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.479E+12	2024.09.25	VB19137	0324SE004692	γ射线探伤机	探伤施工现场	大榭项目部
40	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.441E+12	2024.09.25	VB19133	0324SE004802	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
41	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.441E+12	2024.09.25	VB19134	0324SE004812	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
42	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22069	0324SE005202	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
44	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22068	0324SE005212	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
45	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22067	0324SE005222	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
46	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22066	0324SE005232	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
47	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22065	0324SE005242	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
48	⁷⁵ Se	II类	1枚	2.59E+12	2024.10.22	S22070	0324SE005192	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
49	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.182E+12	2025.03.27	S25011	0325E001262	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部
50	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.182E+12	2025.03.27	S25012	0325E001272	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
51	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.182E+12	2025.03.27	S25013	0325E001282	γ射线探伤机	探伤施工现场	嘉兴项目部
52	⁷⁵ Se	II类	1枚	3.182E+12	2025.03.27	S25016	0325E001292	γ射线探伤机	探伤施工现场	镇海项目部

表 1-6 现有已许可的在用射线装置台账明细表

序号	名称	类别	数量	型号	出厂编号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	动态去向
1	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2305	16071292	230	5	移动探伤	探伤施工现场	绍兴项目部
2	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2305	17071368	230	5	移动探伤	探伤施工现场	嘉兴项目部
3	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505	200820	250	5	移动探伤	探伤施工现场	嘉兴项目部
4	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505	1308	250	5	移动探伤	探伤施工现场	嘉兴项目部
5	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505	28473	250	5	移动探伤	探伤施工现场	北仑项目部
6	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505	27537	250	5	移动探伤	探伤施工现场	北仑项目部
7	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505	1624	250	5	移动探伤	探伤施工现场	北仑项目部
8	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505L	225389	250	5	移动探伤	探伤施工现场	嘉兴项目部
9	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505L	226245	250	5	移动探伤	探伤施工现场	绍兴项目部
10	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-2505L	226246	250	5	移动探伤	探伤施工现场	绍兴项目部
11	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3005	20170910	300	5	移动探伤	探伤施工现场	嘉兴项目部
12	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3005T	AJ20150508	300	5	移动探伤	探伤施工现场	广东项目部
13	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3005T	AJ20170401	300	5	移动探伤	探伤施工现场	北仑项目部
14	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3505	22110726	350	5	移动探伤	探伤施工现场	广东项目部
15	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3505	22120728	350	5	移动探伤	探伤施工现场	镇海项目部
16	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3505	22120729	350	5	移动探伤	探伤施工现场	镇海项目部

1.7.2 辐射安全管理现状

1、现有辐射安全管理机构的设置

公司已成立以郑斌为组长的辐射安全领导小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作。小组人员组成上涵盖了现有核技术利用项目涉及的部门，在框架上基本符合要求；明确了相关负责人和各成员及其职责，内容较为完善，见附件10。

2、现有辐射安全规章制度的制定

公司开展移动式探伤工作多年，已制定《射线检测安全管理制度》、《检测事故处理管理制度》、《辐射安全防护管理制度》、《放射源的定购运输回收管理制度》、《辐射保护和安全保卫制度》、《X射线机安全操作规程》、《 γ 射线机安全操作规程》、《辐射安全防护自行检查制度》、《源库安全保卫制度》、《放射源使用登记制度》、《X射线机使用登记制度》、《X射线机、 γ 射线机检修维护制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《射线检测岗位管理制度》、《射线检测岗位责任制》、《无损检测人员岗位职责》、《暗室处理人员岗位职责》、《评片人员职责》、《辐射工作场所监测制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射安全与防护设施维护维修制度》、《放射源防盗抢防恐袭应急预案》及《生产安全事故应急预案》等辐射安全规章制度（见附件11），并张贴上墙于相关辐射工作场所。公司现有辐射管理制度较为全面，符合相关要求。公司严格落实各项规章制度，各辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度的建立、落实及档案管理等方面运行较好。

3、现有辐射工作人员管理

据统计，公司现有辐射工作人员合计107名，现状管理情况见附件12。

（1）现有辐射工作人员均持核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单，且在有效期内，符合持证上岗的要求。

（2）现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，已委托有资质的单位定期进行个人剂量检测，并建立了个人剂量档案。根据建设单位提供的最近一年连续四个季度的个人剂量档案，单名辐射工作人员的年有效剂量为（0.011~3.474）mSv/a，符合项目剂量约束值的要求，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员“剂量限值”的要求。同时，单名辐射工作人员单个季度有效剂量最大值为1.13mSv，满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）第6.1.2条款“当职业照射受照剂量大于调查水平时，除记录个人监测的剂量结果外，并作进一步调查。本标准建议的年调查水

平为有效剂量5mSv，单周期的调查水平为5mSv/（年监测周期数）”中1.25mSv的季度有效剂量管理要求。

（3）现有辐射工作人员均已开展职业健康体检，并建立了职业健康监护档案。辐射工作人员岗前、在岗期间和离岗前均进行职业健康体检，在岗期间体检周期不超过2年。根据公司提供的职业健康体检报告（2023-2024年度），在岗辐射工作人员均可继续从事原放射性工作，健康无异常。

4、现有辐射检测仪器和防护用品

公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，老厂区现有辐射检测仪器与防护用品统计清单见表1-7，可以满足现阶段的移动式探伤工作要求。

表1-7 老厂区现有辐射检测仪器与防护用品清单

序号	名称		现有数量	迁建后是否可以利旧
1	个人剂量计		107个	√
2	个人剂量报警仪		120个	√
3	老放射源库	视频监控装置	1套（5个探头）	×
		红外报警装置（与当地110公安联网）	2组	×
		机械通风装置	1套（2个风机）	×
		固定式辐射监测装置	1套（2个探头）	×
		便携式X-γ剂量率仪	1台	√
		铅衣	2件	√
		铅帽	2顶	√
		铅围脖	2只	√
		铅防护眼镜	2副	√
4	移动探伤场所	便携式X-γ剂量率仪	21把	√
		准直器	20只	√
		电离辐射警告标志	300块	√
		“禁止进入射线工作区”警告牌	300快	√
		“无关人员禁止入内”警告牌	300快	√
		警示灯	300只	√
		安全信息公示牌（面积不小于2平方米）	20块	√
		对讲装置	6对	√
		警戒绳（不低于500m）	3000米	√
		应急储源罐	1	√
		应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	1套	√
		其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	1套	√
		铅衣	14件	√
		铅帽	14顶	√
		铅围脖	14只	√
		铅防护眼镜	20副	√
		铅手套	14副	√

备注：可以继续利旧的打√，无法继续利旧的打×

5、现有辐射安全防护措施落实情况

现有放射源库设置专人管理，防护门上已设电离辐射警告标志，库内设有固定式辐射监测系统、机械排风系统、视频监控系统（视频监控储存时不低于30天）及红外线报警装置并与当地110联网，同时接入了浙里辐安辐射安全管理系统，集综合服务、监测监控、监督检查、应急安全于一体，采用数字化信息技术管理，可满足辐射安全要求。移动探伤作业场根据项目实际情况划分了控制区和监督区，采取分区管理，同时配备必要的检测仪器和防护用，进行积极有效的管控。

6、现有“三废”处理情况

公司现有核技术利用项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生，“三废”污染物主要为废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机、探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片、洗片废液及臭氧和氮氧化物等，具体处置措施落实情况如下：

（1）公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及废旧放射源返回协议，见附件15。废旧放射源均按国家相关法律规定及时返回到放射源生产单位进行收贮，废旧放射源回收（收贮）备案表见附件16。

（2）根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）， 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。对于超过安全使用年限的 γ 射线探伤机，公司严格执行相关报废工作。企业自开展探伤工作以来，合计报废了27台 γ 射线探伤机，均交于探伤设备生产厂家（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行报废处置，相关报废证明见附件17。

（3）老厂区已设1间规范的危废暂存间，废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物集中收集后统一交由有资质单位进行处理，公司已与宁波大地化工环保有限公司危废委托处置合同，见附件18。2024年全年产生的危废转移联单见附件19。

（4）现有放射源库已设置1套机械排风系统，少量的臭氧和氮氧化物通过风管引至室外，对周围环境影响较小。

7、辐射安全和防护状况年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，公司已对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。根据公司提供的2024年度辐射安全与防护状况评估报告（见附件20），主要结论如下：

(1) 2024年度内，企业至今未进行任何改扩建；《辐射安全许可证》不存在重新申领和相关内容变更情况；修订了现有的部分辐射安全规定制度；重新发文成立辐射安全领导小组，根据实际情况调整了相关负责人和各成员及其职责；各项台账记录良好；及时开展了辐射事故应急演练。

(2) 公司已委托浙江中一检测研究院股份有限公司于2024年06月12日对相关辐射工作场所进行了检测，检测报告见附件21。

检测当日，现有放射源库贮存25枚放射源（其中8枚¹⁹²Ir源、17枚⁷⁵Se源），源库的四侧屏蔽墙和防护门外30cm处周围剂量当量率为（0.15~0.16）μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的控制水平”的放射源贮存设施要求。

8、现有辐射事故应急预案执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了辐射事故应急管理小组，见附件13。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。根据建设单位提供的资料，公司于2024年开展过一次辐射事故应急演练，演习情况见表1-8。

表1-8 2024年辐射事故应急演练情况

序号	事项	内容
1	演练时间	2024年12月18日下午13:00
2	演练地点	宁波明峰检测预制场内
3	参演部门	宁波市生态环境局镇海分局、宁波明峰检测所有职能部门和各项目部
4	物质准备	警戒牌2块、警戒绳200m、铅衣/铅眼镜/铅手套各2套、长柄夹2根、便携式辐射检测仪8台、铅板2块、对讲机6个、放射源运输车1辆、铅罐1个、个人剂量计9个、个人剂量报警仪8个等
5	预设 事故情景	2024年12月18日下午01点30分，镇海项目部在预制场内使用1枚强度为25Ci的放射源 ⁷⁵ Se进行射线作业，对压力管道预制焊口进行无损检测，收源时发现附近环境剂量严重超标，怀疑是放射源脱钩，造成放射源未回收至源罐内。事故发生后，各救援力量展开应急救援工作。
6	应急 演练评价	通过本次演练，生态环境主管单位、放射源使用各现场部门熟悉处置程序、措施得当、行动迅速，联动配合到位，迅速有效控制了事态的发展，安全将放射源回收至应急放射源罐内，为处置类似应急事件积累了经验，达到了演习的预期目的。同时告诫全体作业人员，平时严格执行放射源的操作规程，做好含源γ射线探伤机的日常检查和维护保养工作，确保放射源的运输、使用和储存中各环节的安全工作。

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×35 枚	II 类	使用	固定式探伤； 移动式探伤；	探伤施工现场、新厂区 1#厂房一层的探伤室内	不作业时，临时贮存于新厂区 1#厂房一层的放射源库内	其中 30 枚 ¹⁹² Ir 源、45 枚 ⁷⁵ Se 源为迁建，5 枚 ¹⁹² Ir 源、10 枚 ⁷⁵ Se 源为拟购
2	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² Bq×55 枚	II 类	使用				

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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（定向）	Ⅱ类	2 台	XXG-2305	230	5	固定式探伤； 移动式探伤；	探 伤 施 工 现 场、新 厂 区 1#厂房一层的 探伤室内	16 台 迁建
2	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	5 台	XXG-2505	250	5			
3	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	3 台	XXG-2505L	250	5			
4	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	XXG-3005	300	5			
5	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	2 台	XXG-3005T	300	5			
6	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	3 台	XXG-3505	350	5			
7	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	2 台	待定	200	5			20 台 拟购
8	X 射线探伤机（周向）	Ⅱ类	1 台	待定	200	5			
9	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	4 台	待定	250	5			
10	X 射线探伤机（周向）	Ⅱ类	2 台	待定	250	5			
11	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	3 台	待定	300	5			
12	X 射线探伤机（周向）	Ⅱ类	2 台	待定	300	5			
13	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	4 台	待定	350	5			
14	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	待定	400	10			
15	X 射线探伤机（定向）	Ⅱ类	1 台	待定	450	10			

（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	最终排放去向
废旧放射源	固态	¹⁹² Ir	根据实际使用情况更换				暂存于放射源库的储源柜/箱/坑内	由放射源生产单位回收处置。
		⁷⁵ Se	根据实际使用情况更换					
报废的γ射线探伤机	固态	/	超过 10 年安全使用期限的γ射线探伤机，拟报废				暂存于放射源库的储源柜/箱/坑内	由γ射线探伤机生产单位回收处理。
废显（定）影液	液态	/	/	83.3kg	1000kg	/	液态废物采用防渗容器收集、固体废物采用袋装收集，暂存于危废暂存间内。	定期委托有资质的单位处理处置。
废胶片	固态	/	/	83.3kg	1000kg	/		
洗片废液	液态	/	/	25kg	3000kg	/		
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	放射源贮存及固定式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物由机械排风系统引至室外，直接排放于大气环境；移动式探伤过程产生的臭氧和氮氧化物量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

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	(1)《中华人民共和国环境保护法》，1989 年 12 月 26 日会议通过，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起施行； (2)《中华人民共和国环境影响评价法》，2002 年 10 月 28 日会议通过，2003 年 9 月 1 日起施行，2016 年 7 月 2 日第一次修正，2018 年 12 月 29 日第二次修正； (3)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020 年修订）》，主席令第四十三号，2020 年 9 月 1 日起施行； (4)《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行； (5)《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 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》，国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订； (7)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； (8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2005 年 12 月 30 日会议通过，2006 年 3 月 1 日起施行；2008 年 12 月 6 日修改，2017 年 12 月 20 日修改，2021 年 1 月 4 日修改； (9)《关于发布放射源分类办法的公告》，原国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日起施行； (10)《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； (11)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； (12)《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，环发〔2007〕8 号，原国家环境保护总局，2007 年 1 月 15 日起施行； (13)《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》，环办函〔2014〕1293 号，原环境保护部办公厅，2014 年 10 月 10 日起施行； (14)《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》，环办辐射函〔2016〕430 号，2016 年 3 月 7 日起施行；
------	---

	（15）《关于加强核与辐射安全监管能力建设工作的通知》，环办辐射函〔2017〕1593号，原环境保护部办公厅，2017年10月19日印发； （16）《关于做好放射性废物（源）收贮工作的通知》，环办辐射函〔2017〕609号，原环境保护部办公厅，2017年4月21日起施行； （17）《放射性废物分类》，原环境保护部、工业和信息化部与国防科工局公告2017年第65号，2018年1月1日起施行； （18）《产业结构调整指导目录（2024年本）》，国家发展和改革委员会令第7号，2024年2月1日起施行； （19）《自然资源部办公厅关于浙江等省（市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，自然资办函〔2022〕2080号，2022年9月30日起施行； （20）关于印发《生态环境分区管控管理暂行规定》的通知，环环评〔2024〕41号，2024年7月6日起施行； （21）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行； （22）《国家危险废物名录（2025年版）》，生态环境部令第36号，2025年1月1日起施行； （23）《危险废物转移管理办法》，生态环境部令第23号，2022年1月1日起施行； （24）《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告2017年第43号，2017年9月1日印发； （25）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发； （26）《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； （27）《浙江省生态环境保护条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第71号，2022年8月1日起施行； （28）《浙江省固体废物污染环境防治条例》，浙江省第十三届人民代表大会常务委员会公告第80号，2023年1月1日起施行； （29）《浙江省建设项目环境保护管理办法》，2011年10月25日浙江省人民政府令第
--	---

	288 号公布，2011 年 12 月 1 日起施行，2014 年 3 月 13 日第一次修正，2018 年 1 月 22 日第二次修正，2021 年 2 月 10 日第三次修正； （30）《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行； （31）浙江省生态环境厅关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2024 年本）》的通知，浙环发〔2024〕67 号，2025 年 2 月 2 日起施行； （32）宁波市生态环境局关于印发《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》的通知，甬环发〔2024〕45 号，2024 年 7 月 23 日起施行。
技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），2016 年 4 月 1 日实施； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002），2003 年 4 月 1 日实施； （3）《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022），2022 年 7 月 1 日实施； （4）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），2023 年 3 月 1 日实施； （5）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单，2017 年 10 月 27 日实施； （6）《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ 114-2006），2007 年 4 月 1 日实施； （7）《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2023），2023 年 10 月 1 日实施； （8）《放射性废物管理规定》（GB 14500-2002），2003 年 4 月 1 日实施； （9）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），2020 年 4 月 1 日实施； （10）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），2021 年 5 月 1 日实施； （11）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021），2021 年 5 月 1 日实施； （12）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021），2021 年 8 月 1 日实施； （13）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023），2023 年 7 月 1 日实施； （14）《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022），2023 年 7 月 1 日实施。 （15）《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改单，2022 年 11 月 8 日实施；

	(16)《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)及 2018 年修改单, 2018 年 9 月 1 日实施;
其他	(1) 环评委托书; (2) 企业提供的与工程建设有关其他设计资料等。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”，结合本项目的辐射污染特点（放射源和射线装置应用项目），故确定本项目评价范围确定如下：

（1）固定式探伤：探伤室实体屏蔽外50m的区域，评价范围示意图具体见附图2。

（2）移动式探伤：①不作业时贮存：放射源库实体屏蔽边界外50m，评价范围示意图见附图2；②移动式探伤时，评价范围为各X、 γ 射线探伤机的最大监督区范围。经理论计算， ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为307m； ^{75}Se - γ 射线探伤机移动探伤时最大监督区范围为226m。根据表11-9估算，200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV的X射线探伤机移动探伤时最大监督区范围分别为103m/79m/79m/89m/122m/194m/238m，其中最大监督区小于100m的移动探伤评价范围均取值100；最大监督区大于100m的移动探伤评价范围均按照最大监督区取值。

7.2 保护目标

（1）根据本项目固定式探伤评价范围、辐射工作场所布局、总平面布置及外环境特征，本项目固定式探伤环境保护目标为评价范围50m内从事放射源管理与X、 γ 射线探伤机操作的辐射工作人员及周围公众成员。

表7-1 固定式探伤评价范围内环境保护目标分布表

辐射工作场所名称	环境保护目标名称	所在位置		相对方位	与探伤室的最近距离（m）	人数	保护要求
探伤室	职业人员	控制室		北	0	2人	剂量约束值 $\leq 5.0\text{mSv/a}$
	公众成员	1#厂房一层	试样存储室	东	0	1人/d	剂量约束值 $\leq 0.25\text{mSv/a}$
			力学性能实验室等		0	2人/d	
			金相光谱实验室		3	2人/d	
			制样实验室		3	2人/d	
			渗透磁粉实验室		11	2人/d	
			声学实验室		15	2人/d	
			更衣室		13	10人/d	

			展厅		24	10 人/d	
		厂区道路			39	10 人/d	
		厂区道路		南	0	10 人/d	
		停车位			5	20 人/d	
		宁波盛灏建设有限公司 (在建)			10	50 人	
		1#厂房 一层	前室	西	0	1 人/d	
			水泵房		0	1 人/d	
		厂区道路			7	10 人/d	
		宁波正元铜合金有限公司			13	50 人	
		厂区道路		北	6	10 人/d	
		岚能（凌光）110kV 光伏电站			12	10 人	
		1#厂房二层		上	0	20 人	
		1#厂房三层			3.5	10 人	
		1#厂房四层			7	5 人	
		1#厂房五层			10.5	1 人	
		1#厂房六层			14	10 人	

注：探伤室的正下方为土层，无地下室，该侧无环境保护目标。

(2) 由于移动探伤作业地点不固定，因此X、 γ 射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。本项目移动式探伤环境保护目标为评价范围内活动的辐射工作人员和公众成员。辐射工作人员为放射源管理人员、X、 γ 射线移动探伤操作人员；公众成员为放射源库周围、项目部内短距离移动、移动探伤工作场所周围的普通公众人员及新厂区内其他非辐射工作人员。

表7-2 放射源库评价范围内环境保护目标分布表

辐射工作场所名称	环境保护目标名称	所在位置		相对方位	与源库的最 近距离（m）	人数	保护要求
放射源库	职业人员	前室		南	0	4 人	剂量约束值 ≤5.0mSv/a
	公众成员	1#厂房 一层	式样存储室	东	7	1 人/d	剂量约束值 ≤0.25mSv/a
			力学性能实验室		7	2 人/d	
			金相光谱实验室		10	2 人/d	
			制样实验室		10	2 人/d	
			渗透磁粉实验室		18	2 人/d	
			声学实验室		23	2 人/d	
			更衣室		20	10 人/d	
			展厅		30	10 人/d	
		厂区道路		南	46	10 人/d	
		厂区道路			2	10 人/d	
		停车位			7	20 人/d	

		宁波盛灏建设有限公司 (在建)		西	12	50 人	
		厂区道路			0	10 人/d	
		宁波正元铜合金有限公司			7	50 人	
		1#厂房 一层	水泵房	北	0	1 人/d	
			楼梯间和卫生间		4	20 人/d	
		厂区道路			10	10 人/d	
		岚能（凌光）110kV 光伏电站		16	10 人		
		1#厂房二层		上	0	20 人	
		1#厂房三层			3.5	10 人	
		1#厂房四层			7	5 人	
		1#厂房五层			11.5	1 人	
		1#厂房六层			15	10 人	

注：放射源库的正下方为土层，无地下室，该侧无环境保护目标。

表7-3 移动探伤工作场所评价范围内环境保护目标分布表

辐射工作场所名称	环境保护目标名称	所在位置	相对方位	与探伤机的最近距离（m）	人数	保护要求
移动探伤作业场所	职业人员	控制区外操作位、监督区内	非主射方向	$^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机移动探伤最大控制区为7m/5m；200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV的X射线探伤机移动探伤最大控制区分别为29m/22m/22m/25m 26m/26m/30m；	6人/组 (每次作业3人)	剂量约束值 $\leq 5.0\text{mSv/a}$
	公众成员	监督区外、评价范围内	四周	$^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机移动探伤最大监督区为307m/226m；200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV的X射线探伤机移动探伤最大监督区分别为103m/79m/79m/89m/122m/194m 238m；	流动不定	剂量约束值 $\leq 0.25\text{mSv/a}$

备注：本项目移动探伤小组合计为 18 组，故移动探伤操作的职业人员为 108 人。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

一、剂量限值

B1.1 职业照射

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

B1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

二、剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 第 11.4.3.2 条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，本次评价保守取相应剂量限值的 25%作为本项目剂量约束值管理目标，即职业照射剂量约束值为 5mSv/a；公众照射剂量约束值为 0.25mSv/a。

三、辐射工作场所的分区

6.4 辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

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

6.4.2 监督区

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

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)

本标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压 kV	漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.2 γ 射线探伤机

5.2.1 源容器及其传输导管

5.2.1.1 当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率应不超过表 2 规定的控制值，随机文件中应有该指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 14058 的要求。

表 2 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机型号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02
移动式	M	1	0.05
固定式	F	1	0.1

5.2.3 放射源的贮存和领用

5.2.3.1 使用单位应设立专用的放射源（或带源的探伤机）的贮存库。

5.2.3.2 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源、控制源，应在专用的贮存设施内贮存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。

5.2.3.3 放射源贮存设施应达到如下要求：

- a) 严格控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，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志；
- 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) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 或者审管部门批准的控制水平；

d) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理；

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。

5.2.3.4 放射源的储存应符合 GA 1002 的相关要求。

5.2.3.5 使用单位应制定放射源领用及交还制度，建立领用台帐，明确放射源的流向，并有专人负责。

5.2.3.6 领用、交还含放射源的源容器时，应对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器应按规定位置存放，领用和交还都应有详细的登记。

5.2.4 放射源的运输和移动

5.2.4.1 放射源的货运运输要求按 GB 11806 的规定执行，应满足 A 类与 B 类运输货包要求。在运输过程中，源窗应处于关闭状态，并有专门的锁定装置。

5.2.4.2 含源装置应置于贮存设施内运输，只有在合适的源容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。

5.2.4.3 在不涉及公用道路的厂区内移动时，应使用小型车辆或手推车，使含源装置处于人员监视之下。

5.2.5 废旧放射源的处理

使用单位应与生产销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

6.1 探伤室放射防护要求

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

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

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

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

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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

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

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

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

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

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

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

a) 对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7 h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \dots\dots\dots(1)$$

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

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

τ ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

b) 对于 γ 射线探伤，控制区距离的估算方法参见本标准附录 A。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，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。

7.2.4 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。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，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，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

7.2.8 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。

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 γ 射线绕出盘）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。

7.3.3 《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）

本标准规定了核技术利用放射性废物库的选址、设计和建造技术要求。本标准适用于新建、改建、扩建核技术利用产生的放射性固体废物和废（旧）放射源贮存库的选址、设计和建造，通常指城市放射性废物库。在用放射源贮存库的选址、设计和建造可参照本标准执行。

6.11 辐射防护

6.11.1 剂量限值和污染控制水平

6.11.1.1 从事废物（源）接收、贮存、监测的工作人员及公众的受照剂量应符合 GB 18871 所规定的限值。

6.11.1.3 库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 20 μ Sv/h；库房外墙表面 0.3m 处的最大剂量率不超过 2.5 μ Sv/h。

6.11.1.4 工作场所表面污染控制水平应按照 GB 18871 规定执行。

6.11.2 辐射屏蔽

6.11.2.1 接收的废（旧）放射源及放射性废物包装表面的空气吸收剂量率小于 2mSv/h，表面 1m 处剂量率小于 0.1mSv/h。

6.11.2.2 在确定贮存坑盖板及废物库墙体的屏蔽层厚度时，应选取所存废物内可能出现的活度高且 γ 射线能量较高的核素作为屏蔽计算的主要辐射源项；若无法确定核素类型时，按 ^{60}Co 核素能量确定屏蔽层厚度。

6.11.2.3 当废物堆放面积和体积均较大时，可选用半无穷大体源模型计算屏蔽厚度。

6.11.2.4 源库的外墙体选用对 γ 射线、中子都有防护效果的混凝土作为防护材料；防护门也要考虑 γ 射线、中子的防护。

6.11.3 辐射分区

废物库库房按其辐射水平和可能污染的程度分为控制区和监督区，对于范围比较大的控制区，如果其中的照射或污染水平在不同的局部变化较大，需要实施不同的专门防护手段或安全措施，则可根据需要再划分不同的子区，以方便管理。将废物（源）贮存车间、废物装卸厅、排风机房等潜在剂量率或污染水平较高的区域定为控制区；其它区域定为监督区。

6.11.4 辐射监测

6.11.4.1 废物库库房应配备固定式 γ 剂量率在线监测系统，有条件时增设中子探头；卫生通过间应配备手脚污染监测装置。

6.11.4.2 配置便携式 X- γ 剂量率仪、中子辐射监测仪、表面污染监测仪、便携式气溶胶监测设备或气溶胶取样器等辐射监测设备，应符合 HJ 61 中的辐射监测要求。

6.11.4.3 应配备个人剂量计和个人剂量报警仪对辐射工作人员的受照剂量进行监测。

7.3.4 本项目管理目标

（1）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 11.4.3.2 条款，确定本项目职业人员个人剂量约束值为 5mSv/a，公众成员个人剂量约束值为 0.25mSv/a。

（2）探伤室周围剂量当量率控制水平

本项目探伤室位于1#厂房一层，正上方为二层生产车间的档案室。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第6.1.3条款和6.1.4条款，本项目探伤室的墙体、门及室顶的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

（3）放射源贮存设施周围剂量当量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第5.2.3.3条款：“c）在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽能使该处周围剂量当量率小于2.5 μ Sv/h或者审管部门批准的控制水平”，《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）第6.11.1.3条款：“库房盖板正上方0.5m处的最大剂量率不超过20 μ Sv/h；库房外墙表面0.3m处的最大剂量率不超过2.5 μ Sv/h”，本项目放射源暂存库的四侧墙体、防护门和顶棚外30cm处周围剂量当量率控制限值为2.5 μ Sv/h，库内储源柜/箱/坑的屏蔽体外0.5m处周围剂量当量率控制限值为20 μ Sv/h。

（4）移动探伤控制区和监督区边界限值

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第7.2.2条款和7.2.8条款，本项目单组X射线移动探伤周最大曝光时间为5h，小于7h，故可判断出X射线移动探伤时控制区边界限值为15 μ Sv/h，监督区边界限值为2.5 μ Sv/h。同时， γ 射线移动探伤时控制区边界限值为15 μ Sv/h，监督区边界限值为2.5 μ Sv/h；

（5）工作场所中臭氧和氮氧化物控制水平

根据《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第1号修改单的表1工作场所空气中化学有害因素职业接触限值，本项目探伤工作场所空气中O₃最高容许浓度为0.3mg/m³，NO_x时间加权平均容许浓度为5mg/m³。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 项目地理位置

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新厂区位于浙江省宁波市镇海区宁波石化开发区地块（东至泰兴路，西至规划工业用地，南至规划工业用地，北至规划工业用地）。公司厂区东侧隔泰兴路为河流，南侧为宁波盛灏建设有限公司（在建），西侧为宁波正元铜合金有限公司，北侧为宁波镇海岚能（凌光）新能源科技有限公司岚能（凌光）110kV 光伏电站。

8.1.2 场所位置

本项目 1 间探伤室及其控制室、1 间放射源库、1 间 X 射线机贮存间、2 间洗片室、1 间晾片室和 1 间评片室等功能用房，其中评片室以外的功能间均集中设置在 1#厂房一层，评片室位于 1#厂房二层，具体位置见附图 5-6。功能间周围环境关系介绍见 1.4.2 章节。

8.2 环境现状评价对象

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

8.3 辐射环境质量现状

8.3.1 固定式探伤工作场所

（1）检测目的

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

（2）检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

（3）检测点位

参考《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）“5.3 核技术利用项目辐射环境监测”的布点要求，本项目以工作场所为中心，半径 50m 内均匀布点，测量点覆盖控制区和监督区，并覆盖评价范围 50m 内的环境敏感点。结合本项目环境保护目标分布、评价范围和工程地块

现状情况（仍是待建空地），本次共布设 15 个检测点位，布点情况见附图 14。

（4）检测方案

- ①检测单位：浙江亿达检测技术有限公司（证书编号：211112051235）；
 - ②检测时间：2025年01月16日；
 - ③检测方式：现场检测；
 - ④检测依据：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；
 - ⑤检测频次：仪器读数稳定后，以约10s的间隔读取10个数据；
 - ⑥检测工况：辐射环境本底；
 - ⑦天气环境条件：天气：多云；室内温度：5℃；室内温度：5℃；相对湿度：56%；
 - ⑧检测仪器：X、γ辐射周围剂量当量率仪；
- 检测仪器相关的参数见表 8-1。

表 8-1 X、γ辐射周围剂量当量率仪的参数与规范

仪器名称	X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD-b/H；外置探头：6150AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量 程	内置探头：0.05μSv/h～99.99μSv/h；外置探头：0.01μSv/h～10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV；外置探头：60keV-1.3MeV
检定证书编号	2024H21-20-5106288001
检定有效期	2024 年 2 月 23 日～2025 年 2 月 22 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C _f	1.04
探测限	10nSv/h

（5）质量保证措施

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

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

③合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性。

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

⑤检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持有合格证书上岗。

⑥每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

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

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

⑨检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

（6）检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表 8-2 本项目辐射工作场所拟建地址及周围环境本底检测结果

点位 编号	点位描述	γ 辐射空气吸收剂量率（nGy/h）		备注
		平均值	标准差	
1#	探伤室拟建址	84	2	原野
2#	放射源暂存库拟建址	80	4	
3#	前室拟建址	84	1	
4#	水泵房拟建址	89	5	
5#	控制室拟建址	86	1	
6#	试样存储室拟建址	87	4	
7#	X射线机临时贮存间拟建址	83	2	
8#	展厅拟建址	90	4	
9#	东侧厂区道路	84	2	
10#	南侧厂区道路	87	1	
11#	西侧厂区道路	88	4	
12#	北侧厂区道路	84	1	
13#	宁波盛灏建设有限公司（在建）	84	1	室外道路
14#	宁波正元铜合金有限公司	84	1	
15#	岚能（凌光）110kV 光伏电站	84	1	

注：①本次测量时，仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为1m，仪器读数稳定后，以约10s为间隔读取10个数
据；②根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）第5.5条款，测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值 $\dot{D}_\gamma$ 计

算结果如下： $\dot{D}_r = k_1 \times k_2 \times R_r - k_3 \times \dot{D}_C$ ，其中 k_1 ——仪器检定/校准因子，本项目取 1.04； k_2 ——仪器检验源效率因子，本项目取 1； R_r ——仪器测量读数值均值，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20Sv/Gy； k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，原野取 1； $\dot{D}_C$ ——测点处宇宙射线响应值，本项目取 31.3nGy/h。

由表8-2可知，本项目辐射工作场所拟建址及周围环境各检测点位的 γ 辐射空气吸收剂量率范围为（80~90）nGy/h。由《浙江省环境天然放射性水平调查总结报告》可知，宁波市原野 γ 辐射剂量率范围为（45~95）nGy/h，宁波市室外道路 γ 辐射剂量率范围为（64~128）nGy/h，可见该辐射场所拟建址的 γ 辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

8.3.2 移动探伤作业场所

本项目使用X、 γ 射线探伤机进行移动探伤，由于其涉及的待检测项目具体地点不固定，故本次评价未对其进行环境现状监测。

本项目移动探伤作业区域为全国各地，参考《2024年中国生态环境状况公报》，2024年全国环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。环境 γ 辐射剂量率处于当地天然本底涨落范围内。同时参考浙江省生态环境厅发布的《2023年浙江省生态环境状况公报》，全省电离辐射环境质量总体良好，环境电离辐射水平于本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 建设阶段工程分析

9.1.1 建设阶段工艺流程及产污环节

本项目建设阶段主要为探伤室、放射源暂存库及辅助用房的土建施工以及设备安装调试阶段，具体工艺流程及产污环节见表 9-1。

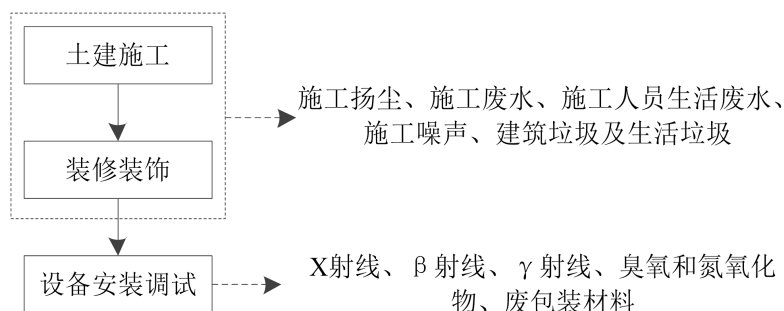


图 9-1 建设阶段工艺流程及产污环节示意图

9.1.2 建设阶段污染源项

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

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 γ射线探伤机

1、设备组成及工作方式

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

典型γ射线探伤设备外观见图 9-2～图 9-4，内部结构见图 9-5。



图 9-2 典型 ^{192}Ir - γ 射线探伤机外观图

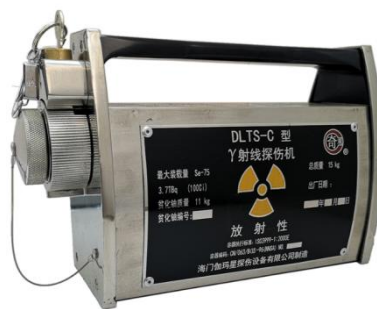


图 9-3 典型 ^{75}Se - γ 射线探伤机外观图

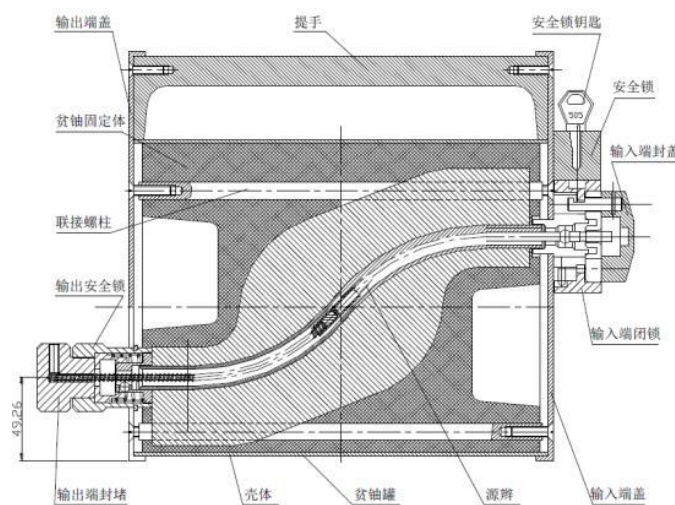


图 9-4 典型 γ 射线探伤机内部结构示意图

2、设备性能参数

根据建设单位提供的资料，本项目拟购的 γ 射线探伤机性能参数见表 9-1。

表 9-1 γ 射线探伤机技术参数

设备类型	^{192}Ir - γ 射线探伤机	^{75}Se - γ 射线探伤机
探伤机类别	便携式（P）	便携式（P）
核素名称	^{192}Ir	^{75}Se
核素形态	固态密封源	固态密封源
额定装源活度	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ （100Ci）	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ （100Ci）
距源容器表面 5cm 处的最大周围剂量当量率	0.5mSv/h	0.5mSv/h
距源容器表面 100cm 处的最大周围剂量当量率	0.02mSv/h	0.02mSv/h
透照厚度（A3 钢）	20~100mm	10~40mm
射线源焦点	$\phi 2 \times 2$ 、 $\phi 3 \times 3$	$\phi 2.5 \times 2.5$ 、 $\phi 3 \times 3$
输源软管长度	6.3m	6.3m
控制部件导管长度	10~15m	10~12m
机体重量	25kg	9.6kg
机体外形尺寸	350mm×133mm×241mm	337mm×111mm×198mm
出源与回源方式	电动+手动	电动+手动

3、工作原理

γ 射线探伤机在工作过程中，通过密封源 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ 产生的 γ 射线对受检工件进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接的质量。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像，显示裂缝所在位置， γ 射线探伤机据此实现探伤目的。

4、 γ 射线探伤工艺流程及产污环节

(1) 放射源领取

源库管理员进入放射源库，其中一名管理人员打开一个储源坑的铅盖，取出其中的含源 γ 射线探伤机，并用便携式 X- γ 剂量率仪对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行检测，确认探伤机内有源，合上储源坑的铅盖，同时记录检测值，填写《放射源出入库登记表》。开展固定式探伤工作时，源库管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给探伤操作人员，由其开展下一步的固定式探伤工作。开展移动式探伤工作时，源库管理员将取出的含源 γ 射线探伤机在全程监控下交接给现场安全员，现场安全员再把已存放含源 γ 射线探伤机的铅箱移交给有资质的放射源运输单位辐射工作人员，由其搬运至放射源专用运输车上。探伤工作结束后，含源 γ 射线探伤机返回放射源库，保管人员对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率再次进行检测，并与出库时的检测值对比，确保放射源的存在及处于最佳的屏蔽位置，并做好检测的记录，填写《放射源出入库登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。同时，放射源库实行双人双锁制度，并由 2 名辐射工作人员专职负责放射源的保管工作，制定《放射源使用登记制度》，贮存、领取、使用、归还放射源时，应及时进行登记、检查，做到账物相符，以确保放射源的安全监管，防止放射源意外丢失，对公众人员造成不必要的危害。放射源库工作及产污流程见图 9-5。

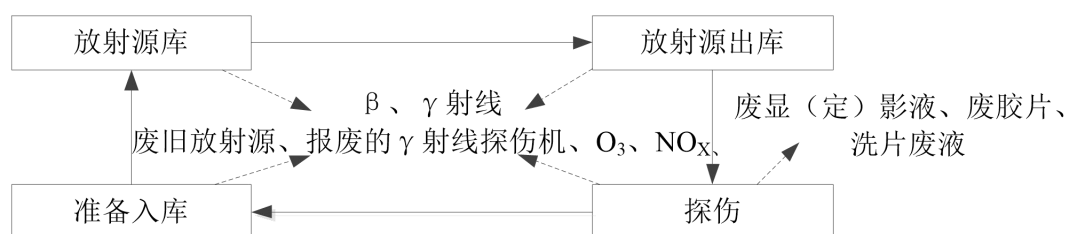


图 9-5 放射源库工作流程及产污流程示意图

(2) 固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护

门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行 γ 射线探伤的工件通过叉车放置于平板轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置。在工件待检部位布设胶片并加以编号完毕后，放射源保管人员将含源 γ 射线探伤机从储源坑内取出并交于探伤操作人员，探伤操作人员再将 γ 射线探伤机放置工件附近，安装 γ 射线探伤机，将控制部件和输源导管连接好，开启探伤机闭锁装置。工作人员清场退出探伤室，关闭探伤室所有防护门。工作人员在操作室内，接通探伤机电源，通过探伤设备控制面板电动驱动，将放射源推送至曝光位置进行曝光。待曝光结束后，通过电动装置再将放射源收回探伤机贮源位，放射源回位后关闭安全锁。工作人员打开防护门进入探伤室，将含源 γ 射线探伤机交由放射源保管人员放回储源坑，收取工件上的贴片。经洗片、评片，给出无损检测结果。

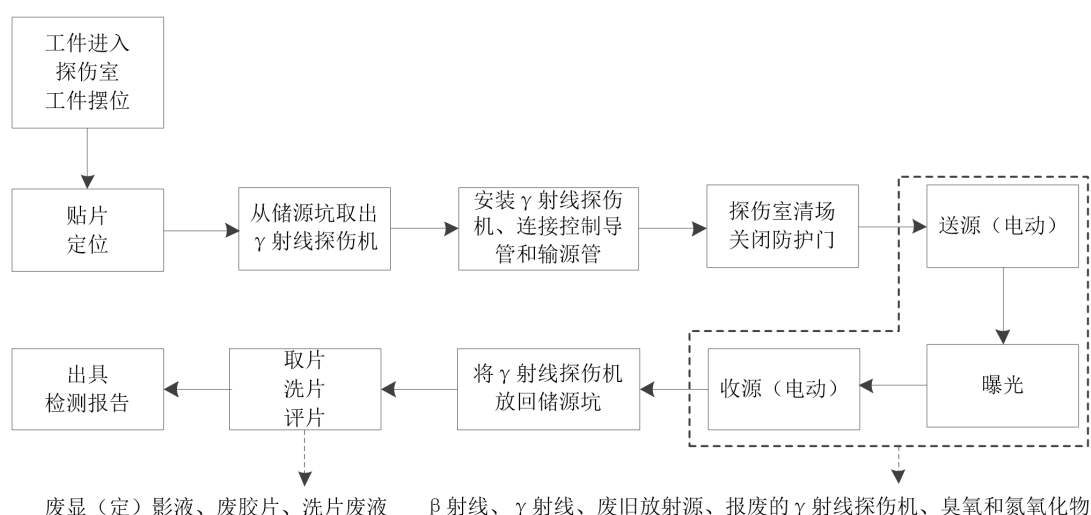


图 9-6 γ 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

（3）移动式探伤

①公司接到工程探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据几何不清晰度要求，算出照射距离，确定放射源的位置；根据底片黑度要求，算出照射时间。根据放射源活度理论估算出控制区及监督区的边界距离，通过委托方（或探伤实施单位）把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 γ 射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监

督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。在清理完现场，确认场内无其他人员后，工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。在试运行（第一次曝光）期间，用便携式X-γ剂量率仪巡测控制区和监督区边界的周围剂量当量率以证实边界设置正确，必要时应调整区域的范围和边界。在移动探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态。

③确定照射容器、输源管及遥控器曲柄放置的距离及操作人员的临时屏蔽装置，在检测对象需要检测部位贴好胶片，将γ射线探伤机的照射头的射线口对准检测对象需要检测部位。

④用便携式X-γ剂量率仪检查确定源在装置内后，连接输源管。将输源管端部三角架固定安放到确定的照射处，确认控制部件、行程记录仪、输源管及各个连接口无异常，通过摇动手柄送出放射源，并监视行程记录仪，同时记录照射时间，到预定照射时间后，摇动手柄将放射源收回到照射容器安全位置。

⑤从检测工件上取下已曝光的底片，待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

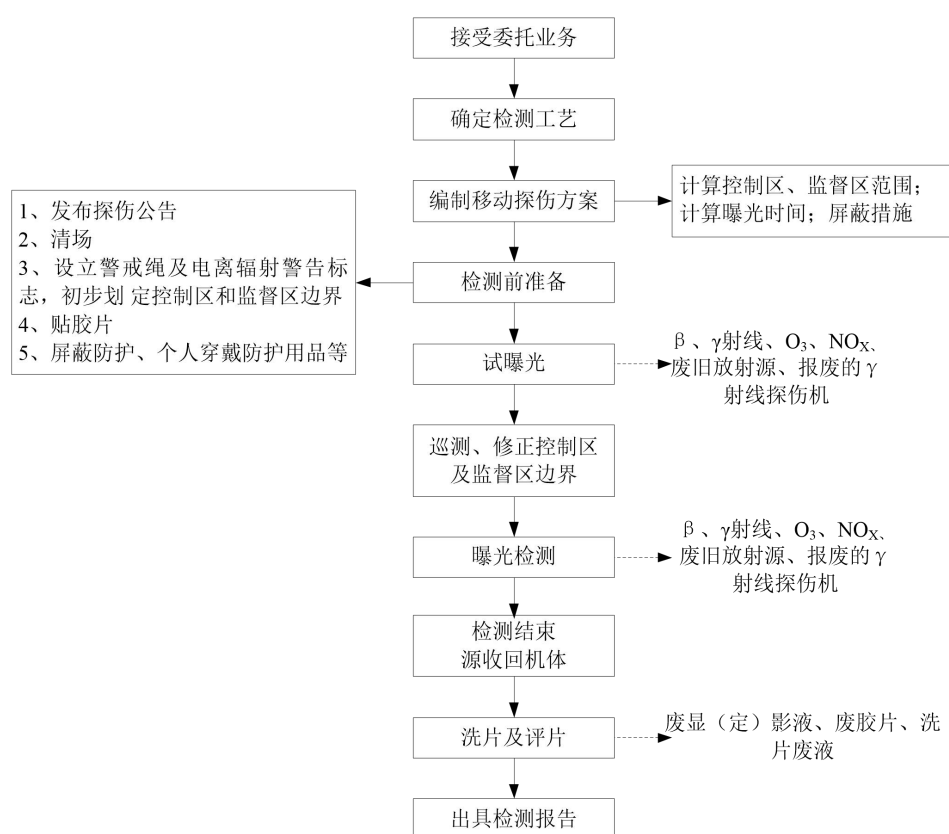


图 9-7 γ射线移动探伤工艺流程及产污流程示意图

综上所述，本项目γ射线固定式与移动式探伤的主要产污因子为：β、γ射线、废旧放射源、报废的γ射线探伤机、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗

片废液等危险废物。

5、换源流程

当使用的放射源活度下降至不能满足无损检测需求时，需要更换放射源，换源流程如下：

（1）放射源使用单位（宁波明峰检验检测研究院股份有限公司）按照《辐射安全许可证》许可的种类和范围，向浙江省生态环境厅申请购买新源，并按要求填报《放射性同位素转让审批表》，经其批准同意后方可开展购源工作。

（2）获取浙江省生态环境厅的批准后，放射源使用单位（宁波明峰检验检测研究院股份有限公司）委托有放射性物品运输资质的运输单位（浙江省科学器材进出口有限责任公司）将从 γ 射线探伤机生产厂家处购买的源容器及其相关附件运输至放射源生产单位，在放射源生产单位厂区内由生产单位完成装源工作。

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

根据《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8 号文）规定：“探伤装置装源（包括更换放射源）应由放射源生产单位进行操作，并承担安全责任，放射源生产单位也可委托有能力的单位进行装源操作。生产、销售、使用探伤装置单位不得自行进行装源操作。放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度”，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司不得自行进行倒源操作。本项目放射源退役和换源的所有工作必须由放射源生产单位负责，倒源的安全责任由放射源生产单位负责。

6、放射源运输

本项目委托具备国家规定的放射性物品运输资质的单位承担放射源运输工作，并由其承担运输过程中的安全责任，建设单位内部不涉及运输工作，仅为项目部内在运输车辆无法到达探伤工点时，在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员使用小型车辆或手推车通过短距离的移动到达探伤作业点。

经与建设单位核实，本项目放射源运输车从东侧主出入口离开厂区，沿着明海北路向东行驶至沿海北线，继续开往目的地。沿海北线两侧主要为宁波石化开发区内各类工业企业，无居民区和学校等环境敏感目标。放射源运输路线及沿线环境情况见图 9-8 和图 9-9。



图 9-8 放射源运输路线示意图



图 9-9 放射源运输沿线环境情况

目前，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订“放射源委托运输协议”（见附件 14）。经核实，浙江省科学器材进出口有限责任公司具备有效的《中华人民共和国道路运输经营许可证》，证号：浙交运管许可杭字（330101200129）号，经营范围：货运：经营性危险货物运输（第 7 类）（剧毒化学品、国家特别管控危险化学品除外），有效期至 2025 年 8 月 31 日。

7、废源回收

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第三十二条规定，“生产、进口放射源的单位销售 I 类、II 类、III 类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议；使用放射源的单位应当按照废旧放射源返回协议规定将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。确实无法交回生产单位或者返回原出口方的，送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位贮存。

目前，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订“放射性同位素转让及废旧放射源返回协议”（见附件 15）。经核实，浙江省科学器材进出口有限责任公司具备有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证（A0135），种类和范围：销售 II 类、III 类、IV 类、V 类放射源；销售 III 类射线装置，有效期至 2027 年 2 月 20 日。

9.2.2X 射线探伤机

1、设备组成及工作方式

本项目 X 射线探伤机主要由 X 射线管头组装体、控制箱及连接电缆组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，曝光时间最长为 5min。为延长 X 射线探伤机使用寿命，探伤机按工作时间和休息时间以 1:1 方式工作和休息，确保 X 射线管充分冷却，防止过热。典型 X 射线探伤机外观情况见图 9-10。



图 9-10 典型 X 射线探伤机外观示意图

2、设备技术参数

经与建设单位核实，本项目拟购的X射线探伤机技术参数见表9-2。

表9-2 X射线探伤机技术参数

设备类型	X射线探伤机						
型号	XXG-2305	XXG-2505、 XXG-2505L、 待定 (250kV)	XXG-3005、 XXG-3005T、 待定 (300kV)	XXG-3505、 待定 (350kV)	待定 (200kV)	待定 (400kV)	待定 (450kV)
输出管电压 (kV)	100~230	150~250	170~300	180~350	100~200	100~400	150~450
输出管 电流 (mA)	5	5	5	5	5	10	10
最大穿透 A3钢 (mm)	35	40	50	55	30	60	65
辐射角度	40° + 5°						
控制电缆线 长度 (m)	25m						
冷却方式	强迫风冷						
绝缘方式	SF6气体绝缘						
工作方式	间歇工作1:1						

3、X射线产生原理

X射线探伤机主要由X射线管和高压电源组成。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡由于韧致辐射从而产生X射线。典型X射线管结构见图9-9。

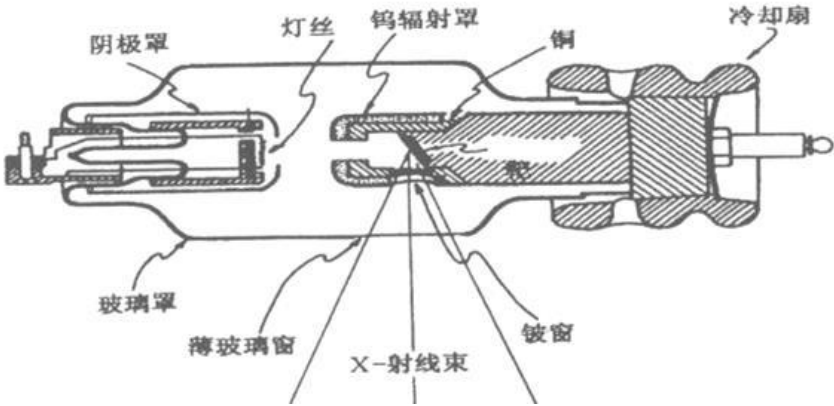


图 9-11 典型 X 射线管结构图

4、X射线探伤原理

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

5、X射线探伤工艺流程及产污环节

（1）射线装置领取

本项目X射线探伤机不工作时，存放于专门的X射线机贮存间，双人双锁，由专人管理。移动探伤前，由辐射操作人员到X射线机贮存间领取X射线探伤机，领用须填写《射线装置领用登记表》。探伤工作结束后，X射线探伤机返回X射线机贮存间，填写《射线装置领用登记表》，详细记录工程名称（地点），归还人、归还日期及时间，并建立计算机管理档案。

（2）X射线固定式探伤

当需要对被检工件进行固定式探伤操作前，探伤操作人员必须关闭探伤室所有防护门，打开固定式场所辐射探测报警装置，随身携带好个人剂量计和个人剂量报警仪。将需要进行X射线探伤的工件通过叉车放置于平板轨道车上，送入探伤室内，设置适当位置，在工件待检部位布设胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门和工作人员进出门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光。当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，从探伤工件上取下已经曝光的胶片，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。

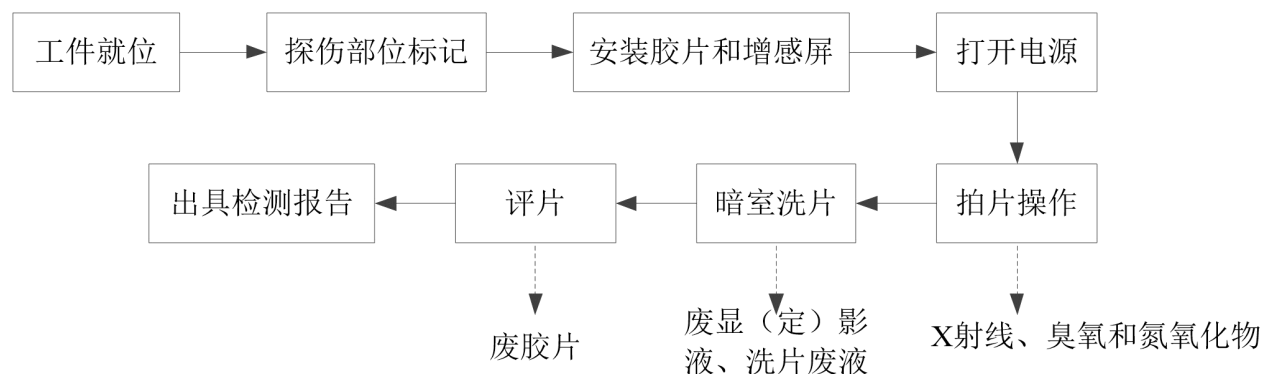


图 9-12 X 射线固定式探伤工艺流程及产污环节示意图

（4）X射线移动探伤

①公司接到工程探伤检测委托业务后，在探伤之前，根据被探伤产品的规格选用合适型号的X射线探伤机。根据设备的最大管电压和最大管电流等参数理论估算出控制区及监督区的边界距离，通过委托方（或探伤实施单位）把探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容以张贴公告的方式告知探伤场所附近公众。

②对初步划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后，对监督区边界范围内区域进行清场，将无关人员全部撤出监督区边界线以外。在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，设置有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与X射线探伤机联锁，边界处拉起警戒绳。监督区边界上张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息并悬挂清晰可见的“无关人员禁止进入”警告牌，必要时设专人警戒。在清理完现场，确认监督区内无公众人员后，辐射工作人员离开控制区，在监督区边界附近进行警戒。

③试曝光。现场作业人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，监护人员确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开始铺设电缆，在工件待检部位布设X射线胶片并加以编号，检查无误，设备操作人员开机进行试曝光，现场监护人员使用便携式X-γ剂量率仪从探伤机位置四周由远及近进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的周围剂量当量率小于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，公众位于周围剂量当量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域之外。在移动探伤工作期间，便携式X-γ剂量率仪应一直处于开机状态。

④曝光检测。辐射工作人员在控制区边界外操作，探伤机控制台上设有延时开机按钮。然后开机进行曝光，同时记录照射时间。到预定曝光时间后，探伤检测结束。

⑤探伤结束，关闭机器。清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

⑥从检测工件上取下已曝光的底片，并将胶片统一运回新厂区暗室。待暗室冲洗处理后评片，完成一次探伤任务。

本项目X射线移动式探伤工艺流程及产污环节与γ射线移动式探伤基本相同，见图9-7。

综上所述，本项目X射线固定式与移动式探伤的产污因子主要为X射线、臭氧和氮氧化物等非放射性气体及废显（定）影液、废胶片、洗片废液等危险废物。

9.2.3 探伤工作负荷

实际探伤时，公司根据待检产品的厚度和客户检测需求，选择合适的探伤装置进行无

损检测。结合各探伤装置的探测上限（最大穿透力）和探测下限（设备灵敏度）的差异性及对外探伤的业务量，本次评价的探伤机处于最大工况时的主要检测厚度范围见表9-3。

固定式探伤时，探伤室每次仅开启1台探伤机，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。移动式探伤时，每个作业地点仅开启1台探伤机，不存在2台及2台以上探伤机同时运行的工况。探伤工作负荷见表9-4。

表9-3 各探伤机主要检测厚度范围

序号	设备名称		主要检测厚度范围（钢，mm）
1	¹⁹² Ir-γ射线探伤机		20~100
2	⁷⁵ Se-γ射线探伤机		10~40
4	X射线探伤机	200kV	20~30
		230kV	25~35
		250kV	30~40
		300kV	40~50
		350kV	45~55
		400kV	50~60
		450kV	55~65

表9-4 本项目探伤工作负荷

序号	探伤类型	设备名称	年拍片量 (万张)	单片最大曝光 时间 (min)	单片平均曝光时 间 (min)	年曝光时间 (h)
1	固定式探伤	γ射线探伤机	0.7	1~10	4	467
		X射线探伤机	0.3			200
2	移动式探伤	γ射线探伤机	6			4000
		X射线探伤机	3			
合计			10	曝光时间已包括训机、试曝光时间		6667

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室计划每日工作8h，其中日曝光时间为2.3h，年工作300天，则年曝光时间为667h（10000张片×4min/张=667h），全年按50周计，则周曝光时间为13.34h；日不曝光时间为5.7h，其中辐射工作人员在探伤室内工作时间为2h，主要为存取密封源、近距离移动γ射线探伤机、安装控制导管和输源导管、布置底片及摆放工件等；在探伤室外工作时间为3.7h，主要为吊装工件、画标记、暗室处理及资料整理等。单片曝光时间均保守按4min计，探伤室日拍片量为10000（张/年）/300（d/年）≈34张/d，则相应的日曝光时间为2.3小时，则推导出本项目的拍片量与计划曝光时间匹配。

考虑实际工作中移动探伤业务的不均匀性，本报告保守按照年工作50周来计，移动探伤小组合计18组，则单个 γ 射线移动探伤小组年曝光时间为222h（60000张 $\times$ 4min/张 $\div$ 18组=222h），高峰期周最大曝光时间为5h；单个X射线探伤小组年曝光时间为111h（30000张 $\times$ 4min/张 $\div$ 18组=222h），高峰期周最大曝光时间为5h。

9.2.4 辐射工作人员配置

本项目所需辐射工作人员合计115名，其中107名为现有辐射工作人员调配，另8名拟新增。固定式探伤与移动式探伤工作人员不交叉使用，X射线固定式探伤和 γ 射线固定式探伤工作人员互用，X射线移动式探伤和 γ 射线移动式探伤工作人员互用，具体岗位分工和职责内容见表9-5。

表9-5 本项目辐射工作人员配置计划表

序号	岗位	数量	来源	备注
1	辐射安全管理	1名	现有	专职，负责单位辐射安全管理
2	放射源管理	4名	现有	专职，负责放射源库的放射源管理
3	固定式探伤	2名	拟新增	专职，由2名辐射工作人员组成，共同负责承担探伤室内所有探伤装置的固定式探伤工作（X、 γ 射线探伤不同时操作使用），实行昼间单班制（8小时），每周工作6天，全年按50周计，年工作300天。
4	移动式探伤	108名	102名现有 6名拟新增	专职，分18组，每个探伤小组由6名辐射工作人员按AB岗组成（每次出去作业3人），共同负责X、γ射线移动式探伤工作。 ①γ射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名为探伤操作人员，每次移动探伤时同时在场并共同负责操作γ射线探伤机的安全使用及状态监护等工作；1名为现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源γ射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。 ②X射线移动探伤时，人员岗位职责分配：2名轮流负责操作X射线探伤机，1名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入。
合计		115名		

因为本次申请的90枚放射源并不是一次性全部购买到位，现有5~8个省内外移动探伤项目部，随着近年来良好的业务契机带来的涨幅变化，未来移动探伤项目部数量将高达10~15个，每个项目部由1~2组人员负责。企业在各业务项目部探伤时，根据探伤需求，

同一项目部存在多台探伤设备同时使用的情况，每组人员在项目部同一地点进行探伤作业时，每次仅使用1台探伤设备进行探伤，并严格按监督区和控制区划分探伤作业范围，不存在2台及以上探伤设备监督区和控制区两区交叉情况。本项目辐射工作人员共108人，分为18组，能够满足企业高峰期最大业务量需求。同时建设单位承诺根据业务实际情况陆续配置匹配的辐射工作人员数量，确保移动探伤作业人数符合国家相关标准和辐射安全管要求。

9.2.5现有核技术利用项目工艺不足及改进情况

1、现有核技术利用项目情况

公司持有效的《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证（B0005），种类和范围：使用Ⅱ类放射源、使用Ⅱ类射线装置，有效期至2028年01月12日，许可规模：75枚放射源（其中30枚 ^{192}Ir 源、45枚 ^{75}Se 源，额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq/枚}$ ）、16台X射线探伤机，均用于移动式探伤作业。上述辐射内容均已通过环评审批和竣工验收。

2、现有移动式探伤工艺流程

现有X、 γ 射线移动式探伤工艺流程及产污环节和本次评价项目相同，见前文9.2.1和9.2.2章节。

3、现有辐射工作场所布局和屏蔽设计情况

老厂区现有放射源库为一层结构的建筑物，设计尺寸为11.7m（内长） $\times$ 3.6m（内宽） $\times$ 4.5m（内高）。库内设储源地坑30个、贮源柜15个，设计最大库容为一次性最多存放75枚放射源（每枚源的额定装源活度均不大于100Ci，属于Ⅱ类放射源），平面布局见图9-12。

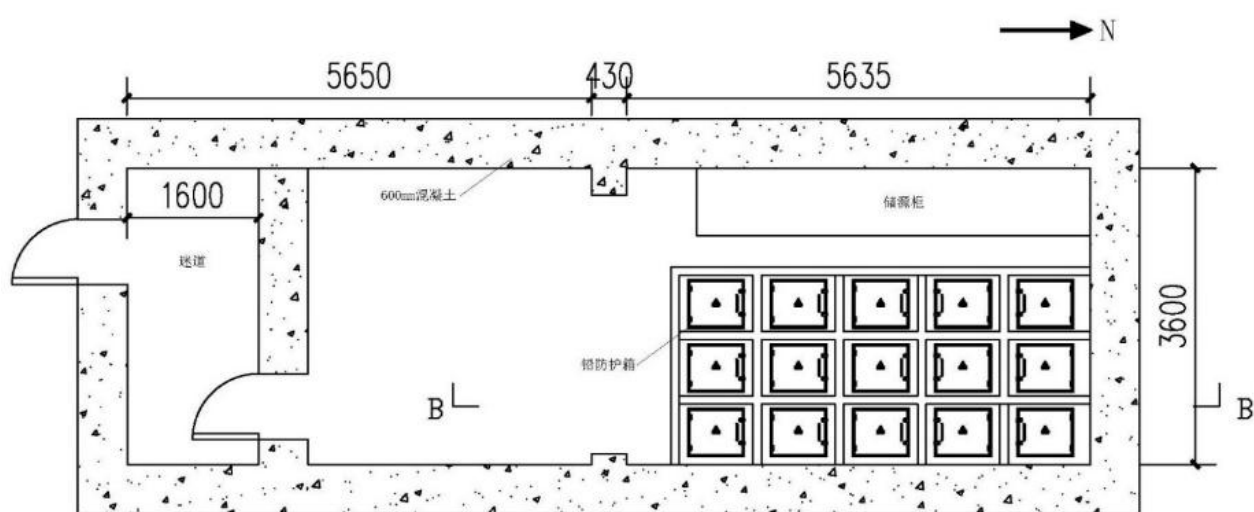


图9-12 老厂区现有放射源库平面布局图

现有放射源库的东、西侧墙体均采用600mm厚混凝土+240mm厚实心砖防护墙，南侧墙体采用600mm厚混凝土+240mm厚实心砖+10mm铅板防护墙，北侧墙体采用600mm厚混凝土+400mm厚实心砖防护墙，顶棚采用150mm厚混凝土。暂存库东侧设置地坑，15个铅箱放置在300mm深地坑中，西侧设置一排储源柜中，可存放15个铅箱。迷道采用铅门和防盗门交叉通道结构，迷道内墙体为600mm厚混凝土墙，防护门宽1.8m、高2.0m，铅板厚度为10mm厚铅板，两扇门均设置双人双锁。

4、现有辐射安全防护措施落实情况

现有放射源库设置专人管理，防护门上已设电离辐射警告标志，库内设有固定式辐射监测系统、机械排风系统、视频监控系统及红外线报警装置并与当地 110 联网，可满足辐射安全要求。

移动探伤作业场根据项目实际情况划分了控制区和监督区，采取分区管理，同时配备必要的检测仪器和防护用品，进行积极、有效的管控。

5、现有污染物排放达标分析

根据前文 1.7.2 章节“辐射安全现状”的详细介绍，经检测，现有放射源库周围剂量当量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h 或者审管部门批准的控制水平”的放射源贮存设施要求。现有“三废”污染物均采取了有效的治理措施，不存在环境问题。

6、辐射安全管理现状

根据前文1.7.2章节“辐射安全现状”的详细介绍，现有核技术利用项目均正常开展中，辐射工作场所布局合理，分区管理到位，各项辐射安全和防护措施较完善，相关辐射安全规章制度较齐全。辐射工作人员辐射安全培训、个人剂量检测及职业健康体检等三项工作均严格按照国家规定进行落实，并及时建立了相应的档案备查，同时，还配备相应的个人剂量计、个人剂量报警仪及基本的防护用品。“三废”污染物均得到有效、合理、可行的处置。公司已对本单位的放射源和射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向原发证机关提交上一年度的评估报告。自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

综上所述，现有核技术利用项目不存在工艺不足及改进情况。基于业务发展需要，公司在老厂区现有辐射活动规模的基础上实施迁扩建项目。

9.3污染源项描述

9.3.1放射性污染源项

(1) X射线

由X射线探伤机的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目X射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出X射线。因此，在开机曝光期间，X射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是X射线外照射。

辐射场中的X射线主要包括有用线束、泄漏辐射和散射辐射，主要辐射源强见表9-6。

表9-6 X射线探伤机的主要辐射源强

型号	有用线束/散射辐射的X射线输出量 ^①		X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值 ^②
	mSv·m ² /（mA·min）	μSv·m ² /（mA·h）	μSv/h
待定（200kV）	28.7	1.722×10 ⁶	2.5×10 ³
XXG-2305、XXG-2505、XXG-2505L、待定（250kV）	16.5	9.9×10 ⁵	5×10 ³
XXG-3005、XXG-300T、待定（300kV）	20.9	1.254×10 ⁶	5×10 ³
XXG-3505、待定（350kV）	22.2	1.332×10 ⁶	5×10 ³
待定（400kV）	23.5	1.410×10 ⁶	5×10 ³
待定（450kV）	30.7	1.842×10 ⁶	5×10 ³

注：①参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录B表B.1，有用线束屏蔽估算时根据透射曲线的过滤条件选取相对应的输出量，本项目工件材料主要为钢，本次评价保守参考图B.1“X射线穿过铅的透射”取值；在未获得厂家给出的输出量；散射辐射屏蔽估算选取表B.1中各千伏（kV）下输出量的较大值保守估计；230kV输出量保守按照250kV取值；350kV输出量由3mmCu过滤条件下的300kV和400kV输出量内插法计算获取；450kV输出量由3mmCu过滤条件下400kV输出量外推法计算获取；X射线输出量以mSv·m²/（mA·min）为单位的乘以6×10⁴即μSv·m²/（mA·h）。

②根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表1，150kV≤X射线管电压≤200kV时，距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率为2.5×10³μSv/h；X射线管电压>200kV时，距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率为5×10³μSv/h。

(2) β、γ射线

本项目放射源应用的放射性核素为¹⁹²Ir、⁷⁵Se，根据《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）表1.11、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A表A.1，相关核素的辐射特性见表9-7。

表9-7 放射性核素的主要辐射特性

核素	半衰期	衰变方式 （分支比，%）	射线 类型	辐射能量 （MeV）	辐射 能量强度*	周围剂量当量率常数 （μSv·m ² /MBq·h）
¹⁹² Ir	74.02d	β ⁻ （95.22）	β ⁻	0.672	46%	0.17
		ε（4.78）		0.536	41%	

		β^+ (~ 0)	γ	0.240	8%	
				0.296	34.6	
				0.308	35.8	
				0.316	82.9%, 100	
				0.468	58.0	
^{75}Se	120d	ϵ (100)	γ	0.265	58%, 100	0.072
				0.121	27.4	
				0.136	93.1	
				0.280	42.9	

注：*该数值为辐射的相对强度，带%号的表示绝对强度。

本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{92}Ir 衰变时会发射出不同能量的 β 射线和 γ 射线， ^{75}Se - γ 射线探伤机内含的放射源 ^{75}Se 衰变时仅发射出不同能量的 γ 射线。根据《 γ 射线探伤机》（GB/T 14058-2023）中第5.4.1.1条款规定，当 γ 射线探伤机采用贫化铀作为源容器屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料。 β 射线穿透能力相对较小，已基本被源容器屏蔽。因此， β 射线对周围环境的辐射影响甚微，可忽略不计，而 γ 射线具有较强的贯穿能力，则 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机的污染因子主要是 γ 射线。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 5.2.1.1 条款，本项目 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机拟采用便携式探伤机，源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值如下。

表 9-8 源容器外表面一定距离处周围剂量当量率控制值

探伤机类别	探伤机代号	最大周围剂量当量率 mSv/h	
		离源容器表面 5cm 处	离源容器表面 100cm 处
便携式	P	0.5	0.02

（3）废旧放射源

公司使用的放射源到一定时间后，不能满足无损检测要求，将退役成为废旧放射源。本项目每台 γ 射线探伤机内含放射源的额定装源活度均为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）/枚，其中 ^{192}Ir 源计划5个月更换一次， ^{75}Se 源计划8个月更换一次。参考《电离辐射防护基础》（陈志编著，清华大学出版社）P11页公式（2-11）， ^{192}Ir 的半衰期为74.02d、 ^{75}Se 的半衰期为120d，则单枚废旧放射源的活度估算结果如下：

废旧放射源 ^{192}Ir : $3.70\times 10^{12}\text{Bq}/2^{(150/74.02)}=9.08\times 10^{11}\text{Bq}$ （24.5Ci）

废旧放射源 ^{75}Se : $3.70\times 10^{12}\text{Bq}/2^{(240/120)}=9.25\times 10^{11}\text{Bq}$ （25.0Ci）

公司根据实际使用需求来退役放射源，本报告不对废旧放射源的年产生量进行理论估算。公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射

源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。

（4）报废的 γ 射线探伤机

γ 射线探伤装置的安全使用期限为10年，报废的 γ 射线探伤机源容器采用贫铀屏蔽层，属于放射性固体废物，应委托 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。公司现有报废的 γ 射线探伤机已交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行了回收处理。

9.3.2非放射性污染

本项目辐射工作人员均由公司内部现有辐射工作人员调剂过来，不新增生活污水产生量，生活污水依托新厂区主体工程配套的化粪池预处理满足《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中三级标准（其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP纳管标准执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》（DB 33/887-2013）中标准限值）后纳入市政污水管网，送至岚山净化水厂处理达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）中表1 标准（其中化学需氧量、氨氮、总磷、总氮达到《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》（DB33/2169-2018）表1现有城镇污水处理厂主要水污染物排放限值）后排放。项目不新增生活垃圾产生量，生活垃圾依托厂区主体工程拟设置的垃圾收集桶，集中收集后交由当地环卫部门统一清运。优选低噪声风机，噪声源强控制在70dB（A）以下，在隔声减震和距离衰减的基础上，厂界噪声排放满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中3类标准。上述非放射性污染源项已在已批复的主体工程《宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新建厂房项目环境影响报告表》中详细评价，本次评价仅定性分析。

本报告重点关注臭氧和氮氧化物等非放射性气体和各类危险废物。

（1）臭氧和氮氧化物

本项目放射源库内储存的放射源与空气电离将产生臭氧和氮氧化物，该部分废气最终由机械排风装置经放射源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下可自行分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的1/3且其毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（2）废显（定）影液、废胶片及洗片废液

本项目探伤洗片与评片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于《国家危险废物名录（2025年版）》中感光材料废物，危废代码为HW16：900-019-16，并无放射性。项目年

拍片总量为10万张，按洗1000张片用20L显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液新增年产生量约1000L（密度保守按1g/cm³，折合重量约1000kg），废胶片年产生量约1000张（废片率按1%计），该部分危险废物定期委托有资质的单位处理。完好的胶片进行存档，存档期限为7年，存档期满后全部作为危险废物委托有资质的单位处理。基于本项目运行的第8年开始，同一年既有探伤洗片产生的废胶片，又有存档期满后产生的废胶片，本次评价保守考虑来核算废胶片年产生量，即10万张（无损检测胶片尺寸大小存在差异，单片平均重量按10g计，则折合重量约1000kg）。

本项目暗室洗片过程中会产生洗片废液，参考同企业现有的实际产污经验值，本项目洗片废液年产生量约3000kg。该部分废液含较高浓度的AgBr、显（定）影剂及强氧化物，参考废显（定）影液作为危险废物进行管理，定期委托有资质的单位处理处置。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表9-9。

表 9-9 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	1000kg	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次固定式与移动式探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置。
2	废胶片	HW16	900-019-16	1000kg	评片	固态	废胶片	废胶片	每次固定式与移动式探伤、存档期满	T	
3	洗片废液	HW16	900-019-16	3000kg	洗片	液态	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	AgBr、显（定）影剂及强氧化物	每次固定式与移动式探伤	T	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 场所布局及合理性分析

(1) 本项目探伤工作场所由探伤室、控制室、放射源库、X 射线机贮存间、洗片室、晾片室、评片室等组成。探伤室的南侧拟设 1 扇混凝土工件门（电动开启），便于工件进出。探伤室与控制室之间拟设“L”型迷道和 1 扇人员通道铅防护门（电动开启），便于辐射工作人员进出探伤室，并通过迷道多次散射降低工作人员受照剂量。曝光后的胶片分别在洗片室、晾片室和评片室内完成洗片、晾片和评片工作，完好的胶片建档备查，探伤过程中产生的各类危废集中收集后暂存于主体工程配套的危废暂存间，不另设。探伤工作场所平面布局与剖面布局见附图 7 和附图 8。

(2) 探伤室净尺寸为 8.82m（长）×7.10m（宽）×5.10m（高），工件门的门洞尺寸为 4.0m（宽）×4.5m（高），待检工件最大尺寸为 1.2（直径）×8.0m（长）。本项目拟采用叉车将工件放到平板轨道车上送入探伤室，满足探伤工件进出探伤室并位于探伤室内探伤的要求。探伤室内拟采用行车进行吊装工件，行车设计高度为 3.6m，故探伤室的设计高度可以满足工作需求。

(3) 对于探伤室， $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机的有用线束均朝向探伤室的任一侧；所有型号 X 射线探伤机（周向）的有用线束均朝向探伤室的东侧、西侧、顶棚和地坪；所有型号 X 射线探伤机（定向）的有用线束均朝向探伤室的东侧和西侧。控制室位于探伤室的北侧，通过设置迷道避免了有用线束直接朝向控制室。

因此，本项目探伤工作场所的功能设计较为完善，满足固定式/移动式探伤的基本功能用房配置需求。探伤室的尺寸设计已预留宽裕的作业空间，满足最大工件位于探伤室内关门探伤的要求。探伤室的设置已充分注意周围的辐射安全，控制室已避开有用线束照射的方向并与探伤室分开，布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 6.1.1 条款要求，合理可行。

10.1.2 分区原则及划分

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

业照射条件进行监督和评价的区域。

根据两区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定，本项目对探伤工作场所实行分区管理，具体划分情况如下：

（1）固定式探伤工作场所及放射源库

本项目拟将探伤室和放射源库实体屏蔽围成的内部区域划为控制区，在探伤室防护门外1m处地面粘贴黄色警戒线作为标志，探伤/贮源期间禁止任何人员入内，并设置电离辐射警告标志和中文警示说明；控制室、试样存储室、力学性能实验室、前室和水泵房等相邻区域划为监督区，探伤/贮源期间限制非辐射工作人员入内，分区管理示意图见附图7。

（2）移动式探伤工作场所

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“7.2 分区设置”，公司开展X、 γ 射线移动探伤作业时，根据现场具体情况，利用便携式X- γ 剂量率仪巡测，一般将作业场所中周围剂量当量率大于15 μ Sv/h的区域划为控制区，控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，控制区的边界尽可能设定实体屏蔽，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；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5 μ 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。

10.1.3 辐射屏蔽防护设计

根据建设单位提供的资料，本项目探伤室和放射源库的辐射屏蔽防护设计方案分别见表10-1和10-2。

表 10-1 探伤室屏蔽防护设计方案

探伤室	外尺寸	11520mm（长）×8900mm（宽）×6000mm（高）
	内尺寸	8820mm（长）×7100mm（宽）×5100mm（高）
东、南、西墙		900mm 混凝土
北墙		迷道内墙为 900mm 混凝土，长 2300mm；迷道外墙为 900mm 混凝土，迷道设置形式为“L”。
顶棚		900mm 混凝土
地坪		400mm 混凝土
工件门		电动门，门洞尺寸为 4.0m（宽）×4.5m（高），门体尺寸为 5.0m（宽）×5.0m（高），采用 900mm 混凝土（门与墙体左、右搭接分别为 500mm、500mm，上、下搭接分别为 300mm、200mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
工作人员防护门		电动门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高），门体尺寸为 1.3m（宽）×2.3m（高），采用 18mm 铅板+6mm 镀锌钢板（门与墙体左、右搭接分别为 200mm、200mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm，按照搭接长度

	须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小)。
强弱电电缆	预留 1 根，管径 175mm，埋深 400mm，以“U”型穿越探伤室的北墙，连接至控制室的控制台。
γ 射线探伤机控制导管	预留 1 根，管径 200mm，埋深 400mm，以“U”型穿越探伤室的北墙，连接至控制室的控制台。
预留管道	预留 1 根，管径 200mm，埋深 400mm，以“U”型穿越探伤室的北墙，连接至控制室的控制台。
排风管道	预留 2 根，管径 300mm，埋深 400mm，风机设计风量为 1600m ³ /h，其中 1 根为常用管道，以“U”型穿越探伤室的西墙，连接至放射源库的排风管道（风机设计风量为 900m ³ /h），再以“U”型穿越源库的西墙后高空排放，排气筒高度为 3.5m；另 1 根为备用管道，以“U”型穿越探伤室的北墙，连接至控制室。
备用管道	预留 4 根，管径 200mm，埋深 400mm，以“U”型穿越探伤室的北墙。
注：①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm ³ ，铅的密度不小于 11.34g/cm ³ ； ②探伤室的正下方为土层，无地下室，不做特殊防护。	

表 10-2 放射源库屏蔽防护设计方案

放射源库	外尺寸	6920mm（长）×5400mm（宽）×6000mm（高）
	内尺寸	8420mm（长）×4200mm（宽）×5400mm（高）
东墙		900mm 混凝土
南、西、北墙		600mm 混凝土
顶棚		600mm 混凝土
地坪		400mm 混凝土
防护门		电动门，门洞尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高），门体尺寸为 1.3m（宽）×2.3m（高），采用 25mm 铅板+8mm 镀锌钢板（门与墙体左、右搭接分别为 200mm、200mm，上、下搭接分别为 200mm、100mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
储源设施		库内设 15 个储源柜（现有老厂区的储源柜搬迁到新厂区的放射源库继续利用，地上式，单柜六侧均采用 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板进行防护，其中 6 个储源柜的外尺寸均为 680mm（长）×630mm（宽）×580mm（高），净尺寸为 610mm（长）×560mm（宽）×510mm（高）；另 9 个储源柜的外尺寸均为 680mm（长）×580mm（宽）×580mm（高），净尺寸为 610mm（长）×510mm（宽）×510mm（高）。每个储源柜内由 10mm 的隔层铅板分隔成三个空间，每个隔间具有独立的箱盖，防止取放射源时交叉照射，可存放 3 枚放射源。每个箱盖同时上 2 把锁，可存放放射源总数为 45 枚）、15 个储源箱（现有老厂区的储源箱搬迁到新厂区的放射源库继续利用，半地上式，布置在埋深 300mm 的地坑内，单箱六侧均采用 2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板进行防护，外尺寸均为 730mm（长）×530mm（宽）×500mm（高），净尺寸均为 660mm（长）×460mm（宽）×430mm（高），每个箱体内有 10mm 隔层铅板分隔成两个空间，每个空间具有独立的箱盖，防止取放射源时交叉照射，可存放 2 枚放射源。每个箱体同时上 2 把锁，可存放放射源总数为 30 枚）和 17 个储源坑（地下式，设计原则为“一源一坑”，单坑净尺寸为 420mm（长）×220mm（宽）×500mm（深），坑盖外尺寸为 480mm（长）

	×280mm（宽），坑盖与四壁搭接均为 30mm，采用 10mm 铅板+6mm 镀锌钢板进行防护，坑的四壁和底部均采用混凝土防护。坑盖同时上 2 把锁，可存放放射源总数为 17 枚），设计总库容为最多贮存 92 枚放射源。
排风管道	预留 2 根，管径 300mm，埋深 400mm，风机设计风量为 900m³/h，其中 1 根为常用管道，以“U”型穿越源库的西墙后高空排放，排气筒高度为 3.5m；另 1 根为备用管道，以“U”型穿越源库的北墙。
预留管道	预留 1 根，管径 200mm，埋深 400mm，以“U”型穿越源库的南墙。
注：①表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm³，铅的密度不小于 11.34g/cm³； ②探伤室的正下方为土层，无地下室，不做特殊防护。	

探伤室应按照设计图纸文件和国家有关标准规范进行土建工程和附属工程的施工及安装，确保施工质量和辐射屏蔽防护性能。建设单位应做好以下工作：①探伤室的四侧屏蔽墙及顶棚属于大体积混凝土浇筑，应尽量保证一次整体浇筑并有充分的振捣，以防出现裂缝和过大的气孔，影响屏蔽效果。②合理设置电缆管道、控制导管、排风管道等敷设形式，不得破坏探伤室墙体的屏蔽效果。③探伤室的防护门安装时应尽可能减少缝隙泄漏辐射，通常防护门宽与门洞的部分应大于“门-墙”间隙的 10 倍。放射源库的施工建设要求参考探伤室。

本项目探伤室的屏蔽墙厚度已充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。经理论预测，探伤室/放射源库的四侧墙体、防护门和顶棚外 30cm 处的周围剂量当量率均满足 GBZ 117-2022 中 2.5μSv/h 的限值要求，职业人员和周围公众年有效剂量均满足 GB 18871-2002 中剂量限值和本项目剂量约束值的要求。因此，本项目探伤室和放射源库的辐射屏蔽防护设计方案合理可行。

10.1.4 辐射安全和防护及环保措施

10.1.4.1 探伤装置固有安全属性

表 10-3 探伤装置固有安全属性

装置名称		设备技术要求
γ射线探伤机	源容器及其传输导管	本项目γ射线探伤机类别均为便携式（P），当源容器装载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率不超过《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 2 规定的控制值，随机文件中有该指标的说明。其他放射防护性能符合 GB/T 14058 的要求。
X 射线探伤机	探伤装置	本项目 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。
	控制台	控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置；设有钥匙开关和紧急停机开关；设有延时开机功能。

10.1.4.2 工作前检查项目和设备维护

表 10-4 本项目探伤装置工作前检查与设备维护内容

γ射线探伤机	工作前检查项目	a) 检查源容器和源传输导管的照射末端是否损伤或者有异常；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) 检查控制软管末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；e) 安全联锁是否工作正常；f) 报警设备和警示灯运行是否正常；g) 检查源容器和源传输导管是否连接牢固；h) 检查源传输导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；i) 检查警告标签和源的标志内容是否清晰；j) 测量源容器表面一定距离处的周围剂量当量率是否符合 5.2.1.1 的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。
	设备维护	a) 应定期对探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。维修探伤装置时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位的人员不应单独对探伤装置进行维修。b) 应经常对探伤装置的控制组件包括摇柄、源传输导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂，并对源传输导管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。c) 探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。d) 每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。e) 严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。f) 更换输源管、控制缆和源辫等配件时，必须使用该探伤装置原生产厂家的合格配件。
X 射线探伤机	工作前检查项目	a) 探伤机外观是否完好；b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；c) 安全联锁是否正常工作；d) 报警设备和警示灯是否正常运行；e) 螺栓等连接件是否连接良好；f) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常（本项目 X 射线移动式探伤不涉及 f) 项检查项目）。
	设备维护	a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；d) 应做好设备维护记录。

10.1.4.3 X、γ射线探伤机临时贮存场所辐射安全和防护措施

本项目 X、γ射线探伤机不作业时，均存放于厂区内放射源库和 X 射线机贮存间，放射源库和 X 射线机贮存间仅用于探伤装置的贮存，本项目厂区不涉及探伤装置的换源、维保等作业，均委托设备厂家进行换源或维保。移动探伤工作间歇临时贮存，X、γ射线探伤机无法返回贮存库时，需设置临时贮存间。

表 10-5 探伤装置不作业时贮存场所辐射安全和防护措施

场所名称	贮存过程中拟采取的辐射安全和防护措施
放射源库	1、新厂区放射源库 (1) 源库为单独的建筑，设计已考虑“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的基本要求，不存放易燃易爆、腐蚀性等物品。 (2) 放射源库墙体结构上拟防火，库内严禁烟火，库房附近拟配若干灭火器，满足源库的“防火”要求。

	(3) 放射源库的地面拟采用水泥硬化处理，并设置防潮层以防渗，源库四周拟设排水沟，满足源库的“防水”要求。 (4) 放射源库的防护门及储源柜/箱/坑的铅盖均拟设防盗锁，保持在锁紧状态，并指定 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作，实行双人双锁制度。源库拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控装置，且录像保存时间在 30 天以上，并与值班室联网，其中 1 个监控探头位于库内，另 1 个位于防护门外；拟设置红外线报警装置，并与当地公安“110”联网，满足源库的“防盗、防破坏”要求。 (5) 放射源库内拟安装 1 套固定式辐射剂量监测系统，源库内外分别拟设置 1 个剂量监测探头，该监测系统能够显示库内实时辐射剂量率，并有报警功能，其显示单元设置在前室，并与门连锁。 (6) 放射源库的防护门开启方式为电动，为安全考虑，库门内侧拟设 1 个室内紧急开门装置和 1 个防夹装置。源库防护门外 1m 地面设置黄色警戒线，告诫无人人员禁止靠近或停留。 (7) 放射源库内拟设 2 个应急照明灯，保证库内断电状态下可以正常照明。 (8) 领用、交还含放射源的源容器时，对离源容器外表面一定距离处的周围剂量当量率进行测量，确认放射源在源容器内。含放射源的源容器按规定位置存放，领用和交还均有详细的登记，满足源库的“防丢失”的要求。 (9) 放射源库拟采用符合标准要求的实体屏蔽进行防护，经辐射环境影响预测，本项目放射源库处于最大贮存工况时，源库周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 2.5μSv/h 的要求，其辐射屏蔽防护性能有效可行，满足源库的“防射线泄漏”要求。 (10) 放射源库内及附近严禁存放易燃易爆和腐蚀性物品，源库四周主要为辅助用房及厂区道路，均不涉及易燃易爆物质及危险化学品等存放，满足源库的“防爆”要求。 (11) 放射源库出入口的防护门和储源柜/箱/坑的铅盖上均拟设显著的电离辐射警告标志，告诫无关人员请勿靠近。 (12) 本项目为 II 类放射源，其风险等级为二级，治安防范级别也为二级，公司严格按照《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求》(GA 1002-2012) 的标准要求，加强放射源库的安保措施。 (13) 公司新厂区拟制定含源γ射线探伤机的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，明确放射源的流向。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。同时，放射源库现场处拟张贴相关辐射安全管理制度。 2、移动探伤工作间歇临时贮存 移动式探伤工作间歇临时贮存含源容器或放射源，应在专用的贮存设施内储存。现场存储设施包括可上锁的房间、专用存储箱或存储坑等。应具有与使用单位主要基地的存储设施相同级别的防护。临时贮存完毕，应进行巡测，确保存储安全。放射源贮存设施应达到如下要求： (1) 严格控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，贮存设施门口应设置电离辐射警告标志。 (2) 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。 (3) 在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于
--	--

	2.5μSv/h 或者审管部门批准的控制水平。 (4) 贮存设施的门应保持在锁紧状态，实行双人双锁管理。 (5) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器的存放地点。 (6) γ射线探伤装置临时存放场所须满足“防火、防水、防盗、防丢失、防破坏、防射线泄漏”的要求，不得存放易燃、易爆、腐蚀性等物品，应利用保险柜现场保存，保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志，并派专人 24h 现场值班。 (7) γ射线探伤装置出入临时存放场所，公司必须对探伤机进行辐射剂量监测，并记录监测值和转移时间等信息。
X 射线机 贮存间	1、新厂区X射线机贮存间 (1) X射线机贮存间仅存放X射线探伤机，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。探伤机检修均由设备生产厂家承担，建设单位工作人员不承担检修工作。 (2) X射线机贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责，采用防盗门，门上设有电离辐射警告标志。同时，贮存间入口处拟设视频监控装置，可实时掌握库房动态。 (3) X射线机贮存间应满足“防盗、防火、防潮、防爆”的要求。 (4) 公司应制定射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。 2、移动探伤工作间歇临时贮存 (1) X射线探伤机无法当天返回新厂区X射线机贮存间时，X射线探伤机由工作人员负责看管，并派人24h值班。 (2) X射线探伤机临时存放场所须满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

10.1.4.4 X、γ射线探伤机运输过程中辐射安全和防护措施

表 10-6 探伤装置运输过程中辐射安全和防护措施

装置名称	运输过程中辐射安全和防护措施
γ射线 探伤机	(1) 本项目委托具备国家规定的放射性物品运输资质的单位承担放射源运输工作，目前宁波明峰检验检测研究院股份有限公司已与浙江省科学器材进出口有限责任公司签订了放射源委托运输协议。 (2) 在运输车辆无法到达探伤工点时，在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员应使用小型车辆或手推车，使含源γ射线探伤机处于人员监视下。 (3) 当探伤完毕后，需要装源时，在装源的整个过程中，工作人员要轻拿轻放，防止源脱落，保证源安全的放在运源车上，并且要用辐射巡测仪监测整个过程。 (4) 制定放射性物品运输应急预案。
X 射线 探伤机	(1) 本项目 X 射线探伤机的运输工作由宁波明峰检验检测研究院股份有限公司自行承担，拟配专用运输车，并设有防盗锁。 (2) 运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需要离开车辆，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。 (3) 公司拟制定 X 射线探伤机运输管理规定，工作人员严格按照规定进行规范运输。

10.1.4.5 X、γ射线固定式探伤辐射安全和防护措施

一、探伤室的建设

本项目共建有 1 间探伤室，开展 X、γ射线固定式探伤。根据国家相关法律法规和标准要

求，并结合项目实际情况，本项目在投入使用前，拟具备以下辐射安全和防护措施：

1、探伤室的工件门和工作人员出入门均拟设置 1 套门-机联锁装置，所有探伤机均与防护门联锁，确保在防护门关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束或回源。

2、探伤室的门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与所有探伤机联锁。“预备”信号可以持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

3、探伤室拟设 1 套 24 小时持续有效的视频监控系统，且录像保存时间在 30 天以上，并与厂区的值班室联网。视频监控探头拟设 5 个，其中 2 个探头位于探伤室的出入口，3 个位于探伤室的内部和迷道处，保证监控无死角。在控制室的控制台拟设专用的监视器，可监控探伤室内人员活动情况和探伤装置的运行情况。

4、探伤室的工件门、工作人员出入门、储源柜/箱/坑均拟设置符合 GB 18871-2002 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

5、探伤室内的四侧墙面、迷道内、控制室的控制台等处均拟设 1 个紧急停机按钮，并给出清晰的标记和说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，可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。按钮带有标签，标明使用方法。

6、探伤室内拟设 1 套机械通风装置，风机设计风量为 1600m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 4 次，排气口位于源库西墙外，高度为 3.5m，已避免朝向人员活动密集区。

7、探伤室内拟安装 1 套固定式辐射剂量监测系统，其中 1 个剂量监测探头位于探伤室内，另 1 个剂量监测探头位于探伤室外。该监测系统能够显示机房内实时辐射剂量率，并有报警功能，其显示单元设置在控制室，并与门联锁。

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

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

10、探伤室的工件门外 1m 处设置黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

二、探伤操作的放射防护

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

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

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

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

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

6、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。

三、辐射安全管理

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

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

3、相关辐射安全规章制度应张贴上墙于探伤工作现场处。

10.1.4.6 X、 γ 射线移动式探伤辐射安全和防护措施

一、 γ 射线移动探伤

1、作业前准备

(1) 在实施移动式探伤工作之前，作业单位拟对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

(2) 本项目开展移动式探伤工作的每台 γ 射线探伤机拟配备 2 名专职的辐射操作人员和 1 名现场安全员。

(3) 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，作业单位拟与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

2、分区设置

(1) 探伤作业时，作业单位拟对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区，并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作均在指定为控制区的区域内进行。

(2) 控制区边界上合适的位置拟设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员均在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

(3) 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。

(4) 移动式探伤作业工作过程中，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，拟使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

(5) 每一个探伤作业班组拟配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(6) 探伤作业期间应在调试阶段、探伤位置、射线束方向改变时对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，并如实记录检测数据，适时调整控制区的边界。

(7) 监督区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。

(8) 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

(9) 探伤机控制台（ γ 射线绕出盘）拟设置在合适位置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

3、安全警示

(1) 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

(2) 拟设提示“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”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时

控制区边界拟设置警示灯。

(3) γ 射线探伤的警示信号指示装置均与探伤机联锁。

(4) 在控制区的所有边界均能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

(5) 在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

4、边界巡查与检测

(1) 开始移动式探伤之前，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。

(2) 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

(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。必要时调整控制区的范围和边界。

(4) 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

(5) 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X- γ 剂量率仪，两者均应使用。

5、 γ 射线移动式探伤操作要求

(1) 拟根据要进行射线探伤的物体的类型和尺寸，确定所使用的放射性核素。作业单位有多个 γ 射线源，拟使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。

(2) 探伤作业开始前备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

- a) 便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量计、个人剂量报警仪；
- b) 导向管，控制缆和遥控；
- c) 准直器和局部屏蔽；
- d) 现场屏蔽物；
- e) 警告提示和信号；
- f) 应急箱，包括放射源的远距离处理工具；
- g) 其他辅助设备，例如：夹钳和定位辅助设施。

(3) 移动探伤作业时（应急探伤除外），作业单位拟在作业现场边界外公众可达地点放

置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；拟将作业计划和影响范围书面告知委托单位，作业委托单位应当通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。

6、 γ 射线移动式探伤放射防护检测要求

(1) 进行移动式探伤时，拟通过巡测确定控制区和监督区。

(2) 当探伤装置、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，均重新进行巡测，确定新的划区界线。

(3) 在工作状态下检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

(4) 探伤机停止工作时，检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

7、废旧放射源的处置及换源

(1) 宁波明峰检验检测研究院股份有限公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订废旧放射源返回协议，当放射源需报废时，应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。放射源的购买及报废手续应遵照相应审管部门的具体规定，相关文件记录应归档保存。

(2) 在废旧放射源转让活动完成之日起 20 日内，公司拟将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送浙江省生态环境厅备案。

(3) 废旧放射源临时贮存在放射源库的储源坑内，公司应及时通知放射源销售单位专车取走。

(4) 严禁将废旧放射源非法转让，随意丢弃。

(5) 探伤装置装源（包括更换放射源）由放射源生产单位在生产厂家内进行操作，并承担其安全责任，放射源活度不得超过该探伤装置设计的最大额定装源活度。

(6) 本项目 γ 射线探伤机均委托厂家进行维保，厂区内不涉及 γ 射线探伤机维保作业，也不涉及换源操作。

8、含源 γ 射线探伤机的异地使用

本项目移动探伤的业务范围是全国各地，含源 γ 射线探伤机异地使用应能做到：

(1) 本项目 γ 射线探伤机进行跨设区市作业的，公司应在作业实施前 10 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告。作业活动结束后 20 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告注销。需变更作业点的，应在完成原异地使用报告注销手续后，重新办理报告手续，放射源

可不返回本单位注册地。需延长作业时间的，可直接办理报告延期手续。

（2）本项目 γ 射线探伤机转移到外省、自治区、直辖市使用的，公司应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级生态环境主管部门备案，经备案后，到移出地省级生态环境主管部门备案。异地使用活动结束后，公司应在放射源转移出使用地 20 日内，先后向使用地、移出地省级生态环境主管部门注销备案。

（3）公司拟建立 γ 射线探伤机跨区域备案管理制度，并在实际工作中严格执行。

9、国家及省关于 γ 射线移动探伤的管理要求

本项目对照《关于印发〈关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》（环发〔2007〕8号）、《关于进一步加强 γ 射线移动探伤辐射安全管理的通知》（环办函〔2014〕1293号）、《关于印发〈浙江省 γ 射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》（浙环发〔2022〕30号）等文件中的要求，相关符合性分析评价分别见表 10-7～表 10-9。

表 10-7 本项目与环发〔2007〕8 号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8 号)		本项目情况	符合 情况
1	至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。	该公司已成立辐射安全领导小组，并配备 1 名专职人员负责辐射安全管理工作。	符合
2	从事移动探伤作业的，应拥有 5 台以上探伤装置。	本项目迁扩建后有 90 台γ射线探伤机用于移动探伤。	符合
3	每台探伤装置须配备 2 名以上操作人员，操作人员应参加辐射安全与防护培训，并考核合格。	该公司每台γ射线探伤机均拟配备 2 名探伤操作人员，操作人员上岗前均拟参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
4	必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。	本项目在履行环评手续后，该公司将重新申领辐射安全许可证，在取得辐射安全许可证后，方可开展探伤工作。	符合
5	探伤装置的安全使用期限为 10 年，禁止使用超过 10 年的探伤装置。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当γ射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。	符合
6	明确 2 名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源库设置红外和监视器等保安设施，源库门应为双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管的，应利用保险柜现场保存，但须派专人 24 小时现场值班。保险柜表面明显位置应粘贴电离辐射警告标志。	该公司安排 2 名工作人员专职负责放射源库的保管工作，源库拟设置红外报警装置，源库内和出口处拟安装视频监控装置，对源库实行 24 小时监控，源库入口拟设置电离辐射警告标志，源库设计为双人双锁。探伤室内的储源坑管理工作参考放射源库。当天移动探伤工作完成，γ射线探伤机不能返回到源库时，公司将按要求设置放射源临时贮存场所。	符合
7	制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有 2 人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。	该公司已制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台账和定期清点检查制度，并由专门的放射源保管员做好放射源相关的领取、归还和登记工作，在今后的探伤工作过程中严格按照制度执行，由 2 名源库工作人员在场定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应，核实记录妥善保存，并建立计算机管理档案。	符合
8	每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录。严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录；在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合

续表 10-7 本项目与环发〔2007〕8 号文的对照性分析评价

《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》 (环发〔2007〕8 号)		本项目情况	符合 情况
9	探伤作业时，至少有 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。	该公司每次开展γ射线移动探伤工作，单个探伤小组拟配备 2 名探伤操作人员和 1 名现场安全员同时在场，每名辐射工作人员均佩戴 1 枚个人剂量计和 1 台个人剂量报警仪。个人剂量计拟定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。	符合
10	每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。	该公司已制定γ射线移动探伤操作规程，明确规定：每次探伤工作前，操作人员应检查探伤装置的安全锁、联锁装置、位置指示器、输源管、驱动装置等的性能。实际工作过程中，探伤操作人员严格按照探伤操作规程执行。	符合
11	探伤装置必须专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	该公司已委托浙江省科学器材进出口有限责任公司负责运输探伤装置，严格遵守探伤装置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。	符合
12	室外作业时，应设定控制区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，专人看守，监测控制区的辐射剂量水平。	开展移动探伤时，现场安全员严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求设定控制区和监督区，并设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时设专人警戒，现场安全员监测控制区和监督区的辐射剂量水平，并记录档案。	符合
13	作业结束后，必须用辐射剂量监测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由检测人员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	移动探伤作业结束后，现场安全员用辐射巡测仪进行监测，确定放射源收回源容器后，由现场安全员在检查记录上签字，方能携带探伤装置离开现场。	符合
14	探伤装置转移到外省、自治区、直辖市使用的，使用单位应当于活动实施前填写“放射性同位素异地使用备案表”，先向使用地省级环境保护主管部门备案，经备案后，到移出地省级环境保护主管部门备案。异地使用活动结束后，使用单位应在放射源转出使用地后 20 日内，先后向使用地、移出地省级环境保护主管部门注销备案。	本项目移动探伤的作业范围为全国各地，公司承诺将严格落实放射源异地作业备案登记制度。	符合
15	更换放射源时，探伤装置使用单位应向所在地省级环境保护主管部门提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；探伤装置使用单位、放射源生产单位应当在转让活动完成之日起 20 日内，分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级环境保护主管部门备案。	更换放射源时，该公司拟向浙江省生态环境厅提交《放射性同位素转让审批表》，申请转入放射源；在转让活动完成之日起 20 日内，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司与放射源生产单位拟分别将 1 份《放射性同位素转让审批表》报送各自所在地省级生态环境主管部门备案。	符合
16	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地环境保护主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	该公司已制定《辐射事故应急预案》，在预案中明确规定：发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告，公司应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。	符合

表 10-8 本项目与环办函〔2014〕1293 号文的对照性分析评价

《关于进一步加强γ射线移动探伤辐射安全管理的通知》 (环办函〔2014〕1293 号)		本项目情况	符合情况
1	加强从业人员管理，按照法规要求做好人员培训工作，严禁无证人员操作探伤装置。	该公司从事γ射线移动探伤辐射工作人员上岗前，均拟按照法规要求参加辐射安全与防护培训，并考核合格后上岗，严禁无证人员操作探伤装置。	符合
2	γ射线移动探伤作业时应配备现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	该公司单个工作组开展移动探伤时，探伤现场均拟配备 1 名现场安全员，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作。现场安全员上岗前，均拟按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
3	γ射线移动探伤室外作业时（应急探伤作业除外），应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。	该公司在实际探伤工作中，在作业现场边界外公众可达地点拟放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。 该公司承诺将严格要求制定安全信息公示牌。	符合
4	各γ射线移动探伤装置使用单位应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。	该公司已成立辐射安全管理领导小组，明确了相关岗位责任，并定期组织辐射工作人员辐射安全与防护培训，并建立企业核安全文化，杜绝事故的发生。	符合
5	各γ射线移动探伤装置生产单位应对探伤装置的设计进行持续改进，提升装置的固有安全性，避免人为违规操作导致安全事故发生。	该公司为γ射线移动探伤装置使用单位，不属于生产单位。相关生产单位应主动配合该项要求。	/
6	各地应强化对γ射线移动探伤装置生产、销售、使用单位的监督管理，加大监督检查力度，及时处理公众举报，对违规操作零容忍，对弄虚作假零容忍，对违法行为从严查处。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
7	各地应强化对γ射线移动探伤异地使用备案的管理，在γ射线移动探伤异地首次作业时，作业现场所在地承担监管职责的环保部门应进行现场检查，核实相关信息，督促企业做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门对γ射线移动探伤异地使用备案的管理。	/

表 10-9 本项目与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省γ射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合 情况
1	浙江省生态环境主管部门颁发辐射安全许可证的作业单位（以下简称“本省单位”）应设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	该公司已建立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，制定单位辐射安全管理制度，培植单位核安全文化。	符合
2	单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	该公司已明确单位法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。	符合
3	辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	该公司已明确 1 名辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理，定期核查各项目有关资料。	符合
4	项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。	该公司每个γ射线移动探伤作业项目点拟配备项目负责人，负责该项目点的辐射安全管理工作，每天检查操作人员和现场安全员的操作和记录情况。	符合
5	现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源γ射线探伤机（以下简称“探伤机”）的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。	该公司每个γ射线移动探伤作业场所拟配备 1 名现场安全员，主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤装置等工作，同时做好相关记录。	符合
6	操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	该公司每个γ射线移动探伤作业场所拟配备 2 名操作人员，负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。	符合
7	放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	本项目放射源库已安排 2 名工作人员专职负责放射源库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。	符合
8	辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。	本省单位的辐射安全负责人、作业项目点负责人、现场安全员和操作人员等上岗前，均拟按照法规要求参加与操作人员等同的辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	符合
9	作业单位应建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	公司已建立辐射安全管理制度，主要包括：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、放射源使用登记制度、工作场所监测制度、人员剂量管理和健康管理制度、人员培训制度等。	符合
10	作业单位应制定并不断完善辐射事故应急预案，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	公司已建立并不断完善辐射事故应急预案，细化应急报告程序及应急处置措施，明确应急物资、设备型号（名称）、存放地点等，并定期组织开展应急演练。	符合

续表 10-9 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省γ射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
11	作业单位应每月对探伤机及配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤机的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	该公司已制定相应的设备维修制度，制度中明确：每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题及时维修，并做好记录。	符合
12	作业单位之间不得借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	该公司承诺不借用许可资质、探伤机和辐射工作人员，未通过相应核技术辐射安全与防护考核的人员不得作业。	符合
13	作业单位不得使用超过 10 年的探伤机，不得使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤机。	该公司拟在日常操作中落实该要求，当γ射线探伤装置到 10 年年限后，及时报废，并将该要求写入探伤设备管理要求。 在今后的实际探伤过程中拟严格按照制度执行，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辫位置指示器等存在故障的探伤装置。	符合
14	作业单位应在现场项目部存放项目相关的操作规程、应急预案、出入库记录等辐射安全管理资料。作业结束后，应当将项目的相关资料及时归档，保留期限至少两年。	该公司承诺作业项目地存放项目相关的辐射环境管理资料，并将所有项目点的相关资料及时归档，保留期限不少于两年。	符合
15	作业委托单位应选择辐射安全管理水平良好的作业单位，与作业单位签订职责明确的责任书，明确专人负责，提供能满足作业要求的工作场所，配合落实放射源贮存库等。作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，作业单位不得接受委托开展作业。	公司承诺与委托单位签订职责明确的责任书，作业场所和放射源贮存库不符合辐射安全管理要求的，不接受委托开展作业。	符合
16	作业单位应确保每台探伤机至少有 2 名操作人员和 1 名现场安全员同时在场。同一作业点，同一单位有多台探伤机使用的，现场安全员配备须满足辐射安全管控要求。操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并持有标注照片、姓名、培训类别和所属单位等的人员信息牌。每个作业点配备至少 1 台辐射监测仪以及必要的个人防护和应急用品。	公司每台γ射线探伤机拟配备 2 名辐射操作人员和 1 名现场安全员同时在场，探伤作业时，操作人员以及现场安全员应配备个人剂量报警仪和个人剂量计，并佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。每个作业点拟配备至少 1 台 X-γ 剂量率仪以及必要的个人防护和应急用品。	符合
17	探伤作业时（应急探伤除外），作业单位必须在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息。作业单位应将作业计划和影响范围书面告知作业委托单位，作业委托单位应通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	该公司承诺室外探伤时（应急探伤作业除外），在作业现场边界外公众可达地点放置面积不小于 2 平方米的安全信息公示牌，公告作业单位名称、作业时间、区域、负责人和联系电话等信息；并将作业计划和影响范围书面告知委托单位；委托单位应当通知本单位相关人员，并协助作业单位做好周围公众的告知和警戒工作。	符合

续表 10-9 与浙环发〔2022〕30 号文的对照性分析评价

《关于印发〈浙江省γ射线移动探伤作业辐射安全管理规定〉的通知》 (浙环发〔2022〕30 号)		本项目情况	符合情况
26	本省单位进行跨设区市作业的，应在作业实施前 10 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告。作业活动结束后 20 日内向移入地设区市生态环境主管部门报告注销。需变更作业点的，应在完成原异地使用报告注销手续后，重新办理报告手续，放射源可不返回本单位注册地。需延长作业时间的，可直接办理报告延期手续。	公司承诺将严格落实放射源异地作业备案登记制度。	符合
27	本省单位送贮废旧放射源的，应当在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	公司承诺在废旧放射源送贮活动完成之日起 20 日内，向注册地生态环境主管部门办理备案手续。	符合
28	各级生态环境主管部门应当将作业单位列为特殊监管对象，加强监督管理，强化作业点的现场检查及在线监管系统使用情况的监督检查。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
29	作业单位和作业委托单位违反本规定的行为，各级生态环境主管部门按有关法律、法规、规章进行查处，按规定公开环境违法信息，相关情况纳入企业环境信用评价结果。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/
30	作业单位在移入地首次作业时，当地生态环境主管部门应对其现场检查，核实相关信息，督促作业单位做好辐射安全工作，消除安全隐患。	该公司应主动配合主管部门的监督管理。	/

10、辐射工作人员配置和其他相关人员要求

(1) 每台 γ 射线探伤装置拟配备 2 名以上辐射操作人员（同时在场）和 1 名现场安全员，其中现场安全员可以为现场的两名操作员之一，但现场安全员应具有对现场辐射安全负责的权限，发现安全问题及时叫停探伤作业。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。同时，探伤工作人员还应佩戴标注照片、姓名、培训类别和所属单位等人员信息牌。

(3) 公司拟设立由单位法定代表人、辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员以及放射源贮存库管理员分级负责的辐射安全管理体系，其中：

①法定代表人是辐射安全管理的第一责任人，全面负责本单位的辐射安全管理工作。

②辐射安全负责人具体负责本单位辐射安全管理工作，检查指导各项目辐射安全管理工作，定期核查各项目有关资料。

③项目负责人负责该项目的辐射安全管理工作，检查操作人员和现场安全员的操作与记录情况。

④现场安全员负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，并做好相关记录。

⑤操作人员负责探伤机的安全使用及状态监护等工作。

⑥放射源贮存库管理员负责放射源贮存库的值守、巡查、监护、钥匙保管，做好探伤机的出入库登记，定期清点记录放射源情况等工作。

⑦辐射安全负责人、项目负责人、现场安全员、操作人员和放射源贮存库管理员必须通过相应的核技术利用辐射安全与防护考核。

(4) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

11、数字化管理要求

(1) 作业单位应加强作业活动的数字化管理工作，规范使用移动探伤放射源在线监管系统，实现作业活动的全流程闭环管理。

(2) 每台探伤机均应安装在线监管系统终端，未安装终端的不得使用。作业单位应加强终端的日常管理和维护，确保数据上传有效。

(3) 作业单位应做好在线监管系统人员、放射源、探伤机、异地使用等信息录入及更新，按在线监管系统要求落实出入库扫码工作。

(4) 作业单位应及时处置或反馈在线监管系统推送的预警信息，防范放射源失控风险。

目前，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新建放射源库计划接入浙里辐安辐射安全管理系统，采用数字化信息技术管理，围绕“优服务、强应急、保安全”总体要求，重点打造企业办事服务、放射源全生命周期闭环管理、移动探伤作业在线监管、企业辐安码评价、事故应急指挥等内容。

二、X 射线移动探伤

1、作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、X 射线移动式探伤放射防护检测

X 射线探伤机移动探伤时，作业前准备、分区设置、安全警示、边界巡查与检测、放射防护检测等放射防护要求和 γ 射线探伤机相同，具体内容见章节 11.1.4.1，此处不赘述。

2、X 射线移动式探伤操作要求

应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

3、辐射工作人员配置要求

(1) 本项目开展 X 射线移动式探伤工作的每台探伤机至少配备两名专职工作人员。

(2) 探伤工作人员均佩戴个人剂量计，每一个探伤作业班组至少配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。同时配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

(3) 探伤工作人员正式工作前均取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

10.1.4.7 辐射防护设施、辐射检测仪器及防护用品配置

本项目探伤室单次作业仅开启 1 台探伤机，不涉及 2 台及 2 台以上探伤机同时运行工况。每个项目部为一个独立的移动探伤作业点，辐射工作人员均分组开展工作，同一个移动探伤作业点不同时开机使用 2 台及 2 台以上的探伤机。

本项目迁扩建后固定式探伤与移动式探伤工作人员不交叉使用，X 射线固定式探伤与 γ 射线固定式探伤工作人员互用，X 射线移动式探伤与 γ 射线移动式探伤工作人员互用。所需辐射工作人员合计 115 名，其中 107 名为现有辐射工作人员调配，另 8 名拟新增，人员岗位分配情况主要包括：1 名为辐射安全管理人员，4 名为放射源管理人员；2 名为固定式探

伤操作人员，共同承担 1 间探伤室内所有的探伤作业；108 名为移动探伤操作人员，每个探伤小组由 6 名辐射工作人员按 AB 岗组成（每次出去作业 3 人），共同负责 X、 γ 射线移动式探伤工作。本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划见表 10-10。

表 10-10 本项目辐射防护设施、辐射检测仪器与防护用品配置计划表

类别	辐射防护设施	单组配置	备注
放射源管理	个人剂量计	2 枚	一名辐射工作人员一枚
	个人剂量报警仪	2 个	一名辐射工作人员一个
	便携式 X- γ 剂量率仪	1 台	无需新增
	固定式场所辐射探测报警装置	1 套	新增
	视频监控装置	1 套（2 个探头）	新增
	红外报警装置（与当地 110 公安联网）	1 套	新增
X、 γ 射线固定式探伤	个人剂量计	2 枚	一名辐射工作人员一枚
	个人剂量报警仪	2 个	一名辐射工作人员一个
	便携式 X- γ 剂量率仪	1 台	与放射源库共用 1 台便携式 X- γ 剂量率仪，不另设
	固定式场所辐射探测报警装置	1 套	
	显示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	3 套	工件门、工作人员进出门及探伤室内部各设 1 套
	视频监控装置	4 个	工件门外、工作人员进出门外各设 1 个，探伤室内部设 2 个
	监视器	1 个	控制台上设 1 个
	紧急停机按钮	6 个	探伤室的四侧墙体、迷道和控制台各设 1 个
	机械通风装置	1 套	
γ 射线移动探伤	个人剂量计	3 枚	①本项目 X、 γ 射线移动探伤人员为同一套班底，迁扩建后移动探伤操作人员共 108 名，分 18 组，部分辐射防护设施无需重复配置。
	个人剂量报警仪	3 个	
	便携式 X- γ 剂量率仪	1 台	
	准直器	1 组	
	电离辐射警告标志	8 个	②本项目移动探伤计划配置个人剂量计 108 枚、个人剂量报警仪 108 个、便携式 X- γ 剂量率仪 18 台、准直器 40 组、电离辐射警告标志 144 个、“禁止进入射线工作区”警告牌 72 个、“无关人员禁止入内”警告牌 72 个、提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置及安全联
	“禁止进入射线工作区”警告牌	4 个	
	“无关人员禁止入内”警告牌	4 个	
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，与探伤机联锁	4 套	
	警示灯	4 个	
	安全信息公示牌（面积不小于 2 平方米）	1 个	
	对讲装置	3 个	
	警戒绳（不低于 500m）	1 套	
	应急储源罐	1 个	

X 射 线 移 动 探 伤	应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	1 个	锁 72 套、警示灯 72 个、安全信息公示牌 18 个、对讲装置 54 个、警戒绳 18 套、应急储源罐 18 个、应急箱（包括放射源的远距离处理工具）18 个、其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）18 套、铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜各 18 套。
	其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	1 套	
	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套	
	个人剂量计	3 枚	
	个人剂量报警仪	3 个	
	便携式 X-γ剂量率仪	1 台	
	准直器	1 组	
	电离辐射警告标志	8 个	
	“禁止进入射线工作区”警告牌	4 个	
	“无关人员禁止入内”警告牌	4 个	
	提示“预备”和“照射”状态的指示灯、声音提示装置，并与探伤机联锁	4 套	
	警示灯	4 个	
	对讲装置	3 个	
	警戒绳（不低于 500m）	1 套	
	铅衣、铅围脖、铅帽、铅手套、铅防护眼镜	各 1 套	

表 10-10 为企业按最大业务量时应配备的辐射防护用品最低要求；企业现有移动探伤配备的便携式 X-γ剂量率仪、个人剂量报警仪、警示器材等满足搬迁后移动最大业务探伤需求；企业应根据现有辐射防护用品清点情况，按要求增配准直器、应急铅罐和铅衣、对接机等设备，则企业配备的辐射检测仪器和防护用品能够满足本项目需求。

对照表 10-10 及企业现有防护用品及监测设备配置情况，企业迁建后需增加的防护用品详见表 10-11。

表 10-11 企业迁建后利旧及新增防护用品统计表

序号	名称		现有数量	新增防护用品数量
1	个人剂量计		107个	1个
2	个人剂量报警仪		120个	无需新增
3	源库	视频监控装置	1套（2个探头）	无法利旧，新建1套
		红外报警装置（与当地110公安联网）	2组	无法利旧，新建1组
		机械通风装置	1套（2个风机）	无法利旧，新建
		固定式辐射监测装置	1套（2个探头）	无法利旧，新建1套
		便携式X-γ剂量率仪	1台	无需新增
4	移动探伤场所	便携式X-γ剂量率仪	21把	无需新增
		准直器	20组	新增20组
		电离辐射警告标志	300块	无需新增
		“禁止进入射线工作区”警告牌	300快	无需新增
		“无关人员禁止入内”警告牌	300快	无需新增
		警示灯	300只	无需新增
		安全信息公示牌（面积不小于2平方米）	20块	无需新增
		对讲装置	6对	新增48对
		警戒绳（不低于500m）	3000米	无需新增

	应急储源罐	1个	新增17个
	应急箱（包括放射源的远距离处理工具）	1套	新增17套
	其他辅助设备（夹钳和定位辅助设施）	1套	新增17套
	铅衣	14件	新增4件
	铅帽	14顶	新增4顶
	铅围脖	14只	新增4只
	铅防护眼镜	20副	无需新增
	铅手套	14副	新增4副

本项目用于探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定/标准，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、凋零、电池、仪器对射线的响应。

10.1.4.8 探伤设施的退役

1、本项目 X 射线探伤机后期如报废，公司应按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销。

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

3、当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序，包括以下内容：

（a）有使用价值的 γ 放射源可在获得监管机构批准后转移到另一个已获使用许可的机构，或者按照 GBZ117-2022 第 5.2.5 条中废旧放射源的处理要求执行。

（b）掺入贫铀的屏蔽装置应与 γ 射线源一样对待。

（c）X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

（d）当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

（e）清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

（f）对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

10.1.4.9 危险废物环境管理措施

本项目固定式探伤和宁波市内移动式探伤项目部的洗片工作均在新厂区的暗室内完成；该过程产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液等危废收集后暂存于危废暂存间，再定期委托宁波大地化工有限公司处理处置。宁波市外移动式探伤项目部均设有临时性暗室，胶片不运回新厂区进行洗片和评片。公司遵循“就近处置”的原则，针对工期较长的检测项目，建设单位在签订无损检测服务合同时即与委托方关于该部分危废作出相关协议约定，委托方应提供危废处置条件并由其代为处置，最终委托当地的有资质单位处理处置；针对工期较短的检测项目，建设单位自行将该部分危废集中收集后定期委托当地的有资质单位处理处置，不跨区域转移危险废物，进一步降低危废运输过程中可能产生的环境风险。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）与《危险废物转移管理办法》（生态环境部令第 23 号）等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）主体工程危废产生及危废暂存间建设情况

本项目固定式探伤和宁波市内移动式探伤项目部产生的危废暂存依托新厂区主体工程配套的危废暂存间，位于 1#厂房一层综合检测设备库的东侧，占地面积约 15m²，一次性最大贮存能力为 12t。根据已批复的《宁波明峰检验检测研究院股份有限公司新建厂房项目环境影响报告表》，主体工程实施后全厂产生的危险废物产生种类、产生量和转移周期情况见表 10-12。

表 10-12 主体工程危险废物产生和贮存情况

序号	贮存场所 (设施) 名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物 代码	年产生量	贮存 方式	贮存 周期
1	危废暂存间	试验废液	HW49	900-047-49	0.11t/a	桶装	一年 转移 一次
2		废化学品包装材料	HW49	900-041-49	0.084t/a	袋装	
3		废油瓶	HW08	900-249-08	0.35kg/a	袋装	
4		废润滑油	HW08	900-217-08	0.44kg/a	桶装	
5		试验废弃物	HW49	900-041-49	0.40t/a	桶装	
6		废活性炭	HW49	900-039-49	2.031t/a	桶装	
合计					2.63t/a		

因此，主体工程产的危险废物最大暂存量约 2.63t，则该危废暂存间剩余容量为 9.37t，可满足本次辐射项目产生的危废暂存空间需求。

危废暂存间标识标牌张贴应按《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）要求设置，场所应按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的相关要求建设：

①贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物；

②贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合；

③贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝；

④贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施：表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料；

⑤同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区；

⑥贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

为保证危废的安全管理，本项目投入运行时，主体工程的危废暂存间必须处于正常使用状态，建设单位应做好二者运行时间的衔接性。

（2）本项目固定式探伤及市内移动产生危废产生情况

根据表 9，本项目固定式探伤拍片量为 1 万张，移动探伤共 9 万张，保守全部以宁波市内估算，洗片评片过程产生废显（定）影液约 1000kg，废胶片约 1000kg，洗片废液约 3000kg。根据企业 2024 年全年危废转移联动，2024 年企业实际产生废显（定）影液和洗片废液约 1.8t/a，废胶片 0.064t/a。企业实际废显（定）影液和洗片废液产生量主要受业务影响较大。

根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物贮存场所（设施）的名称、位置、占地面积、贮存方式、贮存容积、贮存周期等内容，具体如下。

表 10-13 危险废物贮存场所（设施）基本情况表

序号	贮存场所（设施）名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量（t/a）	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危废暂存间	废显（定）影液	HW16	900-019-16	1.0	1#厂房一	15 m ²	专用防渗容器	12t	半年转移一次

2		废胶片	HW16	900-019-16	1.0	层综合检测设备库的东侧	袋装堆放		
3		洗片废液	HW16	900-019-16	3.0		专用防渗容器		

（2）危废的转移

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

（3）危废的委托处置

宁波明峰检验检测研究院股份有限公司已与宁波大地化工环保有限公司签订危废委托处置合同，相关委托合同及资质证书见附件 18。

（4）宁波市外移动式探伤项目部产生的危废

宁波市外的每个移动式探伤项目部均设有临时性的暗室，产生的各类危废集中收集后委托当地的有资质单位处理处置，不跨区域转移危废。暗室的建设和管理要求参考新厂区的危废暂存间。

10.2三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气产生。

（1）公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与放射性生产销售单位签订废旧放射源返回协议。公司已与浙江科学器材进出口有限责任公司签订了放射性同位素转让及退役源返回协议。

（2）超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司已与探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）签订了报废 γ 射线探伤机回收协议。

（3）放射源库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，臭氧在常温常压状态下将会在短时间内自动分解为氧气，氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且毒性低于臭氧，对周围环境影响较小。

（4）探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片及洗片废液均属于危险废物，其中固定式探伤及宁波市内移动式探伤项目部产生的危险废物集中收集后及时转移至危废暂存间进行暂存，定期委托宁波大地化工环保有限公司处理处置；宁波市外移动式探伤项目部产生的危险废物就近处理，委托当地有资质的单位处理处置。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

11.1.1 土建施工阶段

本项目建设阶段主要影响为将建成后的1#厂房一层部分空间改造为探伤工作场所，工程量较小，施工期较短，施工期对环境的影响，本次评价仅作简要分析。

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

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

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

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

11.1.2 设备安装调试阶段

本项目用于固定式探伤的X、 γ 射线探伤机需安装和调试后方可使用，安装调试期对于环境主要影响为电离辐射、微量的臭氧及氮氧化物以及包装材料等固废。本项目探伤设备的安装调试均要求在辐射防护工程完成后，由设备厂家安排的专业人员进行，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司不得自行安装和调试设备。在设备安装调试阶段，建设单位应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

由于设备的安装和调试均在探伤室内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位应及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 探伤室周围辐射水平预测

1、预测对象的选择

本项目探伤室拟配置 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机和 X 射线探伤机（200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV）。每次探伤作业仅开启 1 台探伤机，不存在 2 台及 2 台以上探伤机同

时运行的工况。所有探伤机在各探伤室内作业范围基本相同（见图 11-1 和图 11-2），探伤机靶点与四侧内墙的最近距离均为 1.5m，距离地面最大高度为 1.5m。

根据《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式（3.10）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第 1 号修改单中有用线束剂量率计算公式（3）可知：各探伤装置独立运行状态下，探伤室周围剂量当量率与 AI （活度×周围剂量当量率常数）或 IH （X 射线探伤装置的最大管电流×距靶点 1m 处的 X 射线输出量）成正比关系，与减弱倍数 N 成反比关系。各探伤装置的辐射影响对比分析见 11-1。

表11-1 各探伤装置辐射影响对比表

探伤机种类	单枚放射源活度 /最大管电压	最大 射线能量	在混凝土/铅中 的半值层厚度	周围剂量当量率常数 /X 射线输出量
^{192}Ir - γ 射线探伤机	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}$	$0.672\text{MeV}^{①}$	50mm/3mm ^②	$0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}^{②}$
^{75}Se - γ 射线探伤机	$3.7\times 10^{12}\text{Bq}$	$0.280\text{MeV}^{①}$	30mm/1mm ^②	$0.072\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}^{②}$
X 射线探伤机	200kV	0.200MeV	26mm/0.42mm ^③	$1.722\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	230kV	0.230MeV	28mm/0.86mm ^③	$9.9\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	250kV	0.250MeV	28mm/0.86mm ^③	$9.9\times 10^5\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	300kV	0.300MeV	30mm/1.7mm ^③	$1.254\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	350kV	0.350MeV	30mm/2.1mm ^③	$1.332\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	400kV	0.400MeV	30mm/2.5mm ^③	$1.410\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{④}$
	450kV	0.450MeV	30mm ^③ /2.8mm ^⑥	$1.842\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})^{⑤}$

注：①数值来源于《辐射防护手册——第一分册》（李德平、潘自强主编）表1.11。

②数值来源于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录A表A.2。

③④⑤数值来源于《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录B表B.2，同时X射线输出量以 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的乘以 6×10^4 即 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，其中⑤由3mmCu过滤条件下400kV输出量的外推法计算获取。

⑥数值来源于《无损检测仪器1MV以下X射线设备的辐射防护规则 第3部分：450kV以下X射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GB/Z 41476.3-2022）表2。

由上表可知： ^{192}Ir - γ 射线探伤机的射线能量最大，穿透性最强，半值层厚度最大，同一个关注点位的辐射影响最大。因此，本报告选取 ^{192}Ir - γ 射线探伤机作为探伤室的评价对象进行理论计算，预测背景为单台探伤机独立运行，额定装源活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ /枚。如探伤室能够满足 ^{192}Ir - γ 射线探伤机的辐射防护要求，其也能够满足 ^{75}Se - γ 射线探伤机、最大管电压为200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV的X射线探伤机辐射防护要求。

2、预测点位选取

根据机房平面和剖面布局设计及周围环境特征，本项目探伤室辐射影响预测点位选取见图11-1和图11-2及表11-2。

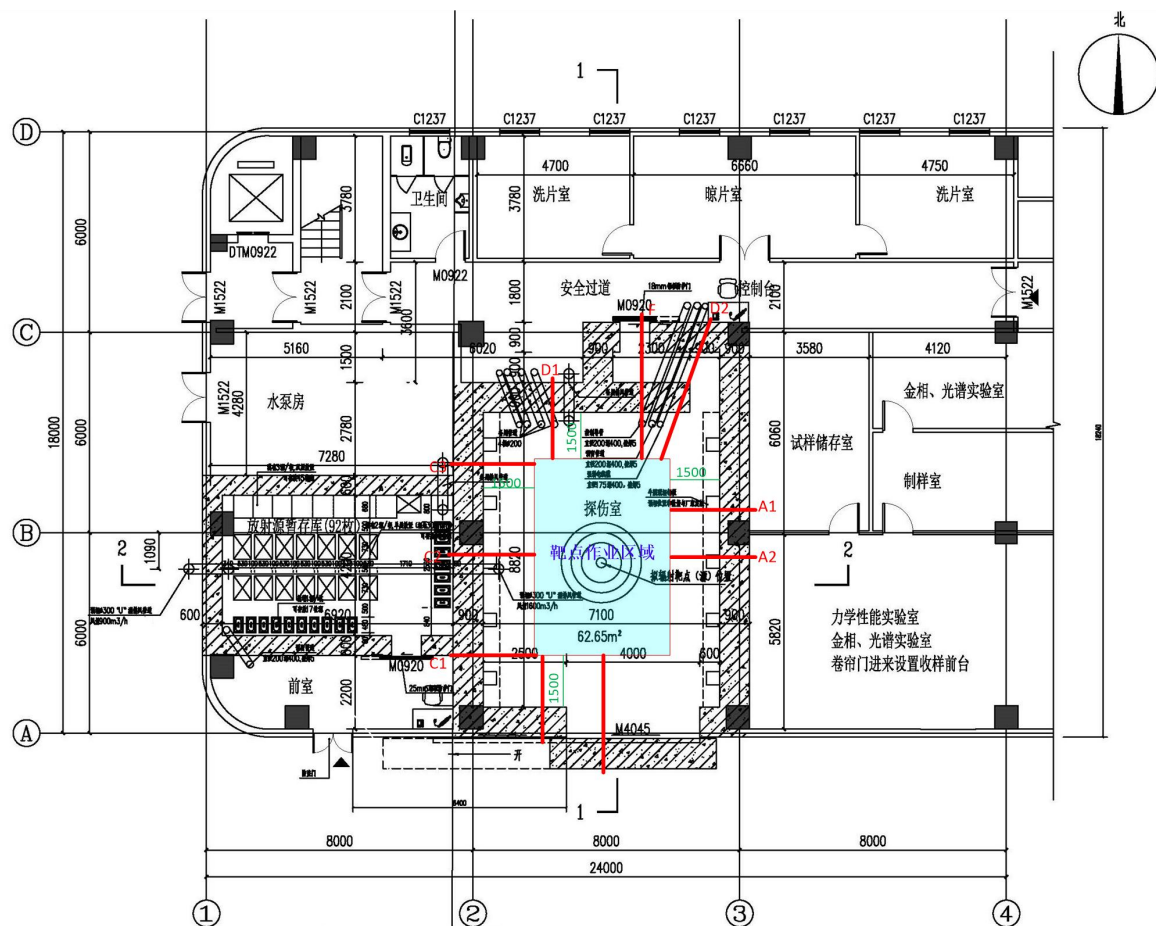


图11-1 探伤室平面布局及关注点位示意图（单位：mm）

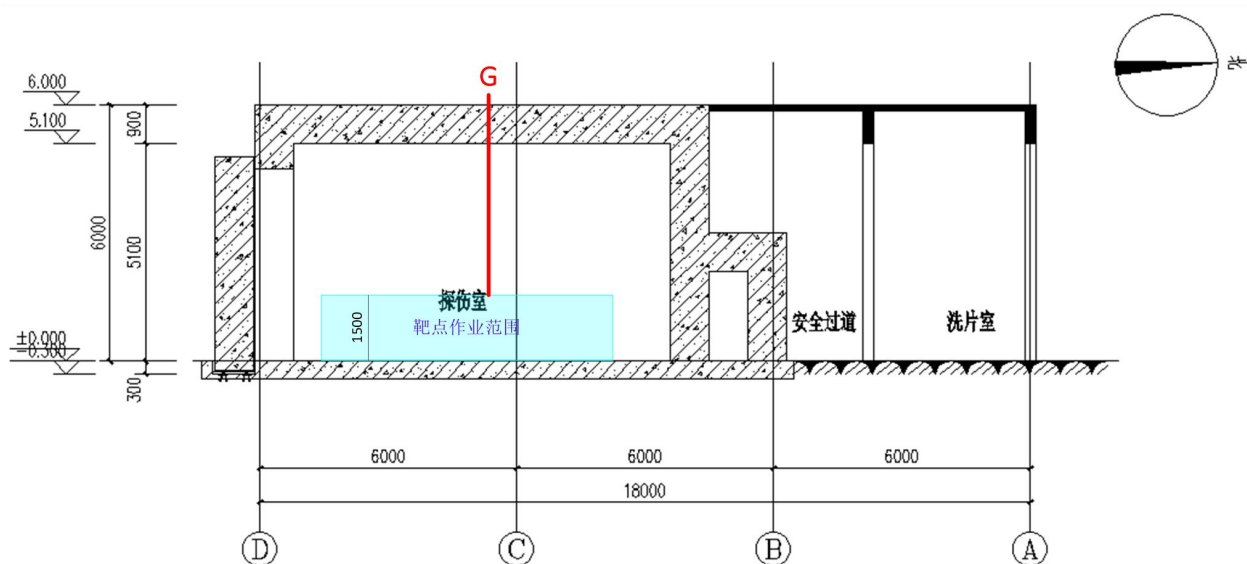


图11-2 探伤室剖面布局及关注点位示意图（单位：mm）

表11-1 探伤室预测点位情况表

场所名称	点位编号	点位描述	环境特征	需考虑的辐射类型
探伤室	A1	东墙外 30cm 处	试样存储室	有用线束
	A2		力学性能实验室 金相、色谱实验室	有用线束
	B	南墙外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	C1	西墙外 30cm 处	前室	有用线束
	C2		放射源库	有用线束
	C3		水泵房	有用线束
	D1	北墙外 30cm 处	控制室	有用线束
	D2		控制室	有用线束
	E	工件门外 30cm 处	厂区道路	有用线束
	F	工作人员出入门外 30cm 处	控制室	有用线束、散射辐射
	G	顶棚外 30cm 处	档案室	有用线束

注：探伤室的正下方为土层，无地下室，故该侧不设剂量预测关注点。

3、预测公式

①有用线束

因各预测点位与放射源使用位置之间的距离比放射源本身的几何尺寸大 5 倍以上，故可将放射源视为点源。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P76 页式（3.10）中 γ 点源空气比释动能率计算公式和减弱倍数的定义，可推导出：本项目 γ 射线固定式探伤作业时，有屏蔽体情况下有用线束辐射剂量率计算公式如下：

$$H = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2 \cdot N} \dots\dots\dots (11-1)$$

式中：

H——有屏蔽体情况下参考点的直射辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

A——放射性活度，MBq，本项目取值 $3.70 \times 10^{12} \text{Bq}$ ，即 $3.70 \times 10^6 \text{MBq}$ ；

Γ ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1 可知：对于 ^{192}Ir ， $\Gamma=0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$ ；

r——关注点距离放射源的距离，m。

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{d/\text{HVL}}$ 计算获取，式中 d——屏蔽层厚度，mm；HVL——不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2， ^{192}Ir 在混凝土中的半值层厚度为 50mm，在铅中的半值层厚度为 3mm。

②迷道散射

根据 NCRP Report NO.51: Radiation protection design guidelines for 0.1-100 MeV particle accelerator facilities (0.1-100MeV 粒子加速器设施辐射防护设计准则) P63 页公式 (13) 和和减弱倍数的定义, 迷道口有屏蔽情况下辐射剂量率计算公式如下:

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

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

H_0 ——对于 γ 辐射源, 数值上由 $A\Gamma$ 确定, 其中 A 是放射源活度, Γ 是周围剂量当量率常数。对于放射源 ^{192}Ir , $A=3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$, $\Gamma=0.17\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/\text{MBq} \cdot \text{h}$, 则 $H_0=6.29 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$;

α_1 ——入射到第一个散射体的 γ 射线的散射系数;

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

A_1 —— γ 射线入射到第一散射物质的散射面积, m^2 ;

A_2 ——迷道的截面积, m^2 ;

d_1 —— γ 射线源与第一散射物质的距离, m;

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

j——指第 j 个散射过程;

N——参数意义同上;

本次评价按最不利情况保守考虑, 选择散射次数最少的路径进行预测, 则射线需经过至少 2 次以上的散射才能到达探伤室迷道门外, 具体散射路径示意图见前文图 11-1。

本项目探伤室迷道散射次数 $j=2$ 次, $d_1=3.55\text{m}$, $d_{r1}=2.10\text{m}$, $d_{r2}=0.9\text{m}$; $A_1=(0.9+1.8) \times 5.1=13.77\text{m}^2$; $A_2=0.8 \times 5.1=4.08\text{m}^2$ 。

4、估算结果

本项目单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时, 探伤室周围辐射水平预测结果见表 11-2。

经计算可知: 单台 ^{192}Ir - γ 射线探伤机独立运行时, 探伤室周围辐射剂量当量率最大值为 $1.23\mu\text{Sv/h}$, 均不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 其屏蔽防护性能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的要求。同时, 可定性推导出 ^{75}Se - γ 射线探伤机和本次评价的所有型号 X 射线探伤机独立运行时, 探伤室的屏蔽防护性也能满足 GBZ 117-2022 的要求。

表 11-2 探伤室内单台 ^{192}Ir γ 射线探伤机独立运行时周围辐射水平预测结果

关注点 编号	射线 类型	屏蔽材料 及厚度	A (MBq)	Γ ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}$)	r (m)	N	H ($\mu\text{Sv/h}$)	
A1/A2 (东墙)	有用 线束	900mm 混凝土	3.70×10 ⁶	0.17	2.7	262144	0.889	
B (南墙)	有用 线束	900mm 混凝土			2.7	262144	0.889	
C1/C2/C3 (西墙)	有用 线束	900mm 混凝土			2.7	262144	0.889	
D1 (北墙)	有用 线束	900mm 混凝土			2.7	262144	0.889	
D2 (北墙)	有用 线束	900mm 混凝土+900mm 混凝土			4.5	6.87×10 ¹⁰	2.03×10 ⁻⁶	
G (顶棚)	有用 线束	900mm 混凝土			4.8	262144	0.534	
E (工件 门)	有用 线束	900mm 混凝土			3.6	262144	0.667	
F (人员 门)	有用 线束	900mm 混凝土			4.5	262144	1.85× 10 ⁻³	1.23
		18mm 铅 板 +6mm 镀锌钢 板	64					
	散射 辐射	18mm 铅 板 +6mm 镀锌钢 板	H ₀ =6.29×10 ⁵ μSv·m ² ·h ⁻¹ ; d ₁ =3.55m, d _{r1} =2.10m, d _{r2} =0.9m; A ₁ =13.77m, A ₂ =4.08m ² ; α ₁ =α ₂ =1.0×10 ⁻²			64	1.227	

注：人员门剂量预测的时候保守不考虑镀锌钢板的防护作用。

5、探伤室局部贯穿辐射影响分析

本项目探伤室各类穿墙管道剖面设计图见附图 9。强弱电电缆、控制导管、排风管道、预留及备用管道等均以“U”型地埋管道形式穿越探伤室的墙体，均避开了有用线束的方向，本次评价仅考虑散射线对管道出口处的辐射剂量贡献值。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P189 页的实例证明，本项目所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至探伤室墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目电缆、控制导管及排风等管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.2 放射源库辐射影响预测

1、库容设计合理性分析

综合考虑近期发展规划和远期发展空间的预留，同时兼顾拟建区域的空间有限，为了充分利用已有的储源设施，本项目放射源库内拟设15个储源柜（现有老厂区的储源柜搬迁到新厂区的放射源库继续利用，地上式，单柜六侧均采用2mm钢板+10mm铅板+2mm钢板进行防护，其中6个储源柜的外尺寸均为680mm（长）×630mm（宽）×580mm（高），净尺寸为610mm（长）×560mm（宽）×510mm（高）；另9个储源柜的外尺寸均为680mm（长）×580mm（宽）×580mm（高），净尺寸为610mm（长）×510mm（宽）×510mm（高）。每个储源柜内由10mm的隔层铅板分隔成三个空间，每个隔间具有独立的箱盖，防止取放射源时交叉照射，可存放3枚放射源。每个箱盖同时上2把锁，可存放放射源总数为45枚）、15个储源箱（现有老厂区的储源箱搬迁到新厂区的放射源库继续利用，半地上式，布置在埋深300mm的地坑内，单箱六侧均采用2mm钢板+10mm铅板+2mm钢板进行防护，外尺寸均为730mm（长）×530mm（宽）×500mm（高），净尺寸均为660mm（长）×460mm（宽）×430mm（高），每个箱体内有10mm隔层铅板分隔成两个空间，每个空间具有独立的箱盖，防止取放射源时交叉照射，可存放2枚放射源。每个箱体同时上2把锁，可存放放射源总数为30枚）和17个储源坑（本次拟建，地下式，设计原则为“一源一坑”，单坑净尺寸为420mm（长）×220mm（宽）×500mm（深），坑盖外尺寸为480mm（长）×280mm（宽），坑盖与四壁搭接均为30mm，采用10mm铅板+6mm镀锌钢板进行防护，坑的四壁和底部均采用混凝土防护。坑盖同时上2把锁，可存放放射源总数为17枚），设计库容为一次性最多存放92枚放射源。

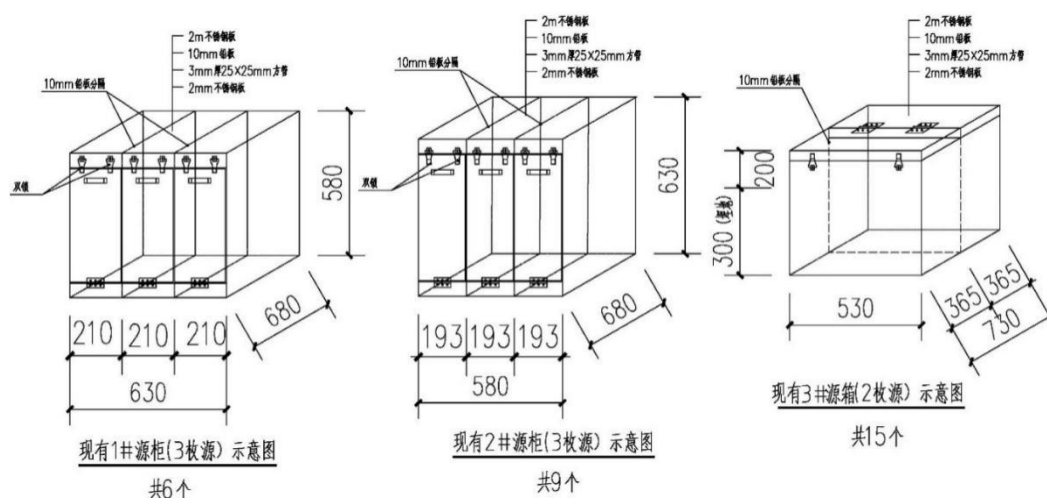


图11-3 现有拟搬迁的现有储源柜和储源箱设计示意图

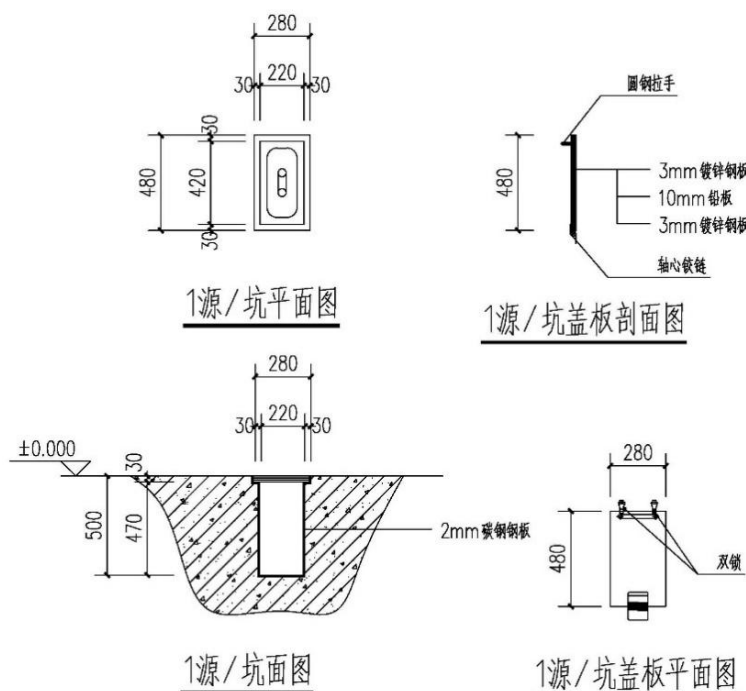


图11-4 本次拟建的储源坑设计示意图

公司已许可75枚放射源，本次新增15枚放射源，最终形成90枚放射源的使用规模。因此，本项目放射源库的库容设计是合理可行的。

2、储源设施设计合理性分析

本报告对含源探伤机尺寸和储源设施的设计尺寸进行比对分析，具体结果见表11-3。

表11-3 储源设施设计合理性分析

核素名称	单台含源探伤机外尺寸	单个储源设施设计净尺寸	符合性评价
^{192}Ir	350mm×133mm×241mm	单个储源柜隔间： 610mm（长）×174mm（宽）×510mm（高） 610mm（长）×158mm（宽）×510mm（高）	符合，储源设施设计满足含源 γ 射线探伤机存放的空间需求。
^{75}Se	337mm×111mm×198mm	单个储源箱隔间： 460mm（长）×318mm（宽）×430mm（高） 单个储源坑： 420mm（长）×220mm（宽）×500mm（深）	

因此，本项目各储源设施的设计合理可行，具备宽裕的放射源贮存空间。

3、场所辐射水平预测

（1）剂量关注点选取

根据放射源库平面和剖面布局设计及周围环境功能，本项目辐射影响预测点位选取源库四侧屏蔽墙、防护门和顶棚外 30cm 处，其中储源柜的屏蔽体外表面 50cm 处，详见图 11-5 和图 11-6。放射源库剂量关注点情况见表 11-4。

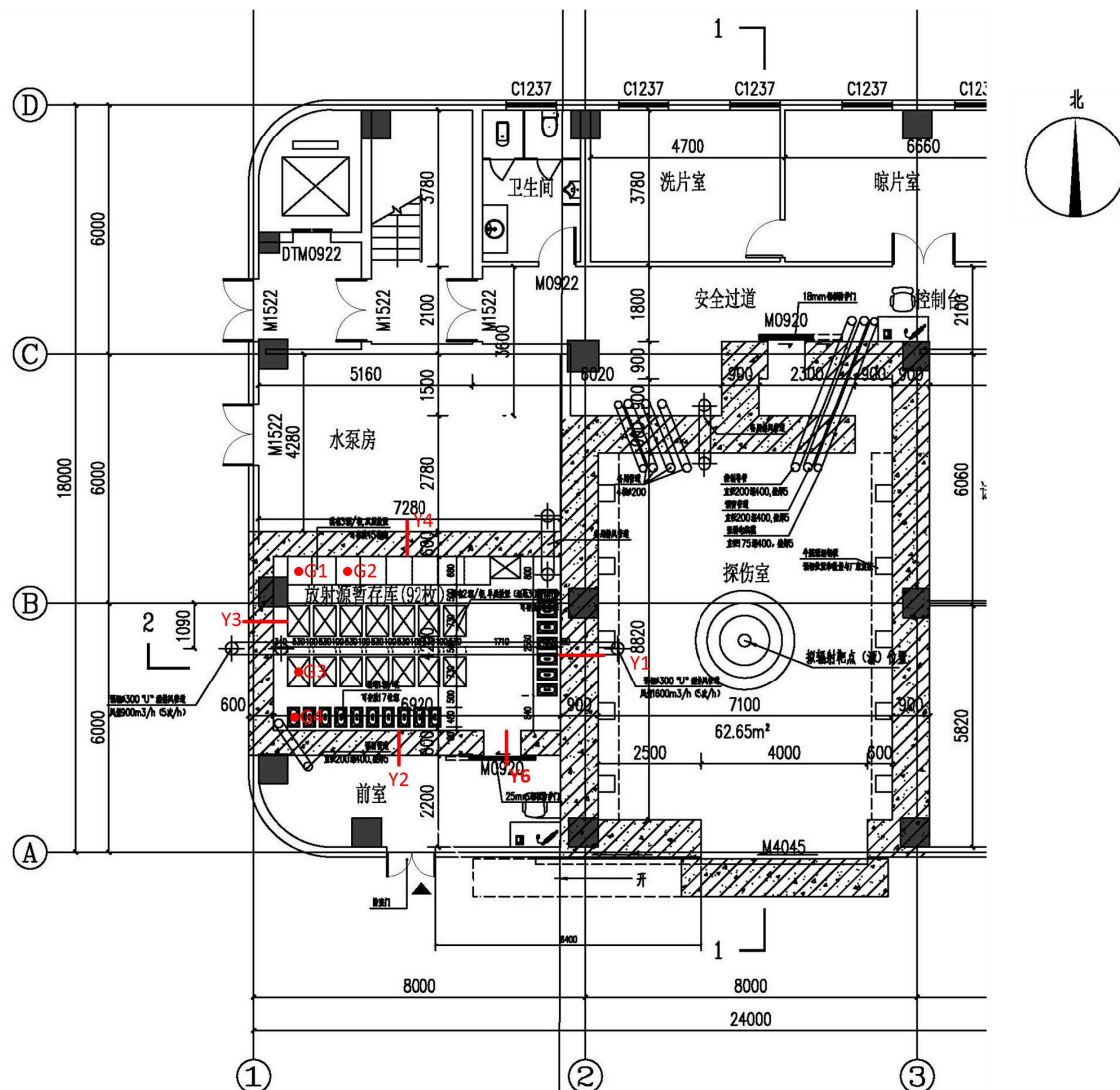


图 11-5 放射源库平面布局及关注点位示意图 (单位: mm)

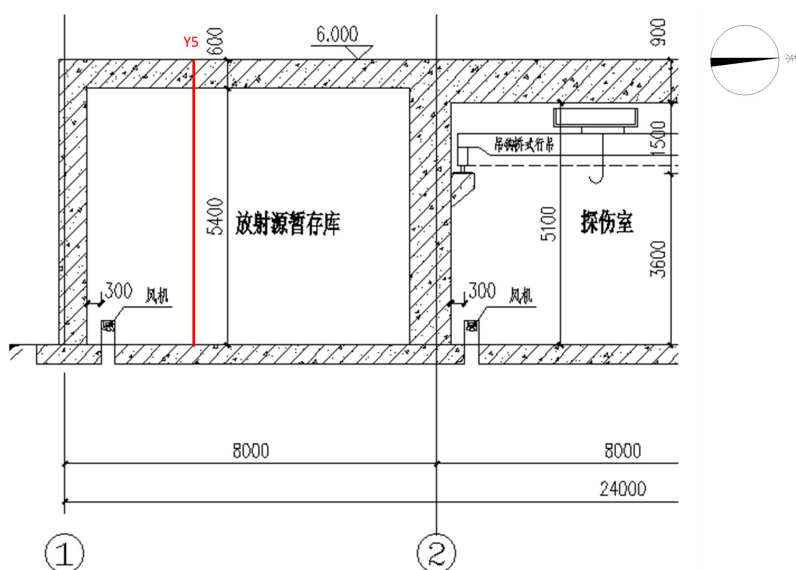


图 11-6 放射源库剖面布局及关注点位示意图 (单位: mm)

表 11-4 放射源暂存库预测点位情况表

场所名称	点位编号	点位描述	环境特征
放射源暂存库	Y1	东墙外 30cm 处	探伤室
	Y2	南墙外 30cm 处	前室
	Y3	西墙外 30cm 处	厂区道路
	Y4	北墙外 30cm 处	水泵房
	Y5	顶棚外 30cm 处	档案室
	Y6	防护外 30cm 处	前室
储源柜（地上式）	G1-1	柜盖外 50cm 处	库内，公众无法到达区域
	G1-2	前、后屏蔽体外 50cm 处	
	G1-3	左、右屏蔽体外 50cm 处	
储源箱（半地下式）	G2-1	箱盖外 50cm 处	
	G2-2	前、后屏蔽体外 50cm 处	
	G2-3	左、右屏蔽体外 50cm 处	
储源坑（地下式）	G3	坑盖外 50cm 处	

备注：储源箱底部埋深 300mm，储源坑的四墙壁和底部均为地下式，属于人员不可达区域，本报告不做预测。

（2）预测工况

本项目放射源库主要用于含源 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机不作业时的暂存，本报告保守考虑按照库内最大设计库容来评价，预测工况为一次性最大贮存 92 枚放射源。

（3）预测公式

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式及《辐射防护导论》（方杰主编）P96 页公式（3.45），可推导出：

$$K = \frac{K_0}{N} \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \dots\dots\dots (11-3)$$

式中：K——设置屏蔽层后 r（m）处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

K_0 ——辐射场中 r_0 （m）处没有设置屏蔽防护时周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表2，本项目 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机类别均为便携式（P），离源容器表面 5cm 处的最大周围当量剂量率为 0.5mSv/h 。单个储源柜最多可存取 3 枚源，故相应 K_0 取值 1.5mSv/h ；单个储源箱最多可存取 2 枚源，故相应 K_0 取值 1.0mSv/h ；单个储源坑最多可存取 1 枚源，故相应 K_0 取值 0.5mSv/h ；

N——减弱倍数，根据公式 $N=2^{(d/\text{HVL})}$ 计算获取，式中 d：屏蔽层厚度，mm；HVL：不同材料的半值层厚度，mm。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中附录 A 表 A.2，放射源 ^{192}Ir 在混凝土和铅中的半值层厚度分别为 50mm、3mm， ^{75}Se 在混凝土和铅中的半值层厚度分别为 30mm、1mm。

r_0 ——与放射源的距离，m；

r ——放射源到关注点的距离，m；

(4) 估算结果

由于放射源 ^{192}Ir 的周围剂量当量率常数和半值层厚度均大于 ^{75}Se ，本次评价保守均以 ^{192}Ir 考虑。根据公式（11-3），则本项目各储源设施屏蔽体外 50cm 处周围剂量当量率的计算结果见表 11-5。

表 11-5 库内储源设施屏蔽体外 50cm 处周围剂量当量率预测结果

关注点位		K ₀ (μSv/h)	屏蔽材料及厚度	r ₀ (m)	r (m)	N	K (μSv/h)
储源柜 (3 源/柜)	G1-1	1500	2mm 钢板+10mm 铅板+2mm 钢板	0.05	0.80	10	0.59
	G1-2			0.05	0.66		0.86
	G1-3			0.05	0.54		1.29
储源箱 (2 源/箱)	G2-1	1000		0.05	0.72		0.48
	G2-2			0.05	0.63		0.61
	G2-3			0.05	0.58		0.74
储源坑 (1 源/坑)	G3	500	3mm 钢板+10mm 铅板+3mm 钢板	0.05	0.59		0.36

备注：①储源柜保守按照较小尺寸的柜体来预测。

②本报告保守不考虑放射源在源容器中的位置及距离关系，也不考虑钢板的防护作用，仅考虑铅板的防护作用。

考虑到储源柜/箱/坑均紧邻设置，彼此之间存在剂量叠加影响，本报告保守按照 2 倍折算，则单个储源设施外 50cm 处周围剂量当量率最大值为 $2.58\mu\text{Sv/h}$ ，满足《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）中“库房盖板正上方 0.5m 处的最大剂量率不超过 $20\mu\text{Sv/h}$ ”的规定。

根据公式（11-3），本项目放射源暂存库外 30cm 处周围剂量当量率的计算结果如下。

表 11-6 放射源暂存库外 30cm 处周围剂量当量率预测结果

关注点位	K_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽材料及厚度	r_0 (m)	r (m)	N	K ($\mu\text{Sv/h}$)	
Y1 (东墙)	40	900mm混凝土	0.54	1.2	262144	3.09×10^{-5}	
Y2 (南墙)		600mm混凝土	0.54	0.9	4096	0.004	0.893
		探伤室运行对前室的辐射剂量贡献 (C1点)				0.889	
Y3 (西墙)		600mm混凝土	0.54	0.9	4096	0.004	
Y4 (北墙)		600mm混凝土	0.54	0.9	4096	0.004	0.893
		探伤室运行对水泵房的辐射剂量贡献 (C3点)				0.889	
Y5 (顶棚)		600mm混凝土	0.54	5.7	4096	8.76×10^{-5}	
Y6 (防护门)		3mm钢板+25mm 铅板+3mm钢板	0.54	0.9	323	0.045	0.934
		探伤室运行对前室的辐射剂量贡献 (C1点)				0.889	

备注：① $K_0 = 1.29\mu\text{Sv/h} \times 15 + 0.74\mu\text{Sv/h} \times 15 + 0.36\mu\text{Sv/h} \times 17 = 36.57\mu\text{Sv/h}$ ，保守取为 $40\mu\text{Sv/h}$ 。

② r_0 保守按照表 11-5 中的 r 取最小值，同时防护门处剂量水平计算不考虑钢板的防护作用，仅考虑铅板的防护作用。

因此，当放射源库同时贮存92枚放射源时，如探伤室不运行，源库周围剂量当量率最大值为0.045μSv/h；如探伤室运行，源库周围剂量当量率最大值为0.934μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中对于放射源贮存设施“在公众能接近的距外表面最近处，其屏蔽应能使该处周围剂量当量率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的控制水平”的要求。

由于移动探伤作业主要在外地，探伤检测工期相对较长，一般情况下放射源库不会达到设计定额。以上估算结果将是偏安全的，实际的辐射环境影响相对于理论计算数值是偏小的。因此，本项目放射源库的屏蔽防护设计是可行的。实际工作中，建设单位应做好以下工作：放射源库每次有新源入库时需进行检测，须满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中2.5μSv/h的限值要求，检测达标后方可投入使用。

（5）放射源库局部贯穿辐射

本项目放射源库排风管道以“U”型地埋管道形式穿越探伤室的西侧墙体，所有射线均需经过三次以上散射才能经各类管道散射至源库墙外，经过管道的多重反射、吸收和削减后辐射能量急剧下降，射线通过管道外漏可忽略不计。因此，本项目排风管道的布置方式不会破坏墙体的屏蔽效果，能够满足辐射防护要求。

11.2.3 移动探伤

11.2.3.1 含源γ射线探伤机的短距离移动

宁波明峰检验检测研究有股份有限公司委托具备国家规定的放射性物品运输资质的单位承担放射源运输工作，本项目内部不涉及。在运输车辆无法到达探伤工点时，在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员拟使用小型车辆或手推车，使含源γ射线探伤机处于人员监视下。公司拟配备2个运输铅箱，采用钢-铅-钢结构，铅厚度不低于5mm，单个铅箱仅存放1台γ射线探伤机（保守按¹⁹²Ir计）。根据公式（11-3），放射源¹⁹²Ir在铅的半值层为3mm，可估算出单个运输箱外不同距离处的周围剂量当量率。

表 11-7 运输箱外不同距离处的周围剂量当量率

距离（m）	1	2	3	5	10
周围剂量当量率（μSv/h）	6.30	1.57	0.70	0.25	0.06
注：由《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）可知，距便携式γ射线探伤机源容器外表面1m处的周围剂量当量率控制值为0.02mSv/h。					

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），γ射线探伤机源容器外表面5cm处周围剂量当量率低于0.5mSv/h，1辆运输车最多载2个运输箱（2台γ射线探伤机），再加上运输箱

的屏蔽，车体外表面剂量率应低于 1mSv/h ($0.5\text{mSv/h}\times 2$)，满足《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面上任一点的辐射水平应不超过 2mSv/h 的标准限值。

由表 11-7 可知，保守估计，在忽略运输箱距运输车距离条件下，距离运输车外表面 2m 处的周围剂量当量率为 $2\times 1.57=3.14\mu\text{Sv/h}$ （即 $3.14\times 10^{-3}\text{mSv/h}$ ），该剂量率低于《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2019）规定的运输工具外表面 2m 处辐射水平应不超过 0.1mSv/h 的标准限值。

11.2.3.2 γ 射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据公司提供的资料，本项目拟购的每台 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ - γ 射线探伤机内分别配置 1 枚最大出厂活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 密封放射源，均为便携式探伤机（P）。 ^{192}Ir - γ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为（ $20\sim 100$ ）mm 的罐体或管件； ^{75}Se - γ 射线探伤机主要用于检测钢板厚度为（ $10\sim 40$ ）mm 的罐体或管件。

本项目移动探伤主要采用两种透照射方式：单壁透照和双壁透照，其中单壁透照放射源位于管道内侧，胶片敷贴于管道外侧；而双壁透照放射源位于管道外侧，胶片敷贴于管道对侧。检测工作时，放射源被从探伤机机体内推出至探头时，此时采用准直器对放射源进行屏蔽，可以屏蔽有用线束方向以外 90% 以上的 γ 射线，准直器屏蔽材料为钨，厚度为 25mm 。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求， γ 射线移动探伤作业时，应将周围剂量当量率 $> 15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，其外围周围剂量当量率 $> 2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为监督区。同时，根据 GBZ 117-2022 附录 A 关于“控制区距离概念”，根据放射源的 γ 射线向各个方向辐射的不同情况，确定三种不同的控制区距离，如图 11-7 所示：

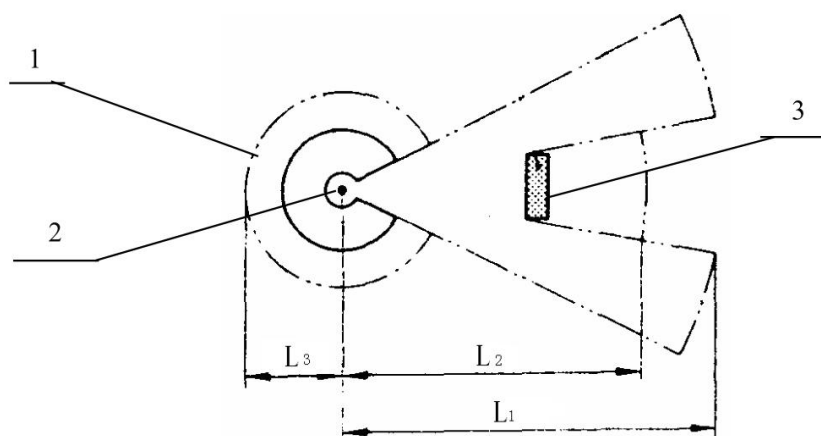


图 11-7 应用屏蔽物的控制区（无比例）

图中：1——源容器屏蔽；

2——放射源；

3——探伤对象；

L₁——辐射未经工件衰减时要求的控制区距离；

L₂——有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；

L₃——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

(1) 控制区距离的确定

对于移动式探伤，控制区边界的周围剂量当量率为 15μSv/h，可由公式（11-4）计算确定控制区的距离：

$$L_1 = \sqrt{\frac{A \times \Gamma}{15}} \dots\dots\dots(11-4)$$

式中：L₁——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

A——放射源的活度，单位为 MBq，本项目每台γ射线探伤机内含放射源 ¹⁹²Ir/⁷⁵Se 的活度均为 3.7×10¹²Bq，即 3.7×10⁶MBq；

Γ——周围剂量当量率常数，单位为μSv•m²/（MBq•h），对照 GBZ 117-2022 表 A.1，本项目 ¹⁹²Ir 放射源的周围剂量当量率常数为 0.17μSv•m²/（MBq•h）；⁷⁵Se 放射源的周围剂量当量率常数为 0.072μSv•m²/（MBq•h）；

15——控制区边界周围剂量当量率，15μSv/h。

根据公式（11-2）计算可知：¹⁹²Ir 放射源相应的 L₁=205m；⁷⁵Se 放射源相应的 L₁=134m。

L₂ 和 L₃ 分别由 L₁ 乘以检测工件和放射源屏蔽物屏蔽衰减因子获得。有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（11-5）：

$$L_2 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_1}{HVL_1}}} \dots\dots\dots(11-5)$$

式中：L₂——有工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

L₁——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t₁——被检测工件的厚度，单位为 mm；

HVL₁——检测工件的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离的计算见公式（11-6）：

$$L_3 = L_1 \times \sqrt{2^{-\frac{t_2}{HVL_2}}} \dots\dots\dots(11-6)$$

式中：L₃——有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离值，单位为 m；

L₁——无工件衰减时需要的控制区距离值，单位为 m；

t₂——源容器或其他屏蔽物厚度，单位为 mm；

HVL₂——源容器或其他屏蔽物的半值层厚度，单位为 mm，近似值见表 A.2。

在工件和准直器等屏蔽作用情况下，本次评价保守取 ¹⁹²Ir 放射源探伤工件最小厚度 20mm 钢板、⁷⁵Se 放射源探伤工件最小厚度 10mm 钢板及准直器为 25mm 钨作为计算依据，结合附录 A 中表 A.1，具体见表 11-8。

表 11-8 不同材料在不同放射源能量下半值层厚度的近似值

半值层厚度（HVL）/mm	屏蔽材料	
	钢	钨
¹⁹² Ir	14	2.5
⁷⁵ Se	9	2.5

注：*由于《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 中表 A.2 对 ⁷⁵Se 放射源在钨中的半值层厚度未作出相关规定，本次评价保守考虑，参考 ¹⁹²Ir 放射源取值为 2.5。

根据公式（11-5）和公式（11-6）计算可知：¹⁹²Ir 放射源相应的 L₂=125m，L₃=7m；⁷⁵Se 放射源相应的 L₂=92m，L₃=5m。

（2）监督区距离的确定

对于γ射线移动探伤，监督区边界的周围剂量当量率为 2.5μSv/h。根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，¹⁹²Ir 放射源各方向的监督区距离经计算可知：L₁'= 503m，L₂'= 307m，L₃'=17m；⁷⁵Se 放射源各方向的监督区距离经计算可知：L₁'= 329m，L₂'= 226m，L₃'=13m。

因此，本项目 ¹⁹²Ir-γ射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为 125m，监督区距离为 307m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 7m，监督区距离为 17m。⁷⁵Se-γ射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为 92m，监督区距离为 226m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为 5m，监督区距离为 13m。实际移动探伤时，建设单位应采取本报告关于γ射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式 X-γ剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

11.2.3.3 X射线移动探伤控制区和监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)第8.4.2条款,在X射线探伤机处于照射状态,建设单位用便携式X-γ剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率,参照GBZ 117-2022第7.2.2条确定的剂量率值确定控制区边界;以2.5μSv/h为监督区边界。本项目单个X射线移动探伤小组的周探伤时间为3.3h,小于7h,故可判定出本项目X射线移动探伤控制区边界周围剂量当量率限值为15μSv/h。

在实际探伤过程中,X射线定向探伤机的主束射向所检查的工件,周向探伤机被放入待检压力容器中才能出束。射线能量根据被检工件的厚度进行调节,有用射束被工件所屏蔽,射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。

(1) 有用线束

根据《辐射防护导论》(方杰主编)中P69页的式(3.1)和P96页的式(3.45),在距离靶 r (m)处由X射线探伤机产生的初级X射线束造成的空气比释动能率计算公式如下:

$$K = \frac{I \delta_x (r_0/r)^2}{10^{(d_1/d_2)}} \dots\dots\dots (11-7)$$

式中: K ——经工件屏蔽后的空气比释动能率, $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1}$; 对于控制区边界取15μSv/h, 即 $2.5 \times 10^{-4} \text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$, 对于监督区边界取2.5μSv/h, 即 $4.2 \times 10^{-5} \text{mSv} \cdot \text{min}^{-1}$;

I ——X射线机管电流, mA; 本项目200kV/230kV/250kV/300kV/350kV的X射线探伤机的管电流均为5mA; 400kV/450kV的X射线探伤机的管电流均为10mA;

δ_x ——X射线探伤机的发射率常数, $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$; 根据前文9.3.1章节可知:

$\delta_x(200\text{kV}) = 28.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

$\delta_x(230\text{kV}/250\text{kV}) = 16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

$\delta_x(300\text{kV}) = 20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

$\delta_x(350\text{kV}) = 22.2 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

$\delta_x(400\text{kV}) = 23.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

$\delta_x(450\text{kV}) = 30.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$;

r_0 ——X射线管钨靶离焦点的距离, 本项目均取1m;

r ——参考点到X射线机靶的距离, m;

d_1 ——被检工件厚度, mm; 实际探伤过程中, 射线能量是根据被检工件的厚度进行调节。根据建设单位提供的资料, 本项目200kV、230kV、250kV、300kV、350kV、400kV、

450kV的X射线探伤机处于最大开机工况时，探伤常用工件透照厚度分别为（20-30）mm、（25-35）mm、（30-40）mm、（40-50）mm、（45-55）mm、（50-60）mm、（55-65）mm，材质主要为钢，本报告保守取探伤钢板的最小厚度。

d_2 ——钢的什值层厚度，mm；根据NCRP REPORT No.151:Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X-and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities中P158页Fig.A.1a，200kV/230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV探伤机产生的X射线束在钢中的什值层厚度分别取值8mm/10mm/12mm/16mm/20mm/23mm/26mm。

（2）漏射线

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围，见式（11-2）。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \dots\dots\dots (11-8)$$

式中： K_1 ——距探伤机表面 R_1 （m）处的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；对于控制区边界取 $15\mu\text{Sv/h}$ ，对于监督区边界取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；

K_0 ——距离探伤机表面1m处的周围剂量当量率，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），X射线探伤机在额定工作条件下，当管电压为（150~200）kV时，X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值为 2.5mSv/h ；当管电压 $>200\text{kV}$ 时，距X射线管焦点1m处的漏射线所致周围剂量当量率 $<5\text{mSv/h}$ ，即本项目200kV的X射线探伤机相应的 $K_0=2500\mu\text{Sv/h}$ ，230kV/250kV/300kV/350kV/400kV/450kV的X射线探伤机相应的 $K_0=5000\mu\text{Sv/h}$ 。

R_0 ——探伤机表面外1m；

R_1 ——参考点距探伤机表面的距离，m。

（3）散射线

本项目X射线探伤机工作时，X射线一般只有经1次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。假设主射线束经一次散射后到达工件外，散射线可根据《辐射防护导论》（方杰主编）P185页公式（6.6）计算：

$$\eta_{rR} \leq k \frac{\dot{H}_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_R^2}{F_{j0} \alpha_r a q} \dots\dots\dots (11-9)$$

由上式可以推导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0} \cdot \alpha_r \cdot a}{r_i^2 \cdot r_R^2} \cdot q \cdot \frac{1}{k} \cdot \eta_{rR} \dots\dots\dots (11-10)$$

式中： $\dot{H}_{L,h}$ ——参考点处周围剂量当量率的控制水平（Sv/h）；

$$\dot{H}_{L,h} \text{（控制区）} = 1.5 \times 10^{-5} \text{Sv/h}, \dot{H}_{L,h} \text{（监督区）} = 2.5 \times 10^{-6} \text{Sv/h};$$

F_{j0} ——辐射源处辐射水平（Sv·m²·min⁻¹），由 $I \cdot \delta_{\chi}$ 确定， δ_{χ} 取值情况同上，则

$$F_{j0} \text{（200kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 28.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.144 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（230kV/250kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 16.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.083 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（300kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 20.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.105 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（350kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 22.2 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.113 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（400kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 23.5 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.118 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

$$F_{j0} \text{（450kV）} = I \cdot \delta_{\chi} = 30.7 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \times 5 \text{mA} = 0.154 \text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{min}^{-1};$$

α_r ——反射物的反射系数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P187页图6.4，单能光子在钢上的反射系数保守均取0.007。

a ——X射线束在反射物上的投照面积（m²）， $a = \pi (r_i \times \tan(\theta/2))^2$ ， θ 为辐射角，本项目取40°，即 $a = 0.1$ ；

r_i ——辐射源同反射点之间的距离（m），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 1.67×10^{-2} ；

q ——参考点所在位置相应的居留因子，取1。

η_{rR} ——透射比，本项目保守不考虑辐射屏蔽，故取1；

（4）估算结果

本项目X射线移动探伤是根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机，且每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作。假设探伤作业时，设备满功率运行，将相关参数带入公式（11-7）～（11-10），可估算出本项目X射线移动探伤时控制区和监督区的边界范围，见表11-9。

表11-9 X射线移动探伤控制区与监督区估算结果

探伤机最大管电压	射线类型		控制区范围（m）	监督区范围（m）
200kV	有用线束	探伤钢板厚度20mm	40	103
	泄漏辐射		13	32
	散射辐射		29	70
230kV	有用线束	探伤钢板厚度25mm	33	79
	泄漏辐射		19	45
	散射辐射		22	53

250kV	有用线束	探伤钢板厚度30mm	33	79
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	22	53
300kV	有用线束	探伤钢板40厚度	37	89
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	25	60
350kV	有用线束	探伤钢板厚度45mm	50	122
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	26	62
400kV	有用线束	探伤钢板厚度50mm	80	194
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	26	63
450kV	有用线束	探伤钢板厚度55mm	98	238
		泄漏辐射	19	45
		散射辐射	30	72

本项目200kV型X射线探伤机满功率开机条件下对20mm钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约40m，最大监督区范围约103m；非有用线束方向最大控制区范围约29m，最大监督区范围约70m。230kV/250kV型X射线探伤机满功率开机条件下对30mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约33m，最大监督区范围约79m，非有用线束方向最大控制区范围约22m，最大监督区范围约53m。300kV型X射线探伤机满功率开机条件下对40mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约37m，最大监督区范围约89m，非有用线束方向最大控制区范围约25m，最大监督区范围约60m。350kV型X射线探伤机满功率开机条件下对45mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约50m，最大监督区范围约125m，非有用线束方向最大控制区范围约26m，最大监督区范围约62m。400kV型X射线探伤机满功率开机条件下对50mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约80m，最大监督区范围约194m，非有用线束方向最大控制区范围约26m，最大监督区范围约63m。400kV型X射线探伤机满功率开机条件下对55mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约98m，最大监督区范围约238m，非有用线束方向最大控制区范围约30m，最大监督区范围约72m。

因此，本项目实际移动探伤时，建设单位应采取本报告关于X射线移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

11.2.4 人员受照剂量

11.2.4.1 计算公式

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）第 3.1.1 条款中的公式（1），人员受照剂量计算公式如下：

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

式中：E——年有效剂量，mSv/a；

H——关注点处周围剂量当量率，μSv/h；

t——探伤装置年照射时间，h/a；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子，本项目保守取 1；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子，取值参考 GBZ/T 250-2014 附录 A 表 A.1。

11.2.4.2 放射源管理人员年有效剂量

本项目源库管理人员所受的辐射剂量主要来自存取放射源、库内检查及库外巡查及探伤室开机时对前室的辐射影响等。

① 存取放射源

根据存/取一次放射源所需的工序，主要为从放射源库内存取放射源和近距离移动γ射线探伤机，本次评价保守全部按¹⁹²Ir-γ射线探伤机（类别：便携式P）考虑。保守取辐射工作人员存/取一次放射源时处于离探伤机5cm处（根据GBZ 117-2022，便携式γ射线探伤机源容器表面5cm处最大周围剂量当量率分别为0.5mSv/h）和离探伤机100cm处（根据GBZ 117-2022，便携式射线探伤机源容器表面100cm处最大周围剂量当量率分别为0.02mSv/h）的时间分别为0.5min和1min。根据公式（11-11），居留因子取1，可估算出：完成存/取一次存取放射源操作所受的辐射剂量约4.50μSv。

本项目共建1间探伤室，实行单班制工作，每日存/取最多1次，年工作300天。公司移动探伤项目部的探伤工期较长，结合老厂区现有放射源出入库台账，每日存取放射源次数最大为15次，全年存取次数最多3000次。因此，存取放射源所致辐射工作人员的年有效剂量为E_{固定式}+E_{移动式}=1.35+13.5=14.85mSv。

② 库内检查

源库管理人员每月库内检查不低于1次，年库内检查按照30次计。库内检查主要为巡视查看和台账核验，不涉及近距离接触含源的源容器，单次最长检查时间按照10min计，则年库内检查时间约5h。库内停留处主要为储源设施附近，辐射剂量率取理论计算最大值2.58μSv/h。

根据公式（11-3），居留因子取1，则该部分工作所致源库管理人员年有效剂量为0.013mSv/a。

③库外巡查

源库管理人员每日例行巡查1次，每次巡查时间为5min，年巡视按365日计，则年库外巡查时间约30h。经前文理论计算，放射源库周围剂量当量率最大值约0.893μSv/h。根据公式（11-3），居留因子取1，则该部分工作所致源库管理人员年有效剂量为0.027mSv/a。

④探伤室开机影响

考虑到前室区域既受到放射源库的辐射影响，又受到探伤室的辐射影响，故本报告考虑剂量叠加。前室区域受到探伤室的周围剂量当量率按表11-2中C1关注点取值为0.889μSv/h，年受照时间为667h，居留因子取1。根据公式（11-3）可知，探伤室运行所致位于前室的源库管理人员的年有效剂量为0.593mSv/a。

⑤综合剂量叠加

上述工作由4名辐射工作人员共同完成，则本项目单名源库管理人员年有效剂量为3.87mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求（职业人员≤20mSv/a）。

11.2.4.3固定式探伤操作人员年有效剂量

本项目固定式探伤操作人员受到辐射照射的途径主要包括两个方面：a）探伤期间，工作人员在操作室内拍片受到的外照射；b）探伤作业前，工作人员在探伤室内近距离移动γ射线探伤机、安装控制部件及输源导管、布置底片和摆放工件等准备工作时受到贮存状态放射源的外照射。由于γ射线探伤机对探伤室外辐射影响大于X射线探伤，因此人员剂量估算保守全部以γ射线探伤机曝光时间进行估算。

①开机状态下

本项目探伤室开机状态下，对辐射工作人员影响的区域主要在控制室内控制台处，该处周围剂量当量率按表11-2中D2关注点取值 $2.03 \times 10^{-6} \mu\text{Sv/h}$ ，探伤室年曝光时间为667h，由2名辐射工作人员共同负责操作。根据公式（11-11），居留因子取1，可估算出探伤室开机时控制台处单名辐射工作人员的年有效剂量为 $1.35 \times 10^{-6} \text{mSv/a}$ 。

②不开机状态

本项目探伤室不开机状态下，辐射工作人员在每间探伤室内日工作时间为2h，年工作300天，则每间探伤室内年操作时间为600h，所有工作由2名辐射工作人员完成。

a、每日近距离移动 γ 射线探伤机和安装控制部件及输源导管等环节一般不超过 5min，年操作时间为 25h，保守取辐射工作人员处于离 γ 射线探伤机 100cm 处，根据 GBZ 117-2022，源容器表面 100cm 处最大周围剂量当量率 0.02mGy/h。

b、其他操作包括布置底片和摆放工件等，年操作时间为 575h。该工作时段的 γ 射线探伤机始终处于未出源状态，辐射工作人员距离储源坑（布置在探伤室内一角）和 γ 射线探伤机一般超过 2m。同时，一间探伤室不开机状态下，辐射工作人员在其内部工作时，另一间探伤室可能会开机。基于辐射安全考虑，本次评价探伤室不工作状态下，期间室内其他操作时周围剂量当量率保守取 2.5 μ Sv/h。

根据公式（11-11），居留因子取 1，可估算出本项目探伤室不开机时室内相关操作所致单名探伤操作人员的年有效剂量为 1.94mSv/a。

③综合剂量

综上所述，本项目单名固定式探伤操作人员的最大剂量叠加结果为：

$$E_{\text{开机}} + E_{\text{不开机}} = 1.35 \times 10^{-6} \text{mSv/a} + 1.94 \text{mSv/a} = 1.94 \text{mSv/a}$$

因此，本项目从事固定式 X、 γ 射线探伤操作的单名探伤人员的最大年有效剂量为 1.938mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（职业人员 $\leq 5.0 \text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于剂量限值的要求（职业人员 $\leq 20 \text{mSv/a}$ ）。

11.2.5.4移动式探伤辐射工作人员年有效剂量

（1） γ 射线移动探伤

本项目单个 γ 射线移动探伤小组年曝光时间为222h，每组由6名辐射工作人员按照AB岗组成，每次出去作业3人，包括2名辐射操作人员和1名现场安全员。放射源运输全部由具备放射性物品运输资质的单位负责，本项目内部不涉及。

假设每次 γ 射线移动探伤作业操作步骤如下：

a、放射源出库：辐射工作人员在放射源库内打开储源坑（1min，周围剂量当量率取 2.5 μ Sv/h），将探伤机从储源坑拿出放到铅箱内（0.5min，周围剂量当量率保守按源容器表面外5cm处周围剂量当量率控制值取0.5mSv/h，下同），在全程监控条件下交接给具备放射性物品运输资质的单位，由其采用专用运输车辆运输到项目部。

b、项目部内近距离移动：到达项目部后，放射源运输单位按程序要求交接给本项目辐射工作人员。在不涉及公用道路的厂区内移动时，辐射工作人员采用手推车将含源 γ 射线探伤机

推至具体的作业现场（10min，周围剂量当量率取前文表11-8中理论计算值1.57μSv/h），该过程使含源装置处于人员监视之下。

c、调整阶段：到达作业现场后，将探伤机从铅箱内取出（0.5min，周围剂量当量率取0.5mSv/h），并连接好输源管，辐射工作人员布线、摆放工件及布片。辐射工作人员在探伤机1m处累计操作5min（周围剂量当量率取0.02mSv/h）。

d、探伤前后送、收放射源：本项目γ射线探伤机均采用手动出源的方式，送、收放射源的位置距探伤机保守取10m，探伤机距离照射位置保守取6m，平均每秒送源（收源）1m，每次探伤送源和收源时间各约为6s，共计12s。放射源送到预定位置后操作人员立即离开探伤地点，退至控制区边界外。

¹⁹²Ir与⁷⁵Se放射源初装源时的活度为3.7×10¹²Bq（100Ci），并且随着源的使用活度不断衰减。保守估算，本项目取放射源额定装源活度3.7×10¹²Bq（100Ci）计算。在送、收源过程中，人员距离放射源的距离是不断变化的（10m~16m），因此操作位置的γ辐射剂量率也是变化的，可以由下列方法估算出送、收源过程的平均γ辐射剂量率，在距离操作人员10m~16m内假设6个点位，分别为11m、12m、13m、14m、15m、16m。在相同的活度和裸源条件下，⁷⁵Se产生的剂量率小于¹⁹²Ir产生的剂量率，本次评价以¹⁹²Ir进行保守估算。根据《辐射防护导论》（方杰主编）P74式（3.4），γ点源无屏蔽体情况下参考点的周围剂量当量率计算公式如下：

$$K = \frac{A \cdot \Gamma}{r^2} \dots\dots\dots (11 - 12)$$

式中：K——无屏蔽防护时，参考点的周围剂量当量率，μSv/h；

A——放射性活度，Bq；本项目¹⁹²Ir放射源活度为3.7×10¹²Bq，即3.7×10⁶MBq；

Γ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录A表A.1可知：对于¹⁹²Ir，Γ=0.17μSv•m²/MBq•h；

r——参考点距离放射源的距离，m。

则距离¹⁹²Ir放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率估算结果见表11-10。

表11-10 距离¹⁹²Ir放射源10m~16m各点位的周围剂量当量率

距离（m）	11	12	13	14	15	16
周围剂量当量率（μSv/h）	5198	4368	3721	3209	2796	2457

由表11-10可知：送、收源过程中操作位置的周围剂量当量率平均值为3625μSv/h。

e、探伤阶段：辐射工作人员通过摇动手柄，把放射源从探伤机内顶出，通过输源管至预

定的位置。操作人员在手动出源后马上退至控制区边界处，曝光结束后，摇动手柄收源（探伤现场操作周围剂量当量率取 $15\mu\text{Sv/h}$ ），每次累计操作时间为 2.5h ，辐射工作人员利用现有的屏障进行操作。

f、操作结束后，辐射工作人员将储源容器与管线断开，辐射工作人员在探伤机 1m 处（周围剂量当量率取 0.02mSv/h ）累计操作时间为 5min ；将其放回铅箱（ 0.5min ，周围剂量当量率取 0.5mSv/h ），将铅箱用推车推至专用运输车辆装车（ 2min ，周围剂量当量率取 0.02mSv/h ）。

g、运输阶段：放射源由作业地点运回到新厂区场地内由具备放射性物品运输资质的单位完成。

h、放射源入库：押运回放射源库后，辐射工作人员在源库内，打开储源坑（ 1min ，周围剂量当量率取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），将探伤机放回储源坑（ 0.5min ，周围剂量当量率取 0.5mSv/h ）。

现保守估计，每次 γ 射线移动探伤整个操作流程的年附加有效剂量约为 0.066mSv 。

结合现有的企业工作负荷计划和辐射管理经验，每位辐射工作人员按以上步骤累计操作最多约 40 次/年。根据公式（11-11），居留因子取 1 ，则单名 γ 射线移动探伤操作人员的年有效剂量约 2.64mSv/a 。

现场安全员主要负责作业场所的划分与控制、作业场所限制区域的人员管理、作业场所辐射剂量水平监测、含放射源 γ 射线探伤机的领取、归还以及确认放射源是否返回探伤机等安全相关工作，本报告保守将辐射剂量贡献视为全部来自监督区处人员管理。监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，单个 γ 射线移动探伤小组年曝光时间为 222h ，居留因子取 1 ，则单名现场安全员的年有效剂量约 0.278mSv/a 。

（2）X射线移动探伤

鉴于X射线移动探伤工作场所各不相同，故本次评价采用边界控制限值开展剂量估算。保守假设：a、本项目单个X射线移动探伤小组年曝光时间为 111h ；b、每组由 6 名辐射工作人员按照AB岗组成，每次出去作业 3 人，其中 2 名轮流负责探伤装置操作，另 1 名负责现场巡视及监督检查，以确保探伤现场工作场所安全及外来人员误入；c、X射线探伤机有延时开机功能，操作人员开机后马上退至控制区边界处（该处周围剂量当量率 $\leq 15\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $15\mu\text{Sv/h}$ 计算）；d、巡界人员主要在监督区边界处进行安全警戒（监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，保守以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 计算）。

根据公式（11-11），居留因子取 1 ，则单名X射线移动探伤操作人员的年有效剂量约

0.833mSv/a；单名 X 射线移动探伤巡界人员的年有效剂量约 0.139mSv/a。

(3) 综合剂量

考虑辐射操作人员共同负责 X、 γ 射线移动探伤，故本报告进行剂量叠加，即单名移动式探伤工作人员年有效剂量为 2.64mSv/a (γ 射线移动探伤)+0.833mSv/a (X 射线移动探伤)=3.473mSv/a，小于本次评价项目职业人员剂量约束值 (5.0mSv/a)，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中关于职业人员“剂量限值”的要求 (20mSv/a)。

1.2.2.5.6 公众成员年有效剂量

(1) 探伤室及放射源库周围公众

结合本项目评价范围 50m 内的环境保护目标分布情况，根据公式 (11-11)，本项目探伤室和放射源库同时运行时周围公众及评价范围内其他代表性的环境保护目标年有效剂量估算结果见表 11-11 和表 11-12。

表 11-11 探伤室周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

人员属性	关注点	H (μ Sv/h)	t (h/a)	T	E (mSv/a)
公众成员	厂内	试样存储室 (A1)	667	1/16	0.037
		力学性能实验室 (A2)		1/4	0.148
		水泵房 (Y4)		1/40	0.015
		金相光谱实验室*		1/4	0.033
		制样实验室*		1/4	0.033
		渗透磁粉实验室*		1/4	0.006
		声学实验室*		1/4	0.003
		二层档案室 (G)		1/16	0.022
		三层中层办公区		1	0.119
		四层高层办公区		1	0.059
		五层董事长办公区		1	0.035
		六层职工休息区		1/8	0.003
		南侧厂区道路 (B)		1/16	0.037
	厂外	宁波盛灏建设有限公司 (在建)*		1	0.027
		宁波正元铜合金有限公司*		1	0.017
		岚能 (凌光) 110kV 光伏电站*		1	0.020

注：①带“*”关注点位置的周围剂量当量率均根据辐射剂量率距离的平方成反比的关系式推导获取。②经与建设单位核实，本项目实验室均为业务功能用房，日常实验人员停留时间较少。

表 11-12 放射源库周围公众及环境保护目标年有效剂量估算

人员属性	关注点	H ($\mu\text{Sv/h}$)	t (h/a)	T	E (mSv/a)
公众成员	西侧厂区道路 (Y3)	0.004	8760	1/16	0.002
	水泵房 (Y4)	0.893		1/40	0.196
	档案室 (Y5)	8.76×10^{-5}		1/16	4×10^{-5}

备注：基于探伤室和放射源库的评价范围内环境保护目标基本重叠，且同一个环境保护目标受到的探伤室辐射剂量远大于源库辐射剂量，故此处不单独核算源库所致周围环境保护目标的年有效剂量。

因此，本项目探伤室及放射源库同时运行所致公众成员受到的年有效剂量最大值为 0.196mSv/a，小于本次评价项目剂量约束值（公众成员 $\leq 0.25\text{mSv/a}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中剂量限值的要求（公众成员 $\leq 1.0\text{mSv/a}$ ）。

（2）移动探伤作业场所周围公众

根据操作规范，在每次移动探伤作业前，该公司均须将探伤计划（包括探伤时间、地点等）告知探伤作业所涉及区域内及周边的相关部门及相关人员，严格执行清场工作。探伤作业一般均在晚上等现场其他非辐射工作人员下班后进行，或者提前一天通知周围的非辐射工作人员在探伤作业时间回避现场。该公司在进行移动探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区区域，监督区边界周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

① γ 射线移动探伤作业周围公众成员

保守假设：a、因 γ 射线探伤机移动探伤操作现场不固定，探伤均在委托单位内进行，每年在同一地点探伤 50 次；b、某一公众成员每次探伤时在监督区边界处停留时间为 1h，在 1h 内有 10min γ 射线探伤机处于出源照射状态，居留因子取 1。

根据公式（11-11）计算可知，该地点公众成员的年有效剂量为 0.020mSv/a，小于本次评价项目公众成员剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于公众成员“剂量限值”的要求（1.0mSv/a）。

②X 射线移动探伤作业周围公众成员

保守假设：因 X 射线探伤机移动探伤操作现场不固定，探伤均在委托单位内进行。每年在同一地点探伤 50 次，每次探伤时间 5min，居留因子取 1/8。根据公式（11-10）计算可知，公众成员的年有效剂量不超过 0.001mSv/a，小于本次评价项目公众成员剂量约束值（0.25mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于公众成员“剂量限值”的要求（1.0mSv/a）。

11.2.5 “三废”影响分析

11.2.5.1放射性“三废”

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水产生。

1、废旧放射源

γ 射线探伤机内放射源使用到一定年限后，将退役产生废旧放射源。公司已与浙江省科器进出口有限责任公司签订了废旧放射源返回协议。当放射源需要报废时，公司应按照协议规定将废旧放射源返回生产单位。

2、报废的 γ 射线探伤机

超过安全使用期限的报废 γ 射线探伤机属于放射性固体废物，应委托探伤机生产单位进行回收处理。公司现有报废的 γ 射线探伤机已交于探伤机生产单位（海门伽玛星探伤设备有限公司）进行了回收处理。

11.2.5.2非放射性“三废”

1、臭氧和氮氧化物

放射源库内储存的放射源与空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经放射源库的排风口及时排至室外。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

探伤室为固定式作业场所，本报告采用理论计算的方式对固定式探伤过程中产生的臭氧进行定量分析。

（1）臭氧

由于射线能量 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机 $> ^{75}\text{Se}-\gamma$ 射线探伤机 $> \text{X}$ 射线探伤机，故本项目探伤室以 $^{192}\text{Ir}-\gamma$ 射线探伤机为对象，预测本项目固定式探伤过程臭氧对周围环境的影响。

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

①点状 γ 射线密封源所致的 O_3 产额

$$P = 3.02AK_{\gamma}GV^{1/3} \dots\dots\dots (11-13)$$

式中：P—— O_3 的产额，mg/h；

A——放射性活度，本项目放射源 ^{192}Ir 的放射性活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ，即 $3.7 \times 10^6\text{MBq}$ ；

K_{γ} ——周围剂量当量率常数，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）附录 A 表 A.1，本项目 ^{192}Ir 的周围剂量当量率常数为 $0.17\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{MBq}\cdot\text{h})$ ，即 $2.83 \times 10^{-9}\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$

(MBq·min)；

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

V——探伤室的体积，m³，本项目探伤室的净容积约 365m³（含迷道）；

经计算可知：本项目探伤室辐射所致 O₃ 的产额 P=2.3mg/h；

②O₃ 浓度

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

$$Q = \frac{P \cdot T \cdot (1 - e^{-1/t})}{V} \dots\dots\dots (11 - 14)$$

式中：Q——空气中 t 时刻 O₃ 的空气浓度，mg/m³；

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

本项目探伤室的设计风量为 1600m³/h，则正常通风状态下，T_v=0.23h；T_d 表示 O₃ 的有效分解时间，0.83h，则 T=0.18h。

t——连续照射时间，h；

V——探伤室的体积，m³，本项目探伤室的净容积约 365m³（含迷道）；

当射线照射时间较长时，t>>T 时，臭氧浓度达到饱和，则公式（11-14）可简化为：

$$Q = \frac{P \cdot T}{V} \dots\dots\dots (11 - 15)$$

经计算，本项目探伤室内 ¹⁹²Ir-γ 射线探伤机所致 O₃ 浓度 Q=0.001mg/m³。因此，本项目 O₃ 室内浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改单中规定的“O₃ 最高允许浓度 0.3mg/m³”，臭氧经探伤室内排风系统排出探伤室，排出废气臭氧浓度同时满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）标准要求。

②氮氧化物

氮氧化物的产额约为臭氧的 1/3，且以臭氧的毒性最高。因此，本项目产生的 NO_x 室内浓度也能满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第 1 号修改单中规定的“NO_x 时间加权平均容许浓度 5mg/m³”，满足标准要求。

（2）废显（定）影液、废胶片和洗片废液

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，须定期委托有资质的单位处理。

11.3 事故影响分析

本项目X射线探伤机仅在接通电源工作时可以产生X射线，因此贮存阶段、短距离移动阶段均不会产生X射线，无需特殊的辐射防护，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体见表11-14。

γ 射线探伤机内含的放射源 $^{192}\text{Ir}/^{75}\text{Se}$ 是封装在密闭包壳中的，工艺上利用放射性同位素衰变产生的 γ 射线。正常情况下不会发生放射性泄漏事故，但由于 γ 射线贯穿能力很强，照射范围常常超出工作场所以外，因此密封放射源可能发生的事故和不安全工况存在于贮存阶段、短距离移动阶段和使用阶段，最有可能发生的事故工况发生在使用阶段，具体分析见表 11-15。

表11-14 X射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	X射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	贮存射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，应安装防盗门、防盗窗、监控及报警器装置等。
运输过程	X射线探伤机被盗、丢失，使不了解探伤机性能的人员开机造成周围人员不必要的照射。	①运输前，企业应对运输车辆和设备进行全面安全检查，发现问题及时处理解决。 ②运输中途如有人员需离开车辆，应至少保留1名工作人员负责车辆看管。 ③加强运输过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。
固定式探伤过程	①X射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门-机连锁失效，致使防护门未完全关闭，X射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机连锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。 ②人为故意引起的辐射照射或因失窃而造成的辐射照射。	①严格按照GBZ 117-2022中第5.1.2条款规定，公司应制定相关自检制度，每天探伤工作开始前，检查项目包括：探伤机外观是否完好；电缆是否有断裂、扭曲以及破损；安全连锁是否正常工作；报警设备和警示灯是否正常运行；螺栓等连接件是否连接良好；机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。同时，定期开展所有的连锁和紧急停机开关等相关检查工作。如存在安全隐患，应立即整改。 ②对X射线固定式探伤制定操作规程，明确X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。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。
移动式探伤过程	①在进行移动探伤时，移动探伤工作人员误入控制区或周围公众成员误入监督区和控制区，给上述工作人员及公众成员造成误照射； ②工作人员或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照； ③移动探伤时在未照射完毕的情况下，移动探伤工作人员误入控制区给工作人员造成误照射； ④在作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未发生作用的情况下，人员误入正在运行的射线装置工作场所； ⑤探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生X射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。	①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前，配备警戒绳、工作状态指示灯、声音提示装置及警示灯，在监督区四周可设置醒目的警示指示和提醒。 ②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置个人剂量报警仪，探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。 ③对X射线移动式探伤制定操作规程，明确X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，规定必须进行清场和巡逻的工作程序，在探伤现场做好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。 ④加强对探伤装置使用现场的管理，防止射线装置被盗、丢失。 ⑤制定《射线装置使用登记制度》，规定设备的使用登记情况，加强对射线装置的监管和维护。 ⑥加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，或改善防护条件或措施。

表11-15 含源 γ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
贮存过程	①放射源库的视频监控系统和红外报警装置发生故障，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ②放射源库的防盗门和储源坑铅板的防盗锁损坏，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ③在电离辐射警告标志未发生作用的情况下，导致人员进入放射源库未能及时发现而造成误照射或放射源被盗； ④退役或不用的放射源未放置到指定的地方，随意存放，导致工作人员或公众成员造成不必要的照射，同时加大了放射源遗忘或被盗的可能性。	①建立完善的规章制度并落实于实际工作中，每次操作辐射工作人员必须严格按照操作规程进行操作，检查源库的视频监控系统、红外报警装置等防护装置是否正常，如果失灵，应立即修理，确保探伤工作人员的安全； ②计划定期进行放射源库的环境监测，发现问题及时整改，防止环境风险的发生； ③制定应急预案并加强应急演练，防止环境风险的发生。
短距离移动过程	①单人短距离移动放射源，无专人监管。 ②放射源短距离移动过程中未采取严格有效的安全保卫措施致使放射源及运输车辆被盗。 ③工作人员麻痹大意，玩忽职守，致使含源的γ射线探伤机无人看管，在转场装载时又未进行检查确认，导致放射源被盗。	①移动中途如有人员需离开车辆，应至少保留1名工作人员负责源箱的看管。 ②加强移动过程中的防盗意识，做好运输车辆安保措施。

续表11-15 γ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
固定式探伤过程	① γ 射线探伤机在对工件进行照射的工况下，探伤室门-机联锁失效，工作人员误入探伤室，或防护门未完全关闭，致使射线泄漏到探伤室外面，给工作人员及周围活动的人员造成不必要的照射。	①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每天开展探伤工作前，检查确认门-机联锁、急停按钮、视频监控、工作状态指示灯、声音提示装置、固定式辐射剂量监测系统以及探伤设备完好性等各项安全措施的有效性。只有确认探伤室内无人且门已关闭，所有安全措施起作用并给出启动信号后才能启动照射，避免发生误照射。
	②人员滞留探伤室内尚未完全撤出， γ 射线探伤机即对工件进行探伤，造成工作人员受到额外的照射。	② γ 射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。
	③放射源源闸开关出现故障未能及时收回，工作人员在不知情的情况下误入探伤室，将受到较大额外辐射照射，造成严重的安全隐患。	③ γ 射线探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用 γ 射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。
	④检修机器时 γ 射线探伤机中的放射源从容器中掉出来，会对操作人员及可能到达的公众成员产生很强的辐射照射。	④ γ 射线探伤必须2人或以上共同作业，探伤开机前注意探伤室清场，探伤期间工作人员不得脱岗。
	⑤管理人员疏忽或人为故意造成放射源丢失或偷盗事故，将造成严重的安全隐患。	⑤宁波明峰检验检测研究院股份有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。
	⑥人为故意引起的辐射照射。	⑥探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应关闭探伤室防护门，立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场的工作人员第一时间联系放射源生产单位，由厂家的专业工程师严格按照操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类事故发生。
		⑦对 γ 射线固定式探伤制定操作规定，明确 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。定期对操作人员进行培训，使之熟练掌握探伤操作要点，并严格按照操作规范操作。

续表11-15 γ 射线探伤机风险环节、风险识别及相应防范措施

风险环节	风险识别	防范措施
移动探伤过程	①移动探伤时在工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线和电离辐射警告标志未起到作用的情况下，人员误入正在运行的探伤工作场所或公众还未全部撤离控制区，工作人员启动设备，造成有关人员被误照； ②放射源因故从机器上拆下来，γ射线探伤机探伤后未放入放射源库中保管，可能会发生放射源丢失或被盗事故； ③检修机器时仪器中的放射源从铅容器中掉出来，由于该放射源为密封源，一般不会对周围环境（地面、空气、机器等）产生弥散性污染，但是若操作不当，将对操作工人产生较强的辐射照射； ④由于探伤机故障使得放射源在输源导管中发生卡源的情况，不能退回密封容器内； ⑤工作人员不按要求佩戴个人防护用品，造成超剂量照射。	①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程进行作业。每次移动探伤工作前，配备工作状态指示灯、声音提示装置、警示灯、警戒线等，在监督区四周可设置醒目的电离辐射警告标志和警示语等提示信息。 ②配置必要的辐射监测仪器对工作场所实施必要的监测，及时发现使用过程中的射线泄漏。为辐射工作场所配置了个人剂量报警仪，探伤工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。 ③对γ射线移动探伤制定操作规程，明确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，规定必须进行清场和巡逻的工作程序，在探伤现场做好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。 ④加强对探伤装置使用现场的管理，防止放射源被盗、丢失。制定《放射源使用登记制度》，规定设备的使用登记情况，加强对放射源的监管和维护。 ⑤γ射线移动探伤结束后，应进行放射性水平测量，确认放射源已经回到探伤机的源容器内。领用γ射线探伤机时也应进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机的源容器内。 ⑥γ射线探伤机的检修应由有经验和经过培训的技术人员进行处理，技术人员应做好个人的防护，公司对周围工作人员作好疏散工作。 ⑦宁波明峰检验检测研究院股份有限公司不得自行进行倒源操作，所有换源工作必须由放射源生产单位负责，其中倒源的安全责任由放射源生产单位负责。 ⑧γ射线探伤机工作状态下，“卡源”或“源掉出”发生，回源装置失效，工作人员手动回源。一旦发生此类故障，应立即封锁并保护好现场，严禁无关人员进入辐射区。同时，现场工作人员第一时间联系放射源生产单位，在专业人员的指导下严格按照生产单位提供的操作规程处理卡源故障。处理卡源故障的工作人员应穿戴好个人防护用品（铅衣、铅手套、铅眼镜等），佩戴个人剂量计和剂量报警仪，利用长柄夹等辅助工具进行操作。如公司不具备能力处理卡源故障，应在放射源生产单位工作人员到场前务必封锁并保护好现场，严禁无关人员靠近。待处理完卡源故障后，确保放射源已经安全收回至探伤机内后方可消除警戒状态。在处理完故障后，尽快对处理卡源故障的工作人员个人剂量计进行监测，一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查，维修设备，杜绝此类故障发生。 ⑨γ射线探伤机应定期进行检查、维护和保养，应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过10年的γ射线探伤机。 ⑩加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，或改善防护条件或措施。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用 II 类放射源和 II 类射线装置的单位应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

12.1.1 管理机构的设置

公司已成立以郑斌为组长的辐射安全领导小组，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，明确了相关负责人和各成员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施，可以满足本项目迁扩建后的辐射安全管理需要。

11.2.2 辐射工作人员管理

（1）现有辐射工作人员辐射安全管理现状见前文表 1 章节中 1.7.2 章节，此处不赘述。

（2）对本项目拟增加的辐射工作人员及后续拟新聘人员，公司拟做好以下管理工作：

①辐射安全与防护培训

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号），建设单位拟安排所有辐射工作人员（包括辐射安全管理人员、放射源管理人员、探伤操作人员）通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn/>）学习相关知识，报名参加考核并取得合格的成绩报告单后方可上岗，并按要求及时参加再培训。

根据《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》，本项目辐射工作人员辐射安全考核专业类别见表 12-1。

表 12-1 本项目辐射工作人员辐射安全考核专业类别清单

序号	工作人员属性	辐射安全考核专业类别	备注
1	辐射安全管理人员	辐射安全管理	持不同专业类别的工作人员不可交叉使用，需满足相应的资质条件后方可上岗。
2	放射源管理人员	γ射线探伤	
3	从事 X 射线固定式和移动式探伤的操作人员	X 射线探伤	
4	从事γ射线固定式和移动式探伤的操作人员	γ射线探伤	

②个人剂量监测

建设单位拟为所有辐射工作人员配置个人剂量计，定期送检具备资质的个人剂量监测技术服务机构（常规监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月），并建立个人剂量档案。根据《放射工作人员职业健康管理辦法》第十一条规定，建设单位拟建立并终生保存个人剂量监测档案。放射源管理人员和辐射操作人员均应配备个人剂量计，辐射安全管理人员因不参与实际的辐射操作，可不进行个人剂量检测。

③职业健康体检

本项目辐射工作人员上岗前，拟进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过2年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，建设单位拟对其进行离岗前的职业健康检查。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第四十一条规定，建设单位拟建立完善的职业健康档案，并长期保存。

④所有辐射工作人员的辐射安全和防护考核成绩报告单、个人剂量检测档案、职业健康档案记录三个文件上的人员信息应统一。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》第十六条规定，使用Ⅱ类射线装置和Ⅱ类放射源的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射源和射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。产生放射性固体废物的，还应具有确保放射性固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。

公司现有辐射安全规章制度制定情况见前文表1中1.7.2章节，内容健全完善且规范，且严格执行于实际工作中，满足现有核技术利用项目的管理需要，合理可行。在现有X、 γ 射线移动式探伤的基础上，本项目新增了X、 γ 射线固定式探伤的内容。

对于新厂区，建设单位应做好以下工作：

（1）本项目建设性质是迁扩建，公司应重新制定一套关于“X、 γ 射线移动式探伤”的完整体系的辐射安全规章制度，可沿用现有的制度。其中《辐射安全和防护制度》、《岗位职责》、《操作规程》和《辐射事故应急预案》等制度，需要张贴上墙于新厂区辐射工作现场处。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目。

(2) 对于新增的X、 γ 射线固定式探伤内容，公司应补充制定：

①X射线固定式探伤操作流程；

② γ 射线固定式探伤操作流程；

③射线装置报废管理制度；

④探伤室的监测方案纳入原有监测制度；

⑤结合探伤室运行时的辐射风险，完善原有辐射事故应急预案。

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

12.3 辐射监测

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

12.3.1 现有核技术利用项目辐射监测开展情况

公司已制定《辐射工作场所监测制度》，并定期委托有资质的单位进行辐射工作场所监测，日常内部常规检测已执行。现有辐射工作人员均按要求开展了个人剂量监测与职业健康体检，符合相关标准要求。

12.3.2 本项目辐射监测要求

(1) 监测仪器

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

本项目相关辐射监测仪器配置计划见前文表10章节中表10-10。监测仪器按要求配备齐全后，本次评价认为能够满足本项目的仪器配备要求。同时，本次评价建议公司每年准备相应资金采购更新辐射安全防护设施和设备，定期对相关检测设备进行校正和维护，并建立完善的辐射防护检测设备台账。

(2) 个人剂量监测

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

12.3.2.3 探伤工作场所辐射监测

根据辐射管理要求，公司应针对本项目具体情况制定如下监测方案：

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

（2）常规监测：日常使用过程中对控制区、监督区边界及使用场所周边关注点进行监测。如发现划定的区域未能满足相关标准的要求，及时对划定的分区进行调整，并将每次巡测结果记录存档备案。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.3.4 条款：本项目探伤室投入使用后每年至少进行 1 次常规监测；第 8.4.1.1 条款：进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。第 8.4.3 条款：每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：a）新开展现场射线探伤的单位；b）每年抽检一次；c）在居民区进行的移动式探伤；d）发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。同时，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）第 8.3.4 条款及企业实际情况，本项目放射源暂存库投入使用后计划每月开展 1 次常规监测。

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

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等标准要求，本项目辐射工作场所监测计划见表 12-3。

表 12-3 本项目辐射工作场所监测计划

场所名称	监测类型	监测项目	监测范围	监测频次	监测方式
探伤室	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和排风管道口处；	验收期间监测 1 次	委托监测
	常规监测			1 次/年	委托监测
	年度监测			1 次/年	自行监测
放射源暂存库	验收监测	周围剂量当量率	四侧屏蔽墙和顶棚外 30cm 处、防护门门缝、防护门外 30cm 处、电缆和	验收期间监测 1 次	委托监测

X、 γ 移动探伤作业地点	常规监测		排风管道口处；储源坑表面 30cm 处；含源 γ 射线探伤机出入库时源容器表面。	1 次/月	自行监测
	年度监测			1 次/年	自行监测
	验收监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	验收期间监测 1 次	委托监测
	年度监测			1 次/年	委托监测
	常规监测	周围剂量当量率	①巡测：在 X、 γ 射线探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量，划分控制区和监督区；工作完毕且 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置后，源容器表面及工作场所处； ②操作位：在工作状态下和探伤机停止工作时分别检测操作位置的辐射水平。	每次移动式探伤时	自行监测
			a) 新开展现场射线探伤的单位； b) 每年抽检一次； c) 在居民区进行的移动式探伤； d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。	出现上述情况时	委托监测

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

12.4 年度安全状况评估

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

- （一）辐射安全和防护设施的运行与维护情况；
- （二）辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；
- （三）辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；
- （四）放射性同位素进出口、转让或者送贮情况以及放射源和射线装置台账；

（五）场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；

（六）辐射事故及应急响应情况；

（七）核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；

（八）存在的安全隐患及其整改情况；

（九）其他有关法律、法规规定的落实情况。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。公司已开展 2024 年安全和防护状况年度评估，各项工作运行正常，未发现安全隐患。

12.5 竣工环保验收

建设单位是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）及《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范——核技术利用》（HJ 1326-2023）等规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，组织成立由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式协助开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。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。验收报告公示期满后 5 个工作日内，建设单位应当登录全国建设项目竣工环境保护验收信息平台，填报建设项目基本信息、环境保护设施验收情况等相关信息，生态环境主管部门对上述信息予以公开。

12.6 辐射事故应急

12.6.1 应急预案制定要求

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

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故分级与应急响应措施；、

- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。
- (6) 编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

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

12.6.2 现有应急预案制定与执行情况

公司已制定《辐射事故应急预案》，并成立了辐射事故应急管理小组。公司每年均定期开展辐射事故应急预案演练，并对演练结果进行总结，及时对放射事件应急处理预案进行完善和修订。经与建设单位核实，公司自辐射活动开展以来，无辐射事故发生，事故应急小组处于正常运行状态。

12.6.3 本项目应急预案的要求

本项目投入运行后，公司拟好以下工作：

(1) 公司应根据本次迁扩建后辐射活动变化的情况，调整现有的辐射事故应急预案，增加X、 γ 射线固定式探伤的风险内容和应急措施，以满足项目变化后的相关要求。

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

(3) 公司应根据实际情况定期组织修订放射事故应急预案，使其不断完善健全。

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

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护结论

1、本项目探伤室和放射源库已采取实体屏蔽，其屏蔽防护性能均能符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

2、本项目探伤室、放射源库和移动探伤工作场所均按标准要求划分控制区和监督区，针对 X、 γ 射线探伤装置的固有安全属性、储存、运输、固定式探伤、移动式探伤等环节均采取相应的辐射安全和防护措施，并配套足够数量的检测仪器和防护用品。

13.1.2 环境影响分析结论

1、主要污染因子

本项目投入运行后，主要污染因子为 X 射线、 β 射线、 γ 射线、废旧放射源、报废的 γ 射线探伤机及非放射性污染（臭氧和氮氧化物、废显（定）影液、废胶片及洗片废液）。

2、环境影响分析结论

（1）探伤室安全防护能力分析

经理论预测，本项目探伤室投入运行后，四侧屏蔽墙体、防护门和顶棚处周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的限值要求。

（2）放射源暂存库安全防护能力分析

经理论预测，当放射源暂存库处于最大贮存工况时，放射源暂存库和储源柜/箱/坑周围剂量当量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《核技术利用放射性废物库选址、设计与建造技术规范》（HJ 1258-2022）的相关要求。

（3）移动探伤控制区和监督区划分

经理论预测，本项目 ^{192}Ir - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为125m，监督区距离为307m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为7m，监督区距离为17m。 ^{75}Se - γ 射线探伤机移动探伤时，有用线束方向经检测工件屏蔽后划定的控制区距离为92m，监督区距离为226m；有用线束方向以外经准直器屏蔽后划定的控制区距离为5m，监督区距离为13m。

200kV型X射线探伤机满功率开机条件下对20mm钢板进行移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约40m，最大监督区范围约103m；非有用线束方向最大控制区范围约29m，最

大监督区范围约70m。230kV/250kV型X射线探伤机满功率开机条件下对30mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约33m，最大监督区范围约79m，非有用线束方向最大控制区范围约22m，最大监督区范围约53m。300kV型X射线探伤机满功率开机条件下对40mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约37m，最大监督区范围约89m，非有用线束方向最大控制区范围约25m，最大监督区范围约60m。350kV型X射线探伤机满功率开机条件下对45mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约50m，最大监督区范围约125m，非有用线束方向最大控制区范围约26m，最大监督区范围约62m。400kV型X射线探伤机满功率开机条件下对50mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约80m，最大监督区范围约194m，非有用线束方向最大控制区范围约26m，最大监督区范围约63m。400kV型X射线探伤机满功率开机条件下对55mm钢板移动探伤时，有用线束方向最大控制区范围约98m，最大监督区范围约238m，非有用线束方向最大控制区范围约30m，最大监督区范围约72m。

实际X、 γ 射线移动探伤时，建设单位应采取本报告关于移动探伤的控制区和监督区理论计算结果进行初步的控制区和监督区划分，然后采用便携式X- γ 剂量率仪通过巡测的方式进行实测验证和调整。

（4）人员年有效剂量

根据剂量估算结果，本项目所致辐射工作人员及周围公众人员的年有效剂量均低于本项目剂量约束值，也符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

（5）“三废”环境影响分析

公司应按照国家有关废旧放射源处置的相关规定要求，及时与供源单位签订废旧放射源返回协议。报废的 γ 射线探伤机应交于 γ 射线探伤机生产单位进行回收处理。

放射源库内储存的含源 γ 射线探伤机与空气电离会产生少量的臭氧和氮氧化物，由机械排风装置经源库的排风口及时排出。固定式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风装置排至室外。移动式探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小。

探伤洗片和评片过程中产生的废显（定）影液、废胶片和洗片废液均属于危险废物，定期委托有资质的单位处理处置。

13.1.3 辐射安全管理结论

1、公司已成立辐射安全领导小组，负责辐射安全与环境保护管理工作。同时应根据实际

情况及本报告要求，制定和完善相关辐射安全管理制度，以适应当前环保的管理要求。

2、公司拟组织所有辐射工作人员参加生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识，经考核合格后方可上岗，并按要求及时参加复训。

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

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

13.1.4 项目可行性结论

1、产业政策符合性

根据国家发展和改革委员会令第7号《产业结构调整指导目录（2024年本）》，本项目属于第一类鼓励类中第三十一项“科技服务业”第1条“工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，符合国家产业政策的要求。

2、实践正当性

本项目实施的目的是为了对外开展各项无损检测业务，具有良好的经济效益与社会效益。经采取辐射屏蔽防护和安全管理措施后，其对受电离辐射照射的个人和社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践正当性”的原则。

3、相关规划符合性及选址合理性

本项目用地性质属于工业用地，周围无环境制约因素，符合用地规划要求，符合“三区三线”要求。项目建设不涉及生态保护红线，符合环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单的要求，符合《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》的要求；项目周围对本项目的实施均无潜在的安全隐患。探伤室和放射源库周围50m内主要为宁波明峰检验检测研究院股份有限公司的1#厂房和厂区道路、宁波盛灏建设有限公司、宁波正元铜合金有限公司及宁波镇海岚能（凌光）新能源科技有限公司岚能（凌光）110kV光伏电站，不涉及居民点和学校等环境敏感点。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取一定

的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。因此，本项目探伤室和放射源库的选址合理可行。

移动式探伤作业场所按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）划定控制区和监督区，严格执行清场制度，并用便携式X- γ 剂量率仪从远及近进行实测验证和调整。禁止在不符两区划分原则的场所开展移动式探伤工作。在此基础上，移动探伤作业场所的选址合理可行。

4、环保可行性结论

综上所述，宁波明峰检验检测研究院股份有限公司X、 γ 射线探伤及放射源暂存库迁扩建项目的建设符合土地利用规划、“三区三线”及《宁波市生态环境分区管控动态更新方案》的建设要求，项目选址合理，符合国家产业政策要求和实践正当性的原则。在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本项目投入运行时对周围环境的影响均能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

1、公司建立健全辐射安全管理体系，加强辐射安全教育培训，提高职业工作人员对辐射防护的理解和执行防护措施的自觉性，杜绝辐射事故的发生。

2、辐射工作人员规范使用个人剂量计和个人剂量报警仪，并形成制度。

13.2.2 承诺

1、建设单位承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”处理设施及措施等辐射环保内容进行建设，加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用品的使用，落实辐射工作人员的辐射安全与防护培训、个人剂量监测、职业健康体检，并建立相应的人员档案。

2、本项目环评报批后，建设单位承诺及时向有权限的生态环境主管部门重新申领《辐射安全许可证》。

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

责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14 审批

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

所在地政府意见表

所在地政府意见：

经办人（签字）：

年 月 日