核技术利用建设项目

南通利柏特重工有限公司新建固定式及移动式X、γ射线探伤项目

环境影响报告表

（公示稿）

南通利柏特重工有限公司

2025年5月

生态环境部监制

表1 项目基本概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="8">新建固定式及移动式X、γ射线探伤项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="8">南通利柏特重工有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表姓名</td><td colspan="2">蔡志刚</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="8">江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="8">江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>2000</td><td>项目环保总投资(万元)</td><td>90</td><td>投资比例(环保投资/总投资)</td><td>4.5%</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑新建 □改建 □扩建 □其他</td><td>占地面积(m^2)</td><td>190150</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="7">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">□I类(医疗使用) ☑II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="7">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="7">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="7">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="7">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="7">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="8">/</td></tr>
</table>

1 项目概述

1.1 建设单位基本情况、项目规模及任务由来

南通利柏特重工有限公司成立于2023年09月18日，公司拟于江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧新建厂区，并拟于新厂区内开展固定式及移动式X、γ探伤项目。公司主要从事特种设备、民用核安全设备、专用设备的制造和道路货物运输、港口经营等。公司《南通利柏特重工有限公司大型工业模块制造项目环境影响报告书》已取得南通市生态环境局批复，其批复见附件8。

1.2 项目建设规模及任务由来

南通利柏特重工有限公司于江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产

业园东港池东侧、纬二路西侧新建厂区，因生产检测需要，企业拟于新建厂区内规划移动探伤区域，并于厂区南侧新建一座X、γ射线固定探伤房，厂区平面布置图见附图2。

本项目固定探伤房主要用于检测直径为50mm~1500mm的管道以及小型钢结构构件，重量不超过2t。固定探伤房的整体布局详见附图4，由东北向西南依次为储源库、γ射线探伤室、控制室以及X射线探伤室。储源库依托固定探伤房，拟建于γ射线探伤室的东北侧屏蔽墙外。源库内设置5个储源箱用于贮存γ射线探伤机，每个储源箱单独放置1台γ射线探伤机。

本项目产品结构尺寸庞大，室内组装尺寸约40m（长）*36m（宽）*30m（高），重约1000～2000吨；室外组装尺寸约40m~100m（长），40~60m（宽），40~60m（高），重约2000～4000t。产品在组装前首先需要在联合大厂房内对小型零部件进行探伤检测，再依次组装成产品，产品在逐步组装过程中，还需要在组装场地1~4、重吊船进一步进行探伤检测。因此，南通利柏特重工有限公司根据生产需要拟在厂区内划定2个移动探伤区域（1#、2#移动探伤区域，详见附图2）开展移动式X、γ射线探伤。

移动探伤区域1（联合大厂房、组装场地1~4）：主要用于检测工业模块和撬块等工件，模块内包含设备、管道、钢结构需要探伤的焊缝。

移动探伤区域2（重吊船）：主要用于检测已于组装场地焊接成型的大型模块，使用轴线车辊装至重吊船上进行最终的组装。在运输前开展最后的探伤作业，以满足质控需求。

企业拟为本项目共配置5台γ射线探伤机，其中2台用于γ射线探伤房作业（1台^{192}Ir γ射线探伤机、1台^{75}Se γ射线探伤机），3台用于室外移动探伤作业（2台^{192}Ir γ射线探伤机、1台^{75}Se γ射线探伤机）。6台X射线机，其中2台用于X射线探伤房（1台XXG-1605型X射线探伤机、1台XXG-2505型X射线探伤机），2台用于室外移动探伤作业（1台XXG-1605型X射线探伤机、1台XXG-2505型X射线探伤机），2台在探伤房与移动探伤区域弹性使用（1台XXG-3005型X射线探伤机、1台XXGHP-3005型X射线探伤机）。

公司前期拟为本项目配备10名辐射工作人员，后期根据需要增配辐射工作人员。本项目固定式探伤房配备4名辐射工作人员，X射线探伤房配备2名，γ射

线探伤房配备2名辐射工作人员；移动探伤项目配备4名辐射工作人员（1个探伤小组），其中2名为操作人员，2名为现场安全员；2名辐射工作人员专职保管源库。本项目固定探伤房内两间曝光室年开机曝光时间均约为800h，探伤房内两间曝光室存在同时工作；移动探伤年开机曝光时间约为200h，2个移动探伤区域不同时作业，1个移动探伤区域工作时最多使用1台设备，固定探伤房与移动探伤不同时工作。本次评价核技术应用项目情况一览表见下表1-1：

表1-1 本次核技术应用情况一览表

序号	工作场所名称		射线装置名称型号	数量	参数	装置用途	环评情况及审批时间	许可情况	备注	
1	探伤房	γ射线探伤房	^{192}Ir γ射线探伤机	1台	3.7×10^{12}Bq	使用	本次环评	未许可	拟购	
			^{75}Se γ射线探伤机	1台	3.7×10^{12}Bq	使用			拟购	
		X射线探伤房	XXG-1605型X射线探伤机	1台	160kV，5mA	使用			拟购，定向机	
			XXG-2505型X射线探伤机	1台	250kV，5mA	使用			拟购，定向机	
			XXG-3005 型 X 射线机	1台	300kV，5mA	使用			拟购，定向机	可用于室外移动探伤
			XXGHP-3005 型 X 射线机	1台	300kV，5mA	使用			拟购，周向机	
2	移动探伤区域		^{192}Ir γ射线探伤机	2台	3.7×10^{12}Bq	使用			拟购	
			^{75}Se γ射线探伤机	1台	3.7×10^{12}Bq	使用			拟购	
			XXG-1605型X射线探伤机	1台	160kV，5mA	使用			拟购，定向机	
			XXG-2505型X射线探伤机	1台	250kV，5mA	使用			拟购，定向机	

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》和《射线装置分类公告》等法律法规的规定，使用II类放射源及II类射线装置的单位应当在申请辐射安全许可证前编制环境影响报告表。受南通利柏特重工有限公司委托，我公司承担该项目的环境影响评价工作。我公司通过资料调研、现场监测（委托江苏玖清玖蓝环保科技有限公司）

和评价分析，编制该项目环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

南通利柏特重工有限公司位于江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧，其地理位置见附图1。新建厂区东侧为纬二路，西侧为通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池，南侧为华达新材料（江苏南通）有限公司，北侧依次为公司空地以及滨海大道，本项目周围环境示意图见附图2。

本项目探伤房拟建于厂区东南侧，固定探伤房东北侧、西北侧以及西南侧均为厂界内部，西北侧为甲类车间二，东北侧为厂区内道路，西南侧为厂区内道路，东南侧为纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司。公司拟于厂区规划区域内（详见附图2）开展移动探伤项目。移动探伤区域1东北方向依次为厂区道路、酸洗车间、富饶路，东南方向依次为办公区、厂区内道路、厂区内其他车间（金属器件生产车间、甲类仓库、室外料场、金工车间、甲类车间一、甲类车间二、中间转运场地、重型原材料接收场地）、纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为码头、重吊船（移动探伤区域2）、东港池，西北方向依次为空地、滨海大道；移动探伤区域2东北方向依次为码头、组装场地1~4、联合大厂房，东南方向依次为码头、纬二路以及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为东港池以及空地，西北方向依次为东港池以及空地。本项目移动探伤区域及探伤房周围环境示意图见附图2。

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的相关规定，确定：

（1）本项目固定探伤以探伤房周围50m的范围作为评价范围。

（2）本项目移动探伤以移动探伤区域周围542m（监督区外扩100m）范围作为评价范围；根据表11理论计算典型工况下（仅有工件屏蔽）的结果评价范围如下表1-2。

表1-2 移动探伤现场典型工况下评价范围

探伤机	监督区距离（m）	评价范围（m）
^{192}Ir γ射线探伤机（无屏蔽）	239	339
^{75}Se γ射线探伤机（无屏蔽）	240	340
XXG-1605型定向探伤机（无屏蔽）	374	474
XXG-2505型定向探伤机（无屏蔽）	350	450
XXG-3005型定向探伤机（无屏蔽）	442	542
XXGHP-3005型周向探伤机（无屏蔽）	442	542

根据现场调查分析及附图2可知，本项目评价范围内无居民楼、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内其他工作人员以及周边公众等。

3 原有核技术利用项目许可情况

南通利柏特重工有限公司未申领辐射安全许可证，本项目为公司首次开展核技术利用项目。

4 实践正当性分析

本项目为大型模块制造行业，所生产多为结构复杂、部件封闭和高精度要求的产品。辐射检测能够穿透金属、复合材料等非透明物质，检测内部结构缺陷（如气孔、裂纹、焊缝等），检测精度可达微米级。在大型模块制造行业中，辐射检测可发现工件内部的微小裂纹，避免重大安全事故。且辐射检测不会破坏被检物体结构，适用于成品或关键部件的质量验证，可减少拆卸工件和后续返工带来的时间和经济成本。相比而言，超声波探伤对表面粗糙度敏感，渗透探伤局限于表面缺陷检测，而辐射检测可覆盖更广泛的材料类型和缺陷类型。对本项目而言，辐射检测是唯一可行的内部缺陷检测方式。

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加探伤房及移动探伤区域周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效地控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将提高管件、容器的质量，具有显著的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“实践的正当性”的原则。

表2 放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times1$	II	使用	无损检测	γ射线探伤室	非使用期间拟贮存于探伤房的源库内，使用期间放射源随源容器存放。	拟购
2	^{75}Se	$3.7\times10^{12}\times1$	II	使用	无损检测	γ射线探伤室		拟购
3	^{192}Ir	$3.7\times10^{12}\times2$	II	使用	无损检测	移动探伤区域		拟购
4	^{75}Se	$3.7\times10^{12}\times1$	II	使用	无损检测	移动探伤区域		拟购

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	II类	1台	XXG-1605型	160	5	无损检测	X射线探伤房	定向
2	X射线探伤机	II类	1台	XXG-2505型	250	5	无损检测	X射线探伤房	定向
3	X射线探伤机	II类	1台	XXG-1605型	160	5	无损检测	移动探伤区域	定向
4	X射线探伤机	II类	1台	XXG-2505型	250	5	无损检测	移动探伤区域	定向
5	X射线探伤机	II类	1台	XXG-3005型	300	5	无损检测	X射线探伤室、移动探伤区域共用	定向
6	X射线探伤机	II类	1台	XXGHP-3005型	300	5	无损检测		周向

(三)中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物(重点是放射性废弃物)

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役的放射源	固态	^{192}Ir	$9.25\times10^{11}Bq$	/	6枚（约半年更换一次）	/	退回厂家回收前暂存于探伤房内的源库	由放射源生产厂家回收处置
退役的放射源	固态	^{75}Se	$9.25\times10^{11}Bq$	/	2枚（约一年更换一次）	/		
γ射线探伤机含贫铀屏蔽装置	固态	贫铀	/	/	约十年退役更换	/	退回厂家回收前暂存于探伤房内的源库	由γ射线探伤机生产厂家回收处置
洗片废液（显影、定影废液）	液态	/	/	显影、定影废液约250kg	显影、定影废液约3000kg	/	集中收集后暂存于本项目拟建的危废暂存点	收集后由有危废经营资质单位进行处置

一次、两次冲洗废水	液态	/	/	冲洗废水约90kg	冲洗废水约1080kg	/	集中收集后暂存于本项目拟建的危废暂存点	收集后由有危废经营资质单位进行处置
三次及以上冲洗废水	液态	/	/	/	/	/	无暂存	排入城市污水管网
废胶片	固态	/	/	约9kg	108kg	/	集中收集后暂存于本项目拟建的危废暂存点	收集后由有危废物经营资质单位进行处置
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	自然通风排入大气环境	直接排入现场探伤外环境，臭氧常温下50min可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3；年排放总量用kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L或Bq/kg或Bq/m^3）和活度（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订）：中华人民共和国主席令第9号公布，2015年1月1日施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018修正版），中华人民共和国主席令第24号公布，2018年12月29日起施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》：中华人民共和国主席令第6号，2003年10月1日起施行； （4）《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正版），国务院令第682号，2017年10月1日发布施行； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正版），国务院令第709号，2019年3月2日起施行； （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号公布，自2021年1月1日起施行； （7）《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局2005 年第62号，2005年12月23日 （8）《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行； （9）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正）生态环境部令第20号，2021年1月4日起施行； （10）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行； （11）《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，自2019年11月1日起施行； （12）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行； （13）《关于印发〈关于γ射线探伤装置的辐射安全要求〉的通知》，环发〔2007〕8号，2007年1月15日发布执行； （14）《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，2014 年10月10日发布执行； （15）《国家危险废物名录》（2025年版），2024年11月26日生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第36号公布，自2025年1月1日起施行； （16）《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，2020年1月1日起施行； （17）《关于发布〈建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法〉配套文件的公告》，生态环境部公告2019年第38号，2019年10月24日； （18）《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告2019年第39号，2019年10月25日印发； （19）《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第2号，2018年5月1日起施行； （20）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日； （21）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号2018年6月9日； （22）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日； （23）《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号）。 （24）《江苏省自然资源厅关于南通市通州区2023年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕665 号）
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016）； （2）《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

	（6）《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）； （7）《γ射线探伤机》（GB/T14058-2023）； （8）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； （9）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； （10）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）1号修改单 （11）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。 （12）《无损检测仪器固定式和移动式工业X射线探伤机》（GB/T 26837-2011）
其他	与本项目相关附图： （1）本项目地理位置示意图（附图1） （2）本项目厂区平面布局及周边环境示意图（附图2） （3）本项目切片室、暗室布局图（附图3） （4）本项目探伤房、源库结构示意图（附图4） （5）江苏省通州湾示范区总体规划图（附图5） （6）通州湾示范区高端装备临港产业园控制性详细规划土地使用规划图（附图6） （7）本项目与生态保护红线和生态空间管控区域的相对位置示意图（附图7） （8）通州区生态空间管控区域范围图（调整后）（附图8） 与本项目相关附件： （1）项目委托书（附件1） （2）射线装置使用承诺书（附件 2） （3）放射源使用承诺书（附件3） （4）废源退役承诺书（附件 4） （5）危废处置承诺书（附件5） （6）辐射屏蔽防护设计说明（附件6） （7）辐射环境现状检测报告（附件7）

	（8）《南通利柏特重工有限公司大型工业模块制造项目环境影响报告书》批复（附件8） （9）射线装置参数说明（附件9）

表7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用X、γ射线探伤机进行移动探伤，为使用II类放射源及II类射线装置，根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围(无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围)”，确定：

（1）本项目固定探伤以探伤房周围50m的范围作为评价范围。

（2）本项目移动探伤以移动探伤区域周围542m（监督区外扩100m）范围作为评价范围；根据表11理论计算典型工况下（仅有工件屏蔽）的结果评价范围如下表7-1。

表7-1 移动探伤现场典型工况下评价范围

探伤机	监督区距离（m）	评价范围（m）
^{192}Ir γ射线探伤机（无屏蔽）	239	339
^{75}Se γ射线探伤机（无屏蔽）	240	340
XXG-1605型定向探伤机（无屏蔽）	374	474
XXG-2505型定向探伤机（无屏蔽）	350	450
XXG-3005型定向探伤机（无屏蔽）	442	542
XXGHP-3005型周向探伤机（无屏蔽）	442	542

根据现场调查分析及附图2可知，本项目评价范围内无居民楼、学校等敏感点。因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、评价范围内其他工作人员以及周边公众等。

保护目标

本项目X、γ射线探伤房50米范围内及移动探伤区域周围542m范围内无居民区、学校等环境敏感目标，且评价范围内未涉及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号）》中划分的环境管控单元中的优先保护单元。对照《江苏省自然资源厅关于南通市通州区2023年度生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2023〕665号），本项目评价范围内不涉及通州区生态空间管控区域（调整后），见附图8。

因此，根据评价范围确定本项目X、γ射线探伤房及移动探伤区域周围的保护目标主要为辐射工作人员、厂区其他工作人员以及周边公众等。

表7-2 本项目评价范围内保护目标情况一览表					
环境保护目标分类		**方位**	**保护目标名称**	**最近距离（m）**	**规模（人数）**
X射线探伤房	辐射工作人员	东北侧	探伤房操作室内操作人员	紧邻	2人
	公众	东北侧	厂区道路行人	23m	流动人员
		西北侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			甲类车间二内工作人员	21m	5~10人
		东南侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			纬二路道路行人	20m	流动人员
		西南侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			非机动车停车场	26m	10~20人
γ射线探伤房	辐射工作人员	西南侧	探伤房操作室内操作人员	紧邻	2人
	公众	西南侧	厂区道路行人	21m	流动人员
		西北侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			甲类车间二内工作人员	21m	5~10人
		东南侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			纬二路道路行人	20m	流动人员
		东北侧	厂区道路行人	3m	流动人员
源库	辐射工作人员	源库内	源库内辐射工作人员	/	2人
	公众	东北侧	厂区道路行人	1m	流动人员
		西北侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			甲类车间二内工作人员	21m	5~10人
		东南侧	厂区道路行人	1m	流动人员
			纬二路道路行人	26m	流动人员
		西南侧	厂区道路行人	28m	流动人员
移动探伤区域1	辐射工作人员	四周	移动探伤人员	控制区边界处	2人
	公众	东北侧	厂外道路行人	监督区外	流动人员
		东南侧	华达新材料（江苏南通）有限公司厂区员工	监督区外	10~20人
		西南侧	东港池流动人员	监督区外	流动人员
		西北侧	空地流动人员	监督区外	流动人员
移动探伤区域2	辐射工作人员	四周	移动探伤人员	控制区边界处	2人
	公众	东北侧	联合大厂房员工	监督区外	5~10人
			室外料场员工	监督区外	3~5人
			厂区道路行人	监督区外	流动人员

		东南侧	华达新材料（江苏南通）有限公司厂区员工	监督区外	10~20人
		西南侧	东港池流动人员	监督区外	流动人员
		西北侧	空地流动人员	监督区外	流动人员

评价标准

1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值，如下表：

表7-3 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类型	剂量限值
职业照射剂量限	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv；
公众照射剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv；

2 剂量约束值：

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2·剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv~0.3mSv）的范围之内。”的要求，职业人员按年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定本项目剂量约束值如下：

a.职业人员剂量约束值不大于5mSv/a；

b.公众活动区域相关人员剂量约束值不大于0.1mSv/a。

3 关注点的剂量率控制水平：

（1）职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下；

a.职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于100μSv/周。

b.公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于5μSv/周。

（2）X、γ射线探伤房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：b)屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。”以及“6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：a)探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；b)对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/h。”以及“5.2.2.3 放射源贮存设施应达到如下要求：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2.5μSv/h或者审管部门批准的控制水平”的要求确定本项目探伤房屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平如下：

a.探伤房各侧屏蔽墙和防护门表面外30cm处剂量率不超过2.5μSv/h；

b.源库四周墙、顶部及防护门表面外30cm处剂量率不超过2.5μSv/h。

（3）移动探伤控制区、监督区边界周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的区域划为控制区。”以及“7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区”

a.移动探伤现场控制区边界周围剂量当量率：≤15μSv/h；

b.移动探伤现场监督区边界周围剂量当量率：≤2.5μSv/h；

4 辐射环境质量现状检测评价参考值：

1）《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》，（辐射防护第13卷第2期，1993 年3月，江苏省环境监测站）确定本项目拟建址的辐射环境质量现状检测评价参考值如下：

表7-4 江苏省天然γ辐射水平调查结果*（单位：nGy/h）

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差(s)	7.0	12.3	14.0

*：结果已扣除宇宙射线电离成分所致（空气吸收）剂量率

本项目现状评价时取测值范围数值进行评价。

2）《辐射防护导论》，方杰主编。

3）《辐射防护手册》第一、三分册，李德平、潘自强主编。

表8 环境质量和辐射现状

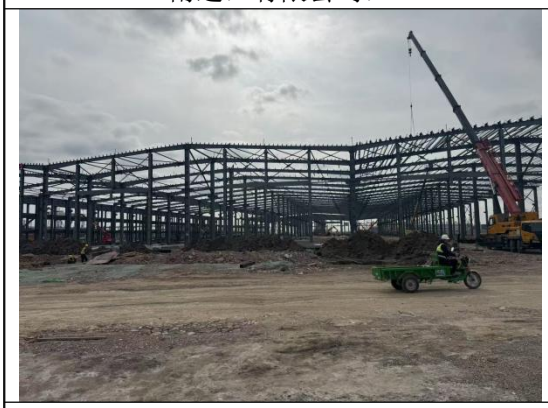
1、项目地理和场所位置

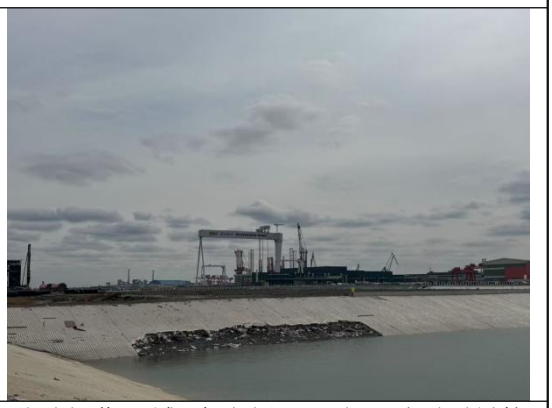
南通利柏特重工有限公司位于江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧，其地理位置见附图1。新建厂区东侧为纬二路，西侧为通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池，南侧为华达新材料（江苏南通）有限公司，北侧依次为公司空地以及滨海大道，本项目周围环境示意图见附图2。

本项目探伤房拟建于厂区东南侧，固定探伤房东北侧、西北侧以及西南侧均为厂界内部，西北侧为甲类车间二，东北侧为厂区内道路，西南侧为厂区内道路，东南侧为纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司。公司拟于厂区规划区域内（详见附图2）开展移动探伤项目。移动探伤区域1东北方向依次为厂区道路、酸洗车间、富饶路，东南方向依次为办公区、厂区内道路、厂区内其他车间（金属器件生产车间、甲类仓库、室外料场、金工车间、甲类车间一、甲类车间二、中间转运场地、重型原材料接收场地）、纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为码头、重吊船（移动探伤区域2）、东港池，西北方向依次为空地、滨海大道；移动探伤区域2东北方向依次为码头、组装场地1~4、联合大厂房，东南方向依次为码头、纬二路以及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为东港池以及空地，西北方向依次为东港池以及空地。本项目移动探伤区域及探伤房周围环境示意图见附图2。

本项目评价范围内均无居民楼、学校等敏感点，因此，本项目保护目标主要为辐射工作人员、厂区评价范围内其他工作人员以及周边公众等。本项目探伤房及移动探伤区域拟建址周围环境现状图见图8-1。

	
探伤房拟建址	探伤房拟建址东北侧（厂区道路、甲类车

	间一）
	
探伤房拟建址西北侧（甲类车间二）	探伤房拟建址西南侧（厂区道路、重型原料接收场地）
	
探伤房拟建址东南侧（华达新材料（江苏南通）有限公司）	移动探伤区域1拟建址（联合大厂房）
	
移动探伤区域1东北侧（厂区道路）	移动探伤区域1西北侧（空地）
	

移动探伤区域1西南侧（厂区道路）	移动探伤区域1东南侧（室外料场、甲类车间）
	
移动探伤区域1拟建址（组装车间1~4）	移动探伤区域1东北侧（甲类车间二）
	
移动探伤区域1东南侧（重型原料接收场地）	移动探伤区域2拟建址（重吊船）
	
移动探伤区域2东北侧（码头）	移动探伤区域2东南侧（码头、重型原料接收场地）
	

移动探伤区域2西北侧（空地）	移动探伤区域2西南侧（东港池）

图8-1 本项目探伤房及移动探伤区域拟建址及周围环境现状

2 、辐射环境质量现状

环境现状评价的对象：本项目X、γ射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围辐射环境

监测因子：γ辐射空气吸收剂量率

监测点位：在本项目2座X、γ射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围进行布点，共计布点22个。

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目：γ辐射空气吸收剂量率。

监测布点：在X、γ射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围进行布点，具体点位见图8-2。

监测时间：2025年2月20日。

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司。

监测仪器：FH40G+FHZ672E-10 多功能环境辐射剂量率仪（检定有效期：2024-10-23~2025-10-22）。

监测方法：《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

数据记录及处理：每个点位读取10个数据，读取间隔不小于20s，并待计数稳定后读取数值，每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中5.5方法进行换算，使用^{137}Cs作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取1.20Sv/Gy。

3.2 质量保证措施

监测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）有关布点原则进行布点监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）的要求，实施全过程质量控制监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，监测仪器经过

计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过检定，监测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：参照江苏省天然贯穿辐射剂量水平调查结果，监测结果见表8-1，详细检测结果见附件7。

表8-1 本项目X、γ射线探伤房及移动探伤区域拟建址周围γ辐射空气吸收剂量率测量结果

测点编号	测点位置描述	空气吸收剂量率(nGy/h)	测点位置
1	固定探伤房拟建址处	39	室外
2	固定探伤房拟建址东北侧	41.4	室外
3	固定探伤房拟建址西北侧	45.2	室外
4	固定探伤房拟建址西南侧	48.4	室外
5	固定探伤房拟建址东南侧	52.0	室外
6	金工车间拟建址处	45.7	室外
7	甲类车间一拟建址处	48.7	室外
8	甲类车间二拟建址处	41.3	室外
9	移动探伤区域 1 拟建址处（组装场地 4）	38.2	室外
10	中间转运场地	41.5	室外
11	码头	39.1	室外
12	移动探伤区域 2 拟建址处（重吊船）	47.4	室外
13	移动探伤区域 2 拟建址北侧	50.7	室外
14	移动探伤区域 2 拟建址南侧	52.6	室外
15	移动探伤区域 1 拟建址处（组装场地 3）	49.2	室外
16	移动探伤区域 1 拟建址处（组装场地 1、2）	51.8	室外
17	移动探伤区域拟 1 建址处（联合大厂房内西侧）	45.6	室外
18	移动探伤区域拟 1 建址处（联合大厂房内东侧）	51.7	室外
19	移动探伤区域 1 拟建址东北侧（厂区道路）	47.8	室外
20	移动探伤区域 1 拟建址南侧（办公区一）	48.3	室外
21	移动探伤区域 1 拟建址南侧（办公区二）	42.3	室外
22	移动探伤区域 1 拟建址北侧（空地）	37.7	室外

注：检测结果均已扣除宇宙射线响应值。

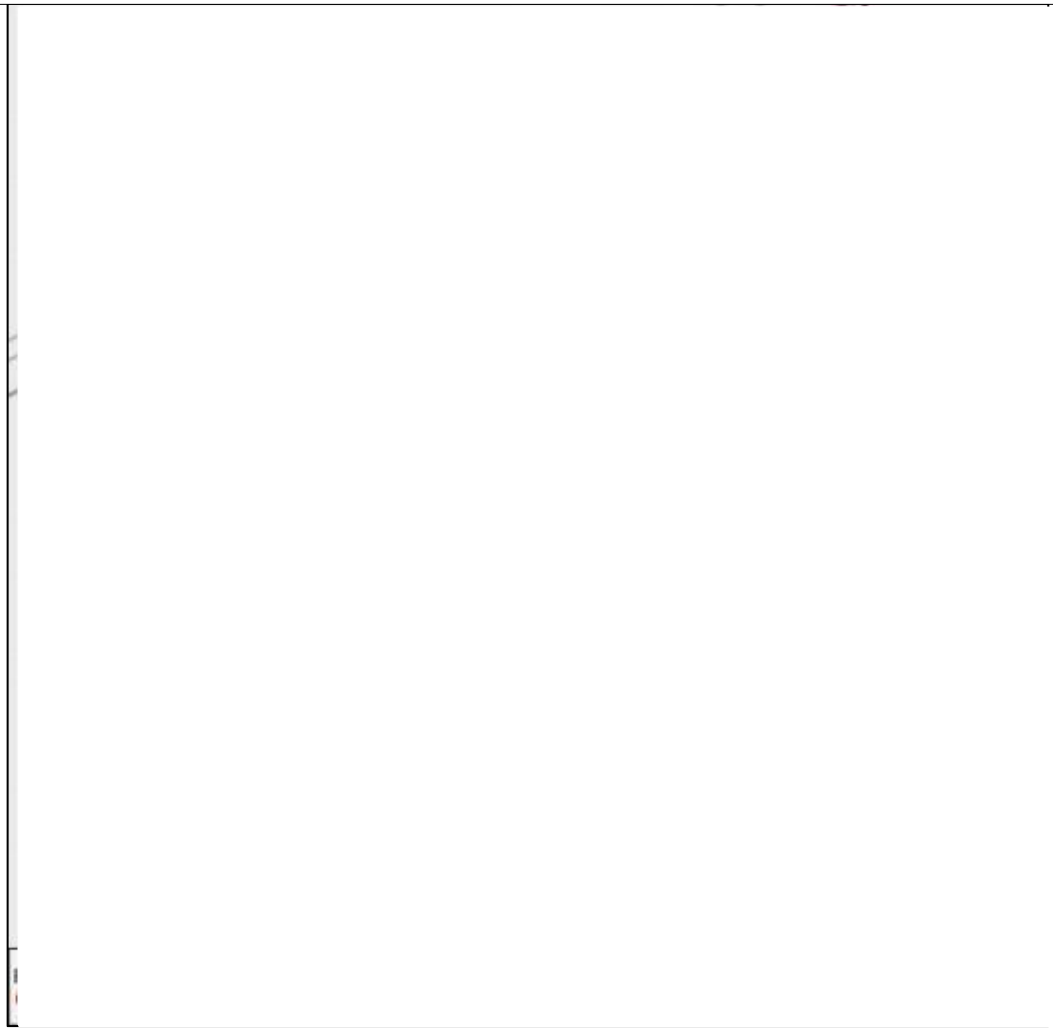


图8-2 γ辐射空气吸收剂量率监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目X、γ射线探伤房及移动探伤区域周围环境γ辐射空气吸收剂量率为（37.7~52.6）nGy/h，处于江苏省室外环境天然γ辐射剂量率水平测值范围内。

表9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1.工程设备

1）X射线探伤机

本项目拟配备6台（4个型号）X射线探伤机，其中2台XXG1605型定向X射线探伤机（管电压160kV，管电流5mA），2台XXG2505型定向X射线探伤机（管电压250kV，管电流5mA），1台XXG3005型定向X射线探伤机（管电压300kV，管电流5mA），1台XXGHP3005型周向X射线探伤机（管电压300kV，管电流5mA）。

表9-1 本项目X射线探伤机主要设备参数

序号	射线装置	型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流	主射线辐射角	工件厚度
1	X射线探伤机	XXG1605	定向机	2台	160kV	5mA	40°	20mm钢
2	X射线探伤机	XXG2505	定向机	2台	250kV	5mA	40°	40mm钢
3	X射线探伤机	XXG3005	定向机	1台	300kV	5mA	40°	50mm钢
4	X射线探伤机	XXGHP3005	周向机	1台	300kV	5mA	25°×360°	50mm钢

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

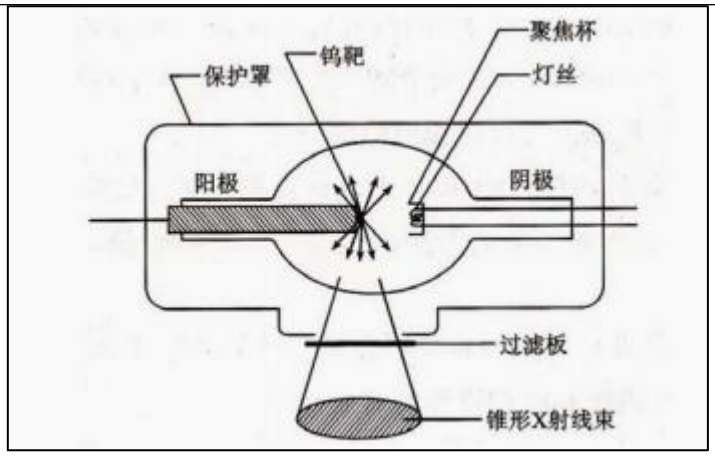


图9-1 典型的X射线管结构图



图9-2 常见X射线探伤装置控制箱



图9-3 常见X射线探伤机外观图及连接电缆

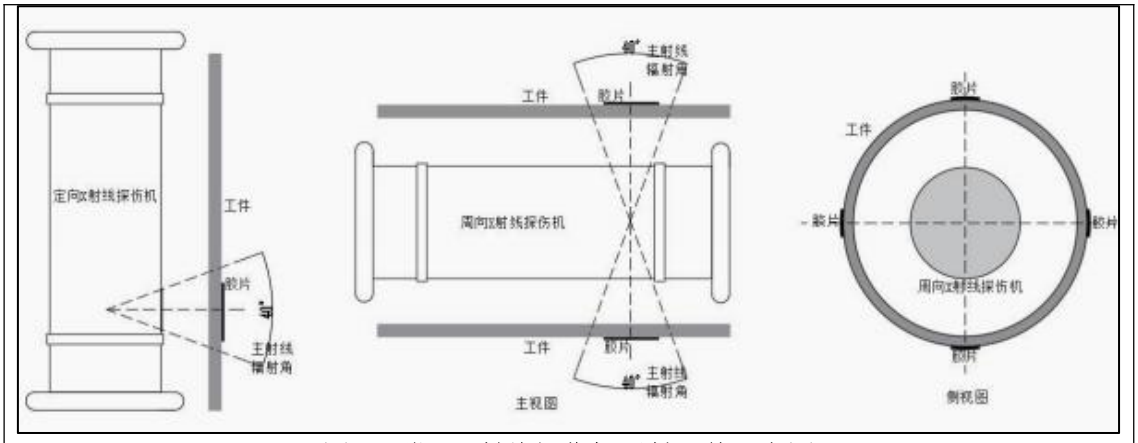


图9-4 常见X射线探伤机照射工件示意图

2）γ射线探伤机

本项目拟配备5台γ射线探伤机，分别为3台^{192}Ir γ射线探伤机和2台^{75}Se γ射线探伤机。每台探伤机中有一枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7×10^{12}Bq(100Ci)。γ射线探伤机属于高风险移动放射源，应配置移动定位器，确保其基本信息、地理位置传输到监管部门信息平台。^{192}Ir γ射线探伤机一般探伤30~50mm厚的钢工件，^{75}Se γ射线探伤机一般探伤8～30mm厚的钢工件。

γ射线探伤机由探伤机机体、控制部件、输源管、源辫位置指示系统及源辫等组成。探伤机机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。探伤时将控制部件和输源管连接在探伤机机体上，然后摇动曲柄将放射源送至曝光位置，曝光后再摇动曲柄将放射源收回到探伤机机体内。γ射线探伤机结构见图9-5，外观图见图9-6。

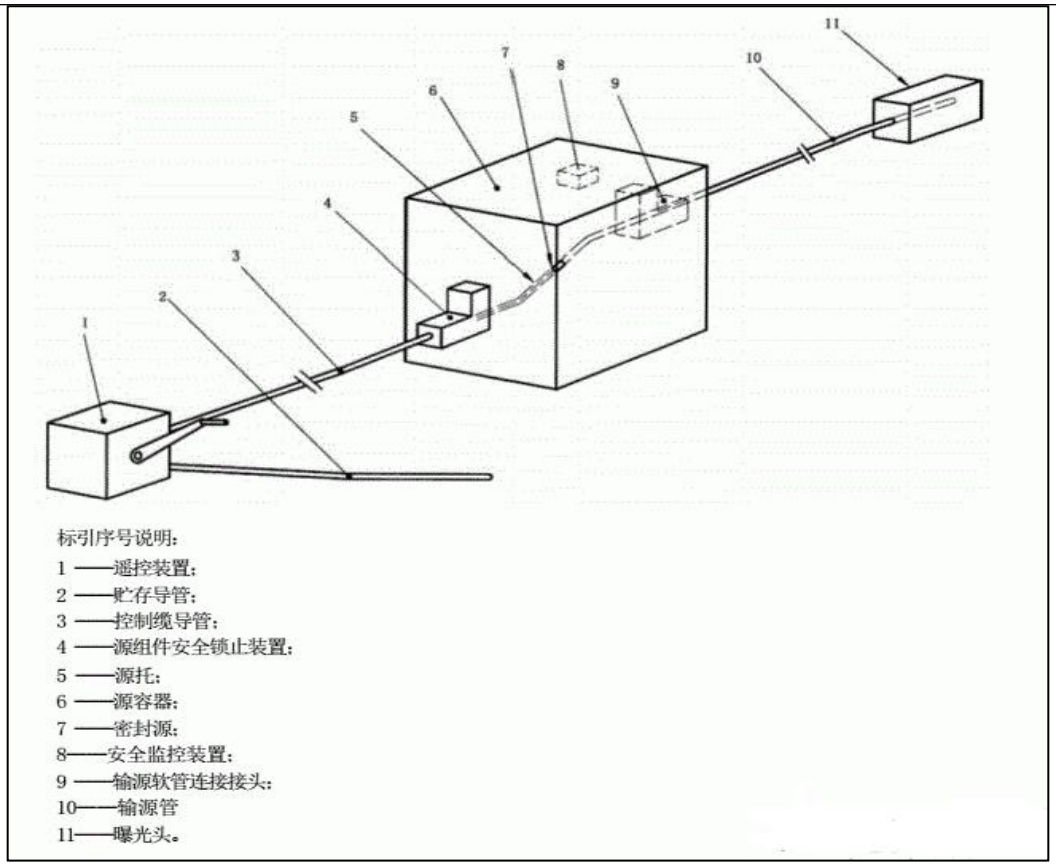


图9-5 γ射线探伤机外部结构示意图



图9-6 常见γ射线探伤机外观图

①探伤机机体

探伤机机体是放射源的储存装置，内装贫铀作为屏蔽材料。当放射源被锁闭在探伤机机体的安全位置时，该屏蔽体能将放射源的辐射剂量率屏蔽在标准规定值之内。探伤机一端与输源管快管相连接，另一端与控制部件相连接。设计有一套安全联锁装置，安全联锁装置有以下几方面的功能：1、安全联锁装置的选择

环用于确定机体是处于锁紧状态、连接状态还是工作状态；2、安全联锁装置的滑动杆的作用在于送源前必须先按下滑动杆才能打开放射源，回源时能自动将放射源锁定在储存位置；3、安全联锁装置的保险盖的作用在于保护源辫的阴接头，防止尘埃进入探伤机内腔另外探伤机前端有一个专用源顶辫，用于在运输、搬运及储存时防止源辫因意外事故震动而造成剂量泄漏；4、源辫位置指示系统，绿灯显示源在容器安全位置，红灯闪烁显示放射源离开容器安全位置，开始工作，用数字计数器显示源离开容器距离，语言提示“正在拍片，当心射线”。

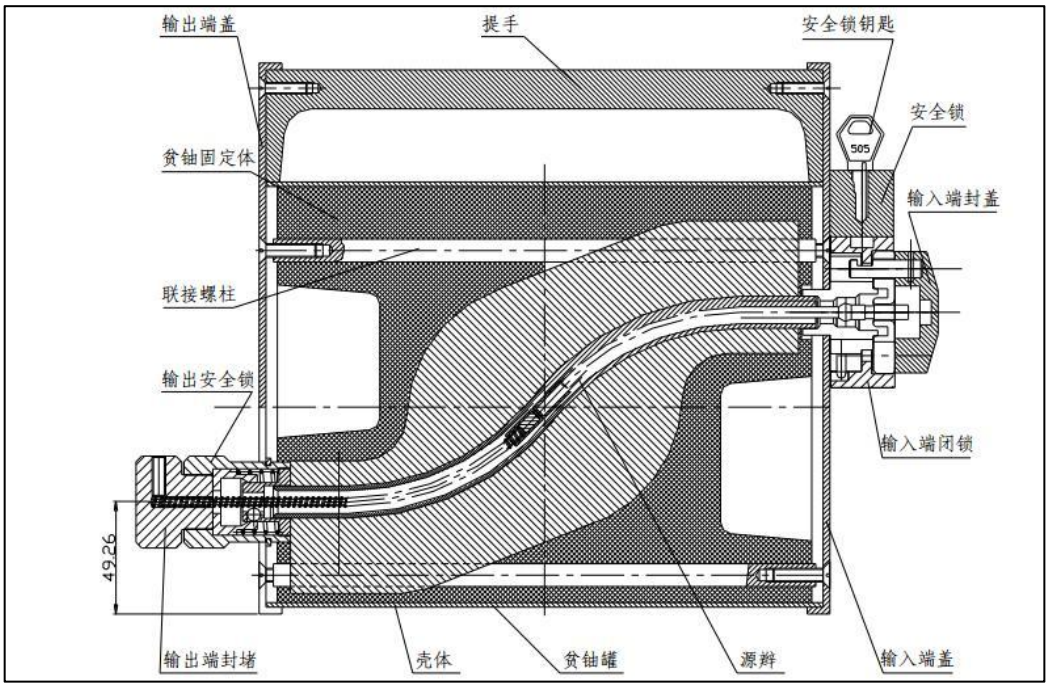


图9-7 γ射线探伤机内部结构图

②控制部件

控制部件由手摇曲柄、两根长(10~15)m的控制导管、驱动缆(软轴)和驱动齿轮等组成。手摇曲柄与驱动齿轮组件的外伸轴相连，驱动控制缆上的阳接头用来与源辫的阴接头相连，控制部件的连接爪用来与机体的联锁装置连接。当摇动手柄曲柄即可送收回放射源。



图9-8 γ射线探伤机控制部件

③探伤机输源管部件

输源管由直径相同的三根软管组成。其中一根为接长管、一根为快换管、一根为曝光管(在工作同时使用曝光管和快换管)。快换管一端压接快接头，用于与其探伤机机体的一端连接，另一端压接螺纹接头，用于与曝光管或接长管连接，曝光管一端压接照射头，用于防止放射源伸出输源管外，另一端压接螺纹接头，用于与接长管或快换管连接，接长管(加长管)两端都压有螺纹接头，用于连接曝光管和快换管。

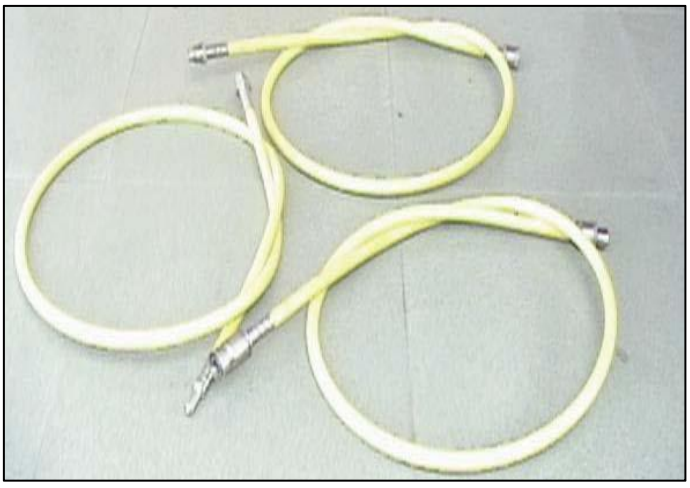


图9-9 γ射线探伤机输源管

④源辫位置指示系统

源辫位置指示系统与控制部件齿轮相连接，功能：1、用不同的灯光颜色分别显示源辫在源容器内或外，绿色灯光显示源在容器内，红色灯光显示源已容器

外；2、用液晶数字显示源辫离开源器的距离，根据输源管与曝光头长度，源输送到曝光头位置开始拍片曝光，拍片照相完毕，源辫收回到容器内的数字显示为≤0；3、用语言提示源辫已离开源容器，当射源输出>5cm后，每10秒钟红灯闪烁，语言提示“正在拍片，当心射线”。



图9-10 γ射线探伤机源辫位置指示系统

⑤源辫(随放射源一起)

探伤机使用的^{192}Ir放射源半衰期为74天，^{75}Se放射源半衰期为120天，经过几个半衰期后需要换源，生产厂家负责放射源的更换工作。放射源是装在源辫上(源辫是本机的关键部件)，源辫的损坏将导致放射源报废，甚至整机全部报废，因此必须按正确的步骤操作，盖好保险盖，保护好源辫阴接头。

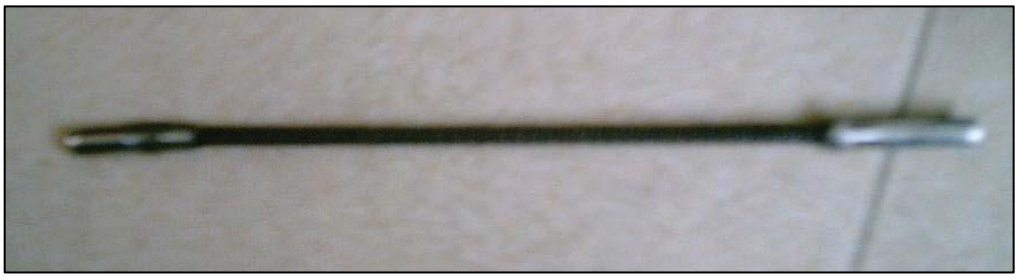


图9-11 γ射线探伤机源辫部件

2.工作原理

1）X射线探伤机工作原理

X射线机核心部件是X射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线。

X射线探伤，即无损X射线检测技术，是利用不同材料对射线吸收的差异性，使胶片感光形成黑度不同的图像，从而反映出被检测物体内部的缺陷。

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

2）γ射线探伤机工作原理

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

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，输源导管的另一端部构成照射头，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。

3.工作流程及产污环节

3.1固定探伤工作流程

3.1.1 γ射线固定探伤工作流程

（a）将被探伤工件通过工件门运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

（b）关闭曝光室工件门，从源库中将γ射线探伤机用手推车取出，放置在合适的位置；

（c）把控制部件和输源管连接好，开启γ射线探伤机闭锁装置；

（d）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后，辐射工作人员通过迷道门离开曝光室，并关闭迷道门；

（e）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“送源一曝光一收源”的检测照相过程，此过程会产生γ射线、少量氮氧化物及臭氧；

（f）确认放射源回到贮源位后，工作人员携带辐射剂量报警仪进入曝光室，将γ射线探伤机通过手推车放进源库内，关门并由专人保管钥匙；

（g）辐射工作人员从工件上取下胶片，将工件运出曝光室。

（h）工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等，此过程会产生显影定影废液。

以上工作流程可用图9-12所示：

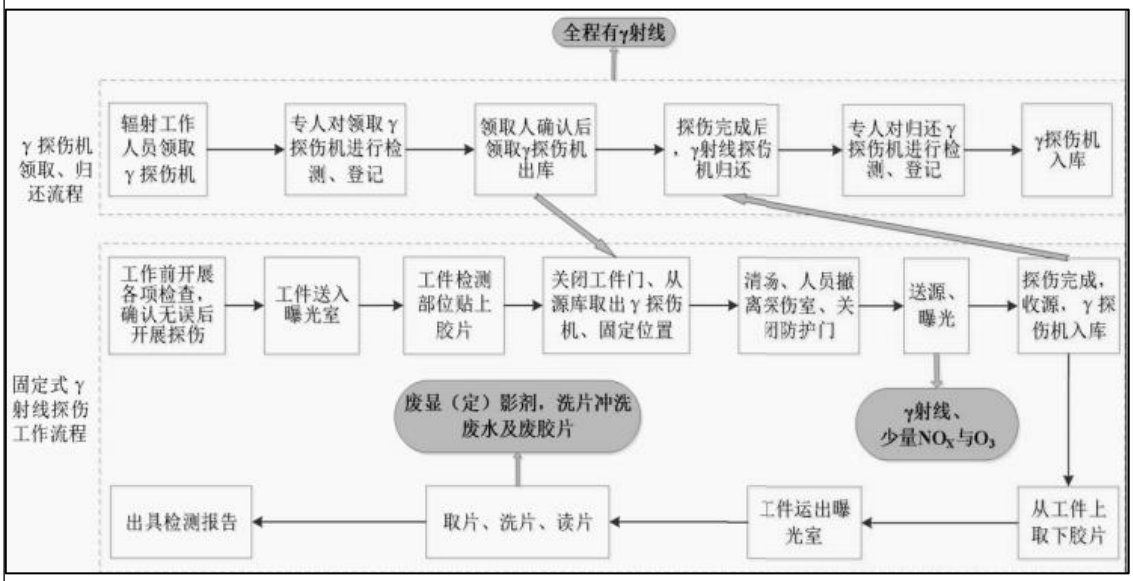


图9-12 固定式γ射线探伤工作流程及产污环节示意图

3.1.2 X射线固定探伤工作流程

（a）将被探伤工件通过工件门运至曝光室内固定，并在检测部位贴上感光胶片；

（b）关闭曝光室工件门，将X射线探伤机放置在合适的位置；

（c）检查曝光室内人员滞留情况，确定无人后，辐射工作人员通过迷道门离开曝光室，并关闭迷道门；

（d）辐射工作人员于操作室内控制台处设置探伤所需的电压及曝光时间，

然后开启X射线探伤机进行无损检测，此过程会产生X射线、少量氮氧化物及臭氧；

（e）达到预定照射时间后关闭X射线探伤机，工作人员取下胶片，曝光结束；

（f）辐射工作人员从工件上取下胶片，将工件运出曝光室。

（g）工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊缝的焊接质量、缺陷等，此过程会产生显影定影废液。

以上工作流程可用图9-13简示：

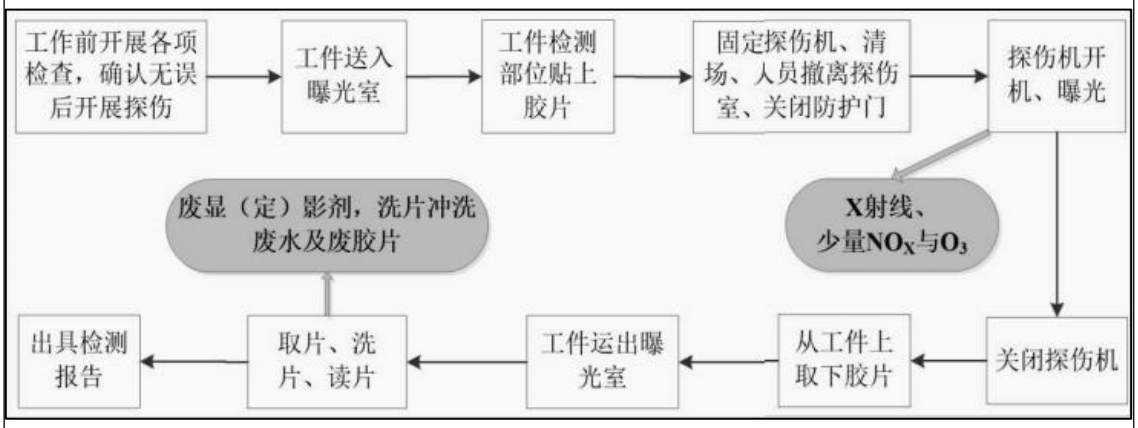


图9-13 固定式X射线探伤工作流程及产污环节示意图

3.2移动式X、γ射线探伤工作流程

3.2.1 移动式γ射线探伤工作流程

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。移动式γ射线探伤前现场安全员划定监督区及控制区，并设置警戒设施，确定区域内无人后开机，随后工作人员退至安全区域(控制区外的屏蔽体后)，对被测工件进行无损检测，移动式γ射线探伤工作流程及产污环节如图9-14所示，工作流程如下：

（1）提前发布γ射线探伤通知；

（2）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1台个人剂量报警仪和个人剂量计，辐射工作人员将射线探伤机放到指定的拍片位置；

（3）现场安全员划定控制区和监督区边界，并在边界处设置明显的警戒线和辐射警示标识，必要时专人看守，监测控制区的辐射剂量水平；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；

（4）对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且确保“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”“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。”等各种辐射安全措施到位后进行示警；待连接好控制部件和输源管，开启探伤机闭锁装置；

（5）探伤工作人员远距离操作γ射线探伤机进行试曝光，探伤工作人员携带辐射巡测仪对控制区、监督区边界进行修定，视情调整监督区及控制区边界，此过程会产生γ射线、少量臭氧及氨氧化物；

（6）探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪到达出源装置控制位，将放射源收回探伤机贮源容器内，辐射工作人员在工件拟探伤位置处贴片后，开始无损检测,此过程会产生γ射线、少量臭氧及氮氧化物；

（7）达到预定照射时间和曝光量后停止曝光，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪到达出源装置控制位，将放射源收回探伤机贮源容器内，确认放射源回到贮源位后，取下胶片，曝光结束，辐射工作人员解除警戒并离场，此过程会产生γ射线、少量臭氧及氮氧化物；

（8）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。

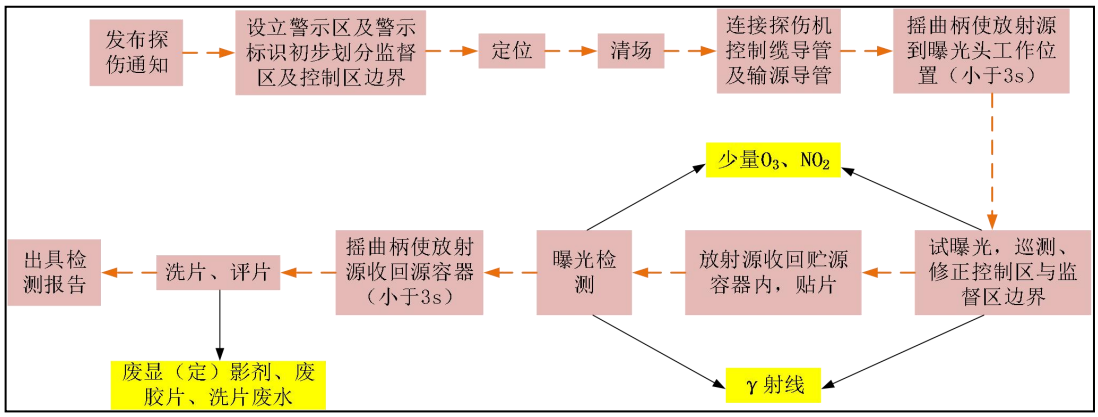


图 9-14 移动式γ射线移动探伤工作流程及产污环节

3.2.2 移动式X射线探伤工作流程

移动式X射线探伤工作流程如下：

（1）提前发布X射线探伤通知；

（2）辐射工作人员将X射线探伤机放到指定位置；

（3）初步划定控制区和监督区边界，设置安全警戒措施；

（4）对探伤现场进行清场，确信场内无其他人员且确保“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”“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。”等各种辐射安全措施到位后进行定位，连接好X射线探伤机控制部件；

（5）探伤工作人员远距离操作X射线探伤机进行试曝光，探伤工作人员携带辐射巡测仪对监督区及控制区边界进行修正，视情调整监督区及控制区边界，此过程会产生X射线、少量O_3及NO_2；

（6）关闭X射线探伤机，辐射工作人员在工件拟探伤位置处贴片，然后探伤人员远离探伤区域，开始无损检测，此过程中均会产生X射线、少量O_3及 NO_2；

（7）达到预定照射时间后，切断X射线探伤机电源，停止照射，探伤人员携带个人剂量报警仪和巡测仪进入控制区，收回X射线探伤机，光结束，伤工作人员解除警戒并离场；

（8）辐射工作人员对探伤胶片进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等。移动式X射线探伤工作流程图如图9-15所示：

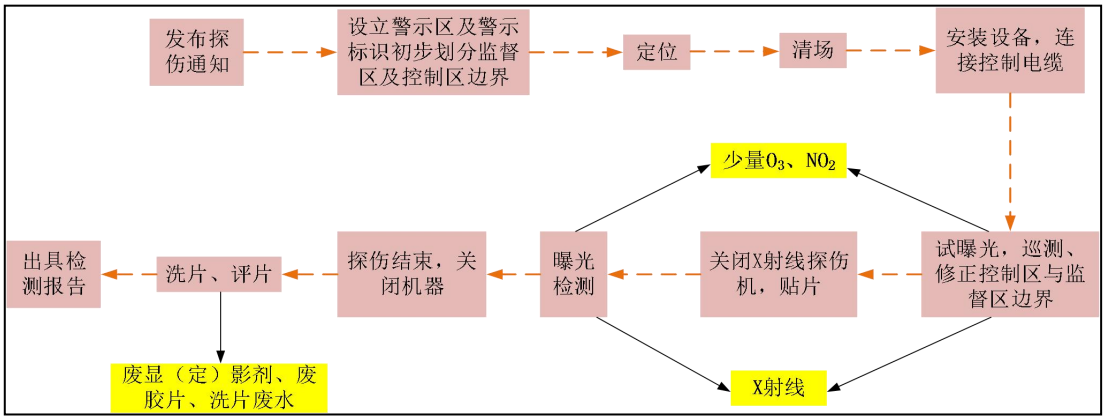


图 9-15 移动式X射线移动探伤工作流程及产污环节

污染源项描述

1 放射性污染源分析

1.1γ射线探伤

本项目配备3台^{192}Ir源探伤机和2台^{75}Se源探伤机，每台探伤机中有1枚密封型放射源，单枚放射源的活度最大不超过3.7×10^{12}Bq(100Ci)属于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中P类探伤机。源容器表面5cm处周围当量剂量率限值不超过500μSv/h，1m处不超过20μSv/h。建设单位与放射源销售单位签订废旧放射源返回协议，当放射源达到使用年限需报废时，将按照协议规定将废旧放射源返回生产单位或原出口方。每年退役约6枚^{192}Ir放射源和2枚^{75}Se放射源，退役放射源活度约为9.25×10^{11}Bq/枚(10Ci)。

本项目中^{192}Ir以及^{75}Se源为密封源，^{192}Ir以及^{75}Se核素特性见表9-2。

表9-2 放射性核素^{192}Ir以及^{75}Se核素特性

核素	半衰期	衰变类型	主要射线及能量（MeV）	周围剂量当量率常数 μSv·m²/（MBq·h）
^{192}Ir	74d	β^- ε	β-0.672（46%） γ0.468（58.0%）0.316（82.9%）	0.17
^{75}Se	118d	ε	γ0.265（56.6%）0.121（16.9%） 0.136（56.7%）、0.279（23.9%）	0.072

γ射线探伤机贮源位屏蔽层大多为一定厚度的贫铀材料，称其为贫铀罐。本项目辐射污染主要是当放射源从贫铀罐出源后进行曝光时发射的射线对周围环境产生的外照射，其可能对曝光室外工作人员和公众产生一定外照射。另外，退役的放射源也会对周围环境产生γ射线外照射影响。因此射线是本项目主要的污染物。

1.2 X射线探伤

本项目配备6台（4种型号）X射线探伤机，根据设备供应商提供资料，本项目X射线探伤机滤过材料为3mmAl（附件9），有用线束输出量根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1取值；泄漏辐射输出量从《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表1查取；散射能量取自《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表2中数值。

表9-3 本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置型号	有用线束辐射输出量 mGy·m²/（mA·min）	距靶点1m处的泄漏辐射剂量率（mSv/h）	散射能量（kV）

1	XXG1605型X射线探伤机	20.38	＜2.5	150
2	XXG2505型X射线探伤机	16.5	＜5	200
3	XXG3005型X射线探伤机	20.9	＜5	200
4	XXGHP3005型X射线探伤机	20.9	＜5	200

注：有用线束辐射输出量保守参考表B.1中的较大值。

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

公司拟为本项目配备10名辐射工作人员，后期根据需要增配辐射工作人员。本项目固定式探伤房配备4名辐射工作人员，X射线探伤房配备2名，γ射线探伤房配备2名辐射工作人员；移动探伤项目配备4名辐射工作人员（1个探伤小组），其中2名为操作人员，2名为现场安全员；2名辐射工作人员专职保管源库。

本项目固定探伤房内两间曝光室年开机曝光时间均约为800h，探伤房内两间曝光室存在同时工作的情况；移动探伤年开机曝光时间约为200h，2个移动探伤区域不同时作业，1个移动探伤区域工作时最多使用1台设备，固定探伤房与移动探伤不同时工作，固定探伤和移动探伤工作人员不交叉工作。

2 非放射性污染源分析

（1）固废

本项目运营时会产生废显（定）影剂、洗片冲洗废水和废胶片。废显（定）影剂、洗片冲洗废水和废胶片均属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为HW16，废物代码为900-019-16。公司每月预计产生废显（定）影剂250kg，每年预计产生废显影液、定影液3000kg；每月预计产生洗片冲洗废水90kg，每年预计产生洗片冲洗废水1080kg；每月预计产生废胶片9kg，每年预计产生废胶片108kg。

（2）废水

本项目洗片时会产生一定量的三次以上清洗废水，同辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水一同进入城市污水管网。

（3）废气

X、γ射线探伤机在工作状态时，产生的X、γ射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目工作场所布局合理性分析

1.1 探伤房布局及分区合理性分析

南通利柏特重工有限公司拟于厂区东南侧新建一座单独的X、γ射线探伤房，四周均为厂区道路。探伤房为一层建筑，由东北向西南依次为源库、γ射线探伤房、控制室以及X射线探伤房。切片室、暗室位于联合大厂房东南侧的办公区的东北侧（见附图3），距离探伤房较远，不划为监督区。拟将X、γ射线探伤房的X射线探伤房、γ射线探伤房、源库作为辐射防护控制区，在工件门、迷道门及源库防护门外均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明；拟将探伤房以及源库外扩1米处、控制室作为监督区，具体区域划分见图10-1。

本项目辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。企业对于辐射工作场所的分区管理措施是合理可行的，可有效加强辐射安全管理。对照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014)，本项目X射线探伤有用线束出束方向为西北、东南向，控制室操置于两间探伤室外，并避开有用线束的照射方向，布局设计合理。

图10-1 本项目X、γ射线探伤房布局及分区示意图

1.2 厂区移动探伤区域布局及分区合理性分析

1.2.1 厂区γ射线移动探伤区域布局及分区合理性分析

本项目拟于厂区划定区域内进行X、γ射线移动探伤，室外探伤时每次仅允许在一个现场探伤区域开启一台探伤机进行探伤，以避免交叉照射，本项目移动探伤的两区划分图见图10-2，两区划分管理措施见表10-1。

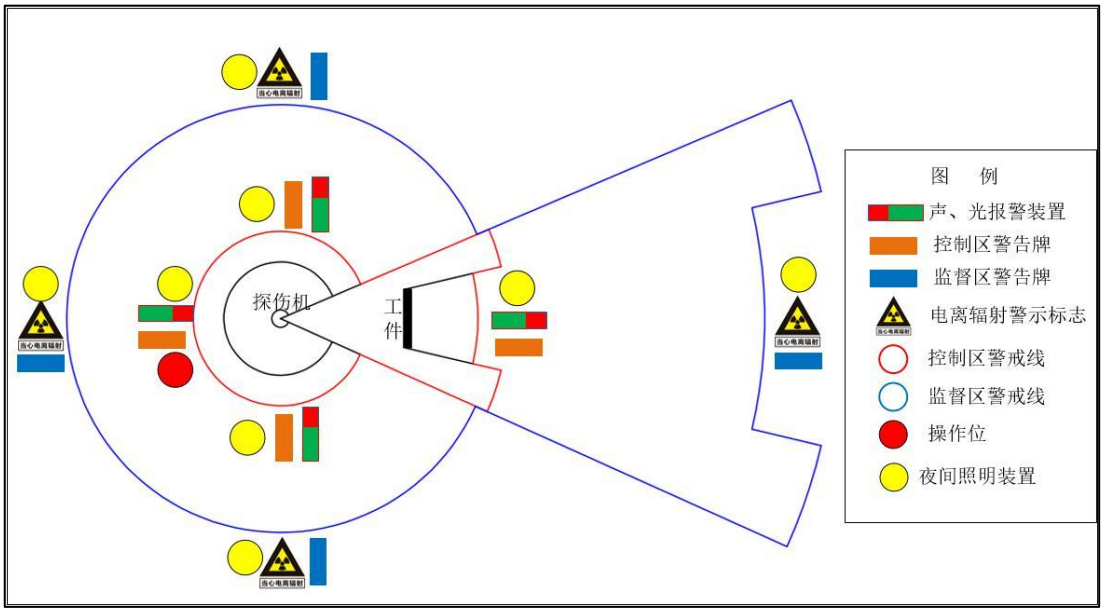


图10-2 本项目移动探伤分区及安全措施布置示意图

表10-1 本项目移动探伤现场两区划分与管理

现场探伤	控制区	监督区
两区划分范围	边界外空气比释动能率应低于15μGy/h的范围	控制区外，外边界空气比释动能率应不大于2.5μGy/h的区域
辐射防护措施	禁止人员进入控制区，控制区边界拟根据现场情况进行划区，拟在边界处设置显眼的警戒线；东、南、西、北边界处均拟设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射性工作场所”标牌；各方向边界拟设与探伤机进行联锁的提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。	禁止无关人员进入监督区，监督区边界拟设置显眼的警戒线，在东、南、西、北界处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并拟设置明显的电离辐射警示标志和警告标语；根据需要设人员进行警戒。γ探伤在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌。

南通利柏特重工有限公司厂区内移动X、γ探伤现场拟充分利用厂房、工件、铅屏风以及铅橡胶毯（根据实际作业场所的情况，合理配置防护器材）等对射线进行屏蔽，现场拟划定控制区和监督区，该公司探伤现场布局及分区满足《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)的要求，布局及分区基本合理。

2 辐射防护屏蔽设计

本项目X、γ射线探伤房整体结构（详见附图4）由东北向西南依次为储源库、γ射线探伤室、控制室以及X射线探伤室。整个固定探伤房的墙体、顶棚、地板均采用密度不小于2.35t/m^{3}的混凝土浇筑。固定探伤房的屏蔽防护设计见表10-2，X、γ射线探伤房及源库平剖面设计图见附图4。

表10-2 本项目X、γ射线探伤房屏蔽设计参数一览表

探伤房		屏蔽设计	备注
X射线探伤房			使用1台XXG1605型X射线探伤机、1台XXG2505型X射线探伤机、1台XXG-3005型X射线机、1台XXGHP-3005型X射线机
γ射线探伤房			使用1台^{192}Ir γ射线探伤机、1台^{75}Se γ射线探伤机
储源库			3枚^{192}Ir放射源、2枚^{75}Se放射源，每

<table>
<tr><td rowspan="4"></td><td></td><td></td><td rowspan="3">枚源配备单独的储源箱</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">。</td></tr>
<tr><td>通风管道</td><td colspan="3">企业拟于X射线探伤房西南墙、γ射线探伤房东北墙设“U”型埋地通风管道，采用直径300mm的管道，埋地深度为500mm。管道室外高度超出屋面，射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达通风口处。通风管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体，且利用散射降低通风管道口的辐射水平。</td></tr>
<tr><td>电缆管道</td><td colspan="3">企业拟于X射线探伤房东北墙、γ射线探伤房西南墙拟设置地下“U”型电缆管道，电缆管道直径为160mm，埋地深度约为500mm，射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达线缆管道口处。电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体，且利用散射降低电缆管道口的辐射水平。</td></tr>
</table>

3 辐射安全措施设计

3.1 X、γ射线探伤房辐射安全措施

为保障X、γ射线探伤房内^{192}Ir及^{75}Se γ射线探伤机及X射线探伤机的安全运行，综合考虑《工业探伤放射防护要求》(GBZ 117-2022)及《关于印发<关于γ射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》(环发〔2007〕8号)的相关要求，避免在探伤期间维修人员误留或误入机房而发生误照射事故，本项目X、γ射线探伤房曝光室设计有相应的辐射安全装置和保护措施(见图10-3)，主要有：

（1）X、γ射线探伤房曝光室的工件门及人员门均设计安装门机联锁装置，即防护门与曝光室内运行的X射线探伤机或γ射线探伤机进行联锁。当工件门或人员门有一道未关闭时，射线机无法工作，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。

（2）X射线探伤房、γ射线探伤房（以下简称两间曝光室）东墙、西墙上各拟设置2个急停装置，南墙上各设置1个急停装置，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。公司拟为急停装置设置标明使用方法的标签。

（3）拟在两间曝光室内迷道入口内各设置1个紧急开门装置，当发生意外状况时，人员可通过逃生装置从内部打开防护门，离开曝光室内。

（4）在两间曝光室内部及工件门上方、人员门上方各设计安装1个工作状态指示灯及声音提示装置，当使用γ射线探伤机或X射线探伤机进行探伤时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近曝光室或在曝光室做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“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。曝光室醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

（5）在两间曝光室内均设计安装固定式场所辐射探测报警装置。其中，X射线探伤房的固定式场所辐射探测报警装置的探头安装在曝光室内东墙上，数字显示装置安装在控制台；γ射线探伤房的固定式场所辐射探测报警装置的探头安装在曝光室内西墙上，数字显示装置安装在控制台。在进行探伤时，射线剂量检测系统应与防护门进行联锁，当辐射剂量超过预定水平时，防护门无法从外部打开。

（6）拟在两间曝光室迷道入口设置“无人确认”系统，由最后离开曝光室的人员操作，无此操作，迷道门无法关闭，射线机无法开启。

（7）拟在两间曝光室内各设计安装4个监控摄像机，拟在南、北两侧人员进出口各设计1个监控摄像机，拟在两道工件门口各设置1个监控摄像机，监控系统显示屏拟设置在控制室的东墙和西墙各一台，由操作室的辐射工作人员对曝光室内情况进行实时监控。

（8）在两间曝光室工件门外及人员门外明显位置拟设置固定的醒目、规范的电离辐射警告标志和中文警示说明。

（9）源库的防护门拟采用双人双锁；门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志；源库内设置监控，监控视频显示器拟设于控制室内；源库内安装防盗报警装置，并与110联网；放射源出入进行台账记录确保放射源安全；γ探伤机每次进出放射源暂存库时，拟使用辐射巡测仪进行测量，确保放射源在γ探伤机源容器内。

（9）公司拟在探伤房设置机械通风装置；X射线探伤房西南墙、γ射线探伤房东北墙设“U”型埋地通风管道，采用直径300的管道，埋地深度为500mm。管道室外高度超出屋面，屋面上安装轴流排风机，风量为3000m^3/h。拟在X射线

探伤房东北墙、γ射线探伤房西南墙拟设置地下“U”型电缆管道，电缆管道直径为160mm，埋地深度约为500mm。通风及电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体。X射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达通风管道口处。

在严格落实以上辐射安全措施以后，本项目X、γ射线探伤房的辐射防护设计满足《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)及《关于印发<关于射线探伤装置的辐射安全要求>的通知》(环发〔2007〕8号)中关于辐射安全系统、安全设施要求。

图10-3 本项目探伤房安全防护措施图

3.2 厂区移动探伤辐射安全措施

3.2.1移动式X射线探伤项目辐射安全和防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)标准要求，本项目移动式X射线探伤项目拟落实以下辐射安全和防护措施要求。

表10-3 本项目移动式X射线探伤现场拟落实的辐射安全要求一览表

执行标准	项目	标准要求	项目拟采取措施	是否满足

《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)	工作前检查	5.1.2 工作前检查项目应包括： 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)液体制冷设备是否有渗漏； d)安全联锁是否正常工作； e)报警设备和警示灯是否正常运行； f)螺栓等连接件是否连接良好。5.1.3 X射线探伤机的维护应符合下列要求： 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。	(1)人员在X射线探伤工作前对X射线探伤机进行检查，检查项目主要包括： 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)液体制冷设备是否有渗漏； d)安全联锁是否正常工作； e)报警设备和警示灯是否正常运行； f)螺栓等连接件是否连接良好。 (2)建设单位定期对X射线探伤机的维护，主要包括： a)建设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。 每次维护人员应进行登记，登记内容包括探伤机编号、维护内容、维护人等信息。	满足
	作业前准备	7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应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)。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	(1)在实施移动式探伤工作之前，建设单位应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)建设单位确保开展移动式探伤工作的每台探伤机配备两名辐射工作人员。	满足
	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15μSv/h的区域划为控制区。 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	(1)X射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物等防护原则进行防护。现场探伤根据现场情况划定并标志出控制区和监督区范围和边界。拟将周围当量剂量率大于15μSv/h的区域划定为控制区,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	满足

		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2.5μSv/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。	射线工作区”标牌。拟将周围当量剂量率大于2.5μSv/h的区域划为监督区,边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒:确保场内无其他人员后,通过辐射巡测仪对边界进行检测或修正而后开始探伤。公司将为本项目配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪便携式X-γ剂量率仪定期对其开展检定/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。 (2)拟在进行X射线移动探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制，若现场探伤环境不能满足监督区的防护距离时，辐射工作人员对射线探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板、限束板等防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。 (3)移动式探伤作业工作过程中，控制区内人员必须清场，不得有人员停留。探伤现场较小，无法满足划区要求时，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，确保探伤现场满足划区要求。 (4)X射线探伤机控制台应设置延时开机装置，设置足够时间，确保操作人员退出监督区外，减少操作人员的受照剂量。	
	安全警示	7.3.1 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。 7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有	(1)建设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)应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备信号”和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚	满足

		明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5应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。	作业时控制区边界应设置警示灯。 (3)X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 (4)在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 (5)应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。	
	边界巡查与检测	7.4.1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。 7.4.2 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。 7.4.3 在试运行(或第一次曝光)期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 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。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应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。	(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。必要时应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，还应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。	满足
	移动探伤的操作要求	7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器(仅开定向照射口)。 7.5.1.2 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。	(1)周向式探伤机用于移动式探伤时，应将X射线管头组装体置于波探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器(仅开定向照射口)。 (2)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。	满足

3.2.2移动式γ射线探伤项目辐射安全和防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)、《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)及《关于印发(关于γ射线探伤装置的辐射安全要求)的通知》(环发〔2007〕8号)标准要求，本项目移动γ射线探伤项目拟落实以下辐射安全和防护措施要求。

表10-4 本项目移动式γ射线探伤现场拟落实的辐射安全要求一览表

执行标准	项目	标准要求	项目拟采取措施	是否满足
《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)	工作前检查	5.2.1.2 工作前检查项目主要包括： 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)检查控制软轴末端是否有磨损、损坏(磨损标准由厂家提供)，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: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。 5.2.2.1 应定期对γ射线探伤机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γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。使用单位人员不应单独对探伤机进行维修。 5.2.2.2应经常对γ射线探伤机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。	(1)人员在探伤工作前对探伤机进行检查，检查项目主要包括： 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)检查控制软轴末端是否磨损、损坏，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应符合源容器外5cm处周围当量剂量率小于0.5mSv/h，表面1m处周围当量剂量率小于0.02mSv/h。的要求，并确认放射源处于屏蔽状态。 (2)应定期对γ射线探伤机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γ射线探伤机时，应由厂家专业人员将放射源倒入换源器后进行。建设单位人员不应单独对探伤机进行维修。 (3)应经常对γ射线探伤机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。 每次维护人员应进行登记，登记	满足

			内容包括探伤机编号、维护内容维护人等信息。	
	作业前准备	7.1.1在实施移动式探伤工作之前，使用单位应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)。 7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	(1)在实施移动式探伤工作之前，建设单位应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)建设单位确保开展移动式探伤工作的每台探伤机配备两名辐射工作人员，由两名辐射工作人员其中一人兼任安全员。	满足
	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15μSv/h的区域划为控制区。 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	(1)γ射线探伤工作尽可能地安排在傍晚或夜间工人完全离场的情况下进行，根据现场条件来划定防护距离，运用距离、时间及屏蔽物防护原则进行防护。现场探伤根据现场情况划定并标志出控制区和监督区范围和边界。拟将周围当量剂量率大于15μSv/h的区域划定为控制区，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”标牌。拟将周围当量剂量率大于2.5μSv/h的区域划为监督区，边界处设置电离辐射警告标志和场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒；确保场内无其他人员后,通过辐射巡测仪对边界进行检测或修正后开始探伤。公司将为本项目配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪便携式X-γ剂量率仪定期对其开展检定/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。 (2)拟在进行γ射线移动探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制，若现场探伤环境不能满足监督区的防护距离时，辐射工作人员对γ射线探伤机附加一定的防护装置如集光筒、活动防护罩、防护挡板限束板等防护措施，限制射线束中的无用射线，减小散射面积，减少散射量，屏蔽漏射	满足

		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2.5μSv/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(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。	线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。 (3)移动式探伤作业工作过程中，控制区内人员必须清场，不得有人员停留。探伤现场较小，无法满足划区要求时，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，确保探伤现场满足划区要求。 (4)γ射线绕出盘应设置在合适位置，应在准直器屏蔽后方，避免γ射线直接向操作位方向照射，减少操作人员的受照剂量。	
	安全警示	7.3.1 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。 7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 7.3.5应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。	(1)建设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)应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别,并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 (3)γ射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 (4)在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。 (5)应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。	满足
	边界巡查与检测	7.4.1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。 7.4.2 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。 7.4.3 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	(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。必要时应调整控制区的范围和边界。	满足

		要时应调整控制区的范围和边界。 7.4.4 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。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩个人剂量报警仪。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。	(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，还应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。	
	移动探伤的操作要求	7.5.2.1 应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。对于有多个γ射线源的使用单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 7.5.2.2 探伤作业开始前应备齐防护相关物品，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。 7.5.2.3 探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前，应进行目视检查以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落(或掉落)、损坏。	(1)建设单位应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。对于有多个γ射线源的建设单位，应使用与获得所需射线照片相一致的最低活度源。 (2)探伤作业开始前应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。 (3)探伤工作完成后，操作人员应使用便携式X-γ剂量率仪进行监测，以确保所有γ放射源均已完全退回源容器中，并且没有任何放射源留在曝光位置或脱落。操作人员在离开现场之前,应进行目视检查，以确保设备没有损坏。应通过锁定曝光设备并将防护屏蔽放在适当位置来准备好运输设备。曝光装置和辅助设备应物理固定在车辆中，以免在运输过程中脱落(或掉落)、损坏。	满足
	放射源贮存	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	(1)本项目建设单位已在本公司探伤房外设置专用放射源库。 (2)本项目建设单位配备放射源现场保险柜，工作间歇临时贮存时存于放射源现场保险柜，并在	满足

	设施	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。	存储在可上锁的房间内，临时贮存完毕后应进行巡测，确保存储安全。并派专人24h值守，γ射线探伤机需配置移动定位器。	
《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)	人员管理	建设单位应加强从业人员管理，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。	建设单位拟加强从业人员管理，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。	满足
	现场安全员	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转置等工作。现场安全员应接受与操作人员等同的辐射安全培训。	γ射线移动探伤作业时拟配备现场安全员，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。现场安全员拟与操作人员取得等同的辐射安全培训。	满足
	信息公示	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。	γ射线移动探伤室外作业时拟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。安全信息公示牌拟设置适应野外作业需要(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。	满足
	辐射安全主体责任	建设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。	建设单位拟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。	满足
《关于印发(关于γ射线探伤	安全管	(1)至少有1名以上专职人员负责辐射安全管理工作。 (2)每台探伤装置须配备2名以	(1)拟设置1名专职人员负责辐射安全管理工作。 (2)每台探伤装置拟配备2名操作	满足

装置的辐射安全要求)的通知》(环发〔2007〕8号)	理	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。 (3)必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 (4)明确2名以上工作人员专职负责放射源库的保管工作。放射源车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。 (5)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。	人员，操作人员拟参加辐射安全与防护培训，并考核合格。 (3)必须取得省级环境保护主管部门颁发的辐射安全许可证。 (4)拟设置2名源库保管员专职负责放射源库的保管工作。放射源车设置红外和监视器等保安设施，源库门拟设置双人双锁。探伤装置用毕不能及时返回本单位放射源库保管时利用保险柜现场保存，拟派专人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。 (5)更换放射源时，建设单位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。建设单位、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。	
	探伤机要求	(1)从事移动探伤作业的，应拥有5台以上探伤装置。 (2)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	(1)本项目拟配备5台γ射线探伤机。 (2)本项目探伤装置安全使用期限为10年，本单位禁止使用超过10年的探伤装置。	满足
	探伤机管理	(1)制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。定期核实探伤装置中的放射源，明确每枚放射源与探伤装置的对应关系，做到账物相符，一一对应。核实时应有2人在场，核实记录应妥善保存，并建立计算机管理档案。 (2)每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录，严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	(1)拟制定探伤装置的领取、归还和登记制度，放射源台帐和定期清点检查制度。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。 (2)拟每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修。并做好记录严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在故障的探伤装置。	满足
	现场探	(1)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	(1)探伤作业时，2名操作人员同时在场，每名操作人员应配备1台个人剂量报警仪和个人剂量计	满足

	伤作业	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。(2)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。 (3)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。 (4)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。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	。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。 (2)每次探伤工作前，操作人员拟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。 (3)探伤装置拟设置专车运输，专人押运。押运人员须全程监护探伤装置。 (4)室外作业时，拟设定控制区，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。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。	
	事故应急	发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。	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、卫生健康主管部门报告。	满足

本项目用于移动探伤的设备拟安装安全监控定位装置，每次移动探伤作业均需在江苏省高风险移动源在线监管系统（http://39.106.168.165:8080/fsy/login.html）中上传相关信息，便于监管部门了解移动γ探伤作业情况的要求。

3.2.3 本项目防护用品和监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求，企业配备的防护用品和检测仪器需满足探伤工作的要求，对从事放射源和射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制受照剂量，保证职业人员的健康。根据法规要求，本项目拟为每个辐射工作人员配备个人剂量计。为本项目配备辐射巡测仪和个人剂量报警仪。根据现场探伤的特点和法规要求，配备警戒灯、警戒线、电离辐射警告标志、警示标牌、应急工况下使用的长柄钳、铅防护服、铅眼镜铅手套、铅屏风等。详见下表10-5辐射防护用品一览表。

表10-5辐射防护用品一览表

固定式探伤（拟配备4名辐射工作人员）	
名称	**本项目防护用品总数**

辐射巡测仪	2台（每个探伤房1台）
个人剂量报警仪	4台（每人1台）
个人剂量计	4个（每人1个）
移动式探伤（拟配备4名辐射工作人员）	
辐射巡测仪	1台（每个移动探伤现场配备1台）
个人剂量报警仪	4台（每人1台）
现场警戒绳	3000m（每个移动探伤现场配2000m，1000,m备用）
警戒灯（工作状态指示灯）	6个（每个移动探伤现场配备4个，2个备用）
电离辐射警告标志	6个（每个移动探伤现场配备4个，2个备用）
声音提示装置	6个（每个移动探伤现场配备4个，2个备用）
“禁止进入射线工作区”警告牌	6个（每个移动探伤现场配备4个，2个备用）
“无关人员禁止入内”警告牌	6个（每个移动探伤现场配备4个，2个备用）
安全信息公示牌	2个（每个移动探伤现场配备1个，1个备用）
长柄钳	2个（每个移动探伤现场配备1个，1个备用）
铅手套、铅眼镜、铅防护服	2套（应急使用）
铅屏风	2mm厚铅屏风、4mm厚铅屏风、8mm厚铅屏风（长1m*宽1m）20mm铅屏风（长1m*宽1m）（用于靠近厂界的移动探伤场地）、铅橡胶毯
源库（拟配备2名辐射工作人员）	
辐射巡测仪	1台
个人剂量报警仪	2台（每人1台）
个人剂量计	2个（每人1个）

综上，本项目拟采取的辐射安全防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的相关要求，是可靠且合理可行的。

4、三废的治理

4.1 放射性三废

本项目运行过程中没有放射性废水、废气产生。

本项目γ射线探伤机内 ^{192}Ir 及 ^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，公司承诺当放射源达到使用年限需报废时，将由原生产厂家回收，承诺书详见附件4。

4.2 非放射性三废

本项目 X、γ射线探伤机在工作状态时，产生的 X、γ射线将会使曝光室内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。

本项目 X、γ射线探伤房内两间曝光室内均设计机械排风装置，X 射线探伤房排风口位于西南角地面，γ射线探伤房排风口位于东南角地面。X 射线探伤房

体积约为 699m^3，γ射线探伤房体积约为 731m^3，两间曝光室排风量均不低于 3000m^3/h，换气频率均大于 3 次/h。均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2022)中曝光室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。风管在地下 0.4m 以下穿过防护墙，不破坏屏蔽效果。两间探伤室的室外排风口均高出探伤房屋顶（室外）。X、γ射线探伤机在室外探伤时，产生的 X、γ射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目在洗片作业时在暗室产生的显影、定影废液及废胶片属于《国家危险废物名录》中的 HW16 号危险废物。公司已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同，探伤过程中产生的显影、定影废液及废胶片在收集后暂存于本项目拟建的危废暂存点，定期交由有资质单位处理处置，洗片废液及废胶片安全处置承诺书见附件 5。

洗片时产生一定量的三次以上清洗废水以及工作人员生活污水拟排入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目X、γ射线探伤房在建设过程中将产生施工噪声、扬尘和建筑垃圾污染，对环境会产生如下影响:

（1）大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

根据《施工场地扬尘排放标准》(DB 32/4437-2022)，施工场地所处设区市空气质量指数(AQI)不大于300时，施工场地扬尘排放浓度执行下表控制要求。

表11-1 施工场地扬尘排放标准

监测项目	浓度限值/（μg/m³）
TSP	500
PM_{10}	80

注：任一监控点（TSP自动监测）自整时起依次顺延15 min 的总悬浮颗粒物浓度平均值不应超过的限值。根据HJ 633判定设区市AQI在 200~300之间且首要污染物为PM_{10}或$PM_{2.5}$时，TSP实测值扣除 200 μg/m³后再进行评价。任一监控点（PM_{10}自动监测）自整时起依次顺延1h的 PM_{10}浓度平均值与同时段所属设区市PM_{10}小时平均浓度的差值不应超过的限值。

（2）噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

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

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

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

运行阶段对环境的影响

1. X、γ射线探伤房曝光室辐射环境影响分析

1.1 γ射线探伤辐射环境影响分析

γ射线辐射影响预测采用《辐射防护导论》（方杰编）γ点源空气比释动能率计算公式，计算出参考点的周围剂量当量率K_0：

$$K_0 = \frac{A \cdot \boldsymbol{\Gamma}_K \cdot B}{r^2} \qquad (11\text{-}1)$$

式中：K_0—参考点的空气比释动能率，μSv/h；

A—放射源活度，Bq；

$\boldsymbol{\Gamma}_K$—空气比释动能率常数，通过查阅《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表A.1，^{192}Ir放射源的Γ_K=0.17μSv·m^2/（MBq·h），^{75}Se放射源的Γ_K=0.072μSv·m^2/（MBq·h）；

r—参考点到放射源的距离，m；

B—屏蔽透射因子，根据屏蔽体厚度X，^{192}Ir γ射线在相应材质屏蔽体中的半值层厚度HVL，按公式$B=2^{-X/HVL}$计算。根据GBZ117-2022表A.2，^{192}Ir对混凝土的半值层为50mm，^{75}Se对混凝土的半值层为30mm。

利用上述公式（11-1）计算有屏蔽情况下参考点的周围剂量当量率K_0。

1.1.1 γ射线探伤房各侧墙体辐射影响分析

本项目γ射线探伤房拟采用100Ci的^{192}Ir、^{75}Se射线探伤机进行探伤，由于^{192}Ir核素最大能量为0.672MeV，大于^{75}Se的最大能量0.206MeV，因此γ射线探伤房辐射影响预测选取1台^{192}Ir探伤机，额定装源活度为3.7×10^{12}Bq进行评价。根据γ射线探伤房曝光室设计参数，按公司探伤时实际工作情况，射线探伤机照射头距离东北侧、西北侧、西南侧屏蔽墙的最短距离均为1m，距离东南侧屏蔽墙及工件门的最短距离均为2m，距离地面的最大高度均约为2m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门外表面的距离均为30cm，预测点位见图11-1，将相关参数代入公式（11-1），曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表11-2。

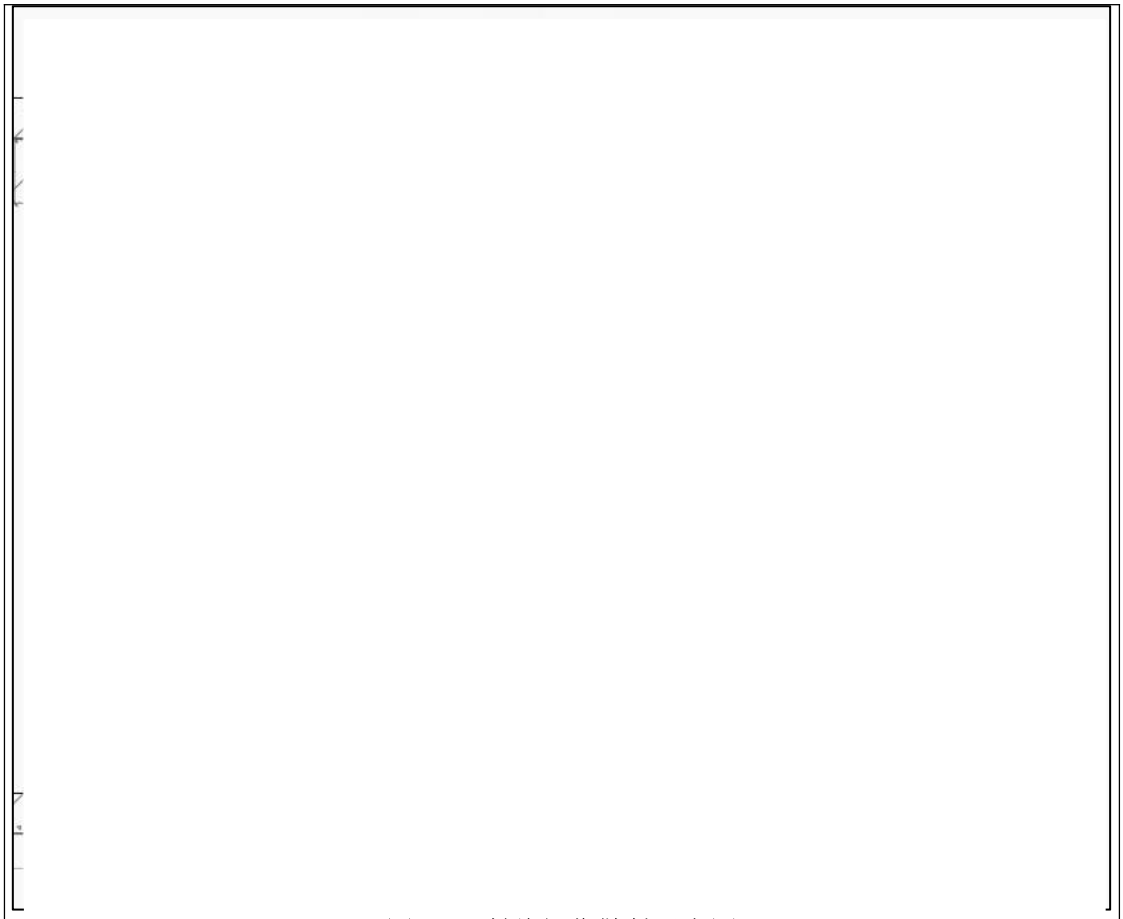


图11-1 γ射线探伤散射示意图

表11-2 γ射线探伤房曝光室各侧墙体屏蔽计算

参数	取值、计算及设计厚度					
	①西北侧工件门	②西北侧屏蔽墙	③东南侧屏蔽墙	④西南侧屏蔽墙	⑤东北侧屏蔽墙	屋顶
r（m）						
A（Bq）						
Γ_K（μSv·m²/（MBq·h））						
屏蔽厚度mm						
HVL（mm）						
B						
蔽体外参考点处周围剂量当量率 K_0（μSv/h）						
控制值K（μSv/h）	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	100
评价结果	满足	满足	满足	满足	满足	满足

根据表11-2的计算结果，当γ射线探伤房内开启1台活度为3.7×10^{12}Bq的^{192}Ir探伤机探伤时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为

0.495μSv/h，顶部外最大辐射剂量率约为4.412μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h及无人员到达的曝光室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平为100μSv/h”的管理目标要求。

1.1.2 γ射线探伤房天空反散射分析

本项目探伤室为单层建筑，屋顶属于人员不可达区域，因此主要考虑天空反散射的影响。天空反散射示意图见图11-2。

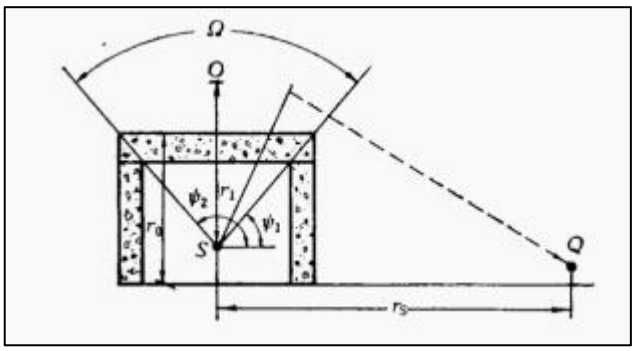


图11-2 天空反散射示意图

本项目γ射线探伤房内开启1台活度为3.7×10[12]Bq的[192]Ir探伤机探伤时，曝光室顶部30cm处的最大辐射剂量率约为4.412μSv/h。天空反散射辐射水平预测模式根据《辐射防护导论》P181公式(6.1)推导得出，具体计算公式如下：

$$H_{L,h} = \eta_{r,s} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / \left(0.67 \cdot r_i^2 \cdot r_s^2\right) \qquad (11\text{-}2)$$

式中：0.67—单位换算系数；

$H_{L,h}$—参考点处相应的剂量当量率，Sv/h；

$\eta_{r,s}$—透射比；

r_i—辐射源到屋顶上方2m处的距离m；

r_s—室外参考点到源的水平距离，本项目探伤房周围50m内没有敏感，取距源点16.82米外，r_s通过公式$r_s=b\cdot r_i/(r_i-c)$计算得到；

D_{10}：离源上方1m处的吸收剂量指数率，$Gy\cdot m^2\cdot min^{-1}$，本项目$D_{10}=f_m A\Gamma=37.29J\cdot C^{-1}\times 3.7\times 10^{12}Bq\times 8.966\times 10^{-19}C\cdot m^2\cdot kg^{-1}\cdot Bq\cdot s^{-1}=7.422\times 10^{-3}Gy\cdot m^2\cdot min^{-1}$。

Ω：辐射源对屋顶张的立体角，单位为球面度，sr。$\Omega=4tg^{-1}(ab/cd)$，其中a是屋顶长度之半，b是屋顶宽度之半，c是辐射源到屋顶表面中心的最小距

离(此处a、b的值按照曝光室顶部外表面长、宽的一半取值，c取放射源离顶部最近时，到屋顶外表面的距离，即加上屋顶墙体厚度)；d是源到屋顶边缘的距离，$d=(a^2+b^2+c^2)^{1/2}$：本项目a=5.9m，b=4.425m，c=5.6m，计算得d=9.26m，Ω=1.86sr。

将相关参数代入公式11-2中，计算可得使用γ射线探伤机时，天空反散射影响见下表11-3。

表11-3 天空反散射影响预测表

参数	曝光室参数取值或计算结果
D_{10}（$Sv\cdot m^2\cdot min^{-1}$）	
Ω（sr）	
$\eta_{r,s}$	.
r_i（m）	
r_s（m）	
瞬时剂量率（μSv/h）	

从表11-3中预测结果可以看出，当装源活度为3.7×10^{12}Bq的^{192}Ir射线探伤机运行时，天空反散射影响值小于0.001μSv/h，γ射线穿出探伤室屏蔽墙的Q点处剂量率为0.008μSv/h，因此Q点的剂量率总和能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求。

1.1.3 γ射线探伤房迷道设计及人员门屏蔽效果分析

根据《辐射防护导论》p189的结论“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门。”本项目γ射线探伤房曝光室内设计有“L”型迷道，探伤机工作时射线至少经过四次以上散射才能达到出口处，且人员进出门采用10mm铅屏蔽。因此本项目γ射线探伤房曝光室的迷道设计能保证迷道口人员的安全。

1.2 X射线探伤辐射环境影响分析

1.2.1 X射线探伤房各侧墙体辐射影响分析

（1）有用射束方向屏蔽效果预测

本项目探伤房探伤时仅开启1台X射线探伤机。本次评价拟将曝光室西北（工件门）、顶部、东南侧屏蔽墙按照有用射束照射进行估算，以曝光室西南侧、东北侧屏蔽墙（控制室）按照非有用射束照射进行估算；本项目以XXGHP-3005型周向X射线探伤机以满功率（300kV/5mA）运行时对探伤房四周辐射环境影响进行预测。根据γ射线探伤房曝光室设计参数，按公司探伤时实际工作情

况，射线探伤机照射头距离东北侧、东南侧、西南侧屏蔽墙的最短距离均为1m，距离西北侧屏蔽墙的最短距离为2m，距离地面的最大高度均约为2m，参考点距离各屏蔽墙、屋顶及防护门外表面的距离均为30cm，预测点位见图11-3，将相关参数代入公式（11-3），曝光室屏蔽墙外辐射防护水平理论计算结果见表11-4。

本项目有用线束方向预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H}=I\cdot H_o\cdot B/R^2 \qquad (11\text{-}3)$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，本项目保守按照最大管电流5mA计算；

H_0：距辐射源点（靶点）1m处输出量，本项目最大管电压为300kV，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1，300kV电压下滤过条件为3mmAl的X射线管距辐射源点（靶点）1m处输出量为20.9mGy·m^2/(mA·min)，$H_{0=}$1.254×10^{6}μSv·m^2/（mA·h）；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，无量纲；

$$B=10^{-X/TVL} \qquad (11\text{-}4)$$

式中：X：屏蔽物质厚度，mm；

TVL：屏蔽物质的什值层厚度，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表B.2，300kV管电压下混凝土对应的TVL值为100mm，铅的TVL值为5.7mm；

（2）非有用线束屏蔽效果预测

本项目非有用线束方向预测计算模式采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

①泄漏辐射

$$\dot{H}=\dot{H}_L\cdot B/R^2 \qquad (11\text{-}5)$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$：距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，取值参考《工

业X射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表1，故H_L=5000μSv/h；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B：屏蔽透射因子，计算公式同（11-4）。

②散射辐射

$$\dot{H}=（I\cdot H_o\cdot B/Rs^2）\cdot（F\cdot\alpha/R_o^2）\qquad（11\text{-}6）$$

式中：$\dot{H}$：关注点处剂量率，μSv/h；

I：X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，5mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m处输出量，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1，本项目散射辐射能量为200kV，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.1，在2mmAl过滤条件下距辐射源点1m处输出量保守取值为28.7mSv·m²/mA·min，因此本项目H_0=1.722×10⁶μSv·m²/（mA·h）；

B：屏蔽透射因子，计算公式见（11-4）。

TVL-先根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表2查得本项目原始X射线300kV所对应的90°散射辐射最高能量相应的kV值为200kV，再根据表B.2查得90°散射辐射的TVL值。200kV工况下混凝土的什值层取86mm；

Rs：散射体至关注点的距离，m；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为m；

F：R_0处的辐射野面积，单位为m²。

α：散射因子。入射辐射被单位面积(1m²)散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业x射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)中的附录B表B.3；



图11-3 X射线探伤散射示意图

表11-4 本项目探伤房X射线探伤机有用方向屏蔽效果预测表

关注点	屏蔽设计厚度（mm）	I（mA）	H_0 μSv·m²/（mA·h）	B	R（m）	H（μSv/h）	剂量率参考控制水平（μSv/h）	评价
⑦西北侧工件门							2.5	满足
⑧东南侧屏蔽墙							2.5	满足
⑪屋顶							2.5	满足

表11-5 本项目探伤房X射线探伤机非有用方向屏蔽效果预测表

序号		⑨	⑩
关注点		西南侧屏蔽墙	东北侧屏蔽墙
X设计厚度（mm）			
泄漏辐射	B		
	$\dot{H}_L$(μSv/h)		

	R（m）		
	Ḣ（μSv/h）		
散射辐射	散射后能量对应的kV值		
	X设计厚度（mm）		
	B	.	.
	I（mA）		
	H_o（μSv·m²/(mA·h)）		
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$		-
	R_S（m）		
	Ḣ（μSv/h）		.
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)			
剂量率参考控制水平(μSv/h)		2.5	2.5
评价		满足	满足

从表11-4、表11-5预测结果可以看出，当本项目X射线探伤房以XXGHP-3005型周向X射线探伤机满功率(300kV/5mA)运行时，曝光室各侧屏蔽墙体和工件门外最大辐射剂量率约为0.157μSv/h，顶部外最大辐射剂量率约为1.801μSv/h，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h及无人员到达的曝光室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平为100μSv/h”的管理目标要求。

1.2.2 X射线探伤房天空反散射分析

本项目XXGHP-3005型周向X射线探伤机满功率(300kV/5mA)运行时，曝光室顶部外表面30cm处的剂量率为1.801μSv/h，穿透顶部屏蔽体后的X射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率将更低，因此其天空反散射能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”的要求。

1.2.3 X射线探伤房迷道设计及人员门屏蔽效果分析

根据《辐射防护导论》p189的结论“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。这时，迷道口也只需采用普通门。”本项目X射线探伤房曝光室内设计有“L”型迷道，探伤机工作时射线至少经过三次以上散射才能达到出口处，且人员进出门采用10mm铅屏蔽。因此本项目X射线探伤房曝光室的迷道设计能保证迷道口人员的安全。

1.3 X、γ探伤房电缆管道和通风管道屏蔽效果分析

本项目固定式X射线探伤房西墙、γ射线探伤房东墙拟设置地下“U”型通风管道,通风管道直径为300mm，埋于地坪以下500mm。X射线探伤房东墙、γ射线探伤房西墙拟设置地下“U”型电缆管道，电缆管道直径为160mm，埋地深度约为500mm。通风及电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体。X射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达通风管道口处。根据《辐射防护导论》第189页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能伤证迷道口工作人员的安全”，由此可推断通风管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风、电缆管道散射示意图见图11-4。

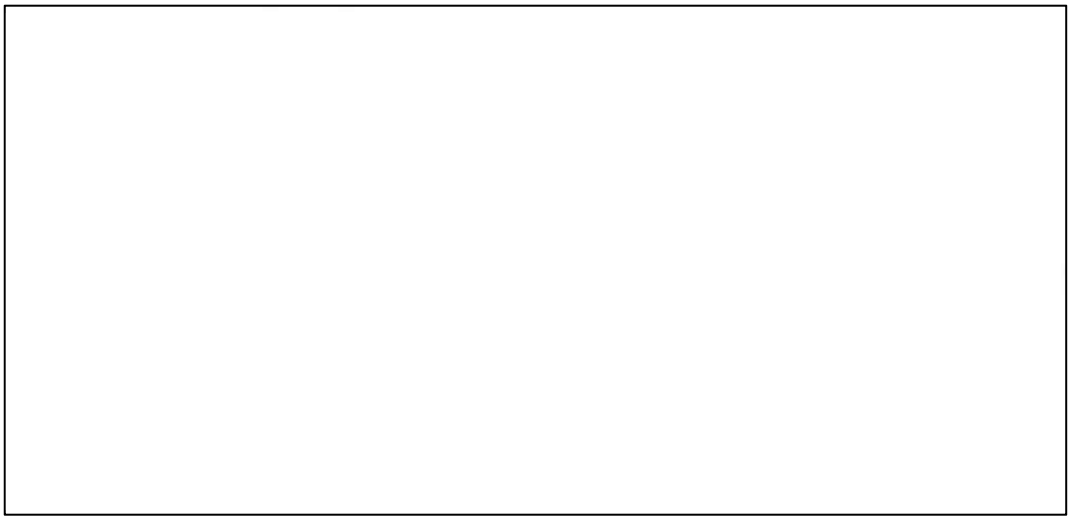


图11-4 X、γ电缆管道和通风管道散射示意图

本项目X射线探伤房工件门门洞尺寸为5.5m宽×6m高，工件门尺寸为7.3m宽×6.6m高，工件门左侧搭接700mm，右侧搭接1000mm，下侧搭接100mm，顶部搭接500mm；γ射线探伤房工件门门洞尺寸为5.5m宽×6m高，工件门尺寸为6.7m宽×6.6m高，工件门左侧搭接400mm，右侧搭接800mm，下侧搭接100mm，顶部搭接500mm。人员门门洞尺寸均为0.8m宽×2.0m高，人员门尺寸为1m宽×2.4m高，人员门左右各搭接200mm，上下各搭接100mm。探伤房的工件门、人员门与墙体重叠部分均大于工件门、人员门与墙体缝隙宽度的10倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2 源库辐射影响预测

2.1放射源屏蔽状态下辐射影响

本项目γ射线探伤房内拟使用活度为3.7×10^{12}Bq的^{192}Ir放射源1枚、3.7×10^{12}Bq

的^{75}Se放射源1枚，移动探伤拟使用活度为3.7×10^{12}Bq的^{192}Ir放射源2枚、3.7×10^{12}Bq的^{75}Se放射源1枚。当放射源处于探伤机源容器内时，根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)，P类探伤机源容器外5cm处周围剂量当量率$\dot{K}_1$≤0.5mSv/h，表面1m处周围剂量当量率$\dot{K}_1$≤0.02mSv/h。周围剂量当量率与距离平方成反比，因此根据公式(11-7)可计算得出距离探伤机不同位置处的辐射水平。

$$\dot{K}_1 = \dot{K}_0 \cdot (R_0 + 0.15)^2 / (R_1 + 0.15)^2 \qquad (11\text{-}7)$$

式中$\dot{K}_1$—距探伤机源容器表面R处的周围剂量当量率，mSv/h；

$\dot{K}_0$—距探伤机源容器表面1m处的周围剂量当量率，mSv/h；

R_0—源容器表面外1m；

R_1—参考点距容器表面的距离，m；

0.15—源贮存位置至源表面距离。

表11-6 距探伤机源容器不同距离处的辐射水平估算结果

参考点至源容器表面距离R_1（m）	0.2	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	2.0	3.0
参考点至源贮存位置距离（m）	0.35	0.65	0.75	0.95	1.15	1.35	1.55	2.15	3.15
周围剂量当量率（mSv/h）	0.216	0.063	0.047	0.029	0.02	0.015	0.011	0.0057	0.0027

注：源贮存位置至源表面距离取15cm

通过表11-6中计算数据可以看出，本项目γ射线探伤机未工作时由于探伤机自身源容器的屏蔽防护，放射源对曝光室外环境影响较小，但辐射工作人员在曝光室内移动探伤机或进行其他活动的过程中将受到一定的外照射。因此，实际工作过程中辐射工作人员应注意控制与探伤机接触时间，在曝光室内进行工件调运、胶片贴、取等其他工作时还应注意与探伤机保持一定的距离。

2.2 源库防护性能预测

本项目储源库依托探伤房，拟建于γ射线探伤房的东北侧屏蔽墙外（见附图4），用于贮存本项目X、γ射线探伤房及移动探伤使用的γ射线探伤机。源库的内净尺寸为3m（长）×2m（宽）×4m（高）。源库西南墙依托γ探伤房的900mm

混凝土屏蔽墙，西北墙、东北墙以及东南墙拟采用400mm混凝土浇筑，顶部拟采用300mm混凝土浇筑，源库防护门拟采用14mmPb防护，设置双人双锁。源库内设置储源箱用于贮存γ射线探伤机，共5个储源箱，每个储源箱单独放置一台γ射线探伤机，能够满足公司拟配置的5台γ射线探伤机的贮存要求。

关注点处周围剂量当量率与其至源点的距离平方成反比，放射源暂存库表面30cm处的周围剂量当量率可按下式计算：

$$\dot{K} = \frac{K_0(R_0 + 0.15)^2}{R_1^2} \cdot B \qquad (11\text{-}8)$$

式中：$\dot{K}$—参考点处的周围剂量当量率，μSv/h；

R_1—参考点至源的距离，m；

R_0—源容器表面外1m；（注：公式11-6中0.15m为源贮存位置至源容器表面距离）；

$\dot{K}_0$—距源容器外表面1m处的周围剂量当量率控制值，μSv/h，取为0.02mSv/h，（见《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）表2中P类探伤机）；

B—屏蔽透射因子，无量纲，按公式$B=2^{-X/HVL}$计算（^{192}Ir在铅中的HVL为3mm，在混凝土中的HVL为50mm；^{75}Se在铅中的HVL为1mm，在混凝土中的HVL为30mm（GBZ117-2022表A.2））；

图11-5 源库外辐射剂量率计算点位图

将相关参数代入公式（11-8），计算得到源库外表面30cm处的周围剂量当量率见下表11-7。

表11-7 放射源暂存库屏蔽计算结果

参数	⑫东北墙	⑬东南墙	⑭西南墙	⑮西北墙	⑯防护门（西北墙）	⑰顶部
^{192}Ir γ射线探伤机						
源到各屏蔽体外表面30cm处距离（m）①						
无屏蔽体时3台^{192}Ir γ射线探伤机表面1.0m处的周围剂量当量率$\dot{K}_0$ (mSv/h) ②						
屏蔽材料及厚度						
屏蔽透射因子B ^{192}Ir						
源库外表面30cm处的周围剂量当量率K（μSv/h）						
源到各屏蔽体外表面30cm处距离（m）						
无屏蔽体时2台^{75}Se γ射线探伤机表面1.0m处的周围剂量当量率$\dot{K}_0$ (mSv/h) ②						
屏蔽材料及厚度						
屏蔽透射因子B ^{75}Se						
源库外表面30cm处的周围剂量当量率K（μSv/h）						
合计						

①“无屏蔽”指的是源容器表面无屏蔽措施时1.0m处的周围剂量当量率；

由表11-7计算结果可知，当5台γ射线探伤机全部放在源库内时，源库外表

面30cm处最大辐射水平合计为1.22（防护门外），能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中放射源贮存库外周围剂量当量率小于2.5μSv/h的要求，该放射源库防护设计能够满足γ射线探伤机的贮存要求。

3 厂区内移动式X、γ射线探伤辐射影响预测

南通利柏特重工有限公司本项目移动式X、γ射线探伤项目只针对厂区移动探伤区域内的设备、管道(钢材料)等进行无损检测。现场探伤仅在夜间10点后进行，探伤时每次仅允许在本项目划定的探伤区域内开启一台探伤机进行探伤，且不与监督区、控制区内的其他探伤房同时使用，以避免交叉照射。

探伤前根据探伤工件需要选择合适的探伤机，并由辐射工作人员巡查控制区及监督区内的人员滞留情况，待清场完毕后进行示警、探伤。本项目拟用于移动探伤的有2台^{192}Ir γ射线探伤机、1台^{75}Se γ射线探伤机和4台X射线探伤机，其中^{192}Ir 及^{75}Se γ射线探伤机的额定装源活度均为3.7×10^{12}Bq，X射线探伤机的最大管电压为350kV，最大管电流为5mA。

3.1 移动式γ射线探伤辐射影响预测

参考海门伽玛星探伤设备有限公司生产的γ射线探伤机，其为移动探伤现场提供使用的曝光头(准直器)一般为钨合金，100Ci规格的^{192}Ir探伤机，曝光头壁厚一般为25mm(10HVL)，直径为40mm；100Ci规格的^{75}Se探伤机，准直器壁厚一般为20mm(10HVL)，直径为40mm。

对于探伤用放射源，在检测时，由于射线能量不变，所以不仅规定了透照厚度的上限(考虑到穿透力)，同时规定了透照厚度的下限(考虑到灵敏度)。在进行探伤工作前，将依据工件厚度需要选择合适的γ射线探伤机，对于^{192}Ir探伤机而言，其一般用于透照30mm~50mm厚的钢材料工件（经查《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 2022）表A.2，钢对^{192}Ir放射源的半值层厚度为14mm）；对于^{75}Se探伤机而言其一般用于透照8mm~30mm厚的钢材料工件（经查《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 2022）表A.2，钢对^{75}Se放射源的半值层厚度为9mm）。本次理论预测分别选取^{192}Ir典型工况条件(源初始活度3.7×10^{12}Bq，探伤材料保守选取30mm厚钢材料)及^{75}Se典型工况条件(源初始活度3.7×10^{12}Bq，探伤材料保守选取8mm厚钢材料)，估算正常工况下控制区及监督区范围。

对于靠近厂区边界的大型工件，企业为了加强管理，探伤时拟用20mm、

8mm铅屏风以及铅橡胶毯等进行屏蔽（经查《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 2022）表A.2，铅对^{192}Ir放射源的半值层厚度为3mm，铅对^{75}Se放射源的半值层厚度为1mm)。

（1）周围当量剂量率计算公式根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 2022）公式A.1推导得出，具体计算公式如下：

$$H_0 = A \cdot \Gamma_k / R^2 \cdot B \qquad (11\text{-}9)$$

式中：H_0—在距离放射源r处的周围当量剂量率，控制区取15μSv/h，监督区取2.5μSv/h；

A—放射源的活度，单位为Mbq，本项目取3.7×10^6MBq；

Γ_K—周围剂量当量率常数，本项目Γ（^{192}Ir）=0.17μSv·m^2/（MBq·h），Γ（^{75}Se）=0.072μSv·m^2/（MBq·h）；

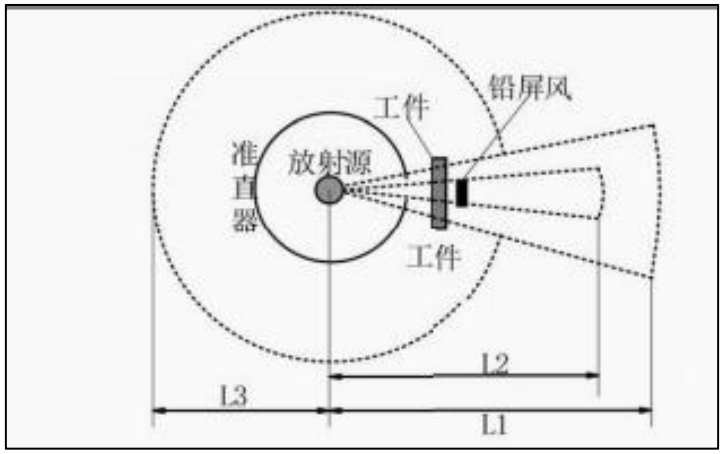
R—参考点离放射源的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

（2）探伤过程中的控制区、监督区距离理论估算：

本项目使用γ射线探伤机(^{192}Ir和^{75}Se探伤机)，初始放射源活度均为3.7×10^{12}Bq。γ射线探伤机均计划配置准直器，准直器为厚度25mm钨合金。照射方向可能被工件、铅屏风进行屏蔽。放射源γ射线经工件、铅屏风或准直器屏蔽衰减后，将减少辐射影响范围。根据公式(11-10)计算控制区和监督区范围。

$$R = \sqrt{\frac{A \cdot \Gamma_K \cdot B}{\dot{H}_0}} \qquad (11\text{-}10)$$



L1：有用方向线束经工件衰减时要求的控制区距离；

L2：有用线束方向，经工件及屏蔽措施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后要求的控制区距离。

图11-6 γ射线移动探伤现场划区示例图

表11-8 ^{192}Ir γ射线探伤机探伤控制区和监督区估算结果

工件厚度			
/			
$A\cdot\Gamma_K$（μSv/h）			
H_0	控制区取15μSv/h，监督区取2.5μSv/h		
B			
控制区（m）			
监督区（m）			

注：^{192}Ir对钢的半值层HVL=14mm，对铅的半值层HVL=3mm，对钨的半值层HVL=2.5mm。

表11-9 ^{75}Se γ射线探伤机探伤控制区和监督区估算结果

工件厚度			
/			
$A\cdot\Gamma_K$（μSv/h）			
H_0	控制区取15μSv/h，监督区取2.5μSv/h		
B			
控制区（m）			
监督区（m）			

注：^{75}Se对钢的半值层HVL=9mm，对铅的半值层HVL=1mm，对钨的半值层HVL=2.5mm

上述理论计算结果仅为本项目γ射线探伤控制区和监督区划分提供参考。在实际探伤过程中，被检测工件的厚度、形状以及探伤现场地形及周围建筑物等的不同均对辐射场的辐射剂量水平分布有很大的影响，因此，在实际探伤过程中，工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求，将周围当量剂量率在15μSv/h以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围当量剂量率在2.5μSv/h以上的范围内划为监督区，并通过实际巡测划定控制区和监督区的范围。在开机测试过程中，测试人员不可避免要受到一定的剂量照射，因此，测试人员应做好个人防护措施，尽可能避免或降低受照的剂量。

公司在进行γ射线探伤过程中应注意对控制区和监督区的管理和控制，若探伤现场不能满足监督区的防护距离时，应对射线探伤机附加一定的防护装置如铅屏风、集光筒、限束板等或采取其他防护措施，限制射线束中的无用射线，

减小散射面积减少散射量，屏蔽漏射线，降低探伤作业现场周围的辐射水平，缩小控制区和监督区的范围。若场地无法满足移动探伤划区要求，建设单位不能开展移动探伤作业。

3.2 移动式X射线探伤辐射影响预测

公司拟按照《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)的要求，将周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，现根据该单位配备的X射线探伤机的参数及对应探伤工件的厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围。

公司移动式X射线探伤根据待检测的工件材料及厚度选用相应的探伤机。本项目移动探伤使用的X射线探伤机分别为XXG-1605型X射线探伤机，最大管电压为160kV，管电流为5mA。一般用于对厚度为20mm~40mm的钢件进行探伤；XXG-2505型X射线探伤机，最大管电压为250kV，管电流为5mA。一般用于对厚度为40mm~45mm的钢件进行探伤；XXG-3005、XXGHP-3005型X射线探伤机，最大管电压为300kV，管电流为5mA。一般用于对厚度为50mm~55mm的钢板进行探伤。根据不同厚度的钢板调节管电压，钢板越厚，其选取的管电压也越大。

本次评价估算采用《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（4）、公式（8）及公式（10）的推导公式：

（1）有用线束

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（4）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{I\cdot H_0\cdot B}{\dot{H}}} \qquad (11\text{-}11)$$

式中：$\dot{H}$—关注点处剂量率，μSv/h；

I—X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0—距辐射源点(靶点)1m处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，取值见表9-3

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

本项目移动X射线探伤假设探伤机满功率运转，将不同探伤机相关参数代入公式(11-11)，可以估算出探伤过程中不同X射线探伤机主射线经工件及铅屏风屏

蔽后的控制区和监督区范围见表11-10。

表11-10 主射线方向控制区和监督区距离估算

型号	XXG-1605型定向探伤机	XXG-2505型定向探伤机	XXG-3005型定向探伤机	XXGHP-3005型周向探伤机
工件厚度/等效铅厚度①				
H_0 μSv·m²/(mA·h)				
I（mA）	5	5	5	5
TVL（mm）②		.		
屏蔽透射因子B				
控制区距离（m）				
监督区距离（m）				
经铅屏风屏蔽				
TVL（mm）②				
屏蔽透射因子B				
控制区距离（m）				
监督区距离（m）				

注：①根据《辐射防护手册（第三分册）辐射安全》表3.4，使用插值法计算不同厚度的钢所对应的铅厚度。②参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.2，根据不同电压取相应什值层厚度TVL。

（2）非有用线束

①泄漏辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（8）推导得出：

$$R=\sqrt{\frac{H_L\cdot B}{H}} \qquad (11\text{-}12)$$

式中：Ḣ—关注点处剂量率，μSv/h；

$\dot{H}_L$—距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，取值《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中表1；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B—屏蔽透射因子。

②散射辐射

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（10）推导得出：

$$R_s = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{H}} \bullet \sqrt{\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \qquad (11\text{-}13)$$

式中：Ḣ—关注点处剂量率，μSv/h；

I—X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0—距辐射源点（靶点）1m处输出量，μSv·m²/(mA·h)，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录表B.1；

Bs—散射线屏蔽透射因子；

Rs—散射体至关注点的距离，m；

R_0—辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为m；

F—R_0处的辐射野面积，单位为m²。

α—散射因子。入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，可以用水的α值保守估计，取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录B表B.3；计算公式中的$R_0^2/F\alpha$因子根据GBZ/T250-2014附录B中B.4.2中给出的值（150kV取60、200kV～400kV取50）取50；

（3）泄漏射线和散射射线复合

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中公式（8）和公式（10）推导得出：

$$R = \sqrt{\frac{H_L \cdot B}{H} + \frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{H} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \qquad (11\text{-}14)$$

表11-11 泄漏辐射与散射辐射控制区与监督区估算结果

型号	XXG-1605型定向探伤机	XXG-2505型定向探伤机	XXG-3005型定向探伤机	XXGHP-3005型周向探伤机
散射				
散射能量（kV）	150	200	200	200
H_0 μSv·m²/(mA·h)				

I（mA）	5	5	5	5
$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$①				
屏蔽透射因子Bs				
泄漏（经铅屏风屏蔽）				
H_L μSv·m²/(mA·h)	2.5×10³	5×10³	5×10³	5×10³
铅屏风屏蔽				
TVL（mm）②				
屏蔽透射因子B	.			
控制区距离（m）				
监督区距离（m）				

注：①取值参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录B中B.4.2。②参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表B.2，根据不同电压取相应什值层厚度TVL。

结合表11-8~11-11的计算结果，本项目移动探伤无屏蔽条件下控制区最大为180m，监督区为442m。

上述理论计算结果仅为本项目X射线探伤控制区和监督区划分提供参考。实际探伤过程中X射线探伤机管电压的降低、照射角度改变、被检测工件厚度的增加以及探伤现场遮蔽物都会使辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区范围。因此在实际探伤过程中探伤人员应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求通过辐射巡测仪实测，将辐射剂量率在15μSv/h以上的范围划为控制区，将辐射剂量率在2.5μSv/h以上的范围划为监督区。公司进行移动探伤时应确保将监督区边界控制在可监管范围内，若区域边界仍不能满足监督区划分要求时，现场应采取适当屏蔽措施或其他防护措施，如在探伤机周围放置厚钢板或铅屏风等，确保探伤区域边界辐射剂量率不大于2.5μSv/h要求。

4 辐射工作人员和公众剂量估算

4.1 固定式X、γ射线探伤辐射工作人员及公众年有效剂量估算

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

$$H_c = H_{c,d}\cdot t\cdot U\cdot T \qquad (11\text{-}15)$$

式中：Hc—关注点的周/年有效剂量水平，μSv/周，μSv/年；

$\dot{H}_{c,d}$—关注点处剂量率，μSv/h；

t—探伤装置照射时间，h/周，h/年；

U—探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T—人员在相应关注点驻留的居留因子。

4.1.1 辐射工作人员固定探伤期间所受叠加周/年有效剂量汇总

本项目X、γ射线探伤房拟配备4名辐射工作人员从事探伤工作，本项目运行后辐射工作人员的年有效剂量贡献值，主要包括四部分：(1)X、γ射线探伤机正常探伤作业时，曝光室周围的辐射工作人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的X、γ射线产生的有效剂量；(2)在从放射源暂存库内提取、归还γ射线探伤机以及在γ射线探伤机摆位过程中，由于近距离接触γ射线探伤机而受到的有效剂量；(3)γ射线探伤过程中，源收回至源容器后辐射工作人员中途更换被检测工件和重新贴片期间受到的有效剂量；(4)X射线探伤作业时，摆位、更换被检测工件和重新贴片时受到储存于源库的γ射线探伤机所致的剂量。各操作过程中辐射工作人员年工作时间见表11-12。

表11-12 各操作过程中辐射工作人员周/年工作时间表

过程	周工作时间（h）	年工作时间（h）
X射线探伤作业		
γ射线探伤作业		
提取、归还γ射线探伤机以及在γ射线探伤机摆位		
γ射线探伤更换被检测工件和重新贴片		

（1） 辐射工作人员在探伤作业时周/年有效剂量

对于本项目X、γ射线探伤房操作室内的辐射工作人员，根据表11-2~表11-5计算结果可知，X射线探伤房辐射工作人员所在操作室的辐射剂量率最大约为0.157μSv/h，γ射线探伤房辐射工作人员所在操作室的辐射剂量率最大约为0.495μSv/h，按照最不利情况，两间探伤房同时工作时，操作室的辐射工作人员剂量进行叠加。将相关参数代入公式(11-7)中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-13。

表11-13 辐射工作人员周/年工作时间表

关注点	使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）	合计

γ射线探伤房西南墙外	1	1（操作室内）						0.522
X射线探伤房东北墙外	1	1（操作室内）						

（2） 辐射工作人员提取、归还γ射线探伤机以及在γ射线探伤机摆位所受周/年有效剂量

本项目辐射工作人员提取和归还γ探伤机以及摆位时近距离接触放射源会受到一定剂量的射线照射，辐射工作人员受照射时间见表11-12。假设提取、归还γ射线探伤机及γ射线探伤机摆位时，辐射工作人员离射线探伤机表面约50cm，根据表11-6可知，辐射工作人员所受剂量率约为63μSv/h。将相关参数代入公式(11-7)中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-14。

表11-14 辐射工作人员周/年工作时间表

关注点	使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
未开机时γ射线探伤机表面50cm处	1	1					0.788

注：估算时假设X、γ射线探伤房拟配备的2名工作人员轮流作业，则周工作时间约为0.25h，年工作时间约为12.5h。

（3） γ 射线探伤过程中，源收回至源容器后辐射工作人员中途更换被检测工件和重新贴片期间受到的有效剂量

辐射工作人员中途更换被检测工件和重新贴片期间会受到一定剂量的射线照射，由于公司探伤过程中在曝光室内搬运工件及贴取胶片时间见表11-12。设工作期间辐射工作人员距γ射线探伤机最小距离为2m，根据表11-6，辐射工作人员所受剂量率约为5.7μSv/h。2名辐射工作人员轮流作业，将相关参数代入公式(11-7)中计算得到辐射工作人员有效剂量见表11-15。

表11-15 辐射工作人员周/年工作时间表

关注点	使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/	年剂量估算值（mSv/

						周）	年）
未开机时γ射线探伤机表面2cm处	1	1					

注：估算时假设2名辐射工作人员轮流作业，则周工作时间约为6h，年工作时间约为300h。

根据表11-13~表11-15，辐射工作人员探伤期间所受叠加周/年有效剂量汇总见表11-16。

表11-16 辐射工作人员周/年工作时间表

关注点	周剂量估算值（μSv/周）	周剂量汇总值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）	年剂量汇总值（mSv/年）
γ射线探伤作业				
X射线探伤作业				
提取、归还γ射线探伤机以及在γ射线探伤机摆位				
γ射线探伤更换被检测工件和重新贴片				

根据表11-16可知，本项目X、γ射线探伤房投入运行后，探伤房曝光室辐射工作人员所受叠加周有效剂量最大值约为60.382μSv，年有效剂量最大值约为3.02mSv，能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv。

由于本项目γ射线探伤过程中辐射工作人员的受照剂量受多种不确定因素的影响，辐射工作人员的受照射情况复杂多变，难以准确估算其年有效剂量，因此上述理论估算结果只能大致反映出辐射工作人员受照射程度。本项目辐射工作人员在工作过程中均应佩戴个人剂量计并进行职业健康体检，对于个人剂量监测结果异常的辐射工作人员，公司应查明其剂量异常的原因并上报主管部门，同时公司拟根据个人剂量监测结果以及健康体检结果及时对辐射工作人员工作岗位进行调整，确保其周/年有效剂量满足本项目的剂量约束值要求。

4.1.3 探伤作业期间公众所受叠加周/年有效剂量汇总

本项目公众人员主要为评价范围内的其他公众人员。本项目运行后公众人员的周/年有效剂量贡献值主要为X、γ射线探伤机正常探伤作业时，曝光室周围的公众人员受到的经过墙体和防护门屏蔽衰减后的X、γ射线产生的有效剂量。根据表11-2、表11-4、表11-5中计算结果，将相关参数代入公式(11-15)可估算出

本项目X、γ射线探伤房曝光室周围公众的周/年有效剂量见表11-17。

表11-17 本项目X、γ射线探伤房曝光室周围公众的周/年有效剂量表

关注点		使用因子U	居留因子T	剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/年）
γ射线探伤房	①西北侧工件门	1						
	③东南侧屏蔽墙	1						
	⑤东北侧屏蔽墙	1						
X射线探伤房	⑦西北侧工件门	1						
	⑧东南侧屏蔽墙	1						
	⑨西南侧屏蔽墙	1						

根据表11-17中的计算结果可知，本项目X、γ射线探伤房周围公众周有效剂量最大值约为0.99μSv，年有效剂量最大值约为0.049mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：公众周有效剂量不超过5μSv/周，年有效剂量不超过0.1mSv/a。

对于本项目X、γ射线探伤房周围50m范围内的其他公众，根据前文理论预测结果，X、γ射线经距离的进一步衰减后，基本湮灭在环境本底辐射中，可推断本项目X、γ射线探伤房周围50m评价范围内其他公众年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值的要求。

4.2 移动式X、γ射线探伤辐射工作人员及公众年有效剂量估算

本项目运行后，预计年现场X、γ射线移动探伤的总曝光时间约为200h左

右，以一年工作50周计，周曝光时间约为4h。公司拟为移动探伤项目配备4名辐射工作人员，其中2名为操作人员，2名为现场安全员，辐射工作人员在控制区边界外作业，其所处场所的辐射剂量率不超过15μSv/h，居留因子取1，则其年有效剂量最大为3mSv。每年每名辐射工作人员γ射线探伤前、后贴取胶片的时间取100h，设工作期间辐射工作人员距离探伤机最小距离约为3m，根据表11-4可知，贴片时辐射工作人员所受辐射剂量率约为2.7μSv/h，则每名辐射工作人员贴取胶片过程中受到的年有效剂量约为0.27mSv，故移动探伤辐射工作人员年有效剂量最大为3.27mSv/a，周有效剂量最大为5.4μSv/周。

公众按照移动探伤监督区边界2.5μSv/h估算，时间取200小时，居留因子取1/8(仅在夜间工作)，则项目周围公众年有效剂量最大为0.063mSv，周有效剂量最大为1.26μSv/周。能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员的剂量约束值要求：职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv；公众周有效剂量不超过5μSv/周，年有效剂量不超过0.1mSv/年。

4.3 储源库保管员及公众年有效剂量估算

本项目运行后，源库保管人员按照提取时间、在源库内的停留时间以及在办公室值班的时间分别估算周、年有效剂量。

表11-18 源库保管员周、年有效剂量估算

关注点	类别	关注点辐射剂量率	有效时间	周有效剂量	年有效剂量	合计
源库保管员	①					
	②	-				
	③					

		.				

表11-19 本项目源库周围公众的周/年有效剂量表

关注点		使用因子U	居留因子T	源库表面外30cm处剂量率值（μSv/h）	关注点处剂量率值（μSv/h）	周工作时间（h）	年工作时间（h）	周剂量估算值（μSv/周）	年剂量估算值（mSv/周）
源库	⑫东北墙	1							
	⑬东南墙	1							
	⑯防护门（西北墙）	1							

注：①本项目源库周围公众以每日工作8小时，年工作250天估算；
②关注点辐射剂量率以源库四周最近距离无屏蔽保守进行估算，仅考虑距离衰减。

根据表11-18、表11-19中的计算结果可知，本项目源库保管人员周有效剂量最大值约为58.87μSv，年有效剂量最大值约为3.04mSv，源库周围公众周有效剂量最大值约为0.735μSv，年有效剂量最大值约为0.036mSv，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv；公众周有效剂量不超过5μSv，年有效剂量不超过0.1mSv。

本项目固定探伤、移动探伤及源库保管人员不交叉工作，人员不重合，因此以上三个岗位的辐射工作人员有效剂量无须叠加。本项目各辐射场所的辐射工作人员及辐射工作场所周围公众的周、年有效剂量汇总见下表：

表11-20 本项目辐射工作场所辐射工作人员与周围公众的周/年有效剂量表

保护目标类别		岗位			目标管理值	评价
		固定探伤	移动探伤	源库		
工作	周剂量				100	满足

人员	（μSv）					
	年剂量（mSv）				5	满足
公众	周剂量（μSv）				5	满足
	年剂量（mSv）				0.1	满足

由上表可知本项目固定探伤、移动探伤及源库的辐射工作人员和周围公众周、年累积受照剂量均能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及本项目管理目标值的要求：职业人员周有效剂量不超过100μSv，年有效剂量不超过5mSv；公众周有效剂量不超过5μSv，年有效剂量不超过0.1mSv。

事故影响分析

1、潜在事故分析

1.1 X、γ射线探伤房内X射线探伤可能发生的辐射事故

(1)在探伤过程中，由于安全联锁装置失灵，防护门被意外打开时，不能立刻停止出束或回源，造成误照射；由于安全联锁装置失灵，防护门未完全关闭时辐射工作人员开机工作，致使探伤房周围人员受到误照射。

(2)探伤时未进行清场，曝光室内仍有人员滞留即开始探伤作业，致使人员受到意外照射；

(3)机器调试、检修时误照射。X射线探伤机在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射；

(4)二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照。

1.2 X、γ射线探伤房内γ射线探伤可能发生的辐射事故

(1)γ射线探伤机放射源发生被盗事故，对社会安全及公众人身安全造成严重危害。

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

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

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

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

1.3 移动X射线探伤可能发生的辐射事故

(1)X射线探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使公众误入探伤区域，使其受到超剂量的外照射；

(2)探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射；

(3)探伤人员违反操作规程强行探伤，对工作人员和现场周围公众造成照射。

(4)探伤机停止工作时，未按GBZ117—2022中8.4.1.4的要求检测操作者所在位置的辐射水平就认为探伤机已停止工作而实际未停止工作，造成对人员的误照射。

1.4 移动γ射线探伤可能发生的辐射事故

(1)γ射线探伤装置自身的问题：不合格的射线装置或与放射源活度不匹配的射线装置的γ射线泄漏；

(2)放射源管理方面的问题：不当的放射源贮存、出入库、台账、盘存制度，可能增加射线源的丢失或失控的风险；

(3)γ探伤装置或放射源运输中出现的问题：不恰当的放射源运输可能会造成射线源丢失或失控；

(4)探伤过程中的操作问题：探伤过程中不恰当、不安全的操作，可能会造成射线源的意外失控或丢失，对辐射工作场所周围的工作人员及辐射工作场所外公众产生额外的γ射线外照射；

(5)在正常的γ射线探伤时，人员误入控制区及监督区内，发生误照事故。

(6)探伤机停止工作时，未按GBZ117—2022中8.4.1.4的要求检测操作者所在

位置的辐射水平就认为探伤机已停止工作而实际未停止工作，造成对人员的误照射。

(7)在现场探伤结束后未将放射源收回探伤机源容器就收工离开现场，对周围人员造成照射。

公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善:加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

2、辐射事故预防措施

本项目使用II类放射源及II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，其可能发生的事故为放射源丢失、被盗、失控事故或放射源、射线装置失控导致人员受到异常照射，甚至发生重大辐射事故或特别重大辐射事故。为杜绝事故隐患，南通利柏特重工有限公司应加强管理，建立并严格按操作规程操作，在每次探伤作业前检查各项安全联锁装置的有效性，定期监测曝光室周围的辐射水平，移动探伤作业中根据工况及作业点的变动情况及时调整控制区及监督区边界。加强对放射源的保管和安全工作，放射源库双人双锁、定期盘点和检查，每次γ探伤结束后使用辐射巡测仪检测确认放射源收回源容器；现场探伤工作前做好清场，工作期间注意巡视，防止人员误入控制区和公众误入监督区；确保工作安全有效运转。万一发生事故后：

(1)辐射工作人员应第一时间停止放射源或射线装置操作，然后启动应急预案；

(2)立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3)对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》，当发生或发现辐射事故时，公司应当立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。

表12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，企业应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。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。

根据上述要求，南通利柏特重工有限公司拟成立专门的辐射防护管理小组,并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备10名辐射工作人员，其中X、γ射线探伤房各配备2名（共4名）辐射工作人员，2人中1人负责探伤机出束，另1人负责曝光室内探伤机摆位、贴片取片、巡视清场等工作，定期轮换；移动探伤项目配备4名辐射工作人员（1个移动小组），其中2人负责探伤操作，2人负责安全巡视；本项目源库拟配备2名专职人员。拟配备的10名辐射工作人员均应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核，辐射工作人员持有的原辐射安全培训合格证书到期后,应当通过生态环境部培训平台进行学习，考核通过后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

南通利柏特重工有限公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等相关要求制定相应的辐射安全管理制度，内容应包括：辐射防护和安全保卫制度、移动探伤安全操作规程、设备检修维护制度、岗位职责、人员培训计划、台账管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等，本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

操作规程：明确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是明确本项目X、γ射线探伤机的操作步骤，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪器，避免事故发生。

岗位职责：明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。辐射防护和安全保卫制度:根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是对X、γ射线探伤

机的管理、维修等均要落实到个人。

设备检修维护制度：明确曝光室各项安全联锁装置、照射信号指示器在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效地运转。明确每个月对X、γ射线探伤机及配件和辐射监测设备进行检查、维护，每3个月对X、γ射线探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修确保探伤机、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。重点是辐射安全联锁装置、剂量报警仪或检测仪器必须保持良好工作状态。

人员培训计划：明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容内外结合，加强对培训档案的管理，做到有据可查。

放射源管理制度：配备2名专职人员负责γ放射源的管理，建立γ放射源台账，并建立登记保管、领用、注销和定期检查制度。在领用射线探伤机时，进行放射性水平测量，确认放射源在探伤机中；探伤作业完成后再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将射线探伤机放回源库，每次领用及交还均应进行详细的登记；放射源台账应定期清点检查，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。

监测方案：明确监测频次和监测项目，主要包括个人剂量监测和工作场所监测,监测方式由企业自主监测与有资质单位开展的年度监测。监测结果妥善保存，定期上报生态环境主管部门。此外，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

台账管理制度：对X、γ射线探伤机使用情况进行登记，记载探伤设备名称、型号、电压、电流、来源和去向等，同时对探伤装置的说明书建档保存，对X、γ射线探伤机进出进行严格管理。

事故应急预案：依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》的要求，必须明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在1小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

后续因业务量增加，企业考虑新增辐射工作人员，其新增人员也应严格按照上述要求管理。

落实以上措施后，公司安全措施能够满足辐射安全的要求。

辐射监测

1、检测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用II类射线装置及II类放射源的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器。

公司拟为本项目配备4台辐射巡测仪（两间探伤房各配备1台，移动探伤小组配备1台），并配备10台个人剂量报警仪（X、γ探伤房各配备2台（共4台）、移动探伤项目配备4台、源库配备2台），方能满足审管部门对于监测仪器的要求。

公司拟定期(不少于1次/年)请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展探伤作业时，公司拟定期对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期(每1个月/次，最长不超过3个月/次)送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。公司拟定期安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。落实以上措施后，公司安全措施能够满足辐射安全的要求。

2、监测方案

公司应定期(不少于1次/年)请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在每次开展探伤作业时，公司应对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录，如遇下列情况之一，应由有相关资质的技术服务机构进行监测：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；本项目辐射工作人员均应佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期(每1个月/次，最长不超过3个月/次)送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司应每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司

应对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

年度监测、日常监测以及个人剂量监测具体计划详见下表。

表 12-1 监测计划表

监测类别	监测因子	监测频率	监测方案	检测方式	控制水平	超标处理方案
年度监测	X-γ辐射剂量率	每年 1 次	探伤房四周屏蔽墙外 30cm 处；操作位；工件门、人员门外及门缝处；探伤房线缆口、通风口处；源库四周屏蔽墙及防护门外；探伤房四周保护目标处等	委托有资质单位	不大于 2.5μSv/h	立即停止相关工作，查找原因，整改完成后委托有资质的第三方检测机构进行复核，经检测合格后方能继续开展工作。
日常监测		每月 1 次		自行监测并备档	不大于 2.5μSv/h	
个人剂量监测	个人剂量当量	每季度 1 次	辐射工作人员佩戴个人剂量计，定期送检	委托有资质单位	年有效剂量不超过 5mSv	暂停该辐射工作人员工作，查明原因，规范管理

移动探伤在作业前需要采用巡检仪对控制区边界和监督区边界进行巡测和确认，保存巡检记录。探伤过程中也要进行巡测。另外探伤前后，对γ探伤机表面进行检测，确保放射源在源容器内。放射源暂存库在放射源出入库前后、换源前后各1次。如发现异常情况或怀疑有异常情况的，对工作场所和周围环境进行应急检测。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，南通利柏特重工有限公司应针对可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

（1）应急机构和职责分工；

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；

（3）辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；

（4）辐射事故调查、报告和处理程序；

（5）辐射事故信息公开、公众宣传方案；

（6）应急演习计划。

南通利柏特重工有限公司应依据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理

办法》（环保部令第18号）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司应组织应急人员对应急处理措施进行培训，并组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

表13 结论与建议

结论

1 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置及选址合理性分析

南通利柏特重工有限公司位于江苏省通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池东侧、纬二路西侧。项目地理位置图见附图1。新建厂区东侧为纬二路，西侧为通州湾江海联动开发示范区高端临港产业园东港池，南侧为华达新材料（江苏南通）有限公司，北侧依次为公司空地以及滨海大道，本项目周围环境示意图见附图2。

本项目探伤房拟建于厂区东南侧，固定探伤房东北侧、西北侧以及西南侧均为厂界内部，西北侧为甲类车间二，东北侧为厂区内道路，西南侧为厂区内道路，东南侧为纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司。公司拟于厂区规划区域内（附图2）开展移动探伤项目。移动探伤区域1东北方向依次为厂区道路、酸洗车间、富饶路，东南方向依次为办公区、厂区内道路、厂区内其他车间（金属器件生产车间、甲类仓库、室外料场、金工车间、甲类车间一、甲类车间二、中间转运场地、重型原材料接收场地）、纬二路及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为码头、重吊船（移动探伤区域2）、东港池，西北方向依次为空地、滨海大道；移动探伤区域2东北方向依次为码头、组装场地1~4、联合大厂房，东南方向依次为码头、纬二路以及华达新材料（江苏南通）有限公司，西南方向依次为东港池以及空地，西北方向依次为东港池以及空地。本项目移动探伤区域及探伤房周围环境示意图见附图2。

1.2 项目分区及布局

1.2.1 X、γ射线探伤房布局及分区合理性分析

南通利柏特重工有限公司拟新建一座X、γ射线探伤房，探伤房为一层建筑，由北向南依次为γ射线探伤房、控制室以及X射线探伤房。切片室、暗室位于联合大厂房东侧。拟将X、γ射线探伤房的X射线探伤房、γ射线探伤房（包含源库）作为辐射防护控制区，在工件门、迷道门及源库防护门外均拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明；拟将控制室作为监督区。

本项目X、γ射线探伤房布局设计满足该布局满足《电离辐射防护与辐射源

安全基本标准》(GB18871-2002)以及《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中关于辐射工作场所的分区要求。

1.2.2 厂区移动探伤区域布局及分区合理性分析

本项目移动探伤利用辐射巡测仪巡测，拟将探伤区域周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区，拟将控制区边界外、探伤时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区。该公司现场探伤拟采取的布局与分区措施基本满足《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)的要求，布局及分区基本合理。

1.3 辐射安全措施

1.3.1 X、γ射线探伤房辐射安全措施

2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计安装门机联锁装置；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设置安装急停开关；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计逃生装置；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计安装工作状态指示灯及声音提示装置；2间X、γ射线探伤房曝光室内均拟设计安装射线剂量检测系统；2间X、γ射线探伤房曝光室内均拟设计安装视频监控系统；拟在2间X、γ射线探伤房曝光室工件门外及人员门外明显位置拟设置固定的醒目、规范的电离辐射警告标志；拟在X射线探伤房西墙、γ射线探伤房东墙设“U”型埋地通风管道，采用直径300的管道，埋地深度为500mm。管道室外高度超出屋面，屋面上安装轴流排风机，风量为3000m^3/h。拟在X射线探伤房东墙、γ射线探伤房西墙拟设置地下“U”型电缆管道，电缆管道直径为160mm，埋地深度约为500mm。通风及电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体。X射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达通风管道口处。

1.3.2 放射源库辐射安全措施

源库的防护门拟采用双人双锁；门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志；放射源暂存库门口设置视频监控，监控视频显示器拟设于控制室内；源库入口处安装防盗报警装置，并与110联网；放射源出入进行台账记录确保放射源安全；γ探伤机每次进出放射源暂存库时，拟使用辐射巡测仪进行测量，确保放射源在γ探伤机源容器内。

1.3.3 厂区移动探伤辐射安全措施

1.3.3.1 γ射线移动探伤辐射安全措施

做好探伤前的工作准备，配备各监测仪表、现场屏蔽物、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对γ探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护要求》GBZ117-2022、《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γ射线探伤装置的辐射安全要求的通知》(环发〔2007〕8号)，开展现场探伤时采取并重点加强各项安全措施，如:将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于15μSv，监督区边界外剂量率低于2.5μSv，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“禁止进入放射性工作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，在监督区边界外公众可达地点(如监督区边界)放置安全信息公示牌，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对γ射线探伤机进行日常维护保养；γ射线探伤机配置移动定位器。

1.3.3.2 X射线移动探伤辐射安全措施

公司拟在进行X射线探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制；严格执行移动X射线探伤操作规程及移动X射线探伤流程；严格按照《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)要求划定控制区和监督区，并拟在控制区边界设置“禁止进入X射线区”警告牌、提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置;控制区的范围应清晰可见；在试运行(或第一次曝光)期间，拟测量控制区边界及监督区边界的辐射剂量率以证实边界设置准确，必要时调整控制区及监督区的范围和边界；现场探伤的每台探伤机应至少配备1台便携式剂量仪；现场探伤作业时，确保开展现场探伤工作的每台X射线装置至少有2名操作人员；控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆不短于25m；探伤作业人员拟在控制区边界外操作，每次应对工作现场情况进行记录;当X射线探伤装置、场所、被检测体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均拟重新进行巡测，确定新的控制区与监督区划区界线:开展移动探伤时仅同时开启1台探伤机进行探伤。

1.4 辐射安全管理

南通利柏特重工有限公司拟成立辐射安全与环境保护管理机构，将以文件

的形式明确各成员管理职责；同时应在项目运行前制定和完善辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备的10名辐射工作人员均应参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核，同时进行个人剂量监测和职业健康体检，并建立辐射工作人员个人剂量档案和职业健康监护档案。

公司拟为本项目配备4台环境辐射剂量巡测仪（探伤房配备2台、移动探伤配备1台、源库配备1台），并配备10台个人剂量报警仪（X、γ探伤房各配备2台（共4台）、移动探伤项目配备4台、源库配备2台），方能满足审管部门对于监测仪器的要求。

公司还应定期(不少于1次/年)请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测，并委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查(不少于2年/次)，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全要求。后续因业务量增加，企业考虑新增辐射工作人员，其新增人员也应按照上述要求严格管理。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目X射线探伤房内净尺寸为11.8m（长）*8.35m（宽）*7.1m（高），四周屏蔽墙及工件门均采用700mm混凝土浇筑，迷道墙采用600mm混凝土浇筑，顶部采用500mm混凝土浇筑，人员进出门采用10mm铅；γ射线探伤房内净尺寸为11.8m（长）*8.85m（宽）*7m（高），四周屏蔽墙及工件门均采用900mm混凝土浇筑，迷道墙采用800mm混凝土浇筑，顶部采用600mm混凝土浇筑，人员进出门采用10mm铅。储源库依托固定探伤房，拟建于γ射线探伤室的东北侧屏蔽墙外。源库内设置5个储源箱用于贮存γ射线探伤机，每个储源箱单独放置1台γ射线探伤机。源库内净尺寸为3m（长）*2m（宽）*4m（高），西北侧、东北侧、东南侧屏蔽墙为400mm混凝土，西南侧屏蔽墙为900mm混凝土（依托γ射线探伤室东北侧屏蔽墙），屏蔽门采用14mm铅。

经理论预测，X、γ射线探伤房运行后曝光室周围参考点处的辐射剂量率能

够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ132-2022)及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论分析预测，本项目X、γ射线探伤房运行后，在做好辐射安全措施的情况下，辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求(职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv)。

2.3 三废处理处置

本项目γ射线探伤机内^{192}Ir及^{75}Se 密封源退役后仍有较强的放射性，公司已承诺γ射线探伤机内^{192}Ir及^{75}Se密封源退役后，废源将交由原生产厂家回收，此举符合环保部门的相关管理要求。

本项目γ射线探伤机在工作状态时，产生的X射线及γ射线将会使曝光室内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。本项目2间X、γ射线探伤房曝光室内均拟设置机械通风装置，其中X射线探伤房曝光室净体积约为690m^3，γ射线探伤房曝光室净体积约为730m^3。本项目拟配备的机械通风装置风量为3000m^3/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中探伤室每小时有效通风换气次数不小于3次的要求。本项目曝光室内探伤以及室外移动探伤过程中产生的少量臭氧和氨氧化物通过机械通风装置及工件门排放到室外，臭氧在常温下可以自行分解为氧气，对周围环境影响较小。

本项目在洗片作业时在暗室产生的显影、定影废液属于《国家危险废物名录》中的HW16号危险废物。公司已承诺将与有资质单位签订洗片废液及废胶片处理处置合同，探伤过程中产生的显影、定影废液及废胶片在收集后拟临时贮存于本项目新建的危废暂存点，定期交由有资质单位处理处置。

3 可行性分析结论

综上所述，南通利柏特重工有限公司新建固定式及移动式X、γ射线探伤项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证

，该项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对辐射工作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

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

3、项目建成后企业应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收。

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	投资（万元）
辐射安全管理机构	公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类放射源及II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施		《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中控“屏蔽体外30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h”及“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；同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束限值的要求：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。	70
	X、γ射线探伤房辐射安全措施： 2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计安装门机联锁装置；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设置安装急停开关；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计逃生装置；2间X、γ射线探伤房曝光室均拟设计安装工作状态指示灯及声音提示装置；2间X、γ射线探伤房曝光室内均拟设计安装固定式场所辐射探测报警装置；2间X、γ射线探伤房曝光室内均拟设计安装视频监控系统；拟在2间X、γ射线探伤房曝光室工件门外及人员门外明显位置拟设置固定的醒目、规范的电离辐射警告标志；拟在X射线探伤房西墙、γ射线探伤房东墙设“U”型埋地通风管道，采用直径300的管道，埋地深度为500mm。管道室外高度超出屋面，屋面上安装轴流排风机，	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求	10

	风量为3000m3/h。拟在X射线探伤房东墙、γ射线探伤房西墙拟设置地下“U”型电缆管道，电缆管道直径为160mm，埋地深度约为500mm。通风及电缆管道的设置未破坏曝光室的屏蔽墙体。X射线经过“U”型埋地管道至少3次散射到达通风管道口处。 **源库辐射安全措施：** 源库的防护门拟采用双人双锁；门外拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志；放射源暂存库设置视频监控；源库内安装防盗报警装置，并与110联网；放射源出入进行台账记录确保放射源安全；γ探伤机每次进出放射源暂存库时，拟使用辐射巡测仪进行测量，确保放射源在γ探伤机源容器内。 **γ射线移动探伤辐射安全措施：** 做好探伤前的工作准备，配备各监测仪表、现场屏蔽物、防护用品及辅助用品等；现场探伤前做好人员准备；现场探伤前对γ探伤设备进行安全检查，确认探伤机内放射源安全；根据《工业探伤放射防护要求》GBZ117-2022、《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γ射线探伤装置的辐射安全要求的通知》(环发〔2007〕8号)，开展现场探伤时采取并重点加强各项安全措施，如:将工作场所划分控制区和监督区，控制区边界外剂量率低于15μSv，监督区边界外剂量率低于2.5μSv，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“禁止进入放射性工作场所”标牌，现场安全人员对控制区边界进行巡逻，探伤作业期间对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，监督区边界外公众可达地点(如监督区边界)放置安全信息公示牌，控制放射源传输的操作位尽量设置于控制区外；现场探伤完成后必须用辐射剂量巡检仪进行检测，确认放射源回到源容器；对γ射线探伤机进行日常维护保养；γ射线探伤机配置移动定位器。 **X射线移动探伤辐射安全措施：** 公司拟在进行X射线探伤过程中对控制区和监督区的管理和控制；严格执行移动X射线探伤操作规程及移动X射线探伤流程；严格按照《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022)要求划定控制区和监督区，并拟在控制区边界设置“禁止进入X射线区”警告牌、提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置;控制区的范围应清晰可见；在试运行(或第一次曝光)期间，拟测量控制区边界及监督区边界的辐射剂量率以证实边界		

	设置准确，必要时调整控制区及监督区的范围和边界；现场探伤的每台探伤机应至少配备1台便携式剂量仪；现场探伤作业时，确保开展现场探伤工作的每台X射线装置至少有2名操作人员；控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆不短于25m；探伤作业人员拟在控制区边界外操作，每次应对工作现场情况进行记录;当X射线探伤装置、场所、被检测体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均拟重新进行巡测，确定新的控制区与监督区划区界线:开展移动探伤时仅同时开启1台探伤机进行探伤。		
人员配备	公司拟为本项目配备10名辐射工作人员，该10名辐射工作人员应取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核 本项目拟配备的10名辐射工作人员均拟开展个人剂量监测，送检周期每1个月/次，最长不超过3个月/次，并拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案。 本项目拟配备的10名辐射工作人员均拟定期进行职业健康体检，体检周期为2年，并拟建立职业健康监护档案	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。	定期投入
监测仪器和防护用品	公司拟为本项目配备4台环境辐射剂量巡测仪，并配备10台个人剂量报警仪（X、γ探伤房各配备2台（共4台）、移动探伤项目配备4台、源库配备2台）。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	10
辐射安全管理制度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	/

以上措施必须在项目运行前落实。

表14 审批

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