

核技术利用建设项目

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线装置

环境影响报告表

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司



生态环境部监制

建设项目环境影响报告书（表） 编制情况承诺书

本单位 宁夏致清环境科技有限公司（统一社会信用代码 91640100MA76GTL99X）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的由本单位主持编制的 宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司X射线装置 项目环境影响报告书（表）基本情况信息真实准确、完整有效，不涉及国家秘密；该项目环境影响报告书（表）的编制主持人为 贾雪（环境影响评价工程师职业资格证书管理号 03520240564000000019，信用编号 BH068795），主要编制人员包括 马卫莉（信用编号 BH053342）、贾雪（信用编号 BH068795）（依次全部列出）等 2 人，上述人员均为本单位全职人员；本单位和上述编制人员未被列入《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》规定的限期整改名单、环境影响评价失信“黑名单”。

承诺单位(公章):

2026年6月8日



编制单位承诺书

本单位宁夏致清环境科技有限公司（统一社会信用代码91640100MA76GTL99X）郑重承诺：本单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于（属于/不属于）该条第二款所列单位；本次在环境影响评价信用平台提交的下列第1项相关情况信息真实准确、完整有效。

- 1.首次提交基本情况信息
- 2.单位名称、住所或者法定代表人（负责人）变更的
- 3.出资人、举办单位、业务主管部门或者挂靠单位等变更的
- 4.未发生第3项所列情形、与《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条规定的符合性发生变更的
- 5.编制人员从业单位已变更或者已调离从业单位的
- 6.编制人员未发生第5项所列情形，全职情况发生变更、不再属于本单位全职人员的
- 7.补正基本情况信息

承诺单位(公章):

2026年6月8日



编制人员承诺书

本人贾雪（身份证件号码640322199103071528）郑重承诺：
本人在宁夏致清环境科技有限公司单位（统一社会信用代码
91640100MA76GTL99X）全职工作，本次在环境影响评价信用平台
提交的下列第1项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 从业单位变更的
3. 调离从业单位的
4. 建立诚信档案后取得环境影响评价工程师职业资格证书的
5. 被注销后从业单位变更的
6. 被注销后调回原从业单位的
7. 编制单位终止的
8. 补正基本情况信息

承诺人(签字): 贾雪

2026年6月8日

编制人员承诺书

本人马卫莉（身份证件号码642222199711151827）郑重承诺：
本人在宁夏致清环境科技有限公司单位（统一社会信用代码
91640100MA76GTL99X）全职工作，本次在环境影响评价信用平台
提交的下列第1项相关情况信息真实准确、完整有效。

1. 首次提交基本情况信息
2. 从业单位变更的
3. 调离从业单位的
4. 建立诚信档案后取得环境影响评价工程师职业资格证书的
5. 被注销后从业单位变更的
6. 被注销后调回原从业单位的
7. 编制单位终止的
8. 补正基本情况信息

承诺人(签字): 马卫莉

2026年6月8日

打印编号：1780966220000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	5g0a24		
建设项目名称	宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司X射线装置		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司		
统一社会信用代码	91640100585373418X		
法定代表人（签章）	李金辉		
主要负责人（签字）	周燕燕		
直接负责的主管人员（签字）	张俊平		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	宁夏致清环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91640100MA76GTL99X		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
贾雪	03520240564000000019	BH068795	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
马卫莉	环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH053342	
贾雪	项目基本情况、放射源、非密封放射性物质、射线装置、废弃物(重点是放射性废弃物)、评价依据、保护目标与评价标准	BH068795	



环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



复印无效。



姓名： 贾雪

证件号码： 640322199103071528

性别： 女

出生年月： 1991年03月

批准日期： 2024年05月26日

管理号： 03520240564000000019





营业执照

(副本) (1-1)

统一社会信用代码
91640100MA76GTL99X



扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”，
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。

名称 宁夏致清环境科技有限公司

类型 有限责任公司(自然人投资或控股)

法定代表人 戴琦

经营范围 环境监测、监理监测，环境技术咨询与服务；水污染治理；水土保持规划设计，水土保持方案编制，水平衡测试；项目技术咨询与评估。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动）

注册资本 叁佰万圆整

成立日期 2019年10月11日

住所 宁夏银川市金凤区亲水大街东侧银川
万达中心3号公寓1721室

登记机关



2024年09月20日

国家企业信用信息公示系统网址：<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过
国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

验证编号: 2026060811462860KCX2Q1HU

宁夏回族自治区社会保险参保 个人权益记录单



验证二维码



姓名		贾雪		社会保障号码		640322199103071528		
基本情况								
参保情况								
个人编号	参保单位	参保险种	参保日期	参保状态	经办机构			
1007426624	宁夏致清环境科技有限公司	职工养老保险	20121201	正常参保	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	宁夏致清环境科技有限公司	失业保险	20121201	正常参保	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	虚拟停保单位	工伤保险	20210601	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	上海涇屏环保科技有限公司宁夏分公司	工伤保险	20220101	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	宁夏涇屏环保科技有限公司	工伤保险	20220201	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	宁夏智诚安环技术有限公司	工伤保险	20220323	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	宁夏盛世蓝天环保技术有限公司	工伤保险	20220601	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心			
1007426624	宁夏致清环境科技有限公司	工伤保险	20231201	正常参保	银川市社会保险事业管理中心			
缴费情况								
所属期	缴费期	险种类型	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费标志	到账时间	缴费单位
202605	202605	职工养老保险	4955.00	792.80	396.40	足额到账	20260522	宁夏致清环境科技有限公司
202605	202605	失业保险	4955.00	24.78	24.78	足额到账	20260522	宁夏致清环境科技有限公司



验证编号: 2026060811290860YCAI5DBG

宁夏回族自治区社会保险参保 个人权益记录单



验证二维码



基本情况

姓名	马卫莉	社会保障号码	642222199711151827
----	-----	--------	--------------------

参保情况

个人编号	参保单位	参保险种	参保日期	参保状态	经办机构
1007164047	宁夏致清环境科技有限公司	职工养老保险	20220601	正常参保	银川市社会保险事业管理中心
1007164047	宁夏致清环境科技有限公司	失业保险	20220601	正常参保	银川市社会保险事业管理中心
1007164047	宁夏北国润清生态环境咨询有限公司	工伤保险	20220601	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心
1007164047	宁夏润泽清源科技有限公司	工伤保险	20220601	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心
1007164047	环创(宁夏)生态环境设计院有限公司	工伤保险	20250701	终止/暂停	银川市社会保险事业管理中心
1007164047	宁夏致清环境科技有限公司	工伤保险	20250901	正常参保	银川市社会保险事业管理中心

缴费情况

所属期	缴费期	险种类型	缴费基数	单位缴纳	个人缴纳	缴费标志	到账时间	缴费单位
202605	202605	职工养老保险	4955.00	792.80	396.40	足额到账	20260522	宁夏致清环境科技有限公司
202605	202605	失业保险	4955.00	24.78	24.78	足额到账	20260522	宁夏致清环境科技有限公司
202605	202605	工伤保险	4955.00	34.69	0.00	足额到账	20260522	宁夏致清环境科技有限公司
202604	202604	职工养老保险	4955.00	792.80	396.40	足额到账	20260421	宁夏致清环境科技有限公司



核技术利用建设项目

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线装置

环境影响报告表

建设单位名称：宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

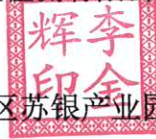
通讯地址：宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产业园智慧研发大

厦 9010-49 号

邮政编码：750005

联系人：周燕燕

电子邮箱：2445274077@qq.com 联系电话：17361560248



编制说明

《核技术应用项目环境影响报告表》由具有从事辐射环境影响评价工作资质的单位编制。

1.申请领取许可证的辐射工作单位从事下列活动的，应当组织编制环境影响报告表：制备PET用放射性药物的；医疗使用I类放射源的；使用II类、III类放射源的；生产、使用II类射线装置的；乙、丙级非密封放射性物质工作场所（医疗机构使用植入治疗用放射性粒籽源的除外）；在野外进行放射性同位素示踪试验的。

2.密封源要注明名称并说明源强。

3.“环境影响分析”主要是指利用核技术应用项目周围环境现状资料、设备技术参数及环境本底监测数据，分析核技术应用项目对环境造成的影响，给出结论。同时提出减少环境影响的建议。

4.《核技术应用项目环境影响报告表》报自治区生态环境部门审批。

表1 项目基本情况

建设项目名称		宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司X射线装置			
建设单位		宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司			
法人代表	李金辉	联系人	周燕燕	联系电话	17361560248
注册地址		宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产业园智慧研发大厦9010-49号			
项目建设地点		探伤地点：宁夏境内化工企业厂区内，不固定 设备暂存点：宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产业园智慧研发大厦9010-49号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	30	项目环保投资 (万元)	9.16	投资比例(环保投资/总投资)	30.53%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备PET用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 甲	<input type="checkbox"/> 乙	<input type="checkbox"/> 丙
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 甲	<input type="checkbox"/> 乙	<input type="checkbox"/> 丙
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
1 项目概述					
1.1 建设单位情况					
<p>宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司成立于2012年02月28日，注册资金1000万元，注册地位于宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产业园智慧研发大厦9010-49号，公司目前经营范围包括许可项目（营业执照见附件2）：特种设备检验检测；检验检测服务。一般项目：计量技术服务；专用设备修理；通用设备修理；仪器仪表修理；信息技术咨询服务；工程管理服务。其中检验检测业务配备了气瓶检验、安全阀校验、压力容器及压力管道检验等设备，主要采用超声、磁粉、渗透等检测方法，并配备了满足检验检测所需的各类仪器设备、交通工具、通信工具等检验检测软件系统和局域网。</p>					

为进一步完善检测业务类型，拓展无损检测业务，建设单位拟购置8台便携式工业X射线探伤机，利用X射线无损检测对宁夏境内化工企业厂区内的化工设备、压力管道、压力容器及环保设备进行隐患缺陷检测排查。

1.2 产业政策符合性分析

本项目便携式 X 射线探伤机用于工业检测领域，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委第 7 号令），本项目属鼓励类：“十四、机械第 1 条 科学仪器和工业仪表：科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，符合国家现行产业发展政策。

1.3 实践正当性分析

X 射线探伤可以探测各类金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示设备内部缺陷的大小和形状，对保障设备安全生产起到十分重要的作用。

本次拟购置的工业 X 射线探伤装置，是利用 X 射线无损探伤手段对宁夏境内化工企业厂区内的化工设备、压力管道、压力容器及环保设备进行隐患缺陷检测排查，通过探伤无损检测可以大幅降低因设备或容器缺陷引起的安全事故，具有社会正向效益，因此，该项目的实践是正当、必要的。由于在探伤过程中射线装置的应用会对周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，可能因管理或使用的失误造成辐射安全事故，建设单位在开展 X 射线探伤过程中，应严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，对射线装置的安全管理应建立相应的规章制度，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将辐射产生的影响降至尽可能小，因此，项目的应用实践具有正当性。项目的实施可以保障化工企业安全生产，减少经济损失，提高生产效率。在采取辐射防护屏蔽和安全管理措施后，其产生的经济效益与社会效益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.4 目的和任务的由来

利用X射线具有较强的穿透能力这一特点来探测非透明材料或装置的缺陷或者其内部结构的检测法，称为工业X射线无损探伤，该方法常常作为检查设备质量、材料内部缺陷的手段，从而达到无损检测的目的。根据宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司发展需要，拟购置8台便携式工业X射线探伤装置，用于无损检测工作，通过X射线无损探伤手段，可

实现对宁夏境内化工企业厂区内的化工设备、压力管道、压力容器及环保设备进行隐患缺陷检测排查，为设备故障的准确定位提供方便，同时也为设备的状态检修提供技术支持，通过探伤无损检测可以大幅降低因设备或容器缺陷引起的安全事故，保障化工企业安全生产，减少经济损失，提高生产效率。

本项目拟购置的8台便携式工业X射线探伤装置为II类射线装置，根据《射线装置分类办法》（2017年）、《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》（宁夏回族自治区人民政府令第102号，2019年2月）、《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》规定，使用II类射线装置应当组织编制环境影响报告表。根据宁夏回族自治区生态环境厅关于印发《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2024年本）》的通知（宁环规发〔2024〕13号），该报告表应报宁夏回族自治区生态环境厅审批。宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司于2026年4月28日委托宁夏致清环境科技有限公司对“宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司X射线装置”进行环境影响评价，环评委托书见附件1。

1.5 项目建设规模

(1)项目建设内容及建设规模

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司拟购置8台X射线探伤机，其中XXGHZ-3005型及XXG-3005型X射线探伤装置最大管电压均为300kV，最大管电流均为5mA；XXG-2005型X射线探伤装置最大管电压为200kV，最大管电流为5mA；XXG-2505型X射线探伤装置最大管电压为250kV，最大管电流为5mA。根据《射线装置分类办法》（2017年），本项目拟购置的X射线探伤机属于其他工业用X射线探伤装置（便携式X射线探伤机），为II类射线装置。工业X射线探伤装置基本情况见表1-1。

表1-1 工业X射线探伤装置基本情况一览表

装置名称	型号	生产厂家	类别	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	数量 (台)	用途	投射类型	安装形式	工作场所
便携式X射线探伤机	XXGHZ-3005	丹东通广射线仪器有限公司	II	300	5	1	移动探伤	周向	移动式	宁夏境内化工企业厂区内
	XXG-3005			300	5	1		定向		
	XXG-2005			200	5	1		定向		
	XXG-2505			250	5	3		定向		
	XXG-2505	丹东集源电子有限公司		250	5	1		定向		
	XXG-2005			200	5	1		定向		
合计						8	/	/	/	/

(2)项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表1-2 建设项目原辅用料用量表

序号	名称	年用量 (单位)	来源	备注
1	胶片	500 张/a	外购 (规格 300mm×80mm)	主要成分: 卤化银 (溴化银为主)、明胶、聚酯/醋酸纤维片基, 辅以多种功能助剂。
2	显影粉	37.85L/a	外购, 袋装, 每袋为 1 加仑, 1 年用 10 袋, 1 加仑为 3.785L, 配制成显影液的密度为 1.06-1.08g/cm ³	主要成分: 无水亚硫酸钠、碳酸钠、溴化钾、米妥尔、对苯二酚
3	定影粉	37.85L/a	外购, 袋装, 每袋为 1 加仑, 1 年用 10 袋, 1 加仑为 3.785L, 配制成定影液, 密度为 1.18-1.22g/cm ³	主要成分: 无水亚硫酸钠、硫代硫酸钠、硼酸、硫酸铝、酒石酸
4	新鲜水	189.25L/a	园区给水管网	配制显影液年需新鲜水量 37.85L, 配制定影液年需新鲜水量 37.85L, 停显池内年用新鲜水量 37.85L, 水洗池内年用新鲜水量 75.7L。

1.6 便携式工业X射线探伤机储存场所选址情况及项目周边环境保护目标

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司位于宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产业园智慧研发大厦 9010-49 号, 公司东侧为银都驿站, 南侧为二道墩巷, 隔巷有商业门店、汽修等, 西侧为宁夏昊帆汽车服务有限公司汽车修理厂, 北侧为联达驾校 (兴庆) 总校。

建设单位拟将现有废弃气瓶检验车间进行改造, 拟规划设置 5 个区域, 分别为水质检测区、承压和机电设备室、资料室、无损实验室和非移动设备区, 项目仅涉及无损实验室, 分别设有暗室、晾片及评片室、射线机存储室、超声设备调校室 (超声设备用于压力管道、压力容器厚度大于 35mm 的检测) 及危废贮存间。自西向东依次为射线机存储室、危废贮存间、暗室, 晾片及评片室位于暗室的南侧, 超声设备调校室位于射线机存储室、危废贮存间的南侧。

本项目拟购置的 8 台便携式 X 射线探伤机拟存放于宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线机存储室 (面积为 5.1m², 长×宽×高: 1.7m×3.0m×3m) 内。由于 X 射线探伤装置只有在开机通电操作时才会产生 X 射线, 本项目探伤作业场所均在宁夏境内化工企业厂区内, 不在 X 射线机存储室内进行探伤作业及调试设备, 该存储室仅作为存放设备使用。存储室设置防盗门、视频监控、电离辐射警示标志、四周为 200mm 厚加砌块砌筑墙体无窗户, 并设有专人负责设备管理, 且为双人双锁。因此, 便携式工业 X 射线探伤机储存场所选址合理。

本项目同时设置暗室 (主要用于洗片, 面积 9.45m², 长×宽×高: 3.15m×3.0m×3.0m)、晾片及评片室 (主要用于晾片、评片, 面积 14.805m², 长×宽×高: 3.15m×4.7m×3.0m),

用于探伤结束后已成像胶片的显影，以此判断检查设备（容器）质量及内部缺陷。胶片处理过程中产生的废显（定）影液、废包装袋、废包装桶及废胶片，暂存拟设置的危废贮存间（面积 3.9m²，长×宽×高：1.3m×3.0m×3.0m），定期交有危险废物处理资质的单位处理。

项目与银川市兴庆区位置关系见图 1-1，宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司周边环境示意图见图 1-2，项目现有废弃气瓶检验车间改造后平面布局见图 1-3，现有废弃气瓶检验车间现状照片见图 1-4。

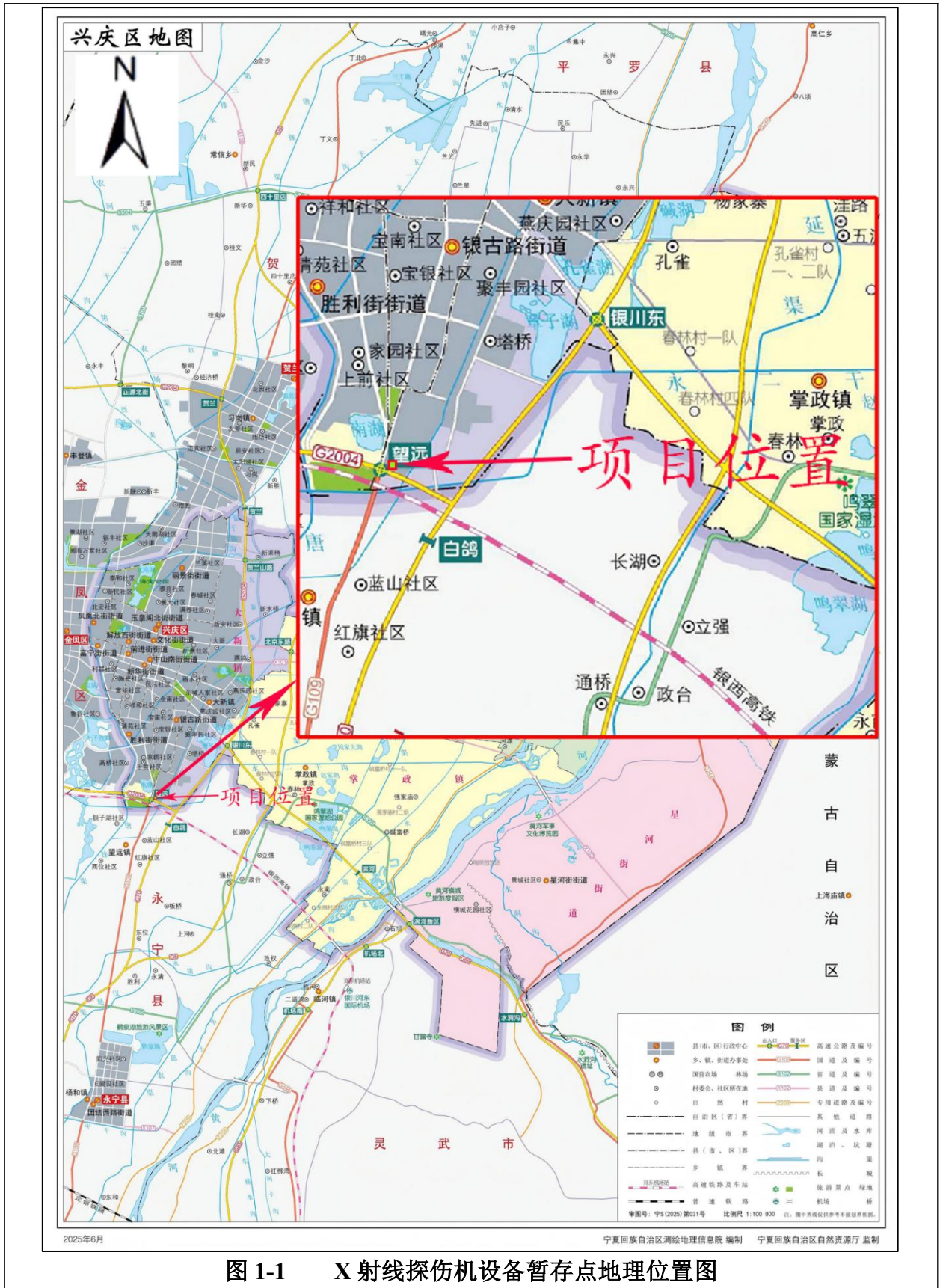


图 1-1 X 射线探伤机设备暂存点地理位置图



图 1-2 宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司周边环境示意图

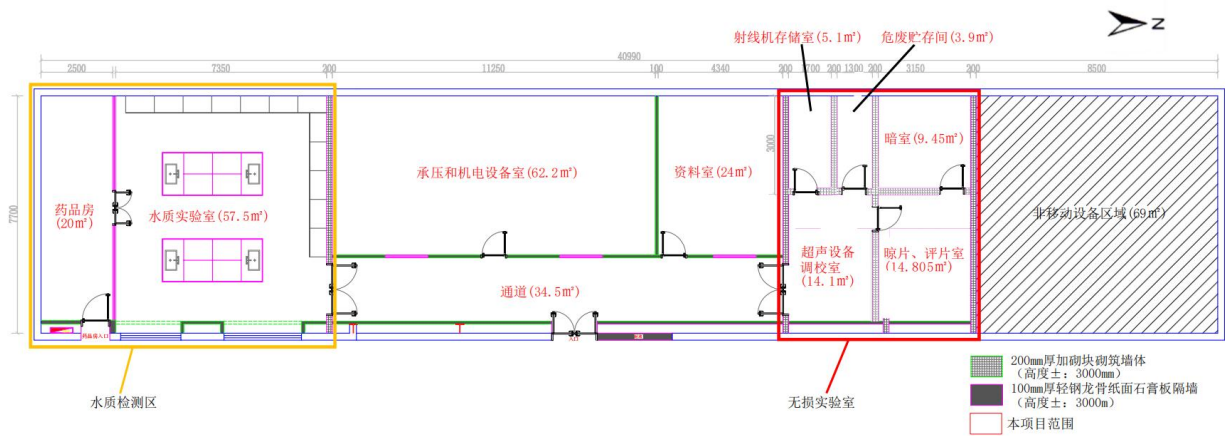


图 1-3 现有废弃气瓶检验车间改造后平面布局图



图 1-4 现有废弃气瓶检验车间现状照片

本项目 X 射线探伤机探伤作业时周边环境保护目标主要为评价范围内从事 X 射线探伤作业的辐射工作人员，以及 X 射线探伤现场评价范围内活动的其他工作人员、公众。

建设单位应在实际探伤工作过程中，熟悉工作区及周边环境情况，尤其是对可能被影响到的人员建立必要的管控和防护措施，充分利用已有实体屏障（如实体楼宇、挡墙、钢板等屏蔽物），对 X 射线探伤机的管电压进行合理的设置，从而缩小控制区和监督区的范围。当厂区范围不满足控制区和监督区的距离设置，对厂区外保护目标有影响时，应在控制区内设置实体屏障，视情况采用局部屏蔽措施（如钢板、铅板）降低探伤场所的辐射剂量水平，避免探伤作业对环境保护目标的潜在照射危险。

探伤作业会涉及高空作业，高度在 2~5m 之间，由化工企业设置好检测平台后，探伤机操作人员（持高空作业证）采用捆绑器将射线机绑定在待检设备（管道）上，高空探伤作业前需开展现场踏勘，严禁主射线束直接朝向厂区外道路、民居及人员活动区域；作业时，建设单位应对控制区和监督区进行清场，同时采用延时曝光功能实现距离防护，并优先调整探伤角度，使射线朝向厂区内、墙体或大型设备等屏蔽体，尽可能降低对保护目标的影响。涉及夜间作业时，探伤机操作人员佩戴头灯进行操作，控制区及监督区四周设置声光警示灯、警戒线，以免夜间光线昏暗人员误入。

根据建设单位提供的数据，被检测化工设备、压力管道、压力容器及环保设备其材质均为钢，厚度在 5mm-35mm 之间，当压力管道、压力容器厚度大于 35mm 时，建设单位将采用超声波进行探伤检测，不再采用 X 射线机进行探伤。



典型探伤现场布局图

1.7 辐射工作人员配备情况

本项目拟配置 6 名辐射工作人员负责 X 射线探伤机操作，每 2 人组成 1 个探伤作业小组，共设 3 个小组，不实施倒班或岗位轮换。每次探伤作业前，采用专用车辆单独运输每台探伤机至作业地点。本项目采取错峰方式，一天最多派出 3 台 X 射线探伤机作业，不存在同一车辆运输 3 台 X 射线探伤机或 3 台 X 射线探伤机在同一厂区内同时作业的情况，剩余 5 台 X 射线探伤机全部存放于存储室内，由专人负责管理。此外，单独设置 1 名库管人员，负责设备出入库登记及档案管理等工作。上述人员均已取得核技术利用辐射安全与防护培训合格证书。建设单位应严格执行辐射工作人员培训制度，培训合格证书到期后，需组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台参加专业知识学习与考核，考核通过后方可上岗。

每次进行移动探伤作业时，1 人负责操作控制箱（即现场操作人员），1 人负责在现场警戒和巡测监督区、控制区（即现场监护人员），探伤结束回到暗室后，现场操作人员负责洗片，监护人员负责观片，现场监护人员、现场操作人员同时负责辐射安全管理工作。

(1)现场监护人员（兼职观片人员）岗位职责

现场监护人员负责探伤作业期间的现场安全管理，确保检测区域人员和环境安全；

①安全警戒与区域管控

根据检测方案设置警戒线、警示标识，划分控制区和监督区，禁止无关人员进入控制

区和监督区。巡查防护措施有效性，发现隐患立即上报并协助整改。

②应急响应与协调

监测异常情况（如设备故障、人员误入），立即通知操作员停机并启动应急预案。与操作人员保持实时沟通，协调资源解决现场问题。

③安全监督与培训

监督操作人员遵守辐射防护规程（如佩戴个人剂量报警仪、保持安全距离）。

参与辐射安全培训，掌握应急处理技能，指导现场人员规范作业。

④协助记录违规行为及整改结果，完善安全档案。

观片人员岗位职责

观片人员主要负责探伤胶片影像的分析与评定，提供准确的检测结果。

①影像分析与判定

使用观片灯、放大镜等工具，识别气孔、裂纹、未熔合等缺陷，标注位置及尺寸。

对疑难影像组织会商，确保结论准确。

②报告编制与归档

编制检测报告，明确缺陷等级（如I/II/III级），附影像图及检测参数，经审核后存档。

维护电子档案系统，确保报告与胶片信息一致，便于追溯。

③参与新员工影像判读培训，统一缺陷评定标准。

(2)现场操作人员（兼职洗片人员）岗位职责

现场操作人员主要负责探伤设备的操作与基本维护，确保设备使用过程的安全性和有效性。

①设备操作与参数控制

操作前检查设备（X射线机、电缆、控制器等）完整性，确保无漏电、机械故障。

根据检测方案远程设置曝光时间、管电压、电流等参数，执行试曝光并校准成像质量。

②辐射安全与防护

佩戴个人剂量报警仪，监测作业环境辐射值。

利用延时曝光功能，在设备运行时撤离控制区，仅在监督区外进行操作。

③质量与合规管理

记录设备运行参数、检测条件及异常事件，确保数据可追溯。

探伤操作完成后规范回收设备，检查设备状态并提交使用报告。

④参与设备定期校验，配合第三方检测机构完成计量认证。

洗片人员岗位职责

洗片人员主要负责探伤胶片的显影处理，确保成像质量满足检测要求。

①胶片显影与处理

严格按照显影工艺（显影→停显→定影→水洗→干燥）操作，控制药液浓度及时间，避免划痕、污染。

定期清洁显影池、干燥设备，更换老化药液，记录维护日志。

②质量检验与反馈

检查胶片清晰度、对比度，剔除废片并标记问题（如灰雾过重、显影不均），退回重新处理。

保存合格胶片并标注唯一编号，确保与检测报告对应。

③协助库管人员管理胶片库存，避免受潮、过期。

(3)库管人员岗位职责

库管人员主要负责探伤设备的管理和维护，确保设备安全可靠。

①设备全生命周期管理

建立设备台账，记录采购、校准、维修、报废信息等。

制定设备运输方案（防震、防潮），确保存储环境温湿度符合要求。

使用记录：记录设备使用情况、维护保养情况及辐射防护措施实施情况。定期审查使用记录，发现异常及时上报。

②档案与合规管理

归档技术报告、胶片、操作记录，设置查阅权限。

管理辐射工作人员健康档案，辐射工作人员每年体检1次，确保年度体检覆盖率100%。

③配合监管部门开展辐射安全检查，提供台账及检测记录。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司拟购置便携式 X 射线探伤机前未开展过核技术利用活动，此次项目为初次开展核技术利用活动。

建设单位应在取得环评批复后及时向宁夏回族自治区生态环境厅申请办理辐射安全许可证，待取得辐射安全许可证后方可采购设备开展探伤工作。

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	便携式 X 射线探伤机	II	1	XXGHZ-3005	300	5	无损检测	宁夏境内 化工企业 厂区内	不开展探伤时, 存放于宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线机存储室内, 并设有专人负责设备管理, 且为双人双锁。
2			1	XXG-3005	300	5			
3			1	XXG-2005	200	5			
4			3	XXG-2505	250	5			
5			1	XXG-2505	250	5			
6			1	XXG-2005	200	5			

(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
废显(定)影液	液态	/	/	/	251.7L/a	/	拟在危废贮存 间暂存	定期交有危险废物处 理资质的单位处理
废包装袋	固态	/	/	/	20个/a	/		
废包装桶	固态	/	/	/	2个/a	/		
废胶片	固态	/	/	/	6张/a	/		

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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委 员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日第十三届全国人民代 表大会常务委员会第七次会议第二次修正）；</p> <p>(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六号，2003 年10月1日起施行）；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（修订）》，2020年9月1日；</p> <p>(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）；</p> <p>(6) 《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）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令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）；</p> <p>(8) 《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）；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第20号，2021 年1月4日起施行）；</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告（原环境保护部、原国家卫生和计划生育 委员会公告，2017年第66号）；</p> <p>(11) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委第7号令）；</p> <p>(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）；</p> <p>(13) 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》（宁夏回族自治区人民政府令第102 号，2019年2月）；</p> <p>(14) 《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发〔2022〕23号）；</p> <p>(15) 《宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2024年本）》 的通知（宁环规发〔2024〕13号，2025年2月1日起施行）；</p> <p>(16) 《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通运输部令2021年第 23号）；</p> <p>(17) 《宁夏回族自治区固体废物污染环境防治条例》（2023年1月1日起施行）</p>
--------------------	--

	(18)中华人民共和国主席令 第七十号《中华人民共和国生态环境法典》（2026年8月15日起施行）。
技术标准	<p>(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》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(2)《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>(3)《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020年版）；</p> <p>(4)《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》；</p> <p>(5)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(6)《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(7)《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(8)《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(9)《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(10)《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；</p> <p>(11)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）；</p> <p>(12)《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》（GB22448-2008）；</p> <p>(13)《2024年全国辐射环境质量报告》；</p> <p>(14)《建设项目危险废物环境影响评价指南》（环境保护部办公厅2017年9月1日印发）；</p> <p>(15)《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）；</p> <p>(16)《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；</p> <p>(17)《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9月）；</p> <p>(18)《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日；</p> <p>(19)《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》（公告2019年第57号）；</p> <p>(20)《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。</p>

其他附件

- (1)环境影响评价委托书；
- (2)营业执照；
- (3)辐射工作人员培训证书。

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格式和内容》(HJ10.1-2016)中1.5评价范围和保护目标,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)。结合本项目的实际特点,确定本项目移动探伤的评价范围为X射线探伤机作业过程中监督区边界以内的范围。

结合本次环评第11章节理论计算结果,本项目移动探伤监督区、控制区范围见表7-1。

表7-1 移动探伤监督区、控制区范围一览表

型号	控制区距离(m)	监督区距离(m)
XXG-2005	230.2	563.8
XXG-2505	202.0	494.8
XXG-3005 及 XXGHZ-3005	82.7	202.7

由上表分析可知,本项目现场探伤以监督区边界以内的范围为评价范围,即XXG-2005型X射线探伤装置以监督区边界563.8m范围内作为评价范围,XXG-2505型X射线探伤装置以监督区边界494.8m范围内作为评价范围,XXG-3005型及XXGHZ-3005型X射线探伤装置以监督区边界202.7m范围内作为评价范围。同时探伤作业要避开化工企业厂区内其他工作人员及厂区外不特定公众,在空旷条件下,确保监督区范围内无公众情况下开展探伤工作。

7.2 保护目标

本项目便携式工业X射线探伤机探伤作业地点不固定,主要为宁夏境内化工企业厂区内。结合本项目评价范围,确定探伤作业时周边环境保护目标主要为评价范围内从事X射线探伤作业的辐射工作人员,以及X射线探伤现场评价范围内活动的其他工作人员、公众。根据建设单位提供的资料,本项目辐射工作人员为6人。

本项目移动探伤周围保护目标见表7-2。

表7-2 保护目标具体分布情况

保护目标	工作场所	相对探伤机方位	人数(人)	年剂量约束值(mSv)
辐射工作人员	宁夏境内化工企业厂区内移动探伤现场	探伤现场控制区外	6	5
其他工作人员、公众		探伤现场监督区外	不定	0.1

7.3 评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

(一)防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射,应使防护与安全最优化,使得在考虑了经济和社会因素之后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均

保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

（二）剂量限制和潜在照射危险限制

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1 职业照射

B1.1.1 剂量限值

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（但不可作为追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），剂量约束可取限值的 10%~30%，本次评价从辐射防护最优化原则出发，尽量避免不必要的附加剂量照射，并为其它可能的辐射照射留下余额，本次评价取限值的四分之一，即 5mSv 作为本项目职业照射剂量约束值。

B1.2 公众照射

B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）20mSv；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，本次评价从辐射防护最优化原则出发，尽量避免不必要的附加剂量照射，本项目工作人员附加年有效剂量约束值取年有效剂量限值的四分之一，即对工作人员附加年有效剂量约束值不超过 5mSv，公众附加年有效剂量约束值取年有效剂量限值的十分之一，即不超过 0.1mSv。

本项目辐射照射剂量要求具体见表 7-3。

表 7-3 本项目辐射照射剂量要求 单位：mSv/a

分类	5年平均有效剂量	本项目执行年剂量管理约束限
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

二、《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监测参考使用。本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按GBZ 128的要求进行个人剂量监测，按GBZ 98的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合《无损检测人员资格鉴定与认证》（GB/T 9445）要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

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100cm处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表7-4的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。

表7-4 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

5.1.2 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) 安全连锁是否正常工作；
- e) 报警设备和指示灯是否正常运行；
- f) 螺栓等连接件是否连接良好；
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

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。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 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。

7.1.3 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，使用单位应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。

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7h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）计算：

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

式中：

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）。

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）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 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。

7.4 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。

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X射线移动式探伤

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。

8 放射防护检测

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

使用单位应制定放射防护检测计划。在检测计划中应对检测位置、检测频率以及检测结果的保存等作出规定，并给出每一个测量位置的参考控制水平和超过该参考控制水平时应采取的行动措施。

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，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、调零、电池、仪器对射线的响应

等。

8.4 移动式探伤放射防护检测

8.4.1 检测要求

8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

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

8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

8.4.1.4 探伤机停止工作时，应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。

8.4.2 检测方法

在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周围剂量当量率，参照本标准第7.2.2条确定的剂量率值确定控制区边界，以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。

8.4.3 检测周期

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 。

8.4.4 结果评价

控制区边界不应超过本标准第7.2.2条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目拟购置的8台便携式工业X射线探伤机，最大管电压为 300kV ，最大管电流为 5mA ，其X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值取小于 5mSv/h ，因本项目周工作时间不足7小时，控制区边界周围剂量当量率取不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

三、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

(1)有用线束

有用线束的屏蔽估算方法如下：

a) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 H (μSv/h) 按下式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

式中：

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

H₀——距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴，见附录表 B.1；

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

(2) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL}$$

式中：

X——屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——见附录 B 表 B.2。

(3) 泄漏辐射屏蔽

泄漏辐射屏蔽的估算方法如下：

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按上式计算，然后按下式计算泄漏辐射在关注点的剂量率 H 单位为微希每小时 (μSv/h)：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2}$$

式中：

B——屏蔽透射因子；

R——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

H_L——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时 (μSv/h)；见表 7-5。

表 7-5 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

X 射线管电压 kV	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 H _L (μSv/h)
<150	1×10 ³
150≤kV≤200	2.5×10 ³
>200	5×10 ³

(4) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下：

a) 90° 散射辐射的 TVL X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 7-6）的什值层（见附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 7-6 X 射线 90° 散射辐射的最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150 ≲ kV ≲ 200	150
200 < kV ≲ 300	200
300 < kV ≲ 400	250

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式 (5) 计算。关注点的散射辐射剂量率 H (μSv/h) 按式 (10) 计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

式中：I——X 射线管探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/(mA·h)，以 mSv·m²/(mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴，见附录表 B.1；

B——屏蔽透射因子；

F——R₀ 处的辐射野面积，单位为平方米 (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，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R₀——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

R_s——散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

附录 A 居留因子

不同场所与环境条件下的居留因子列于表 A.1。

表 A.1 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 (T)	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼体、人行道

注：取自 NCRP144。

附录 B 辐射屏蔽估算用的典型参数

B.2 X 射线输出量

不同 X 射线管电压 (kV) 和不同过滤条件下的 X 射线距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 H_0 列于表 B.1。

表 B.1 X 射线输出量

管电压 (kV)	滤过条件	输出量 H_0 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)
150	2mm 铝	18.3
	3mm 铝	5.2
200	2mm 铝	28.7
	3mm 铝	8.9
250	0.5mm 铜	16.5
	3mm 铝	13.9
300	3mm 铝	20.9
	3mm 铜	11.3
400	3mm 铜	23.5

注 1: 表中值取自 ICRP33, 在本标准中以等量值的 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 进行屏蔽计算。

注 2: 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。

注 3: 在未获得厂家给出的输出量, 散射辐射屏蔽估算选取表中各千伏 (kV) 下输出量的较大值保守估计。

四、《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》(宁夏回族自治区人民政府令第 102 号, 2019 年 2 月)

第九条 医疗使用 I 类放射源, 销售和使用 II 类、III 类、IV 类、V 类放射源, 生产、销售和使用 II 类射线装置, 以及具有乙级、丙级非密封放射性物质工作场所的许可证, 由自治区人民政府生态环境主管部门审批颁发。

第十条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位, 应当遵守下列规定:

- (一) 有专门的安全和防护管理机构或者专、兼职人员;
- (二) 建立安全和防护管理制度, 配备必需的防护用品和监测仪器;
- (三) 按照实践正当化、防护最优化、个人剂量限值的防护原则, 采取必要措施, 确保人员和环境安全;
- (四) 对工作人员进行安全与防护知识培训, 并进行考核; 考核不合格的, 不得上岗;
- (五) 对工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查, 建立个人剂量档案和职业健康监护档案;
- (六) 按照国家有关辐射监测规范, 每年对工作场所及周围环境进行监测。

第十一条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位, 应当对本单位的放射性同位素和射线装置的安全和防护状况进行年度评估, 并于每年一月三十一日前向发证

生态环境主管部门提交。

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

第十五条 在室外、移动使用放射性同位素和射线装置的单位，应当按照国家规定划定作业控制区和监督区，设置明显的放射性警示标识，并采取巡查等方式进行警戒。

五、本项目管理目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》对宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线装置应用项目设定的管理目标为：

●辐射剂量率控制水平：控制区边界外周围剂量当量率应低于 15 μ Sv/h；监督区位于控制区外，监督区周围剂量当量率应控制在 2.5~15 μ Sv/h 之间，监督区边界外周围剂量当量率应低于 2.5 μ Sv/h。

●辐射剂量控制水平：职业人员附加年有效剂量约束值不超过 5mSv；公众附加年有效剂量约束值不超过 0.1mSv。

相关标准限值要求见表 7-7。

表 7-7 相关标准限值要求

分类	限值要求			参照标准
年有效剂量	类别	剂量限值	本项目执行剂量约束值/剂量当量率	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)
	职业照射	20mSv	5mSv	
	公众照射	1mSv	0.1mSv	
射线装置外剂量率	控制区剂量当量率	>15 μ Sv/h		《工业探伤放射防护标准》 (GBZ117-2022)
	监督区剂量当量率	2.5-15 μ Sv/h		
	监督区外剂量当量率	< 2.5 μ Sv/h		

五、其他应执行的环境保护标准

本项目危险废物的产生、收集、贮存、处置等过程执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物转移管理办法》及《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）相关要求。

表8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

本项目为 X 射线移动探伤项目，使用II类射线装置。探伤过程中，项目对环境空气、水环境及声环境质量的影响较小，主要环境影响为电离辐射对周边区域的影响。由于本项目的探伤作业地点位于宁夏境内化工企业厂区内，无固定的探伤工作场所，因此本次环境影响评价不开展辐射环境现状监测。

根据《2024 年全国辐射环境质量报告》，宁夏地区环境 γ 辐射剂量率年均值低于100nGy/h（未扣除仪器对宇宙射线的响应值），处于当地天然本底涨落范围内。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及工作原理

建设单位购置 8 台便携式工业 X 射线探伤机,1 台型号为 XXGHZ-3005 周向机,最大管电压为 300kV,最大管电流为 5mA;1 台型号为 XXG-3005 定向机,最大管电压为 300kV,最大管电流为 5mA;4 台型号为 XXG-2505 定向机,最大管电压为 250kV,最大管电流为 5mA;2 台型号为 XXG-2005 定向机,最大管电压为 200kV,最大管电流为 5mA,均用于移动探伤。

本项目便携式 X 射线探伤机系统均由控制器、X 射线发生器、电源电缆、连接电缆及附件等组成。

X 射线发生器

X 射线发生器为组合式结构,X 射线管、高压发生器(包括 X 射线管灯丝绕组)与绝缘气体(SF₆)一起封装在桶状铝壳内(3mm 铝)。X 射线发生器一端装有风扇和散热器,作为冷却之用。所用绝缘气体(SF₆)对于高压有良好的绝缘性能。

X 射线发生器主要包括下列部件:

- A、X 射线管;
- B、高压发生器(包括灯丝绕组);
- C、温度继电器;
- D、气体压力表;
- E、连接电缆插座;
- F、射线指示灯;
- G、X 射线管冷却风扇和散热器;

X 射线管系完全防电击式设计,X 射线管阳极接地,承受单向脉冲电压。X 射线发生器装有温度继电器,一旦出现温度过高情况能使控制台自动切断高压,以确保机器的安全。报警灯亮时表示 X 射线探伤机正在产生 X 射线。X 射线发生器的两个端环可使其立放,在搬运及高空作业时可作搬抬使用。

控制器

控制器的主要作用是自动控制 X 射线发生器工作在设定的电压,保证产生稳定的 X 射线,并自动控制曝光时间。本项目 XXG-2505 型及 XXG-2005 型 X 射线装置对应的控制器有 G2020 控制器和 KL-5Y 控制器;XXGHZ-3005 型及 XXG-3005 型 X 射线装置对应的控制器有 G2020 控制器。

KL-5Y 型控制器操作面板参见图 9-1，操作面板上配有：

- ◆准备指示灯：此灯变绿时表示控制器可以进行曝光操作；
- ◆高压指示灯：此灯变红时表示 X 射线发生器正在曝光；
- ◆毫安指示灯：此灯点亮时表示 X 射线发生器工作正常；
- ◆2 位 LED 显示器：用于指示曝光时间或机器运行状态指示；
- ◆时间-调机设置：用以设置曝光时间及自动训练；
- ◆高压设置旋钮：用以设置 X 射线发生器曝光量；
- ◆高压开（键）：用以启动 X 射线发生器曝光；
- ◆高压关/延时设置键：用以停止 X 射线发生器曝光操作和延时设置；
- ◆电子锁：防止非工作人员误开启高压；
- ◆曝光曲线：根据曝光曲线选择适当参数，包括工件厚度、曝光量等。

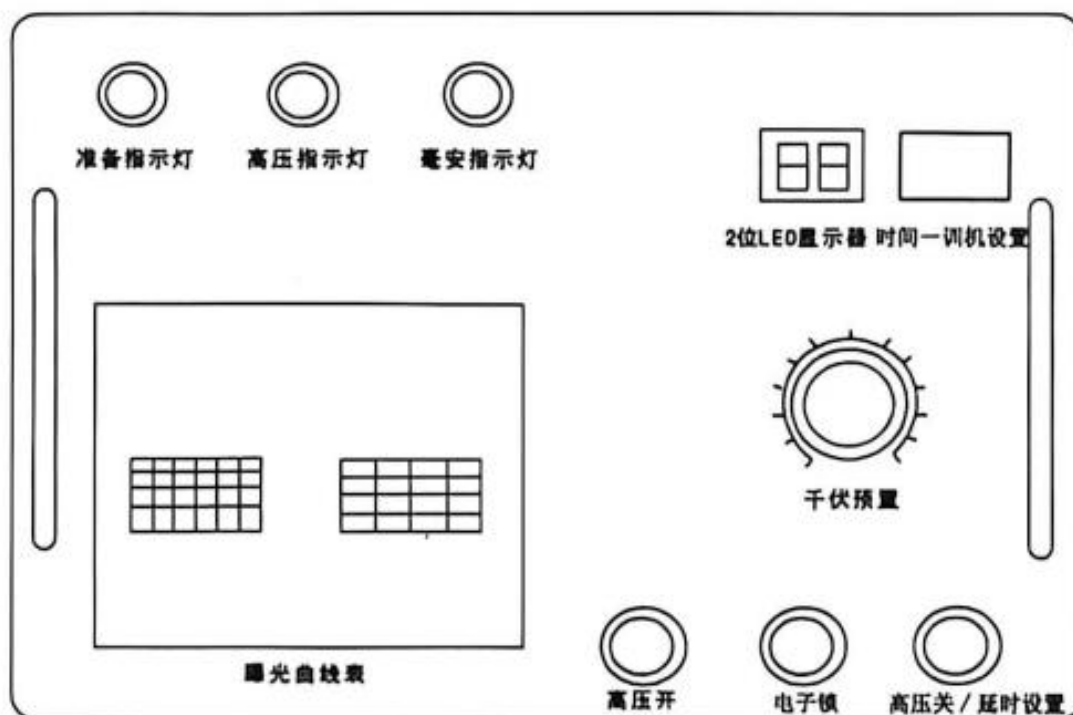


图 9-1 KL-5Y 型 X 射线探伤机控制器面板示意图

G2020 型控制器操作面板参见图 9-2，操作面板上配有：

- ◆千伏：设置的千伏电压值；
- ◆Set--设置曝光时间；
- ◆工作状态代码：描述设备工作时的状态和基本操作过程；
- ◆时间：显示曝光设置值（单位 0.1 分）；显示曝光延时值（单位 0.1 分）；延

迟曝光时显示延时倒计时（单位 1 秒）；曝光时显示已曝光时间正计时（单位 0.1 分）；曝光结束后显示冷却倒计时（单位 0.1 分）

◆设置按钮：非曝光状态下重复按压“设置按钮”，时间显示窗口会依次显示曝光设置时间 Set--*.*和延时曝光设置时间 Sdt--*.*并闪烁。如果 5 秒后没有任何操作，系统会退出设置状态。设备在曝光的情况下此按钮不可用。

◆+/-按钮：在非曝光时间或曝光过程中都可以使用此按键进行千伏的调整。在非曝光时间内按压“设置”按钮后，根据“时间”显示窗口的内容对应调整曝光时间或延时时间。每触发一次系统会根据调整精度做加一或减一操作。如果持续按压 1 秒钟以上系统会进行快速加、减动作。

◆曝光曲线：通用型 X 射线探伤机曝光曲线；

◆kV 灯/高压开：设备准备就绪后保持按压 1 秒后开启曝光动作；曝光启动后绿色指示灯被点亮并闪烁。

◆mA 灯/高压关：曝光停止按钮。同时兼具报警复位按钮；报警后，如报警信号消除可以复位。如果报警信号并未消除，无法复位；曝光开始后发生器产生射线能量达到一定的值后，红色指示灯点亮。

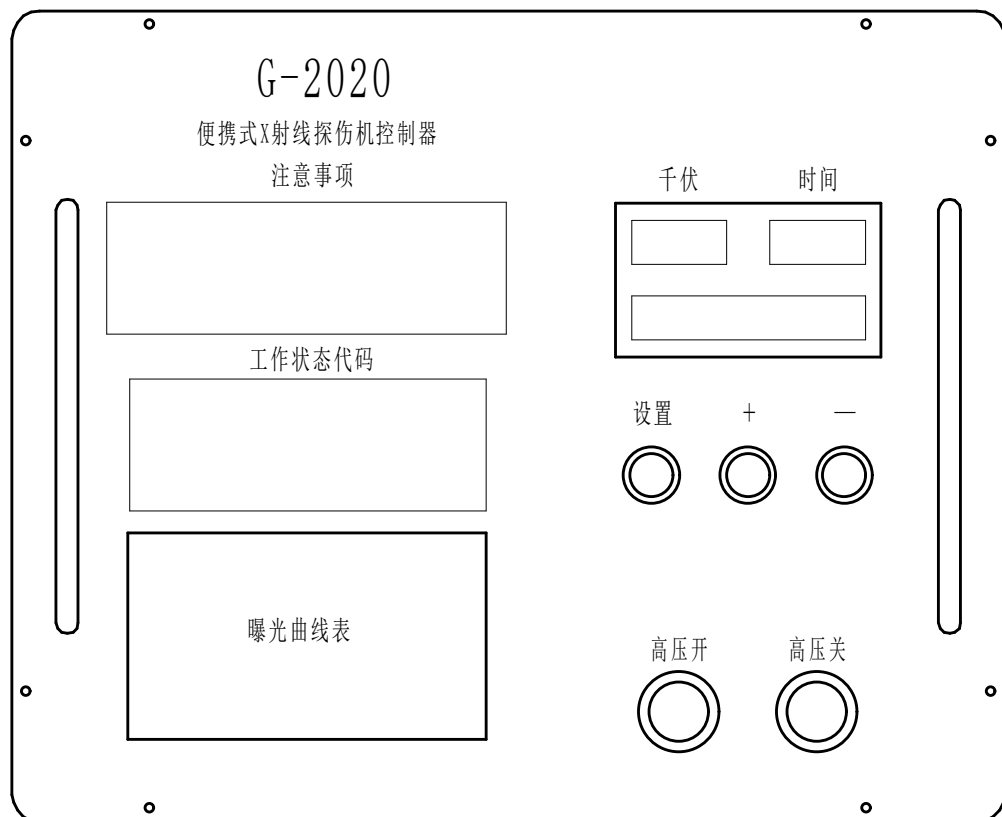


图 9-2 G2020 型 X 射线探伤机控制器面板示意图

控制器采用微机控制、隔离技术（为区分低压控制回路与高压主回路、阻断干扰、保障安全而采用的电气隔离手段）、自动化程度高、抗干扰能力强，面板上的LED数码显示器，可直观地了解整机的工作状态。控制台采用单相半控桥可控整流电路，LC滤波后获得稳定的直流电压，再经变频逆变升压后供给X射线管。微机根据设定的千伏值，自动调整和稳定输出电压。根据不同厚度的透照要求，可通过面板上的旋钮，选择不同的千伏值和时间值。

(1) X射线探伤机产品技术参数及性能特点

表9-1 本项目X射线探伤机产品技术参数

型号	XXGHZ-3005	XXG-3005	XXG-2505	XXG-2005
性质	陶瓷周向平靶	陶瓷定向	陶瓷定向	陶瓷定向
最大输出电压	300kV	300kV	250kV	200kV
最大管电流	5mA	5mA	5mA	5mA
X射线管焦点尺寸	1.0×2.5mm	2.5×2.5mm	2.0×2.0mm	2.0×2.0mm
成像形状	近似圆形	近似圆形	近似圆形	近似圆形
最大穿透厚度	焦距	600mm	600mm	600mm
	钢板A3(mm)	47	50	40
黑度	≥1.5	≥1.5	≥1.5	≥1.5
工作方式	微机控制全自动1:1方式工作与休息，最大连续曝光时间为5分钟。			
X射线辐射角	30°×360°	30°	30°	30°
高压发生器重量	32kg	30kg	23kg	18kg
X射线发生器	冷却方式	强迫风冷		
	绝缘方式	气体绝缘		
	安全工作压力	0.36Mpa~0.45Mpa		
电缆长度/m	25m	25m	25m	25m
控制器型号	G2020	G2020	G2020/KL-5Y	G2020/KL-5Y
是否配备支架	是	是	是	是

本项目 X 射线探伤机具有下列特点：

- ◆ 开机进行全面的软硬件自诊断，可诊断出有故障的器件。
- ◆ 抗干扰性强，适用野外无电源，使用发电机供电工作。
- ◆ 利用旋钮可以迅速准确地选择曝光参数，操作十分简单。
- ◆ 具有延时启动高压的功能，便于操作者撤离危险区域。
- ◆ 高压缓升缓降，可有效地保护 X 射线发生器。
- ◆ 自动控制按 1:1 方式工作与休息，最长连续曝光时间为 5 分钟。
- ◆ 保护措施齐全，具有欠压、过压、欠流、过流、放电检测、风机开路等保护功能，防止机器意外损坏。
- ◆ 可以选择训机操作，有效防止 X 射线发生器意外损坏。
- ◆ 结构设计更加牢固轻巧，更便于现场操作。

本项目 X 射线管采用波纹陶瓷管，使 X 射线发生器的体积更小、重量更轻。
 高压发生器的高压包采用聚酯膜耐温绝缘材料，耐高温的无氧铜漆包线。



XXGHZ-3005 X射线探伤机外观图



XXG-3005 X射线探伤机外观图



XXG-2505 X射线探伤机外观图



XXG-2005 X射线探伤机外观图

使用准备说明：

①X 射线发生器采用 SF₆气体绝缘，其安全工作压力为 0.36Mpa~0.45Mpa；0.35MPa 为最低允许压力（报警阈值），当压力表显示值≤0.35Mpa 时，绝缘性能不足，易发生高压

击穿，严禁开机使用。因此，使用时检查匹配的 X 射线发生器压力表显示值是否大于 0.35Mpa，若不符合，则严禁使用。

②将控制器放置稳妥，使用安全接地线将控制器的接地端子与安全接地点良好连接。

③保证电源开关处于关的位置，连接电源线至供电处并保持接触良好。电源输入引线规格要求其截面积不得小于 2.5mm^2 。

④将控制电缆线分别插入控制器的输出插座和 X 射线发生器输入插座。

⑤将射线指示灯连接到 X 射线控制器输出插座，置于醒目位置。

⑥工作现场必须有 X 射线防护设施。

(2)工作原理

X 射线探伤机主要由 X 射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成。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被钨靶突然阻挡从而产生 X 射线。

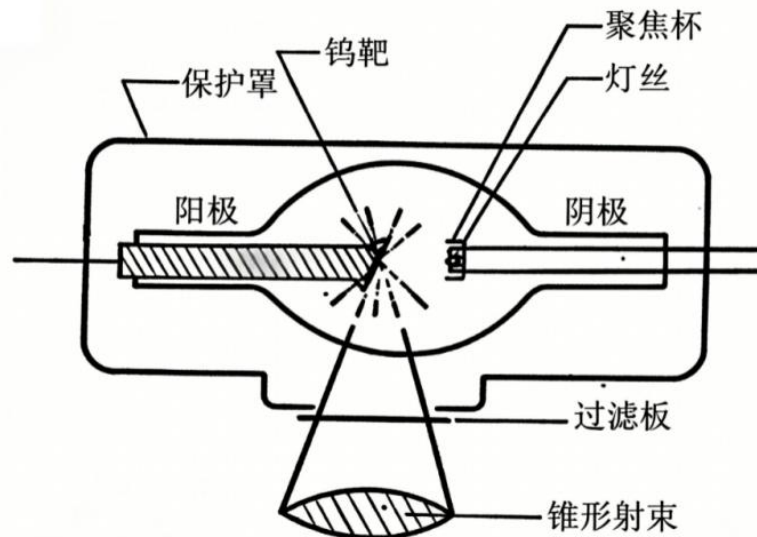


图 9-3 本项目 X 射线探伤机 X 射线发生器结构示意图

本项目投射类型为定向的 X 射线探伤机利用射线穿透物体时会发生吸收和散射的特性，在通过测量材料时对射线的吸收程度来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。将胶片紧贴在容器外侧，用 X 射线对设备（容器）照射后，透过设备（容器）的射线使胶片感光，同时设备（容器）内部真实情况就反映到胶片上，对感光后的胶片在

暗室中进行显影、停显、定影、水洗和干燥，将干燥的底片放在观片的显示屏上观察，根据底片的黑度和图像来判断设备（容器）有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定设备（容器）的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的安全事故。

另外，本项目使用的 XXGHZ-3005 型 X 射线探伤机，透射类型是周向曝光，主要用于直径较大的压力管道、压力容器内部探伤，作业人员通过支架将 X 射线机机头置于被检设备中心位置，确保设备固定牢固，不会在管道内移动时受损。支架的设计应适应被检设备的形状，以便顺利进入。射线束垂直、正对压力容器、压力管道，同时将胶片紧贴在容器外侧进行透照检查。通过 X 射线透视胶片、从胶片上显示出焊缝的内部缺陷，根据观察其缺陷的性质、大小和部位来评定材料制品的质量，从而可防止由于材料内部缺陷等引起的重大事故。

9.2 探伤工作流程及产污环节

(1)设备出库

根据设备出入库管理制度，库管人员打开库房，辐射工作人员持任务单，领取便携式工业 X 射线探伤机，现场防护设施（电离辐射警示标志、警戒线、声光警示灯、无关人员禁止入内警告牌）、监测仪器（包含便携式 X- γ 剂量率仪和个人剂量报警仪，个人剂量报警仪不得替代便携式 X- γ 剂量率仪）、个人防护用品（含铅衣、铅帽、铅眼镜）、个人剂量计和对讲机，并在设备出入库登记记录表上登记，详细记录使用地点及负责人，经库管人员确认后，上述设备方可出库。

(2)运输

采用专用车辆运输 X 射线机至移动探伤地点，运输时采用防震措施，避免因剧烈震动而造成接头松动，X 射线管破损等，确保运输过程中设备的安全。

(3)发布探伤作业通知公告

现场监护人员对工作场所进行清场，探伤机运至探伤现场，现场操作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，现场操作人员根据设备的材料和厚度选取合适的曝光条件，确定射线检测具体参数。发布 X 射线探伤通知，现场操作人员检查电源盘、电源线有无破损、绝缘老化情况，检查电源搭接是否牢固。

(4)布设现场防护设施

现场监护人员根据估算结果以及工作经验初步划定并标记出控制区和监督区范围和边界；现场监护人员在确定的控制区边界和监督区边界拉上警戒线，控制区设置“禁止进

入 X 射线工作区”警告牌，监督区设置“无关人员禁止入内”警告牌，并同时设置电离辐射警示标志和声光警示灯，现场监护人员确认控制区及监督区内已无人员后，离开控制区，在监督区边界进行警戒。同一个探伤作业场所中，操作人员不兼任监护人员。

(5)划定控制区和监督区边界

现场监护人员和探伤机操作人员采用对讲机保持联系畅通，佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，穿戴个人防护用品。在探伤机操作人员短时间开机的情况下，现场监护人员通过使用便携式 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到 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 划定监督区边界，到 $15\mu\text{Sv/h}$ 划定控制区边界。使用便携式 X- γ 剂量率仪对原划定的控制区和监督区进行修正，以确定控制区及监督区的边界。

(7)试曝光（训机）

①准备工作

探伤作业前，探伤场地内无人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作人员操作控制器进行试曝光。现场操作人员连接便携式工业 X 射线探伤机与控制器，控制器与外部电源连接。本项目便携式工业 X 射线探伤机进行探伤时利用控制电缆（长度为 25 米）及控制器 0~5min 延时启动曝光功能，达到距离防护的目的。

训机场所为便携式工业 X 射线探伤机无损探伤现场，每次抽检前自动训机一次；整个训机过程中，射线指示灯闪动不进行曝光，故不产生 X 射线。

②开机自检

打开控制器电源开关，蜂鸣器发出“滴”的一声响，操作面板上文字状态“启动准备”闪烁，kV 位置窗口显示当前机器型号，仪器进入自检准备阶段，约 6 秒后，蜂鸣器再次发出“滴”的一声响，自检准备结束，且“启动准备”指示灯常亮，进入工作待机状态，此时可通过旋转面板上的“时间”和“千伏”旋钮调节到需要的数值，断电后仪器会自动记忆最后一次数值。

通电后，“启动准备”闪烁完毕，蜂鸣器“滴”的一声响之后所有状态灯熄灭，则控制器直接进入休息状态，继续上次未完成休息的时间，休息完成则回到工作待机状态。

③自动训机

当设备连续 48 小时未使用，控制器通电准备完成“自动训机”状态常亮，仪器进入自动训机待机状态，按匹配的发生器是否需要自动训机，按“高压开”按钮即可开始全自动训机模式，自动训机时不可调节千伏，训机过程控制器会自动步进千伏值。若发生器有放电现象，系统会自动降压，时间倒计时归零自动休息，休息结束会自动再次开始。

训机中途人为按“高压关/延时”按钮停止，则不会再次自动开始，需要再次按动“高压开”继续自动训机。训机待机状态，长按压“时间”旋钮，时间显示闪烁，旋转“时间”旋钮可调节自动步进时间值，此值断电会自动记忆。

整个训机过程“自动训机”状态指示会常亮，即使在休息过程也会常亮。当训机完成“自动训机”指示灯熄灭，“启动准备”指示点亮，控制器进入正常工作状态。

若不需要自动训机，在训机待机状态下长按“高压关/延时”约 1.5 秒，蜂鸣器发出“滴.滴”的两声响，“自动训机”指示熄灭，“启动准备”常亮则退出训机状态进入正常工作状态。

强制启动自动训机，按住“高压关/延时”按钮开机，等待“自动训机”状态变亮，松开按钮，则本次进入“自动训机”模式。

(8)曝光设置

时间和千伏参数设置完毕后，按下“高压开”按键，即可开始曝光工作。随即“mA”状态图标闪烁，机器开始正常工作，曝光过程中随时可以调节千伏数值，电流恒定，不随电压改变，时间指示倒计时显示，当时间减至零时，蜂鸣器发出“滴...”的一长声响即曝光结束，仪器进入休息状态，此时只有时间和千伏显示，时间指示再次倒计时显示，当休息时间结束后，仪器发出“滴.滴...”的一短一长声响，仪器休息结束可以再次开始曝光。

延时曝光：当控制器“启动准备”常亮时，长按“高压关/延时”按钮约 1.5 秒，时间显示闪烁，此时可通过旋转“时间”旋钮调节延时时间，调节完毕，再次按一下“高压关/延时”按钮即可退出调节，或者 2 秒时间内没有动作系统会自动退出延时设置过程。调节好延时时间后，按“高压开”按钮，开始按照设置的延时时间倒计时，并在 1 秒发出“滴”的一声响，当倒计时结束则自动开始曝光。若不重新设置延时时间，则每次曝光按照相同的时间延时（仪器断电后再次打开则延时时间复位为零）。若要取消本次延时功能，在延时过程中按下“高压关/延时”按键即可，此时仪器延时时间复位为零，直接按“高压开”按键则立即开始曝光。

(9)报警显示

系统在工作过程中检测到故障，会立即停止当前曝光，蜂鸣器发出连续“滴.滴.”急促声响。对应文字状态故障显示，且时间位显示故障代码。此时可通过按下“高压关/延时”按键来关闭报警，若可以关闭报警则说明线路有接触不良地方，此时应根据报警指示做进一步检查和排除。若报警不可以关闭则要重点检查线路和发生器的连接是否可靠。依据“故障排查”做仔细检查，若仍不能排除报警应送回生产设备厂家公司检修。

若报警在曝光过程中产生，则时间位交替显示故障代码和剩余曝光时间，可依据此时

间决定补拍曝光时间。

(10)过温保护

当射线发生器工作在封闭环境或现场不利于散热的情况时，长时间的工作容易发生过热保护，此时曝光停止且“过温保护”指示常亮，蜂鸣器发出连续“滴.滴.”急促声，时间位交替闪烁显示剩余时间和“HT”代码，这时通过按下“高压关/延时”按键，可暂停声响，等待机器冷却，当机器温度降到正常范围时，则退出报警状态。

(11)关闭过程

曝光过程中可以随时通过“高压关/延时”按钮来停止本次工作。并且仪器自动按照已工作的时间进行 1:1 休息，时间不足 0.1 秒按照 0.1 秒时间休息（连续工作模式除外）。仪器休息总时间断电不受影响。

(12)探伤结束。达到预定曝光时间和曝光量后，探伤检测结束，关闭机器设备，操作人员携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪进入控制区，收回探伤机，清理完现场后解除警戒并离场。

(13)专用车辆运输送回库房。

(14)根据设备台账管理制度，在出入库台账上登记，并将所有设备入库。

(15)胶片处理

①溶液配制

将 1 加仑（1 加仑为 3.785L）显影粉在显影池内完全溶于 3.785L 水中，静置 24h 后待用，配置成显影液的密度为 $1.06-1.08\text{g/cm}^3$ ，1 年用 10 袋显影粉，配制显影液年需新鲜水量 37.85L；

将 1 加仑（1 加仑为 3.785L）定影粉在定影池内完全溶于 3.785L 水中，静置 24h 后待用，配置成定影液的密度为 $1.18-1.22\text{g/cm}^3$ ，1 年用 10 袋定影粉，配制定影液年需新鲜水量 37.85L；

②胶片处理程序

胶片处理过程可分为显影、停显、定影、水洗和干燥五个步骤。

显影：将胶片放入显影池内已配制好的溶液浸泡 4~6min，成像后取出。

停显：将成像后的胶片，放入停显池（容积为 0.095m^3 ）中浸制约 0.5min，去除附着在胶片上的杂质。半年更换 1 次停显池内的水，1 加仑水等于 3.785L，故停显池内年需新鲜水量 37.85L。

定影：停显结束后取出胶片，放入定影池（容积为 0.095m^3 ）内已配制好的定影溶液

浸泡 5~15min，保护已显影的影像，使其达到稳定状态。

水洗：定影结束后取出胶片，放入水洗池（容积为 0.095m³）中浸制约 30min，去除附着在胶片上的化学物质。1 个季度更换 1 次水洗池内的水，1 加仑水等于 3.785L，故水洗池内年需新鲜水量 75.7L。

干燥：水洗后将胶片悬挂起来自然晾干。

上述操作均在常温下进行。

③射线照相底片的评定。观片人员对观察到的影像做出分析判断。

④射线照相检测的记录与报告。观片人员应对射线照相检验结果及有关事项进行详细记录，并出具报告。

本项目工艺流程及产污环节见图 9-4。

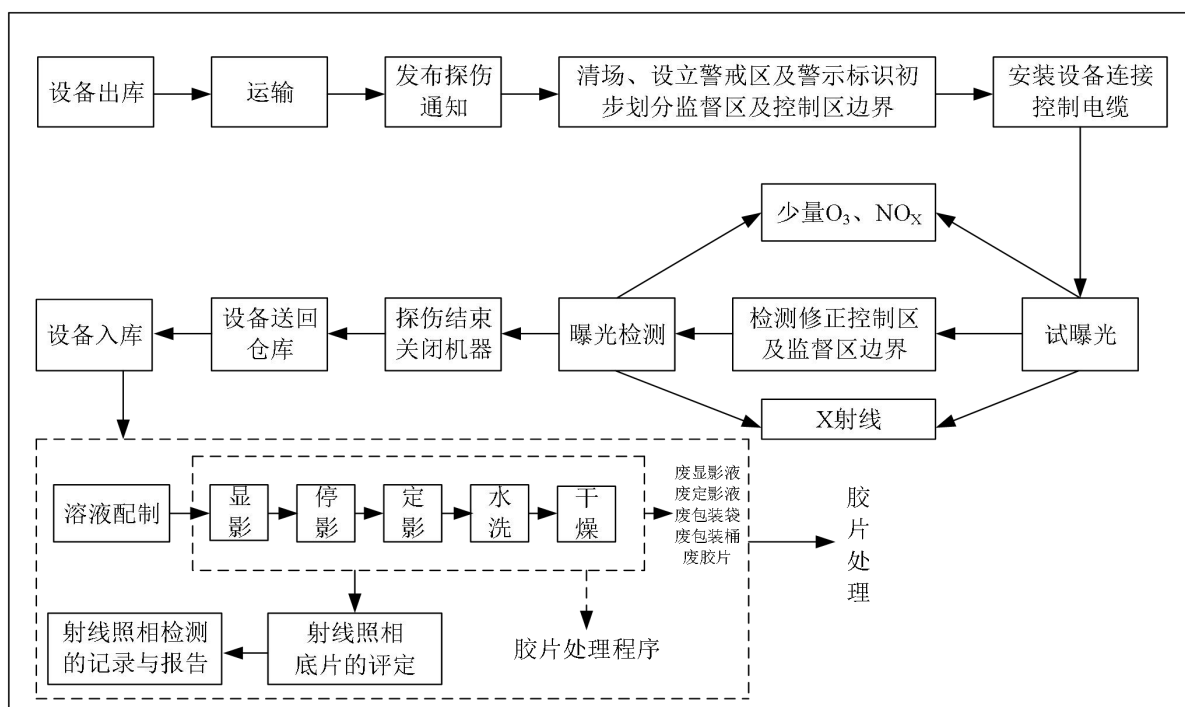


图 9-4 X 射线探伤机移动探伤工艺流程及产污环节示意图

9.3 工作状态与频次

本项目拟配置 6 名辐射工作人员负责 X 射线探伤机的操作工作，2 人一组成立探伤作业小组，共设置 3 个工作小组，不进行倒班或岗位轮换。3 个工作组每年外出检测天数共计 150 天，每天曝光次数最多为 24 次，每次曝光时间最多为 5min，全年合计出束时间为 300h。

9.4 污染源项描述

1.X射线

由X射线探伤装置的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失的。本项目使用的X射线探伤机只有在开机并处于曝光状态时才会发出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。

2.废气

本项目探伤现场为开放式场所，探伤机在出束过程中会电离空气中的氧气产生臭氧和NO_x（以NO₂为主），产生量较小，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

3.固体废物

胶片处理过程中会产生废显（定）影液，根据同类行业经验估算，废显（定）影液产生量约为 $(37.85L+37.85L+189.25L) \times 95\% = 251.7L/a$ ，该废显（定）影液属于《国家危险废物名录（2025年版）》中“HW16 感光材料废物”中的非特定行业 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），建设单位拟将其在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

本项目显影粉、定影粉采用袋装，显影、定影粉废包装袋产生量约 20 个/a，盛装废显（定）影液桶约 2 个/a。上述废包装袋（桶）属于《国家危险废物名录》中“HW49 其他废物”中的 900-041-49 含有或沾染毒性、感染性危险废物的废弃包装物、容器、过滤吸附介质，危险特性为毒性（T）和感染性（In），在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

根据建设单位提供的资料，评片过程中会产生废胶片，产生量约为 6 张/a，废胶片属于《国家危险废物名录（2025年版）》中“HW16 感光材料废物”中的非特定行业 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），建设单位拟将其在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

4.正常工况污染途径分析

便携式工业 X 射线探伤机在不接通电源并且未加高压状态下，无 X 射线产生。在对设备进行探伤检测时，X 射线经透射、反射，对作业场所及周围环境产生辐射影响。

5.事故工况污染途径分析

便携式工业 X 射线探伤机事故工况主要是 X 射线探伤机运行时，无工件遮挡且无防护的情况，或电源开关、曝光开关按钮失灵，无法正常关闭便携式工业 X 射线探伤机，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 设备库设计与安全设施

本项目拟购置的 8 台便携式 X 射线探伤机拟存放于宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线机存储室（长×宽×高：1.7m×3.0m×3m）内。存储室设置防盗门、视频监控、电离辐射警示标志、四周为 200mm 厚加砌块砌筑墙体无窗户，设有专人负责设备管理，且为双人双锁。本项目防盗措施可保证 X 射线探伤机的安全。

制定严格的仪器设备管理制度，使用时应经管理人员、相关负责人及库管人员签字确认并进行出入库登记，防止因存储室管理不善导致射线装置丢失。定期对辐射安全防护设施进行检查、维护，发现问题应及时整改，并做好记录。

10.1.2 设备运输和临时储存防护措施

运输全程由经过培训的辐射工作人员负责，如人员需离开车辆，X 射线探伤机存放于车内，应至少保留 1 名工作人员负责 X 射线探伤机的看管。使用当天无法返回存储室时，X 射线探伤机应暂时存放于临时房间内，由工作人员负责看管，并由专人值班。

10.1.3 设备安全性分析

(1)设备固有安全性分析

①设备具有欠压、过压、欠流、过流、放电检测、风机开路等保护功能，若出现上述故障，机器自动停止曝光，且有数码指示及声音提示故障类型，确保整机安全。

②当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，进入休息阶段，然后返回到曝光参数设定状态。

③设备停止工作一定时数以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

③过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值（为额定电压的 10%）时，自动切断高压。

④过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

(2)移动探伤安全防护措施

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》，本项目进行移动探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：

①制定移动探伤工作方案

接受现场探伤任务后，在移动探伤作业前，按项目应制定现场探伤工作方案，该工作方案主要包括探伤时间、地点、工况、控制区范围、监测方案、清场方式等，明确现场操作人员和现场监护人员的职责和分工。工作期间做好相关记录，与监测方案一同存档备查。具体内容如下：

a、明确探伤工况：使用的探伤设备、探伤对象、时间安排（开始和结束时间节点）、探伤场所位置。

b、根据探伤工况等初步划定安全防护区域（控制区和监督区）范围，明确对控制区、监督区采取的警戒、安全措施，并通过影像资料记录现场各类辐射安全措施的履行情况。

c、确定监测方案：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、监督区边界以及探伤操作人员位置等，在探伤作业时应根据照射方向及探伤厚度及时调整防护区域范围。

d、明确清场方式：如预先公告、安排专人检查等，确保在探伤操作期间，在划定的监督区范围内无公众，控制区内不应有任何人员。

e、明确职责和分工：明确辐射工作人员的分工计划，如现场操作人员和现场监护人员的名单及其职责等。现场监护人员主要负责控制区和监督区的划定与控制，探伤场所限制区域的人员管理、探伤场所辐射剂量水平监测以及警戒等安全相关工作。

②探伤作业前进行公示

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人，辐射安全负责人，操作人员和现场监护人员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m²（本项目为工业 X 射线移动探伤，参照《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），安全信息公示牌面积应不小于 2 平方米），公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进行涂改、污损。

③内部管理机构和规章制度

制定移动探伤作业辐射环境安全内部管理机构和规章制度，逐级落实移动探伤作业的辐射安全责任制。要制定有针对性的辐射事故应急预案，并明确项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式。每次移动探伤作业完成后，要按照“一事一档”的要

求建立辐射安全与防护档案，需要归档的材料应包括以下内容：

a、作业活动开始前报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

b、生态环境部门现场检查记录及整改要求落实情况；

c、作业活动期间的相关记录和日志：包括现场公示、射线装置的领用记录、设备检查记录等，每次作业的时间、地点、操作人员、每次作业清场、两区划分记录（采取影像资料和文字形式），对工作场所和周围环境监测记录；

d、作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其他有关情况。

④探伤分组及个人防护

建设单位在探伤作业前开展制定探伤工作方案、张贴探伤作业公告、划定控制区和监督区、清场、个人防护等准备工作。应保证每个小组每次进行移动探伤作业时，至少有 1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 枚个人剂量计、2 台个人剂量报警仪、若干警示标志、警戒线、警告牌、对讲机、个人防护用品（含铅衣、铅帽、铅眼镜等）。个人剂量计和个人剂量报警仪应编号并定人佩戴，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，便携式辐射剂量率仪要按要求进行检定。

⑤探伤机从存储室出库进行移动作业、移动探伤完毕送回存储室时都需进行登记，严格做好记录管理工作，严格落实双人双锁制度，探伤机出库作业前辐射工作人员须报相关管理人员和相关负责人批准后方可出库开展探伤作业，探伤机在移动探伤完毕后，探伤机存放于存储室内。

⑥探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架安装完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场；除探伤机操作人员外，现场监护人员使用便携式 X- γ 剂量率仪巡测，划定监督区和控制区边界，分别在监督区边界及控制区边界指定位置放置警告牌、拉警戒线，严禁无关人员进入该区域。

探伤操作：进行探伤时，如果探伤机连接线长度不够，采取设定时间后自动开机曝光操作，一般最长可设定 5min 待定时间，操作人员可在该段时间内退至控制区外或屏蔽体内，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴个人防护用品（含铅衣、铅帽、铅眼镜）、个人剂量计、个人剂量报警仪、对讲机等。

探伤期间：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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，并在相应的边界设置警示标识或警戒线。每个探伤工作小组作业现场至少配置 1 台便携式剂量率仪，随时

监测工作区域的辐射剂量率，一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤机操作人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。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，并设置专人警戒。在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。探伤的工作条件（如 X 射线机管电压、照射方向、探伤工件厚度等）变动时，必须进行场所监测，并验证确定的控制区和监督区。在工作状态下应监测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。停机后现场辐射剂量率恢复至本底水平时，其他人员方可进入。

在移动探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

10.1.4 辐射安全防护设施、措施

根据《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）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》等相关要求，本项目的辐射安全防护设施、措施具体见表 10-1。

表 10-1 本项目辐射安全防护设施、措施一览表

序号	具体要求
1	作业公告：作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施
2	安全信息公示牌：面积不小于 2m^2 ，公示内容：辐射安全许可证，公司法人，辐射安全负责人，操作人员和现场监护人员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容
3	6 个电离辐射警示标志和 8 卷警戒线
4	场所边界文字说明、6 个对讲机、6 个头灯、6 个声光警示灯、6 个警告牌等（移动探伤）
5	专人警戒、巡测
6	3 台便携式 X- γ 剂量率仪
7	6 台个人剂量报警仪
8	6 个人剂量计
9	6 套个人防护用品（如铅衣、铅帽、铅眼镜等）
10	3mm 厚的铅板（3 块，备用）

建设单位应按照上表中提出的要求落实辐射防护设施、措施。

10.1.5 项目投资及环保投资

为确保项目正常运行，根据本项目实际情况，按照辐射防护要求设置防护设施、措施，如电离辐射警示标志，声光警示灯等。本项目总投资 30 万元，其中核技术利用环保投资估算为 9.16 万元，占总投资 30.53%，环保投资分项估算见表 10-2。

表 10-2 环保投资分项估算表

环保投资项目	环保设施	数量	投资（万元）
X 射线机存储	防盗门（设置电离辐射警示标志）	1 个	0.4

室防护设施	视频监控器	1 个	0.4
现场防护设施	电离辐射警示标志	6 个	2.0
	警戒线	8 卷	
	声光警示灯	6 个	
	无关人员禁止入内警告牌	6 个	
	“禁止进入射线工作区”警告牌	6 个	
	3mm 厚的铅板	3 块	
监测设备	便携式 X-γ剂量率仪	3 台	3.0
	个人剂量报警仪	6 台	
个人防护用品	防护用品（含铅衣、铅帽、铅眼镜等）	6 套	1.5
其他投资	个人剂量计	6 个	0.6
	头灯	6 个	0.08
	对讲机	6 个	0.08
危废贮存	危废贮存间（3.9m ² ）	1 处	1.0
合计			9.16

10.2 三废的治理

10.2.1 废气

本项目 X 射线探伤过程中不产生放射性废气、废水及放射性固体废弃物。现场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，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

10.2.2 固体废物

胶片处理过程中会产生废显（定）影液，产生量约 251.7L/a，属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中“HW16 感光材料废物”中的非特定行业 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），建设单位拟将其在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

本项目显影粉、定影粉采用袋装，显影、定影粉废包装袋产生量约 20 个/a，盛装废显（定）影液桶约 2 个/a。上述废包装袋（桶）属于《国家危险废物名录》中“HW49 其他废物”中的 900-041-49 含有或沾染毒性、感染性危险废物的废弃包装物、容器、过滤吸附介质，危险特性为毒性（T）和感染性（In），在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

评片过程中会产生废胶片，产生量约为 6 张/a，废胶片属于《国家危险废物名录（2025 年版）》中“HW16 感光材料废物”中的非特定行业 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），建设单位拟将其在厂区内危废贮存间贮存，定期交有危险废物处理资质的单位处理。

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目依托建设单位现有废弃气瓶检验车间进行改造，施工期主要对该车间实施改造，拟规划设置 5 个区域，分别为水质检测区、承压和机电设备室、资料室、无损实验室和非移动设备区，项目仅涉及无损实验室，该区域内分别设有暗室、晾片室、评片室、射线机存储室、超声设备调校室及危废贮存间。施工期主要环境影响表现在：施工过程中产生的粉尘、噪声及施工建筑垃圾等。建设单位应加强施工管理，规范各项污染防治措施，随着施工期的结束，对周围环境的影响也将逐渐消失。

由于便携式工业 X 射线探伤机只有在开机并处于出束过程中才会产生 X 射线，在使用时才会产生 X 射线，项目建设阶段仅购置便携式工业 X 射线探伤机，该便携式工业 X 射线探伤机无需专门调试和安装，不会对周围环境产生影响，也不会产生放射性废气、废液和固体废弃物，对周围环境不会产生辐射污染。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 移动探伤控制区及监督区的理论划分

在实际探伤过程中，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，根据不同的工件厚度，操作人员会设置不同的管电压，工件厚度较小，设置的管电压也随之较小。本项目需探伤的设备、压力管道、压力容器的材质均为钢，厚度在 5mm-35mm 之间，当压力管道、压力容器厚度大于 35mm 时，建设单位将采用超声波进行探伤检测，不再采用 X 射线机进行探伤。

(1)划分依据

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的相关要求，X 射线移动探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，对控制区、监督区的划分原则为：控制区边界外 X 射线周围剂量当量率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区位于控制区外，其边界 X 射线周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此为建设单位移动作业控制区、监督区的划分进行理论计算。

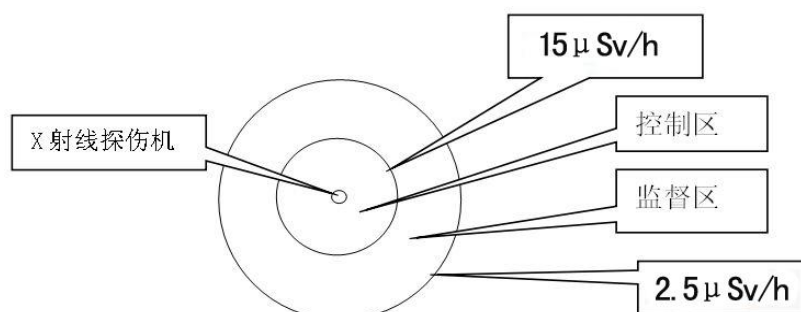


图 11-1 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

(2)理论计算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）4.1 有用线束 b）在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按照（式 1）计算：

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

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

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m，取 1m；

B——屏蔽透射因子；

H_0 ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。经查询《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 B.1 可知，不同 X 射线管电压（kV）和不同过滤条件下的 X 射线距辐射源点（靶点）1m 处输出量 H_0 见表 11-1。

表11-1 X射线输出量

序号	设备型号	管电压 (kV)	过滤条件	输出量 H_0 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$)
1	XXG-2005	100	3mm 铝	4.5
		150	3mm 铝	5.2
		200	3mm 铝	8.9
2	XXG-2505	150	3mm 铝	5.2
		200	3mm 铝	8.9
		250	3mm 铝	13.9
3	XXG-3005 及 XXGHZ-3005	200	3mm 铝	8.9
		250	3mm 铝	13.9
		300	3mm 铝	20.9

注：根据建设单位提供的资料，XXG-2005型射线探伤装置在管电压100kV，过滤条件3mm铝的条件下，其X射线输出量为 $4.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

对于给定的屏蔽物质厚度X，相应的辐射屏蔽透射因子B按照（式2）计算：

$$B=10^{-X/\text{TVL}} \quad (\text{式 2})$$

式中：X——屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——什值层厚度，mm，根据《辐射防护导论》（方杰主编，P103，图 3.23），X 射线管电压为 100kV 时，X 射线在钢中的什值层厚度为 6mm，150kV 时，X 射线在钢中的什值层厚度为 7.5mm，X 射线管电压为 200kV 时，X 射线在钢中的什值层厚度为 9.5mm；X 射线管电压为 250kV 时，X 射线在钢中的什值层厚度为 12mm；X 射线管电压为 300kV 时，X 射线在钢中的什值层厚度为 14mm。

(3)根据辐射场中某点的照射量、吸收剂量均与该点和源的距离的平方成反比，也就是

平方成反比定律，可计算出本项目控制区和监督区的距离，即：

$$D_1/D_2=R_2^2/R_1^2 \quad (\text{式 3})$$

D_1 —距 X 射线管焦点 R_1 处辐射剂量率；

D_2 —距 X 射线管焦点 R_2 处辐射剂量率；

R_1 —距 X 射线管焦点处的距离；

R_2 —距 X 射线管焦点处的距离。

建设单位购置的X射线机在探伤过程中仅需调节电压和曝光时间，其管电流固定为5mA，根据工件的不同厚度，依据每台射线机的曝光曲线，选择相应的曝光时间、电压。

根据建设提供的资料，XXG-2005型射线探伤装置在探伤过程中电压范围在100~200kV之间（本次计算管电压选取100kV、150kV、200kV），探测厚度在5mm~20mm之间的设备（容器）；XXG-2505型射线探伤装置在探伤过程中电压范围在150~250kV之间（本次计算管电压选取150kV、200kV、250kV），探测厚度在10mm~20mm之间的设备（容器）；XXG-3005型及XXGHZ-3005型射线探伤装置在探伤过程中电压范围在170~300kV之间（本次计算管电压选取200kV、250kV、300kV），探测厚度在20mm~35mm之间的设备（容器）。

由以上参数可计算出主射束方向不同型号的射线机其控制区及监督区的防护距离见表11-2~表11-4。

表11-2 不同工况条件下XXG-2005型主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		距辐射源点（靶点）1m处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	距离	
管电压(kV)	管电流(mA)						控制区距离(m)	监督区距离(m)
200	5.0	$8.9\times 6\times 10^4$	5	9.5	0.298	794685.83	230.2	563.8
		$8.9\times 6\times 10^4$	10	9.5	0.089	236526.43	125.6	307.6
		$8.9\times 6\times 10^4$	15	9.5	0.026	70398.58	68.5	167.8
		$8.9\times 6\times 10^4$	20	9.5	0.008	20953.09	37.4	91.5
150	5.0	$5.2\times 6\times 10^4$	5	7.5	0.215	336091.81	149.7	366.7
		$5.2\times 6\times 10^4$	10	7.5	0.046	72408.79	69.5	170.2
		$5.2\times 6\times 10^4$	15	7.5	0.010	15600.00	32.2	79.0
		$5.2\times 6\times 10^4$	20	7.5	0.002	3360.92	15.0	36.7
100	5.0	$4.5\times 6\times 10^4$	5	6	0.147	198152.90	114.9	281.5
		$4.5\times 6\times 10^4$	10	6	0.022	29084.87	44.0	107.9
		$4.5\times 6\times 10^4$	15	6	0.003	4269.07	16.9	41.3
		$4.5\times 6\times 10^4$	20	6	0.000	626.61	6.5	15.8

表11-3 不同工况条件下XXG-2505型主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		距辐射源点（靶点）1m处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	距离	
管电压(kV)	管电流(mA)						控制区距离(m)	监督区距离(m)
250	5.0	$13.9\times 6\times 10^4$	10	12	0.147	612072.29	202.0	494.8
		$13.9\times 6\times 10^4$	15	12	0.056	234496.33	125.0	306.3

		$13.9 \times 6 \times 10^4$	20	12	0.022	89839.93	77.4	189.6
200	5.0	$8.9 \times 6 \times 10^4$	10	9.5	0.089	236526.43	125.6	307.6
		$8.9 \times 6 \times 10^4$	15	9.5	0.026	70398.58	68.5	167.8
		$8.9 \times 6 \times 10^4$	20	9.5	0.008	20953.09	37.4	91.5
		$5.2 \times 6 \times 10^4$	10	7.5	0.046	72408.79	69.5	170.2
150	5.0	$5.2 \times 6 \times 10^4$	15	7.5	0.010	15600.00	32.2	79.0
		$5.2 \times 6 \times 10^4$	20	7.5	0.002	3360.92	15.0	36.7

表11-4 不同工况条件下XXG-3005型及XXGHZ-3005型主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		距辐射源点（靶点）1m处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	距离	
管电压(kV)	管电流(mA)						控制区距离(m)	监督区距离(m)
300	5.0	$20.9 \times 6 \times 10^4$	25	14	0.016	102695.94	82.7	202.7
		$20.9 \times 6 \times 10^4$	30	14	0.007	45124.29	54.8	134.3
		$20.9 \times 6 \times 10^4$	35	14	0.003	19827.48	36.4	89.1
250	5.0	$13.9 \times 6 \times 10^4$	25	12	0.008	34419.35	47.9	117.3
		$13.9 \times 6 \times 10^4$	30	12	0.003	13186.70	29.6	72.6
		$13.9 \times 6 \times 10^4$	35	12	0.001	5052.07	18.4	45.0
200	5.0	$8.9 \times 6 \times 10^4$	25	9.5	0.002	6236.38	20.4	49.9
		$8.9 \times 6 \times 10^4$	30	9.5	0.001	1856.16	11.1	27.2
		$8.9 \times 6 \times 10^4$	35	9.5	0.000	552.46	6.1	14.9

根据上述计算可知，本项目 XXG-2005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，主束方向控制区最大距离为 230.2m，监督区最大距离为 563.8m；XXG-2505 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，主束方向控制区最大距离为 202.0m，监督区最大距离为 494.8m；XXG-3005 型及 XXGHZ-3005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，主束方向控制区最大距离为 82.7m，监督区最大距离为 202.7m。

以上计算结果仅为典型工件对应工况下辐射防护距离，在实际探伤过程中，随着管电压的变化，以及工件材质、厚度等条件不同，应充分使用便携式X- γ 剂量率仪由远至近划分监督区和控制区。

另外，本项目使用的XXGHZ-3005型X射线探伤机，透射类型是周向曝光，主要用于直径较大的压力管道、压力容器内部探伤，作业人员通过支架将X射线机机头置于被检设备中心位置，射线束垂直、正对焊接接头进行透照检查，故本次主要评价主射束方向的辐射。

本项目不同型号的X射线探伤机控制区、监督区划分示意图见图11-2~图11-4。

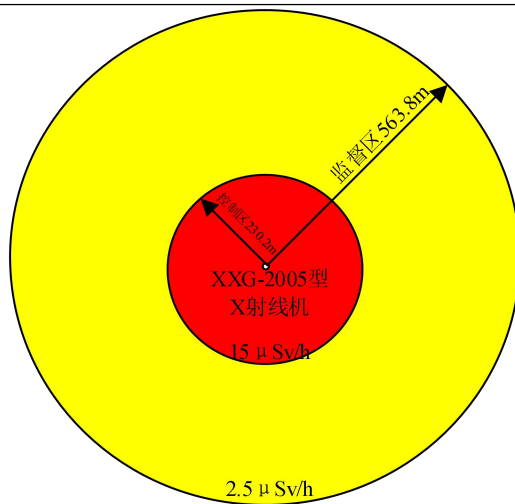


图 11-2 XXG-2005 型 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

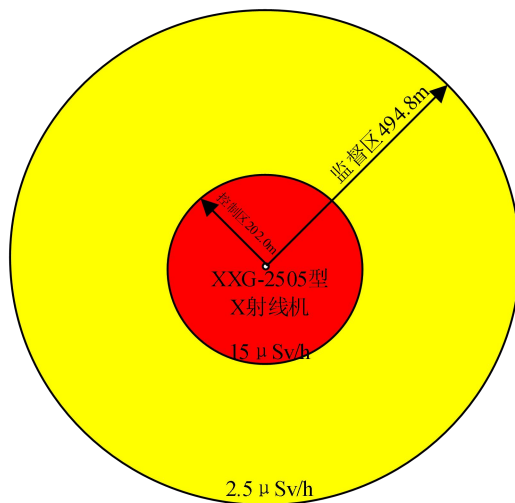


图 11-3 XXG-2505 型 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

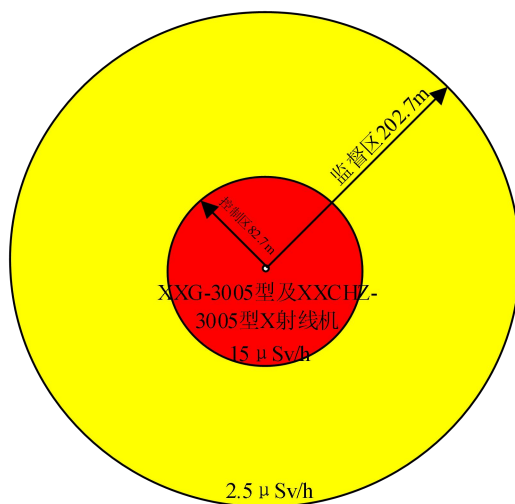


图 11-4 XXG-3005 型及 XXGHZ-3005 型 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

(二)非主射束方向控制区及监督区距离

1.泄漏射线所致周围剂量当量率

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），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表11-5的要求。

表11-5 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	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
150~200	2.5×10^3
>200	5×10^3

本项目 XXGHZ-3005 型及 XXG-3005 型 X 射线探伤装置最大管电压均为 300kV，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值保守取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；XXG-2505 型 X 射线探伤装置最大管电压为 250kV，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值保守取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ；XXG-2005 型 X 射线探伤装置最大管电压为 200kV，X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值保守取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

2.散射线所致周围剂量当量率

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算方法，关注点的散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (\text{式 4})$$

式中：I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 ——距辐射源点1m处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见前表11-1。

B——屏蔽透射因子；按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按照 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算。

F—— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；根据设备厂家提供的资料，探伤过程 XXG-2005 型、XXG-2505 型及 XXG-3005 型 X 射线探伤装置出束角度均保持 30° ，X 射线探伤装置与探伤工件之间的距离为 1m，则 $r=1/\cos 15^\circ$ ，即 $r=1.04\text{m}$ ， $S_{(\text{扇形})} = n\pi r^2 / 360^\circ = 0.28\text{m}^2$ 。

α ——散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到其 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，可以水的 α 值保守估计，见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.3， $\alpha = \alpha_w \cdot 10000 / 400 = \alpha_w \cdot 25$ ；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目取 1m；

R_s ——散射体至关注点的距离，本项目取 1m。

由以上参数可计算出非主射束方向不同型号的射线机非主射束方向散射线所致周围剂量当量率见表11-6~表11-8。

表11-6 不同工况条件下XXG-2005型非主射束方向散射线所致周围剂量当量率

运行工况		距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽 物质的 厚度X	什值 层厚 度 TVL	屏蔽透 射因子 B	辐射野 面积F (m^2)	散射 因子 α	关注点的散 射辐射剂量 率H ($\mu\text{Sv/h}$)
管电压 (kV)	管电流 (mA)							
200	5	$5.2\times 6\times 10^4$	5	9.5	0.298	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	6175.33
		$5.2\times 6\times 10^4$	10	9.5	0.089	0.28		1838.00
		$5.2\times 6\times 10^4$	15	9.5	0.026	0.28		547.05
		$5.2\times 6\times 10^4$	20	9.5	0.008	0.28		162.82
150	5	$5.2\times 6\times 10^4$	5	7.5	0.215	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	4470.02
		$5.2\times 6\times 10^4$	10	7.5	0.046	0.28		963.04
		$5.2\times 6\times 10^4$	15	7.5	0.010	0.28		207.48
		$5.2\times 6\times 10^4$	20	7.5	0.002	0.28		44.70
100	5	$2.8\times 6\times 10^4$	5	6	0.147	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	1639.83
		$2.8\times 6\times 10^4$	10	6	0.022	0.28		240.69
		$2.8\times 6\times 10^4$	15	6	0.003	0.28		35.33
		$2.8\times 6\times 10^4$	20	6	0.0005	0.28		5.19

注：根据建设单位提供的资料，XXG-2005型射线探伤装置在管电压100kV，过滤条件3mm铝的条件下，其X射线输出量为 $2.8\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

表11-7 不同工况条件下XXG-2505型非主射束方向散射线所致周围剂量当量率

运行工况		距辐射源点 (靶点) 1m处 输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽 物质的 厚度X	什值 层厚 度 TVL	屏蔽透 射因子 B	辐射野 面积F (m^2)	散射 因子 α	关注点的散 射辐射剂量 率H ($\mu\text{Sv/h}$)
管电压 (kV)	管电流 (mA)							
250	5.0	$8.9\times 6\times 10^4$	10	12	0.147	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	5212.30
		$8.9\times 6\times 10^4$	15	12	0.056	0.28		1996.93
		$8.9\times 6\times 10^4$	20	12	0.022	0.28		765.06
200	5.0	$5.2\times 6\times 10^4$	10	9.5	0.089	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	1838.00
		$5.2\times 6\times 10^4$	15	9.5	0.026	0.28		547.05
		$5.2\times 6\times 10^4$	20	9.5	0.008	0.28		162.82
150	5	$5.2\times 6\times 10^4$	10	7.5	0.046	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 2.5$	963.04
		$5.2\times 6\times 10^4$	15	7.5	0.010	0.28		207.48
		$5.2\times 6\times 10^4$	20	7.5	0.002	0.28		44.70

表11-8 不同工况条件下XXG-3005型非主射束方向散射线所致周围剂量当量率

运行工况		距辐射源点 (靶点) 1m处 输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	屏蔽 物质的 厚度X	什值 层厚 度 TVL	屏蔽透 射因子 B	辐射野 面积F (m^2)	散射 因子 α	关注点的散 射辐射剂 量率H ($\mu\text{Sv/h}$)
管电压 (kV)	管电流 (mA)							
300	5.0	$8.9\times 6\times 10^4$	25	14	0.016	0.28	$1.9\times 10^{-3}\times 25$	581.63
		$8.9\times 6\times 10^4$	30	14	0.007	0.28		255.57
		$8.9\times 6\times 10^4$	35	14	0.003	0.28		112.30
250	5.0	$8.9\times 6\times 10^4$	25	12	0.008	0.28	1.9×10^{-3}	293.11

200	5.0	8.9×6×10 ⁴	30	12	0.003	0.28	-3×25	112.30
		8.9×6×10 ⁴	35	12	0.001	0.28		43.02
		5.2×6×10 ⁴	25	9.5	0.002	0.28	1.9×10 ⁻³ ×25	48.46
		5.2×6×10 ⁴	30	9.5	0.001	0.28		14.42
		5.2×6×10 ⁴	35	9.5	0.0002	0.28		4.29

3.控制区及监督区距离估算

可根据下式计算探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围：

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \quad (\text{式 } 5)$$

式中：

K_1 —距探伤机表面 R 处的空气比释动能率，mGy/h；（控制区边界剂量率控制水平为 15 μ Sv/h，监督区边界剂量率控制水平为 2.5 μ Sv/h）

K_0 —距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率，mGy/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。

根据上述计算结果结合式5可计算出非主射束方向不同型号的射线机非主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）见表11-9~表11-11。

表11-9 不同工况条件下XXG-2005型非主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		屏蔽物质的厚度X	泄漏射线所致周围剂量当量率 (μ Sv/h)	散射所致周围剂量当量率 (μ Sv/h)	非主射束方向总剂量率 (μ Sv/h)	距离	
管电压 (kV)	管电流 (mA)					控制区距离 (m)	监督区距离 (m)
200	5	5	2.5×10 ³	6175.33	8675.33	24.05	58.91
		10	2.5×10 ³	1838.00	4338	17.01	41.66
		15	2.5×10 ³	547.05	3047.05	14.25	34.91
		20	2.5×10 ³	162.82	2662.82	13.32	32.64
150	5	5	2.5×10 ³	4470.02	6970.02	21.56	52.80
		10	2.5×10 ³	963.04	3463.04	15.19	37.22
		15	2.5×10 ³	207.48	2707.48	13.43	32.91
		20	2.5×10 ³	44.70	2544.7	13.02	31.90
100	5	5	1×10 ³	1639.83	2639.83	13.27	32.50
		10	1×10 ³	240.69	1240.69	9.09	22.28
		15	1×10 ³	35.33	1035.33	8.31	20.35
		20	1×10 ³	5.19	1005.19	8.19	20.05

表11-10 不同工况条件下XXG-2505型非主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		屏蔽物质的厚度X	泄漏射线所致周围剂量当量率 (μ Sv/h)	散射所致周围剂量当量率 (μ Sv/h)	非主射束方向总剂量率 (μ Sv/h)	距离	
管电压 (kV)	管电流 (mA)					控制区距离 (m)	监督区距离 (m)
250	5	10	5×10 ³	5212.30	10212.3	26.09	63.91
		15	5×10 ³	1996.93	6996.93	21.60	52.90
		20	5×10 ³	765.06	5765.06	19.60	48.02
200	5	10	2.5×10 ³	1838.00	4338	17.01	41.66

150	5	15	2.5×10^3	547.05	3047.05	14.25	34.91
		20	2.5×10^3	162.82	2662.82	13.32	32.64
		10	2.5×10^3	963.04	3463.04	15.19	37.22
		15	2.5×10^3	207.48	2707.48	13.43	32.91
		20	2.5×10^3	44.70	2544.7	13.02	31.90

表11-11 不同工况条件下XXG-3005型非主射束方向控制区及监督区的防护距离（钢）

运行工况		屏蔽物 质的厚 度X	泄漏射线 所致周围 剂量当量 率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射所致 周围剂量 当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	非主射束 方向总剂 量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离	
管电压 (kV)	管电流 (mA)					控制区距 离 (m)	监督区距 离 (m)
300	5	25	5×10^3	581.63	5581.63	19.29	47.25
		30	5×10^3	255.57	5255.57	18.72	45.85
		35	5×10^3	112.30	5112.3	18.46	45.22
250	5	25	5×10^3	293.11	5293.11	18.78	46.01
		30	5×10^3	112.30	5112.3	18.46	45.22
		35	5×10^3	43.02	5043.02	18.34	44.91
200	5	25	2.5×10^3	48.46	2548.46	13.03	31.93
		30	2.5×10^3	14.42	2514.42	12.95	31.71
		35	2.5×10^3	4.29	2504.29	12.92	31.65

根据上述计算可知，本项目 XXG-2005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 24.05m，监督区最大距离为 58.91m；XXG-2505 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 26.09m，监督区最大距离为 63.91m；XXG-3005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 19.29m，监督区最大距离为 47.25m。由于探伤装置在现场探伤时管电压及被检测设备的厚度及形状以及探伤现场的不同情况对辐射场的剂量水平有很大的影响。因此，本项目主射线方向及泄漏射线方向防护距离的估算只能作为现场控制区与监督区的划分参考。现场探伤作业时，在对所有其他人员进行清场后，使用辐射巡测仪测量现场剂量划分控制区、监督区，场所周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，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。如因现场作业环境限制，监督区范围不能满足距离防护时，应采用铅皮、铅板等防护工具进行屏蔽。

11.2.2 对探伤机操作人员的辐射影响

根据建设单位提供的资料，本次环评按照每名操作人员每天最大操作时间为 2h，一年操作时间为 150d，在进行探伤作业时，操作人员位于控制区以外通过控制器进行曝光，则操作人员所能接受到最大辐射剂量率为控制区边界剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

$$H = K \times D_r \times t \times T \quad (\text{式 6})$$

式中：H—年有效剂量，Sv/a；

K —空气吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy，本项目取1；

D_r —空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

t —年受照时间，h/a，取300h/a；

T —居留因子，取1。

根据探伤工作状态与工作频次，按照整个探伤过程中操作人员在X射线探伤现场的周围剂量当量率取控制区边界剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 进行计算，居留因子取1，由式6计算可知，辐射工作人员最大年有效剂量为 4.5mSv ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的职业人员年剂量管理目标值不超过 5mSv/a 的管理要求。

11.2.3 对公众的影响

因建设单位人员管理严格，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录A，在探伤现场偶尔逗留的其他工作人员、公众居留因子取 $1/16$ ，其所能接触到最大X辐射剂量率按照监督区边界最大值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 来计算，则公众年最大有效剂量为 0.047mSv/a ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中本项目规定的对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。

11.2.4 探伤机报废处理

根据《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》第十六条“使用I类、II类、III类放射源的场所和生产放射性同位素的场所，以及终结运行后产生放射性污染的射线装置，应当依法实施退役。依法实施退役的生产、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当编制环境影响评价文件，报发证的生态环境主管部门审批或者备案；未经审批或者备案的，不得实施退役。自退役验收合格之日起二十日内，到发证的生态环境主管部门办理辐射安全许可证变更或者注销手续。”

本项目涉及的X射线探伤机报废时，必须进行去功能化（如将X射线探伤机高压射线管进行拆卸并破碎处理，同时将探伤机主机的电源线绞断），使X射线探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

11.3 事故影响分析

本项目所用X射线探伤机属II类射线装置，危害因素主要为X射线意外照射，X射线探伤机只有在启动高压状态下才会产生X射线，一旦关闭高压通电，探伤机便进入休息状态，不会再有射线产生。

(1)事故源项

本项目使用的探伤机属于II类射线装置。根据该探伤机的作业特点，可能发生的事故

工况主要有以下几种情况：

①当辐射工作人员还未离开控制区时，误开机对该辐射工作人员造成误照射。

②进行移动探伤时，对探伤区域清场不到位，造成公众人员误入或滞留而受到超剂量的照射。

③探伤机未放置稳固，在探伤过程中发生倾倒，致使 X 射线泄漏，使工作人员受到额外的照射及给周围活动的人员造成不必要的照射。

④设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机，造成辐射伤害。

(2)辐射事故环境影响分析

本项目以主射方向因人员误入或滞留为最大可能性事故，假设设备维修期间，维修工程师在检修期间误开机，或周围公众靠近或误入本项目控制区、监督区范围，会造成辐射伤害。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）：4.1 有用线束 b）

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

在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的剂量率 \dot{H} （ $\mu\text{Sv/h}$ ）按照（式 1）计算。

因事故状态误照射情景的不确定性，本评价对探伤机事故情况下主射方向周围人员所受剂量进行了分类估算，估算结果如下。估算中选取的不同距离剂量率值见表 11-12~表 11-14。

表 11-12 误照射无工件条件下 XXG-2005 型射线探伤装置主射方向不同距离剂量率估算

发射率	与焦点距离 (m)	电流 (mA)	不同距离下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	单次5min照射受到的有效剂量 (mSv)
XXG-2005型射线探伤装置 最大管电压为200kV 1m处输出量 H_0 为8.9mSv·m ² /(mA·min)为单位的值乘以6×10 ⁴	1	5	2.67×10 ⁶	222.50
	5	5	1.07×10 ⁵	8.90
	10	5	2.67×10 ⁴	2.23
	15	5	1.19×10 ⁴	0.99
	20	5	0.67×10 ⁴	0.56
	30	5	0.30×10 ⁴	0.25
	40	5	0.17×10 ⁴	0.14
	50	5	0.11×10 ⁴	0.09
	230.2（最大主射方向控制区）	5	50.38	0.004
563.8（最大主射方向监督区）	5	8.40	0.001	

表 11-13 误照射无工件条件下 XXG-2505 型射线探伤装置主射方向不同距离剂量率估算

发射率	与焦点距离 (m)	电流 (mA)	不同距离下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	单次5min照射受到的有效剂量 (mSv)
XXG-2505型射线探伤装置 最大管电压为250kV 1m处输出量 H_0 为13.9mSv·m ² /(mA·min)为单位的值乘以6×10 ⁴	1	5	4.17×10 ⁶	347.50
	5	5	1.668×10 ⁵	13.90
	10	5	4.17×10 ⁴	3.48
	15	5	1.85×10 ⁴	1.54
	20	5	1.04×10 ⁴	0.87
	30	5	0.46×10 ⁴	0.39
	40	5	0.26×10 ⁴	0.22
	50	5	0.17×10 ³	0.14

的值乘以 6×10^4	202.0 (最大主射方向控制区)	5	102.2	0.01
	494.8 (最大主射方向监督区)	5	17.03	0.001

表 11-14 误照射无工件条件下 XXG-3005 型及 XXGHZ-3005 型射线探伤装置主射方向不同距离剂量率估算

发射率	与焦点距离 (m)	电流 (mA)	不同距离下剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	单次5min照射受到的有效剂量 (mSv)
XXG-3005型及 XXGHZ-3005型射 线探伤装置 最大管电压为 300kV 1m处输出量 H_0 为 $20.9\text{mSv}\cdot\text{m}^2/$ (mA·min) 为单位的 值乘以 6×10^4	1	5	6.27×10^6	522.50
	5	5	2.51×10^5	20.90
	10	5	6.27×10^4	5.23
	15	5	2.79×10^4	2.32
	20	5	1.57×10^4	1.31
	30	5	0.70×10^4	0.58
	40	5	0.39×10^4	0.33
	50	5	0.25×10^4	0.21
	82.7 (最大主射方向控制区)	5	0.81×10^4	0.67
	202.7 (最大主射方向监督区)	5	0.13×10^4	0.11

X 射线探伤机在运行时，无工件遮挡且无防护的情况，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留于监督区（靠近控制区边界）或控制区内，造成有关人员误照射；考虑滞留人员一直未被发现，直至探伤机开机曝光 5min 后，自动停止曝光，在 XXG-2005 型射线探伤装置 200kV 电压下，误入控制区（取距焦点 1m 处）公众受到的瞬时剂量率为 $2.67\times 10^6\mu\text{Sv/h}$ ，单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 222.5mSv；XXG-2505 型射线探伤装置 250kV 电压下，误入控制区（取距焦点 1m 处）公众受到的瞬时剂量率为 $4.17\times 10^6\mu\text{Sv/h}$ ，单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 347.50mSv；XXG-3005 型及 XXGHZ-3005 型射线探伤装置 300kV 电压下，误入控制区（取距焦点 1m 处）公众受到的瞬时剂量率为 $6.27\times 10^6\mu\text{Sv/h}$ ，单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 522.5mSv。本项目为现场探伤，探伤工作场所不固定，公众误入位置具有不确定性，距离越近，受到的单次照射剂量越高，同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

便携式工业 X 射线探伤机对人体的照射主要来自于其产生的 X 射线。X 射线具有穿透能力强、能量相对较高、电离密度小等特点，因此射线对人体主要危害是外照射。一般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系，不同剂量引起的危害不同。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏感程度存在一定差异，故危害程度也有所不同。根据《电离辐射防护与安全基础》表 3.10 X、 γ 射线全身急性照射可能产生的效应，不同剂量引起的危害见表 11-15。

表 11-15 不同剂量引起的危害

剂量 (Sv)	危害程度
0~0.25	无明显自觉症状

0.25~0.5	出现可恢复的机能变化，有血液学的改变
0.5~1.0	出现机能变化，血相改变
1.0~6.0	可好几现轻、中、重度放射病
6	可出现死亡

(3)事故防范措施

要避免误照事故的发生及发生后能采取立即采取有效防范措施，建设单位需做好以下防范措施：

①定期认真地对本单位探伤机的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

②便携式工业 X 射线探伤机不进行探伤作业时，存放于射线机存储室内，由 1 名库管人员进行严格管理，设置防盗门、视频监控、实体墙、无窗户、电离辐射警示标志。便携式工业 X 射线探伤机使用时应做好出入库登记，出入库登记记录应明确领取和归还时间、人员，使用地点、用途等项目，经管理人员、相关负责人及库管人员签字确认后方可出库，与防护物资一同取用，一同归还，杜绝因探伤机通电出束导致的事故照射的发生。

③在启动探伤作业前，建设单位需严格确认探伤机固定是否牢固以及辐射屏蔽措施是否到位，清场是否彻底，警戒线、警告牌、警告标志、工作状态指示灯以及声光警示灯等措施是否设置完整，确认所有的辐射安全与防护措施到位后，方可开启探伤作业。

④移动探伤时需严格执行《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于事前公告、安全防护区设置、探伤工作区清场、巡视等要求。

⑤建立完善的《X 射线现场探伤操作规程》等制度，规定必须进行清场的工作程序及进行巡逻的工作程序，杜绝人员误入作业现场。加强辐射安全管理，严格落实各项措施。严格遵循每次检测前清场制度，在确保控制区内无人的前提下方可进行检测作业。凡涉及对 X 射线探伤机进行操作，必须按操作规程执行，探伤作业时，至少有 2 名辐射工作人员同时在场，辐射工作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，携带便携式 X- γ 剂量率仪，穿戴个人防护用品。

⑥定期对在用探伤机进行维护、保养，对可能引起操作失灵的关键零配件定期更换，建立射线装置维护、维修台帐，确保相关防护设施完整并处于正常状态。

⑦建设单位配备的辐射工作人员均应参加国家核技术利用辐射安全与防护考核的考试，取得合格证书，持证才能上岗。

11.4 危险废物贮存影响分析

本项目胶片处理过程中产生的废显（定）影剂、显影、定影粉废包装袋、盛装废显（定）影液桶、废胶片均属于危险废物，在厂区内危废贮存间贮存，定期交由危险废物处理资质的单位处理。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）6.1.4 危废贮存间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。贮存危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。

一、危险废物管理要求

本项目危废贮存间的建设应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的相关要求执行。根据《关于坚决遏制固体废物非法转移和倾倒进一步加强危险废物全过程监管的通知》（环办土壤函〔2018〕266 号），企业应加强固体废物管理的技术培训与交流，并在每年 3 月 31 日之前通过全国固体废物管理信息系统报送产废数据，即危险废物的类别、数量、利用和处置情况等，积极配合相关部门的危险废物电子转移联单工作。具体如下：

(1) 危险废物贮存设置的总体要求

本项目按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求，建设单位拟设置 1 间危废贮存间，占地面积为 3.9m^2 ，结合本项目产生的危险废物，总体要求如下：

① 贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。

② 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

③ 危险废物贮存过程产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。

④ 贮存设施或场所、容器和包装物应按《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

(2)危险废物的收集

本项目危险废物的收集应满足《危险废物收集 贮存 运输技术规范》（HJ2025-2012）的要求：

①根据危险废物产生的工艺特征、排放周期、特性、管理计划等因素制定详细的收集计划。收集计划包括收集任务概述、收集目标及原则、危险废物特性评估、危险废物收集量估算、收集作业范围和方法、收集设备与包装容器、安全生产与个人防护、工程防护与事故应急、进度安排与组织管理等；

②危险废物收集和转运作业人员根据工作配备必要的个人防护装备，如手套、口罩等；

③在危险废物收集和转运过程中，采取相应的安全防护和污染防治措施，包括防火、防泄漏、防雨或其他防治污染环境的措施；

④危险废物收集时根据危险废物的种类、数量、危险特性、物理形态、运输要求等因素选择合适的包装形式。

(3)贮存设施污染控制要求

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贮存设施应根据废显（定）影剂、显影、定影粉废包装袋、盛装废显（定）影液桶、废胶片的类别、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。

(4)容器和包装物污染控制要求

①容器和包装物材质、内衬应与盛装的危险废物相容；

②针对废显（定）影液，应采用专用密封桶贮存，容器和包装物应满足相应的防渗、防漏、防腐和强度等要求；

③硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时不应有明显变形，无破损泄漏；

④柔性容器和包装物堆叠码放时应封口严密，无破损泄漏；

⑤使用容器盛装废显（定）影液时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形；

⑥容器和包装物外表面应保持清洁。

(5)贮存设施运行环境管理要求

①危险废物存入贮存设施前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入；

②应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好；

③贮存设施运行期间，应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存；

④贮存设施所有者或运营者应建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等；

⑤贮存设施所有者或运营者应依据国家土壤和地下水污染防治的有关规定，结合贮存设施特点建立土壤和地下水污染隐患排查制度，并定期开展隐患排查；发现隐患应及时采取措施消除隐患，并建立档案；

⑥贮存设施所有者或运营者应建立贮存设施全部档案，包括设计、施工、验收、运行、监测和环境应急等，应按国家有关档案管理的法律法规进行整理和归档。

(6)危险废物的运输转移

根据《危险废物转移管理办法》（部令第23号，2022年1月1日），转移危险废物的，应当执行危险废物转移联单制度。危险废物转移联单应当根据危险废物管理计划中填报的危险废物转移等备案信息填写、运行。移出人每转移一车（船或者其他运输工具）次同类危险废物，应当填写、运行一份危险废物转移联单；每车（船或者其他运输工具）次转移多类危险废物的，可以填写、运行一份危险废物转移联单，也可以每一类危险废物填写、运行一份危险废物转移联单。对不通过车（船或者其他运输工具），且无法按次对危险废物计量的其他方式转移危险废物的，移出人和接受人应当分别配备计量记录设备，将每天危险废物转移的种类、重量（数量）、形态和危险特性等信息纳入相关台账记录，并根据所在地设区的市级以上地方生态环境主管部门的要求填写、运行危险废物转移联单。

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。本项目应与有资质的运输单位签订协议，在危险废物运输过程中，存在着泄漏的危险，主要潜在危险事故为机械碰撞和交通事故。在运输过程中，应轻装轻卸，防止附件破损，运输应按规定路线行驶，中途不得停留，同时按照危险废物转移联单的运行管理要求，做好危险废物转移联单的填写、运行工作。

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》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强对放射性同位素、射线装置安全和防护的监督管理，促进放射性同位素、射线装置的安全应用，正确应对突发性放射性事故，确保事故发生时能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障公司内职工生命安全和财产安全，维护正常的工作秩序，建设单位应成立辐射安全与生态环境管理领导小组，统一管理公司内辐射安全防护工作。

领导小组的职责是：

- (1)全面负责建设单位内部辐射安全管理工作；
- (2)认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合项目实际制定安全规章制度并检查监督实施；
- (3)负责建设单位内部辐射设备操作人员的法规教育和安全环保知识培训；
- (4)检查安全环保设施，开展环保监测，对使用射线装置安全防护情况进行年度评估；
- (5)实施辐射工作人员的健康体检并做好体检资料的档案管理工作；
- (6)编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；
- (7)定期向生态环境部门报告辐射安全管理工作；
- (8)设置专职辐射安全管理人员且具有大学本科以上学历。

同时，为确保专人负责辐射安全管理措施的落实，并做到以下要求：

- (1)单位负责人为辐射工作安全责任人，并指定专人负责设备出入库登记及档案管理等工作。
- (2)辐射防护领导机构应明确单位负责人及各成员的职责，做到分工明确、职责分明。
- (3)辐射防护领导机构应加强监督管理，指定专人负责各项规章制度的实施。
- (4)当建设单位拟更换或新增辐射工作人员时，须对组织新入职辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，通过辐射安全与防护考核后方可上岗，杜绝无证上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

(一)辐射安全管理制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位制定完善的辐射安全管理制度并上墙。

1.制定《辐射安全管理规定》

在本项目依法取得生态环境部门相关批复手续后，无损检测装置方可投入使用。在射线装置日常使用过程中应严格按照监管部门要求进行辐射安全管理。

2.制定辐射工作岗位职责

明确辐射工作岗位人员职责，做到分工明确、职责分明。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生态环境管理工作，定期对本单位的辐射安全进行自查，迎接生态环境部门的检查。

3.制定辐射安全操作规程

制定严格的操作规程，辐射工作人员必须按操作规程进行操作，并做好个人的防护。

4.制定X射线探伤机存储室管理制度

制定严格的存储室管理制度，防止因存储室管理不善导致射线装置丢失。

5.定期对辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

6.制定监测仪表使用与校验管理制度

对日常巡测的辐射监测仪器进行定期校验。

7.制定辐射工作人员个人剂量管理制度

辐射工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。

8.制定辐射工作人员培训/再培训管理制度

单位定期组织辐射安全培训，辐射工作人员必须通过辐射安全培训平台考核。

9.制定放射装置管理制度

要求企业对安全和防护设施定期维护维修；由辐射安全管理负责人组织对本单位所有辐射防护安全工作定期进行自查，发现问题及时整改；每年1月31日之前，向辐射安全许可证发证单位上报年度评估报告（含工作场所及个人剂量检测报告）。

10.辐射安全许可证

在取得本次环评批复后，建设单位应按照申请程序，申请领取辐射安全许可证。

11.探伤机使用人员管理

本项目辐射工作人员已取得了辐射安全与防护考核合格证书，当建设单位拟更换或新

增辐射工作人员时，须对组织新入职辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，通过辐射安全与防护考核后方可上岗，杜绝无证上岗。同时要求工作人员熟练掌握操作技能，从而达到减少受照剂量的目的。

(二)日常管理要求

1.每年1月31日前向辐射安全许可证颁发部门提交上一年度辐射安全与防护评估报告。

2.单位内部定期组织辐射安全相关专业知识的学习，辐射人员定期参加生态环境部门组织的辐射安全与防护考核。辐射工作人员通过辐射防护考核方可开展辐射工作。

3.定期检查工业X射线探伤机

定期检查的项目包括：

- a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；
- b) 制冷系统过滤器的清洁或更换；
- c) 所有的联锁和紧急停机按钮的检查；
- d) 制造商推荐的其他常规检测项目。

4.每年对工业X射线探伤装置至少开展一次维护

由辐射安全管理负责人定期对本单位辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。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。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，须保证所更换的零部件都来自设备制造商。

5.自项目竣工之日起3个月内，建设单位开展自主验收工作，编制竣工环境保护验收监测报告，并向社会公开相关信息，接收社会监督。

本项目涉及使用II类 X 射线装置，根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》“第十六条”，与本项目有关的辐射安全管理要求见表 12-1。

表12-1 辐射安全管理要求及环保要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况
1	使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应	本项目使用II类射线装置，已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，具有1名以上本科学学历技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，本项目无辐射安全关键岗位的。

	当由注册核安全工程师担任。	
2	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。	辐射工作人员均已参加辐射安全与防护考核，持证上岗。
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	建设单位按环评表 10-1 中的要求，落实探伤机使用场所，设置有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。
4	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。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	配备 3 台便携式 X-γ 剂量率仪，6 台个人剂量报警仪（带直读剂量功能）、6 个人剂量计。
5	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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位制定《辐射安全与环境保护管理机构文件》《辐射安全管理规定》《X 射线探伤机操作规程》《辐射防护设施设备维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《射线装置台账管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》
6	有完善的辐射事故应急措施。	建设单位制订《辐射事故应急预案》
7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目洗片、评片过程中产生的废显（定）影液、废包装袋（桶）、废胶片等危险废物均暂存至危废贮存间，定期交有危险废物处理资质的单位处理。
8	按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）及《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）设置危险废物暂存间。	本项目危废贮存间的建设严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）、《危险废物产生单位管理计划制定指南》（2016.01.26）及《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）的要求实施。

12.3 辐射监测

建设单位应根据实际情况，建立辐射剂量监测制度，委托有资质的单位定期对探伤工作场所周围环境及个人剂量进行辐射环境监测，并建立监测档案，监测数据每年年底向上级环境保护主管部门上报备案。

(1) 场所监测

①监测周期：根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）8.4.3，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) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

②监测范围：探伤作业区；

③监测内容：X- γ 辐射剂量率。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

(2)个人剂量监测

个人剂量计应定期送有资质的单位进行检查和评估，并建立个人剂量档案和健康档案。

①监测频率：监测周期为三个月，每年4次。

②结果评价：辐射工作人员年有效剂量约束值不超过5mSv。

检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，应当保存至辐射工作人员终生。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条之规定，使用放射性射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急方案，做好应急准备。发生辐射事故时，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条之规定，使用放射性射线装置的单位应当立即启动本单位的应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。

结合实际情况及可能发生的辐射事故，建设单位应制定《辐射事故应急预案》，并向银川市生态环境局进行备案，主要内容包括：应急机构和职责分工；应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施；辐射事故调查、报告和处理程序。发生辐射事故时，应当立即启动应急方案，采取应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生健康主管部门报告。预案中包括但不限于以下内容：

1.辐射事故应急处理机构及职责

本单位成立辐射事故应急处理领导小组，组织、开展辐射事故的应急处理救援工作。定期组织对设备和人员进行辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患及时上报至单位领导层并落实整改措施。

(1)发生人员受超剂量照射事故应启动本预案并立即撤离相关工作人员，封锁现场切断一切可能扩大污染范围的环节，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门报告，涉及人为故意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。

(2)事故发生后立即组织有关部门和人员进行辐射事故应急处理；

(3)负责向行政部门及时报告事故情况；

(4)负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

(5)辐射事故中人员受照时，要通过个人剂量计或其他工具、方法迅速估算受照人员的受照剂量；

(6)负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。

2.辐射事故应急救援应遵循的原则

(1)迅速报告的原则；

(2)主动抢救的原则；

(3)生命第一的原则；

(4)科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

(5)保护现场，收集证据的原则。

3.辐射事故风险分析

本项目 X 射线机在进行探伤过程中会发生以下事故风险：一是便携式 X 射线探伤机紧急停机按钮失灵，无法正常关闭 X 射线探伤装置，从而导致人员接受到附加照射。二是人员误入正在进行探伤作业的工作场所，而导致人员误入照射区域受到照射。以上两种风险导致人员受到超过年剂量限值的异常照射将会导致辐射事故。

4.响应启动

明确本单位的辐射事故应急值班机构和应急值班电话，向本单位应急值班机构报告的形式和内容，本单位内部的通知、启动流程。发生或可能发生辐射事故时，明确向相关政府部门报告的流程和内容，包括但不限于以下方面。

(1)本单位负责进行事故报告的机构或人员、相关政府部门的联络方式。

(2)发生辐射事故时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。情况特别紧急时，可用电话口头初报，随后再书面报告。

(3)造成或可能造成人员超剂量限值照射的，同时向当地卫生健康部门报告。

5.辐射事故应急处理程序

(1)本项目 X 射线装置在发生辐射事故时应在最短时间内断电。发生人员受超剂量照射事故应启动本预案并立即撤离相关工作人员，封锁现场切断一切可能扩大污染范围的环节，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告，涉及人为故

意破坏的还应向公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。

(2)应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案。

(3)事故处理必须在单位负责人领导下，在有经验的工作人员和卫生防护人员的参与下进行。未取得防护检测人员的允许不得进入事故区。

(4)各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。编写事故发生的基本情况，原因分析及处理结果书面报告生态环境部门。

6.应急终止和恢复措施

事故处置完成并满足以下条件，应急响应可终止。

(1)射线装置得到有效控制。

(2)辐射安全风险经过排查被彻底消除。

(3)人员得到有效救治。

(4)现场的应急响应措施无继续的必要。

(5)政府主管部门启动应急的，由政府主管部门宣布应急处置终止。

应急终止后，需采取相应恢复措施，包括分析总结事故概况、事故原因、事故处理过程、事故后果、经验教训、改进行动、措施及跟踪等，形成总结报告，必要时报送当地生态环境主管部门。根据应急实践经验，及时对应急预案及相关实施程序进行修订。

7.宣传、培训与演练

(1)宣传和培训

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不少于1次。重点培训内容包括：应急响应程序；仪器设备的原理和使用方法；辐射事故的现场控制方法；公众和应急人员的安全防护措施，环境保护的应急措施。

(2)预案演练

结合本单位实际情况，有计划、有重点的组织辐射事故应急预案演练不少于1年1次，演练完毕总结评估应急预案的可操作性，必要时对应急预案做出修改和完善。

8.应急通讯方式及应急物资清单

以附件形式列出辐射事故处置所需的应急物资及相关器材，包括应急办公用品、应急通讯器材、应急监测设备、应急处置用品、个人防护用品、应急后勤保障用品等。列出应

急物资装备清单，明确应急物资和装备的类型、数量、性能、有效日期、存放位置、运输及使用条件、管理和维护责任人及其联系方式等内容。

12.6 环保竣工验收

根据《建设项目竣工环境保护验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）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使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

为核实项目污染防治措施落实情况，采取行之有效的防治措施来降低对环境的污染影响及危害。因此，本项目制定环境污染防治设施竣工验收清单，具体见表 12-2。

表 12-2 环保竣工验收一览表

项目	内容	验收内容
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立辐射防护机构和制度，配备 6 名专业技术人员，并持证上岗。
辐射安全防护设施、措施	安全防护设施、措施配置	按表 10-2 配置。
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	参与辐射与安全培训，考核合格后上岗。
	个人剂量监测	6 名辐射工作人员均配备个人剂量计，定期送检并建立个人剂量档案。
	人员职业健康监测	定期体检，建立职业健康档案。
监测仪器防护用品	个人剂量报警仪	6 名辐射工作人员均配置个人剂量报警仪。
	辐射环境检测仪	配置 3 台便携式 X-γ 剂量率仪。
监测限制	个人剂量监测	工作人员和公众受到的年附加有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值 20mSv 和本报告表执行的剂量约束值 5mSv 的要求；对公众要求的剂量限值 1mSv 和本报告表执行的剂量约束值 0.1mSv 的要求。
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施	《辐射安全与环境保护管理机构文件》《辐射安全管理规定》《X 射线探伤机操作规程》《辐射防护设施设备维护维修制度》《辐射工作人员岗位职责》《射线装置台帐管理制度》《辐射工作场所辐射环境监测方案》《监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》《辐射工作人员个人剂量管理制度》包括但不限于以上制度上墙。

表 13 结论与建议

13.1 辐射安全与防护分析结论

本项目便携式工业 X 射线探伤机探伤作业地点不固定，主要为宁夏境内化工企业厂区内。在进行探伤时，落实各项污染防治措施及辐射安全管理要求后，监督区、控制区的划分满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。根据预测结果显示，探伤机拟安装场所及周边 X 辐射瞬时剂量率远低于《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求。通过剂量估算结果显示，辐射一般工作人员及公众人员受照射年有效剂量最大值分别为 4.5mSv 和 0.047mSv，均低于辐射工作人员、公众成员的附加年有效剂量约束值（辐射工作人员 5mSv，公众人员 0.1mSv）。

13.2 环境影响分析结论

(一)建设或安装过程对环境的影响分析结论

由于 X 射线探伤机只有在开机并处于出束过程中才会产生 X 射线，因此建设阶段过程中不产生 X 射线，不会对周围环境产生影响，也不会产生放射性废气、废液和固体废弃物，对周围环境不会产生辐射污染。

(二)运行（使用）后对环境的影响结论

1.工作场所分区

本项目便携式工业 X 射线探伤机探伤作业地点不固定，主要为宁夏境内化工企业厂区内。建设单位在进行移动探伤时需要严格按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求划定控制区和监督区。结合前文计算可知，本项目 XXG-2005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 24.05m，监督区最大距离为 58.91m；XXG-2505 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 26.09m，监督区最大距离为 63.91m；XXG-3005 型 X 射线探伤装置以射线装置为中心，非主束方向控制区最大距离为 19.29m，监督区最大距离为 47.25m。

在控制区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志，悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌；在监督区边界设置场界警戒线，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，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；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声光警示灯。探伤期间通过辐射剂量巡测对边界进行检测或修正，确信场内无其他人员后开始探伤。

建设单位为本项目辐射工作人员建立剂量档案和职业健康监护档案，并定期对其进行个人剂量监测和职业健康体检。建设单位拟为本项目配置 3 台便携式 X-γ 剂量率仪和 6 台个人剂量报警仪、6 个人剂量计、6 套个人防护用品（如铅衣、铅帽、铅眼镜等）、6 个对讲机、6 个头灯、6 个声光警示灯、6 个警告牌等，符合移动探伤监测设备的配备要求。

2.对辐射一般工作人员的辐射影响结论

辐射一般工作人员年附加有效剂量最大为 4.5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中本项目规定的对辐射工作人员年剂量管理目标值不超过 5mSv/a 的管理要求。

3.对公众的辐射影响结论

本项目便携式工业 X 射线探伤机运行所致公众受到的年有效剂量最大值为 0.047mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中本项目规定的对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。

13.3 可行性分析结论

(一)产业政策符合性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年 12 月 27 日国家发展改革委令第 7 号公布，自 2024 年 2 月 1 日起施行）“第一类 鼓励类”中“十四机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

(二)实践正当性结论

本项目拟购置的工业 X 射线探伤装置，是利用 X 射线无损探伤手段对宁夏境内化工企业厂区内的化工设备、压力管道、压力容器及环保设备进行隐患缺陷检测排查，通过探伤无损检测可以大幅降低因设备或容器缺陷引起的安全事故，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线装置符合产业政策与实践的正当性，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，公司将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

13.6 建议和承诺

1.便携式 X- γ 剂量率仪及个人剂量报警仪应按照检定周期按期送检。

2.按照环境影响评价文件及审批文件、生态环境主管部门提出的要求，落实各项环保措施和辐射环境管理措施，严格落实各项辐射安全管理规章制度。

3.不断完善相关管理制度及辐射事故应急预案，加强日常演练，做到有备无患。

4.建设单位应在取得环评批复后及时向宁夏回族自治区生态环境厅申请办理辐射安全许可证，待取得辐射安全许可证后方可采购设备开展探伤工作。

5.经常检查移动探伤辅助防护措施，例如，工作状态指示灯、声音提示装置等若出现松动、无响应或损坏，应及时修复或更换。

6.建立工作人员个人剂量档案和健康档案。每人一档，由专人负责保管和管理，长期保存。每年 1 月 31 日前向生态环境部门报上一年的辐射评估报告。

7.建设单位承诺拟购置的 8 台便携式工业 X 射线探伤机探伤地点为宁夏境内化工企业厂区内，探伤作业不超出本次环评中的探伤地点范围。

附件

附件 1 环评委托书

委 托 书

宁夏致清环境科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国环境影响评价法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规要求，现委托贵单位对我公司“**宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司 X 射线装置**”核技术利用项目进行环境影响评价工作，具体事宜另行商定。

委托单位：宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司

2024年 4月 28日



附件 2 营业执照



营 业 执 照
(副 本)⁽¹⁻¹⁾

统一社会信用代码
91640100585373418X

扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。

名 称	宁夏弘茂特种设备检验检测有限公司	注册 资本	壹仟万圆整
类 型	有限责任公司(自然人投资或控股)	成 立 日 期	2012年02月28日
法 定 代 表 人	李金辉	住 所	宁夏回族自治区银川市兴庆区苏银产 业园智慧研发大厦9010-49号
经 营 范 围	许可项目：特种设备检验检测，检验检测服务。（依法须 经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具 体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准） 一般项目：计量技术服务；专用设备修理；通用设备修理 ；仪器仪表修理；信息咨询服务（不含许可类信息咨询服 务）；信息技术咨询服务；工程管理服务；劳务服务（不 含劳务派遣）。（除依法须经批准的项目外，凭营业执照 依法自主开展经营活动）		

登记机关  日

国家企业信用信息公示系统网址：

<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过
国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

附件 3 辐射工作人员培训证书

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



苟晓辉，男，2000年09月17日生，身份证：630121200009177939，于2026年04月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200031 有效期：2026年04月09 至 2031年04月09 日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



仅供弘茂办理辐射许可证使用 再次复印无效

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



海洋，男，1994年02月15日生，身份证：642221199402151296，于2026年04月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200015 有效期：2026年04月09 至 2031年04月09 日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



仅供弘茂办理辐射许可证使用 再次复印无效

核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



胡韬，男，1985年02月28日生，身份证：642221198502282117，于2026年04月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200016 有效期：2026年04月09日至 2031年04月09日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



王昆，男，1993年08月03日生，身份证：610429199308034194，于2026年05月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200039 有效期：2026年05月14日至 2031年05月14日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



吴昊，男，1998年05月09日生，身份证：622725199805090618，于2026年04月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200028 有效期：2026年04月09 至 2031年04月09日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



吴浩，男，2001年09月24日生，身份证：640122200109242732，于2026年04月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS26NX1200029 有效期：2026年04月09日 至 2031年04月09日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn



核技术利用辐射安全与防护考核

成绩报告单



张俊平，男，1972年12月09日生，身份证：620105197212091050，于2025年05月参加 X射线探伤 辐射安全与防护考核，成绩合格。

编号：FS25NX1200033

有效期：2025年05月07 至 2030年05月07日
日

报告单查询网址：fushe.mee.gov.cn

