

# 核技术利用建设项目

西安国联特检工程技术有限公司  
工业 X 射线现场探伤项目

## 环境影响报告表

西安国联特检工程技术有限公司

2023 年 2 月

环境保护部监制



# 核技术利用建设项目

## 西安国联特检工程技术有限公司 工业 X 射线现场探伤项目

### 环境影响报告表

建设单位名称：西安国联特检工程技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西咸新区沣东新城康鸿橙方科技园 C 座

邮政编码：710100      联系人：袁少飞

电子邮箱：505258250@qq.com      联系电话：18089120796

## 目 录

一、项目基本情况 .....	1
二、放射源 .....	17
三、非密封放射性物质 .....	6
四、射线装置 .....	7
五、废弃物（重点是放射性废弃物） .....	9
六、评价依据 .....	10
七、保护目标与评价标准 .....	12
八、环境质量和辐射现状 .....	12
九、项目工程分析与源项 .....	12
十、辐射安全与防护 .....	26
十一、环境影响分析 .....	33
十二、辐射安全管理 .....	42
十三、结论与建议 .....	48

### 图件列表

- 图1 建设单位地理位图
- 图2 探伤机存放地点平面布置图
- 图3 危废暂存间所在位置图
- 图4 常见的X射线探伤机
- 图5 X射线发生器工作原理示意图
- 图6 定向、周向X射线探伤机
- 图7 现场探伤工艺流程及产污环节图
- 图8 洗片工艺流程及产污环节示意图
- 图9 现场探伤控制区和监督区边界（定向探伤机）
- 图10 现场探伤控制区和监督区边界（周向探伤机）

### 附件列表

- 附件1：西安国联特检工程技术有限公司《环境影响评价委托书》；
- 附件2：西安国联特检工程技术有限公司危险废物处理处置协议；
- 附件3：辐射工作人员核技术利用辐射安全与防护考核证书；

## 一、项目基本情况

建设项目名称		工业 X 射线现场探伤项目			
建设单位		西安国联特检工程技术有限公司			
法人代表	苏伟	联系人	袁少飞	电话	18089120796
注册地址		陕西省西咸新区沣东新城康鸿橙方科技园 C 座二楼 210 室			
项目建设地点		探伤机存放地点：西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼 探伤机使用地点：陕西省境内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		52	项目环保投资	10	投资比例（环保投资/总投资） 19.23%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积（m <sup>2</sup> ）	--
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
<h3>项目概述</h3> <p><b>（一）项目背景</b></p> <p>西安国联特检工程技术有限公司成立于 2022 年 10 月 13 日，注册资本 300 万元人民币，公司类型为有限责任公司，是西安国联质量检测技术股份有限公司控股子公司。公司是一家从事劳务服务，计量技术服务，技术服务等业务的公司，经营范围包括技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；工程技术服务；新材料技术推广服务和检验检测服务等。建设单位之前尚未开展过相关 X 射线核技术利用项目，未申领过辐射安全许可证。</p> <p><b>（二）项目由来</b></p> <p>为更好的服务于公司经营范围，由于无损检测经营服务的需要，西安国联特检工程技</p>					

术有限公司拟购置 XXG-2005、XXGH-2505、XXG-3505、XXGH-3005 型号的便携式 X 射线机四台，购置 XXG-2505 型号的便携式 X 射线机四台；共 8 台探伤设备在陕西省范围内开展 X 射线现场探伤工作，主要对压力管道、压力容器和钢板等工件进行现场无损检测工作。西安国联特检工程技术有限公司在西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼存放 X 射线机并设置暗室和评片室。在四楼危险废物暂存间划分专用的区域存放废显影液（粉）、定影液（粉）、洗片废水、废胶片等。建设单位地理位置见附图 1。

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》等相关法律法规要求，建设单位须对本项目进行环境影响评价。同时，根据《建设项目环境影响评价分类管理目录》（2021 版），本项目属于“172 核技术利用建设项目”中的“生产、使用 II 类射线装置”项目，应编制环境影响报告表。

西安国联特检工程技术有限公司于委托西安阔卓环境技术有限公司开展环境影响评价工作，见附件 1。接受委托后，我公司组织专业技术人员对项目建设地进行了踏勘，并收集了相关基础资料。在污染因素分析、环境现状调查、环境影响预测等主要工作的基础上，按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的基本要求，2023 年 2 月编制完成了《西安国联特检工程技术有限公司工业 X 射线现场探伤项目环境影响报告表》。

### （三）项目建设规模及工程内容

1、项目名称：西安国联特检工程技术有限公司工业 X 射线现场探伤项目

2、建设单位：西安国联特检工程技术有限公司

3、建设性质：新建

4、探伤机存放地点：西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼。探伤机存放地点平面布置见附图 2。

5、探伤机使用地点：陕西省境内。

根据建设单位提供的设计资料，项目组成一览表见表 1-1，便携式 X 射线探伤机设备参数见表 1-2，主要原辅料消耗情况见表 1-3，主要探伤工件材质外形尺寸见表 1-4。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目	建设内容	备注
主体工程	X 射线探伤机	拟购置 8 台工业 X 射线探伤机, 主要用于开展陕西省范围内野外探伤工作, 主要进行陕西省境内的现场探伤工作, 绝大多数位于陕西西安。	拟购置
辅助工程	X 射线探伤机存放室	设置 1 间 X 射线探伤机存放室, 存放 8 台探伤机, 建筑面积约 19.5m <sup>2</sup> ; 探伤机存放室东北侧设置暗室, 建筑面积约 14.9m <sup>2</sup> , 东南侧设置评片室, 建筑面积约 18m <sup>2</sup> 。以上均位于西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼。	依托
环保工程	危险废物暂存间	位于西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼四楼。建筑面积约 9.5m <sup>2</sup> 。危废暂存间平面布置见附图 3。 现场探伤产生的废显(定)影液(粉)、洗片废水、废胶片等危险废物由专用容器收集, 带回公司, 放置于四楼危险废物暂存间的相应区域, 定期交由有资质单位进行处置; 危险废物处理处置协议见附件 2;	依托

表 1-2 X 射线探伤机设备参数

设备名称	设备型号	最大管电压 (KV)	最大管电流 (mA)	投射类型	数量 (台)	使用场所	辐射角度	穿透钢板厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)	装置类别
便携式 X 射线机	XXG-2005	200	5	定向照射	1	野外	40+5°	29	3	II 类
便携式 X 射线机	XXG H-2505	250	5	周向照射	1	野外	360° × 25°	29	3	II 类
便携式 X 射线机	XXG-2505	250	5	定向照射	4	野外	40+5°	29	3	II 类
便携式 X 射线机	XXG-3505	350	5	定向照射	1	野外	40+5°	29	3	II 类
便携式 X 射线机	XXG H-3005	300	5	周向照射	1	野外	360° × 25°	29	3	II 类

表 1-3 主要原辅料消耗情况

序号	名称	年消耗量	来源	主要化学成分	备注
1	工业射线胶片	约 70000 张	外部采购	卤化银、明胶	/
2	显影液、粉	约 200 套	外部采购	对苯二酚、米吐尔、亚硫酸钠、碳酸钠	/
3	定影液、粉	约 200 套	外部采购	硫代硫酸钠、亚硫酸钠、碳酸钠、硼砂	/

表 1-4 主要探伤工件材质外形尺寸

序号	工件名称	材质	管径	厚度 mm	备注
1	管道	钢	Φ25-Φ1219	2~45mm	/
2	钢结构	钢	Φ25-Φ1219	2~45mm	/
3	管道	铝、钛、铜	Φ25-Φ1219	2~25mm	/
4	其他结构件	钢、铝、钛、铜	/	2~25mm	/

## (四) 工作人员及工作时间

**(1) 工作人员**

项目拟配置 11 名辐射操作人员，其中 6 人从事 X 射线探伤检测工作。每次探伤现场至少 3 人，其中 2 名探伤机操作人员，1~3 名警戒、巡视人员。本项目最多 2 组同时开展工作。根据建设单位提供资料，现有 6 名 X 射线放射工作人员和 5 名伽马射线放射工作人员均已取得辐射安全与防护培训合格证，在进行探伤工作时应配备相应的个人剂量计等相关防护用品，定期体检，建立个人健康档案。

**(2) 工作时间**

公司现场探伤工作每天最多 2 小时，年工作 200 天。每台 X 射线探伤机工作时单次曝光时间最长不超过 3min，每台探伤机每年根据工作量进行探伤。

**(五) 产业政策符合性**

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）（2021 年修订）相关规定，本项目属鼓励类“十四 机械”中的第 6 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。

**(六) 实践正当性评价**

项目使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。该项目建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及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“实践正当性”的原则与要求。

**(七) 辐射环保投资**

本项目总投资额 52 万元，其中辐射环保设施、辐射监测与个人防护投资 10 万元，占核技术项目总投资 19.23%，本项目环保投资一览表见表 1-5。

表 1-5 本项目环保投资一览表

序号	内容	投资情况	投资金额 (万元)	备注
1	防护用品	铅防护服 4 套，包括铅服、铅帽、铅眼镜、铅背心、铅板	2.0	--
2	辐射安全设施	辐射标示牌若干、警示灯若干、警戒带若干	1.0	
3	防护监测设备	X、 $\gamma$ 辐射剂量监测仪一台、个人剂量报警仪 8 台、个人剂量章 8 个	2.0	--
4	人员	人员培训、体检、个人剂量监测及劳保用品	1.5	--
5	危废暂存间	防渗、防雨、围堰、收集容器、标识	--	依托
6	其他	环评及验收费用	3.5	
7	合计		10	--

### **(八) 环境保护目标**

本项目所用 X 射线探伤机为 II 类射线装置，污染因子为 X 射线，影响范围为野外探伤时探伤现场周边工作人员及公众成员。故本项目的主要环境保护目标为操作射线装置的职业工作人员、探伤现场辅助的警戒人员、现场疏散人员和监督区外的公众成员。

### **(九) 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题**

本项目为新建项目，且公司所在地不存在与本项目有关的污染和环境遗留问题。探伤机不进行探伤作业时存放在西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼已建成的房间内，公司开展的设备检测、检修等业务均不在办公处进行，且探伤机不开机时不产生辐射影响。

## 二、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)。

## 三、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》(GB18871-2002)。

#### 四、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	XXG-2005	200	5	无损检测 工业探伤	野外	拟购置
2	便携式 X 射线探伤机	II	1	XXGH-2505	250	5	无损检测 工业探伤	野外	拟购置
3	便携式 X 射线探伤机	II	4	XXG-2505	250	5	无损检测 工业探伤	野外	拟购置
4	便携式 X 射线探伤机	II	1	XXG-3505	350	5	无损检测 工业探伤	野外	拟购置
5	便携式 X 射线探伤机	II	1	XXGH-3005	300	5	无损检测 工业探伤	野外	拟购置

(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 (mA)	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	

西安国联特检工程技术有限公司工业 X 射线现场探伤项目环境影响报告表

/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

### 五、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
废定影液、粉	液体或固体	/	/	0.0417t	0.5t	/	废物桶贮存	收集后分区暂存于公司的危废暂存间，送有资质单位处理处置。
废显影液、粉	液体或固体	/	/	0.0417t	0.5t	/	废物桶贮存	
废胶片	固体	/	/	117 张	1400 张/a	/	废物桶贮存	
洗片废水	液体	/	/	0.083t	1t	/	专用容器贮存	
臭氧、氮氧化物	气态			少量	少量	少量	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解为氧气

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<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。

2.含油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<sup>3</sup>)和活度(Bq)。

## 六、评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订），2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单；</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；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日起实施，国务院令 709 号修订，2019 年 3 月 2 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及修改单，环保部令第 47 号，2017 年 12 月 20 日修改；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部第 18 号令，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《射线装置分类》，环境保护部国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 第 66 号，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(10) 《关于进一步加强流动放射性同位素和射线装置应用监督管理工作的通知》，陕环函〔2012〕681 号；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日修正）；</p> <p>(12) 《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的&lt;陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表&gt;的通知》，陕环办发〔2018〕29 号</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；</p> <p>(4) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及其修改单；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；</p> <p>(6) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 《环境影响评价委托书》；</p>

	<p>(2) 《辐射防护导论》，方杰主编，原子能出版社；</p> <p>(3) 建设单位提供的其他技术资料。</p>
--	--

## 七、保护目标与评价标准

### 评价范围

本项目的辐射环境污染为能量流污染，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的中规定：“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）”。本项目射线装置的移动式探伤，探伤地点主要为工程探伤现场，一般无实体边界；根据“环境影响分析”章节计算结果，泄漏状态下非有用线束监督区边界距离为18.3~44.8m，故确定本项目8台探伤机评价范围均为100m。

### 保护目标

本项目现场探伤地点不固定，因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境目标是不定的。当探伤地点空旷，在控制区和监督区内无固定建筑、流动车辆等，控制区外监督区内的操作人员、警戒、巡视人员、监督区外的公众成员均应划定为保护目标；当探伤工作在人口密集的城镇或受地形限制，控制区内和监督区内不可避免有固定建筑、流动车辆等，应将两区内所包含的所有建筑内的人员、流动车辆内的人员划为保护目标。需要在保护目标和探伤机之间设置辐射防护屏障、放置警示牌。

本项目野外探伤现场环境敏感目标见表 7-1。

表 7-1 项目野外探伤现场环境敏感目标与剂量约束限制一览表

序号	保护目标	相对探伤机方位	与探伤机最近距离	人数	保护内容	控制目标
定向探伤机						
1	辐射工作人员	非主射方向	33m(主射方向的反方向)	4 人	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv
2	公众人员	不定	82m	人数不定		年有效剂量不大于 0.25mSv
周向探伤机						
1	辐射工作人员	不定	47m	4 人	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv
2	公众人员	不定	116m	人数不定		年有效剂量不大于 0.25mSv

### 评价标准

#### 1、剂量限制及剂量约束值

(1) 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 规定:

1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值:

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

1.2 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。

本评价对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别设定为:

(1) 取 5mSv/a 作为放射性工作人员的年受照剂量约束值;

(2) 取 0.25mSv/a 作为周围公众的年受照剂量约束值。

2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置(以下简称 X 射线装置或探伤机)进行探伤的工作。

3.1 设备技术要求

3.1.1 X 射线管头组装体

3.1.1.1 移动式或固定式的 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。

3.1.1.2 X 射线管头应设有限束装置。

3.1.1.3 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用限束射出所需尺寸。

3.1.1.4 X 射线管头应具有如下标志: a)制造厂名称或商标; b)型号及出厂编号; c)X 射线管的额定管电压和额定管电流; d)焦点的位置; e)出厂日期; f)电离辐射标志。

3.1.1.5 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

X 射线装置在额定工作条件下, 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-2 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压 kV	漏射线空气比释动能率 (mGy/h)
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

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

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

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

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

$t$ ——每周实际开机时间，单位为小时（ $\text{h}$ ）；

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

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

5.1.4 现场探伤作业工作过程中，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，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

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

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

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

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

## 5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营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。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场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）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，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

托方应给予探伤工人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。

### 5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

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

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

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

### 5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，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）。

5.4.2 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。

### 5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

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

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

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

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

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

b.放射防护检测要求如下：

## 6.1 检测的一般要求

### 6.1.1 检测计划

运营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。

### 6.1.2 检测仪器

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

### 6.1.3 检测条件

检测应在 X 射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。

## 6.3 现场探伤的分区及检测要求

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

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

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

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

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

## 3、本项目管理目标限值

综上，本环评结合上述标准以及项目实际情况，本项目取 5mSv/a 作为放射工作人员的年剂量约束值，取 0.25mSv 作为公众人员的年剂量约束限值。同时根据项目实际情况，确定本项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标见下表。

表 7-3 本项目辐射评价标准汇总表

项目	控制值	执行标准
年剂量约束限值	辐射工作人员：5mSv/a 公众人员：0.25mSv/a	GB18871-2002 和 GBZ117-2015
X 射线探伤机要求	①管电压>200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<5mGy/h。 ②管电压 150~200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<2.5mGy/h。	GBZ117-2015

工作场所分区	①控制区：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。 ②监督区：控制区的边界外、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。	GBZ117-2015
--------	--	-------------

## 八、环境质量和辐射现状

### 1、项目地理和场所位置

本项目为探伤机流动式无损检测项目，不建设专用探伤室。西安国联特检工程技术有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城康鸿橙方科技园 C 座二楼，其探伤设备不使用时暂存于西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼探伤机存放室内并由专人负责保管，建设单位地理位置见附图 1，探伤机存放地址见附图 2。

西安国联特检工程技术有限公司承接的项目现场一般位于室外，主要探伤地点有陕西省内，各探伤现场及周边环境存在较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区，同时尽可能避开居民区等环境敏感目标。

### 2、辐射环境本底

本项目现场探伤地点主要为陕西省内，无固定探伤现场，各探伤现场情况及周边环境存在较大的差异，故本次评价未监测相关场所辐射本底值。西安国联特检工程技术有限公司绝大多数室外探伤业务位于陕西。根据陕西省生态环境厅发布的《2020 年第三季度陕西省电离辐射环境质量》，2020 年第三季度，陕西省 5 个辐射环境自动监测站的空气吸收剂量率排除降雨（雪）等自然因素的影响，处于本底涨落范围内，监测结果为（76.8~95.7）nGy/h。

## 九、项目工程分析与源项

### 1、主要设备配置及主要技术参数

本项目主要设备配置及主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 工业 X 射线探伤机等技术参数表

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	冷却方式	成像方式
1	X 射线机	II	1	XXG-2005 (定向)	200kV	5mA	无损检测	室外	风冷	拍片
2	X 射线机	II	1	XXGH-2505 (周向)	250kV	5mA				
3	X 射线机	II	4	XXG-2505 (定向)	250kV	5mA				
4	X 射线机	II	1	XXG-3505 (定向)	350kV	5mA				
5	X 射线机	II	1	XXGH-3005 (周向)	300kV	5mA				

根据《射线装置分类办法》，本项目使用的工业 X 射线探伤机均属于 II 类射线装置。

### 2、探伤作业工况

根据计划安排，现场探伤工作每天暴露在辐射环境下工作最多 2 小时，年工作 200 天，年总计曝光时间约 400h，均在陕西省范围内进行探伤。

### 3、工程设备和工艺分析

#### (1) X 射线探伤机工作原理

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

工业 X 射线探伤机包括实时成像和胶片成像系统两种形式，本项目所用 X 射线探伤机（图 4）采用胶片成像系统，即利用 X 射线穿透试件、以胶片作为记录信息的无损检测方法。通过 X 射线对受检部位进行透照，当 X 射线穿过有缺陷部位时，由于被检工件内部结构密度不同，其对 X 射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大、X 射线强度减弱越大，底部感光量就越小。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，X 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 X 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。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，X 射线探伤机据此实现探伤目的。典型的 X 射线管结构图见图 5。



图 4 常见的 X 射线探伤机

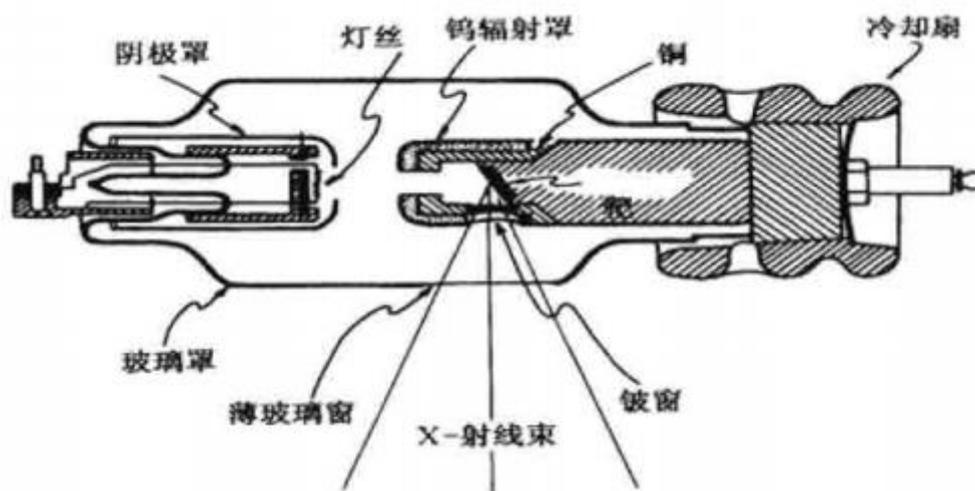


图 5 X 射线发生器工作原理示意图

根据探伤机射线出束方位角度的不同，探伤机分为定向、周向两种类型，本项目使用的探伤机为 6 台定向探伤机，2 台周向探伤机。定向型探伤机辐射是固定的，射线束辐射圆锥角一般在  $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$  范围，周向型探伤机辐射射线束是在与 X 射线管轴线成垂直方向的  $360^{\circ}$  圆周上同时辐射 X 射线，这对于检测大口径管件和球形容器的环形焊缝，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤照相工作，因而可以大大地提高检测效率。典型定向、周向 X 射线探伤机见图 6。

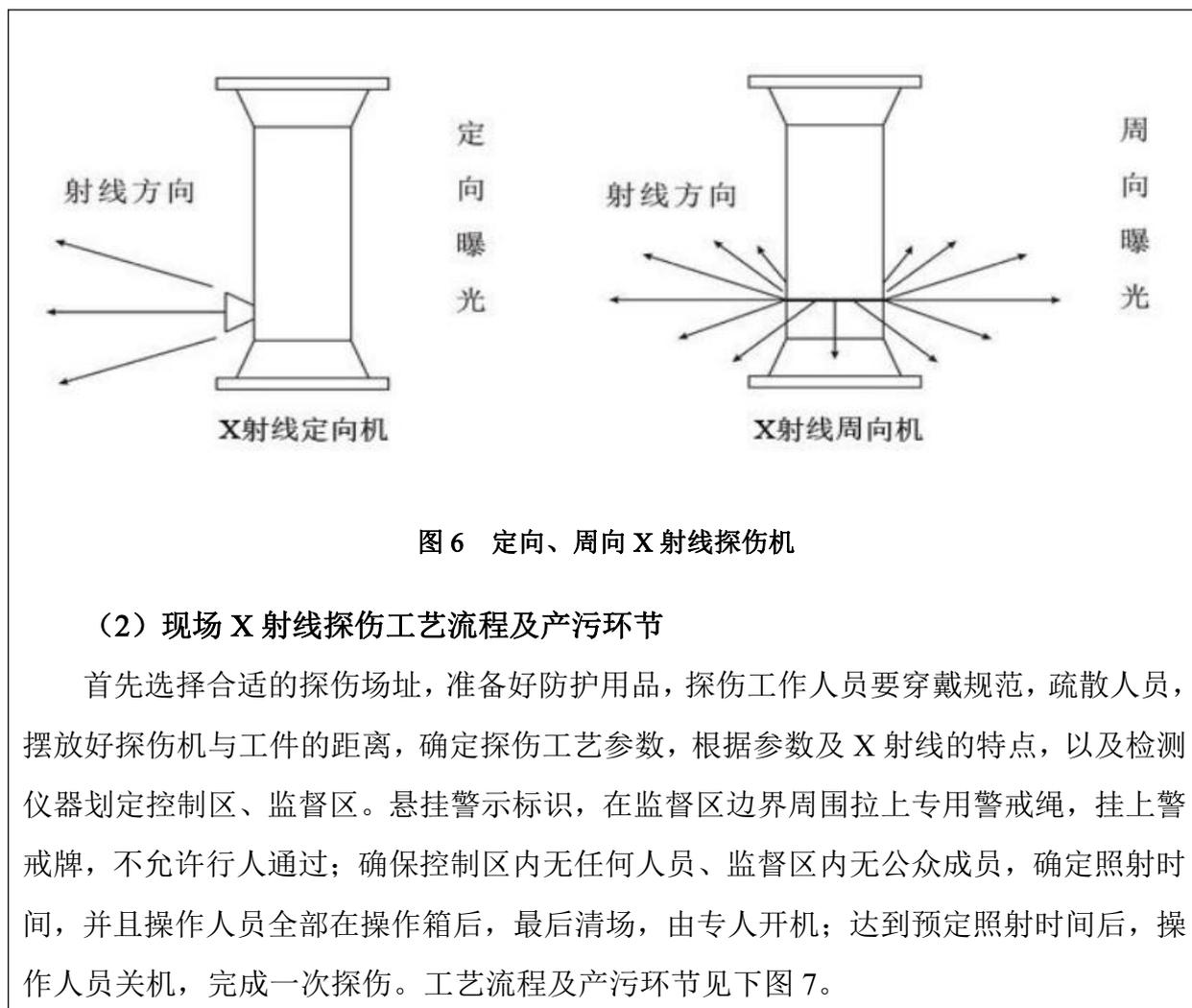


图6 定向、周向 X 射线探伤机

## (2) 现场 X 射线探伤工艺流程及产污环节

首先选择合适的探伤场址，准备好防护用品，探伤工作人员要穿戴规范，疏散人员，摆放好探伤机与工件的距离，确定探伤工艺参数，根据参数及 X 射线的特点，以及检测仪器划定控制区、监督区。悬挂警示标识，在监督区边界周围拉上专用警戒绳，挂上警戒牌，不允许行人通过；确保控制区内无任何人员、监督区内无公众成员，确定照射时间，并且操作人员全部在操作箱后，最后清场，由专人开机；达到预定照射时间后，操作人员关机，完成一次探伤。工艺流程及产污环节见下图 7。

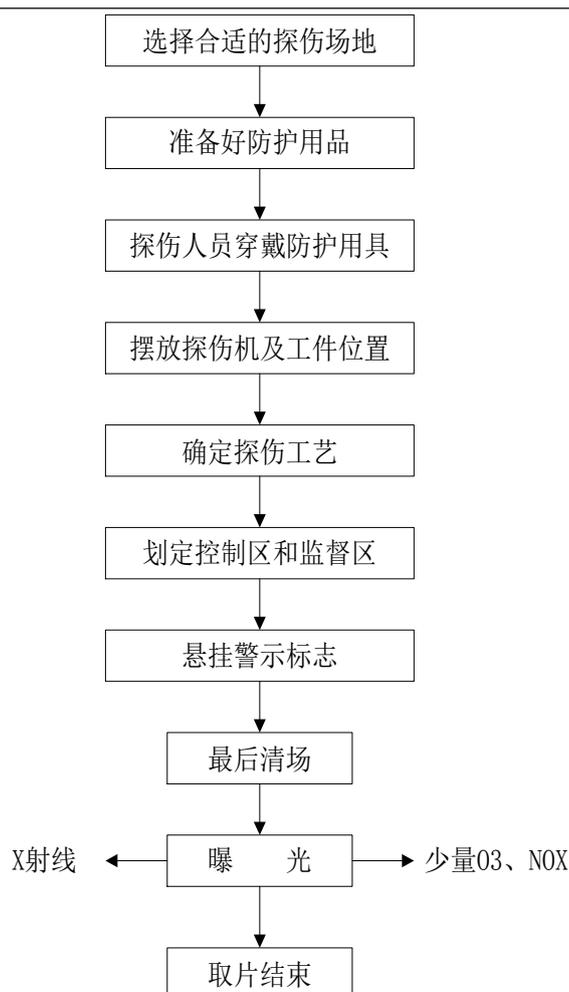


图 7 现场探伤工艺流程及产污环节图

### (3) 操作流程

1) 接受现场探伤任务后，制订现场探伤作业方案，该作业方案应包括探伤工况、时间、地点、控制区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。

2) 到达现场后，在现场探伤曝光开始前，应做好探伤作业前的各项准备工作，主要包括以下几方面：

①应根据现场情况划定作业场所工作区域，并在相应边界设置警示标识。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，先根据理论计算初步划定控制区、监督区，然后利用便携式 X-γ 射线剂量率测量仪由远及近，由小到大确定控制区、监督区。

②需对探伤作业的具体情况进行公示，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、单位法人、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。其中，安全信息公示牌面积应不小于  $2\text{m}^2$ ，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。夜间进行探伤作业时，必须在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，夜间需设置灯光警示，必要时设专人警戒。

③根据探伤规范要求，预测曝光时间、焦距、确定焦点位置，根据现场情况及监督区和控制区的划分情况。屏蔽遮挡物由可拆卸的屏蔽材料等，其屏蔽能力应根据所操作的 X 射线的剂量及距离、障碍物、地理条件等确定。

④在现场探伤作业前必须进行清场，设置警戒线（离地  $0.8\sim 1.0\text{m}$  左右）、“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警示标识。

⑤安排 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。安排专人巡查，确保探伤作业期间无公众误入作业区。每台探伤装置须配备 2 名操作人员同时在场，每名操作人员应配备 1 枚个人剂量计。

3) 确保探伤作业前的各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行探伤曝光作业。探伤作业流程如下：

①根据需要应在探伤设备与探伤件周围覆盖铅皮、钢板等进行屏蔽。其屏蔽能力应根据所操作的 X 射线的剂量及距离、障碍物、地理条件等确定。

②将 X 射线管置于被检工件附近的合适位置，固定好，将控制器与 X 射线发生器用连接电缆连接好，确认各连接电缆连接正确，接通电源、开机。

③根据检测工件的材料厚度设定曝光参数启动曝光操作。

④曝光结束，做好相关记录（影像、照片和现场记录资料等），与方案一并存档被查。

⑤探伤结束后，关闭 X 射线探伤机，取下胶片，将胶片带回公司暗室，在暗室进行

洗片，具体工艺流程为：

A、显影（将曝光后的胶片完全浸入显影液或者显影粉中，该过程持续时间约 5~8min，实现显影）；

B、停影（将显影后的胶片从显影槽中取出，利用自来水在停影槽中冲洗 1~2min，实现停影）；

C、定影（将停影后的胶片从停影槽中取出，而后浸入定影液或定影粉中，该过程持续 10~15min，实现定影）；

D、冲洗（将定影后的胶片从定影槽中取出，利用自来水在漂洗槽中冲洗 30~40min）；

E、干燥（将冲洗后的胶片从漂洗槽取出，而后放入烘箱内烘干，该工序持续 40~60min，实现胶片干燥）。

4) 探伤作业结束后，清理现场，撤除警戒。洗片过程的工程流程和产污环节见图 8。

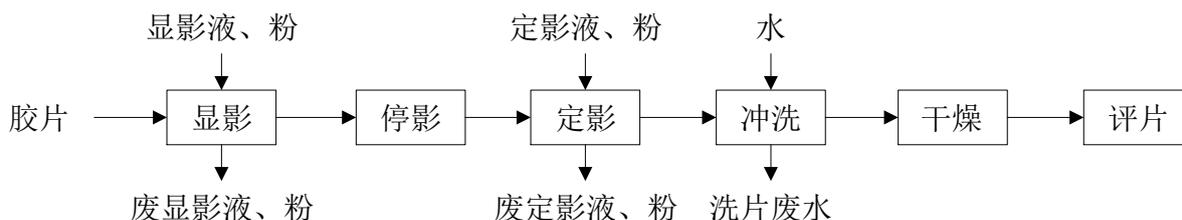


图 8 洗片工艺流程及产污环节示意图

#### 4、污染源项描述

##### 1) 电离辐射

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

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

①有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。本项目 X 射线探伤机最大能量为 350kV，采用

0.5mmCu 过滤片，参照《工业 X 射线探伤辐射室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），距靶 1m 处输出量为  $23.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。靶物质原子序数，加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

②漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面、墙壁等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

## 2) 废气

本项目使用的 X 射线探伤机工作时的最大电压为 350kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此探伤机运行时产生的 X 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。

## 3) 固体废物

本项目需进行洗片、评片作业，洗片、评片场所位于公司的暗室内。在进行洗片作业时产生的废显影液或显影粉、废定影液或定影粉、洗片废水及废胶片，属于《国家危险废物名录（2021 年版）》中的 HW16 900-019-16 号危险废物。无放射性，依托公司现有的危废暂存间分区集中暂存后交有资质单位处理处置。

表 9-2 本项目固废产生情况一览表

编号	固体废物	产生量	形态	固废类别	废物代码	主要成分	处置措施
S1	洗片废水	1t/a	液态	危险废物	HW16 900-019-16	对苯二甲酸、银	收集于专用容器内，分区集中暂存于公司的危废暂存间并交有资质单位处置
S2	废显影液、粉	0.5t/a	液态或固态	危险废物	HW16 900-019-16	对苯二酚、米吐尔、亚硫酸钠、碳酸钠	
S3	废定影液、粉	0.5t/a	液态或固态	危险废物	HW16 900-019-16	硫代硫酸钠、亚硫酸钠、碳酸钠、硼砂	
S4	废胶片	1400 张/a	固态	危险废物	HW16 900-019-16	卤化银、明胶	

## 十、辐射安全与防护

### 项目安全设施

#### 1、探伤现场分区

当探伤现场位于野外时，周围环境不定，在现场探伤过程中，X 射线以探伤物体为轴中心发射形成一个弧形区域，按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）相应的规定及要求，建设单位应对每个野外探伤工作场所划分为控制区、监督区，并实行“两区”管理制度。野外探伤作业前，可根据探伤工况、探伤对象和探伤方案预估控制区和监督区的范围；探伤时亦可根据探伤现场条件，在野外利用地形、构筑物、防护铅板等合理划定控制区和监督区范围。进行野外现场探伤时将辐射工作场所划分为控制区、监督区。

表 10-1 现场探伤分区管理

分区	划分依据	实体分区防护措施
控制区	将作业时被检物体周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内，可根据当地实际情况设置控制区。	控制区边界拉警戒绳，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，有专人负责警戒。
监督区	将作业周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的范围，根据野外探伤的地形，建筑物实际情况确定监督区。	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。

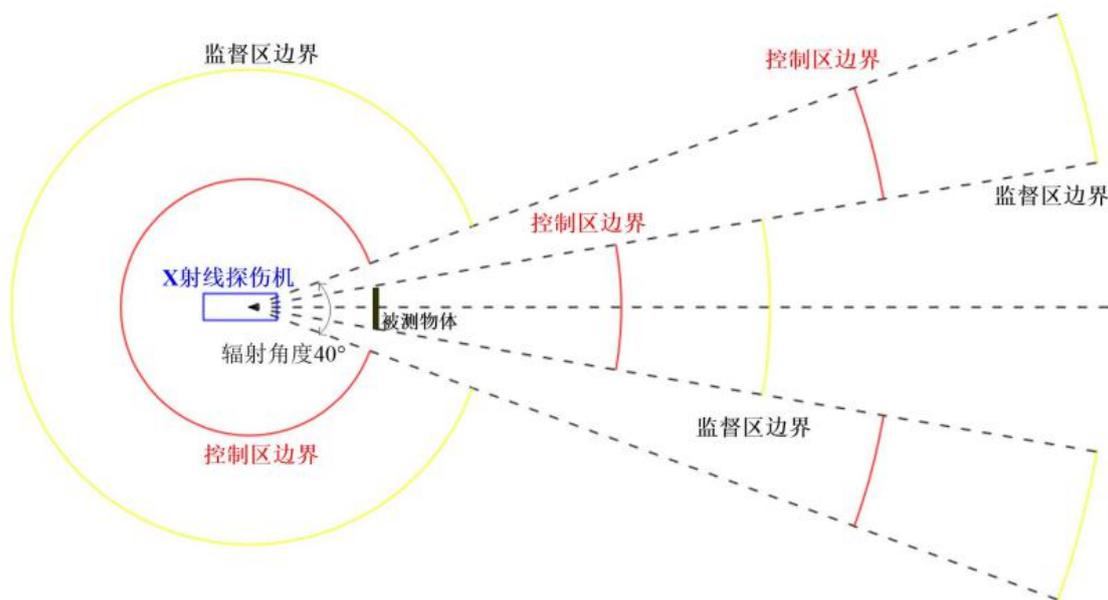


图 9 现场探伤控制区和监督区边界（定向探伤机）

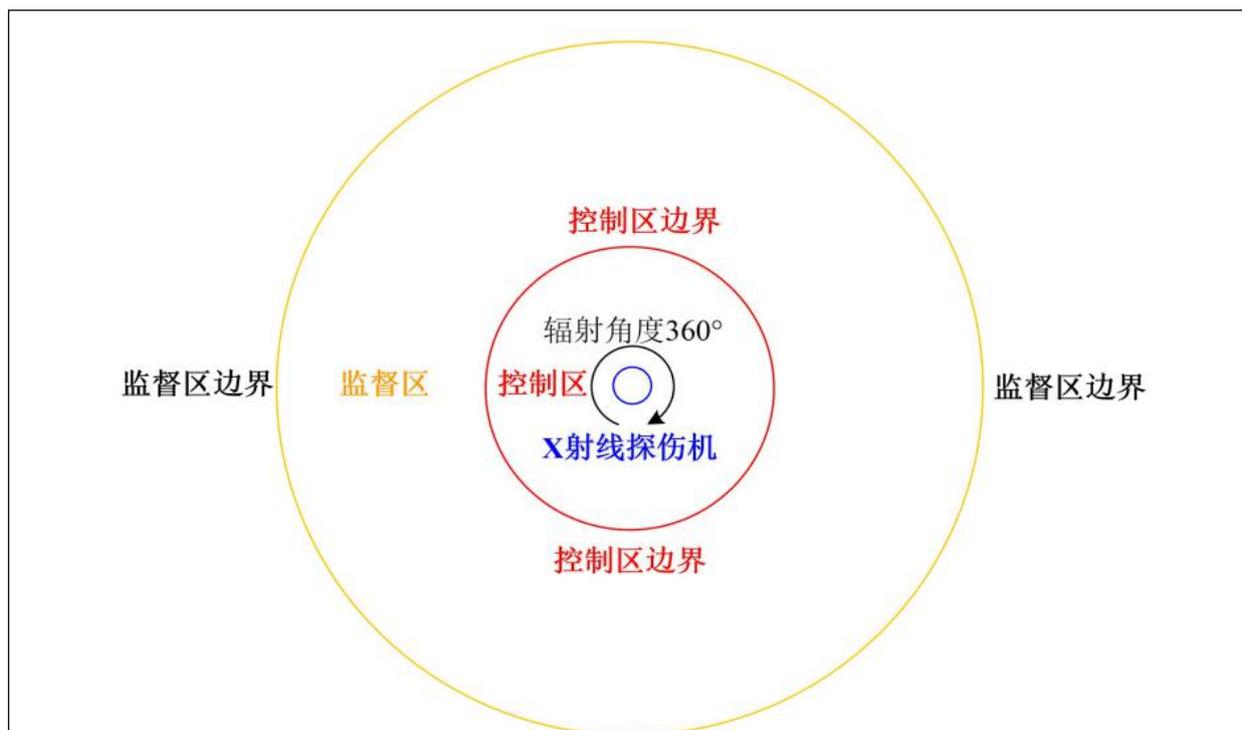


图 10 现场探伤控制区和监督区边界（周向探伤机）

## 2、现场探伤的安全措施

(1) 探伤作业前，应根据现场情况划定作业场所工作区域，并在相应边界设置警示标识。工作区域划分应以在即将探伤的工作条件下，先根据理论计算初步划定控制区、监督区，然后利用便携式 X-γ 射线剂量率测量仪由远及近，由小到大确定控制区、监督区。

a. 将作业时被检物体周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围内划为控制区（如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按《工业 X 射线探伤放射防护要求（GBZ117-2015）》中 5.1.2 条公式计算；控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

b. 控制区的边界外、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。

c. 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

(2) 应尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤，无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外，设专人警戒，防止无关人员进入监督区和控制区，引起不必要的意外照射。在无法疏散时，必须采取防护措施，保证无关人员所处位置的

剂量当量率不超过  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的相关要求, 开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员, 企业应根据现场探伤工作情况配备足够的工作人员, 且新增工作人员应按《陕西省放射性污染防治条例》等法律要求, 进行岗前培训并取得上岗证。

(4) 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前, 应对剂量仪进行检查, 确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间, 便携式剂量仪应一直处于开机状态, 防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。辐射工作人员在现场探伤期间, 还应配备直读剂量计, 且个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪。

(5) 工作时应制止非工作人员进入 X 射线机 30 米半径工作区内。

### 3、个人防护及管理措施

(1) 公司应制定辐射安全管理制度, 包括: 《射线装置台账》、《探伤作业现场辐射防护制度》、《辐射事故应急预案》、《个人剂量监测制度》、《个人健康和個人剂量管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《辐射人员岗位职责》、《X 射线机操作规程》、《X 射线机领取制度》、《设备检修和维护制度》、《安全风险管理办法》、《安全隐患排查整治制度》、《辐射工作场所监测制度》等制度。

(2) 该公司计划 11 名辐射操作人员, 其中 6 人从事 X 射线探伤检测工作, 从事射线检测技术服务人员均已取得辐射安全与防护培训证书。

(3) 每个持机操作人员拟配备个人剂量计并按期监测, 拟建立放射性工作人员个人剂量档案, 放射性工作人员拟按期进行放射性健康体检并建立人健康档案。

(4) 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前, 应对剂量仪进行检查, 确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间, 便携式剂量仪应一直处于开机状态, 防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。辐射工作人员在现场探伤期间, 还应配备直读剂量计, 且个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪。

(5) 公司野外探伤的胶片统一拿回西咸新区沣东新城西安国联质量检测技术股份有限公司康鸿实验楼一楼, 在康鸿实验楼一楼设置的暗室内进行评片洗片, 冲印探伤胶片产生的废显、定影液、粉及废旧胶片属于国家危险废物, 集中存放在危险废物暂存间, 由专人保管, 建立台帐, 送交具有危废处置资质单位收集处置。

### 4、项目措施与相关要求的符合性分析

本项目采取了一定的辐射防护措施，与其相关标准和规范的相关要求对比情况见下表。

表 10-2 项目辐射防护措施与标准要求对比情况一览表

标准名称		标准要求	本项目情况
《工业X射线探伤放射防护要求》 (GBZ117-2015)	5.1 X射线现场探伤作业分区设置要求	5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。 5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区。 5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 5.1.4 现场探伤作业工作过程中，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，X射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。 5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳）等。 5.1.6 控制区的边界外、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。 5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	1、项目根据要求划定控制区和监督区，实行分区管理，并在现场相应的边界设置醒目的警示标识。 2、将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区。 3、控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作。 4、现场探伤时，控制区内不同时进行其他工作。视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。 5、项目在野外探伤，视具体情况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。 6、控制区的边界外、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、现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。 8、探伤机控制台设置在合适位置且设有延时开机装置，以尽可能降低操作人员的受照剂量。
	5.3 X射线现场探伤作业安全警告信息	5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。 5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。	1、设置有明显区别的提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。 2、警示信号指示装置与探伤机联锁。 3、在控制区的所有边界都能清楚的听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

		<p>5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚的听见或看见“预备”信号和“照射”信号。</p> <p>5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。</p>	<p>4、在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。</p>
5.4 X射线现场探伤作业安全操作要求		<p>5.4.2 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。</p>	<p>1、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。</p>
5.5 X射线现场探伤作业的边界巡查与监测		<p>5.5.1 开始现场探伤之前,探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员,并防止有人进入控制区。</p> <p>5.5.2 控制区的范围应清晰可见,工作期间要有良好的照明,确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到,应安排足够的人员进行巡查。</p> <p>5.5.3 在试运行(或第一次曝光)期间,应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。</p> <p>5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前,应对剂量仪进行检查,确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间,便携式测量仪应一直处于开机状态,防止X射线曝光异常或不能正常终止。</p> <p>5.5.5 现场探伤期间,工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪,两者均应使用。</p>	<p>1、开始现场探伤之前,探伤工作人员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。</p> <p>2、控制区的范围应清晰可见,工作期间要有良好的照明,确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到,则安排足够的人员进行巡查。</p> <p>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。</p> <p>4、本项目配备1台便携式剂量仪。开始探伤工作之前,对剂量仪进行检查,确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间,便携式测量仪一直处于开机状态,防止X射线曝光异常或不能正常终止。</p> <p>5、现场探伤期间,每名工作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。</p>
6.1 检测的一般要求		<p>6.1.1 检测计划 运营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。</p> <p>6.1.2 检测仪器 用于X射线探伤装置放射防护检测的仪器,应按规定进行定期检定,并取得相应证书。使用前,应对辐射检测仪器进行检查,包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器</p>	<p>1、建设单位制定了放射防护检测计划,对检测位置、检测频率及检测结果保存等作出详细的规定,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。</p> <p>2、本次评价的8台设备均严格按照相关要求定期进行检定,尚未取得相应证书。每次使用前,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</p>

		<p>对射线的响应等。 6.1.3 检测条件 检测应在X射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。</p>	<p>对射线的响应等。 3、检测在X射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。</p>
	<p>6.3现场探伤的分區及检测要求</p>	<p>6.3.1 使用移动式X射线探伤装置进行现场探伤时,应通过巡测确定控制区和监督区。 6.3.2 当X射线探伤装置、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时,均应重新进行巡测,确定新的划区界线。 6.3.3 在工作状态下应检测操作位置,确保操作位置的辐射水平是可以接受的。 6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率,确保其低于国家法规和运行单位制定的指导水平。 6.3.5 探伤机停止工作时,还应检测操作者所在位置的辐射水平,以确认探伤机确已停止工作。</p>	<p>1、现场检测时,均采取巡测方式划定控制区和监督区。 2、当X射线探伤装置、场所、被检物体(材料、规格、形状)、照射方向、屏蔽等条件发生变化时,均重新进行巡测,确定控制区和监督区。 3、在工作状态下检测操作位置,确保操作位置的辐射水平是可以接受的。 4、在工作状态下检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率,确保其控制区低于15μSv/h、监督区低于2.5μSv/h。 5、探伤机停止工作时,检测操作者所在位置的辐射水平,以确认探伤机确已停止工作。</p>

根据上表可知,本项目采取的辐射安全与防护措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求。

### 三废治理

#### (1) 臭氧和氮氧化物

本项目探伤机产生的 X 射线能量较低,探伤过程中可产生微量臭氧量和氮氧化物,臭氧在常温下很快转化成氧气,对现场探伤工作人员产生影响很小。

#### (2) 洗片废水和废胶片

项目停影和冲洗工序均使用自来水,清洗水反复使用,主要含对苯二甲酸和微量的银,污染物浓度较小,根据建设单位提供资料,洗片废液产生量约 1t/a。洗片废水暂存于公司危废暂存间分区的专用容器内,定期交由有危废处理资质的单位处置。

显影和定影过程中产生废显影液、粉和废定影液、粉,公司洗片过程年产生废显影液、粉和废定影液、粉分别约为 0.5t/a。废显影液、粉和废定影液、粉单独收集于专用容器内,暂存于公司危废暂存间,由专人保管,建立台帐,并交由具有危废处置资质单位收集处置。

曝光时产生的废胶片和存档到期的胶片成为危险废物，项目存档胶片每 3 个月清理一次，现场收集贮存在专用容器内，暂存于公司危废暂存间，定期交有相应危险废物处理资质单位处理。

危险废物暂存间应做到“防风、防雨、防晒、防渗漏”，保证废显（定）影液（粉）和废胶片不污染环境。最终委托有危险废物处理资质的单位回收处理。

本项目产生的危险废物暂存于公司原有的危废暂存间内，为保证暂存的危险废物不对环境产生污染，依据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及 2013 年修改单）、《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）及相关法律法规，本次环评对危险废物暂存间提出如下安全要求：

- ①危废暂存间地面及裙角应做耐腐蚀硬化、防渗漏处理，涂装至少 2m 厚防渗漏、防腐蚀的涂料（如环氧树脂），且表面无裂隙，地面设置堵截泄漏的储漏盘；
- ②危险废物储存于密闭容器中，并在容器外表按规定设置危险废物标签；
- ③危险废物应选择防腐、防漏、防磕碰、密封严密的容器进行贮存和运输，储存于阴凉、通风良好的库房，远离火种、热源，与酸类化学品分开存放，储存间应有专门人员看管。看管人员和危险废物运输人员在工作中应佩带防护用具，并配备医疗急救用品；
- ④建立档案制度，对暂存的废物种类、数量、特性、包装容器类别、存放库位、存入日期、运出日期等详细记录在案并长期保存。建立定期巡查、维护制度；
- ⑤危险废物置场室内地面硬化和防渗漏处理。一旦出现盛装液态固体废物的容器发生破裂或渗漏情况，马上修复或更换破损容器，地面残留液体用布擦拭干净。出现泄漏事故及时向有关部门通报。
- ⑥危险废物转移过程应按《危险废物转移联单管理办法》及相关规定执行。

## 十一、环境影响分析

### 建设阶段对环境的影响

本项目为探伤机流动式无损检测项目，不建设专用探伤室，故不存在建设和设备安装过程。本次评价仅对其现场探伤过程产生的辐射环境影响进行分析。

### 运行阶段对环境的影响

#### 1、辐射环境影响分析（X射线）

在室外探伤过程中，定向探伤机的主束射向所检查的工作，周向探伤机放入被检压力管道中才能出束。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束完全被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。

X射线机在室外作业时，应设定控制区和监督区。根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，射线探伤机工作场所控制区、监督区划分如下：

①控制区：将作业时被检物体周围的空气比释动能率大于 $15 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 的范围内划为控制区，特殊情况见附录A，并在其边界上应悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界操作，否则应采取专门的防护措施。

②监督区：在控制区边界外将作业时空气比释动能率大于 $2.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 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。在监督区边界附近不应有经常停留的公众成员。

（1）漏射线（除主射方向以外）控制区和监督区的划定

根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），X射线装置在额定工作条件下，当X射线机管电压 $>200\text{kV}$ 时，距X射线管焦点 $1\text{m}$ 处的漏射线空气比释动能率 $<5\text{mGy/h}$ ，本项目所使用的X射线探伤机电压等级最小为 $200\text{kV}$ ，将相关参数代入（公式1），可估算出无屏蔽状态下不同距离漏射线的剂量率，见表11-1。

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \quad (\text{公式1})$$

式中： $K_1$ —距探伤机表面 $R_1$ 处的空气比释动能率， $\text{mGy/h}$ ；

$K_0$ —距探伤机表面 $1\text{m}$ 处的空气比释动能率， $\text{mGy/h}$ ；

$R_0$ —探伤机表面外 $1\text{m}$ 处；

$R_1$ —参考点距探伤机表面的距离， $\text{m}$ 。

表11-1 无屏蔽状态下不同距离漏射线的X射线剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）

距离/m	1	5	10	18.3（控制区边界）	20	44.8（监督区边界）
------	---	---	----	-------------	----	-------------

电压大于 200kV	<5000	<200	<50	<15	<12.5	<2.5
---------------	-------	------	-----	-----	-------	------

根据理论计算结果可知，本项目X射线探伤机在现场探伤工作时，漏射方向须划定控制区为距离X射线探伤机18.3m的区域，监督区为离探伤机18.3m~44.8m的区域。

(2) 主射方向的控制区和监督区划定

室外探伤作业主要采用距离防护，即采用延时曝光后，工作人员迅速退居到控制区范围外的方式进行辐射防护。探伤工件一般大于探伤机照射野，若探伤工件小于探伤机照射野，加准直器以保证探伤工件大于照射野的范围，因此，本项目不存在裸照的情况，仅考虑X射线探伤机经工件屏蔽后的控制区和监督区的距离。

根据建设单位提供的资料，不同型号的探伤机参数见表11-2。

表11-2 各探伤机参数表

型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	过滤片	发射率常数 $\delta_x$ (mGy · m <sup>2</sup> · mA <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )
XXG-2005 (定向)	200	5	0.5mmCu	10
XXGH-2505 (周向)	250	5	0.5mmCu	20
XXG-2505 (定向)	250	5	0.5mmCu	20
XXG-3505 (定向)	350	5	0.5mmCu	30
XXGH-3005 (周向)	300	5	0.5mmCu	28

注：根据《辐射防护导论》（方杰主编）P343页附图4查得。

根据上述探伤条件，X射线经工件屏蔽后的辐射剂量可近似按下面公式计算：

$$D_1 = I \delta_x / r^2 \quad (\text{公式2})$$

$$D_2 = \frac{D_1}{10^{(d_1/d_2)}} \quad (\text{公式3})$$

式中：D<sub>1</sub>—未经工件屏蔽前空气吸收剂量率，mGy/min；

D<sub>2</sub>—经工件屏蔽后空气吸收剂量率，mGy/min；

I—管电流，mA；

$\delta_x$ —发射率常数，mGy · m<sup>2</sup> · mA<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>；

r—参考点距X射线管焦斑的距离，m；

d<sub>1</sub>—被检工件厚度，mm；

d<sub>2</sub>—钢的十分之一值层厚度，mm；200kV、250kV电压取值20mm，300kV取值25mm，

350kV取值30mm（根据《辐射防护导论》（方杰主编）P103页，图3.23查得）。

根据建设单位提供的资料，对不同厚度工件进行无损检测时，选用不同电压等级探伤机（根据工件厚度选择合适电压等级探伤机），根据（公式2）和（公式3）计算出本项目在室外探伤时，无工件状态和最厚的工件屏蔽状态下控制区和监督区边界距离结果见表11-3。

表11-3 各探伤机控制区、监督区防护距离估算表

型号	屏蔽状态	控制区边界（m）	监督区边界（m）
XXG-2005（定向）200	无屏蔽状态	447	1095
	45mm 工件屏蔽状态	33	82
XXGH-2505（周向）250	无屏蔽状态	632	1549
	45mm 工件屏蔽状态	47	116
XXG-2505（定向）250	无屏蔽状态	632	1549
	45mm 工件屏蔽状态	47	116
XXG-3505（定向）350	无屏蔽状态	775	1897
	45mm 工件屏蔽状态	97	238
XXGH-3005（周向）300	无屏蔽状态	748	1832
	45mm 工件屏蔽状态	94	230

由表11-3可知，本项目实施室外探伤时，在最厚的工件屏蔽状态下控制区、监督区距离远小于无屏蔽状态下的控制区、监督区距离。此外，X射线探伤机工作时，其周围的X射线剂量率还有散射线的贡献，散射线的X射线剂量率与X射线探伤机本身、周围的物体、地形等诸多因素有关，用纯理论难以准确估算，一般需要仪器直接测量，并且具体探伤时，漏射线及散射线均大部分被工件所屏蔽，因此实际划定的控制区和监督区均比理论计算值小。工作人员从探伤机控制器的位置退居到控制区边界大约花费2min左右的时间，而探伤机最大延时可设置6min，因此在延时曝光条件下工作人员是可以安全到达控制区边界。

从表11-3估算结果可知，探伤机管电压的高低和管电流大小、射线和照射方向、被检测钢结构的厚度、形状以及探伤现场的不同均对辐射场的辐射剂量水平有很大影响，因此，表11-3保守估算结果不能完全作为划分控制区和监督区边界的依据，现场安全负责人根据射线作业许可证，在确认现场无关人员均已撤离后，开始负责布置现场警戒，监督区警戒范围初始一般设置较大，设定好位置后在监督区边界放置清晰的“禁止进入X射线工作区”警示牌、醒目警示灯，拉上警示绳，必要时设置专人进行警戒。作业开

始后，现场安全负责人根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求使用辐射巡测仪测量剂量边界（控制区边界 $15\ \mu\text{Gy/h}$ ，监督区边界 $2.5\ \mu\text{Gy/h}$ ），并根据测量达标位置重新调整监督区和控制区。

根据上表核算结果控制区、监督区范围均较大，如因现场作业环境限制，监督区警戒范围不能满足距离防护，从减少影响，降低风险的角度出发，应配置铅板、铅筒等防护设施。

## 2、个人年有效剂量分析

### （1）X 射线探伤过程对工作人员影响分析

本项目探伤机使用延时开机装置，在探伤机开机前放射性工作人员均退至监督区外侧，经过现场巡测监督区剂量当量率一般不超过  $2.5\ \mu\text{Sv/h}$ 。根据企业提供资料，全年探伤量 400 小时，则探伤现场操作、警戒、巡视人员全年累计受照射剂量最大为  $1.00\text{mSv}$ ，低于放射性工作人员剂量控制目标值  $5\text{mSv}$ 。

### （2）X 射线探伤过程公众的影响分析

本项目为流动式 X 射线无损检测，不会固定于某一地点长期作业，作业期间有专人看管防止公众人员进入监督区以内的探伤工作区域。按照同一点 X 射线探伤作业时间最长 5 天，监督区边界空气比释动能率按照  $2.5\ \mu\text{Gy/h}$  计算，按探伤机每天最多曝光 36min，累积曝光时间为 3.0h，探伤现场公众人员因该项实践可能导致累积受照射剂量增加  $0.0075\text{mSv}$ ，低于公众人员剂量控制目标值  $0.25\text{mSv}$ 。

## 3、废气对环境影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ $\text{O}_3$ ）和氮氧化物，本项目探伤作业在室外进行，空气流通性好，少量的  $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$  可自行扩散分解，故项目产生的废气对周围环境影响小。

## 4、固废环境影响

该公司洗片产生的含重金属的废显影液（粉）、定影液（粉）、洗片废水属于危险废物，单独收集于专用容器内，由专人保管，建立台帐，并交由具有危废处置资质单位收集处置。

曝光时产生的废胶片和存档到期的胶片成为危险废物，项目存档胶片每 3 个月清理一次，预计共产生约 1400 张/a 废片，现场收集贮存在专用容器内，暂存于公司危废暂存间，定期交有相应危险废物处理资质处理。

综上所述，建设单位按照以上措施对产生的危废进行处理后，对环境基本无影响。

## 事故风险评价及应急预案

### 1、事故工况

本项目探伤机使用过程中可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

(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，致使工作人员或公众误入控制区和监督区，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) 探伤时屏蔽防护不到位、人员误入、滞留控制区、探伤机丧失屏蔽、警戒标志丧失、设备丢失。

### 2、事故风险评价

根据《射线装置分类办法》可知，本项目使用的工业 X 射线探伤机属 II 类射线装置。

II 类射线装置为中危险射线装置，探伤机工作时产生的 X 射线可使长时间受照射人员受到严重损伤。本项目发生最大概率风险事故为 X 射线探伤机现场探伤过程中，人员闯入监督区和控制区域，造成大剂量照射。

探伤机的电压越大产生的 X 射线的穿透性越强，风险评价按照探伤机的管电压，管电流进行计算。X 射线机所产生的有用 X 射线束在距 X 射线管焦斑 r 米处的照射量率按《辐射防护手册（第一分册）》第 233 页公式：

$$X = IX_0 \frac{r_0^2}{r^2} \quad (\text{公式 4})$$

式中：X—距 X 射线管固定距离 r 米处照射量率，Sv/min；

X<sub>0</sub>—距 X 射线管固定距离 r<sub>0</sub> 米处的输出量，R/mA·min；

I—管电流，mA；

r—距离，m。

根据《辐射防护手册》中第 237 页图 4.4d 可知：对于管电压为 350kV 的工业 X 射

线探伤机距靶 1m 处照射量率为 2.0R/mA·min; 对于管电压为 300kV 的工业 X 射线探伤机距靶 1m 处照射量率为 1.3R/mA·min; 对于管电压为 250kV 的工业 X 射线探伤机距靶 1m 处照射量率为 0.7R/mA·min, 对于管电压为 200kV 的工业 X 射线探伤机距靶 1m 处照射量率为 0.38R/mA·min; 剂量当量和照射量的转换系数取  $8.76 \times 10^{-3}$ 。按 (公式 4) 估算出不同管电压下在不同距离、不同受照时间所导致的有效剂量见表 11-4。

表 11-4 X 射线探伤机在不同电压、不同距离、不同接触时间的有效剂量 (单位: mSv)

时间 距离		1min	2min	3min	4min	5min
		1m	350kV	87.6	175.2	262.8
300kV	56.94		113.88	170.82	227.76	284.70
250kV	30.66		61.32	91.98	122.64	153.30
200kV	9.99		19.98	29.97	39.96	49.95
2m	350kV	21.9	43.8	65.7	87.6	109.5
	300kV	14.24	28.48	42.72	56.96	71.20
	250kV	7.67	15.34	23.01	30.68	38.35
	200kV	2.50	5	7.5	10	12.5
3m	350kV	9.73	19.46	29.19	38.92	48.65
	300kV	6.33	12.66	18.99	25.32	31.65
	250kV	3.41	6.82	10.23	13.64	17.05
	200kV	1.11	2.22	3.33	4.44	5.55
4m	350kV	5.47	10.95	16.42	21.9	23.37
	300kV	3.56	7.12	10.68	14.24	17.8
	250kV	1.92	3.84	5.76	7.68	9.6
	200kV	0.62	1.24	1.86	2.48	3.1
5m	350kV	3.5	7.0	10.51	14.01	17.52
	300kV	2.28	4.56	6.84	9.12	11.4
	250kV	1.23	2.46	3.69	4.92	6.15
	200kV	0.40	0.8	1.2	1.6	2.0

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 有关规定, 工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv, 任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。在不同的距离受到 20mSv 和 50mSv 有效剂量的时间见表 11-5 和表 11-6。

表 11-5 在 X 射线探伤机出口不同距离受到 20mSv 剂量当量的时间

距离		时间 (min)
1m	350kV 5mA	0.23
	300kV 5mA	0.35
	250kV 5mA	0.65

	200kV	5mA	2.00
2m	350kV	5mA	0.91
	300kV	5mA	1.40
	250kV	5mA	2.60
	200kV	5mA	8.00
3m	350kV	5mA	2.05
	300kV	5mA	3.15
	250kV	5mA	5.86
	200kV	5mA	18.01
4m	350kV	5mA	3.66
	300kV	5mA	5.61
	250kV	5mA	10.41
	200kV	5mA	32.25
5m	350kV	5mA	5.71
	300kV	5mA	8.77
	250kV	5mA	16.26
	200kV	5mA	50

表 11-6 在 X 射线探伤机出束口不同距离受到 50mSv 剂量当量的时间

距离		时间 (min)
1m	350kV	0.57
	300kV	0.87
	250kV	1.63
	200kV	5.00
2m	350kV	2.28
	300kV	3.51
	250kV	6.51
	200kV	20
3m	350kV	5.14
	300kV	7.89
	250kV	14.66
	200kV	45.04
4m	350kV	9.14
	300kV	14.04
	250kV	26.04
	200kV	80.64
5m	350kV	14.28
	300kV	21.92
	250kV	40.65
	200kV	125

从表 11-5 和表 11-6 可以看出：

(1) 在最大管电压 350kV、管电流 5mA 工作条件下，工业 X 射线探伤机现场探伤过程中，在出口束方向 1m 处停留 0.23min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv；停留 0.57min 就能达到 50mSv。

(2) 在最大管电压 300kV、管电流 5mA 工作条件下，工业 X 射线探伤机现场探伤过程中，在出口束方向 1m 处停留 0.35min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv；停留 0.87min 就能达到 50mSv。

(3) 在最大管电压 250kV、管电流 5mA 工作条件下，工业 X 射线探伤机现场探伤过程中，在出口束方向 1m 处停留 0.65min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv；停留 1.63min 就能达到 50mSv。

(4) 在最大管电压 200kV、管电流 5mA 工作条件下，工业 X 射线探伤机现场探伤过程中，在出口束方向 1m 处停留 2.00min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv；停留 5.00min 就能达到 50mSv。

综上所述，本项目应加强现场探伤管理，确保不会发生人员未撤开机探伤和探伤过程中人员误入控制区的情况，防止照射事故的发生。

### 3、事故预防措施

(1) 探伤作业前，应划定作业场所工作区域，并在相应边界设置警示标识。

(2) 应尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤，无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外，设专人警戒，防止无关人员进入监督区和控制区，避免引起不必要的意外照射。在无法疏散时，必须采取防护措施，保证无关人员所处位置的剂量当量率不超过 2.5 $\mu$ Sv/h。

(3) 按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的相关条款要求，开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员，企业应根据现场探伤工作情况配备足够的工作人员，且新增工作人员应按《陕西省放射性污染防治条例》等法律要求，进行岗前培训并取得上岗证。

(4) 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。放射性工作人员在现场探伤期间，还应配备直读剂量计，且个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪。

(5) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。每年开展一次辐射事故应急演练，增强事故应急能力，常备不懈。

(6) 在进行现场探伤前公司必须到当地环境保护主管部门备案。

(7) 于每年 1 月 31 日前向当地环境保护主管部门报送辐射环境年度评估报告。

## 十二、辐射安全管理

### 辐射安全与环境保护管理机构的设置

#### 1、辐射安全管理机构

公司辐射安全防护管理机构应根据《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》等国家相关监管法律法规要求开展辐射安全管理工作。

依据陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）相关规定要求，对辐射工作人员及辐射工作场所进行科学化、规范化管理。具体管理内容及管理要求见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表（辐射安全管理）

序号	管理内容	管理要求	公司落实要求
1	决策层	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作	公司需印发《西安国联特检工程技术有限公司辐射安全与防护领导小组》、《辐射安全管理年度工作计划》等制度
		年初工作安排和年终工作总结，应包含辐射环境安全管理工作内容	
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	公司派辐射工作人员共计 11 人辐射工作人员参加辐射安全与防护培训并已通过考核取得合格证持证上岗
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	项目投入使用后由辐射防护负责人负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	公司需建立《辐射人员个人剂量管理制度》《辐射安全防护设施维护与维修制度》《射线装置管理制度》等
		建立辐射安全管理档案	建立辐射安全管理档案
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录	项目投入使用后应定期对辐射工作场所巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常	11 名放射性工作人员在上岗前需进行职业健康体检
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗	11 名工作人员取得辐射安全与防护上岗证
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺	工作人员了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责并做出了《辐射工作人员岗位辐射安全承诺书》

		熟悉辐射事故应急预案的内容, 发生异常情况后, 能有效处理	公司组织对辐射工作人员进行辐射事故应急预案培训
2	机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专(兼)职人员, 以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人	公司需设立辐射环境安全管理机构和专职人员, 并以正式文件明确辐射安全与环境保护管理机构和负责人
3	制度执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度, 指定专人负责系统使用和维护, 确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	公司核技术应用管理信息由公司辐射安全管理办公室负责, 由专职辐射安全管理员进行维护, 建立以及完善公司辐射环境管理制度及应急预案, 定期完善射线装置台账, 更新申报系统管理信息; 负责射线装置购置、报废等审批备案手续办理, 并及时更新相关辐射信息档案。 负责公司辐射工作人员培训、体检以及个人剂量的管理, 个人信息台账及剂量监测档案、健康监护档案管理以及系统里相关信息的维护
		建立放射性同位素与射线装置管理制度, 严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定, 并建立放射性同位素、射线装置台账	建立了《放射性同位素与射线装置管理制度》
		建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程, 严格按照规程进行操作, 并对规程执行情况进行检查考核, 建立检查记录档案	建立《放射性同位素与射线装置管理制度》《X射线探伤机操作规程》等
		建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划, 并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核, 建立相关检查考核资料档案	建立《辐射工作人员培训管理制度及培训计划》
		建立辐射工作人员个人剂量管理制度, 每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测, 对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门, 保证个人剂量监测档案的连续有效性	建立《辐射工作人员个人剂量管理制度》, 每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测, 对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门
		建立辐射工作人员职业健康体检管理制度, 定期对辐射工作人员进行职业健康体检, 对体检异常人员及时复查, 保证职业人员健康监护档案的连续有效性	建立《职业健康管理制度》, 定期对辐射工作人员进行职业健康体检, 对体检异常人员及时复查
		建立辐射安全防护设施的维护与维修制度(包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等), 并建立维护与维修工作记录档案(包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间)	建立《辐射安全防护设施维护与维修制度》《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》
		建立辐射环境监测制度, 定期对辐射工作场所及周围环境进行监测, 并建立有效的监测记录或监测报告档案	建立《辐射自主监测方案》, 定期对辐射工作场所及周围环境进行监测, 并建立有效的监测记录和监测报告档案
		建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度, 定期对监测仪器设备进行检定, 并	建立《辐射环境监测设备使用与检定管理制度》, 定期对监测仪器设备进

		建立检定档案	行检定，并档案
4	应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练 辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序	建立了《西安国联特检工程技术有限公司辐射事故应急预案》、应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序

环评要求：根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的“辐射安全管理部分”要求，该公司辐射安全管理措施中部分条款仍需完善如下条款：①公司需设立辐射安全管理工作部门，并把该项目的运行管理纳入其中，辐射工作人员上岗前均应进行健康体检，持培训合格证后方可上岗；②环评报批后，公司需及时向相关主管部门申请办理辐射安全许可证。

## 2、辐射工作人员

公司已配备 11 名辐射工作人员，其中本项目拟配备 6 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护培训，人员配置情况见下表。辐射工作人员核技术利用辐射安全与防护考核证书见附件 3。

表 12-2 工作人员一览表

序号	姓名	性别	岗位	培训时间	证书编号
1	贾周剑	男	X射线探伤	2022.9	FS22BJ1200826
2	康旭英	女	X射线探伤	2021.5	FS21SN1200233
3	慕博文	男	X射线探伤	2021.5	FS21SN1200234
4	孙超	男	X射线探伤	2022.9	FS22BJ1200827
5	薛侃	男	X射线探伤	2021.5	FS21SN1200201
6	袁少飞	男	X射线探伤	2021.11	FS21SN1200572
7	开新林	男	伽马射线探伤	2022.9	FS22BJ1100515
8	苏杭	男	伽马射线探伤	2022.9	FS22BJ1100513
9	王文博	男	伽马射线探伤	2022.9	FS22BJ1100514
10	姚俊仁	男	伽马射线探伤	2023.2	FS23BJ1100190
11	范宇熙	男	伽马射线探伤	2023.2	FS23BJ1100191

## 辐射监测

### 1、监测仪器配置

公司应配备如下监测仪器：

- (1) X- $\gamma$ 剂量率监测仪，用于环境剂量率监测；配备 1 台；
- (2) 为每名探伤作业人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪各 1 台，用于监测个人剂量以及探伤作业过程中剂量率超标报警；探伤作业时工作人员必须佩戴。

### 2、监测计划

#### (1) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案，个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：90 天测读一次个人剂量计，如发现异常可加密监测频率。

#### (2) 现场探伤的分区及检测

- a.使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，通过巡测划出控制区和监督区。
- b.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以接受的。在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家标准和运行单位制定的指导水平。
- c.探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

监测周期：每次现场探伤作业时，巡测划出控制区和监督区，当X射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，划定新的区划界线。

## 辐射事故应急

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）、《西安市辐射事故应急预案》（2021年修订版）的要求，公司需制定《西安国联特检工程技术有限公司辐射事故应急预案》，

主要内容包括：①总则；②可能发生的的辐射事故及危害程度分析；③辐射事故应急组织架构与职责；④辐射事故应急响应措施和报告程序；⑤辐射事故应急联系方式；⑥辐射事故应急处理程序；⑦应急结束；⑧应急保障等内容。满足《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）的要求。

环评要求：西安国联特检工程技术有限公司应结合本项目X射线装置情况，依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性，明确应急领导小组成员联系方式，方便事故发生时应急联系。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。辐射事故应急预案应报所在地环境保护行政主管部门备案。

### “三同时”环保验收一览表

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第682号令，2017年10月1日起实施），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。

建设单位应根据“陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知”（陕环办发〔2018〕29号），对本项目进行标准化建设和竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

本项目“三同时”措施一览表见表12-3。

表12-3 “三同时”环保验收一览表

序号	验收内容	验收方式	效果和环境预期目标
1	探伤设备	定向探伤机 6 台，额定电压≤350kV，电流≤5mA。 周向探伤机 2 台，额定电压≤350kV，电流≤5mA。	探伤机额定电压、额定电流不能增大。
2	环保手续	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。	环保手续齐全
3	现场探伤防护用品	警戒绳、警示灯、声光报警仪等警戒、防护用品	齐全，防止无关人员闯入工作区域。
4	人员要求	参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核成绩合格。辐射工作人员定期复训，并建立培训档案。	辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，考核成绩合格。

西安国联特检工程技术有限公司工业 X 射线现场探伤项目环境影响报告表

5	个人剂量档案及健康档案	为每个辐射操作人员配备个人剂量报警仪，探伤作业时按要求佩戴，建立并保存辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查档案。	确保辐射工作人员安全
6	防护用品	铅防护服 4 套，包括铅服、铅帽、铅眼睛、铅背心、铅板，X、 $\gamma$ 辐射剂量监测仪一台、个人剂量报警仪 8 台、个人剂量章 8 个。	个人年有效剂量：辐射工作人员 5mSv；公众人员 0.25mSv。个人剂量计按规定定期进行剂量检测
7	废胶片、废显（定）影液（粉）、洗片废水	本项目在依托原有危废暂存间设置危险废物暂存区、使用专用容器收集，危废暂存区域进行防渗处理，专用容器外张贴危险废物标签，建立危险废物记录台账，并交有危废处理资质的单位，签订危险废物收集处置协议。	设置危险废物暂存区、签订危险废物处置协议，保证所有危废均规范化管理、安全处置。见附件 2。
8	辐射环境管理	严格辐射环境管理制度，并做好执行记录	确保辐射环境管理制度贯彻落实，保障人员安全
9	培训	新增辐射工作人员均应参加辐射防护与安全培训，接受辐射防护安全知识和法律法规教育，并取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩合格报告单才能上岗；辐射安全管理人员也需要培训合格后上岗	确保辐射工作人员安全意识
10	健全规章制度	制定辐射工作设备操作规程；辐射设备维护、维修制度；辐射防护和安全保卫制度；人员培训制度；辐射人员岗位职责；辐射工作场所监测制度；辐射事故应急预案等规章制度	保障项目污染防治措施正常运行

## 十三、结论与建议

### 结论

#### （一）项目概况

西安国联特检工程技术有限公司成立于 2022 年 10 月 13 日，注册资本 300 万元人民币，公司类型为有限责任公司，是西安国联质量检测技术股份有限公司控股子公司。公司是一家从事劳务服务，计量技术服务,技术服务等业务的公司，经营范围包括技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；工程技术服务；新材料技术推广服务和检验检测服务等。建设单位之前尚未开展过相关 X 射线核技术利用项目，未申领过辐射安全许可证。

为更好的服务于公司经营范围，由于无损检测经营服务的需要，西安国联特检工程技术有限公司拟购置 XXG-2005、XXGH-2505、XXG-3505、XXGH-3005 型号的便携式 X 射线机四台，购置 XXG-2505 型号的便携式 X 射线机四台；共 8 台探伤设备在陕西省范围内开展 X 射线现场探伤工作，主要对压力管道、压力容器和钢板等工件进行现场无损检测工作。项目总投资 52 万元，其中环保投资 10 万元。

#### （二）本项目产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录》（2019 年本）（2021 年修订）相关规定，本项目属鼓励类“十四 机械”中的第 6 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。

#### （三）实践正当性评价

项目使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全。该项目建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及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“实践正当性”的原则与要求。

#### （四）辐射环境质量现状

本项目现场探伤地点主要为陕西省范围内，无固定探伤现场，各探伤现场情况及周边环境存在较大的差异，故本次评价未监测相关场所辐射本底值。根据陕西省生态环境厅发布的《2020 年第三季度陕西省电离辐射环境质量》，2020 年第三季度，陕西省 5 个辐射环境自动监测站的空气吸收剂量率排除降雨（雪）等自然因素的影响，处于本底涨落范围内，监测结果为（76.8~95.7）nGy/h。

### （五）环境影响评价结论

本环评结合公司实际现场探伤情况对控制区与监督区范围进行了理论计算，根据不同探伤机在无屏蔽和 45mm 工件屏蔽状态下，在主射方向上本项目 X 射线探伤机在工作时控制区边界的距离为 33m~775m，监督区边界距离为 82m~1897m；控制区、监督区范围均较大，如因现场作业环境限制，监督区警戒范围不能满足距离防护，从减少影响，降低风险的角度出发，应配置铅板、铅筒等防护设施。在非主射方向控制区边界距离取 18.3m，监督区边界距离为 18.3m~44.7m。

根据核算，现场探伤辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.25mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。少量的臭氧和氮氧化物不会对周围环境产生不利影响，现场探伤时空间开阔，废气很快能够扩散，对探伤工作人员影响较小。

洗片产生的含重金属的废显影液（粉）、定影液（粉）、洗片废水、废胶片属于危险废物，单独收集于专用容器内，由专人保管，建立台帐，并交由具有危废处置资质单位收集处置。

### （六）事故风险与防范

建设单位需按本报告提出的要求补充制定相关安全管理规章制度并完善辐射事故应急预案，项目建成投运后，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

### （七）辐射安全管理的综合能力

建设单位辐射安全管理机构健全，有领导分管，人员落实，责任明确，辐射工作人员配置合理，环保设施总体效能良好，可满足防护实际需要。对公司现有情况而言，建设单位还需对辐射工作人员进行进一步的培训，制定辐射事故应急预案与安全规章制度；确保公司具备辐射安全管理的综合能力。

### （八）项目环保可行性结论

建设单位在采取切实可行的环保措施，落实本报告提出的各项污染防治措施后，本评价认为，本项目从环境保护和辐射安全角度看是可行的。

## 建议和承诺

建议单位认真做好以下几项工作：

1. 西安国联特检工程技术有限公司工业 X 射线现场探伤项目必须在环评审批通过，

公司按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告，验收合格并取得辐射安全许可才能正式投入使用；

2.严格执行设计及本报告提出的各项辐射防护要求；

3.加强辐射工作人员的核与辐射安全知识培训，增强辐射工作人员个人防护意识，制定辐射事故应急预案，加强日常演练，做到有备无患；

4.按照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号）相关规定要求，规范管理与操作，建立健全核技术利用项目各项档案管理，认真开展自查自评工作，发现问题及时整改，竣工验收时同时达到标准化指标要求。

#### 十四、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