

核技术利用建设项目

新建 X 射线野外探伤核技术利用项目

环境影响报告表

(公示本)

四川知旺检测技术有限责任公司(公章)

2021 年 11 月

生态环境部监制



## 目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	8
表 3 非密封放射性物质.....	8
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
表 9 项目工程分析与源项.....	19
表 10 辐射安全与防护.....	25
表 11 环境影响分析.....	33
表 12 辐射安全管理.....	44
表 13 结论与建议.....	49
表 14 审批.....	54

**附图：**

- 1) 附图1 本项目四川知旺检测技术有限公司所在地理位置图；
- 2) 附图2 建设单位办公楼周围环境概况图；
- 3) 附图3 本项目探伤装置存放位置。

**附件：**

- 1) 附件1 委托书；
- 2) 附件2 射线装置使用承诺书；
- 3) 附件3 建设单位营业执照副本；
- 4) 附件4 建设单位租房合同；
- 5) 附件5 建设单位关于签订危险废物收集服务合同的承诺书；
- 6) 附件6 辐射安全与防护考核承诺书；
- 7) 附件7 委托当地有危废协议的检测单位洗片承诺书。

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建 X 射线野外探伤核技术利用项目				
建设单位		四川知旺检测技术有限公司				
法人代表		■	联系人	■	联系电话	■
注册地址		四川省德阳市广汉市小汉镇兴汉路西段 3 号				
建设项目地点		探伤地点为全国各地，不固定；探伤机无任务时储存场所为：四川知旺检测技术有限公司办公楼 1 楼 104 室库房				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)		■	项目环保投资 (万元)	■	投资比例（环保 投资/总投资）	■
项目性质		<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	/				
	<b>项目概述：</b>					
<b>1.建设单位基本情况及任务由来</b>						
四川知旺检测技术有限公司（社会信用代码为■，营业执照见附件3）于2018年07月27日成立，注册地址为四川省德阳市广汉市小汉镇兴汉路西段3号，营业执照经营范围为检验检测服务、技术服务、技术开发、技术咨询等。建设单位租赁四川时安实业有限公司西北侧的一栋建筑作为办公楼，租赁合同见附件4。						
近年来机械制造行业对 X 射线无损检测的需求日益增长，建设单位因发展需要，						

拟开展 X 射线野外探伤项目，对承接的野外天然气等管道以及国内其他委托单位设备组装厂内压力容器进行无损检测。建设单位拟使用 2 台丹东吉时宇仪器有限公司的 X 射线探伤机，型号分别为 XXG-3005D（定向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）、XXG-3005P（周向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）。本项目探伤范围为全国各地，探伤任务主要为对国内的天然气管道以及国内其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。X 射线探伤机无任务时储存在四川知旺检测技术有限公司办公楼 1 楼 104 室库房。

本项目为新建项目，在此之前建设单位从未从事过核技术利用项目，本次为首次开展核技术利用项目。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，本项目应编制环境影响报告表。受四川知旺检测技术有限公司的委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场查勘、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件1，射线装置承诺书见附件2。

## 2、产业政策符合性

本项目属于核技术在无损探伤检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会 2019 年令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第 1 条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

## 3、项目概况

项目名称、性质、建设地点

项目名称：新建X射线野外探伤核技术利用项目

建设单位：四川知旺检测技术有限公司

建设性质：新建

建设地点：探伤地点为全国各地，不固定；探伤机无任务时储存场所为：四川知旺检测技术有限公司办公楼1楼104室库房

本项目地理位置见附图1。

**(1) 项目建设内容与建设规模**

四川知旺检测技术有限公司拟使用 2 台 X 射线探伤机（II类射线装置）来进行野外探伤任务，型号分别为 XXG-3005D（定向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）、XXG-3005P（周向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）。本项目探伤范围为全国各地，根据建设单位提供资料，本项目 2 台 X 射线探伤机主要是对厚度在 50mm 以下的国内天然气管道以及对其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。

建设单位拟将办公楼1楼104室库房作为本项目X射线机存储库房，用于单独存放X射线机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施，库房拟设置防盗门、双人双锁，拟设置视频监控，无探伤任务时X射线机放置在库房中，钥匙由专人保管。拟将办公楼1楼107室作为本项目洗片、评片室，拟将办公楼1楼108室作为本项目危废暂存室。

建设单位拟为本项目配备3名辐射工作人员来实施野外探伤工作（均为新增辐射工作人员）。在探伤过程中，不存在两台探伤机在同一场所同时探伤的情况。为保守估算，单台探伤机每天曝光时长为30min，每年工作250天，年出束时间约为125h。

表 1-1 本项目使用X射线探伤机情况一览表

射线装置名称、型号	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	类别	活动种类	出束类型	年出束时间 (h)	工作方式	厂家	备注
XXG-3005D型X射线探伤机	1	300	5	II类	使用	定向	125	野外探伤	丹东吉时宇仪器有限公司	拟购
XXG-3005P型X射线探伤机	1	300	5	II类	使用	周向	125	野外探伤	丹东吉时宇仪器有限公司	

本项目组成及主要环境问题见表1-2。

表 1-2 本项目组成及主要环境问题一览表

名称	建设内容及规模	建设内容及规模可能产生的环境问题	
		施工期	运营期
主体工程	四川知旺检测技术有限公司拟使用2台X射线探伤机（II类射线装置）来进行野外探伤任务，型号分别为 XXG-3005D（定向机，最大管电压为300 kV，最大管电流为5mA）、XXG-3005P（周向机，最大管电压为300kV，最大管电流为5mA）。本项目探伤范围为全国各地，探	/	X射线、臭氧、氮氧化物

	<p>伤任务主要为对国内的天然气管道以及其他委托单位设备组装厂内的压力容器等进行无损检测。X射线探伤机无任务时储存在四川知旺检测技术有限公司办公楼1楼104室库房。</p> <p>建设单位拟为本项目配备3名辐射工作人员来实施野外探伤（均为新增辐射工作人员）。在探伤过程中，不存在两台探伤机在同一场所同时探伤的情况。为保守估算，单台探伤机每天曝光时长为30min，每年工作250天，年出束时间约为125h。</p>		
辅助工程	建设单位办公楼1楼104室库房（探伤机无探伤任务时储存位置）、107室洗片评片室、108室危废暂存室		废胶片、定影废液、显影废液
公用工程	利用探伤地周围公共设施		
办公及生活设施	室外探伤依托探伤地周围施工区办公及生活设施		生活污水 生活垃圾

### (2) 本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 1-3。

表1-3本项目主要原辅材料及能耗情况

类别	名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
主(辅)料	胶片	10000 张	外购	AgBr 感光药膜
	显影液	60kg/a	外购	米吐尔、无水亚硫酸钠、对苯二酚、硼砂
	定影液	60kg/a	外购	硫代硫酸钠、无水亚硫酸钠、28%冰醋酸、硼酸、钾矾
能源	探伤用电	750kWh	探伤场地电网	—
水量	洗片用水及生活用水	600m <sup>3</sup> /a	探伤场地用水管网、厂内用水管网	H <sub>2</sub> O

### (3) 本项目射线装置主要设备配置及主要技术参数

本项目射线装置主要技术参数见表1-4。

表1-4 X射线探伤机主要设备配置及主要技术参数

射线装置名称及型号	数量	设备主要技术参数		射线管		滤过条件	最大穿透厚A3钢	靶材料	投射类型
		管电压	管电流	焦点尺寸(mm)	辐射角				
XXG-3005D型 X射线探伤机	1台	300kV	5mA	2.5×2.5	40±5°	3mmCu	40mm	钨	定向
XXG-3005P型 X射线探伤机	1台	300kV	5mA	1.0×2.5	25°	3mmCu	50mm	钨	周向



#### **(4) 劳动定员及工作分配**

人员配置：建设单位拟为本项目配备3名辐射工作人员，该3名辐射工作人员在上岗前需建立职业健康档案以及个人剂量检测档案，并需参加辐射安全与防护考核，持证上岗。

工作分配：在探伤作业开启前，1名辐射工作人员调试机器，1名辐射工作人员利用经验及理论估算初步划定监督区、控制区，另一名辐射工作人员根据初步划分的监督区控制区进行清场并布置辐射安全与防护措施。清场完毕，防护措施到位后，进行试曝光，1名辐射工作人员在探伤地点周围利用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正，按照修正的结果重新布置控制区和监督区。探伤作业开启时，2名辐射工作人员负责操作探伤装置完成探伤任务，1名辐射工作人员在控制区、监督区边界利用便携式辐射巡测仪对其不断修正，同时在探伤现场周围巡逻，禁止无关人员靠近监督区。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩戴。

#### **4、项目选址、外环境关系、布局合理性及实践正当性分析**

建设单位注册地址为四川省德阳市广汉市小汉镇兴汉路西段3号。本项目探伤机在没有探伤任务的时候存放在建设单位办公楼1楼104室库房。X射线探伤机存储库房内严禁使用、调试X射线探伤机，库房用于单独存放X射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施。库房拟设置防盗门、双人双锁，钥匙由专人保管，拟设置视频监控，能够满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏的要求。拟建立射线装置使用台账，每次使用记录：领用时间、领用人、探伤地点、归还人、负责人等。

本项目主要对天然气等管道以及其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。天然气管道探伤的工程区域大部分位于室外空旷处，且人流量较少；其他委托单位设备组装厂内的压力容器探伤工程区域大部分位于委托单位厂区内。在探伤作业开展前，辐射工作人员应观察探伤现场情况及周边环境，若探伤场所涉及居民区、科教文卫区等敏感区，可能对公众造成重大影响的，探伤作业前建设单位必须对周围公众进行告知，同时联系公安或政府部门协助清场，并配备防护设备，例如铅屏风，来减小控制区以及监督区的范围。若以上措施仍不能满足野外探伤的相关要求时，则不得使用X射线机进行野外探伤。

当探伤机作业时，将因地制宜地充分利用探伤具体地点地形特征（如墙体、拐角、坑体等有利地形）、周围设施等进行防护，建设单位将通过对外围公众进行告知、张贴公告、拉警戒线、使用铅屏风、调整探伤时间等安全管理措施，按照划定的控制区和监督区进行严格管理，禁止无关人员进出。经过采取相应的屏蔽措施和管理措施后，对周围环境的辐射影响较小。

## **(2) 实践正当性分析**

X射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型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，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用，本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于X射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。

建设单位在开展X射线探伤过程中，将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将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。

## **6.环境影响评价信息公开**

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取生态环境主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公开力度。依据国家生态环境部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》(试行)的规定：建设单位在向环境主管部门提交建设项目环境影响评价报告书、表以前，应依法、主动公开建设项目环境影响评价报告书、表的全本信息；各级环保主管部门在受理建设项目环境影响报告书、表后应将主动公开的环境影响评价政府信息，通过本部门政府网站向社会公开受理情况，征求公众意见。

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)	年最大操作量 (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《电离辐射防护与放射源安全基本标准》(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 (台)	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线探伤机	II类	1	丹东吉时宇仪器有限公司XXG-3005D型	300	5	无损检测	全国范围，不固定	定向机
2	X射线探伤机	II类	1	丹东吉时宇仪器有限公司XXG-3005P型	300	5	无损检测	全国范围，不固定	周向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

## (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 ( $\mu$ A)	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
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	/	少量	/	不暂存	直接进入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧分解半衰期为 20~30 分钟，可自动分解为氧气
废胶片	固态	/	/	约 0.1kg	约 1.2kg	/	暂存	收集贮存后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
废定影液、废显影液	液态	/	/	约 10kg	约 120kg	/	暂存	收集贮存后委托有危险废物经营资质的单位回收处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，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)。

表 6 评价依据

法规 文件	<p>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</p> <p>2) 《《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</p> <p>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</p> <p>4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</p> <p>5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</p> <p>6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部2021年部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</p> <p>7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部部令第16号公布，自2021年1月1日起实施；</p> <p>8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行；</p> <p>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</p> <p>10) 《四川省辐射污染防治条例》，四川省第十二届人民代表大会常务委员会第63号公告，2016年6月1日实施；</p> <p>11) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</p> <p>12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告2019年第57号，2020年1月1日起施行；</p> <p>13) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第16号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>14) 《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全核防护要</p>
----------	--

	<p>求（试行）》（原四川省环境保护厅，川环办发[2016]149号）。</p> <p>15)《国家危险废物名录》（2021年版），中华人民共和国生态环境部2021年部令第15号，自2021年1月1日起施行；</p> <p>16)《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2021年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</p> <p>17)《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行）。</p>
<p><b>技术标准</b></p>	<p>1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>2)《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>4)《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>5)《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；</p> <p>6)《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)；</p> <p>7)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>8)《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>9)《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>10)《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序（第三版）》，2012年3月发布实施。</p> <p>11)《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》川环函【2016】1400号。</p>
<p><b>其他</b></p>	<p><b>参考资料：</b></p> <p>1)《放射事故管理规定》，中华人民共和国卫生部、中华人民共和国公安部令第16号，2001年8月26日发布实施；</p> <p>2)《辐射防护手册》，第三分册，李德平、潘自强主编；</p> <p>3)《辐射防护导论》，方杰主编。</p>

表 7 保护目标与评价标准

## 评价范围

本项目使用的射线装置为工业用X射线探伤机，属II类射线装置。根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的有关规定，结合本项目特点和实际，本项目评价范围重点关注以X射线探伤机为中心周围150m的区域内。

## 保护目标

本项目野外探伤范围为全国各地，随承接任务地点不同而不同，探伤地点不固定。野外探伤时将按本次评价要求划定控制区和监督区，该两区内无固定建筑、流动车辆等，控制区外监督区内的探伤机操作及管理的辐射工作人员、监督区外评价范围以内的周围公众均划定为保护目标，其中在探伤作业时控制区无任何人员居留。

具体环境保护目标见表7-1。

表7-1 本项目环境保护目标情况一览表

保护目标	相对探伤装置方位	与探伤装置的距离（m）	人数（人）	年剂量约束（mSv）
辐射工作人员	非主射方向	控制区外，监督区内	3	5.0
周围公众	不定	监督区外，评价范围内	不定	0.1

## 评价标准

## 一、电离辐射剂量限值和剂量约束值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的标准限值。

表7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

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

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。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

## 二、《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

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。

3.13 对于移动式X射线装置，控制器与X射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于20m。

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。

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

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

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

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

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

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，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，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

### 6.3 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与监督区。

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

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

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

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

## 三、《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（四川省环境保护厅，川环办发[2016]149号）

2.1.1 野外（室外）作业的单位应持有《辐射安全许可证》，且许可的种类和范围内应包括开展野外（室外）作业活动。

2.1.2 野外（室外）作业的操作人员应参加辐射安全培训并取得省级以上的培训合格证书，且证书在有效期内。

2.1.3 野外（室外）作业活动单位至少有1名专职人员（对于只涉及使用III类射线装置、IV或V类放射源的可为兼职）负责辐射安全管理工作。

### 3.1 野外（室外）探伤作业活动

3.1.1 探伤作业时至少有2名操作人员在场，每名操作人员配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计及相应辐射防护用品。每个作业场所应配备一台辐射环境剂量率监测仪器。

探伤作业时应配备现场安全员（可以为现场的两名操作人员之一），具备对现场辐射安全负责的权限，主要负责场所区域的划分与控制、场所限制区域的人员管理、场所辐射剂量水平监测等安全相关工作，并承担探伤装置的领取、归还以及确认探伤源是否返回装置等工作，发现安全问题应立即停止探伤作业。

3.1.2 每次探伤作业前，操作人员应严格检查探伤装置的安全性能，并复核。严

禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、输源管、控制缆、源辨位置指示器等存在安全隐患或故障的探伤装置。

至少每3个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

3.1.3 探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。

控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，未经许可人员不得入内。

监督区位于控制区外，监督区边界外空气比释动能率应低于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌。公众不得进入该区域。

3.1.4 探伤作业时（应急探伤作业除外），应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、公司法人、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。

安全信息公示牌面积应不小于2平方米，公示信息应采取喷绘（印刷）的方式进行制作。安全信息公示牌应适应野外作业需要（具备防水、防风等抵御外界影响的能力），确保信息的清晰辨识。公示信息如发生变化应重新制作安全信息公示牌，禁止对安全信息公示牌进行涂改、污损。

3.1.6 建立射线装置台账，每天检查核实，做到账物相符。射线装置的领取、使用和归还应有2人在场，当事人要签字确认。

四、根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（四川省环境保护厅，川环办发[2016]149号）、《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）评价标准对四川知旺检测技术有限责任公司新建X射线野外探伤核技术利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 $15\mu\text{Sv/h}$ ；

监督区位于控制区外，监督区边界外周围剂量当量率应低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

●**辐射剂量控制水平：**职业人员年有效剂量不超过5mSv；

职业人员单季度剂量约束值为1.25mSv；

公众年有效剂量不超过0.1mSv。

**五、本项目应执行的环境保护标准如下：**

**1、环境质量标准**

(1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准；

(2) 地表水：执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中相关标准要求；

(3) 声环境：执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中相关标准要求。

**2、污染物排放标准**

(1) 废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中相关标准要求；

(2) 废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相关标准

要求；

(3) 噪声执行的标准根据检测地点所处的声功能区所执行的相应标准中相关标准要求。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

本项目为工业X射线野外探伤项目，使用II类射线装置，在运营期对环境空气、水环境和声环境质量影响较小，主要影响为对周围的电离辐射影响。因本项目工程区域不确定，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。

表 9 项目工程分析与源项

### 工程设备和工艺分析

#### 一、工程设备

建设单位拟使用型号为XXG-3005D（定向机，最大管电压为300kV，最大管电流为5mA）、XXG-3005P（周向机，最大管电压为300kV，最大管电流为5mA）的X射线探伤机，用于野外探伤。本项目探伤机均由X射线发生器、控制器、连接电缆组成，根据建设单位提供资料，本项目连接电缆长度为40m。



图9-1 本项目X射线探伤机外观图

#### 二、工艺分析

##### （一）、施工期工艺分析

本项目为野外探伤，探伤作业完成后，探伤机送回建设单位办公楼1楼104室库房内存放，同时野外探伤不存在土建工程，因此本项目不存在施工期环境影响。

##### （一）运营期工作流程及产污环节分析

本项目拟使用 2 台探伤机实施野外探伤作业。在运营过程中，主要环境影响因素为探伤机探伤时产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物以及探伤结束后评片过程中产生的废显影液、废定影液和废胶片。

##### 1.X射线探伤装置工作原理

X射线探伤机的核心部件是X射线管。X射线管由阳极、阴极、灯丝、钨靶、铜体、发射罩等组成，X射线管结构示意图见图9-2。X射线管一端是作为电子源的阴极，

另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线，对于便携式X射线探伤机，当X射线照射工件时，胶片放在工件的底面，由于有缺陷的材料与没缺陷的材料吸收射线不同，所以工件的缺陷显影在底片上，借助于缺陷的图像可以判断工件缺陷的性质、大小、形状和部位，达到检测目的。常见X射线探伤机照射工件示意图见图9-3。

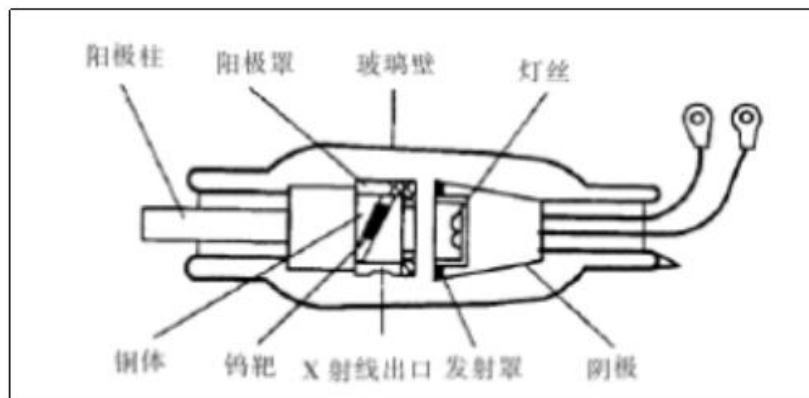


图9-2 X射线管结构示意图

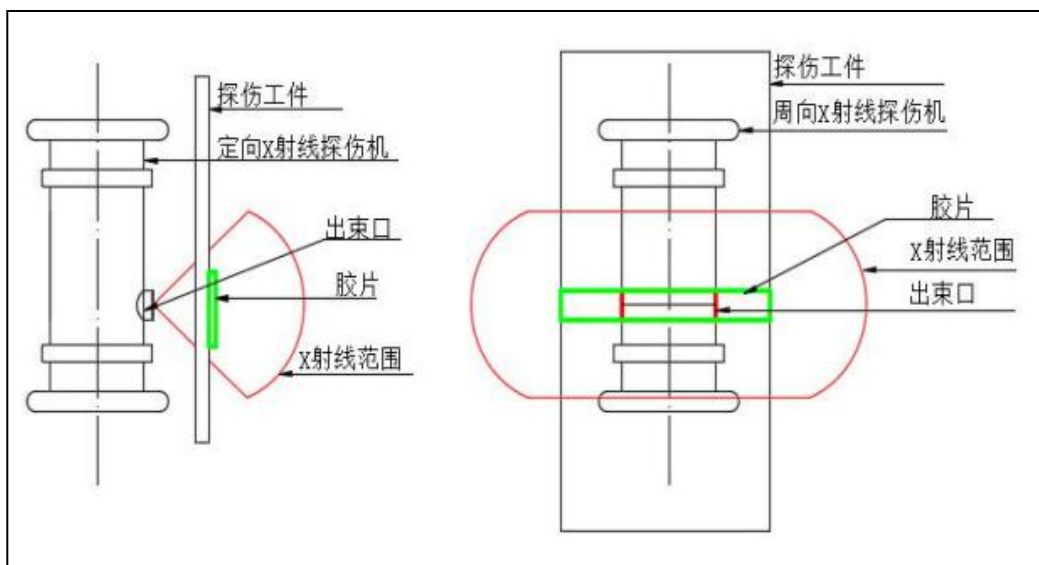


图 9-3 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

## 2.X射线机的探伤工件情况及探伤时间

在正常探伤工况下，为了防止X射线管烧毁并延长其寿命，运行时的管电压和管电流通常会有较大裕量，一般低于最高管电压和管电流。同时根据不同的工件厚度，操作人员会设置不同的管电压以及管电流。工件厚度较小，设置的管电压管电流也随之较小；若探伤机开到最高管电压，则工件厚度至少到达30mm。

本项目探伤范围为全国各地，根据建设单位提供资料，本项目2台X射线探伤机主要是对厚度在50mm以下的国内天然气管道以及对其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。在探伤过程中，不存在两台探伤机在同一场所同时探伤的情况。为保守估算，单台探伤机每天曝光时长为30min，每年工作250天，年出束时间约为125h。

### 3.工作方式

射线检测方法是利用射线穿透物体时，会发生吸收和散射的特性，通过测量材料中因缺陷存在而影响射线的吸收来探测缺陷，以胶片作为记录信息器材的无损检测方法。把被检物体放在离射线装置500mm-1000mm的位置处，把胶片紧贴在被检工件背后，用X射线对工件照射后，透过工件的射线使胶片感光，同时工件内部的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、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工件有无缺陷以及缺陷的种类。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

### 4.野外探伤操作流程

#### 4.1 人员配置

建设单位拟为本项目配备3名辐射工作人员来实施野外探伤工作。在探伤作业开启前，1名辐射工作人员调试机器，1名辐射工作人员利用经验及理论估算初步划定监督区、控制区，另一名辐射工作人员根据初步划分的监督区控制区进行清场并布置辐射安全与防护措施。清场完毕，防护措施到位后，进行试曝光，1名辐射工作人员在探伤地点周围利用便携式辐射巡测仪对控制区、监督区进行修正，按照修正的结果重新布置控制区和监督区。探伤作业开启时，2名辐射工作人员负责操作探伤装置完成探伤任务，1名辐射工作人员在控制区、监督区边界利用便携式辐射巡测仪对其不断修正，同时在探伤现场周围巡逻，禁止无关人员靠近监督区。

在开展探伤作业前，建设单位拟布置好铅屏风，操作人员位于非主射方向上监督区内进行操作。本项目探伤机设有延时功能，最长时长为5分钟，辐射工作人员准备工作完成后，清场及防护措施到位后，按下延时开关，并迅速撤离至安全位置。本项目探伤机电缆长40m，工作人员操作位距探伤机最大为32m，能够满足相关要求。本项目所有辐射工作人员在开展探伤任务时，需将个人剂量计、个人剂量报警仪规范佩



戴。

## 4.2 主要的操作流程为

(1) 接受甲方工作任务单。现场探伤工作之前，工作人员对工作环境进行评估，与委托单位协商适当的地点和探伤时间（尽量选择在深夜无人时进行探伤作业）。

(2) 发布X射线探伤通知，委托单位开具探伤作业票，建设单位制定现场探伤作业方案，该作业方案应包括以下几点：

①探伤工况、作业时间、作业地点、控制区范围、监督区范围、监测方案、清场方式等；

②明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工；

③对探伤人员的要求，包括：检测作业人员、评定审核人员资格、检测防护培训要求；

④检测准备，包括：技术、工艺、检测设备和材料等；

⑤检测实施，包括：工作要点、安全防护、工艺参数设置、操作流程；

⑥图像评定，包括：评定条件及要求；

⑦检测记录及报告要求；

⑧质量检查的要求、方法等；

⑨职业健康安全和环境管理等内容。

(3) 设备出库：根据设备出入库管理制度，库房管理人员依据工作人员提供任务单进行设备使用台账登记，再领取设备。

(4) 运输：公司车辆将设备运送至探伤作业场所，至少1名操作人员随车押运。

(5) 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，主要包括以下几个方面：

①在现场探伤作业前必须进行清场，采用预先公示，开始前广播，划定监督区、控制区后安排专人检查相结合的清场方式，做到监督区范围内无公众，控制区内无任何人员。设置警戒线（离地0.8m-1.0m左右）、“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警告标识。

②根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全与防护要求》的规定，建设单位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、资质证书和生态环境部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。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。

③固定探伤机，使用定向机进行探伤时，定向机位于管道或工件外，定向照射焊缝位置；使用周向机进行探伤时，定向机位于工件内，对焊缝位置进行周向照射。若管道或工件探伤位置较高，则使用升降台梯将探伤机进行垫高，同时使用捆绑器固定探伤机，防止掉落。

④辐射工作人员连接好X射线探伤机控制部件，对被探伤工件贴置胶片，将贴好胶片的工件固定位置。同时在主射方向上布置好铅屏风，准备就绪后，现场工作人员进行撤离。

⑤应根据探伤规范要求，预测曝光时间、焦距、确定焦点位置，根据经验依据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ/117-2015）有关规定初步划定控制区和监督区边界，并在相应边界设置警告标识以及其他辐射防护措施。

⑥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人员误入作业区。探伤机工作时须配备2名操作人员同时在场，每名操作人员各配备1枚个人剂量计和1台个人剂量报警仪。

6) 探伤人员确认探伤机状态后开始延时曝光检测时通知控制区边界外人员点亮预备灯、开启声音提示装置，操作人员设置电压和曝光时间、调整焦距、启动延时曝光按钮，探伤人员退至控制区外，在非主射方向上的监督区内进行曝光，距X射线距离约 $32\text{m}$ （本项目探伤机电缆线长 $40\text{m}$ ）。

7) 达到预定照射时间和曝光量后，关闭探伤机，探伤人员携带个人剂量计、带报警功能的直读剂量计和巡测仪进入控制区，收回X射线探伤机。曝光结束，取下胶片，收集暂存。后续进行洗片、读片，判断工件焊接质量、缺陷等工作。

8) 探伤作业结束后，清理现场，撤除警戒，采用公司车辆将设备运送回公司库房内存放，至少1名操作人员随车押运。

9) 设备入库并进行台帐登记。

建设单位移动探伤作业流程具体见图9-4。

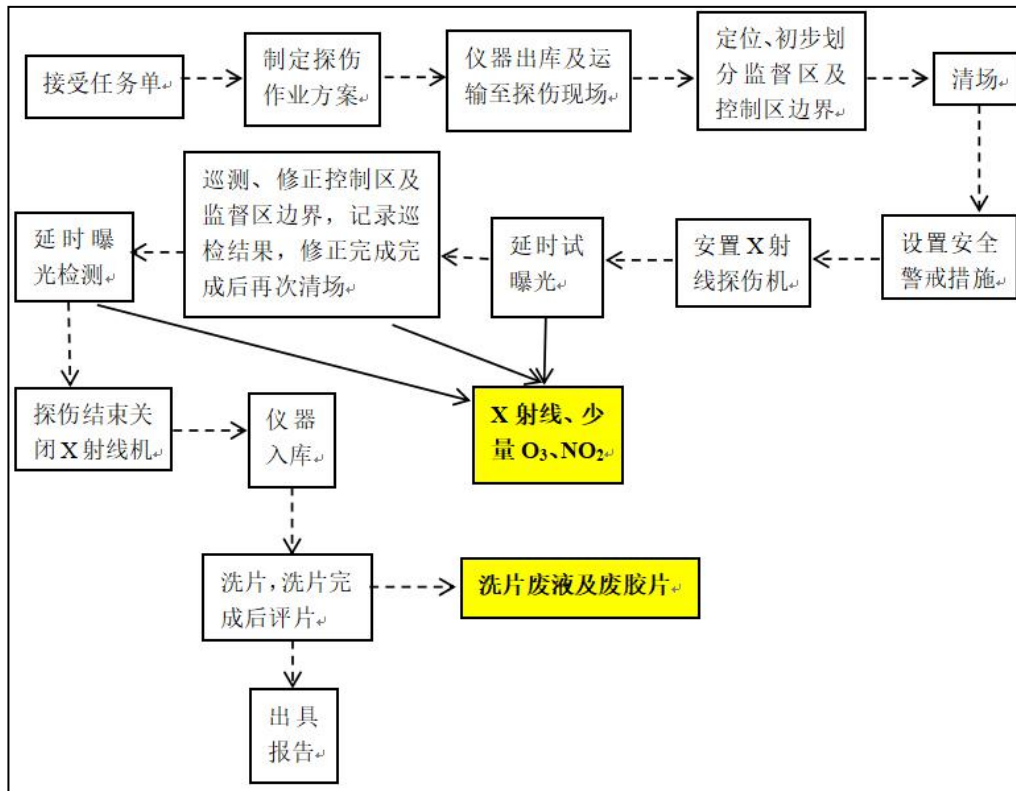


图9-4 本项目X射线探伤装置工作程序及产污环节示意图

### 4.3 本项目铅屏风布置示例

由于本项目为野外探伤项目，为安全考虑，同时缩小控制区以及监督区的范围，建设单位拟为本项目配置铅屏风。根据现场情况及可操作性，本项目铅屏风主要布置在探伤机的主射方向，设置2mm铅当量的铅屏风。考虑到周向机的影响较大，其非主射方向也需考虑铅屏风的布置，配置2扇0.5mm铅当量的铅屏风。铅屏风面积应不低于2.00m<sup>2</sup>。

本项目探伤工作时铅屏风布置示意图如图9-5所示。

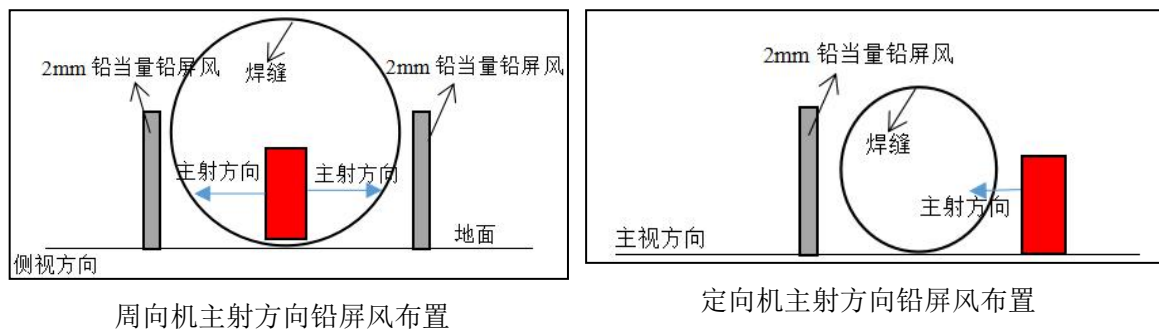


图9-5 本项目探伤工作时主射方向铅屏风布置示意图

本项目辐射工作人员操作位位于非主射方向监督区内，距探伤机距离最远为32m（本项目探伤机电缆线长40m，能够满足要求），但出于对辐射工作人员的安全考虑，建设单位拟在定向机操作位方向配备1扇0.5mm铅当量的铅屏风。

## 污染源项描述

### 一、辐射污染源分析

由 X 射线探伤装置工作原理可知，装置只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，故 X 射线探伤装置在开机期间，X 射线是本项目的主要污染物。本项目拟使用的 X 射线装置最大管电压为 300kV，最大管电流 5mA。不开机的状态下不产生辐射。

### 二、非辐射污染源分析

1、废气：X 射线探伤装置在曝光过程中会产生有害气体臭氧、氮氧化物。

2、废水：本项目不产生放射性废水，会产生项目的洗片废水以及少量辐射工作人员的生活污水。

3、固体废物：本项目不产生放射性固体废物，会产生辐射工作人员的少量生活垃圾。

4、危险废物：本项目运营时会产生显影、定影废液及废胶片，显影、定影废液及废胶片（含重金属）属于《国家危险废物名录》中危险废物，废物类别为 HW16 感光材料废物，废物代码为 900-019-16。每月预计产生显影、定影废液 16.7kg，废胶片 0.1kg。

5、噪声：本项目探伤机在运行时噪声较小，对周围环境没有影响。

表 10 辐射安全与防护

<p><b>项目安全措施</b></p> <p><b>1. 工作场所布局及分区</b></p> <p><b>1.1 工作场所布置</b></p> <p>建设单位拟将办公楼1楼104室库房作为本项目X射线机存储库房，用于单独存放X射线机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施，库房拟设置防盗门、双人双锁，拟设置视频监控，无探伤任务时X射线机放置在库房中，钥匙由专人保管。拟将办公楼1楼107室作为本项目洗片、评片室，拟将办公楼1楼108室作为本项目危废暂存室。</p> <p>本项目野外探伤平面布置主要根据施工工地外环境以及其他委托单位厂区进行布置，主要选择在非人员长期居留区域。现场进行探伤时将划定控制区和监督区，其中控制区仅放置探伤机和被探伤工件，无任何人员居留，辐射工作人员在监督区探伤机非主射方向居留操作。野外探伤场地通过采取距离控制、铅屏风屏蔽以及其他管控措施后对周围辐射环境影响较小，其平面布置不与施工场地布局相冲突，平面布置合理。</p> <p><b>1.2 工作场所分区</b></p> <p>本项目为使用 2 台II类射线装置——X 射线探伤机进行野外探伤作业。为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，建设单位应按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。</p> <p>根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对控制区和监督区的定义，<b>控制区</b>：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。<b>监督区</b>：将未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。</p> <p>根据《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（四川省环境保护厅，川环办发[2016]149 号）：探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。控制区边界上设置明显的警戒线，应有清晰可见的电离辐射警告标志和“禁止进入射线探伤区”的标牌。探伤期间专人在边界巡逻、看守，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。监督区位于控制区外，监督区</p>
--

边界处应有电离辐射警告标志牌和“无关人员禁止入内”的标牌。公众不得进入该区域。对于一些特殊场所，如探伤作业点在地面一定高度时，应在确保安全的原则下，因地制宜的划定控制区和监督区，并设置警戒线，应切实做好清场工作。建设方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。

本项目控制区和监督区划分与管理见表 10-1（计算过程见表 11）。

表 10-1 野外探伤“两区”划分与管理

装置型号	控制区		监督区	
	主射方向	非主射方向	主射方向	非主射方向
XXG-3005 D 型定向 X 射线探伤机	距离探伤机 0m-43m 范围区域内	距离探伤机 0m-32m 范围区域内	距离探伤机 43m-105m 范围区域内	距离探伤机 32m-77m 范围区域
XXG-3505P 型周向 X 射线探伤机	距离探伤机 0m-43m 范围区域内	距离探伤机 0m-32m 范围区域内	距离探伤机 43m-105m 范围区域内	距离探伤机 32m-78m 范围区域
管理措施	对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线区”警示标识。		监督区为工作人员操作设备时的工作场所，该区设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，限制公众进入该区域，边界处设置电离辐射警告标志牌，边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人巡视。	
备注	可根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定，现场监测剂量率在 15 $\mu$ Sv/h 以上的范围。		可根据野外探伤的地形、建筑物实际情况确定，现场监测剂量率在 2.5 $\mu$ Sv/h~15 $\mu$ Sv/h 之间的范围。	

注：主射方向均设置2mm铅当量铅屏风；周向机考虑其影响较大，因此在非主束方向采取0.5mm铅当量的铅屏风；本项目定向机的非主射方向无铅屏风设置。

根据表10-1，在有铅屏风的措施下，本项目不同型号探伤机的两区划分示意图见图10-1、图10-2。

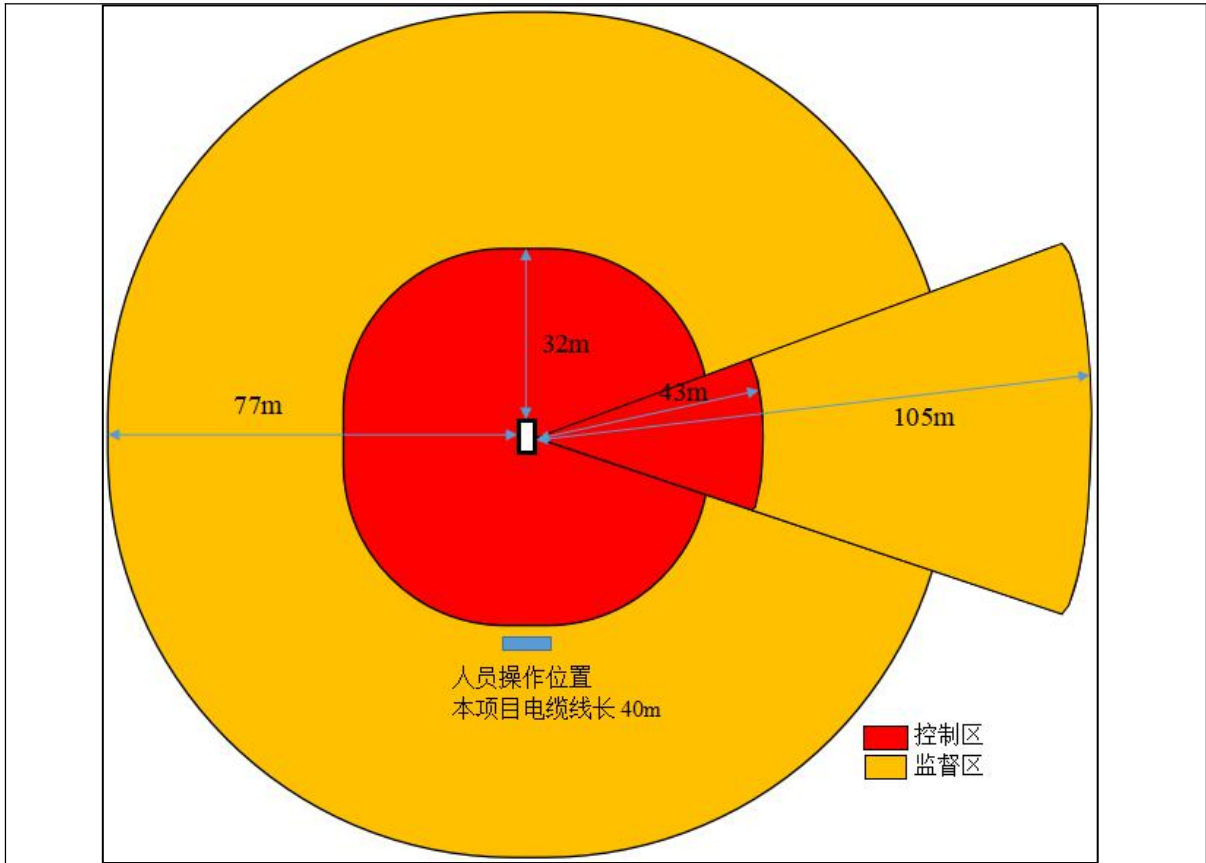


图 10-1 本项目 XXG-3005D 型定向 X 射线探伤机控制区监督区划分示意图

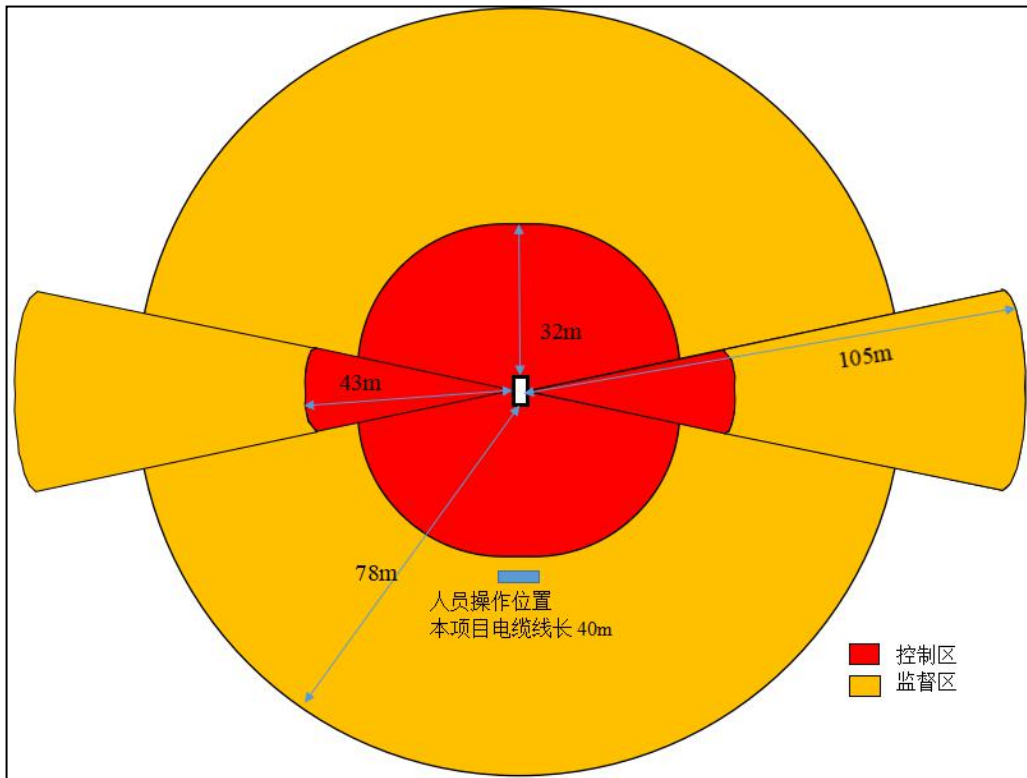


图10-2 本项目XXG-3005P型周向X射线探伤机控制区监督区划分示意图

## 2.工作场所污染防治措施

### (1) X 射线探伤机存放安全防护措施

无探伤任务时本项目X射线探伤机放置于建设单位办公楼1楼的库房内，库房内严禁使用、调试X射线探伤机，库房用于单独存放X射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施。库房拟设置防盗门、双人双锁，钥匙由专人保管，拟设置视频监控，能够满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏的要求。

### (2) X 射线探伤机固有安全防护措施

①延时启动功能：本项目探伤机均设置有延时按钮，延时时长最长为5min，能延时启动曝光系统。辐射工作人员有足够的时间可快速离开，以减轻X射线的吸收剂量，防止X射线损害身体健康，尽可能降低操作人员的受照剂量。

②当X射线发生器接通高压产生X射线后，系统将始终实时监测X射线发生器的各种参数，当发生异常情况时，控制器自动切断X射线发生器的高压。在曝光阶段出现任何故障，控制器都将立即切断 X 射线发生器的高压，蜂鸣器会持续报警，提醒操作人员发生了故障。

③当曝光阶段正常结束后，系统将自动切断高压，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

④探伤机自带有辐射警告标志，提醒辐射工作人员预防危险，从而避免事故发生。

⑤探伤机控制箱上自带急停按钮，当探伤机异常出束时或遇到突发状况时，可按下该急停按钮停止探伤机出束。

### (3) 现场探伤时安全防护措施

#### ① 现场探伤工作之前：

A：工作人员对工作环境进行评估，与委托单位协商适当的地点和探伤时间（尽量选择无人时进行探伤作业），采取各种措施确保辐射剂量率达到监督区边界辐射剂量率水平，若探伤现场周围敏感点较多，或采取措施后仍不能满足移动探伤的相关要求，则禁止开展X射线移动探伤，改为其它方式探伤；

B：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，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于2m<sup>2</sup>，公告信息采取喷绘（印刷）的方式制作，



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。

② 探伤过程中严格执行移动X射线探伤操作规程及移动X射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

③ 探伤过程中严格按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求划定控制区和监督区，并在控制区边界设置“禁止进入X射线区”警告牌、提示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置；在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标志，必要时设专人警戒。在清理完现场确保场内无其他人员后，开机探伤。

④ 控制区的范围清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区，如控制区太大或某些地方不能看到，安排足够的人员进行巡查。

⑤ 在试曝光（或第一次曝光）期间，测量控制区边界以及监督区边界的剂量率以证实边界设置正确，在探伤作业工作期间，巡测人员需不断对边界的剂量率进行测量，必要时调整控制区和监督区的范围和边界，同时记录巡检结果。

⑥ 在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语等提示信息。

⑦ 警示信号指示装置与X射线探伤机联锁。

⑧ 现场拟配备一台便携式剂量仪。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。

⑨ 探伤作业时，确保开展现场探伤工作的每台X射线装置至少有2名操作人员，指定1人为探伤负责人，每名操作人员均应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪，并保证直读剂量计和个人剂量报警仪一直处于开机状态。

⑩ 探伤作业人员在控制区边界外操作，每次应对工作现场情况进行记录。

⑪ 当X射线探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，并记录巡测结果，确定新的划区界线。

⑫ 建立射线装置使用台账，使用X射线探伤机进行台帐登记。

⑬ 本项目在探伤现场仅开启一台X射线探伤机进行探伤。

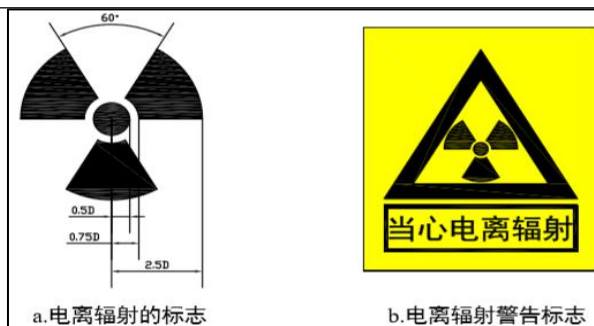


图10-4 电离辐射警告标志



图 10-5 本项目拟采取部分辐射防护用品示例

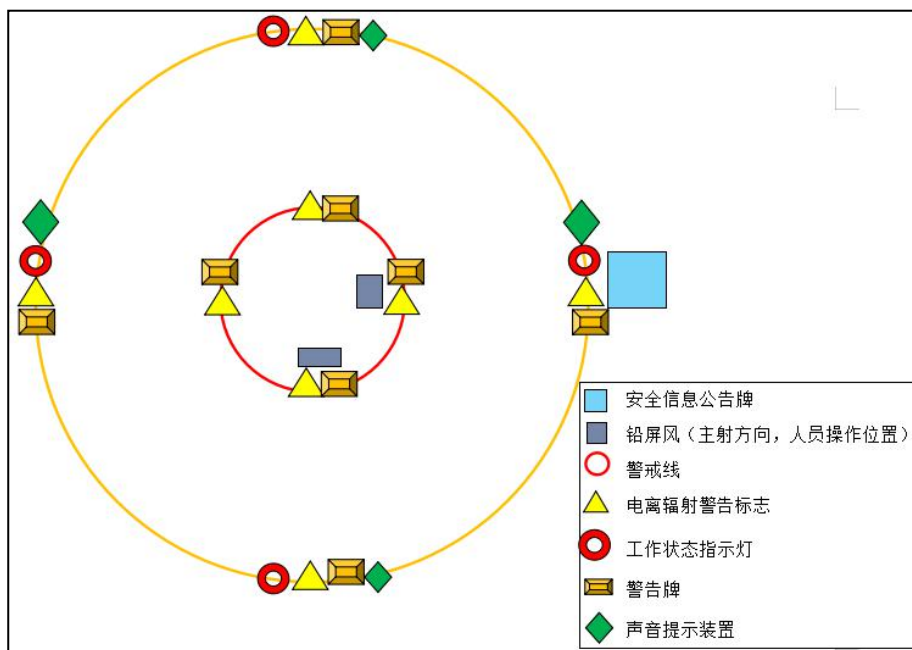


图 10-6 本项目辐射安全设施布置示意图

#### 4、环保投资

为了保证本项目安全持续开展，根据相关要求，建设单位需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-2。本项目总投资 [REDACTED] 环保投资 [REDACTED]，占总投资的 [REDACTED] 今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合建设单位实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。公司应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

表10-2 辐射安全与环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量	投资金额（万元）	
新建 X 射线野外探伤项目	安全装置	工作状态指示灯	拟配备 4 个	[REDACTED]
		电离辐射警告标志、警告牌	若干	
		警戒线	若干	
		急停按钮	设备自带	
		声音提示装置	拟配备 4 个	
		安全信息公告牌	拟配置 1 个	
		个人剂量报警仪	拟购置 3 个	
		个人剂量计	拟为 3 人配备	
		铅屏风	拟配置 2 扇 2mm 铅当量及 2 扇 0.5mm 铅当量的铅屏风	
		铅衣	拟购置 3 套	
		喊话器	拟配置 1 个	
	对讲机	拟配置 3 个		
	辐射监测	射线装置年度监测	/	
		便携式辐射剂量监测仪	本项目拟配置 1 台	
其他	灭火器材	1 套		
合计				

#### 三废治理

##### 一、废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目作业地一般位于空旷地带且人流量较小。臭氧在常温常压的空气中稳定性较差，其分解半衰期为 20~30 分钟，可自动分解为氧气，因此对周围环境产生的影响较小。

##### 二、废水

本项目在探伤作业时不产生任何放射性废水，会产生项目相关的洗片废水以及少量辐射工作人员的生活污水。洗片废水由建设单位租赁办公楼的厂区内工业污水处理站预处理达标后通过工业污水管网进入小汉镇污水处理厂进一步处理，若委托第三方进行洗片工作，则洗片废水由第三方委托单位工业污水处理站进行预处理后进入当地污水处理厂进行处理。辐射工作人员的生活污水依托作业场地周围环保措施进行处理。

### 三、固体废物

本项目在探伤作业时不产生任何放射性固体废物，辐射工作人员在作业地产生的生活垃圾依托当地周围的环保措施进行处理。

### 四、危险废物

洗片过程中会产生产生显影、定影废液，每月预计产生显影、定影废液及洗片废液共计10kg；评片中会产生废胶片，每月预计产生废胶片0.1kg。

本项目探伤地点为全国各地，范围不固定，因此考虑该项目的特殊性，建设单位拟根据探伤地点距公司的距离分2种不同的洗片方式。

#### （1）离建设单位较近的探伤地点

针对离建设单位较近的探伤地点，建设单位拟在1天探伤工作结束后，将胶片由专人送回建设单位的办公楼1楼的暗室、评片室内进行洗片及评片工作。产生的定影显影废液由建设单位分类收集后暂存在办公楼1楼的危废暂存间内，建设单位承诺在项目开展前与有资质的单位签订显影、定影废液及废胶片处置协议（承诺书见附件5），将由该单位进行处置。

#### （2）离建设单位较远的探伤地点

针对离建设单位较远的探伤地点，建设单位拟与当地签订有危废协议的第三方检测单位签订委托洗片合同（承诺书见附件7），利用第三方公司内的暗室由第三方公司的辐射工作人员完成洗片工作，产生的定影显影废液由第三方公司进行分类收集，暂存在其危废暂存间内，并依照相关法律法规进行处置。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目为野外探伤，探伤作业完成后，探伤机送回建设单位办公楼 1 楼 104 室库房内存放，同时野外探伤不存在土建工程，因此本项目不存在施工期环境影响。

**运行阶段对环境的影响**

建设单位拟使用 2 台 X 射线探伤机进行野外探伤，本项目探伤范围为全国各地，根据建设单位提供资料，本项目 2 台 X 射线探伤机主要是对厚度在 50mm 以下的国内天然气管道以及对其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。本项目运营期的主要环境影响因素为：X 射线探伤机工作时产生的 X 射线、臭氧、氮氧化物。

**一、辐射环境影响分析****（一）本项目两区划分计算****1. 计算条件****（1）工件自身屏蔽效果**

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以及管电流。工件厚度较小，设置的管电压管电流也随之较小；若探伤机开到最高管电压，则工件厚度至少到达 30mm。因此本项目保守按照最大管电压 300kV，最大管电流 5mA 进行理论预测，同时考虑 30mm 工件厚度的屏蔽作用。根据 ICRP33 号报告第 53 页表 5 中低能 X 射线中各种材料的铅当量可知，300kV 下 30mm 钢板对应铅当量为 3.3mm。

**（2）距辐射源点（靶点）1m 处输出量：**

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 可知 X 射线距辐射源点（靶点）1m 处输出量，本项目探伤机的滤过条件均为 3mmCu，查得其输出量为  $11.3\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

**（3）透射因子**

建设单位在进行野外探伤作业时，需在设置不同规格铅当量的铅屏风进行遮挡，保障人员的安全。其透射因子取值来源于《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》

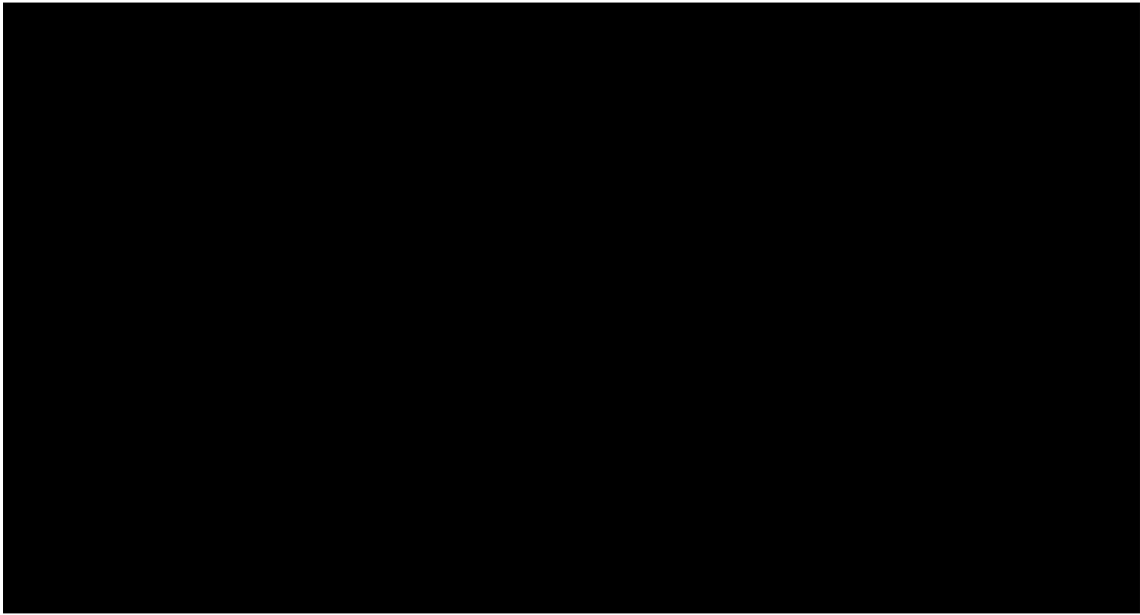
（GBZ/T250-2014）中附录 B 图 B.1，透射因子一览表详见表 11-1。

表11-1 不同型号下透射因子一览表

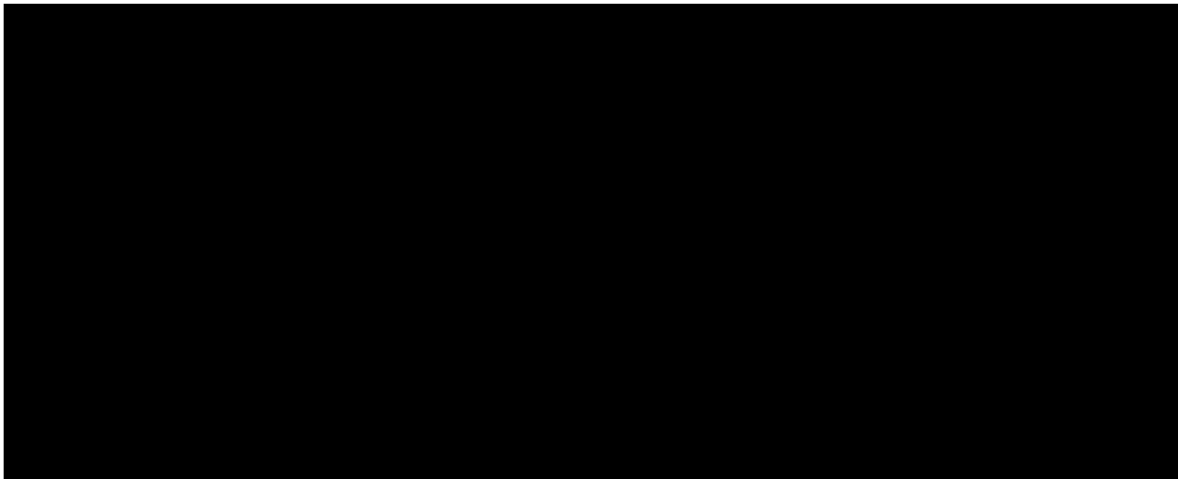
探伤机型号	XXG-3005P型周向机			XXG-3005D型定向机
射线类型	主射线	泄漏射线	散射线	主射方向
屏蔽材料	2mm铅屏风+3.3mm铅当量钢板	0.5mm铅屏风	0.5mm铅屏风	2mm铅屏风+3.3mm铅当量钢板
透射因子	8.00E-03	0.4	0.2	8.0E-03

**2.计算公式**

**1) 主射线方向剂量率估算:**



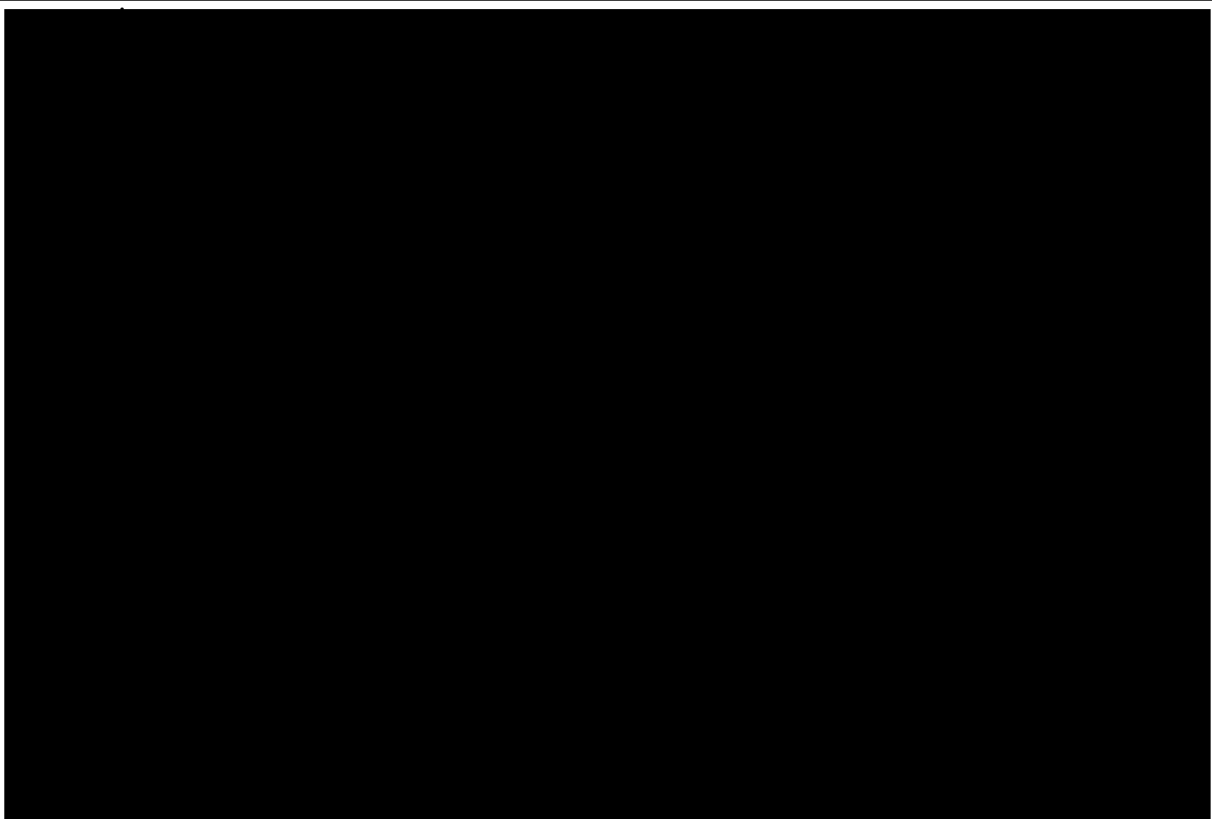
**2) 泄漏方向剂量率估算:**



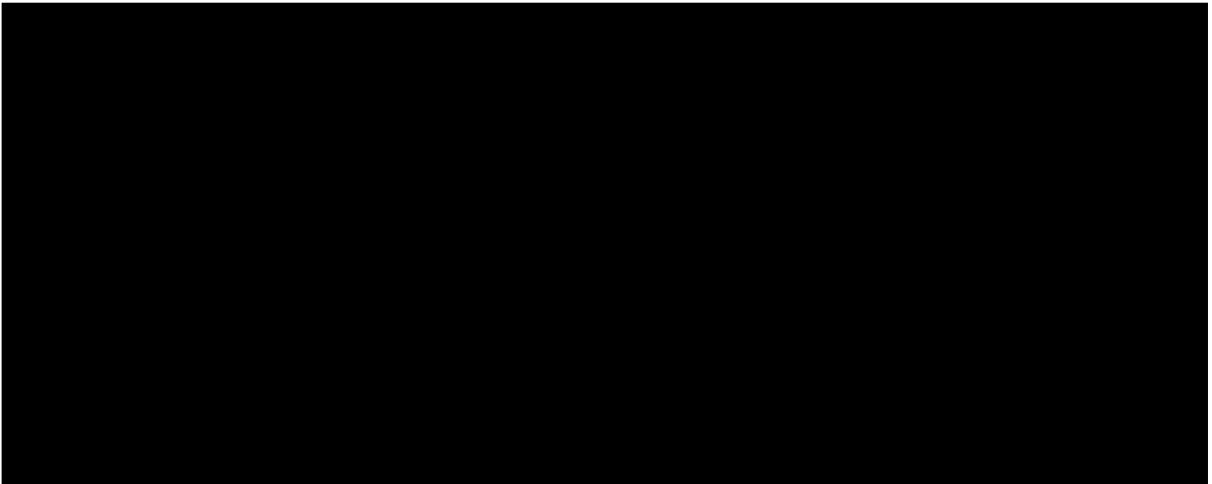
**3) 散射方向剂量率估算:**



.....公式 3



**4) 保护目标受照剂量水平估算:**



**3.计算结果**

**(1) 主射线方向控制区和监督区的划定计算结果**

在开展野外探伤时，操作人员居留于非主射方向，在探伤机主射方向设置 2mm 铅当量的铅屏风进行遮挡，主射方向主要受主射线影响，选用公式 1 进行计算；根据公式 2、公式 3 来分析本项目探伤机在非主射方向上不同距离处的辐射剂量率，考虑周向机

影响较大，因此在非主束方向采取 0.5mm 铅当量的铅屏风，定向机则不采用。计算结果见下表。

表 11-2 本项目探伤机在不同距离处的剂量率一览表 ( $\mu\text{Sv/h}$ )

距射线靶距离 (m)	XXG-3005D 型定向 X 射线探伤机				XXG-3005P 型周向 X 射线探伤机			
	主射方向 (2mm 铅当量铅屏风)	非主射方向			主射方向 (2mm 铅当量铅屏风)	非主射方向 (0.5mm 铅当量铅屏风)		
		泄漏射线	散射射线	叠加影响		泄漏射线	散射射线	叠加影响
5	1.08E+03	2.00E+02	3.80E+02	5.80E+02	1.08E+03	8.00E+01	5.29E+02	6.09E+02
15	1.21E+02	2.22E+01	4.22E+01	6.44E+01	1.21E+02	8.89E+00	5.87E+01	6.76E+01
25	4.34E+01	8.00E+00	1.52E+01	2.32E+01	4.34E+01	3.20E+00	2.11E+01	2.43E+01
31	2.82E+01	5.20E+00	9.88E+00	1.51E+01	2.82E+01	2.08E+00	1.37E+01	1.58E+01
32	2.65E+01	4.88E+00	9.27E+00	1.42E+01 控制区	2.65E+01	1.95E+00	1.29E+01	1.49E+01 控制区
40	1.70E+01	3.13E+00	5.93E+00	9.06E+00	1.70E+01	1.25E+00	8.26E+00	9.51E+00
42	1.54E+01	2.83E+00	5.38E+00	8.22E+00	1.54E+01	1.13E+00	7.49E+00	8.62E+00
43	1.47E+01 控制区	2.70E+00	5.13E+00	7.84E+00	1.47E+01 控制区	1.08E+00	7.15E+00	8.23E+00
50	1.08E+01	2.00E+00	3.80E+00	5.80E+00	1.08E+01	8.00E-01	5.29E+00	6.09E+00
65	6.42E+00	1.18E+00	2.25E+00	3.43E+00	6.42E+00	4.73E-01	3.13E+00	3.60E+00
76	4.70E+00	8.66E-01	1.64E+00	2.51E+00	4.70E+00	3.46E-01	2.29E+00	2.63E+00
77	4.57E+00	8.43E-01	1.60E+00	2.44E+00 监督区	4.57E+00	3.37E-01	2.23E+00	2.57E+00
78	4.46E+00	8.22E-01	1.56E+00	2.38E+00	4.46E+00	3.29E-01	2.17E+00	2.50E+00 监督区
90	3.35E+00	6.17E-01	1.17E+00	1.79E+00	3.35E+00	2.47E-01	1.63E+00	1.88E+00
100	2.71E+00	5.00E-01	9.49E-01	1.45E+00	2.71E+00	2.00E-01	1.32E+00	1.52E+00
104	2.51E+00	4.62E-01	8.78E-01	1.34E+00	2.51E+00	1.85E-01	1.22E+00	1.41E+00
105	2.46E+00 监督区	4.54E-01	8.61E-01	1.31E+00	2.46E+00 监督区	1.81E-01	1.20E+00	1.38E+00
120	1.88E+00	3.47E-01	6.59E-01	1.01E+00	1.88E+00	1.39E-01	9.18E-01	1.06E+00
130	1.60E+00	2.96E-01	5.62E-01	8.58E-01	1.60E+00	1.18E-01	7.82E-01	9.00E-01
140	1.38E+00	2.55E-01	4.84E-01	7.39E-01	1.38E+00	1.02E-01	6.74E-01	7.76E-01
150	1.21E+00	2.22E-01	4.22E-01	6.44E-01	1.21E+00	8.89E-02	5.87E-01	6.76E-01

#### 4.控制区和监督区划分综合分析

根据四川省环境保护厅《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求（试行）》“两区”划分管理及《工业X射线探伤放射防护要求》

（GBZ117-2015）中对控制区、监督区的划分原则：控制区边界外X射线空气吸收剂量率应不大于 $15\mu\text{Gy/h}$ ；监督区位于控制区外，其边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ ，并综合由上述理论计算结果，对不同型号的探伤机在工作时的控制区、监督区划定范围如下：

##### ①XXG-3005D型定向X射线探伤机：

在主射方向设置2mm铅当量铅屏风，主射方向控制区范围为距离探伤机0m-43m范



围，监督区范围为距离探伤机43m-105m范围，非主射方向控制区范围为距离探伤机0m-32m范围，监督区范围为距离探伤机32m~77m范围。

②XXG-3005P型周向X射线探伤机：

在主射方向设置2mm铅当量铅屏风，非主射方向设置0.5mm铅屏风，主射方向控制区范围为距离探伤机0m-43m范围，监督区范围为距离探伤机43m-105m范围，非主射方向控制区范围为距离探伤机0m-32m范围，监督区范围为距离探伤机32m~78m范围。

4.保护目标年剂量值估算

本项目单台探伤机每天曝光时长为30min，每年工作250天，年出束时间约为125h。根据公式4及表11-1计算结果，本次评价按各边界区最大辐射剂量率来计算职业及公众受照射剂量，计算结果见下表。

表11-3 本项目保护目标年有效剂量分析

X射线探伤机型号	保护目标		与探伤机的距离 (m)	该位置处最大剂量率(μSv/h)	居留因子	年受照时间 (h)	年有效剂量 (msv/a)	约束限值 (msv/a)	
XXG-3005D型定向X射线探伤机	辐射工作人员	操作人员	非主射方向	32	14.2	1	125	1.78E+00	5.0
		警戒人员	主射方向	43	14.7	1	125	1.84E+00	
		警戒人员	非主射方向	32	14.2	1	125	1.78E+00	
	周围公众		主射方向	105	2.46	0.25	5	3.08E-03	0.1
			非主射方向	77	2.44	0.25	5	3.05E-03	
XXG-3005P型周向X射线探伤机	辐射工作人员	操作人员	非主射方向	32	14.9	1	125	1.86E+00	5.0
		警戒人员	主射方向	43	14.7	1	125	1.84E+00	
		警戒人员	非主射方向	32	14.9	1	125	1.86E+00	
	周围公众		主射方向	105	2.46	0.25	5	3.08E-03	0.1
			非主射方向	78	2.50	0.25	5	3.13E-03	

注：操作人员位于非主射方向上的监督区内；由于本项目探伤地点不固定，预计同一家委托单位委托时间为10天，本项目探伤机保守预计每天出束时间共计30min，公众受照时间保守估计为5h。

根据表11-2可知，本项目警戒人员以及操作人员在叠加分析后，警戒人员每年最大受照剂量为3.70mSv，操作人员每年最大受照剂量为3.64mSv，周围公众每次最大受照剂量为3.13E-03mSv。因此本项目运行后辐射工作人员和周围公众年累积受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和本项目管理目标中对辐射工作人员和周围公众的剂量约束值要求。

二、射线装置报废处理

根据《四川省辐射污染防治条例》，“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线

装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目涉及的 X 射线探伤装置报废时，必须进行去功能化（如将 X 射线探伤装置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 射线探伤装置不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。

## 事故影响分析

### 一、事故风险识别

本项目所用 X 射线探伤装置属 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线。按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十条对于事故的分级原则，将本项目可能存在的事实的风险因子、潜在危害及可能发生的事实的事故等级列于表 11-4 中。

表 11-4 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

由于上表该事故等级中对较大辐射事故的界定没有明确的事实的事故剂量，因此针对上述事故等级，参考《放射事故管理规定》（中华人民共和国卫生部、中华人民共和国公安部令第 16 号）附表一的中人员受超剂量事故分级：对于放射工作人员发生严重事故受照射剂量 $\geq 0.5\text{Gy}$ ，重大事故受照射剂量 $\geq 5\text{Gy}$ ；对于公众成员发生严重事故受照射剂量 $\geq 0.05\text{Gy}$ ，重大事故受照射剂量 $\geq 1\text{Gy}$ 。从而，对于辐射工作人员以是否达到  $0.5\text{Gy}$  来界定是否发生较大辐射事故，以是否达到  $5\text{Gy}$  界定是否发生重大辐射事故；对公众以是否达到  $0.05\text{Gy}$  来界定是否发生较大辐射事故，以是否达到  $1\text{Gy}$  界定是否发生重大辐射事故。

### 二、源项分析及最大可能性事故分析

根据污染源分析，本项目环境风险因子为 X 射线，危害因素为 X 射线意外照射，X 射线探伤机只有在开机状态下才会产生 X 射线，一旦切断电源，探伤机便不会再有射线产生。

本项目可能发生的辐射事故如下：

(1) 在有铅屏风防护的情况下，辐射工作人员误入或滞留于主射方向的控制区内受超剂量照射；

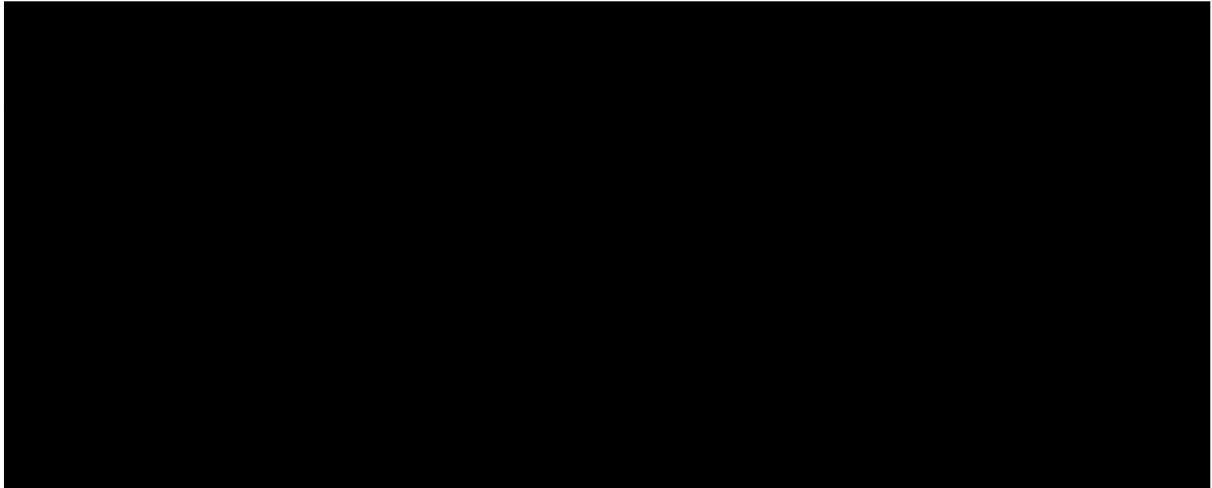
(2) 当辐射工作人员还未布置好主射方向的铅屏风时，另一名辐射工作人员误开机，对该辐射工作人员造成误照射。

(3) 建设单位在进行野外探伤时，对探伤区域清场不到位，有周围公众滞留监督区，对周围公众误照射；或在探伤时，周围公众突然进入主射方向的监督区内，巡岗人员并未发现，因此对周围公众误照射。

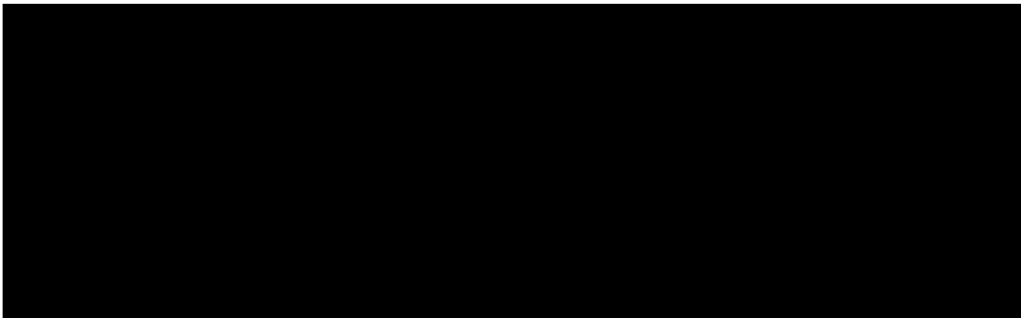
### 三、最大可能性事故后果计算

针对最大可能性事故，对事故工况下人员的受照剂量进行估算，分析事故造成的影响与危害。

#### 3.1 计算公式



人员受到的有效剂量可用公式 6 计算：



#### 3.2 计算结果

在主射线方向有铅屏风防护的情况下，对于误入或滞留于主射方向控制区内的辐射工作人员，主要是受到主射线的影响，根据公式 5，公式 6 可计算得出该类事故情况下

辐射工作人员受到的剂量，计算结果见表 11-5。

表 11-5 事故情况下辐射工作人员受到的剂量计算结果（有铅屏风时）

探伤机型号	辐射工作人员与X射线探伤机距离（m）	各事故持续时段的射线所致辐射剂量（Gy）			
		0~30s	0~1min	0~2min	0~3min
XXG-3005D 型定向 X 射线探伤机与 XXG-3005P 型周向 X 射线探伤机	5	9.04E-03	1.81E-02	3.62E-02	5.42E-02
	10	2.26E-03	4.52E-03	9.04E-03	1.36E-02
	20	5.65E-04	1.13E-03	2.26E-03	3.39E-03
	30	2.51E-04	5.02E-04	1.00E-03	1.51E-03
	40	1.41E-04	2.83E-04	5.65E-04	8.48E-04
	43	1.22E-04	2.44E-04	4.89E-04	7.33E-04
结论	辐射工作人员在 X 射线探伤机曝光时的主射方向控制区停留 3min 时，所致辐射剂量最大为 5.42E-02Gy，小于导致较大辐射事故的剂量——0.5Gy，但超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员的剂量限值——20mSv/a，因此构成一般辐射事故。当发生辐射事故时，相关人员可以立即通过控制箱上的急停按钮中断电源，关闭 X 射线探伤机，减小误照人员的受照剂量。				

在主射方向上的铅屏风还未布置完成时，探伤机误开机，导致辐射工作人员受到无任何屏蔽遮挡的主射线照射影响，计算结果见表 11-6。

表 11-6 事故情况下辐射工作人员受到的剂量计算结果（无铅屏风时）

探伤机型号	与X射线探伤机距离（m）	各事故持续时段的射线所致辐射剂量（Gy）			
		0~5s	0~10s	0~15s	0~20s
XXG-3005D 型定向 X 射线探伤机与 XXG-3005P 型周向 X 射线探伤机	5	1.88E-01	3.77E-01	5.65E-01	7.53E-01
	10	4.71E-02	9.42E-02	1.41E-01	1.88E-01
	20	1.18E-02	2.35E-02	3.53E-02	4.71E-02
	30	5.23E-03	1.05E-02	1.57E-02	2.09E-02
	40	2.94E-03	5.89E-03	8.83E-03	1.18E-02
	43	2.55E-03	5.09E-03	7.64E-03	1.02E-02
结论	辐射工作人员在 XXG-3005D 型 X 射线探伤机曝光时的主射方向控制区停留 20s 时，所致辐射剂量最大为 0.75Gy，大于导致较大辐射事故的剂量——0.5Gy，但未达到重大辐射事故的界定——5Gy，因此构成较大辐射事故。因此本项目在准备作业前，一定要确保各类防护措施到位之后，再开始曝光。同时当发生辐射事故时，相关人员可以立即通过控制箱上的急停按钮中断电源，关闭 X 射线探伤机，减小误照人员的受照剂量。				

在完成屏蔽措施布置后，探伤机开机曝光时，对于误入或滞留于本项目主射方向监督区内的周围公众，计算得出该类事故情况下周围公众受到的剂量，计算结果见表 11-7。

表 11-9 事故情况下周围公众受到的剂量计算结果

探伤机型号	与X射线探伤机距离（m）	各事故持续时段的射线所致辐射剂量（Gy）			
		0~30s	0~1min	0~2min	0~3min
XXG-3005D 型定向 X 射线探伤机	44	1.17E-04	2.33E-04	7.00E-04	1.17E-03
	40	2.09E-04	1.81E-04	5.42E-04	9.04E-04

向 X 射线探伤机 与 XXG-3005P 型 周向 X 射线探伤 机	50	1.45E-04	1.26E-04	3.77E-04	6.28E-04
	60	8.16E-05	7.06E-05	2.12E-04	3.53E-04
	71	6.45E-05	5.58E-05	1.67E-04	2.79E-04
	115	4.74E-05	4.10E-05	1.23E-04	2.05E-04
结论	周围公众在 RX-250GC 型 X 射线探伤机曝光时的主射方向监督区停留 3min 时，所致辐射剂量最大为 1.17E-03Gy，小于导致较大辐射事故的剂量——0.05Gy，但超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对辐射工作人员的剂量限值——0.1mSv/a，因此构成一般辐射事故。				

当探伤机处于工作状态时，应有 1 名辐射工作人员在探伤现场周围巡逻，禁止无关人员靠近本项目监督区，一旦发现有周围公众靠近或进入本项目监督区范围，应立即按下急停按钮，停止探伤工作。

综上所述，对于本项目来说，**辐射工作人员最大可信事故为较大辐射事故，周围公众最大可信事故为一般辐射事故**。针对较大辐射事故及一般辐射事故，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。发生较大辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，将受照人员及时送医，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，还应同时向当地卫生行政部门报告。

#### 四、事故防范措施

(1) 定期认真地对本单位射线装置的安全和防护措施、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) 在本项目探伤作业开启前，建设单位需严格确认本项目的辐射屏蔽措施是否到位（铅屏风安置妥当），清场是否彻底，警戒线、警告标志、工作状态指示灯以及声音提示装置等措施是否都设置完整，确认所有的辐射安全防护措施到位后，才可开启探伤作业。

(2) 野外探伤时需严格执行《四川省野外（室外）使用放射性同位素与射线装置辐射安全和防护要求(试行)》（川环办发[2016]149 号）和《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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；

(3) 建设单位拟制定《X 射线探伤机操作规程》。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 名操作人员同时在场，同时还要有 1

名辐射安全管理人员，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪；

(4) 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、维修台账，确保相关防护设施完整并处于正常状态后，射线装置出束才能进行照射；

(5) 对建设单位本项目拟配的 3 名辐射工作人员及以后新招聘辐射工作人员，均应参加国家核技术利用辐射安全与防护考核的考试，取得了合格证书，持证才能上岗。

表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；辐射工作人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。

建设单位拟按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求成立辐射安全与环境保护委员会负责相关辐射安全监督管理工作，明确领导小组职责，能有效确保辐射工作人员、社会公众的健康与安全。

建设单位拟按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求为新辐射工作人员配备个人剂量计并建立个人剂量档案，定期进行职业健康体检并成立职业健康档案。

建设单位已承诺在本项目开展前，将安排新增辐射工作人员集中学习国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上的视频课程和课件，报名参加机考，获得辐射安全与防护考核合格证书后持证上岗，承诺书见附件6。

**辐射安全管理规章制度****主要规章制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位拟制定辐射安全管理制度，包括《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》、《辐射事故应急预案》。环评要求：在本项目运行前，建设单位应根据具体情况和实际问题，按照相关要求及时制定并在后续工作过程中完善相关制度。

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”和《四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲》（川环函[2016]1400号），建设单位需具备的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射安全管理基本要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	从事使用射线装置的单位，应持有有效的辐射安全许可证	/	初次申领辐射安全许可证（重新申领所需的材料清单见表 12-2）
2	辐射工作人员应参加辐射安全知识和法规的考核并持证上岗	/	新增的 3 名辐射工作人员应积极参加辐射安全与防护考核，持证上岗。
3	辐射工作单位应建立辐射安全管理机构或配备专（兼）职管理人员	/	拟成立
4	需配置必要的辐射防护用品和监测仪器并定期或不定期地开展工作场所及外环境辐射剂量监测，监测记录应存档备查	/	拟新增 1 台辐射监测仪，3 台个人剂量报警仪（带直读剂量功能）、3 台个人剂量计
5	辐射工作单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案	/	拟制定
6	辐射工作单位应建立健全辐射防护、安全管理规章制度及辐射工作单位基础档案	/	拟制定
7	辐射工作单位应作好辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查，建立健全个人剂量档案和职业健康监护档案	/	拟建立
8	辐射工作单位应在辐射工作场所入口设置醒目的电离辐射警示标志	/	拟在野外探伤地点监督区周围设置醒目的电离辐射警示标志、警告标牌、警戒线等
9	辐射工作单位应提交有效的年度辐射环境监测报告	/	本项目开展以后拟提交
10	辐射信息网络	/	核技术利用单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”（网址 <a href="http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp">http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp</a> ）中实施申报登记。申领、延续、变更许可证，新增或注销放射源和射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报
11	应建立动态的台帐，放射性同位素与射线装置应做到帐物相符，并及时更新	/	拟制定

表 12-2 建设单位辐射安全许可证初次申领所需材料清单

序号	材料名称	材料要求
1	《辐射安全许可证申请表》一份	登陆全国核技术利用申报系统下载，并提交辐射安全许可证申请报告
2	拟有射线装置明细表	已盖章的台账
3	满足《放射性同位素与射线装	辐射安全与防护规章制度 参照川环函[2016]1400号



置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料	申请单位发布的成立辐射安全与环境保护管理机构的正式文件复印件	文件中需明确辐射安全专职管理人员及其职责
	辐射工作人员辐射安全与防护考核合格证明复印件	如人员太多，请附管理人员证书复印件，其余人员以表格形式统计

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中关于应用射线装置单位使用条件的规定，结合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关要求，将其与建设单位防护工作现状列于表12-3进行对照分析。

表12-3 管理制度汇总对照表

序号	规定的制度	落实情况	应增加的措施
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	/	拟制定
2	辐射安全管理规定（综合性文件）	/	拟制定
3	辐射工作设备操作规程	/	拟制定
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	/	拟制定
5	辐射工作人员岗位职责	/	拟制定
6	射线装置台账管理制度	/	拟制定
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	拟制定
8	监测仪表使用与校验管理制度	/	拟制定
9	辐射工作人员培训制度（或培训计划）	/	拟制定
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	/	拟制定
11	辐射事故应急预案	/	拟制定

### 辐射监测

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

#### 一、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位定期对移动探伤现场周围环境辐射剂量率进行检测，每年1~2次；

#### 二、个人剂量监测

个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，个人剂量检测频率为1次/季度。此外，建设单位还应按以下要求实施：

1、按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求，建设单位应做

好以下工作：

(1) 按照法律、行政法规以及国家环境保护标准，发现个人剂量检测结果异常的，应当立即核实和调查，并由当事人签字确认，同时将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

(2) 建设单位应安排专人负责个人剂量检测管理，完善辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息，工作岗位，剂量检测结果等材料，并终生保存个人剂量监测档案。

(3) 辐射工作人员有权查阅和复制本人的个人剂量档案。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位提供个人剂量档案的复印件。

2、按照《四川省环境保护厅关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知》川环办发〔2010〕49 号文要求，建设单位应做好以下工作：

建设单位应在每年的 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关送报本单位射线装置安全和防护状况年度评估报告。

建设单位应每一季度将个人剂量计送交有资质的部门进行检测。检测数据超过单位调查水平 1.25mSv 的，单位应组织调查，当事人应在调查报告上签字确认；检测数据超过个人剂量年度管理限值 5.0mSv 的，建设单位应组织调查，查明原因后采取防范措施，并报告发证机关，检测报告及有关调查报告应存档备查。

### 辐射事故应急

辐射单位应根据本项目可能产生的辐射事故情况制定辐射事故应急预案，应急预案内容包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

#### 1.事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门及省、市生态环境部门和公安部门报告，造成或

可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

## 2.辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ① 确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ② 根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③ 现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具及个人剂量计。

④ 应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

⑤ 事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

表 13 结论与建议

## 结论

### 1. 产业政策相符性与代价利益分析

本项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会2019年令第29号《产业结构调整指导目录（2019年本）》相关规定，属于该指导目录中鼓励类第三十一项“科技服务业”中第1条“检验检测服务”，符合国家现行的产业政策。

### 2. 选址、分区

建设单位注册地址为四川省德阳市广汉市小汉镇兴汉路西段3号。本项目探伤机在没有探伤任务的时候存放在建设单位办公楼1楼104室库房。X射线探伤机存储库房内严禁使用、调试X射线探伤机，库房用于单独存放X射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射安全防护设施。库房拟设置防盗门、双人双锁，钥匙由专人保管，拟设置视频监控，能够满足防火、防水、防盗、防丢失、防破坏的要求。拟建立射线装置使用台账，每次使用记录领用时间、领用人、探伤地点、归还人、负责人等。

本项目主要对天然气等管道以及其他委托单位设备组装厂内的压力容器进行无损检测。天然气管道探伤的工程区域大部分位于室外空旷处，且人流量较少；其他委托单位内生产的压力容器探伤工程区域大部分位于委托单位厂区内。在探伤作业开展前，辐射工作人员应观察探伤现场情况及周边环境，若探伤场所涉及居民区、科教文卫区等敏感区，可能对公众造成重大影响的，探伤作业前建设单位必须对周围公众进行告知，同时联系公安或政府部门协助清场，并配备防护设备，例如铅屏风，来减小控制区以及监督区的范围。若以上措施仍不能满足移动探伤的相关要求时，则不得使用X射线机进行移动探伤。

当探伤机作业时，将因地制宜地充分利用探伤具体地点地形特征（如墙体、拐角、坑体等有利地形）、周围设施等进行防护，建设单位将通过对周围公众进行告知、张贴公告、拉警戒线、使用铅屏风、调整探伤时间等安全管理措施，按照划定的控制区和监督区进行严格管理，禁止无关人员进出。经过采取相应的屏蔽措施和管理措施后，对周围环境的辐射影响较小。

在实际探伤过程中，探伤工作人员根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，在第一次曝光开始前，根据理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在试运行或第一次曝光期间，借助辐射环境巡测仪进行检测或修

正，将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  以上的范围内划为控制区，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。该分区基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中现场探伤分区设置要求。

### 3. 保护目标剂量

根据理论计算，本项目辐射工作人员、公众及保护目标的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（辐射工作人员附加有效剂量不超过  $5\text{mSv}$ 、公众附加有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ ）。

### 4. 辐射安全措施

建设单位在进行野外探伤时需要严格按照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求划定控制区和监督区。在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，在监督区边界设置场界警戒绳，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌、必要时派专人警戒，在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警告标语等提示信息。探伤现场拟配置有明显的区别提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁；在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。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。

建设单位拟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 1 台辐射剂量巡测仪和 3 台个人剂量报警仪（带直读剂量功能）、3 个人剂量计，符合移动探伤监测设备的配备要求。

### 5. 辐射环境管理

1) 建设单位拟委托有资质的单位每年对某一探伤场所周围环境辐射剂量率进行检测；

2) 建设单位拟新增 1 台辐射剂量监测仪器，在野外探伤时对工作场所辐射水平进行检测，划定监督区与控制区；

3) 建设单位拟委托有资质的公司开展个人剂量监测，所有在职辐射工作人员均需要配备个人剂量计，建设单位应及时跟监测单位核实数据，及时发现、解决问题。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，建设单位拟制定辐

射安全管理制度，包括《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》、《辐射事故应急预案》。环评要求运行本项目的建设单位在日后工作实践中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时制定并完善相关制度。

## 6. 辐射安全许可证申领

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，在本项目环境影响评价文件取得四川省生态环境厅批复后，建设单位需准备相应文件并提交审管部门（四川省生态环境厅核发），申领辐射安全许可证。

办理流程：受理、审查、决定、制证、颁发和送达。

表 13-1 辐射安全许可证初次申领材料

序号	材料名称	材料形式		材料类型	纸质材料规格	材料必要性	来源渠道	来源渠道说明	受理标准	填报须知
		纸质	电子							
1	《辐射安全许可证申请表》1份	1份	1份	原件和复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章	—
2	企业法人营业执照正、副本或事业单位法人证书正、副本及法定代表人身份证复印件，机构代码证复印件，营业执照（统一社会信用代码）复印件	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章，逐页盖章	—
3	1、满足《射线同位素与射线装置安全许可管理办法》第十三条和第十六条相应规定的证明材料：1、使用II类射线装置的设立专门辐射安全与环境保护管理机构文件； 2、辐射工作的人员通过省环保厅认可的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的合格证；3、辐射相关管理制度，包括：①辐射工作设备操作规程②辐射设备维护、维修制度③辐射防护和安全保卫制度	1份	1份	复印件	—	必要	申请人自备	—	签字处盖章	—

## 7.竣工验收检查内容和要求

表 13-2 项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保设施	数量	
扩建 X 射线野外探伤项目	工作状态指示灯	拟配备 4 个	
	电离辐射警示标志、警告牌	若干	
	警戒线	若干	
	急停按钮	设备自带	
	声音提示装置	拟配备 4 个	
	安全信息公告牌	拟配置 1 个	
	个人剂量报警仪	拟购置 3 个	
	个人剂量计	拟购置 3 个	
	铅屏风	拟配置 2 扇铅当量为 2mm 的铅屏风；2 扇铅当量为 0.5mm 的铅屏风	
	铅衣	拟购置 3 套	
	喊话器	拟配置 1 个	
	对讲机	拟配置 3 个	
	辐射监测	射线装置年度监测	/
		便携式辐射剂量监测仪	拟配置 1 台
其他	灭火器材	1 套	

根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》，工程建设执行污染治理设施应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。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，项目投入运行后，建设单位应当按照国务院生态环境行政主管部门规定的标准和程序，自行或委托第三方在三个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，并依法向社会公开验收报告。

综上所述，四川知旺检测技术有限责任公司新建 X 射线野外探伤核技术利用项目符合实践正当化原则，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。

## 建议和承诺

- 1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度的。
- 2、定期组织辐射工作人员参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规考核。
- 3、每年对射线装置使用情况进行安全和防护状况年度评估，评估结果报送省生态环境厅和当地生态环境部门，安全和防护状况年度评估报告要按照《四川省核技术利用单位放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》固定的格式进行编

制；并且年度评估报告的电子档还应上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

4、经常检查野外探伤辅助防护措施，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。



