

核技术利用建设项目  
沃菲特科 X 射线现场探伤项目  
**环境影响报告表**  
(公示版)



建设单位：重庆沃菲特科技发展有限公司

编制单位：重庆宏伟环保工程有限公司

编制时间：二〇二一年七月



生态环境部监制

打印编号: 1625559500000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	v804ah		
建设项目名称	沃菲特科X射线现场探伤项目		
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		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆沃菲特科技发展有限公司		
统一社会信用代码	91500106MA5UA23M2H		
法定代表人（签章）	宋良成		
主要负责人（签字）	宋良成		
直接负责的主管人员（签字）	宋良成		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	重庆宏伟环保工程有限公司		
统一社会信用代码	915001126912004062		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
刘媛	2014035550350000003511550046	BH001056	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
刘媛	项目基本情况、射线装置、评价依据、保护目标与评价标准、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	BH001056	

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称	沃菲特科 X 射线现场探伤项目				
建设单位	重庆沃菲特科技发展有限公司 (统一社会信用代码: 91500106MA5UA23M2H)				
法人代表	宋良成	联系人	宋良成	联系电话	138*****56
注册地址	重庆市沙坪坝区小龙坎正街 303 号附 2-15-3 号				
项目建设地点	探伤机存放在重庆市九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内; 洗片、评片、废液暂存由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责; 探伤地点在全国范围内				
立项审批部门	重庆市九龙坡区发展和改革委员会		批准文号	2106-500107-04-05-822404	
建设项目总投资(万元)	50	项目环保投资(万元)	10	投资比例(环保投资/总投资)	20%
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>1.1 建设单位概况</b>					
重庆沃菲特科技发展有限公司是专业从事无损检测技术、理化分析、特种设备检验检测设计研发的科技型企业, 致力于为用户提供全方位的无损检测的应用解决					

## 续表 1 项目基本情况

方案。重庆沃菲特科技发展有限公司员工经过专业技术培训，在 NDT（无损检测）行业从业多年，无损检测技术人员都具有多年的检测经验。四川佳诚油气管道质量检测有限公司是具有独立法人资格的大型第三方检测企业，现持有国家建设部颁发的“无损检测工程专业承包壹级”资质证和国家质量监督检验检疫总局颁发的“特种设备检验检测机构核准证（无损检测 A 级）”，以及从事无损检测工作所需的各项资格证，在油气管道无损检测方面业务成熟。重庆沃菲特科技发展有限公司与四川佳诚油气管道质量检测有限公司形成良好合作关系，作为分包单位承接四川佳诚油气管道质量检测有限公司 X 射线无损检测业务，并签订服务合同。重庆沃菲特科技发展有限公司仅派遣专业人员开展现场探伤操作，不洗片、评片及出具 X 射线无损检测报告。公司 X 射线无损检测主要是对石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等企业的压力管道进行探伤。

### 1.2 项目由来

为拓宽检测业务，增加检测手段，重庆沃菲特科技发展有限公司拟购买 2 台便携式定向 X 射线探伤机对石油化工、船舶制造等行业压力管道类产品开展 X 射线无损检测，X 射线探伤机用于在全国范围内开展现场探伤工作。根据关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布施行）的相关规定，拟购的 2 台便携式定向 X 射线探伤机均属于 II 类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号），本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）中第五十五项：核与辐射中第 172 条：使用 II 类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响评价报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆沃菲特科技发展有限公司委托重庆宏伟环保工程有限公司对“沃菲特科 X 射线现场探伤项目”进行环境影响评价。评价单位在现场踏勘、收集有关资料的基础上，结合项目特点、性质、规模和环境状况，按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制了本项目的的环境影响报告表。

### 1.3 本项目建设规模

#### （1）项目概况

续表 1 项目基本情况

重庆沃菲特科技发展有限公司拟购置 1 台 XXQ-2505 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 250kV，最大管电流 5mA）、1 台 XXQ-3005 型定向 X 射线探伤机（最大管电压 300kV，最大管电流 5mA）在全国范围内开展 X 射线无损检测活动。探伤机日常存放在重庆市九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内。公司承接四川佳诚油气管道质量检测有限公司 X 射线无损检测业务，仅派遣辐射工作人员携带探伤机至现场探伤工作场所开展 X 射线无损检测，不进行洗片、评片及出具 X 射线无损检测报告。项目的建设内容一览表见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	设备	拟配置 2 台便携式定向 X 射线探伤机（额定电压为 250kV、300kV，额定电流为 5mA），设备日常存放在公司固定的仪器室内	拟购
	工作内容	在全国范围内开展 X 射线无损检测活动，现场探伤曝光后的胶片由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责洗片、评片、危废处理、出具检测报告、胶片存档。	/
辅助工程	仪器室	仪器室位于九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内，仪器室建筑面积 6m <sup>2</sup> ，专门用来存放公司探伤机、现场探伤有辅助设施设备。仪器室设专人管理，设备进出建立档案	公司现有用房
公用工程	供水	来自市政供水管网	依托
	排水	工作人员生活污水依托所在办公场所生化池处理	依托
	供电	由区域电网供电，不另设备用电源	依托
环保工程	辐射防护	个人剂量计、个人剂量报警仪、X-γ 辐射剂量率仪、声光报警灯、警告牌、警戒绳等	新购
	废气治理	现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散排放	/
	废水处理	工作人员生活污水依托所在场所现有设施处理	依托
	固废处理	现场探伤胶片交四川佳诚油气管道质量检测有限公司洗片、评片。废液处理由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责并出具 X 射线无损检测报告。 四川佳诚油气管道质量检测有限公司采用自动洗片机在探伤现场建设临时暗室洗片，并在现场设置一间临时危废暂存间用于暂存洗片废液。 洗片过程中产生的废液包括废定影液、显影液、清洗废水盛装在危废暂存间专门塑料桶内，危废暂存间废液桶下方设置托盘，废液交有资质单位处置。 工作人员生活垃圾依托探伤场地现有设施处理。	依托

## 续表 1 项目基本情况

### (2) 设备概况

本项目拟购设备清单见表 1-2。

表1-2 本项目设备清单表

序号	名称	数量 (台)	规格型号	用途	来源	使用场所	备注
1	便携式工业 X 射线探伤装置	1	XXQ-3005	X 射线无损检测	拟购	全国范围内	定向机, 设备功率 1500W
2	便携式工业 X 射线探伤装置	1	XXQ-2505	X 射线无损检测	拟购	全国范围内	定向机, 设备功率 1250W

### (3) 探伤工件情况

本项目探伤对象主要包括石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等行业钢结构管道焊缝, 管道单壁厚在 5~28mm, 常用探伤工作条件见表 1-3。

表 1-3 探伤常用条件及工件参数一览表

工件名称	材质	管径	厚度范围 (mm)	适应机型	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	曝光时间 (min)
管道	钢	Φ20mm~Φ600mm	5~15mm	XXG--2505	100~220	5	1~5
		Φ500mm~Φ800mm	10~28mm	XXG--3005	170~280	5	1~5

### (4) 探伤工作地点

主要是对全国范围内石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等行业压力管道施工、安装现场, 探伤场所周围环境不定, 根据工作量安排, 可能有 2 组现场探伤工作的情况。

### (5) 计划工作量

探伤工作量根据公司承接的检测业务来定, 预计全年曝光次数约 2000 次, 每次曝光时间不超过 5 分钟, 年总计曝光时间约 166.7 小时。项目探伤机工作负荷见表 1-4。

续表 1 项目基本情况

表 1-4 探伤机工工作负荷一览表

装置型号及名称	数量(台)	主要技术参数	工作量	年工作时间	周工作时间
XXQ-3005、 XXQ-2505	2	电压 5~300kV 固定电流 5mA	年曝光量 2000 次， 每次曝光时间不超过 5min	10000min (166.7h)	200min (3.3h)

(6) 工作人员

本项目拟配置 4 名辐射工作人员，每个现场探伤工作场所不少于 2 名操作人员，最多可安排 2 组现场探伤工作。每台探伤机的探伤现场至少 4 人，其中 2 名探伤机操作人员，同时根据现场情况至少安排 2~3 名警戒、巡视人员，警戒、巡视人员作为非辐射工作人员。

4 名辐射工作人员为固定人员，目前已内部培养 2 名辐射工作人员，工作人员配置情况见表 1-5。非辐射工作人员不固定，根据每次探伤现场情况调配，警戒、巡视人员进行辐射防护与安全基础知识培训。

表 1-5 辐射工作人员配置情况

序号	姓名	性别	年龄	学历	岗位	辐射防护与安全培训	探伤行业工作证号
1	尹**	男	25	大专	无损检测	FS21SC1200266	WFT01
2	陈**	男	34	大专	无损检测	FS21SC1200298	WFT02

1.4 环境保护目标

本项目拟配置的 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辐射工作人员、探伤现场辅助的警戒人员、巡视、疏散人员和监督区外的公众成员。

1.5 项目依托与四川佳诚油气管道质量检测有限公司依托可行性分析

重庆沃菲特科技发展有限公司与四川佳诚油气管道质量检测有限公司签订有合作协议，其承接的四川佳诚油气管道质量检测有限公司 X 射线无损检测业务，仅委派辐射工作人员在现场操作 X 射线探伤机，曝光后的胶片洗片、评片、

## 续表 1 项目基本情况

出具检测报告由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责。废液处置、胶片存档也由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责。

四川佳诚油气管道质量检测有限公司目前持有的《辐射安全许可证》于 2017 年 7 月 13 日取得，尚在有效期内。许可其使用 II、III 类放射源及 II 类射线装置。四川佳诚油气管道质量检测有限公司检测业务量大，其 X 射线现场探伤洗片工作一般在现场进行，在工作现场设置临时暗室及临时危废暂存间。洗片过程产生的废液包括废定影液、显影液、清洗废水盛装在临时危废暂存间专门塑料桶内，临时危废暂存间废液桶下方均设置托盘。废液由危险废物处置单位负责转运、处置。

根据以上调查可知，四川佳诚油气管道质量检测有限公司拟将其承接的 X 射线无损检测业务分包给重庆沃菲特科技发展有限公司，双方已在合作协议中明确，现场探伤曝光后的胶片由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责洗片、评片、危废处置、出具检测报告、胶片存档，重庆沃菲特科技发展有限公司仅派遣辐射工作人员操作 X 射线探伤机。

### 1.6 与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

重庆沃菲特科技发展有限公司检测业务范围目前尚未涉及到应用 X 射线进行无损检测，该单位为首次涉及核技术利用领域。

四川佳诚油气管道质量检测有限公司已取得《辐射安全许可证》，持证期间未发生辐射事故，也无环保遗留问题。

**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
本项目不涉及放射源								

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
本项目不涉及非密封放射性物质										

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
本项目不涉及加速器										

(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	便携式定向 X 射线探伤机	II类	1	XXQ-3005	300	5	X 射线无损检测	全国范围野外探伤现场	拟购
2	便携式定向 X 射线探伤机	II类	1	XXQ-2505	250	5	X 射线无损检测	全国范围野外探伤现场	拟购
以下空白									

(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	
本项目不涉及中子发生器													

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
报废 X 射线机	固态	/	/	/	/	/	九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内	去功能化后交物资回收单位处理
(以下空白)								

注：1、常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固态为 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》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 449 号，国务院令 709 号，2019 年 03 月 02 日修订实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日国家环境保护总局令 31 号公布，2021 年 1 月 4 日生态环境部令 20 号第四次修订；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令 16 号）；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，中华人民共和国国家发展和改革委员会令 29 号；</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日颁布施行；</p> <p>(11) 《国家危险废物名录（2021 年版）》，部令 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护条例》，2018 年 7 月 26 日施行修订版；</p> <p>(13) 《重庆市辐射污染防治办法》（重庆市人民政府令 338 号），2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(14) 重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知，渝环[2017]242 号。</p>
------	--

续表 6 评价依据

<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/T250-2014) 及 2017 年修改单；</p> <p>(4) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB22448-2008)；</p> <p>(5) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(6) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016)；</p> <p>(7) 《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>(8) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及 2013 年修订。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 辐射防护导论，作者：方杰，原子能出版社 1991 年出版；</p> <p>(2) 《医用外照射源的辐射防护》，国际放射防护委员会第 33 号出版物；</p> <p>(3) 类比监测报告；</p> <p>(4) 与四川佳诚油气管道质量检测有限公司签订的劳务技术合同；</p> <p>(5) 建设单位提供的其他资料。</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

本项目为现场探伤项目，探伤工作场所不固定。根据本项目射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，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报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定本项目评价范围为重庆沃菲特科技发展有限公司野外探伤现场监督区范围内区域，按照后文理论计算监督区最大范围为250m。

**7.2 项目环境敏感目标**

**7.2.1 探伤现场**

本项目主要服务对象是石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等企业，针对以上企业安装的压力管道焊缝进行无损检测，工作场所包括厂区内部及野外施工现场。

（1）对船舶制造、化工机械造等企业，其作业场地相对固定，船舶制造的工场一般临近通航河流近岸空旷处，探伤工件类型有罐舱、管道等，造船工场在野外较空旷的位置，场地内主要是船厂工作人员，一般在夜间开展无损检测工作，容易清场。主射方向尽量选择无人区一侧，操作人员位于控制区之外，可利用船体构筑物躲避。

（2）对石油化工、海洋石油的传输管道安装现场，一般为野外施工的安装现场，施工场地一般位于非城市建成区，建筑工程现场探伤多在夜间进行，主射方向朝向地面居多。

项目现场探伤工作场所基本不涉及一般公众密集活动场所，主要环境保护目标是探伤工作场所外非辐射工作人员及少量的一般公众。由于探伤地点不固定，因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境目标是不定的。本项目探伤现场环境敏感目标见表 7-1。

续表 7 保护目标与评价标准

表 7-1 项目探伤现场环境保护敏感目标一览表

保护目标	相对探伤机方位	与探伤机距离	人数
辐射工作人员	非主射方向	控制区外，监督区内	每个探伤工作场所不少于 2 人
非辐射工作人员、公众成员	不定	监督区外	人员不定，巡视、警戒人员及监督区外逗留公众成员

7.2.2 设备存放场所

重庆沃菲特科技发展有限公司办公场所位于重庆市九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 内，该层设置有会议室、办公室、仪器室等，探伤机日常不使用时存放在仪器室内。该栋楼为商住楼，其东侧为龙腾大道，周围为商业用房及居民住宅。

7.2.3 洗片场所

重庆沃菲特科技发展有限公司不洗片、评片，由四川佳诚油气管道质量检测有限公司在现场探伤工作场所搭建临时暗室及危废暂存间完成洗片、评片等工作。

7.3 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

B1 剂量限值

第 B1.1.1.1 款 应对工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述控制值。

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv 作为职业照射剂量限值。

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值：年有效剂量 1mSv。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

该标准规定了工业 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。

第 3 条 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

第 3.1.1.5 条 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

## 续表 7 保护目标与评价标准

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 1（下表 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控制值

管电压, kV	漏射线空气比释动能率, mGy/h
>200	<5

第 3.1.3 条 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。

### 第 5 条 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

#### 第 5.1 条 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 7h，控制区边界周围剂量当量率应按下式计算：

$$K = \frac{100}{t}$$

式中：

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（h）；

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

本项目每周实际开机总时间约为 3.3h，经计算  $K=30.3\mu\text{Sv/h}$ 。本评价取更严格的标准，控制区范围取值  $15\mu\text{Sv/h}$ 。

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。

5.1.6 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。

### （3）标准汇总

建设单位综合考虑本项目辐射工作人员工作负荷及周围公众成员居留环境情况，从辐射防护最优化原则，确定本项目涉及的辐射工作人员及公众成员中关键人群的年有效剂量管理目标值分别为：辐射工作人员职业照射  $5\text{mSv/a}$ 、公众照射  $0.25\text{mSv/a}$ 。根据 GB18871-2002 的 11.4.3.2 规定：剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%-30%（即

**续表 7 保护目标与评价标准**

0.1mSv/a-0.3mSv/a)，本项目公众成员年剂量管理目标值均取GB18871-2002中年剂量限值的25%，在第11.4.3.2款规定的范围之内，满足GB18871-2002要求。综上所述，确定本项目的评价标准见表7-3所示。

**表 7-3 本项目剂量限值汇总表**

序号	项目	剂量管理目标值	采用的标准
1	剂量管理目标值	辐射工作人员年剂量： $\leq 5\text{mSv/a}$ 公众成员年剂量： $\leq 0.25\text{mSv/a}$ 周剂量：对职业工作人员 $\leq 100\ \mu\text{Sv/周}$ ，公众 $\leq 5\ \mu\text{Sv/周}$	GB18871-2002、 GBZ117-2015
2	现场探伤要求	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 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	GBZ117-2015

**表 8 环境质量和辐射现状**

本项目探伤机存放在重庆市九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内，在此位置仅进行存放，不进行探伤作业。本项目主要探伤地点为全国范围内，根据《2019 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部），重庆市多个点位的 2019 年环境地表  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值范围在 64.8~188.8nGy/h 之间。根据《2020 中国生态环境状况公报》，辐射环境自动监测站实时连续空气吸收剂量率年均值范围为 49.8~194.4nGy/h，全国环境电离辐射水平处于本底涨落范围内。

X 射线随 X 射线装置的开、关而产生或消失，对使用场址的辐射环境质量影响有限。设备关闭后，对拟使用场址的辐射环境影响立即停止。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备

### 9.1.1 施工期

本项目探伤机存放在公司仪器室，仪器室仅进行简单布置，不涉及施工设施设备。

### 9.1.2 运营期

#### 9.2.1 工程设备和工艺分析

##### 9.2.2.1 便携式工业 X 射线探伤机

###### (1) 设备组成

探伤机由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆等组成。

###### ①控制器

拟购便携式工业 X 射线探伤机控制器为手提箱式结构，所有操作均有面板上的轻触开关进行。控制器的主要作用是将交流电变换成管头所需的脉冲电压，按照设定参数调节 X 射线管的工作电压和工作电流，保证产生稳定的射线，并自动控制曝光时间。

###### ②X 射线发生器

X 射线发生器为组合式结构，高电压变压器（包括 X 射线管灯丝绕组）和 X 射线管安装在同一管桶内，管桶用铝加工而成，而且是密封的，内部充有六氟化硫气体，它对于高电压有良好的电绝缘性能。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。

###### ③电源电缆等附件

拟购设备控制器与 X 射线管头的电源电缆线长 30m。

本项目探伤机主要性能参数见表 9-1，典型探伤机照片见图 9-1。

续表 9 项目工程分析与源项



图 9-1 典型探伤机照片

表 9-1 主要性能参数

设备型号	XXQ-3005	XXQ-2505
数量	1台	1台
来源	拟购, 厂家待定	拟购, 厂家待定
额定电压	300kV	250kV
额定电流	5mA	5mA
X 射线束辐射角	40°	40°
射线管焦点尺寸	2.5×2.5mm	2.5×2.5mm
电压可调节范围	170~300kV	150~250kV
最大穿透 (Fe)	56mm	38mm
成像方式	拍片成像	拍片成像
过滤板厚度	3mmAl	3mmAl

### 9.2.2.2 工作原理及工艺流程

#### (1) 工作原理

##### ①探伤机产生 X 射线的原理

探伤机主要由射线管和高压电源组成, X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成, 阴极是钨制灯丝, 它装在聚焦杯中。当灯丝通电加热时, 电子就“蒸发”出来, 聚焦杯使这些电子聚集成束, 直接向嵌在阳极中的靶体射击。高压电压

续表 9 项目工程分析与源项

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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。X 射线管结构及原理示意图见图 9-2。

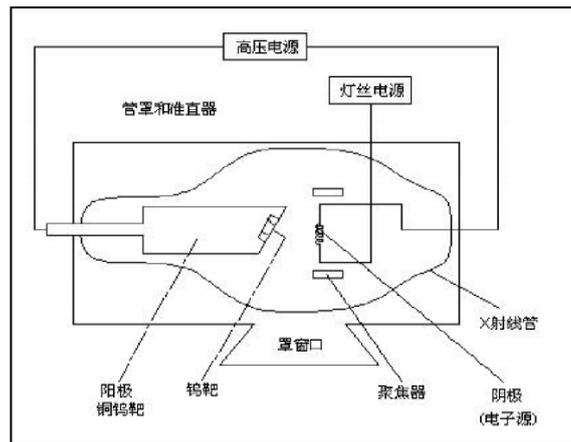


图 9-2 X 射线管原理示意图

### ②胶片成像原理

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照相作用。把这种曝光过的胶片在暗示中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，从而达到无损检测的目的。

### (2) 工艺流程

项目拟购 2 台定向机开展 X 射线现场探伤，具体工艺如下：

1) 制定方案。接受现场探伤任务后，制订现场探伤作业方案，该作业方案包括探伤工况、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) 设备出库。根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，在出入库台账上登记，经过仪器室管理人员确认后，领取设备。

续表 9 项目工程分析与源项

3) 运输。采用车辆运输设备至检查地点，确保运输过程中设备的安全。

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

①对探伤作业的具体情况提前 24 小时进行公示，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》、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监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。夜间进行探伤作业时在监督区边界设立声光报警灯和相应的警告牌，必要时设专人警戒。

②根据探伤规范要求，工件上贴胶片，确定曝光时间、焦距、确定焦点位置，选择合适的屏蔽遮挡物，屏蔽遮挡物包括现场实体建构物等。

③在现场探伤作业前进行清场，初步设置警戒线、控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”等警示标识。

④安排专人巡查警戒，确保探伤作业期间无公众误入作业区。每台探伤机配备 2 名操作人员，操作时同时在场。操作人员做好自身防护工作，探伤期间每名操作人员配备 1 枚个人剂量计、1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），X- $\gamma$  辐射剂量率仪保持开启状态。同一个探伤作业场所中，操作人员不兼任警戒人员。

⑤X 射线探伤机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，检查电源盘漏电保护器运行情况。操作人员连接设备，探伤机通过电源线与控制箱相连，控制器与外部电源连接，控制箱接地。

⑥在现场条件及检测目的允许的情况下，合理选择主射方向及工作人员操作位。项目现场探伤主要是针对船舶制造及建筑工程钢结构焊缝的 X 射线无损检测，操作人员可开启延时曝光功能，在曝光时利用现场已有建构物屏蔽躲避。

⑦X 射线探伤机关机 48 小时以上，再次使用前需进行训机，训机完成后才可以正常使用。

⑧首次曝光时，使用 X- $\gamma$  辐射剂量率仪进一步划定由远及近控制区和监督区边界。

5) 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。曝光结束后做好相关记录（参数、影像、照片和现场记录资料等），与方案一并存档备查。

续表 9 项目工程分析与源项

6) 单次曝光结束时, 关闭 X 射线探伤机, 继续进行下一轮探伤直至全部探伤工作完成后, 关闭 X 射线探伤机, 确认探伤机已经停止工作后拆除警戒, 清理现场。

7) 本项目现场探伤一般在夜间进行, 曝光后的胶片交四川佳诚油气管道质量检测有限公司洗片、评片、出具 X 射线无损检测报告。

8) 探伤设备由车辆运输至仪器室, 根据设备出入库管理制度, 在出入库台账上登记, 设备归还。

现场探伤工艺流程图见图 9-3。

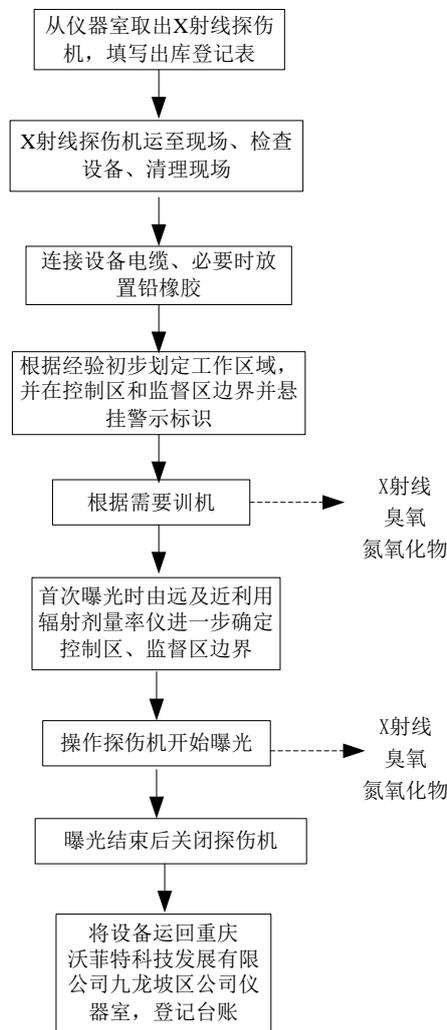


图 9-3 X 射线现场探伤工艺流程及产污环节示意图

### 9.3 污染源项分析

根据工艺流程可知, X 射线探伤机在运行时, X 射线成为污染环境的主要因

**续表 9 项目工程分析与源项**

子，其次是少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（主要为 NO<sub>2</sub>）。

本项目曝光后的胶片需要洗片、评片，会产生少量废液（废显影液、废定影液、清洗废水）、固废（废胶片）等，由四川佳诚油气管道质量检测有限公司全权负责处理。

### **9.3.1 电离辐射**

由 X 射线探伤机工作原理可知，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。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 中表 B.1，250kV 的探伤机过滤板为 3mm 铝距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量率为 13.9mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min），300kV 的探伤机过滤板为 3mm 铝距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线输出量率为 20.9mGy·m<sup>2</sup>/（mA·min）。本项目探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关。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，大于 200kV 的探伤机距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h。

③散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、地面、周边建构物等）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。

### **9.3.2“三废”排放情况**

本项目主要是在 X 射线探伤机无损检测作业过程中产生的 X 射线，不产生放射性三废。

#### **（1）废气**

**续表 9 项目工程分析与源项**

在无损伤检测作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物（主要为 NO<sub>2</sub>），在探伤工作场所内自然扩散。

**(2) 噪声**

本项目运行无高噪声设备。

**(3) 废水**

本项目无生产废水产生，辐射工作人员办公产生少量生活污水依托工作场所现有生化池处理。

**(4) 固体废物**

本项目一般固废主要为辐射工作人员产生的生活垃圾及报废的探伤机，生活垃圾产生量约 0.5t/a，交由环卫部门统一处理。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，报废的探伤机交由回收单位处置。

**(5) 产污因子汇总**

本项目产污因子汇总见表 9-2。

**表 9-2 项目污染因子一览表**

污染物	污染因子		备注
电离辐射	X 射线		能量 250kV，距靶 1m 处主射束的发射率不大于 13.9mGy·m <sup>2</sup> /(mA·min)；能量 300kV，距靶 1m 处主射束的发射率不大于 20.9mGy·m <sup>2</sup> /(mA·min)； 额定电压大于 200kV 探伤机距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率小于 5mGy/h
废气	O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>		少量 O <sub>3</sub> 、NO <sub>x</sub>
废水	生活污水		少量，COD、SS、NH <sub>3</sub> -N
固废	一般固废	报废的探伤机	2 台

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 辐射工作场所分区**

根据 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》第 6.4 条要求，辐射工作场所应分为控制区和监督区。“控制区”：在辐射工作场所划分的一区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。

在实施现场探伤工作之前，需对探伤工作环境进行全面调查和评估，以保证工作过程中的安全性。内容包括工作地点周边环境、探伤时间的选择、周边公众驻留、作业场所原有构筑物情况等。探伤应选择在周边公众驻留时间较少的时段进行，探伤场所选择在野外空旷处进行，主射线投照方向避免直接朝向公众可能聚集的区域，将探伤工作选择在对公众影响位置和时间最小的情况下进行。

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（GBZ117-2015）《工业 X 射线探伤放射防护要求》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，利用地形、构筑物、铅橡胶等合理划定控制区和监督区范围。工作前，使用配备的辐射剂量巡测仪对设备运行条件下的周围剂量率进行现场监测，划分控制区和监督区。控制区边界周围剂量当量率应不大于  $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。控制区边界处应设置明显的警戒线和“禁止进入 X 射线区”的电离辐射警示标识，探伤时严禁任何人员在此区域内活动。辐射工作人员一般在控制区外操作，监督区边界拉警戒线，其边界处应设置“无关人员禁止入内”的警示标识，设专人警戒，并进行巡查，防止公众成员进入该区域。

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，划分依据及防护措施见下表 10-1。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-1 现场探伤两区管理

分区	划分依据	实体分区防护措施
控制区	将作业时被检工件周围的周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内，可根据当地实际情况设置控制区。	控制区边界拉警戒线，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌。
监督区	将作业时被检工件周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/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。	监督区边界警戒线，悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警告标志，必要时设专人警戒，夜间设置声光报警灯。

## 10.2 辐射安全与防护措施

### 10.2.1 设备固有安全措施

拟购 X 射线探伤机的固有安全措施包括以下几个方面：

#### (1) 开机时系统自检

开机后控制器首先进行系统诊断测试。若诊断测试正常，该探伤机会示意操作者可以进行曝光或训机操作；若诊断出故障，在显示器上显示出故障代码，提醒用户关闭电源，与厂家联系并维修。

#### (2) 开机提示功能

在 X 射线探伤机控制器拟配置指示灯和声音提示装置，指示灯为黄色，当电压达到工作电压会发出提示音。

#### (3) 延时曝光功能

当控制器“启动准备”常亮时，长按“时间”旋钮，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“时间”旋钮或“OFF”按键即可退出调节。延时曝光可设置在 0~9.9min，启动延时曝光，可给操作人员足够的撤离探伤工作场所控制区。

(4) 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，蜂鸣器会持续响，提醒操作人员发生了故障。

(5) 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，在休息阶段将任何按键不可用，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

(6) 设备停止工作规定时间再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X

**续表 10 辐射安全与防护**

射线发生器损坏。

(7) 过电流、失电流、过电压保护

设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值时或高压对地放电时，设备会自动切断高压。

(8) 钥匙控制

探伤机控制台有钥匙控制，钥匙由专人管理，控制台上设置有紧急停机按钮。

**10.2.2 拟采取的通用作业现场辐射防护与安全措施**

(1) 拟采取的屏蔽防护措施

除了 X 射线探伤机设备固有的辐射安全防护措施，本项目拟配备 0.5mmPb 当量的铅橡胶 2 张，在进行 X 射线现场探伤时遮盖在探伤机上，用来减轻对非主射方向的影响，以缩小非主射方向控制区距离。

(2) 警示标识和警示通告

拟于监督区边界外悬挂“当心电离辐射”的电离辐射警告标志，同时悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，拟在控制区边界外悬挂“禁止进入 X 射线区”警示牌，同时现场探伤工作前，提前对现场探伤工作场所周围发出通告，告知周围工作人员在现场探伤时间内不要进入该区域内。

(3) 警示设备（声光报警灯，扩音器等）

①拟配备红色声光报警灯，安放于监督区边界，进行曝光时红色警示灯闪烁并发出警报声音。

②为辐射工作场所拟配备扩音器等声音提示装置，现场探伤工作前使用扩音器进行清场，使无关人员远离辐射工作场所。

③若现场探伤区域存在服务企业其他工作人员，应提前告知并做好清场工作。

(4) 警戒线

为现场探伤工作场所拟配备警戒线，进行现场探伤工作时，使用警戒线将控制区、监督区围起来，阻止其他无关人员进入。

(5) 紧急止动装置

在 X 射线探伤机控制器设置有紧急停机按钮，发生辐射事故时按下按钮，

续表 10 辐射安全与防护

探伤机停止出束。

(6) 监测设备

公司拟为每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计，1 台个人剂量报警仪（具有直读功能），并配备 2 台 X- $\gamma$  辐射剂量率仪。

**10.2.3 本项目不同现场探伤作业准备及其辐射防护与安全措施**

在进行探伤前，建设单位拟开展多项前期准备工作，包括探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，探伤前屏蔽措施等，此外在进行现场探伤作业时，为了降低探伤作业对公众产生不良影响，还需根据不同工作场所条件，做好相关准备工作。

(1) 探伤现场考察

为了尽可能减少工作人员和公众所受剂量，辐射工作人员要考察探伤现场的地形、地貌和探伤工况，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

(2) 探伤前警戒工作

探伤作业前进行公告，划分控制区、监督区。在控制区边界拉警戒线，设置电离辐射警示标志并悬挂清晰的“禁止进入 X 射线区”标牌，探伤前通知无关人员撤离到警戒线以外。现场配备辐射剂量监测仪器，随时监测工作区域的辐射剂量。

针对本项目特点及可能涉及的工作场所类型，如出现夜间或者照明条件不佳的情况应在监督区边界设置好声光报警灯，在企业施工现场场区、管道安装施工现场外安排巡视人员，做好周围公众成员的清场，还应加强对监督区的巡视，警示“无关人员禁止入内”接近探伤工作场所。

(3) 探伤作业方案

①在探伤现场考察的基础上，做好探伤前的警戒、清场工作基础上，工作人员每次在开展现场探伤工作前需要针对不同探伤场所制定详细的探伤作业方案，探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、探伤机及接收安装位置、控制区域范围、监测方案等，并明确相关探伤操作人员和警戒疏散人员的职责和分工。

②根据工作要求和探伤对象（设备、工件等）的材质、厚度等性质，合理选

**续表 10 辐射安全与防护**

择探伤机型号，合理选择探伤参数，合理选择主射方向。

③当 X 射线探伤机、工作场所、被检物品（材料、规格）、照射方向等条件发生变化时，均应重新使用 X- $\gamma$  辐射剂量率仪进行工作场所周围剂量当量率的巡测，重新划分控制区和监督区。

④本项目拟购便携式 X 射线探伤机的控制器与探伤机之间的连接电缆为 30m，且具有延时曝光功能，保证 X 射线探伤机曝光时工作人员位于控制区外进行操作，或利用现有建构筑物屏蔽。

⑤控制区及监督区边界尽可能设置实体屏障，包括利用临时屏障或拉起警戒线（绳）等。探伤机设有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。

⑥在进行 X 射线探伤过程可能会出现由于探伤作业环境条件限制，进行短距离操作，不能满足监督区防护距离的情况，此时应合理使用铅橡胶减轻对非主射方向的影响。

⑦提前与服务企业做好沟通，尽量选择场区或施工现场人员下班时间，将探伤作业方案报备服务企业，做好探伤工作场所的清场工作。

#### **10.2.4 不同探伤作业探伤过程中的辐射防护与安全措施**

（1）现场探伤控制区、监督区边界的确定一般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- $\gamma$  辐射剂量率仪由远及近，由小到大确定控制区、监督区后拉起警戒绳、分别悬挂警示标语，派专人监督，防止无关人员进入监督区；对于存在较多人员的检测现场，在划定的监督区范围内进行人员清场，按照划定的监督区拉起警戒绳、悬挂警示标语，派专人监督，防止无关人员进入监督区。探伤工作人员需佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

（2）对场区内的压力管道安装现场，厂区占地面积较大，厂区内可能存在较多人员在工作现场，在划定的监督区范围内进行人员清场，按照划定的监督区拉起警戒绳、悬挂警示标语，派专人监督，防止无关人员进入监督区。根据待检焊缝位置，合理选择主射方向，尽量朝向无人一侧，曝光期间做好监督区外的巡视工作，禁止非探伤工作人员进入辐射工作场所。

（3）对于气压管道野外施工现场，一般在夜间开展探伤工作，周围人员流动性不大。主射方向多朝向地面，一般在夜间施工人员下班时段进行，由于施工

## 续表 10 辐射安全与防护

现场一般照明不佳，应设置声光报警灯。拉好警戒线并设置警示标语，监督区边界巡视人员做好巡视工作及人员管控，禁止公众成员进入探伤工作场所。操作人员无躲避条件可使用延时曝光的功能，使用铅橡胶遮蔽探伤机散射线。

### 10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

本项目拟采取的辐射安全与防护措施与相关标准符合性对比情况见下表 10-3。

根据表 10-2 可知，本项目拟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。

### 10.5 三废的治理

本项目不产生放射性三废。

续表 10 辐射安全与防护

表 10-2 项目辐射防护措施与标准要求符合性对比一览表

标准名称	标准要求		项目情况
《工业 X 射线探伤放射防护要求》 (GBZ117—2015)	3.1 设备技术要求	3.1.3 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。	本项目拟购设备控制器与 X 射线管头的电缆电源线长不小于 30m。
	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。	项目根据要求拟设置控制区和监督区, 实行分区管理并设置警示标识。
		5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内划为控制区。	本项目拟将作业场所中周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内划为控制区, 控制区边界处设置明显的警戒线和“禁止进入 X 射线区”的辐射警示标识, 探伤时严禁任何人员在此区域活动。
		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)。	本项目拟配备 2 张 0.5mmPb 当量的铅橡胶, 长高尺寸为 0.5m $\times$ 0.5m, 探伤作业时可遮盖在探伤机上, 用于减轻对非主射方向上的影响。
		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 $\mu$ 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。	本项目拟将控制区边界外作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围划为监督区, 监督区边界处设置明显的警戒线和“无关人员禁止入内”的警告牌, 必要时设置专人警戒, 曝光时开启声光报警灯。
	5.2 X 射线现场探伤作业的准备	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。	项目拟配置 4 名辐射工作人员, 分 2 组从事 X 射线现场探伤检测工作。每组探伤现场至少 4 人, 其中 2 名探伤机操作人员, 至少 2 名警戒、巡视人员。
	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。	本项目探伤机控制器上拟配置黄色指示灯显示预备、照射两种状态和声音提示装置。现场探伤工作场所拟配置红色报警信号灯(声光报警灯)。
5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。		本项目警示信号指示灯为人工控制, 开机前打开警示信号装置, 关机后关闭警示信号装置。	

续表 10 辐射安全与防护

	5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测	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。	本项目拟配置 2 台 X-γ 辐射剂量率仪用于现场探伤工作。
		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。	本项目拟配置个人剂量计和个人剂量报警仪各 4 个, 个人剂量报警仪具备直读功能。

表 11 环境影响分析

**施工期对环境的影响**

本项目为使用便携式定向 X 射线探伤机开展无损检测，不建设专用探伤室，故不存在建设和设备安装过程，将公司现有空置房间简单装修为设备仪器室。施工期不涉及大型施工设备，项目在施工阶段对环境的影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**11.1 现场探伤辐射环境影响分析**

**11.1.1 现场探伤理论计算**

本环评控制区和监督区边界按照《工业 X 射线探伤卫生防护标准》(GBZ117-2015) 的要求，综合考虑现场探伤拍片量、现场探伤时间以及本项目的实际可操作性确定：确定将作业时被检物体周围的周围剂量当量率大于 15 $\mu$ Sv/h 的范围内划为控制区，在控制区边界外将作业时周围剂量当量率大于 2.5 $\mu$ Sv/h 的范围内划定为监督区。本项目现场探伤的场所不固定，本评价通过理论计算确定控制区与监督区的划分范围。

**(1) 计算公式：**

本次计算公式根据参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 中对探伤项目的计算公式。

**①有用线束**

a) 关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (1) 计算，然后按 X 射线在铅和混凝土中的透射曲线图查到所需的厚度。

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

式中：

$\dot{H}_c$ ——剂量控制值（本项目控制区为 15 $\mu$ Sv/h，监督区为 2.5 $\mu$ Sv/h），单位  $\mu$ Sv/h；

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

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）；

$H_0$ ——距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu$ Sv $\cdot$ m<sup>2</sup>/(mA $\cdot$ h)，以 mSv $\cdot$ m<sup>2</sup>/(mA $\cdot$ min)

表 11 环境影响分析

为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ ，Gy 和 Sv 的转换系数取 1；

则主射方向控制区、监督区距离计算公式为：

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

### ② 泄漏辐射屏蔽

关注点达到剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  时所需的屏蔽透射因子  $B$  按式 (3) 计算，然后按式 (6) 计算所需的屏蔽物质厚度  $X$ 。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad \text{式 (3)}$$

式中：

$\dot{H}_c$ ——按 3.1 确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时 ( $\mu\text{Sv/h}$ )；

$R$ ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离，单位为米 (m)；

$\dot{H}_L$ ——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 ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

则漏射方向控制区、监督区距离计算公式为：

$$R = \sqrt{\frac{B \cdot \dot{H}_L}{\dot{H}_c}} \quad \text{式 (4)}$$

### ③ 散射辐射屏蔽

关注点达到剂量率参考水平  $\dot{H}_c$  时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子  $B$  按式 (5) 计算。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad \text{式 (5)}$$

式中：

$R_s$ ——散射体至关注点的距离，单位为米 (m)；

$R_0$ ——辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

$F$ —— $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )；

$\alpha$ ——散射因子，入射辐射被单位面积 ( $1\text{m}^2$ ) 散射体散射到距其 1m 处的散

表 11 环境影响分析

射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。

$$\frac{R_o^2}{F \cdot \alpha} \text{——根据 GBZT250-2014 附录, B.4.2 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴}$$

和圆锥边界的夹角为 20° 时, 50 (200kV~400kV)。

则散射方向控制区、监督区距离计算公式为:

$$R_s = \sqrt{\frac{B \cdot H_0 \cdot I \cdot F \cdot \alpha}{H_c \cdot R_0}} \quad \text{式 (6)}$$

④屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 (7) 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{式 (7)}$$

式中:

X——屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL——查表;

(2) 计算参数

主要核算参数表见表 11-1。

表 11-1 主要核算参数一览表

型号	管电压	发射率	TVL (钢或铁)	工作电流
XXQ-2505、 XXQ-3005	150	5.2mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	1.0cm	5mA
	200	8.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	1.3cm	5mA
	250	13.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	1.8cm	5mA
	300	20.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	2.3cm	5mA

注: 钢的密度 7.85t/m<sup>3</sup>, 根据《辐射防护导论》(方杰主编, P103, 附图 3.23) 查表得出 300kV、250kV、200kV、150kV X 射线在钢板中的近似 TVL 分别为 2.3cm、1.8cm、1.3cm、1.0cm。不同型号设备发射率由建设单位提供。

(3) 计算结果

本项目探伤工件厚度在 5~28mm, 探伤机曝光时间为 1~5min, 工件材料主要为钢管, 针对不同厚度的管道, 根据上述公式, 本项目现场探伤控制区、监督区的距离如下表 11-2。

表 11 环境影响分析

表 11-2 理论计算控制区、监督区边界距离										
探伤机	工作电压 (kV)	工作电流 (mA)	工件单壁厚度 (mm)	探伤工件材质	边界距离 (单位: m)					
					主射控制区	主射监督区	散射方向控制区	散射方向监督区	漏射方向控制区	漏射方向监督区
XXQ-250 5	150	5	5-9	钢	102	250	42	102	18	45
					41	99				
	200	5	10-14	钢	72	176	54	146	18	45
					35	87				
	250	5	15-20	钢	77	190	68	183	18	45
					41	100				
XXQ-300 5	300	5	21-28	钢	79	193	83	224	18	45
					39	96				

注：①漏射线空气比释动能率限值按照表 7-1 规定的限值。  
②考虑工件厚度为双层壁厚。

通过以上计算可知，按照不同工况对应不同厚度工件探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，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 35~102m，监督区边界距离为 87~250m；非主射方向控制区边界距离取 18~83m，监督区边界距离取 45~224m。

结合上述理论计算结果，以 XXQ-3005 型定向 X 射线探伤机的额定电压 300kV 为例，水平方向辐射角度为 40°其控制区、监督图划分示意图见图 11-1。

表 11 环境影响分析

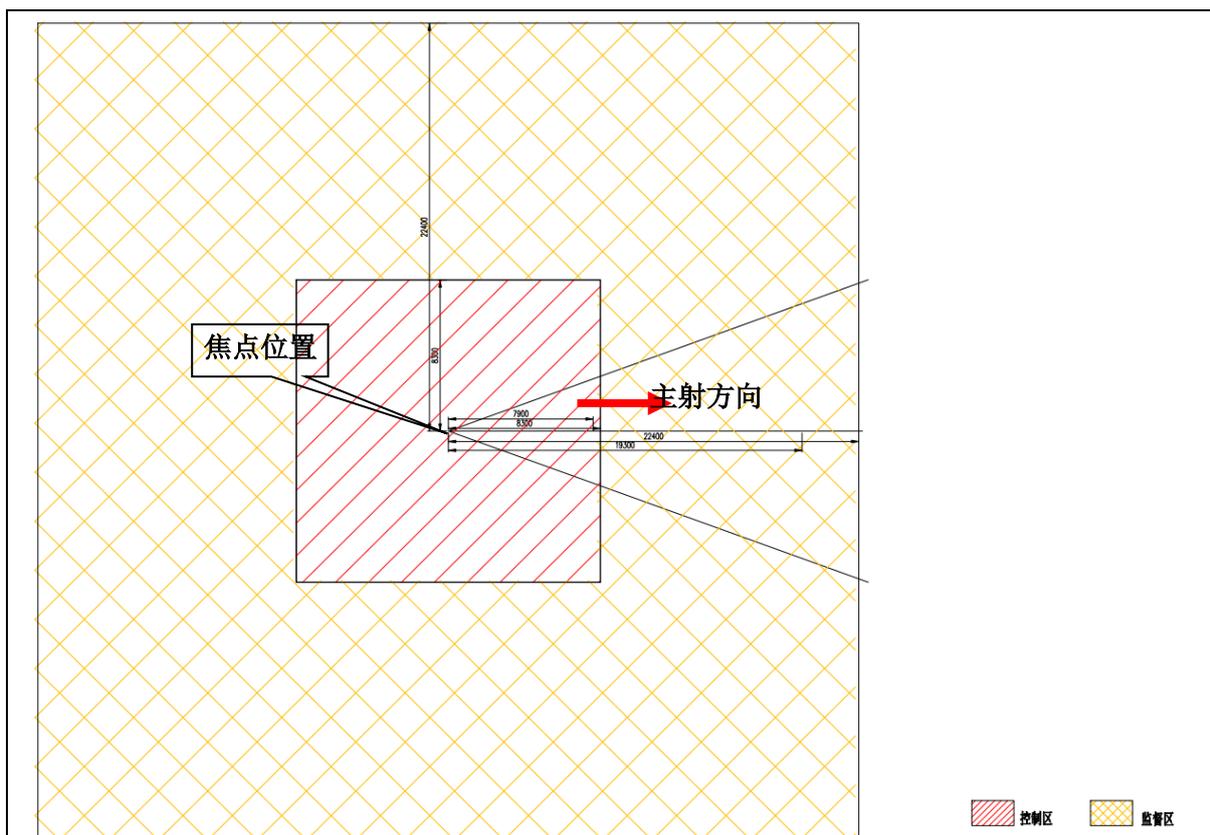


图 11-1 控制区、监督图划分示意图

#### 4、类比监测

##### (1) 类比条件分析

为了解同类型的探伤机在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行分析。本环评选取中国船级社实业公司重庆分公司 2 台在用定向 X 射线探伤机作为类比对象。重庆市辐射技术服务中心有限公司于 2016 年 10 月 18 日对该公司在用的 1 台 XXQ-2505 及 1 台 XXQ-3005 开展 X 射线现场探伤进行了模拟监测，监测报告见附件 4（渝辐（监）[2016]614 号）。可类比性分析见表 11-3。

表 11 环境影响分析

表 11-3 X 射线探伤机可类比性分析一览表

类比项目	本项目探伤机	类比的中國船级社实业公司重庆分公司	类比分析
探伤机机型	XXQ-2505 型、XXQ-3005 型	XXQ-2505 型、XXQ-3005 型	一致
主要技术参数	300kV, 5mA 250kV, 5mA	300kV, 5mA 250kV, 5mA	一致
工作场所	野外探伤现场	野外探伤现场	一致
工件类型	委托检测的石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等行业压力管道焊缝	委托检测的石油/天然气管道、化工管道及压力容器焊缝	一致
材质	钢管焊缝	船舶制造钢板、钢管焊缝	基本一致
过滤板	3mmAl	3mmAl	一致

根据表 11-3 可知，类比探伤机型号、探伤工件类型、设备参数等均与本项目相同，有很好的类比性。

(2) 类比监测结果

- ①现场情况：探伤地点位于长江边一空地，无工件，监测时未使用铅防护板
- ②探伤条件：XXQ-2505型，250kV、5mA；XXQ-3005型：300kV、5mA
- ③监测结果见下表11-4。

表11-4 有工件模拟探伤监测结果统计

设备型号	测量方位	与探伤机之间的距离（米）	
		修正后15μSv/h处	修正后2.5μSv/h处
XXQ-3005型	前面（主射方向）	154	223
XXQ-2505型	测量方位	与探伤机之间的距离（米）	
		修正后15μSv/h处	修正后2.5μSv/h处
	前面（主射方向）	123	185

根据以上类比监测数据可知，XXQ-3005型在无工件照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机154m，监督区边界为距探伤机223m；XXQ-2505型在无工件照射情况下，主射方向控制区边界为距探伤机123m，监督区边界为距探伤机185m。

与前文理论预测结果相比，类比监测结果中的主射方向控制区、监督区边界距离与理论预测结果有一定差距，主要是因为模拟监测未使用工件，且现场探伤所在地场地条件周围遮挡物的反射、主射线的散射等影响。探伤现场以实际测量数据来划分监

表 11 环境影响分析

督区和控制区，并根据探伤工作方案对不同探伤工作场所采取针对性的辐射防护与安全措施。

### 11.2 剂量估算

#### (1) 估算公式

工作人员和公众用下式估算：

$$H_{Er} = H^*_{(10)} \times t \times 10^{-3} \quad \text{式 (8)}$$

式中： $H_{Er}$ ：X 或  $\gamma$  射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$H^*_{(10)}$ ：X 或  $\gamma$  射线周围剂量当量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；空间某点的  $H^*_{(10)}$  值可作为位于该处的人体所受有效剂量的近似值；

t：X 或  $\gamma$  射线照射时间，小时；

#### (2) 工作负荷

根据建设单位提供的资料，本项目每年现场探伤曝光约 2000 次，每次曝光时间不超过 5min，每年曝光时间不超过 166.7h；此外，每次探伤工作开始前需打开探伤机进行巡测，划定实际的控制区、监督区范围。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。

#### (3) 剂量估算

##### ①现场探伤操作人员（辐射工作人员）

根据建设单位提供的资料，本项目拟配置 2 台便携式 X 射线探伤机，保守考虑由 1 组操作人员完成全年现场探伤工作，操作人员位于控制区边界，则操作人员受到的剂量率为  $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，则一组辐射工作人员的年有效剂量为  $2.5\text{mSv}/\text{a}$ ，辐射工作人员受到的剂量低于年有效剂量管理目标值  $5\text{mSv}/\text{a}$ ，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。

##### ②探伤现场的警戒、巡视人员

现场探伤时需配备一定的警戒、巡视人员，主要在探伤现场进行警戒和疏散公众成员的工作。根据建设单位提供资料，每组探伤工作至少配置 2~3 名警戒、巡视人员，探伤时警戒、巡视人员在监督区边界巡视，所受到的最大剂量率控制在  $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$  以内，两组警戒、巡视人员平均分配一年的工作量，可估算出警戒、巡视的年有效剂量为  $0.21\text{mSv}/\text{a}$ ，则警戒人员受到的年有效剂量低于年有效剂量管理目标值  $0.25\text{mSv}/\text{a}$ ，满

**表 11 环境影响分析**

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。

③探伤现场监督区外的公众成员

在进行探伤时监督区拉警戒线，但仍可能有公众成员在监督区外逗留，其边界剂量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，公众成员不得进入监督区内。根据上述估算可知，监督区边界警戒人员年有效剂量低于公众成员年剂量管理目标值，本项目探伤现场不固定，公众成员在探伤现场监督区外逗留的时间远小于警戒人员，则监督区外公众成员年有效剂量也满足管理目标值  $0.25\text{mSv/a}$  的要求，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。

**11.3 废气环境影响分析**

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和氮氧化物，臭氧在常温下很快转化成氧气，且本项目探伤现场位于野外，空间开阔，废气很快能够扩散，对现场探伤工作人员产生影响很小。

**11.4 废水环境影响分析**

本项目不产生废水，探伤工作人员生活污水依托工作场所现有生化池处理。

**11.5 固废环境影响分析**

项目工作人员产生的生活垃圾依托所在办公场所生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

探伤机报废后应对其射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化后交由物资回收单位处置。

曝光结束后，洗片及胶片暂存过程产生的废液、废胶片由四川佳诚油气管道质量检测有限公司全权负责处置。洗片废液不得擅自倾倒、堆放，废液暂存在临时危废暂存间内，交有资质单位处置，四川佳诚油气管道质量检测有限公司危险废物暂存间应严格按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)中规定的要求，采取“防渗、防雨、防流失”等措施。采用密闭房间，专人管理。暗室、暂存间按照重点防渗区建设，地面与裙脚采用防渗材料。危废暂存间内废液桶下方拟设置托盘，托盘的容积应不低于废液桶的最大储存量。危险废物贮存设施应按环境保护图形标志《固体废物贮存(处置)场》(GB15562.2-1995)的规定设置警示标志。危险废物转移应按照《危险废物转移联单管理办法》的有关要求规定填写五联单。加强危险废物的管理，严禁随意露天堆放、随意倾倒和将危险固废混入一般固废中，以避免污染周边环境和防止

**表 11 环境影响分析**

发生泄漏污染地下水。

综上所述，按照以上措施对固体废物进行处理后，对环境基本无影响。

**11.6 事故影响分析**

**11.6.1 探伤机探伤事故风险类型、后果分析**

本项目拟配置 X 射线探伤机 2 台，最大管电压 300kV，X 射线受开机和关机控制，关机时没有射线发出，因此断电状态下较为安全。在意外情况下，最大可能出现的辐射风险事故（事件）为误照射，主要是以下情景：

（1）X 射线探伤机在最大工况运行时，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控制区，造成有关人员误照射；

（2）在进行现场探伤时，警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用，清场工作不全面，导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域。

（3）现场探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

人员受到的有效剂量与 X 射线机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中 X 射线机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用公式（1）计算，人员受到的有效剂量可用公式（9）进行计算：

$$E=H_0 \cdot \sum W_r \cdot \sum W_R \quad \text{式（9）}$$

式中：E—人员受到的有效剂量，mSv；

$W_r$ —组织权重因数，求和为 1；

$W_R$ —辐射权重因数，为 1。

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 11-5。

**表 11-5 误照射无工件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 $\mu\text{Sv/h}$
XXQ-3005型 300kV 20.9mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	5	5	2.51E+05
	10	5	6.27E+04
	15	5	2.79E+04

表 11 环境影响分析

	20	5	1.57E+04
	30	5	6.97E+03
	40	5	3.92E+03
	50	5	2.51E+03
	79 (主射方向控制区)	5	<b>1.00E+03</b>
	193 (主射方向监督区)	5	<b>1.68E+02</b>

①对于事故情景 1: X 射线探伤机在最大工况运行时, 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 300kV 电压下, 误入监督区的公众受到的瞬时剂量率为  $1.00 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ , 则单次误入监督区的公众成员受到有效剂量最高为 0.08mSv; 误入控制区 (取距焦点 5m 处) 公众受到的瞬时剂量率为  $2.51 \times 10^5 \mu\text{Sv/h}$ , 则单次误入控制区的公众成员受到有效剂量最高为 20.9mSv。本项目为现场探伤, 探伤工作场所不固定, 同一公众成员多次误入探伤工作场所的可能性很低。

②对于事故情景 2: 在进行现场探伤时, 警示灯、警戒线和警示标识未发挥作用, 清场工作不全面, 导致非辐射工作人员或公众成员误入工作区域, 非辐射工作人员或公众成员受到照射情况同上。

③对于事故情景 3: 现场探伤工作结束后, 探伤机未存放到指定的地方, 随意存放, 导致非辐射工作人员误通电, 产生 X 射线污染, 对公众造成不必要的照射。探伤机连续开机时间不超过 5min, 则当 300kV 电压下, 则距离探伤机主射方向 5m 处公众成员受到有效剂量最高为 20.9mSv。

### 11.6.2 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚, 但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化, 由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤, 继而出现相应的生化代谢紊乱, 并由此产生一系列临床症状。这类效应分为确定性效应和随机性效应, 在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应, 而随机性效应则不存在阈值。

根据上述后果分析可知, 本项目探伤机对操作人员及公众发生单次误照射不会达

**表 11 环境影响分析**

到发生确定性效应阈值，但可能增加发生随机性效应的概率。

### **11.6.3 事故分级**

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情景下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员及公众成员的年剂量限值。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目可能发生事故等级应为一般辐射事故。

### **11.6.3 风险防范措施**

(1) 针对人员误入探伤工作场所的事故情况

①定期认真对本公司 X 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，核实各项管理制度的执行情况，要求工作人员在探伤现场按照规范设置安全防护设施。

②在现场探伤工作前，按项目应制定工作方案，该工作方案的主要包括探伤工况、时间、地点、控制区、监督区范围、监测方案、清场方式等，明确设备操作人员、巡视、警戒人员的职责和分工，工作期间做好相关记录。在现场探伤作业工作场所应张贴公告，包括作业性质、时间、地点、控制范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。

③凡涉及对 X 射线探伤机操作，必须有明确的操作规程；现场探伤作业时至少有 4 名工作人员同时在场，包括 2 名辐射工作人员及 2 名警戒、巡视人员，操作人员严格按照操作规程进行操作，开机参数需两名辐射工作人员确认无误后方可进行；并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。

④严格管理辐射工作人员及巡视、警戒人员，加强人员辐射防护与安全培训，操作训练、应急演练。加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作。现场探伤开机前仔细检查人员是否撤离完全，确保开机前辐射工作人员位于控制区外，公众成员位于监督区外。

(2) 针对探伤室未按要求存放，设备误出束的事故情况

做好设备进出台账记录，定期对使用 X 射线机的安全装置进行维护、保养，对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换，加强对防护警示标志的检查，避免失效。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处理。

### **11.7 实践正当性分析**

## 表 11 环境影响分析

本项目拟配置 X 射线探伤机开展现场 X 射线无损检测业务，是用于对压力管道等工件焊接质量的检验，确保产品使用安全。本项目的建设为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本环评认为该项目使用 X 射线探伤机开展无损检测业务是正当可行的。

### 11.8 产业政策分析

重庆沃菲特科技发展有限公司拟配置的 X 射线探伤机主要用于石油化工、船舶制造、海洋石油、化工机械等企业的压力管道焊缝的无损检测，目的是检测金属结构内部缺陷，以检验施工质量，为优化施工工艺提供数据支撑。本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中第一类鼓励类中第十四项中的第 6 小项“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，属于鼓励类。所以，本项目 X 射线探伤机的使用符合国家的产业政策。

### 11.9 环保投资估算

本项目环保投资估算共约 20 万，占总投资 20%，具体情况见表 11-6。

表 11-6 项目环保投资一览表

序号	辐射安全与防护设施名称	投资（万元）
1	铅橡胶、警戒绳、对讲机、声光报警灯等	5
2	个人剂量报警仪、辐射监测仪等	5
3	人员学习、监测、环评、验收等	10
合计		20

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及辐射工作人员

### (1) 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：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。

重庆沃菲特科技发展有限公司为开展本项目，成立了辐射防护领导小组，指定专人从事辐射环境管理工作。领导小组职责主要涉及公司各项辐射环境管理工作、辐射防护设施检查、防护设备维护，制定辐射事故应急预案，编制企业辐射安全年度评估报告。

### (2) 辐射工作人员配置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条的规定：从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。根据《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），辐射安全与防护培训需求的人员可通过我部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

重庆沃菲特科技发展有限公司 2 名辐射工作人员取得辐射防护与安全培训合格证，其余辐射工作人员在上岗前应取得辐射防护与安全培训合格证，并安排辐射工作人员进行复训。

续表 12 辐射安全管理

## 12.2 辐射安全管理规章制度

### (1) 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件：（六）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、人员培训计划、监测方案等。

重庆沃菲特科技发展有限公司为首次开展核技术利用项目，辐射防护领导小组制定了《探伤安全岗位职责》、《X 射线现场探伤安全操作规程》、《探伤机检修维护制度》、《人员教育培训制度》、《射线装置监测制度》、《探伤设备台帐管理制度》、《现场探伤辐射防护及安全保卫制度》《辐射防护和安全管理制度》。以上制度按照公司内部管理构架、现场探伤工作特点制定，可操作性强，待项目投运前，应组织进行集体的培训学习、建立依制度执行的安全考核机制，在实际工作中不断完善、修订制度。

### (2) 档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立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。建设单位建立辐射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查。符合放射工作人员健康标准的方可上岗。辐射工作单位拟组织上岗后的辐射工作人员定期进行在岗期间的职业健康检查，两次检查的时间间隔不应超过 2 年，同时，辐射工作人员离岗时，公司需组织其进行离岗时的职业健康检查。

### (3) 年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

建设单位制定有《辐射防护和安全管理规章制度》，明确执行年度评估报告制度，项

续表 12 辐射安全管理

目实施后依制度执行。

### 12.3 核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在核技术利用单位的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的辐射防护与安全知识。建设单位应建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在公司内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位应不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

### 12.4 辐射活动能力评价

根据《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的要求，建设单位从事辐射活动的的能力情况见表 12-2 所示。

表 12-2 事辐射活动能力的评价

应具备条件	建设单位拟落实的情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	已建立辐射防护领导小组，专职人员学历为本科。
从事放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。	公司已有部分辐射工作人员取得辐射安全与防护培训合格证，其余人员拟在上岗前考核，持证上岗。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	已制定操作规程，拟配备警戒线、警告牌、声光报警灯等，防止误照射事故发生。
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，包括个人剂量计。	辐射工作人员拟配备个人剂量计、个人辐射报警仪（具备直读功能）。拟配置 2 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪、防护用品等。
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、射线装置使用登	已建立《探伤安全岗位职责》、《X 射线现场探伤安全操作规程》、《探伤机检修

**续表 12 辐射安全管理**

记制度、人员培训计划、监测方案等。	维护制度》、《人员教育培训制度》、《射线装置监测制度》、《探伤设备台帐管理制度》、《现场探伤辐射防护及安全保卫制度》《辐射防护和安全管理制制度》，项目投运前完善修订，并将制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	已制定《辐射事故应急预案》

从表 12-1 可知，建设单位为首次开展核技术利用项目，但已做好部分准备工作，已具备了一定的辐射环境管理能力，但还应在本项目建设完成后运营前，针对本项目野外探伤的工作特点，完善相关管理制度，认真落实上述要求后，建设单位才具备从事本项目辐射活动的的能力。

### 12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。建设单位必须配备相应的监测仪器，每次探伤工作开始前对探伤现场周围环境进行监测。此外，还需要定期对探伤设备、辐射工作人员个人剂量计等进行监测，做好监测记录，存档备查。

本项目辐射监测主要包括现场探伤的分区监测和辐射工作人员的个人剂量检测。

#### 12.5.1 现场探伤的分区及监测

(1) 监测因子：周围剂量当量率。

(2) 监测内容：使用便携式 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。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，划定新的分区界线。

#### 12.5.2 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正确佩戴个人剂量计，定期送检，并将个人剂量检测结果存入档案。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：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

### 12.6 辐射事故应急

## 续表 12 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号）及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，使用 II 类以上（含 II 类）射线装置的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

重庆沃菲特科技发展有限公司目前已制定了放射安全事件应急预案，预案内容包括应急机构组织、应急响应程序等内容，但应完善应急能力的培训、演练和应急响应能力的保持等内容，并定期进行演练。

### 12.6.1 事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即关机断掉电源，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》在事故发生后向主管生态环境部门和当地生态环境部门报告。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。

报告联系电话如下：

重庆沃菲特科技发展有限公司应急值班电话：13 \* \* \* \*

56 重庆市生态环境局 24 小时投诉热线：12369

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

重庆市九龙坡区生态环境局应急值班电话：023-68782352

全国统一报警电话：110

全国统一急救电话：120

### 12.6.2 辐射事故报应急处理措施

（1）发生工作场所辐射事故时，应迅速切断电源，将事故受照人员撤离现场，对可能受到超剂量照射的人员应采取临床检查并根据需要实施医学救治及处理措施，保护事故现场，2 小时内将事故经过报告主管部门。

（2）发生探伤机丢失、被盗事故时，应及时报告并认真配合公安部门进行清查、追缴；

（3）配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故善后工作。

（4）定期进行个人剂量检查、仪器检查，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防治事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

## 12.7 竣工验收

续表 12 辐射安全管理

根据《建设项目环境保护管理条例》，建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设单位应按规定组织自主验收，编制验收报告。本项目竣工环境保护验收一览表见表 12-3。

表 12-3 环境保护验收一览表

序号	验收内容	验收要求	备注
1	设备	2 台便携式定向 X 射线探伤机，额定电压分别为 300kV、250kV。	不发生重大变更
2	环保资料和档案	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
3	环境管理	有辐射环境管理机构，设专人负责，制度上墙。制度包含操作规程、射防护和安全保卫制度、设备保养制度、人员培训计划、监测方案、应急预案等。	制度建立齐全，档案管理规范
4	防护监测设备	个人剂量计（4 枚）、个人剂量报警仪（4 台，具有直读功能）、X-γ 辐射剂量率仪（2 台）	个人剂量计按规定定期进行剂量检定
5	防护用品	现场警戒绳 2 套、警告牌 2 套、声光报警灯 2 套、铅橡胶 2 块、扩音器 2 套	配备齐全
6	人员要求	辐射工作人员需经有关部门组织的辐射安全防护培训并取得合格证，持证上岗，并组织复训	《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》
7	废胶片、定影液、显影液、清洗废水	与四川佳诚油气管道质量检测有限公司签订服务合同，明确工作内容，洗片、胶片存档及危废处置工作由其负责。	《危险废物转移环境管理办法》、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597—2001）（2013 年修订）
8	年有效剂量管理目标值	辐射工作人员：≤5mSv 公众成员：≤0.25mSv	GB18871-2002 及建设单位制定
9	X 射线现场探伤要求	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 将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区	GBZ117-2015

表 13 结论及建议

### 13.1 结论

#### 13.1.1 项目概况

重庆沃菲特科技发展有限公司拟配置 2 台便携式定向 X 射线探伤机（最大管电压分别为 300kV、250kV，最大管电流 5mA）用于全国范围内开展 X 射线无损检测活动。探伤机日常存放在重庆市九龙坡区石坪桥横街 2 号附 4 号钱龙大厦 14-4 仪器室内。公司承接四川佳诚油气管道质量检测有限公司 X 射线无损检测业务，派辐射工作人员至现场探伤工作场所开展 X 射线无损检测，洗片、评片工作由四川佳诚油气管道质量检测有限公司负责。

项目总投资 50 万元，其中环保投资 10 万元。

#### 13.1 实践正当性结论

本项目拟配置便携式定向 X 射线探伤机用于开展现场无损检测活动，其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。

#### 13.2 产业政策符合性结论

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“鼓励类”，符合国家产业政策。

#### 13.3 辐射安全与防护分析结论

建设单位在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，并实行分区管理，设置警戒线和相应的警示标识，有专人负责警戒、巡视和疏散工作。本项目 X 射线探伤机设备自身具有一定的辐射安全与防护措施，保障人员的安全。除此之外，建设单位拟采取探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，使用 X-γ 辐射剂量率仪划分控制区及监督区距离，探伤过程中使用铅橡胶等安全措施。同时建设单位为每名辐射工作人员配置 1 枚个人剂量计，1 台具有直读功能的个人剂量报警仪，工作场所控制区、监督区边界拉警戒绳、设置警告牌；监督区曝光时设置声光报警灯。

综上所述，在落实各项措施后，本项目拟采取的辐射安全与防护措施能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。本项目辐射安全与防护设施是合理可行的。

## 续表 13 结论及建议

### 13.5 环境影响分析结论

#### (1) 控制区与监督区的划分

结合重庆沃菲特科技发展有限公司实际探伤情况对控制区与监督区范围进行了理论计算，按照不同工况对应不同厚度工件探伤时，在不考虑空气衰减的情况下，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 35~102m，监督区边界距离为 87~250m；非主射方向控制区边界距离取 18~83m，监督区边界距离取 45~224m。

#### (2) 剂量估算结果

根据估算，假设一人完成一台探伤机的操作工作，该名辐射工作人员年有效剂量低于年有效剂量管理目标值 5mSv/a，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。估算警戒、巡视人员及监督区外公众成员年有效剂量低于年有效剂量管理目标值 0.25mSv/a，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。

#### (3) 废气环境影响结论

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，现场探伤周围一般为空旷地带，曝光过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。

#### (4) 固废环境影响结论

项目工作人员产生的生活垃圾依托所在办公场所生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。探伤机报废后应对其射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化后交由物资回收单位处置。曝光结束后，洗片及胶片暂存过程产生的废液、废胶片由四川佳诚油气管道质量检测有限公司全权负责处置。

### 13.6 辐射环境管理结论

建设单位成立了辐射防护领导小组，领导小组职责明确；同时制订了辐射事故应急预案，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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，具有一定的辐射环境管理能力。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

综上所述，重庆沃菲特科技发展有限公司只要切实落实本报告表中提出的污染防

### 续表 13 结论及建议

治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，切实有效落实辐射环境安全管理体系，本项目对辐射工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内。从辐射环境保护角度讲，本项目的建设可行。

#### 13.2 建议

因重庆沃菲特科技发展有限公司不具备自行洗片条件，若其余其他单位签订 X 射线检测劳务技术服务合同，应明确洗片及废液处理不由本公司承担。



附图 1·地理位置图