

核技术利用建设项目  
宁夏菲尼特装备工程有限公司  
便携式 X 射线探伤机应用项目  
环境影响报告表  
(送审稿)

建设单位：宁夏菲尼特装备工程有限公司

建设单位法定代表（签名或签章）：

通用地址：贺兰县暖泉工业园区

邮政编码：750205

联系人：王利波

电子邮箱：

联系电话：17395179895

2023 年 10 月

表 1 项目基本情况

建设项目名称		便携式 X 射线探伤机应用项目			
建设单位		宁夏菲尼特装备工程有限公司			
法人代表	孙文	联系人	王利波	联系电话	17395179895
注册地址		贺兰县暖泉工业园区			
项目建设地点		探伤地点：全区各地，不固定 设备暂存点：宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		4	项目环保投资（万元）	4	投资比例（环保投资/总投资） 100%
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"/> 甲 <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			
<p>1.1 建设单位情况及任务由来</p> <p>宁夏菲尼特装备工程有限公司成立于 2003 年，厂区注册地点位于宁夏银川市贺兰县暖泉工业园区，是宁夏泰瑞制药股份有限公司全资子公司。公司持有国家质检总局颁发的 I、II 类压力容器生产许可证，压力管道安装许可证。公司主营化工设备、压力容器、环保设备、各种类型钢结构产品，风电能源产品的设计、制造与安装等等。公司于 2009 年取得了自治区生态环境厅颁发的辐射安全许可证，种类和范围为使用 II 类射线装置。</p> <p>公司原生产地址位于永宁县望远工业园，建设有一座 X 射线探伤室，使用工业 X 射线探伤机。由于位于永宁县望远工业园生产厂址被规划为住宅用地，原生产厂房目前已完成了拆除，公司生产厂址搬迁至贺兰县暖泉工业园区，在新厂址</p>					

新建一座 X 射线探伤室，在原有 X 射线探伤基础上新增 2 台工业 X 射线探伤机，用于各类钢结构的无损探伤工作。目前，随着业务发展和客户需求的提升，建设单位在现有设备基础上拟增加业务范畴，开展 X 射线室外探伤作业，探伤对象主要为对非金属、轻金属、铸造件、各种合金、压力容器等进行 X 射线无损检测以及焊接缺陷（裂纹、气孔、夹渣、未溶合、未焊透等）检测，探伤厚度范围在 20mm-50mm。平时未进行室外探伤作业时，5 台 X 射线探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。宁夏泰胜生物科技有限公司与宁夏菲尼特装备工程有限公司（建设单位）同属宁夏泰瑞制药股份有限公司子公司。

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》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和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和防护管理办法》的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。

本项目涉及使用 II 类射线装置，根据《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，2021 年 1 月 1 日起施行），本项目属于“第五十五项—172 条核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，应编制环境影响报告表。根据《关于印发〈宁夏回族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批规定（2022 年本）〉的通知》（宁环规发〔2022〕6 号），本项目属于“十六、核与辐射—29、除生态环境部审批的，除生产、销售、使用 III 类射线装置项目及使用 IV、V 类放射源项目以外的其他项目。”应报宁夏回族自治区生态环境厅申请审批。因此，宁夏菲尼特装备工程有限公司委托宁夏北国润清生态环境咨询有限公司对该项目开展环境影响评价工作。编制单位接受委托后，通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成《便携式 X 射线探伤机应用项目环境影响报告表》。

## 1.2 产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉有关条款的决定》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 29 号）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家现行产业发展政策。

### 1.3 项目建设情况

#### (1) 项目建设内容与建设规模

建设单位使用 2 台 XXH3005 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、1 台 XXH2005 型（最大管电压为 200kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、1 台 XXGHz3005 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机及 1 台 XXGHz2505 型（最大管电压为 200kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机进行室外探伤作业。本项目拟设置 1 个工作小组，小组年工作时间约 250h。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台及以上探伤机同时探伤的情况，5 台 X 射线探伤机仅进行室外探伤，未进行室外探伤作业时拟存放在宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。探伤对象主要为对非金属、轻金属、铸造件、各种合金、压力容器等进行 x 射线无损检测以及焊接缺陷（裂纹、气孔、夹渣、未溶合、未焊透等）检测，探伤厚度范围在 20mm-50mm。项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1 建设项目组成及主要的环境问题表

主体工程	建设内容及规模		可能产生的环境问题	
			施工期	营运期
X 射线探伤系统	探伤机情况	使用 2 台 XXH3005 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、1 台 XXH2005 型（最大管电压为 200kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机、1 台 XXGHz3005 型（最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机及 1 台 XXGHz2505 型（最大管电压为 250kV、最大管电流为 5mA）周向探伤机进行室外探伤作业。本项目拟设置 1 个工作小组，小组年工作时间约 250h。在实施探伤过程中，不存在同一地点两台及以上探伤机同时探伤的情况，5 台 X 射线探伤机仅进行室外探伤，未进行室外探伤作业时拟存放在宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。	/	X 射线、臭氧
	探伤地点	探伤地点为宁夏全区，不固定		
	曝光时间	1 个工作小组，合计曝光时间约 250h/a		
环保工程	宁夏菲尼特装备工程有限公司在宁夏泰胜生物科技有限公司设置危废暂存间、依托化粪池等；探伤期间依托探伤工程区域生活污水收集与处理设施。		/	
辅助工程	宁夏菲尼特装备工程有限公司在宁夏泰胜生物			洗片废水、废胶片，

	科技有限公司内设置暗室、评片室；根据探伤工程需要在探伤工程区域临时设置暗室、评片室。		废显影液、废定影液
公用工程	依托探伤工程区域公共设施		生活污水、生活垃圾
办公及生活设施	依托探伤工程区域办公及生活设施		/

## (2)项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2 建设项目原辅用料用量表

序号	名称	年用量（单位）	来源	主要化学成分
1	胶片	3000 张/a	外购	卤化银
2	显影液	25kg/a	外购	溴化钾、无水亚硫酸钠
3	定影液	15kg/a	外购	硫代硫酸钠、无水亚硫酸钠
4	探伤用电	1500kWh	依托探伤现场	
5	生活用水	120m <sup>3</sup> /a	依托探伤现场	

## 1.4 本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置的情况见表 1-3

表 1-3 建设项目拟使用的射线装置相关情况

序号	设备型号	类别	数量	投射类型	最大管电压 (KV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	设备来源
1	XXH3005	II	2 台	周向	300	5	无损检测	宁夏全区	现有
2	XXH2005	II	1 台	周向	200	5	无损检测	宁夏全区	现有
3	XXGHz3005	II	1 台	周向	300	5	无损检测	宁夏全区	现有
4	XXGHz2505	II	1 台	周向	250	5	无损检测	宁夏全区	现有

表 1-4 建设项目拟使用的射线装置运行参数

序号	设备型号	投射类型	辐射角度	最大穿透钢板厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)
1	XXH3005	周向	**	**	1~5
2	XXH2005	周向	**	**	1~5

续表 1-4 建设项目拟使用的射线装置运行参数

序号	设备型号	投射类型	辐射角度	最大穿透钢板厚度 (mm)	曝光时间 (min/次)
3	XXGHz3005	周向	**	**	1~5
4	XXGHz2505	周向	**	**	1~5

### 1.5 项目选址、外环境关系及实践正当性分析

#### (1) 建设目的外环境关系及选址合理性分析

本项目探伤地点为全区各地，探伤地点不固定。探伤地点为各地区城区范围外工业建成区内，不在城市周边、人口密集区等环境敏感点开展探伤工作。在评价范围内主要为工程区施工人员，并且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是可以接受的。所以野外探伤选址和布局是合理的。

#### (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。本项目拟在建设工程区施工现场，对设备安装、维护过程中的管件、设备焊缝进行无损检测，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，对射线装置的使用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。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。

### 1.6 劳动定员及工作制度

本项目配备辐射工作人员共 4 名操作人员，均为现有辐射工作人员，年工作时间为 250h。

目前拟设置 1 个野外探伤作业小组。进行野外探伤作业时，由 4 名人员组成一个探伤作业小组，每个小组 2 名人员负责操作，1 名人员负责警戒，1 名人员负

责巡查，本项目辐射工作人员均为现有辐射工作人员，宁夏菲尼特装备工程有限公司可根据今后开展的项目和工作量等实际情况适当增加人员编制。中心的辐射工作人员需通过辐射安全与防护培训班学习，并取得培训合格证书。建设单位应该严格执行辐射工作人员培训制度，培训合格证书到期后，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗。

### 1.7 原有核技术利用情况

#### (1) 公司原有核技术利用项目环评手续履行情况

宁夏菲尼特装备工程有限公司之前在贺兰厂区探伤室内使用 5 台 X 射线探伤机实施探伤作业，该项目已进行环境影响评价并取得宁夏生态环境厅出具的批复（宁环审批[2021]23 号），宁夏菲尼特装备工程有限公司原持有宁夏生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（宁环辐证[N0011]），许可的种类和范围为：使用 II 类射线装置；有效期至 2024 年 5 月 19 日，由于企业搬迁，该证已撤销。

公司现有射线装置见表 1-5。

表 1-5 现有射线装置统计表

序号	设备型号	类别	数量	存放场所	备注
1	XXH3005	II	2 台	宁夏菲尼特装备工程有限公司厂区内	
2	XXH2005	II	1 台		
3	XXGHZ3005	II	1 台		原环评批复为 XXG3005
4	XXGHZ2505	II	1 台		原环评批复为 XXG2005

#### (2) 建设单位辐射工作人员情况

建设单位原持有宁夏生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（宁环辐证[N0011]），许可的种类和范围为：使用 II 类射线装置；有效期至 2024 年 5 月 19 日，由于企业搬迁，该证已撤销。现建设单位欲继续开展探伤作业，建设单位目前登记共有 3 名辐射工作人员，3 人均获得辐射安全与防护培训合格证书，且均在有效期内，持证情况统计见表 1-6。建设单位已为 3 名辐射工作人员建立个人剂量监测档案，每名工作人员均配有个人剂量计，场所配置有个人剂量报警

仪及辐射巡测仪。新增人员及今后工作中拟增加人员编制均需通过辐射安全与防护培训班学习，并取得培训合格证书。中心应该严格执行辐射工作人员培训制度，培训合格证书到期后，组织辐射工作人员及相关管理人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）上参加辐射安全与防护专业知识的学习、考核，考核通过后方可上岗

表 1-6 建设单位辐射工作人员持证情况表

场所	配备人员人数	备注
野外	4 名操作人员，其中 3 名原有人员，1 名新增人员	2020 年 12 月 24 日提交的年度评估报告表显示，**年有效剂量为 0.257mSv，**年有效剂量为 0.169mSv

### (3) 建设单位辐射安全管理情况

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“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的评估报告。”宁夏菲尼特装备工程有限公司原持有宁夏生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（宁环辐证[N0011]），许可的种类和范围为：使用 II 类射线装置；有效期至 2024 年 5 月 19 日，由于企业搬迁，该证已撤销。《辐射安全许可证》（宁环辐证[N0011]）撤销前建设单位按照上述规定在 1 月 31 日前向发证机关提交上一年的评估报告，由于建设单位本次环评后需重新办理辐射安全许可证，因此，今后需按照现行法规标准重新校对核实现有管理制度内容，结合《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》、《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》中的相关要求完善辐射安全事故应急预案，并按照上述规定在 1 月 31 日前向发证机关提交上一年的评估报告。

现建设单位辐射安全管理情况如下：

①现单位名称、地址、法人代表未发生改变，设备存放地点由永宁调整至宁东（宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内）；

②辐射安全许可证所规定的活动种类未发生改变，仍然为“使用 II 类射线装置”，范围将会变为野外探伤；

③放射防护与设施运行、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射应

急处理措施均满足相应规范要求。

④建设单位自从事无损监测工作以来，严格按照国家法律法规进行管理，没有发生过辐射安全事故。

#### **(4) 公司危险废物处理情况**

宁夏菲尼特装备工程有限公司既有 X 射线探伤室项目产生的废显影液、废定影液和废胶片已委托有资质单位收集处置，得到妥善处理。目前，显影后第一二遍洗片废水亦按危险废物进行管理，交由有资质单位收集处理，其余清洗废水经厂区内污水预处理设施处理后排入园区污水处理厂进行最终处理。

#### **1.8 本项目环保设施依托情况**

(1) 本项目探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内，依托现有厂房改造为设备存放室，暗房（洗片）、评片室，依托危废暂存间。

(2) 运营期产生的洗片废水经预处理后，排放入园区污水管网。

(3) 产生的危废依托厂区已建的危废暂存设施暂存（西南角设置 1 间危险废物暂存间），交由有资质单位定期统一清运。根据现场探勘，本项目依托危废暂存间有专门的废显影液、定影液收集贮存容器且分开存放，存放容器及暂存间设置有危险识别标志；废显影液、废定影液贮存容器使用符合标准的容器盛装，容器及材质要满足相应的强度要求，容器完好无损。

**表 2 放射源**

序号	核素名称	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》（GB18871-2002）。

**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	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（含 X 射线 CT 诊断）、分析仪器等。

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (KV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II	2 台	XXH3005	300	5	无损检测	宁夏全区	/
2	X 射线探伤机	II	1 台	XXH2005	200	5	无损检测	宁夏全区	/

3	X射线探伤机	II	1台	XXGHz3005	300	5	无损检测	宁夏全区	/
4	X射线探伤机	II	1台	XXGHz2505	250	5	无损检测	宁夏全区	/

(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
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月）；</li><li>2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月）；</li><li>3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）；</li><li>4. 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 6 月）；</li><li>5. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）；</li><li>6. 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》；</li><li>7. 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令（2021 年 1 月 4 日修订）</li><li>8. 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 5 月）；</li><li>9. 《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》（环发[2006]145 号，原国家环保总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日实施）；</li><li>10. 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发 [2012]77 号，原环保部文件，2012 年 7 月 3 日）；</li><li>11. 《射线装置分类》（原环保部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 66 号）；</li><li>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）；</li><li>13. 《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》（2019 年 2 月）；</li><li>14. 《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》宁夏回族自治区政府办公厅，2022 年 5 月；</li><li>15. 关于印发《自治区生态环境厅核与辐射专业应急救援队伍建设管理方案》的通知，宁夏回族自治区生态环境厅办公室，2022 年 10 月 10 日；</li><li>16. 《宁夏回族自治区高风险移动放射源探伤作业辐射安全监管制度（试行）》，《自治区生态环境厅关于做好辐射安全监督管理问题整改的通知》宁环函[2022]780 号，宁夏回族自治区生态环境厅，2022 年 10 月 25 日。</li></ol>
------	---

<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</li> <li>2. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</li> <li>3. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</li> <li>4. 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</li> <li>5. 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022);</li> <li>6. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014);</li> <li>7. 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GB21848-2008)</li> </ol>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.环境影响评价委托书；</li> <li>2.《辐射防护手册》(第一分册—辐射源与屏蔽,原子能出版社,1987);</li> <li>3.《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》(第三版);</li> <li>4.探伤机说明书；</li> <li>5.建设单位提供的其他资料。</li> </ol>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的格式和内容》(HJ10.1-2016)要求,参照《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)对辐射监测技术要求,文中“通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围的要求(无实体边界项目视具体情况而定,应不低于 100m 的范围)”。

本项目利用现有 5 台 X 射线探伤机在全区开展野外探伤作业工作,多为无固定场所探伤,因此结合本项目的实际特点,确定本项目野外探伤评价范围为以 X 射线探伤机作业点为中心的 250m 范围区域。

### 7.2 保护目标

本项目野外探伤地点不固定,野外探伤室根据本次评价要求划定控制区和监督区,控制区外监督区内的辐射工作人员,监督区外评价范围的公众均为环境保护目标。本项目野外探伤周围保护目标见表 7-1。

表 7-1 保护目标具体分布情况

类型	相对探伤机方位	与探伤机的距离(m)	人数(人)	年剂量约束值(mSv)
职业人员	非主射方向	控制区外, 监督区内	4	5
公众人员	不定	监督区外, 评价范围内	不定	0.25

### 7.3 评价标准

#### 一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

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

类型	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, 则某单一一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

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的安

全。

#### 4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险值的值

根据附录 B 中规定：

##### B1.1 职业照射

###### B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；
- d) 四肢(手和脚)或皮肤的年当量剂量，500mSv。

##### B1.2 公众照射

###### B1.2.1 剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

- a) 年有效剂量，1mSv；
- b) 特殊情况下，若 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；
- c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；
- d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

本项目取年有效剂量限值的四分之一作为年管理剂量约束值，即对工作人员年管理剂量约束值不超过 5mSv，公众年管理剂量约束值不超过 0.25mSv。

## 二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

本标准规定了 X 射线和  $\gamma$  射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用 600kV 及以下的 X 射线探伤机和  $\gamma$  射线探伤机进行的探伤工作(包括固定式探伤

和移动式探伤), 工业 CT 探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损监测参考使用。  
本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

#### 4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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

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

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

#### 5 探伤机的放射防护要求

##### 5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下, 距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求, 在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

5.1.2 工作前检查项目应包括:

- a) 探伤机外观是否完好;
- b) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损;
- c) 液体制冷设备是否有渗漏;
- d) 安全连锁是否正常工作;
- e) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- f) 螺栓等连接件是否连接良好;
- g) 机房内安装的固定辐射检测仪是否正常。

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求:

a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责, 每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作

人员或设备制造商进行;

b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；  
c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；

d) 应做好设备维护记录。

## 7 移动式探伤的放射防护要求

### 7.1 作业前准备

7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。

7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

### 7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15 \mu\text{Sv/h}$  的区域划为控制区。

7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

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

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体

的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

7.2.6 每一个探伤作业班组应至少配备一台便携式 X- $\gamma$  剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

7.2.7 探伤作业期间还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或射线束的方向发生改变时，适时调整控制区的边界。

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

7.2.9 移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止移动式探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或  $\gamma$  射线绕出盘）应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

### 7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和  $\gamma$  射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

### 7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

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

巡查。

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

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。

#### 7.5 移动式探伤操作要求

##### 7.5.1 X 射线移动式探伤

7.5.1.1 周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

7.5.1.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

### 三、《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》

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

第十条 生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当遵守下列规定：

（一）有专门的安全和防护管理机构或者专、兼职人员；

（二）建立安全和防护管理制度，配备必需的防护用品和监测仪器；

（三）按照实践正当化、防护最优化、个人剂量限值的防护原则，采取必要措施，确保人员和环境安全；

（四）对工作人员进行安全与防护知识培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗；

（五）对工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案；

（六）按照国家有关辐射监测规范，每年对工作场所及周围环境进行监测。

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

年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

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

#### 四、本项目管理目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》对宁夏菲尼特装备工程有限公司便携式 X 射线探伤机应用项目设定的管理目标为：

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

●辐射剂量控制水平：职业人员年有效剂量不超过 5mSv；公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

相关标准限值要求见表 7-3。

表 7-3 相关标准限值要求

分类	限值要求			参照标准
	类别	剂量限值	剂量约束值	
年有效剂量	职业照射	20mSv	5mSv	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）
	公众照射	1mSv	0.25mSv	
	控制区剂量当量率	>15 $\mu$ Sv/h		
射线装置外剂量率	监督区剂量当量率	(2.5-15) $\mu$ Sv/h 之间		《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）
	监督区外剂量当量率	< 2.5 $\mu$ Sv/h		

#### 五、其他应执行的环境保护标准

##### 1、环境质量标准

(1) 环境空气：执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中相关标准要求；

(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) 废气：废气根据所处探伤区域功能区执行该区域《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中相应标准；

(2) 废水：污水根据所处探伤区域污水排放条件执行该区域《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中相应标准；

(3) 噪声：噪声根据所处探伤区域功能区执行该区域《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）或《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）相应标准；

(4) 一般固体废物严格按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020年修订本）》（主席令第四十三号）中相关规定执行；本项目生产过程涉及危险废物的产生、收集、贮存、处置等过程，其中危险废物收集、贮存等过程执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求及《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）要求；

## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 环境质量和辐射现状

本项目为工业 X 射线探伤机野外探伤项目，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。因本项目野外探伤地点遍布全区各地，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。

根据《2022 年宁夏生态环境状况公报》2022 年，宁夏全区 6 个辐射环境自动监测站测量的连续 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率与 2021 年相比无显著性差异。空气中铯-90、铯-137、碘-131 等人工放射性核素处于正常水平。

宁夏黄河水系出入境断面、重点湖泊河流、地下水放射性核素活度浓度与全国同期平均水平相比未超正常方位，水源地饮用水总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 放射性活度浓度均低于《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)中规定的放射性指标指导值。

全区土壤中 $\gamma$ 核素均为环境正常水平。

## 表 9 项目工程分析与源项

### 9.1 工程设备

建设单位拟使用 5 台 X 射线探伤机，型号分别为 XXH3005（周向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）2 台、XXH2005（周向机，最大管电压为 200kV，最大管电流为 5mA）的 X 射线探伤机 1 台，型号分别为 XXGHZ3005（周向机，最大管电压为 300kV，最大管电流为 5mA）、XXGHZ2505（周向机，最大管电压为 250kV，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 25m。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机外观图

表 9-1 X 射线探伤机主要设备配置及主要技术参数

序号	射线装置名称及型号	类别	数量	型号	最大管电压 (KV)	最大管电流 (mA)	最大穿透厚 A3 钢 (mm)	生产厂家	投射类型	靶材料
1	X 射线探伤机	II	2 台	XXH 3005	300	5	**	丹东荣华射线仪器仪表有限公司	周向	钨
2	X 射线探伤机	II	1 台	XXH 2005	200	5	**		周向	钨
3	X 射线探伤机	II	1 台	XXG Hz30 05	300	5	**		周向	钨

4	X射线探伤机	II	1台	XXG Hz25 05	250	5	**		周向	钨
---	--------	----	----	-------------	-----	---	----	--	----	---

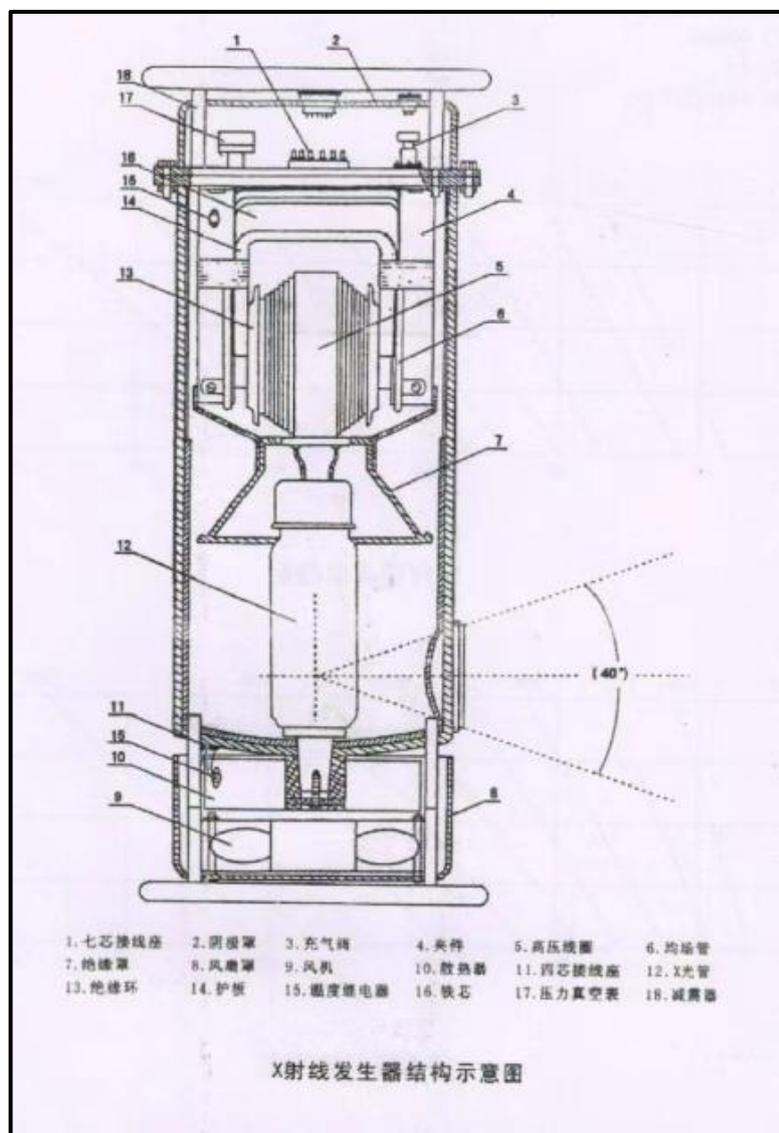


图 9-2 本项目 X 射线探伤机 X 射线发生器结构示意图

## 9.2 工艺分析

### 9.2.1 施工期工艺分析

本项目为野外探伤，探伤作业完成后，探伤机送回宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内设备存放室存放。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。

### 9.2.2 运营期工作流程及产污环节分析

本项目拟使用 5 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。

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 9-3。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 9-4。

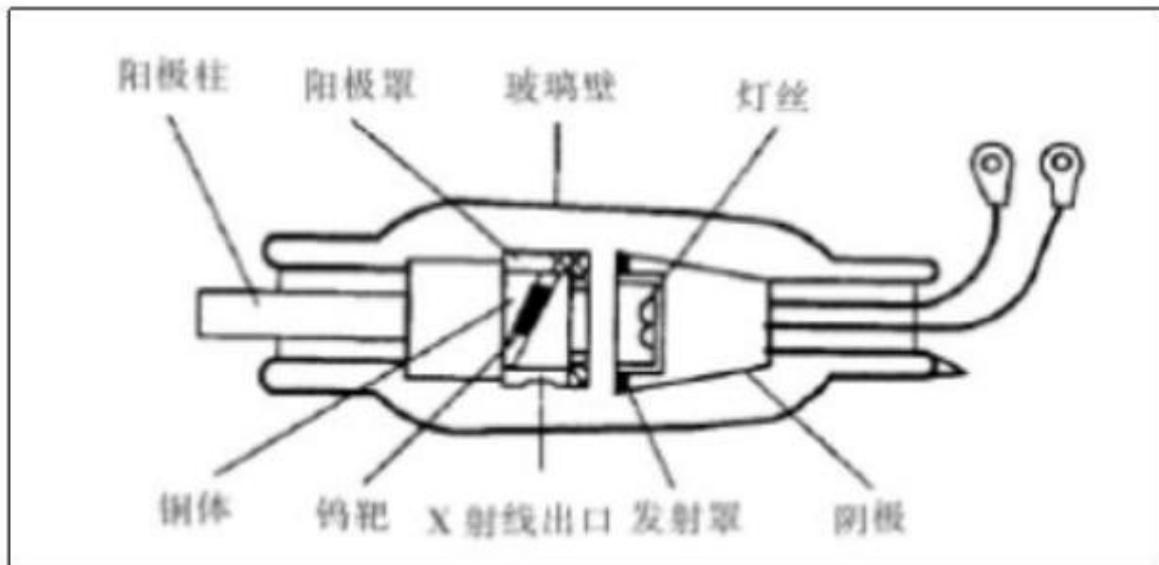


图 9-3 X 射线管结构示意图

### 9.2.3 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余量，通常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。钢板焊缝厚度较小，设置的管电压管电流也随之较小。

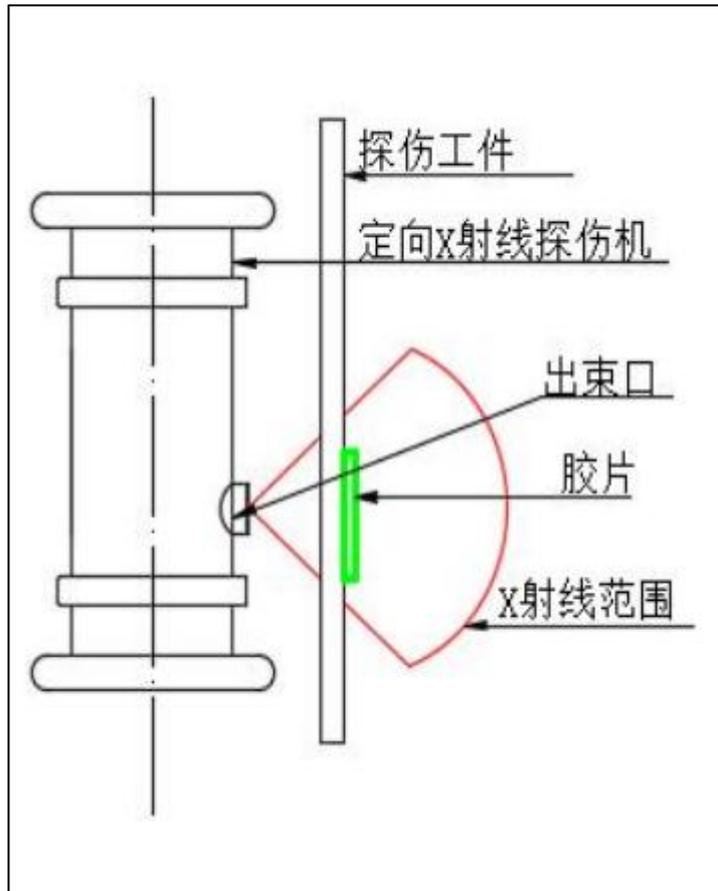


图 9-4 常见 X 射线探伤机照射工件示意图

本项目探伤范围为全区各地，探伤对象为施工安装现场的各类工件焊缝，对工件超声波检测过的焊缝进行抽检。本项目共配置 1 个工作组，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。根据建设单位提供资料，各类型 X 射线探伤机全年合计出束时间共为 250h。

### 9.3 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。

## 9.4 野外探伤操作流程

### 9.4.1 人员配置

建设单位拟为本项目配备 4 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。辐射安全管理人员统筹整个野外探伤工作，检查现场的辐射安全措施是否到位，对操作人员的操作是否规范进行监督以及定期组织相关人员进行辐射防护专业培训。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。

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 25m，工作人员操作位距探伤机最大为 23m，能够满足相关要求。

### 9.4.2 项目流程及产污环节

项目野外探伤工艺路程及产污环节见图 9-5。

(1) 设备出库。根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，打开库房，在出入库台账上登记，经过库房管理员确认后，领取设备。

(2) 运输。采用专用车辆运输设备至探伤地点，确保运输过程中设备的安全。

(3) 探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制监督区范围、探伤单位名称、负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容。同时对工作场所进行分区管理，在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入 X 射线区”，在监督区边界上设警戒线、“无关人员禁止入内”的警示牌，

由辐射工作人员负责现场巡视及监督检查，清除控制区和监督区范围内的非探伤工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

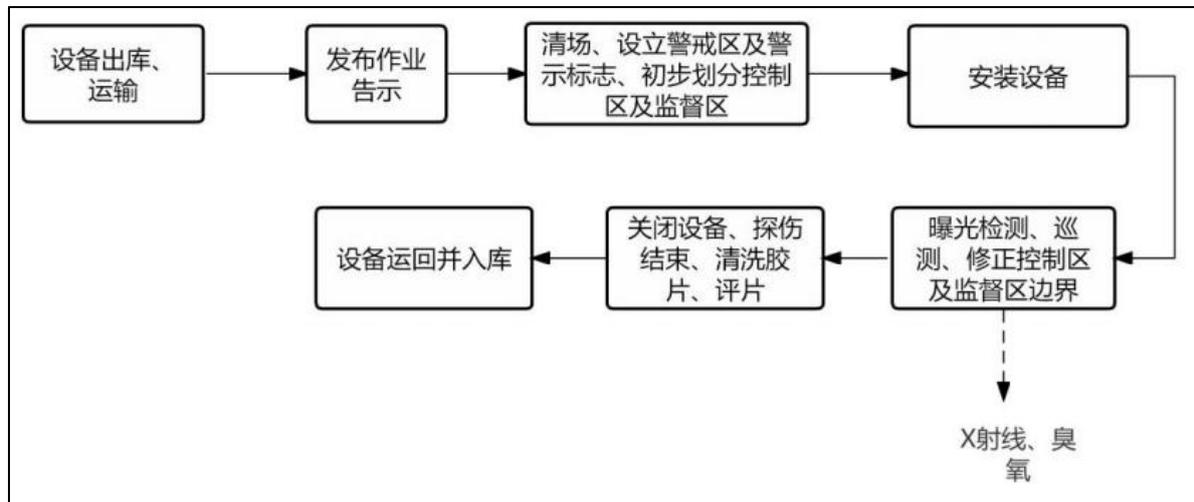


图 9-5 X 射线探伤机野外探伤工艺流程及产污环节示意图

(4) 设备操作人员检查设备，确认无误后，携设备登塔，采用固定夹将设备固定在需要探伤工件的区域，探伤机主射方向竖直向上或平行地面。

(5) 曝光检测。开机进行曝光，项目现场作业时，工作人员将设备安装固定好之后撤离至控制区外的区域，设备操作人员则位于控制区外远程操作设备。现场作业人员均佩戴个人剂量计和剂量警报仪，监护人员确认场内及周边无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作和数据采集人员开机进行试曝光，现场监护人员使用便携式辐射监测仪进行巡测，一旦发现辐射水平异常、分区不合理，应立即停止射线出束，调整分区。对划定的非主射方向的控制区和监督区进行修正，保障工作人员操作现场的空气比释动能率小于  $15\mu\text{Gy/h}$ ，公众位于空气比释动能率小于  $2.5\mu\text{Gy/h}$  的区域之外。

(6) 探伤结束，关闭机器，清理完现场后解除警戒，工作人员离场。

(7) 胶片清洗、评片等工作的开展。

(8) 设备运输回并入库，专用车辆运输设备至仓库，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

#### 9.4 污染源项描述

(1) X 射线

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，污染途径是 X 射线外照射。

#### (2) 废气

本项目射线装置在出束过程中会电离空气中的氧气产生臭氧，由于本项目产生的臭氧量很小，且臭氧化学性质活泼，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

#### (3) 废水

清洗胶片时产生洗片废水约  $2.5\text{m}^3/\text{a}$ ，工作人员生活污水产生量约  $0.32\text{m}^3/\text{d}$ 。

#### (4) 固体废物

工作人员产生的生活垃圾约  $2\text{kg}/\text{d}$ 。本项目拍片完成后，在洗片过程中将产生废显影液约  $25\text{kg}/\text{a}$ 、废定影液约  $15\text{kg}/\text{a}$ ，在评片过程中将产生废弃胶片约  $50$  张/a。该废显影液、废定影液和废胶片属于感光材料危险废物，其危废编号为 HW16，在危废储存桶外需贴上标识，分区域存放。

#### (5) 噪声

本项目设备运行过程中无噪声影响。

综上所述，确定本项目主要为 X 射线的电离辐射影响。

## 表 10 辐射安全与防护

### 10.1 项目安全设施

#### 10.1.1 平面布局合理性分析

无野外探伤作业时，5 台 X 射线探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。设备储存间内设置有视频监控系统，采用双人双锁制度，钥匙由专门的辐射工作人员分别保管。

本项目野外探伤平面布置主要根据施工工地外环境进行布置，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对象，无任何人员居留，探伤工作人员在监督区探伤机漏射方向居留，整个监督区将进行清场，无任何非辐射工作人员居留。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，平面布置是合理的。

#### 10.1.2 分区原则和区域划分情况

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。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》(GBZ117-2022)要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。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。一般应将作业场所中周围剂量当量率大于  $15\mu\text{Sv/h}$  的范围内划为控制区，控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 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。应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并设置专人警戒。

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 项目控制区和监督区划分与管理表**

设备型号	投射类型	控制区管控范围	监督区管控范围
XXH3005	周向(物件内部)	距离探伤机 0m-23m 范围区域内	距离探伤机 23m-55m 范围区域内
	定向	主射方向	距离探伤机 23m-55m 范围区域内
		非主射方向	距离探伤机 0m-3m 范围区域内

XXH2005	周向(物件内部)		距离探伤机 0m-6m 范围区域内	距离探伤机 6m-14m 范围区域内
	定向	主射方向	距离探伤机 0m-6m 范围区域内	距离探伤机 6m-14m 范围区域内
		非主射方向	距离探伤机 0m-3m 范围区域内	距离探伤机 3m-4m 范围区域内
XXGHz3005	周向(物件内部)		距离探伤机 0m-23m 范围区域内	距离探伤机 23m-55m 范围区域内
	定向	主射方向	距离探伤机 0m-23m 范围区域内	距离探伤机 23m-55m 范围区域内
		非主射方向	距离探伤机 0m-11m 范围区域内	距离探伤机 11m-23m 范围区域内
XXGHz2505	周向(物件内部)		距离探伤机 0m-5m 范围区域内	距离探伤机 5m-12m 范围区域内
	定向	主射方向	距离探伤机 0m-5m 范围区域内	距离探伤机 5m-12m 范围区域内
		非主射方向	距离探伤机 0m-7m 范围区域内	距离探伤机 7m-17m 范围区域内
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、电离辐射警告标志牌，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，该区设置电离辐射警告标志牌，经常进行剂量监督，限制公众进入该区域，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。

根据表 10-1 划分的两区管控范围见图 10.1.

### 10.1.3 辐射防护情况及设备固有安全性分析

#### (1) X 射线探伤机存放安全防护措施

无野外探伤作业时，5 台 X 射线探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。设备储存间内设置有视频监控系统，采用双人双锁制度，钥匙由专门的辐射工作人员分别保管。

#### (2) 设备固有安全性分析

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，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。

③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，在休息阶段将不理睬任何按键，所有指示灯均熄灭，停止探伤作业。

④设备停止工作一定时数以上，再使用时要进行训机操作后才可使用，避免 X 射线发生器损坏。

⑤过失电流保护：设备带有过电流保护继电器，当管电流超过额定值或高压对地放电时，设备会自动切断高压；当管电压低于相关限值时，自动切断高压。

⑥过电压保护：设备带有过电压保护继电器，当高压超过额定值时，自动切断高压。

### （3）野外探伤安全防护措施

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

#### ①制定野外探伤工作方案

接受现场探伤任务后，在野外探伤作业前，按项目应制定现场探伤工作方案，该工作方案主要包括探伤工况、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。工作期间做好相关记录，与方案一同存档备查。具体内容包括：

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

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

c.确定监测方案：根据每次探伤的具体工况明确监测点位、监测设备、监测指标及频次，预先制定监测结果记录表格。监测点位至少应考虑控制区边界、

监督区边界以及探伤操作人员位置等，应在探伤操作前测一次，操作期间测一次。

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

e.明确职责和分工：明确工作人员的分工计划，如探伤操作人员名单及其职责等。警戒人员主要负责控制区和监督区的划定与控制，场所限制区域的人员管理，场所辐射剂量水平监测以及警戒等安全相关工作。

f.实施异地野外探伤作业备案制度，跨市异地开展工业 X 射线野外（室外）探伤时，项目单位应当于射线装置转移前 5 个工作日，持有效的辐射安全许可证正本、副本复印件，向转入地市环境保护主管部门提交使用计划和作业方案（以下简称报备方案）。报备方案内容包括：I.作业所涉项目名称，时间和详细地点，作业工期，作业活动内容。II.使用射线装置的名称、型号、类别、数量。放射源与射线装置暂存及安保和辐射防护措施。配备监测设备名称、型号数量等。III.辐射安全负责人姓名、联系电话和职务，操作人员名单及其辐射安全与防护培训合格证书复印件。IV.单位制定的辐射安全与防护相关规章、制度。作业活动操作规程、人员岗位职责、辐射应急预案（包括项目所在地环保部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。

g.在活动结束后 10 个工作日内，应当向转入地市生态环境主管部门办理备案注销手续和提交辐射安全评估报告。辐射安全评估报告内容主要包括：作业活动执行情况；作业期间对各项辐射安全防护措施及管理要求的履行情况；报备方案（包括人员、射线装置数量等）是否变更及其说明；生态环境部门检查要求落实情况；异常情况说明；现场辐射环境监测情况；明确是否存在违规操作，是否造成环境污染。

## ②探伤作业前进行公示

在探伤作业前，应在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公告牌。公告牌中应包括辐射安全许可证，公司法人，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地生态环境主管部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于 2m<sup>2</sup>，公告信息应采取喷绘（印刷）的方式制作，应具备防水、防风等抵御外界

影响的能力，确保信息的清晰辨识。公告信息如发生变化应重新制作，禁止对安全信息公告牌进行涂改、污损。

### ③内部管理机构和规章制度

本野外探伤作业辐射环境安全内部管理机构和规章制度，逐级落实野外探伤作业的辐射安全责任制。要制定有针对性的辐射事故应急预案，并明确项目所在地生态环境主管部门、公安部门、卫生部门联系方式。每次野外探伤作业完成后，要按照“一事一档”的要求建立辐射安全与防护档案，需要归档的材料应包括以下内容：

a 作业活动开始前报备方案、作业活动结束后的辐射安全评估报告；

b 环保部门现场检查记录及整改要求落实情况；

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

d 作业活动期间异常情况的说明，以及需要记录的其它有关情况。

### ④探伤分组及个人防护

建设单位的在探伤作业前开展制定探伤工作方案、张贴探伤作业公告、划定控制区和监督区、清场、个人防护等准备工作。至少保证每个野外探伤作业组开展作业时有 1 台便携式 X 辐射剂量监测仪、若干警示标志、警戒绳。同时，还要为每名操作人员配备一台个人剂量计，个人剂量计应编号并定人佩戴，定期送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案。

⑤探伤机从存放库房出库进行野外作业、野外探伤完毕送回仓库时都需进行登记，严格做好记录管理工作，探伤机出库作业前辐射工作人员需报相关领导批准后方可出库开展探伤作业，探伤机在野外探伤完毕后，探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。

### ⑥探伤时辐射防护工作

探伤准备：探伤机架安装完毕后，再一次对探伤区和防护区进行清场；除探伤机操作人员外，其余工作人员与安全检查员一道分别在监督区边界指定位置放置警示牌，严禁无关人员进入该区域。探伤操作：进行探伤时，如果探

伤机连接线长度不够，采取设定时间后自动开机曝光操作，一般最长可设定 3min 待定时间，操作人员可在该段时间内退至控制区距离外或屏蔽体内，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴铅防护服。

在野外探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。

#### 10.1.4 辐射安全防护设施对照分析

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第 18 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）、《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（生态环境部，2020 年 2 月），《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》相关要求，将本项目的设施、措施进行对照分析，见表 10-2。

**表 10-2 本项目辐射安全防护设施对照分析表**

具体要求	本项目实施情况
作业公告：作业时间、作业地点、作业内容、拟采取辐射防护措施	已有
安全信息公示牌：面积不小于 2m <sup>2</sup> ，公示内容：辐射安全许可证、公司法人姓名、环保监督举报电话、辐射安全负责人姓名及照片、操作人员姓名、照片及资质证书、现场安全员姓名、照片及资质证书	已有
场所分区	已有
放射性警示标志和警戒线	已有
场所边界文字说明、声音、光电等警示（野外探伤）	已有
专人看守、巡查	已有
4mmPb 移动屏蔽措施（铅屏风等）	拟实施
准直器	已有
便携式辐射剂量监测仪	已有
个人剂量报警仪	已有
个人剂量计	已有
个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等）	已有

建设单位按照表 10-2 中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。

#### 10.1.5 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，本项目总投资 4 万元，环保投资 4 万元，占总投资的 100%。环保设施（措施）及其投资估算见表 10-3。

表 10-3 环保设施（措施）及投资估算一览表

分类	环保设施	数量	投资 (万元)	
屏蔽防护	满足辐射防护要求的铅罩	/	已有	
场所设施	射线装置监督区、控制区标识、电离辐射标志、警戒线、声光警示灯等	若干		
	准直器	1 套		
	对讲机	2 个		
	4mmPb 移动式铅屏风	4 个		
	监控摄像头、红外报警装置	2 套		
监测设备	便携式 X-γ剂量率仪	3 台		
	个人剂量报警仪（有监测功能）	3 台		
应急物资	铅衣	4 套		
	长柄夹	1 支		
	应急铅箱	1 个		
	灭火器	若干		
新增设置/措施	4mmPb 移动式铅屏风	4 个		1.0
	便携式 X-γ剂量率仪	1 台		1.2
	个人剂量报警仪（有监测功能）	1 台	0.2	
	对讲机	2 台	0.1	
	喊话器、指示灯、声音提示装置、警告牌等	12 套	1.5	
合计			4	

本项目无新增设备，设备停用时的存放点、危险废物暂存间均依托宁夏泰胜生物科技有限公司。宁夏泰胜生物科技有限公司与宁夏菲尼特装备工程有限公司（建设单位）同属宁夏泰瑞制药股份有限公司子公司。本次新增总投资 4 万元，全部为环保投资。今后建设单位在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合实际情况对环保设施做补充，使之更能满足实际需要。建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

## 10.2 三废的治理

### 10.2.1 废气

X 射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧，项目探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的  $O_3$  气体经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。

### 10.2.2 固体废物

工作人员产生的生活垃圾约 2.0kg/d，依托工程作业区域环保设施进行处理。

### 10.2.3 废水

本项目工作人员产生的生活污水为  $0.32m^3/d$ ，清洗胶片产生的废水为  $2.5m^3/a$ ，依托已有废水处理设施进行处理，对周围环境产生的影响小。

### 10.2.4 危险废物

本项目产生的废显影液约 25kg/a、定影液约 15kg/a，废胶片约 50 张/a，根据生态环境部和国家发展改革委联合发布《国家危险废物名录（2021 年版）》中的危险废物划分类别，废显影液、定影液及胶片属于编号为 HW16 的危险废物。探伤过程中产生的所有危险废物收集后暂存于危废暂存间内，定期交由有资质的单位处理，不外排。

表 11 环境影响分析

11.1 建设或安装阶段对环境的影响

本项目无野外探伤作业时，5 台 X 射线探伤机存放于宁夏泰胜生物科技有限公司厂区内。本项目野外探伤作业无施工期，不存在施工期环境影响。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目使用 2 台 XXH3005 型周向探伤机、1 台 XXH2005 型周向探伤机、1 台 XXGHz3005 型周向探伤机及 1 台 XXGHz2505 型周向探伤机进行野外探伤作业，5 台探伤机年野外探伤累计曝光时间最多为 250h。周向式探伤机用于移动式探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

11.2.1 野外探伤控制区和监督区的理论划分

在实际探伤过程中，射线能量根据被检工件的厚度进行调节，根据不同的工件厚度，操作人员会设置不同的管电压以及管电流。工件厚度较小，设置的管电压管电流也随之较小。本项目保守按照最大管电压，最大管电流进行理论预测，则 XXH3005 型周向探伤机在满功率运行的情况下保守考虑 40mm 工件厚度的屏蔽作用；XXH2005 型周向探伤机在满功率运行的情况下保守考虑 20mm 工件厚度的屏蔽作用；XXGHz3005 型周向探伤机在满功率运行的情况下保守考虑 40mm 工件厚度的屏蔽作用；XXGHz2505 型周向探伤机在满功率运行的情况下保守考虑 30mm 工件厚度的屏蔽作用。根据建设单位提供资料，本项目主射方向大部分朝向地面，只有个别情况当待检测工件不满足相关探伤条件时，探伤方式才会改为朝向天空，因此本次计算选用主射方向朝向地面这一普遍情况。

(1) 划分依据

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中的相关要求，X 射线野外探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，对控制区、监督区的划分原则为：控制区边界外 X 射线周围剂量当量率应不大于  $15\mu\text{Sv/h}$ ；监督区位于控制区外，其边界 X 射线周围剂量当量率应不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此为建设单位野外作业控制区、监督区的划分进行理论计算。野外探伤作业时，建设单位设置铅屏风进行防护。

(2) 理论计算

① 有用线束

根据《辐射防护导论》（方杰主编，P69，式 3.1），在距离靶  $r$  (m) 处由 X 射线探伤机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率计算公式如下：

$$D_1 = I\delta_x/r^2 \dots\dots\dots (式 1)$$

$$D_2 = B \times D_1 \dots\dots\dots (式 2)$$

公式中：

$D_1$ —未经工件屏蔽前空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

$D_2$ —经工件屏蔽后空气吸收剂量率， $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ ；

$I$ —管电流，mA，本项目 5 台探伤机的最大管电流均为 5mA；

$\delta_x$ —发射率常数， $\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014，表 B.1），本项目 XXH3005 型周向探伤机保守取 20.9，XXH2005 型周向探伤机保守取 28.7，本项目 XXGHZ3005 型周向探伤机保守取 20.9，XXGHZ2505 型周向探伤机保守取 16.5；

$r$ —参考点距 X 射线管焦斑的距离 m；

$B$ —透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014，图 B.1），取等效铅当量的对应值；

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 40mm 钢板对应铅当量为 4.7mm，200kV 下 20mm 钢板对应铅当量为 1.6mm，250kV 下 30mm 钢板对应铅当量为 2.8mm。本项目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。

Material	Material density (kg m <sup>-3</sup> )	Material thickness (cm)	cm lead equivalent at applied kilovoltages of							
			50	75	100	150	200	250	300	400
Clay brick <sup>b</sup>	1 600	10	0.06	0.08	0.09	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13
		20	0.14	0.17	0.19	0.17	0.17	0.23	0.30	0.45
		30	0.22	0.27	0.31	0.26	0.26	0.40	0.55	0.85
		40	—	0.38	0.45	0.37	0.37	0.60	0.83	1.27
		50	—	—	—	0.48	0.48	0.81	1.13	1.71
Barytes plaster or concrete <sup>b</sup>	3 200	1.0	0.09	0.15	0.18	0.09	0.07	0.06	0.06	0.08
		2.0	0.18	0.27	0.33	0.18	0.14	0.13	0.14	0.16
		2.5	0.23	0.33	0.40	0.22	0.17	0.17	0.18	0.20
		5.0	—	—	—	0.43	0.34	0.36	0.39	0.43
		7.5	—	—	—	0.59	0.50	0.56	0.61	0.68
		10.0	—	—	—	—	0.68	0.77	0.84	0.95
		12.5	—	—	—	—	—	—	1.08	1.21
Steel <sup>c,d</sup>	7 800	0.1	—	0.01	0.02	0.01	0.01	—	—	—
		0.2	—	0.03	0.03	0.02	0.02	—	—	—
		0.3	—	0.05	0.05	0.03	0.03	—	—	—
		0.4	—	0.07	0.07	0.04	0.04	—	—	—
		0.5	—	0.09	0.09	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04
		1.0	—	—	—	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09
		2.0	—	—	—	0.17	0.16	0.17	0.19	0.24
		3.0	—	—	—	0.25	0.23	0.28	0.33	0.43
		4.0	—	—	—	0.33	0.30	0.38	0.47	0.65
		5.0	—	—	—	0.40	0.37	0.49	0.63	0.88

图 11-1 低能 X 射线中各种材料的铅当量

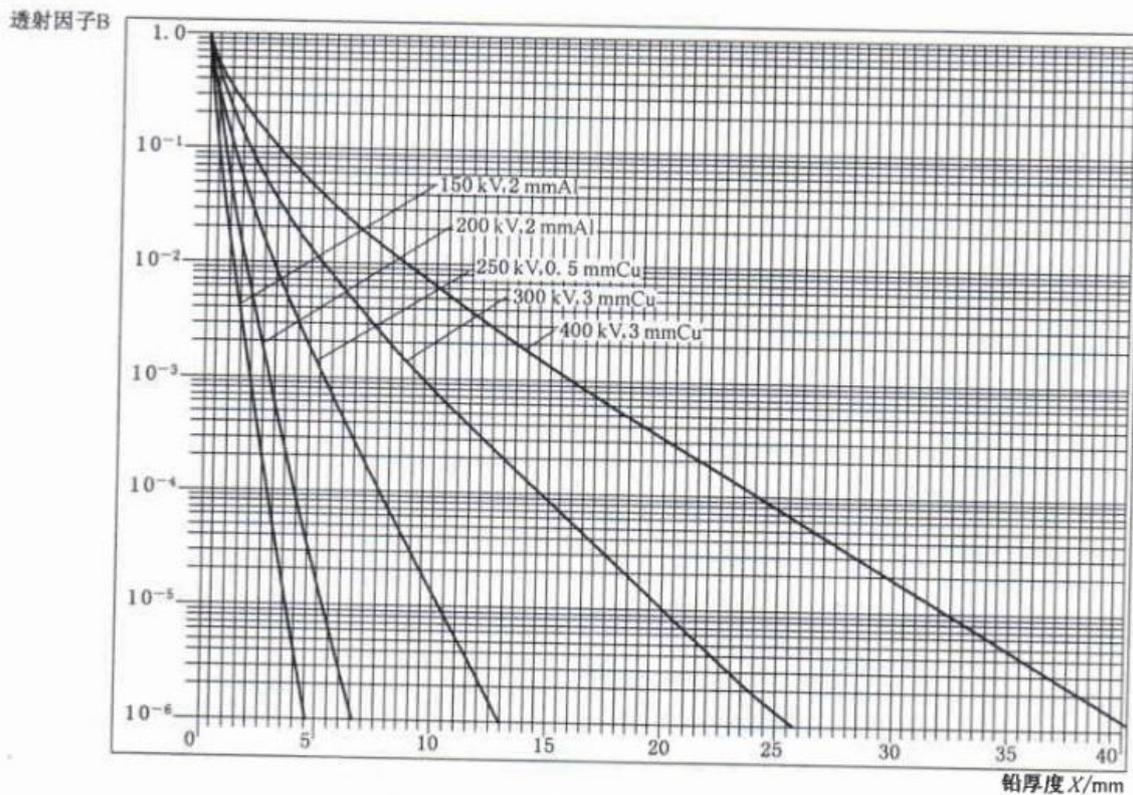


图 11-2 X 射线穿过铅的透射

透射因子一览表详见表 11-1。

表 11-1 射线装置四周漏射辐射屏蔽厚度计算结果表

探伤机型号	射线类型	屏蔽材料	透射因子	理论计算屏蔽厚度 (mmPb)
XXH3005	主射方向	40mm 钢	0.012	4.7
XXH2005	主射方向	20mm 钢	0.005	1.6
XXGHZ3005	主射方向	40mm 钢	0.012	4.7
XXGHZ2505	主射方向	30mm 钢	0.008	2.8

②主射线方向剂量率估算

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

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，本项目最大管电流均为 5mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中取值；

$B$ ：屏蔽透射因子，取值见详见表 11-1；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

根据上述数据计算结果见下表：

表 11-2 XXH3005、XXH2005 不同距离主射方向空气吸收剂量计算表( $\mu\text{Sv/h}$ )

距射线靶的距离(m)	XXH3005		XXH2005	
	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡(4mmPb)	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡(4mmPb)
5	1.50E+04	3.01E+02	8.61E+03	1.72E+01
6	1.05E+04	2.09E+02	5.98E+03	<b>1.20E+01</b> (控制区)
10	3.76E+03	7.52E+01	2.15E+03	4.31E+00
14	1.92E+03	3.84E+01	1.10E+03	<b>2.20E+00</b> (监督区)
15	1.67E+03	3.34E+01	9.57E+02	1.91E+00
20	9.41E+02	1.88E+01	5.38E+02	1.08E+00

23	7.11E+02	<b>1.42E+01</b> (控制区)	4.07E+02	8.14E-01
30	4.18E+02	8.36E+00	2.39E+02	4.78E-01
40	2.35E+02	4.70E+00	1.35E+02	2.69E-01
50	1.50E+02	3.01E+00	8.61E+01	1.72E-01
55	1.24E+02	<b>2.49E+00</b> (监督区)	7.12E+01	1.42E-01
60	1.05E+02	2.09E+00	5.98E+01	1.20E-01
70	7.68E+01	1.54E+00	4.39E+01	8.79E-02
80	5.88E+01	1.18E+00	3.36E+01	6.73E-02
90	4.64E+01	9.29E-01	2.66E+01	5.31E-02
100	3.76E+01	7.52E-01	2.15E+01	4.31E-02
110	3.11E+01	6.22E-01	1.78E+01	3.56E-02
120	2.61E+01	5.23E-01	<b>1.49E+01</b> (控制区)	2.99E-02
130	2.23E+01	4.45E-01	1.27E+01	2.55E-02
140	1.92E+01	3.84E-01	1.10E+01	2.20E-02
150	1.67E+01	3.34E-01	9.57E+00	1.91E-02
160	<b>1.47E+01</b> (控制区)	2.94E-01	8.41E+00	1.68E-02
170	1.30E+01	2.60E-01	7.45E+00	1.49E-02
180	1.16E+01	2.32E-01	6.64E+00	1.33E-02
190	1.04E+01	2.08E-01	5.96E+00	1.19E-02
200	9.41E+00	1.88E-01	5.38E+00	1.08E-02
250	6.02E+00	1.20E-01	3.44E+00	6.89E-03

表 11-3 XXGHz3005、XXGHz2505 不同距离主射方向空气吸收剂量计算表( $\mu$  Sv/h)

距射线靶的距离(m)	XXGHz3005		XXGHz2505	
	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡 (4mmPb)	无铅屏风遮挡	有铅屏风遮挡 (4mmPb)
5	1.50E+04	3.01E+02	7.92E+03	<b>1.43E+01</b> (控制区)
10	3.76E+03	7.52E+01	1.98E+03	3.56E+00

12	2.61E+03	5.23E+01	1.38E+03	<b>2.48E+00</b> (监督区)
15	1.67E+03	3.34E+01	8.80E+02	1.58E+00
20	9.41E+02	1.88E+01	4.95E+02	8.91E-01
23	7.11E+02	<b>1.42E+01</b> (控制区)	3.74E+02	6.74E-01
30	4.18E+02	8.36E+00	2.20E+02	3.96E-01
40	2.35E+02	4.70E+00	1.24E+02	2.23E-01
50	1.50E+02	3.01E+00	7.92E+01	1.43E-01
55	1.24E+02	<b>2.49E+00</b> (监督区)	6.55E+01	1.18E-01
60	1.05E+02	2.09E+00	5.50E+01	9.90E-02
70	7.68E+01	1.54E+00	4.04E+01	7.27E-02
80	5.88E+01	1.18E+00	3.09E+01	5.57E-02
90	4.64E+01	9.29E-01	2.44E+01	4.40E-02
100	3.76E+01	7.52E-01	1.98E+01	3.56E-02
110	3.11E+01	6.22E-01	1.64E+01	2.95E-02
120	2.61E+01	5.23E-01	<b>1.38E+01</b> (控制区)	2.48E-02
130	2.23E+01	4.45E-01	1.17E+01	2.11E-02
140	1.92E+01	3.84E-01	1.01E+01	1.82E-02
150	1.67E+01	3.34E-01	8.80E+00	1.58E-02
160	<b>1.47E+01</b> (控制区)	2.94E-01	7.73E+00	1.39E-02
170	1.30E+01	2.60E-01	6.85E+00	1.23E-02
180	1.16E+01	2.32E-01	6.11E+00	1.10E-02
190	1.04E+01	2.08E-01	5.48E+00	9.87E-03
200	9.41E+00	1.88E-01	4.95E+00	8.91E-03
250	6.02E+00	1.20E-01	3.17E+00	5.70E-03

③泄露方向剂量率估算

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 2}$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）表 1 可知，最大管电压 300kV 及 250kV 条件下，取值均为 5mSv/h；最大管电压 250kV 条件下，取值为 2.5mSv/h。

$B$ ：屏蔽透射因子，无屏蔽时取值为 1；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

**表 11-4 不同距离漏射方向空气吸收剂量计算表( $\mu\text{Sv/h}$ )**

距射线靶的距离(m)	XXH3005	XXH2005	XXGHz3005	XXGHz2505
5	2.00E+02	1.00E+02	2.00E+02	2.00E+02
10	5.00E+01	2.50E+01	5.00E+01	5.00E+01
15	2.22E+01	1.11E+01	2.22E+01	2.22E+01
20	1.25E+01	6.25E+00	1.25E+01	1.25E+01
30	5.56E+00	2.78E+00	5.56E+00	5.56E+00
40	3.13E+00	1.56E+00	3.13E+00	3.13E+00
50	2.00E+00	1.00E+00	2.00E+00	2.00E+00
60	1.39E+00	6.94E-01	1.39E+00	1.39E+00
70	1.02E+00	5.10E-01	1.02E+00	1.02E+00
80	7.81E-01	3.91E-01	7.81E-01	7.81E-01
90	6.17E-01	3.09E-01	6.17E-01	6.17E-01
100	5.00E-01	2.50E-01	5.00E-01	5.00E-01
110	4.13E-01	2.07E-01	4.13E-01	4.13E-01

120	3.47E-01	1.74E-01	3.47E-01	3.47E-01
130	2.96E-01	1.48E-01	2.96E-01	2.96E-01
140	2.55E-01	1.28E-01	2.55E-01	2.55E-01
150	2.22E-01	1.11E-01	2.22E-01	2.22E-01
160	1.95E-01	9.77E-02	1.95E-01	1.95E-01
170	1.73E-01	8.65E-02	1.73E-01	1.73E-01
180	1.54E-01	7.72E-02	1.54E-01	1.54E-01
190	1.39E-01	6.93E-02	1.39E-01	1.39E-01
200	1.25E-01	6.25E-02	1.25E-01	1.25E-01
250	8.00E-02	4.00E-02	8.00E-02	8.00E-02

④散射方向剂量率估算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots \text{公式 3}$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，本项目最大管电流均为 5mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中取值；

$B$ ：屏蔽透射因子，无屏蔽时取值为 1；

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ， $F = \pi (R_0 \times \tan(\theta/2))^2$ ， $\theta$  为辐射角，取自探伤机辐射角；本项目 XXH3005、XXH2005 射线探伤机  $\theta$  均为\*\*，XXGHz 3005、XXGHz2505 射线探伤机  $\theta$  均为\*\*；

$\alpha$ ：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 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，取自《辐射防护导论》P187，光子在铁上的反射，为  $7 \times 10^{-3}$ ；

$R_s$ ：散射体至关注点的距离，m；

$R_0$ ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，本项目取 0.5m。

表 11-5 不同距离散射方向空气吸收剂量计算表( $\mu\text{Sv/h}$ )

距射线靶的距离(m)	XXH3005	XXH2005	XXGHz3005	XXGHz2505
5	1.22E+02	3.34E+01	4.04E+03	3.19E+03
10	3.04E+01	8.36E+00	1.01E+03	7.97E+02
15	1.35E+01	3.72E+00	4.49E+02	3.54E+02
20	7.61E+00	2.09E+00	2.52E+02	1.99E+02
30	3.38E+00	9.29E-01	1.12E+02	8.86E+01
40	1.90E+00	5.23E-01	6.31E+01	4.98E+01
50	1.22E+00	3.34E-01	4.04E+01	3.19E+01
60	8.46E-01	2.32E-01	2.81E+01	2.21E+01
70	6.21E-01	1.71E-01	2.06E+01	1.63E+01
80	4.76E-01	1.31E-01	1.58E+01	1.25E+01
90	3.76E-01	1.03E-01	1.25E+01	9.84E+00
100	3.04E-01	8.36E-02	1.01E+01	7.97E+00
110	2.52E-01	6.91E-02	8.35E+00	6.59E+00
120	2.11E-01	5.81E-02	7.01E+00	5.54E+00
130	1.80E-01	4.95E-02	5.98E+00	4.72E+00
140	1.55E-01	4.27E-02	5.15E+00	4.07E+00
150	1.35E-01	3.72E-02	4.49E+00	3.54E+00
160	1.19E-01	3.27E-02	3.94E+00	3.11E+00
170	1.05E-01	2.89E-02	3.49E+00	2.76E+00
180	9.40E-02	2.58E-02	3.12E+00	2.46E+00
190	8.43E-02	2.32E-02	2.80E+00	2.21E+00
200	7.61E-02	2.09E-02	2.52E+00	1.99E+00
250	4.87E-02	1.34E-02	1.62E+00	1.28E+00

⑤非主射方向剂量率估算

将漏射方向剂量率及散射方向剂量率叠加可得非主射方向剂量率。根据表 11-4 及表 11-5 计算结果，在非主射方向同样设置 4mm 厚铅屏风进行防护，叠加后计算结果见表 11-6。

表 11-5 非主射方向（4mmPb）空气吸收剂量叠加表(μSv/h)

距射线靶的距离(m)	XXH3005	XXH2005	XXGHz3005	XXGHz2505
3	1.07E+01 (控制区)	1.85E+00 (控制区)		
4		1.04E+00 (监督区)		
7	1.97E+00 (监督区)			1.42E+01 (控制区)
11			1.05E+01 (控制区)	
17				2.41E+00 (监督区)
23			2.40E+00 (监督区)	

⑥本项目可控制区和监督区划分

根据表 11-2 及 11-5 计算结果，将本项目所用 X 射线探伤机主射方向及非主射方向两区划分空气吸收剂量计算结果汇总见表 11-6。

表 11-6 主射方向（4mmPb）及非主射方向（4mmPb）空气吸收剂量估算结果汇总表(μSv/h)

距射线靶的距离(m)		XXH3005	XXH2005	XXGHz3005	XXGHz2505
主射方向	控制区	23	6	23	5
	监督区	55	14	55	12
非主射方向	控制区	3	3	11	7
	监督区	7	4	23	17

本项目评价范围为 X 射线探伤机为中心周围 250m 的区域，同时对评价范围内的辐射工作人员以及周围公众进行年有效剂量计算。在实际探伤过程中，探伤机的主束射向所检查的工件。射线能量根据被检工件的厚度进行调节，有用射束被工件所屏蔽，射线经工件屏蔽后的漏射线对总的剂量贡献较小。在此基础上，建设单位须严格《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），利用辐射剂量率仪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，严禁任何人进入该区域；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，严禁公众成员进入该区域。野外探伤在进行作业时，拟设置铅屏风对 X 射线进行防护。

首先将需要探伤的工件固定在地面，然后在工程区域内选择空旷的区域进行探伤，本项目拟设置 4 块移动式铅屏风进行主射线、漏射线和散射线的遮挡，主射方向采用 1 块 4mm 铅当量移动式铅屏风，非主射方向采用 3 块 4mm 铅当量的移动式铅屏风对 X 射线进行防护。

### 11.2.2 保护目标年剂量值估算

根据建设单位提供资料，本项目 5 台探伤机年出束时间合计约为 250h，本次评价按最不利工况计算，全年 250h 均以 XXGHz 3005 计算。本项目辐射工作人员位于非主射方向上的控制区外操作，警戒人员主要在控制区外进行巡逻。

根据按以下公式及上述计算结果，采用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。

$$H_c = \dot{H}_{cd} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots \text{公式 4}$$

式中：  $H_c$ ：参考点的年剂量水平， $\mu$ Sv；

$\dot{H}_{cd}$ ：参考点处剂量率， $\mu$ Sv/h；

$t$ ：探伤机出束时间；

$U$ ：探伤机向关注点方向照射的使用因子；

$T$ ：人员在相应关注点驻留的居留因子，本项目辐射工作人员取 1，周围公众取值 0.25。

**表 11-7 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		距离 (m)	该位置处最大剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	居留因子	年受照时间 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	约束限值 (mSv/a)
XXGHz3005	辐射工作人员	操作人员(非主射方向控制区外)	7	14.2	1	250	3.55	5.0
		警戒人员(主射方向控制区外)	23	14.2	1	250	3.55	5.0

	监督区外评价范围内的周围民众	55	2.49	0.25	10	0.025	0.25
--	----------------	----	------	------	----	-------	------

注：由于本项目探伤地点不固定，公众受照时间保守估计为 10h；

根据表 11-6 可知，本项目辐射工作人员每年最大受照剂量为 3.55mSv；周围公众每年最大受照剂量为 0.025mSv。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。

### 11.2.3 射线装置报废处理

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

本项目涉及的 X 射线探伤装置报废时，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。

## 11.3 事故影响分析

### 11.3.1 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故等级列于表 11-8 中。

**表 11-8 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

本项目根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）表 1 的骨髓型急性重度放射病的受照剂量范围参考值 4.0~6.0Gy 界定是否会产生急性重度放射病，另根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）表 2-13 急性效应与剂量关系中以 4Gy 作为重度放射病的阈值，以及表后“对低 LET 辐射，皮肤损伤的阈值量 3-5Gy，低于此剂量不会发生皮肤损伤”的相关描述以及急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系（见表 11-9），从而以是否达到 3.5Gy 界定是否会发生较大辐射事故，以 5.5Gy 界定是否会导致人员死亡。

**表 11-9 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级**

辐射剂量/Gy	急性放射病发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

### 11.3.2 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) 辐射工作人员/周围公众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离开控制区时，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；

(4) 探伤机在桥面未放置稳固，在探伤过程中发生了倾倒，对于桥面上的操作人员及周围公众造成主射线的辐射影响。

### 11.3.3 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。

#### (1) 事故情景分析及计算结果

##### ① 情景一

在主射线方向上，对于误入或滞留于主射方向控制区内的辐射工作人员/周围公众，主要是受到主射线的影响，计算结果见表 11-10、11。

**表 11-10 事故情况下辐射工作人员/周围公众受到的剂量计算结果(1)**

X 射线探伤机型号	辐射工作人员/周围公众与探伤机出束位置距地面的距离(m)	到达地面距离的剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	各事故持续时段的射线所致辐射剂量(mSv)			
			30s	1min	2min	3min
XXGHZ3005(设置4mmPb铅屏风)	5	1.43E+01	1.19E-04	2.38E-04	4.77E-04	7.15E-04
	10	3.56E+00	2.97E-05	5.93E-05	1.19E-04	1.78E-04
	20	8.91E-01	7.43E-06	1.49E-05	2.97E-05	4.46E-05
	30	3.96E-01	3.30E-06	6.60E-06	1.32E-05	1.98E-05
	40	2.23E-01	1.86E-06	3.72E-06	7.43E-06	1.12E-05
	50	1.43E-01	1.19E-06	2.38E-06	4.77E-06	7.15E-06
结论	对于辐射工作人员来说，处于该事故情况时，不会造成辐射事故；对于周围公众来说，在 5m 位置停留 3min 时，所致辐射剂量最大为 7.15E-04mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对周围公众的剂量限值—0.25mSv/a (按标准 1/4 评价，下同)，因此不构成一般辐射事故。					

**表 11-11 事故情况下辐射工作人员/周围公众受到的剂量计算结果(2)**

X 射线探伤机型号	辐射工作人员/周围公众与探伤机出束位置距地面的距离(m)	到达地面距离的剂量率( $\mu\text{Sv/h}$ )	各事故持续时段的射线所致辐射剂量(mSv)			
			30s	1min	2min	3min
XXGHZ3005(无铅屏风)	5	7.92E+03	6.60E-02	1.32E-01	2.64E-01	3.96E-01
	10	1.98E+03	1.65E-02	3.30E-02	6.60E-02	9.90E-02
	20	4.95E+02	4.13E-03	8.25E-03	1.65E-02	2.48E-02
	30	2.20E+02	1.83E-03	3.67E-03	7.33E-03	1.10E-02
	40	1.24E+02	1.03E-03	2.07E-03	4.13E-03	6.20E-03
	50	7.92E+01	6.60E-04	1.32E-03	2.64E-03	3.96E-03
结论	对于辐射工作人员来说，处于该事故情况时，不会造成辐射事故；对于周围公众来说，在 5m 位置停留 3min 时，所致辐射剂量最大为 3.96E-01mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中对周围公众的剂量限值—0.25mSv/a，因此不构成一般辐射事故。					

## ②情景二

当辐射工作人员还未离开控制区时（非主射方向），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。建设单位在进行野外探伤时，对探伤区域清场不到位，有周围公众滞留控制区（非主射方向），对周围公众误照射，此时周围公众主要受到非主射方向的影响。计算结果见表 11-12。

**表 11-12 事故情况下辐射工作人员/周围公众受到的剂量计算结果(3)**

X 射线探伤机型号	辐射工作人员/周围公众与探伤机出束位置距地面的距离(m)	到达地面距离的剂量率(μSv/h)	各事故持续时段的射线所致辐射剂量(mSv)			
			30s	1min	2min	3min
XXGHz3005(无铅屏风)	5	5.09E+01	4.24E-04	8.48E-04	1.70E-03	2.55E-03
	10	1.27E+01	1.06E-04	2.12E-04	4.23E-04	6.35E-04
	20	3.18E+00	2.65E-05	5.30E-05	1.06E-04	1.59E-04
	30	1.41E+00	1.18E-05	2.35E-05	4.70E-05	7.05E-05
	40	7.95E-01	6.63E-06	1.33E-05	2.65E-05	3.98E-05
	50	5.09E-01	4.24E-06	8.48E-06	1.70E-05	2.55E-05
结论	对于辐射工作人员来说，处于该事故情况时，不会造成辐射事故；对于周围公众来说，在 5m 位置停留 3min 时，所致辐射剂量最大为 2.55E-03mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对周围公众的剂量限值—0.25mSv/a，因此不构成一般辐射事故。					

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控制区、监督区，一旦发现有周围公众靠近或进入本项目控制区、监督区范围，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。同时应固定牢固 X 射线探伤机，防止其在探伤过程中倾倒，若发生倾倒事故，操作人员应立即按下控制箱上的紧急停机按钮，将辐射影响降低至最小。

综上所述，对于本项目来说，最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故，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。

### 11.3.4 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探伤机固定是否牢固以及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与防护措施到位后，才可开启探伤作业。

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

(4) 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 2 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；

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

(6) 对建设单位本项目配备的 4 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

### 12.1 辐射安全与环境保护管理机构设置

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》的要求为新增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。

建设单位辐射工作人员已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。

### 12.2 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》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》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《监测仪表使用与核验管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《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”，与本项目相关的辐射安全管理要求见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理要求及环保要求汇总对照分析表

序号	辐射管理要求	落实情况	应增加的措施
1	使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	本项目使用 II 类射线装置，已设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，具有 1 名以上本科学历技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，本项目无辐射安全关键岗位的。	/
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。	现有 4 名辐射工作人员均积极参加辐射安全与防护考核，持证上岗。	/
3	放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	建设单位将按环评中要求落实射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	按环评要求增加 4mm 铅屏风 4 个，满足两区设置要求的安全标识若干，详见表 12-2.
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	配备 1 台辐射监测仪，4 台个人剂量报警仪（带直读剂量功能）、4 台个人剂量计	/
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已设立《辐射安全与环境保护管理机构文件》、《辐射安全管理规定》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射防护设施设备维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《监测仪表使用与核验管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》	/
6	有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已制订《辐射事故应急预案》	根据人员情况及时修订

7	产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目使用过程中不产生放射性废气、废液、固体废物	
8	按《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597—2023)及《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022)设置危险废物暂存间	建设单位已按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597—2023)及《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022)设置危险废物暂存间	

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 12-2 进行对照分析。

表 12-2 辐射安全防护设施对照分析表

序号	环保设施	落实情况	应增加的措施
1	钥匙开关	设备自带	/
2	工作状态指示灯	/	新增 16 个
3	电离辐射警告标志	新增 4 个	新增 12 个
4	警告牌	已配备 4 个	新增 12 个
5	警戒线	已配备 4 卷	/
6	急停按钮	设备自带	/
7	声音提示装置	已配备 4 个	新增 12 个
8	安全信息公告牌	已配置 2 个	/
9	个人剂量报警仪	已配备 4 个	/
10	个人剂量仪	已配备 4 个	/
11	铅屏风	/	4 扇 4mm 铅当量的铅屏风
12	铅衣	已配备 4 个	
13	喊话器	/	新增 1 个
14	对讲机	已配置 2 个	新增 2 个
15	便携式辐射剂量监测仪	已配置 1 个	/

16	探伤机储存场所	双人双锁	/	拟设置
17	其他	应急物质	已配置 1 套, 详见表 10-3	/

建设单位应制定辐射安全防护自行检查和评估制度, 要求建设单位辐射防护安全管理小组定期对本公司辐射防护工作人员执行国家法律法规和条例的情况进行监督检查, 定期进行安全和防护知识教育培训和考核、个人剂量检测和职业健康检查, 每年由辐射防护安全管理小组对本年度辐射安全防护工作进行年度评估, 评估结果存档, 发现安全隐患时及时上报, 并限期整改, 落实到人。

建设单位必须于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。在取得本次环评批复后, 建设单位应按照申请程序, 申请领取辐射安全许可证。

综上所述, 建设单位辐射管理机构与制度文件满足国务院第 449 号令、环保部第 3 号令和环保部第 18 号令的要求, 可有效避免辐射事故的发生, 确保探伤作业处于受控状态。

### 12.3 辐射监测

建设单位须委托有资质的单位定期对辐射工作场所周围环境进行辐射环境监测, 并建立监测档案, 监测数据每年年底向上级环境保护主管部门上报备案。

#### (1) 辐射工作场所的监测

1) 监测频率: 每年至少常规监测一次; 企业应自备便携式监测装置对工作场所定期进行监测并建档。

#### 2) 监测范围:

①通过巡测, 发现的辐射水平异常高的位置;

②射线装置外 0.3m 离地面高度 1m 处, 监测射线装置四个方向左、中、右各 3 个点:

3) 监测内容: X- $\gamma$ 辐射剂量率。

监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。

#### (2) 个人剂量检测

建设单位应定期将个人剂量计送有关部门进行检测。

检测频度:每个季度一次。

检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

#### 12.4 辐射事故应急

建设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。

##### 12.4.1 辐射事故应急响应机构的设置

建设单位成立辐射事故应急机构，负责指挥辐射事故应急响应行动。公司法人为领导小组组长，应急机构应设有技术处理组合后勤保障组等，并附相关人员联系方式。

明确辐射事故应急机构的职责包括:应急预案的启动、应急响应处置及解除、应急人员的组织和培训、应急物资准备、应急预案演习等。

##### 12.4.2 辐射事故应急预案

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报告制度的通知》环发[2006]145号文件的规定，本项目发生的辐射事故属于一般辐射事故。应急预案应包含以下内容：

- (1) 建设单位成立事故应急组织，明确参与应急准备的每个人、小组或组织的角色和责任；
- (2) 制定出合适的应急预案及其中必要的应急程序，指明需要采取的主要应急行动及其主要特征和必须物品；
- (3) 确定参与应急响应的人员，如辐射防护负责人，审管机构、应急服务组织、合格专家和其他人员，包括其姓名、电话号码及其他信息；
- (4) 制定应急培训演练计划，定期对应急人员进行培训和演练，以提高执行应急程序的能力；

(5) 公司应保证与外界联络畅通，以确保与环保、公安、消防、卫生及医学救治部门的联络；

(6) 配备适当的应急响应设备。

一旦发生辐射事故，应当立即启动辐射事故应急预案，采取应急措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告；还应当同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

应急预案中需有应急人员及当地生态环境、公安、卫生等部门的联系电话，明确上报程序上报内容。

(7) 辐射事故应急响应解除。本项目意外辐射解除或降至规定限值以内，则辐射事故应急响应解除。

#### 12.4.3 应急人员的培训演习计划

制定完应急预案后，应规定应急人员的培训演习计划。

(1) 制定周密的演练方案，明确演练内容、目的、时间、地点、人员等。

(2) 进行合理的人员分工，成立演练领导组、工作组、保障组等机构，进行角色分工，明确人员职责。

(3) 做好充分的演练准备，维护仪器设备，配齐物资器材，找好演练场地。

(4) 认真开展实战演练，按照事先预定的方案和程序进行。

(5) 演练完毕后及时进行总结归纳。

#### 12.4.4 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。

#### 12.4.5 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带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，可减少或避免辐射事故的发生率，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。

## 12.5 环保竣工验收

表 12.3 环保竣工验收一览表

项目	内容	验收内容
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立辐射防护机构，配备专业技术人员，持证上岗；
辐射安全防护措施	安全防护措施配置	按表 12-2 配置；
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	参与辐射与安全培训，考核合格后上岗；
	个人剂量监测	4 名辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检并建立个人剂量档案；
	人员职业健康监测	定期体检，建立职业健康档案；
监测仪器防护用品	个人剂量报警仪（有监测功能）	4 名辐射工作人员配置个人剂量报警仪；
	辐射环境检测仪	配置 1 台便携式剂量监测仪；
监测限制	个人剂量监测	工作人员和公众收到的年附加有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)对职业人员要求的剂量限值 20mSv 和本报告表执行的剂量约束值 5mSv 的要求；对公众要求的剂量限值 1mSv 和本报告表执行的剂量约束值 0.25mSv 的要求
	屏蔽体外监测限值	低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 $\mu$ Sv/h”的要求
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急措施	《辐射安全与环境保护管理机构文件》、《辐射安全管理规定》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射防护设施设备维护维修制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《监测仪表使用与核验管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》包括但不限于以上制度上墙。

## 表 13 结论与建议

### 13.1 辐射安全与防护分析结论

本项目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 2021 年令第 49 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）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。

根据本项目预测结果显示，射线装置拟安装场所及周边 x-辐射瞬时剂量率远低于《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中的要求。通过剂量估算结果显示，辐射一般工作人员及公众人员受照射年有效剂量最大值分别为 3.55mSv 和 0.025mSv，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定的辐射工作人员、公众成员的年有效剂量约束值(辐射工作人员 5mSv，公众人员 0.25mSv)。

### 13.2 辐射防护措施

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》（GBZ117-2022）要求划定控制区和监督区。拟在控制区边界醒目位置张贴电离辐射警告标志，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌；拟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，拟在监督区边界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，并与探伤机连锁，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；探伤机控制箱上自带急停按钮、设置有钥匙开关、延时按钮等固有的辐射安全防护措施。

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 4 台个人剂量报警仪（带直读剂量功能）、4 个人剂量计，符合移动探伤监测设备的配备要求。

### 13.3 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》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射工作场所辐射环境监测方案》、《监测仪表使用与核验管理制度》、《辐射工作人员辐射安全与防护培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《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。

#### 13.4 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，申领辐射安全许可证。

#### 13.5 环保验收

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按照表 12-3 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。

#### 13.6 可行性分析结论

##### (1)与产业政策的符合性

本项目属于《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第29号）中第一类鼓励类中“六、核能：6.同位素、加速器及辐照应用技术开发”和“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”，属于国家鼓励类项目，故符合国家及地方现行产业政策。

## (2)实践正当性

无损检测系统的应用，对于预测各类工件的焊缝或材质结构稳定性探测有其他技术无法替代的特点，可减少工件使用单位因材质断裂或焊缝处断裂引起的安全和影响生产的概率，具有明显的社会效益和经济效益。因此，本项目的应用为社会带来的利益要远大于对受电离辐射照射的个人和公众可能引起的辐射危害，项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射防护“实践正当性”的要求。

综上所述，宁夏菲尼特装备工程有限公司便携式X射线探伤机应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。

## 13.5 建议和承诺

(1)便携式环境监测仪器应按照检定周期按期检定。

(2)不断完善相关管理制度及辐射事故应急预案，加强日常演练，做到有备无患。

(3)每年委托有资质单位进行放射性场所进行监测以及个人剂量的监测，每年1月31日前向生态环境部门报上一年的辐射评估报告。

(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。

(5)项目建成后建设单位应在三个月内自行组织环境保护竣工验收，经验收合格后投入运行。