

核技术利用建设项目
宁夏正禹工程技术有限公司新建 X 射线探
伤机项目环境影响报告表

宁夏正禹工程技术有限公司

2024 年 12 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
宁夏正禹工程技术有限公司新建 X 射线探
伤机项目环境影响报告表

建设单位名称：宁夏正禹工程技术有限公司
建设单位法人代表（签名或签章）：
通讯地址：银川市金凤区金丰路 99 号
邮政编码：750000 联系人：侯锐
电子邮箱：2298803245@qq.com 联系电话：18809508867

编制说明

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

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

2.密封源要注明名称并说明源强。

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

4.《核技术应用项目环境影响报告表》报自治区生态环境部门审批。

表 1 项目基本情况

| | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------|
| 建设项目名称 | | 宁夏正禹工程技术有限公司新建 X 射线探伤机项目 | | | |
| 建设单位 | | 宁夏正禹工程技术有限公司 | | | |
| 法定代表人 | 贾冬 | 联系人 | 侯锐 | 联系电话 | 18809508867 |
| 注册地址 | | 宁夏银川市金凤区金丰路 99 号 | | | |
| 项目建设地点 | | 宁夏银川市金凤区金丰路 99 号 | | | |
| 立项审批部门 | | / | | 批准文号 | / |
| 建设项目总投资 (万元) | | 10 | 项目环保投资 (万元) | 7.5 | 投资比例 (环保投资/总投资) |
| 项目性质 | | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他 | | | 占地面积 (m ²) |
| 应用类型 | 放射源 | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> I类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类 | | |
| | 非密封放射性物质 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | / | | |
| | <input type="checkbox"/> 使用 | <input type="checkbox"/> 甲 <input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙 | | | |
| | 射线装置 | <input type="checkbox"/> 生产 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| | | <input type="checkbox"/> 销售 | <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | |
| <input type="checkbox"/> 使用 | | <input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 | | | |

项目概述

1.1 建设单位情况

宁夏正禹工程技术有限公司原名银川市正禹水利水电工程质量检测有限公司，成立于 1997 年，系宁夏水发集团有限公司二级子公司，注册资金 500 万元，位于银川市金凤区金丰路 99 号，是宁夏水利检测全资质的检测公司。公司目前具有 5 项资质，主要包括：混凝土工程类甲级、岩土工程类甲级、量测类乙级、金属结构类乙级和机械电气类乙级，以及水利行业的管材管件、墙体材料、主体结构工程现场检测等。公司主要业务范围包括：工程质量检测、试验研究和发展、新材料研发与推广、项目质量管理、标准技术研究工程缺陷修复、技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广等。先后承担了清水河流博治理、清水河流域城乡供水、都市圈供水、固扩更新改造等一大批区内重点项目的工程检测业务。

建设单位根据业务需要拟购买使用 XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机 1 台，用于水利工程质量检测。

1.2 产业政策符合性分析

根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》第一类鼓励类中“十四机械”中第 1

条“科学仪器和工业仪表：用于辐射、有毒、可燃、易爆、重金属、二噁英等检测分析的仪器仪表，水质、烟气、空气检测仪器，药品、食品、生化检验用高端质谱仪、色谱仪、光谱仪、X射线仪、核磁共振波谱仪、自动生化检测系统及自动取样系统和样品处理系统，科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜，各工业领域用高端在线检验检测仪器设备”，本项目属于“工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，符合国家产业政策。

1.3 实践正当性分析

宁夏正禹工程技术有限公司主营业务涉及水利工程质量检测业务，本项目便携式X射线探伤机，是利用X射线无损探伤手段对金属结构内部缺陷探伤检测排查，主要包括：焊缝的气孔、夹渣、未焊透等体积性缺陷。这些缺陷可能会影响材料的结构完整性和使用性能。

X射线探伤通过比较被检测物和其内部缺陷对射线的吸收程度，来看射线穿透后的强度差别，从而使缺陷在底片上显示出来，准确评定是否出现部件内部裂纹、松动脱落或隐患缺陷等故障，并对其性能进行分析，避免安全事故的发生和人员伤亡，确保安全生产，减少经济损失。本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.4 目的和任务的由来

利用X射线具有较强的穿透能力这一特点来探测非透明材料或装置的缺陷或者其内部结构的检测法，称为工业X射线无损探伤，该方法常作为检查设备质量、材料内部缺陷的手段，从而达到无损检测的目的。根据宁夏正禹工程技术有限公司发展需要，购置XXG-2505型便携式X射线探伤机1台，用于无损检测工作，通过X射线无损探伤手段，可实现对金属结构内部的“可视化”，能够满足设备内部存在的焊缝的气孔、夹渣、未焊透等缺陷的检测，为设备故障的准确性及定位提供方便，同时也为设备的状态检修提供技术支持。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年8月22日）规定，使用II类射线装置应当组织编制环境影响报告表。根据宁夏回族自治区生态环境厅关于印发《宁夏回族自治区建设项

目环境影响评价文件分级审批规定（2022年本）》的通知（宁环规发（2022）6号）》，该报告表应报宁夏回族自治区生态环境厅审批。宁夏正禹工程技术有限公司于2024年9月25日委托众旺达（宁夏）技术咨询有限公司对“宁夏正禹工程技术有限公司新建X射线探伤机项目”进行环境影响评价，环评委托书见附件1。

1.5 项目建设规模

宁夏正禹工程技术有限公司XXG-2505型X射线探伤机，最大管电压为250kV，最大管电流为5.0mA。根据《射线装置分类办法》（2017年），本项目使用的X射线探伤装置属于便携式工业X射线探伤机，为II类射线装置。射线装置基本情况见表1-1。

表1-1 射线装置基本情况一览表

| 装置名称 | 型号 | 生产厂家 | 类别 | 最大管电压(kV) | 最大管电流(mA) | 数量 | 用途 | 投射类型 | 安装形式 | 使用场所 |
|--------|----------|----------------|----|-----------|-----------|----|----|------|------|----------|
| X射线探伤机 | XXG-2505 | 丹东荣华射线仪器仪表有限公司 | II | 250 | 5.0 | 1 | 探伤 | 定向 | 移动式 | 移动探伤作业地点 |

1.6 项目周边环境保护目标及场址选址情况

宁夏正禹工程技术有限公司位于银川市金凤区金丰路99号，北侧为宁夏煤炭地质勘查院，南侧为金丰路，隔金丰路为宁夏恒源万福食品股份有限公司，西侧为创业街，东侧为宁夏中科精科检测技术有限公司。本项目便携式工业X射线探伤机计划存放于宁夏正禹工程技术有限公司一楼设备间内，设有专人负责设备管理。由于X射线探伤机只有在开机通电操作时才会产生X射线，本项目便携式工业X射线探伤机为室外探伤，不进行室内探伤，探伤机在设备间内也不进行调试或者使用，因此，项目选址合理。

本项目便携式工业X射线探伤机计划存放于宁夏正禹工程技术有限公司一楼设备间内，项目同时建设洗片室、观片室（设备间、洗片室、观片室位于厂区一楼的金属结构探伤室内），用于探伤结束后已成像胶片的显影，以此判断检查设备质量及材料内部缺陷；项目胶片处理过程中产生的废显影液，暂存厂区一楼危废贮存点，定期交由资质的单位处理。项目设备间、洗片室、观片室、危废贮存点平面布局见图1-1。项目与银川市金凤区位置关系见图1-2，周边环境见图1-3，金属结构探伤室现状照片见图1-4。

本项目便携式工业X射线探伤机室外探伤作业地点主要为全区供排水工程金属结构内部缺陷探伤检测，四周为野外空旷地带作业时周边环境保护目标为从事X射线探伤作业的辐射工作人员，以及在探伤作业周边出现的值班人员等公众。

1.7 辐射工作人员配备情况

本项目便携式工业 X 射线探伤装置拟配备 2 名辐射工作人员专门从事 X 射线探伤工作，探伤工作时 1 人现场监护，1 人操作控制箱并进行数据采集。

1.8 原有核技术利用项目许可情况

宁夏正禹工程技术有限公司未开展过核技术利用活动，此次项目为初次开展核技术利用活动。

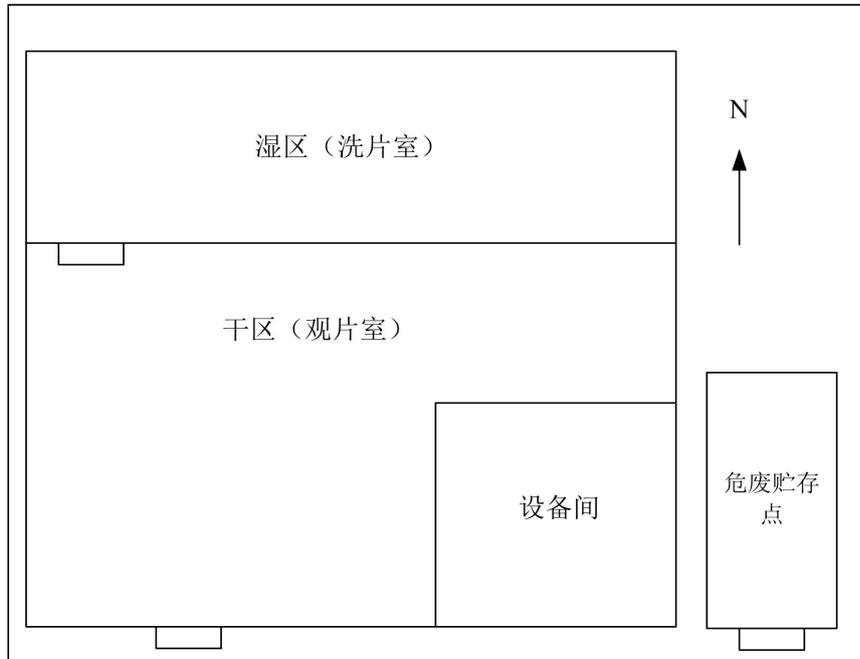


图 1-1 平面布局图

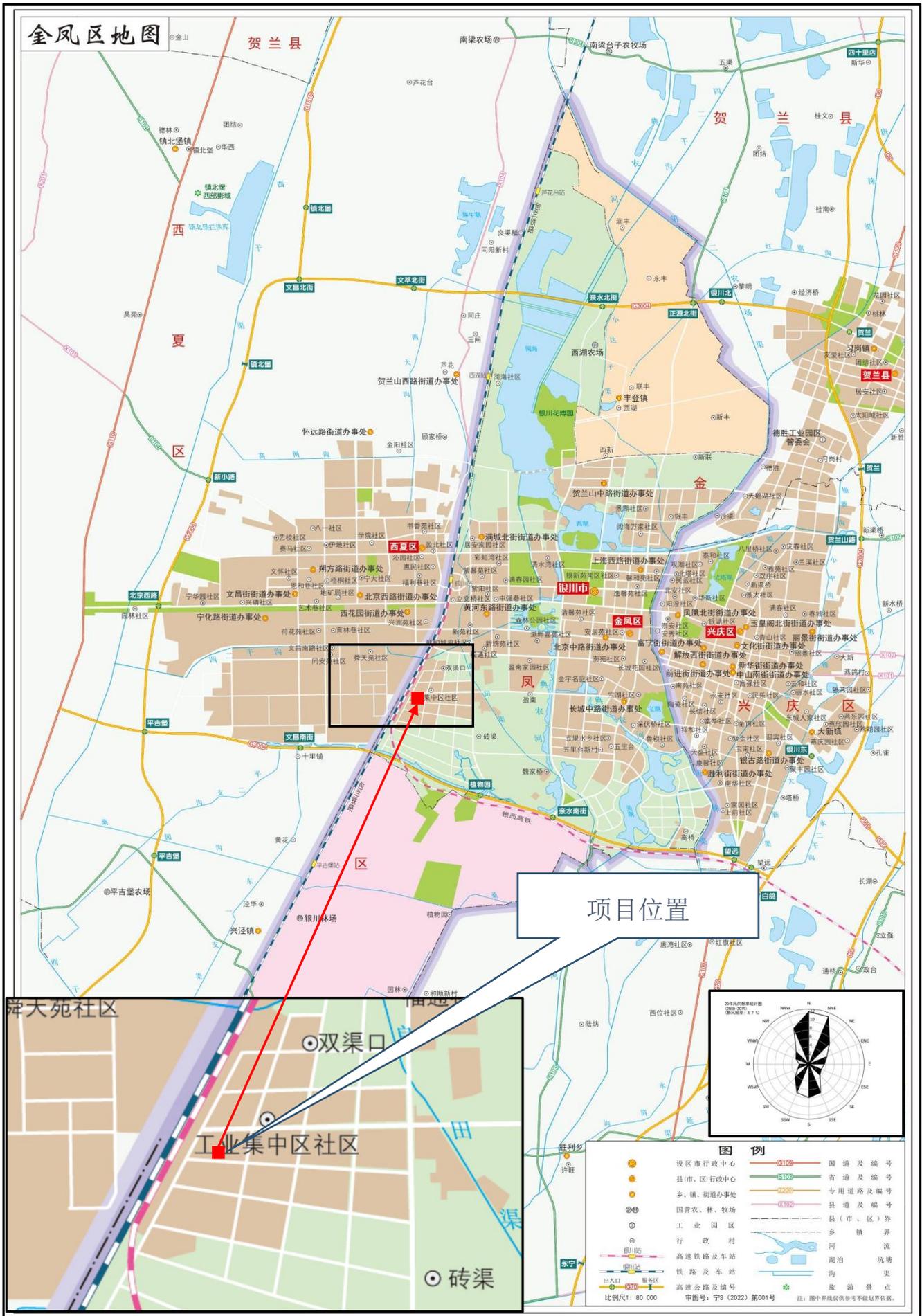


图 1-2 本项目与银川市金凤区位置关系图



图 1-3 本项目周边环境关系图



图 1-4 金属结构探伤室现状照片

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 |
|----|------|--------------|----|------|----|------|---------|----|
| / | / | / | / | / | / | / | / | / |

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度(n/s)。

表 3 非密封放射性物质

| 序号 | 核素名称 | 理化性质 | 活动种类 | 实际日最大操作量 (Bq) | 日等效最大操作量 (Bq) | 年最大用量 (Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|----|------|------|------|---------------|---------------|------------|----|------|------|---------|
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（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、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 | X 射线探伤机 | II | 1 | XXG-2505 | 250 | 5.0 | 无损检测 | 移动探伤作业地点 | / |

(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 (uA) | 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/m³，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/m³)和活度（Bq）。

表 6 评价依据

| | |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>法规文件</p> | <p>(1)《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订，2015年1月1日起施行）；</p> <p>(2)《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年12月29日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第二次修正）；</p> <p>(3)《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）；</p> <p>(4)《建设项目环境保护管理条例》（国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(5)《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，生态环境部令 第 16 号，（2020年11月30日）；</p> <p>(6)《放射性同位素与射线装置放射防护条例》（2019年3月2日《国务院关于修改部分行政法规的决定》（国务院令 第 709 号）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》（原环境保护部令 第 18 号 2011 年 5 月 1 日起施行）；</p> <p>(8)《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行）；</p> <p>(9)关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部、原国家卫生和计划生育委员会公告，2017 年第 66 号；</p> <p>(10)《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委第 7 号令）；</p> <p>(11)《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发（2006）145 号，（2006 年 9 月 26 日）；</p> <p>(12)《宁夏回族自治区辐射污染防治办法》，宁夏回族自治区人民政府令 第 102 号（2019 年 2 月 1 日）；</p> <p>(13)《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发（2022）23 号）；</p> <p>(14)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）；</p> |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>技术标准</p> | <p>(1) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-20210）；</p> <p>(5) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(6) 《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020 年版）；</p> <p>(7) 《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）；</p> <p>(8) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(9) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(10) 《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021 年版）》；</p> <p>(11) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>(12) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(13) 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB22338-2008）；</p> <p>(14) 《2022 年全国辐射环境质量报告》。</p> |
| <p>其他</p> | <p>(1)环境影响评价委托书；</p> <p>(2)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

根据《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目 环境影响评价文件的格式和内容》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围”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）。

结合本项目实际情况，本项目现场探伤评价范围为其监督区边界。

7.2 保护目标

本项目便携式工业 X 射线探伤机室外探伤作业地点主要为全区供排水工程金属结构内部缺陷探伤检测，四周为野外空旷地带作业时周边环境保护目标为从事 X 射线探伤作业的辐射工作人员，以及在探伤作业周边出现的值班人员等公众。结合本项目的评价范围，确定保护目标为评价范围内从事 X 射线探伤的辐射工作人员，以及 X 射线探伤现场评价范围内活动的其他工作人员、公众。

建设单位确定辐射工作人员为 2 人。保护目标具体分布情况见表 7-1。

表 7-1 保护目标具体分布情况

| 类型 | 工作场所 | 保护目标 | 方位 | 人数 | 剂量管理约束值 (mSv/a) |
|-----------|------|------------|-------|-----|-----------------|
| 辐射工作人员 | 移动探伤 | X 射线探伤作业人员 | 监督区周围 | 1 人 | 5 |
| 其他工作人员、公众 | 现场 | 其他工作人员 | 监督区周围 | 1 人 | 0.1 |

7.3 评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1、防护与安全的最优化

4.3.3.1 款对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

2、剂量限值

2.1 职业照射

①4.3.2.1 款应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总

当量剂量不超过附录 B 中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

- ②B1.1.1.1 款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：
连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
任何一年中的有效剂量，50mSv（但不可作任何追溯性平均）；
眼晶体的年当量剂量，150mSv；
四肢（手和脚）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

2.2 公众照射

①B1.2.1 款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：

- 年有效剂量，1mSv；
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；
眼晶体的年当量剂量，15mSv；
皮肤的年当量剂量，50mSv。

本次评价取辐射工作人员年有效剂量限值的四分之一作为年剂量管理约束值，即对工作人员年剂量管理约束值不超过 5mSv；取公众年有效剂量限值的十分之一作为年剂量管理约束值，即公众年剂量管理约束值不超过 0.1mSv。

二、《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

5.1.1X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-2 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.1.2 工作前检查

- ①探伤机外观是否完好；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- ③液体制冷设备是否有渗漏；
- ④安全连锁是否正常工作；

- ⑤报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑥螺栓等连接件是否连接良好；
- ⑦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：

- ①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；
- ②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；
- ③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；
- ④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- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。应配备能在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪。

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

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

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

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 r 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 γ 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。必要时应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。

7.6 检测的一般要求

7.6.1 检测计划

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

7.6.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

7.7 移动式探伤放射防护检测

7.7.1 检测要求

7.7.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

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

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

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

7.7.2 检测方法

在探伤机处于照射状态，用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 2.5 μ Sv/h 为监督区边界。 γ 射线探伤机收回放射源至屏蔽位置或 X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。

7.7.3 检测周期

每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

- ①新开展现场射线探伤的单位；
- ②每年抽检一次；
- ③在居民区进行的移动式探伤；
- ④发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

7.7.4 结果评价

控制区边界不应超过第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 2.5 μ Sv/h。

8.放射防护检测检测的一般要求

8.1 检测的一般要求

8.1.1 检测计划

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

8.1.2 检测仪器

应选用合适的放射防护检测仪器，并按规定进行定期检定/校准，取得相应证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

8.4 移动式探伤放射防护检测

8.4.1 检测要求

8.4.1.1 进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

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

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

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

8.4.2 检测方法

在探伤机处于照射状态，用便携式 X-γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，参照第 7.2.2 条确定的剂量当量率值确定控制区边界，以 2.5μSv/h 为监督区边界。X 射线探伤机停止照射后，确定控制区边界和监督区边界。

8.4.3 检测周期

每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

- ①新开展现场射线探伤的单位；
- ②每年抽检一次；
- ③在居民区进行的移动式探伤；
- ④发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

8.4.4 结果评价

控制区边界不应超过第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 2.5μSv/h。

本项目便携式工业 X 射线探伤机，最大管电压为 250kV，最大管电流为 5.0mA，其 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值取小于 5mSv，因本项目周工作时间不足 7 小时，控制区边界周围剂量当量率取不超过 15μSv/h，监督区边界不应超过 2.5μSv/h。

三、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

不同场所与环境条件下的居留因子见下表。

表 7-4 不同场所与环境条件下的居留因子

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

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

因本项目为移动现场探伤，无固定的探伤工作场所，故不进行辐射环境现状调查和检测。本次环境天然辐射水平评价参照《2022 年全国辐射环境质量报告》，宁夏地区 6 个自动站空气吸收剂量率年均值范围为 82.5~92.6nGy/h（扣除宇宙射线响应值），监测结果将与该辐射水平进行对比，以确定项目建设区域辐射环境水平。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1XXG-2505 型 X 射线探伤机设备组成及其技术参数

本项目便携式工业 X 射线探伤机生产厂家为丹东荣华射线仪器仪表有限公司，通过比较被检测物和其内部缺陷对射线的吸收程度，来看射线穿透后的强度差别，从而使缺陷在底片上显示出来，准确评定是否出现部件内部裂纹、松动脱落或隐患缺陷等故障，并对其性能进行分析，为供排水工程金属结构消除了安全隐患，避免安全事故的发生和人员伤亡，确保安全生产，减少经济损失。

主要技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目工业 X 射线探伤机主要技术参数

| 设备名称 | 项目 | 技术参数 |
|----------------------|-------------|----------------|
| XXG-2505 型 X 射线探伤 | 生产厂家 | 丹东荣华射线仪器仪表有限公司 |
| | 说明 | 用于焊缝探测 |
| | 出射线束 | 定向照射 |
| | 10 分钟穿透力 | 39mm |
| | 高压范围 | 150~250kV |
| | 管电流范围 | 4~5mA |
| | U 为最大值时的管电流 | 5mA/250kV |
| | 输入功率 | 900W |
| | 焦点标称值 | 2.0mm |
| | 板面材料 | 钨 (W) |
| | 目标角 | 40° ± 5° |
| | 出射线束范围 | 椭圆形 |
| | 固有过滤精度 | 0.8mm+0.1mm |
| | 过滤片厚度 | 3mm 铝 |
| | 冷却方式 | 空冷 |
| | 占空比 | 100% |
| | 电流和电压稳定性 | ± 1% |
| | 电源要求 | 220V |
| | 管头重量 | 32kg |
| | 认证 | 质量体系认证 |

本项目 XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机主要由以下设备组成：X 射线发生器 1 台、控制器（2018 型）1 台、电源电缆（10m）1 根、连接电缆（25m）1 根、接地线（5m）1 根、胶片暗袋（360×80mm）5 只、铅字 1 盒、增感屏 5 付、线型像质计 2 个。

1、X 射线发生器

X 射线发生器为给合式结构，高电压变压器和 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绝缘气体，它对于高电压有良好的电绝缘性能。

为便于 X 射线管散热采用了阴极接地方式，在阳极靶伸出端安装一个多铝散热器，并在散热器上装有风扇，用风向强迫冷却，以加强散热效果。在管桶内还铺设了一层防散射用的铅板。

其次，另外在管桶内铁芯和外部散热器上各装有一个温度继电器，用于防止温度过高而损坏机器。发生器上有射线警示用的闪光灯电源，可以进行射线警示。X 射线发生器两端安装有端环，可使其立放或卧放，方便搬运。

2、RH-2018 控制器

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，按照设定的参数调节 X 射线管的工作电压和电流，保证产生稳定的射线，并自动控制曝光时间。

RH-2018 型控制器，采用了高性能的微处理器控制系统和可控硅调压控制电路以及大功率斩波器件，实现了准确的控制和相当高的可靠性。

它具有体积小、操作方便，工作稳定，特别适应各种恶劣条件与发电机组配合作业，同时本控制器可通用于国内外探伤机匹配。

RH-2018 型 X 射线机控制器具有以下特点：防尘、防水面膜，轻触按键和大字符 LED 显示；可靠的安全锁，可以锁定开高压键，门机连锁装置，防止误超作，保护操作者；开机进行全面的自诊断，确定机器是否工作正常；可以记忆上次选定的曝光参数，便于连续化作业；可用按键直接准确的为选择曝光参数，显示操作更直观方便；可以记忆机器停用时间，自动进行相应的训机操作；具备齐全的保护功能，并可以显示故障类型；高压和毫安的缓升、缓降，可以有效的保护管头；自动控制管头工作和休息；具有延时启动高压的功能，便于操作者撤离施险区域；结构设计更加牢固轻巧，更便于现场操作。彻底把高压和控制隔离，便于机器工作更可靠安全，自动记录管头累计使用时间及使用强度，便于设备更新及维护。

典型无损检测装置示意图见 9-1:



9.2 工作原理

XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钼等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面被钨靶突然阻挡从而产生 X 射线。

本项目 X 射线装置利用材料厚度对 X 射线吸收程度的差异，通过 X 射线透视摄片、从软片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷，根据观察其缺陷的性质、大小和部位来评定材料制品的质量。同时可检定所属设备安全运行，从而可防止由于材料内部缺陷，加工不良运行磨损等引起的重大事故。

9.3 工艺流程及产污环节

1、设备出库。考虑辐射防护最优化，设备生产厂家制作了防护铅箱，XXG-2505 型

便携式 X 射线探伤机在宁夏正禹工程技术有限公司设备间中防护铅箱内进行储存。根据设备台账管理制度，库管人员持任务单，打开设备间，在台账上登记，经库管人员确认后，设备方可出库。

2、运输。运输时采用专用车辆运输至检测地点确保运输过程中设备的安全（X 射线机储存于防护铅箱内）。

3、发布 X 射线探伤通知，对工作场所进行清场，设备操作人员将探伤设备放到指定的拍片位置，现场监护人员根据估算结果以及工作经验初步划定并标记出控制区和监督区范围和边界，设置警戒线，并放置警告牌以及打开工作指示灯，确保监督区内无公众成员。

4、X 射线设备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动作情况。设备操作人员连接 X 射线机与控制箱，控制箱与外部电源连接。本项目 X 射线机与控制箱相连的电源线大于辐射范围距离，探伤机布置在试件上方，进行探伤时利用连接电缆长度（25 米）达到距离防护的目的，设备操作人员身穿防护服操作控制箱，最大程度减少工作人员所接受的剂量。

5、试曝光。探伤作业前，现场监护人员应根据 X 射线机技术参数、被检物体的厚度、照射方向、时间、屏蔽条件、是否高空作业等因素，并初步划定控制区和监督区的范围，然后手持便携式 X 剂量监测仪、佩个人剂量报警仪及个人剂量计，确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，通知设备操作人员操作控制箱进行试曝光。使用 X 辐射剂量监测仪对原划定的控制区和监督区进行修正，以确定控制区及监督区的边界。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求，划分监督区和控制区，并在监督区边界拉起警戒线并悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。

6、曝光检测。开机进行曝光，X 射线机曝光时，填写检测信息以及设备运行记录。现场监护人员在曝光检测时在监督区边界警戒，若有其他人员进入监督区及时通知设备操作人员终止探伤工作，关闭射线机。

7、探伤结束。达到预定曝光时间和曝光量后，探伤检测结束，关闭机器设备，操作人员携带个人剂量报警仪和 X 辐射监测仪进入控制区，收回探伤机，清理完现场后解除警戒并离场。

8、专用车辆运输送回设备间，含 X 射线机入库（X 射线机储存于防护铅箱内）。

9、根据设备台账管理制度，在出入库台账上登记，并将所有设备入库。

10、胶片处理。

(1)溶液配制

将购买的成品显影浓缩液、18~24℃蒸馏水配制成显影溶液待用（A型成品显影浓缩液、B型成品显影浓缩液及蒸馏用量分别为2.8升、1升、30升）。

将购买的定影浓缩液、18~24℃蒸馏水配制成定影溶液待用（A型成品定影浓缩液、B型成品定影浓缩液及蒸馏用量分别为2.8升、1升、30升）。

(2)胶片处理程序

胶片处理过程可分为显影、停显、定影、水洗和干燥五个步骤。

显影：将胶片放入配制好显影溶液浸泡4~6min，成像后取出。

停显：将成像后的胶片，放入50升水箱中浸制约0.5min，去除附着在胶片上的杂质。

定影：停显结束后取出胶片，放入配制好定影溶液浸泡5~15min，保护已显影的影像，使其达到稳定状态。

水洗：定影结束后取出胶片，放入50升水箱中浸制约30~60min，去除附着在胶片上的化学物质。

干燥：水洗后将胶片悬挂起来自然干燥。

(3)射线照相底片的评定。评片人员对观察到的影像做出分析判断。

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

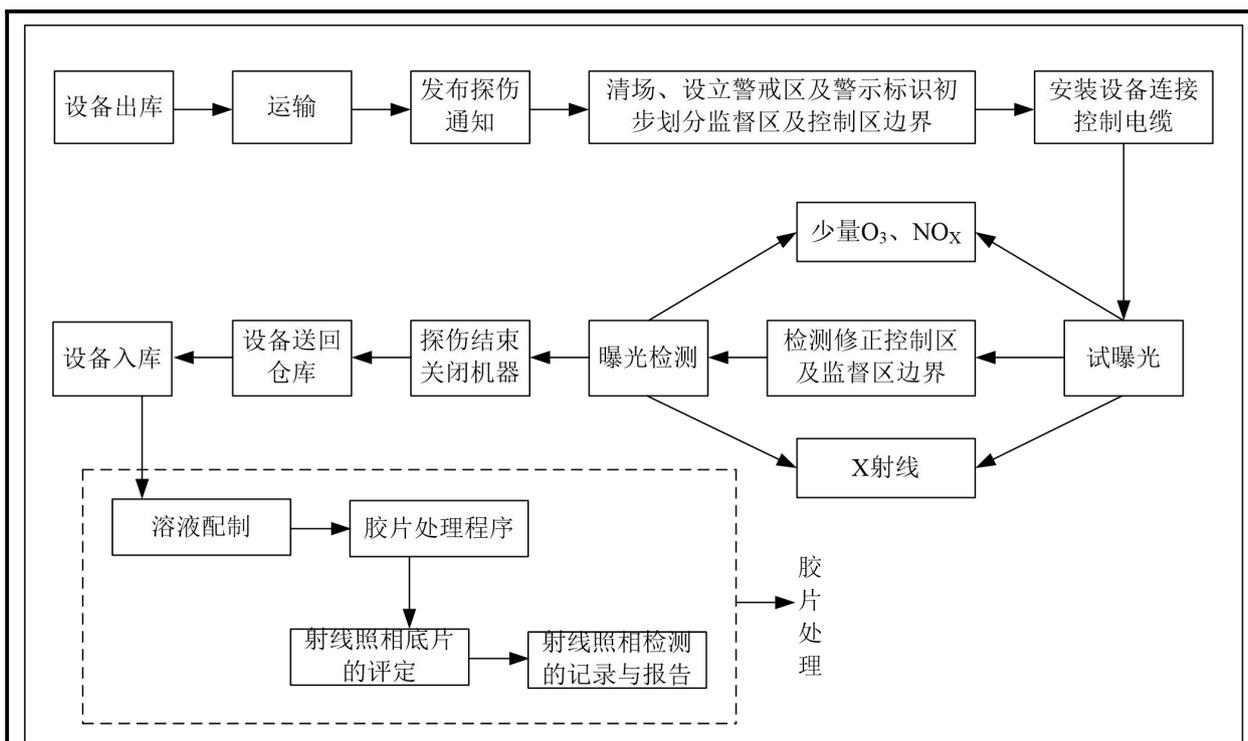


图 9-3 工艺流程及产污环节示意图

9.4 工作状态与频次

本项目拟配置 2 名专职辐射工作人员负责 X 射线探伤机的操作工作，每名辐射工作人员计划每月进行 X 射线探伤最多 5 次，每次最多开机 30min 年最多工作 6 个月，则辐射工作人员年最大工作时间约 15h。

9.5 污染源项描述

1、X 射线

由 X 射线探伤装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生的。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于曝光状态时才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。X 射线探伤装置在运行时无放射性废气、废液和固体废弃物产生。本项目 X 射线探伤装置最大管电压为 250kV，最大管电流为 5mA，X 射线过滤条件为 3mm 铝，由于设备技术参数未提供输出量，本次环评输出量参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录表 B.1 中 250kV 管电压，滤过条件 3mm 铝进行取值，即输出量 H 取 13.9mGy.m/（mA·min）。

3、臭氧及氮氧化物

本项目探伤现场为开放式场所，探伤装置系统产生的 X 射线会使空气电离产生 O₃

和 NO_x（以 NO₂ 为主），产生量较小，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

3、正常工况污染途径分析

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

4、事故工况污染途径分析

X 射线探伤装置在事故工况下，主要是 X 射线探伤装置紧急停机按钮、开关按钮失灵，无法正常关闭 X 射线探伤装置，或者探伤过程中人员误入探伤现场，从而导致人员接受到附加照射。

5、废显影液

胶片处理过程中产生的废显（定）影剂，产生量约为 127.6kg/a，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中“HW16 感光材料废物”中的非特定行业 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），在厂区内危险废物贮存点暂存交由资质的单位处理。

9.6 事故工况污染途径分析

无损检测装置在事故工况下，主要是无损检测装置紧急停机按钮、开关按钮失灵，无法正常关闭无损检测装置，或者探伤过程中人员误入探伤现场，从而导致人员接受到附加照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

10.1 辐射工作场所分区管理

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），将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。参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），一般将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内化为控制区，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线工作区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作。将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围化为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，同时设专人警戒。在进行探伤作业时辐射工作人员将结合作业现场实际情况，使用便携式辐射监测仪划定控制区和监督区，如条件允许（如现场有屏蔽设施等），控制区、监督区边界剂量当量率可低于 $15\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，本项目控制区、监督区划分示意图见图 10-1。

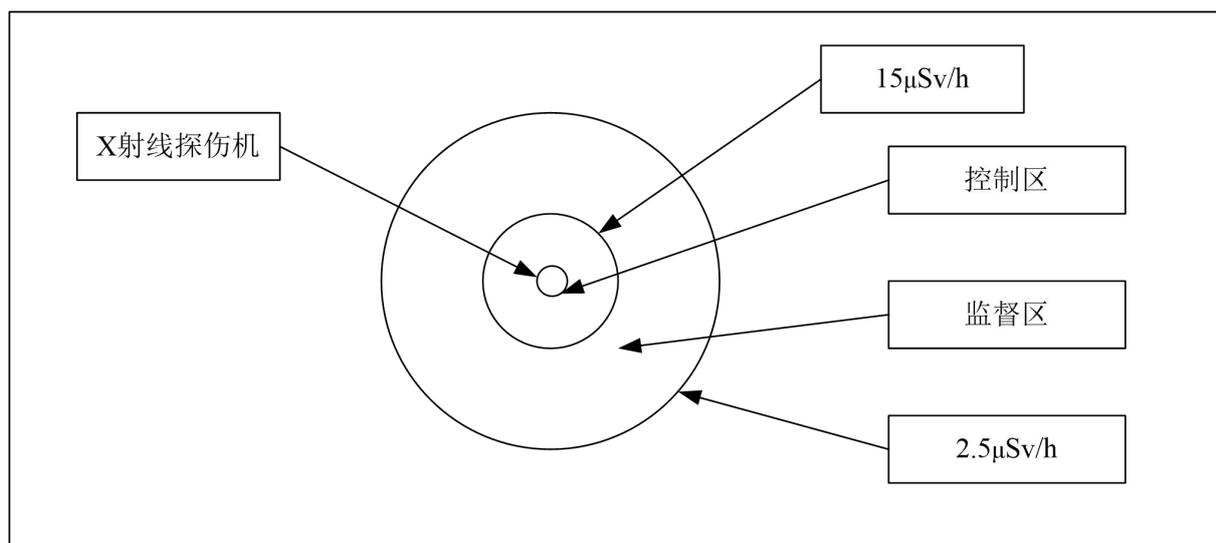


图 10-1 X 射线探伤机控制区、监督区划分示意图

10.2 辐射安全和防护措施

1、严格 X 射线探伤机设备间管理要求。

本项目 X 射线探伤装置单独存放，存放地点位于宁夏正禹工程技术有限公司一楼设备间内，设备间设置防盗门，窗户安装防盗装置，设备间实行双人双锁管理。X 射线探伤装置使用时进行出入库登记，出入库登记记录明确领取和归还时间、人员，使用地点、用途等项目，经 X 射线探伤机管理人员和相关负责人签字确认后方可出库。

2、铅箱屏蔽防护情况

按照辐射防护最优化原则，为尽量降低操作人员外照射剂量水平，建设单位拟配置防护铅箱，用于存放 X 射线装置。铅箱尺寸(内径)为 400×400×800mm，铅当量 8/6mmPb，纯度 99.99%。

3、紧急停机

X 射线机控制台有钥匙控制、钥匙由专人管理，控制台上设有紧急停机按钮，并要求设置辐射警示标志、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

4、警示标示

在设备间门口处、X 射线探伤机、控制区、监督区的边界处分别设置 1 个醒目的电离辐射警示标示和声光警示灯，在探伤过程中通过声光提示他人不得进入探伤区域。在控制区边缘设置醒目的警示标志，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌。在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并安排专人负责警戒，防止无关人员入内。

探伤时在探伤现场设置扬声器，用于提醒现场人员注意和撤离辐设工作区。

5、警戒线

在 X 射线探伤工作开始前，必须对探伤现场进行清场，确保无其他人员的情况下方可进行探伤作业。使用便携式辐射监测仪开展分区监测，标记出控制区和监督区范围和边界，设置警戒线。

6、作业现场配置 1 台便携式辐射剂量监测仪，随时监测工作区域的辐射剂量率，停机情况后现场辐射剂量率恢复至本底水平时，其他人员方可进入。

7、使用 X 射线探伤的主要危害是外照射，因此在操作中必须充分利用时间、距离和屏蔽防护。探伤的工作条件（如 X 射线机输出电流、管电压、照射方向、探伤构件厚度等）变动时，必须进行场所监测，并验证确定的控制区和监督区。在工作状态下应监测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

8、配备必要的监测仪器和防护用品。本项目配备 8 个电离辐射警示标志，4 套警戒线，4 个声光警示灯，1 台便携式 X 剂量监测仪，2 台个人剂量报警仪，2 套防护用品，并按《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）要求使用监测仪器和防护用品。

9、对 X 射线探伤装置进行定期维护，每年至少维护一次。设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，须保证所更换的零部件都来自设备制造

商，并做好设备维护记录。

10、本项目 2 名辐射工作人员需取得辐射安全与防护考核合格证书，当建设单位拟更换或新增辐射工作人员时，须对组织新入职辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，通过辐射安全与防护考核后方可上岗，杜绝无证上岗。同时要求工作人员熟练掌握操作技能，从而达到减少受照剂量的目的。

11、个人剂量监测。本项目 2 名辐射工作人员均应配备个人剂量计，探伤作业期间必须佩戴。公司定期（每季度一次）将个人剂量计送有资质单位进行检测，检测结果存入个人剂量档案，并终生保存。

12、对所有从事 X 射线探伤的工作人员定期进行职业健康体检并形成制度，建立个人健康档案，凡发现接触射线的工作人员出现不适应症，须及时采取应急措施。

13、探伤作业时，在控制区边缘合适的位置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”。在监督区边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，防止无关人员入内。作业前对控制区和监督区进行清场，确保控制区和监督区无其他人员，在控制区和监督区边界处设置声光警示灯、警戒线及电离辐射警示标志。

14、X 射线探伤控制箱配置 1 把专用钥匙，由专人负责保管和掌握，在人员离开探伤装置时，须关闭探伤装置，拔下钥匙，防止他人进行操作。

15、射线装置到达使用年限或者不再使用时，须对射线装置进行报废处理破坏射线装置 X 射线发生器，确保其不能再产生 X 射线。

10.3 辐射安全制度

1、严格按照操作规程进行作业，并对辐射工作人员进行操作规程培训，确保工作人员熟练掌握操作技巧。

2、使用 X 射线探伤的主要危害是外照射，操作人员必须在独立的操作位进行操作。

3、配备便携式监测仪器，定期对辐射工作场所进行监测，做好记录，确保屏蔽防护处于良好的状态。

4、为操作人员配备必要的个人防护用品、个人剂量计、个人剂量报警仪和灭火器等。

5、定期对无损检测装置进行维护保养，使 X 射线装置处于良好的工作状态。发现达到规定使用寿命的部件必须按时更换，防止因设备故障而发生辐射事故。

6、对所有从事辐射工作的人员进行辐射安全与防护培训，培训考核合格方能上岗。

7、所有辐射工作人员均应进行个人剂量的监测并建立档案。

8、对所有从事工业 X 射线探伤的工作人员定期体检并形成制度，凡发现接触射线的工作人员出现不适应症应及时采取应急措施。

9、设备安装场地附近应张贴醒目的“当心电离辐射”警示标志，并安装工作状态显示装置；控制区边界也应张贴醒目的安全警示标志，严禁无关人员进出控制区，同时应增加声光警示灯。

10.3 环保投资

本项目总投资 10 万元，环保投资 7.5 万元，占总投资的 75%。环保设施（措施）及其投资估算见表 10-1。

表 10-1 环保设施（措施）及投资估算一览表

| 环保设施 | | 数量 | 投资（万元） |
|--------|----------------------|------|--------|
| 防护设施 | 防护铅箱 | 1 个 | 0.5 |
| | 视频监控器 | 1 个 | 0.5 |
| 场所设施 | 电离辐射标志 | 8 个 | 1.5 |
| | 声光警示灯 | 4 个 | |
| | 警戒线 | 4 个盘 | |
| | 无关人员禁止入内警示牌 | 4 个 | |
| 监测设备 | 便携式 X 剂量监测仪 | 1 台 | 2.5 |
| 个人防护用品 | 防护用品 | 2 套 | 0.2 |
| | 个人剂量报警仪 | 2 套 | 0.2 |
| 其他投资 | 个人剂量计 | 2 人 | 0.1 |
| 固废处置 | 危废贮存点：设置危险废物贮存点 1 处。 | 1 处 | 2.0 |
| 合计 | | | 7.5 |

三废的治理

本项目 X 射线探伤过程中不产生放射性废气、废水及放射性固体废弃物。现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，经空气稀释和自然分解后，对周围环境影响较小。

项目胶片处理过程中不产生废气、废水，胶片处理过程中产生的废显（定）影剂，产生量约为 127.6kg/a，废显（定）影剂属于《国家危险废物名录》中“HW16 感光材料废物”中的 900-019-16 其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸，危险特性为毒性（T），在厂区内危险废物贮存点暂存交由资质的单位处理。

表 11 环境影响分析

建设或安装阶段对环境的影响

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

运行阶段对环境的影响

11.1 现场探伤场所控制区及监督区距离估算

本项目 XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机用于水利工程质量检测，在实际操作过程中，巡测人员应手持便携式辐射监测仪按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内化为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围化为监督区。

1、主射束方向控制区及监督区距离

(1)根据《辐射防护导论》（方杰主编）计算公式（式 1： $Ka=I\delta_x/(r^2/r_0^2)$ ）可计算出 X 射线探伤机曝光时产生的空气比释动能率。

式中： Ka -距 X 射线管焦斑 n 处的空气比释动能率， mGy/min ；

I -管电流， mA ，取 5.0mA ；

δ_x -发射率常数， $\text{mGy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；由于设备技术参数未提供输出量本次环评输出量参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录表 B1 中 250kV 管电压，滤过条件 3mm 铝进行取值，即 $13.9\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

r_0 -X 射线管钨靶离焦点的距离， m ，本项目取 1m ；

r -X 射线机距计算点的距离， m ，本项目取 1m 。

表 11-1 X 射线空气比释动能率计算结果一览表

| 类别 | 管电流 (mA) | 发射率常数 ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$) | X 射线管钨靶高焦点的距离 (m) | X 射线机距计算点的距离 (m) | 空气比释动能率 (mGy/min) |
|----|----------|----------------------------------------------------------------|-------------------|------------------|------------------------------|
| 数值 | 5.0 | 13.9 | 1 | 1 | 69.5 |

根据建设单位提供的资料，XXG-2505 型便携式 X 射线探伤机其工件厚度对应典型工况见表 11-2。

表 11-2 便携式 X 射线探伤机工况

| 管电压 (kV) | 管电流 (mA) | 工件厚度 (mm) |
|----------|----------|-----------|
| | | 钢板 |
| 250 | 5 | 5~25 |

当探伤工件为钢板时，查询《辐射防护导论》（方杰主编 P103 图 3.23）可得各管电压下对应的 X 射线在钢板中的近似什值层厚度，具体见表 11-3。

表 11-3 各管电压下对应 X 射线在钢板中的近似什值层厚度

| | | | |
|------------|-----|-----|-----|
| 管电压 (kV) | 250 | 200 | 150 |
| 什值层厚度 (cm) | 1.6 | 1.3 | 1.0 |

(2)根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014): 4.1 有用线束在给
定屏蔽物质厚度 X 时, 关注点的剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按照 (式 2: $H=I \times H_0 \times B/R^2$) 计算。

式中: I-X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA);
 H_0 -距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/9$ (mA·h), 以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$
为单位的值乘以 6×10^4 , 见附录表 B.1;

B-屏蔽透射因子, $B=10^{-X/\text{TTL}}$, TTL-什值层厚度 (mm), X-屏蔽物质厚度 (mm),
根据建设单位提供的数据, 被检工件厚度为 5~25mm。

R-辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为 m, 取 1m。

(3)根据辐射场中某点的照射量、吸收剂量均与该点和源的距离的平方成反比, 也就
是平方反比定律, 可计算出本项目控制区和监督区的距离: $D_1/D_2=R_2^2/R_1^2$ (式 3) (控
制区边界剂量率控制水平为 $15\mu\text{Sv/h}$, 监督区边界剂量率控制水平为 $2.5\mu\text{Sv/h}$)。

D_1 -距 X 射线管焦点 R_1 处辐射剂量率;

D_2 -距 X 射线管焦点 R_2 处辐射剂量率;

R_1 -距 X 射线管焦点处的距离;

R_2 -距 X 射线管焦点处的距离。

由以上参数可计算出主射束方向控制区及监督区的防护距离见表 11-4。

表 11-4 不同工况条件下主射束方向控制区及监督区的防护距离 (钢板)

| 运行工况 | | 过滤条 件(铝) | 距辐射源点 (靶点) 1m 处 输出量 H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ | 屏蔽 物质 的厚 度 X | 什值 层厚 度 TTL | 屏蔽 透射 因子 B | 关注点 的剂 量 率 H $\mu\text{Sv/h}$ | 距离 | |
|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------------|------------------|------------------|
| 管电压 (kV) | 管电流 (mA) | | | | | | | 控制 区距 离(m) | 监督 区距 离(m) |
| 250 | 4.0 | 3mm | $13.9 \times 6 \times 10^4$ | 5 | 16 | 0.49 | 1634640 | 330.12 | 808.61 |
| | | 3mm | $13.9 \times 6 \times 10^4$ | 25 | 16 | 0.03 | 100080 | 81.68 | 200.08 |
| 200 | 4.5 | 3mm | $8.9 \times 6 \times 10^4$ | 5 | 13 | 0.42 | 1009260 | 259.39 | 635.37 |
| | | 3mm | $8.9 \times 6 \times 10^4$ | 25 | 13 | 0.01 | 24030 | 40.0 | 98.0 |
| 150 | 5 | 3mm | $5.2 \times 6 \times 10^4$ | 5 | 10 | 0.32 | 499200 | 182.43 | 446.86 |
| | | 3mm | $5.2 \times 6 \times 10^4$ | 25 | 10 | 0.0032 | 4992 | 18.24 | 44.69 |

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

2、非主射束方向控制区及监督区距离

(1)泄漏射线所致周围剂量当量率

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），X射线伤机在额定工作条件下，距X射线管焦点100cm处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表11-5的要求。

表11-5 X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

| 管电压 kV | 漏射线所致周围剂量当量率 mSv/h |
|---------|--------------------|
| <150 | <1 |
| 150~200 | <2.5 |
| >200 | <5 |

本项目X射线装置最大管电压为250kV，X射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值保守取5mSv/h。

(2)散射线所致周围剂量当量率

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算方法关注点的散射辐射剂量率H（ $\mu\text{Sv/h}$ ）按下式计算： $H = (I \times H_0 \times B / R_s^2) \times (F \times a / R_0^2)$

式中：I-X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 -距辐射源点1m处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，见附录表B.1；

B-屏蔽透射因子；按表2（X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值）并查附录B表B.2的相应值，确定90°散射辐射的TVL，然后按照 $B = 10^{-x/\text{TVL}}$ 计算，TVL-什值层厚度，mm，X-屏蔽物质厚度，mm，根据建设单位提供的数据，被检工件厚度为5~25mm；

F- R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

a-散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的a值时，可以水的a值保守估计，见《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录B表B.3， $a = a_w \times 10000 / 400 = a_w \times 25$ ；

R_0 -辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，本项目取1m；

R_s -散射体至关注点的距离，本项目取1m。

不同工况条件下关注点的散射辐射剂量率见表11-6。

表 11-6 不同工况条件下关注点的散射辐射剂量率

| 运行工况 | | 过滤条件 (铝) | 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量 Ho μSv·m ² /(mA·h) | 屏蔽 物质 的 厚度 X | 半 值 层 厚 度 TVL | 屏蔽透 射因子 B | 辐射野 面积 F (m ²) | 散射因子 (a) | 关注点 的 散 射 辐 射 剂 量 率 H μSv/h |
|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------|
| 管电压 (kV) | 管电流 (mA) | | | | | | | | |
| 250 | 4.0 | 3mm | 13.9×6×10 ⁴ | 5 | 1.4 | 2.7×10 ⁻⁴ | 0.040 | 1.9×25×10 ⁻³ | 1.71 |
| | | 3mm | 13.9×6×10 ⁴ | 25 | 1.4 | 1.4×10 ⁻¹⁸ | 0.040 | | 8.87×10 ⁻¹⁵ |
| 200 | 4.5 | 3mm | 8.9×6×10 ⁴ | 5 | 0.96 | 6.2×10 ⁻⁶ | 0.035 | 1.9×25×10 ⁻³ | 0.025 |
| | | 3mm | 8.9×6×10 ⁴ | 25 | 0.96 | 9.1×10 ⁻²⁷ | 0.035 | | 3.6×10 ⁻²³ |
| 150 | 5 | 3mm | 5.2×6×10 ⁴ | 5 | 0.96 | 6.2×10 ⁻⁶ | 0.030 | 1.6×25×10 ⁻³ | 0.012 |
| | | 3mm | 5.2×6×10 ⁴ | 25 | 0.96 | 9.1×10 ⁻²⁷ | 0.030 | | 1.7×10 ⁻²³ |

(3)其他方向控制区及监督区距离估算

可根据下式计算探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围：

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

式中：K₁-距探伤机表面 R 处的空气比释动能率，mGy/h；（控制区边界剂量率控制水平为 15μSv/h，监督区边界剂量率控制水平为 2.5μSv/h）；

K₀-距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率，mGy/h；

R₀-探伤机表面外 1m；

R₁-参考点距探伤机表面的距离，m。

在泄漏射线和散射线叠加情况下，可由式 5 可计算出不同工况条件下非主束方向控制区和监督区的防护距离，见表 11-7。

表 11-7 不同工况条件下非主束方向控制区及监督区的防护距离

| 运行工况 | | 关注点的散射辐 射剂量率 H μSv/h | 关注点的漏射辐 射剂量率 H μSv/h | 距离 | |
|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|--------------|-----------|
| 管电压 (kV) | 管电流 (mA) | | | 控制区距离 (m) | 监督区距离 (m) |
| 250 | 4.0 | 1.71 | 5000 | 18.26 | 44.73 |
| | | 8.87×10 ⁻¹⁵ | 5000 | 18.25 | 44.72 |
| 200 | 4.5 | 0.025 | 5000 | 18.26 | 44.73 |
| | | 3.6×10 ⁻²³ | 5000 | 18.25 | 44.72 |
| 150 | 5 | 0.012 | 5000 | 18.26 | 44.73 |
| | | 1.7×10 ⁻²³ | 5000 | 18.25 | 44.72 |

上述泄漏射线方向控制区及监督区最大距离均为理论估算结果，仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的变化以及探伤现场的大型工件、遮蔽物等都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。当现场不满足控制区和监督区的距离时，应在控制区的边界设定实体屏障，视情况采用局部屏蔽

措施（如铅板），包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障等。

11.2 对探伤工作人员的辐射影响

根据建设单位提供的资料，本项目购置 1 台 X 射线机，每名操作人员年最大操作时间为 15h，在进行探伤作业时，操作人员位于控制区以外通过计算机进行曝光，则操作人员所能接受到最大辐射剂量率为控制区边界剂量率 15 μ Sv/h。

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

式中：H-年有效剂量，Sv/a；

K-空气吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy，本项目取 1；

Dr-空气吸收剂量率， μ Gy/h；

t-年受照时间，h/a，取 15h/a；

T-居留因子，取 1。

根据探伤工作状态与工作频次，考虑到射线装置运行时，辐射操作人员操作控制器，操作位置距离射线装置大于 20m，而本项目保守计算出非主射束方向监督区边界为 44.73m。则按照整个探伤过程中作业人员在 X 射线探伤现场的周围剂量当量率取监督区边界外最大值 2.5 μ Sv/h 进行计算，居留因子取 1，由式 6 计算可知，辐射工作人员最大年有效剂量为 0.0375mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（B18871-2002）中规定的职业人员年剂量管理目标值不超过 5mSv/a 的管理要求。

11.3 对公众的影响

因建设单位人员管理严格，在探伤现场偶尔逗留的其他工作人员、公众居留因子取 1/16，其所能接触到最大 X 辐射剂量率按照监督区边界最大值 2.5 μ Sv/h 来计算，则公众年最大有效剂量为 0.005mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中本项目规定的对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。

事故影响分析

本项目配备 1 台 X 射线探伤装置，主要用于现场探伤，不进行探伤时存放于宁夏正禹工程技术有限公司一楼设备间内，射线装置不会通电，不会产生 X 射线，对周围环境和人员不会产生辐射影响。本项目环境事故影响分析目的是分析和预测便携式 X 射线探伤机在运行期间存在的潜在危险和有害因素，可能发生的突发性事件或事故，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范应急与减缓措施，以使本项目事故概率、损失和环境影响达到可接受的水平。

1、主要环境风险及其后果分析

X 射线机在进行探伤过程中会发生以下事故风险：

便携式 X 射线探伤机紧急停机按钮失灵，无法正常关闭 X 射线探伤装置，从而导致人员接受到附加照射；人员误入正在进行探伤作业的工作场所，而导致人员误入照射区域受到照射。

X 射线探伤机对人体的照射主要来自于其产生的 X 射线。X 射线具有穿透能力强、能量相对较高、电离密度小等特点，因此射线对人体主要危害是外照射。一般来说，剂量越大，危害就越大。人体受危害的程度与电离辐射的剂量有很大关系，不同剂量引起的危害不同。但同等的剂量条件下，不同个体的机能状态不同，敏感程度存在一定差异，故危害程度也有所不同。不同剂量引起的危害见表 11-9。

表 11-9 不同剂量引起的危害

| 剂量 (Sv) | 危害程度 |
|----------|--------------------|
| 0~0.25 | 无明显自觉症状 |
| 0.25~0.5 | 出现可恢复的机能变化，有血液学的改变 |
| 0.5~1.0 | 出现机能变化，血相改变 |
| 1.0~6.0 | 可好几现轻、中、重度放射病 |
| 6 | 可出现死亡 |

2、环境风险防范措施

(1)探伤机无需进行探伤时，应存放于设备间内，由 1 名 X 射线探伤机管理人员进行严格管理，设备间应设置防盗门，窗户应安装防盗装置，防盗门上应设置明显的电离辐射标志。X 射线探伤装置使用时应做好出入库登记，出入库登记记录应明确领取和归还时间、人员，使用地点、用途等项目，经 X 射线探伤机管理人员和相关负责人签字确认后，方可出库，杜绝因探伤机通电出束导致的事故照射的发生。

(2)考虑辐射防护最优化，设备生产厂家制作了防护铅箱，主要用于非工作状态下 X

射线探伤机的储存。

(3)X 射线机控制台有钥匙控制、钥匙由专人管理，控制台上设有紧急停机按钮。在设备间门口处、X 射线探伤机、控制区、监督区的边界处分别设置 1 个醒目的电离辐射警示标示和声光警示灯，在探伤过程中通过声光提示他人不得进入探伤区域。在 X 射线探伤工作开始前，必须对探伤现场进行清场，确保无其他人员的情况下方可进行探伤作业。根据估算结果以及工作经验初步划定并标记出控制区和监督区范围和边界，设置警戒线。

(4)作业现场设置 1 台便携式辐射剂量监测仪，为辐射工作场所配置个人剂量报警仪，辐射工作人员可根据个人剂量报警仪是否报警而正确判断是否安全。每次辐射工作人员进行现场巡视时，辐射工作人员同时佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪。

(5)本项目配备 8 个电离辐射警示标志，4 套警戒线，4 个声光警示灯，1 台便携式 X 剂量监测仪，2 台个人剂量报警仪，2 套防护用品，并按《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)要求使用监测仪器和防护用品。

(6)建立完善的《X 射线现场探伤操作规程》等制度，规定了必须进行清场的工作程序同时还规定了进行巡逻的工作程序，杜绝人员误入作业现场。加强辐射安全管理，严格禁止无关人员进入控制区，在严格落实此措施可以确保人员的清场，杜绝探伤误照事故的发生。严格遵循每次检测前清场制度，在确保控制区内无人的前提下方可进行检测作业。

(7)定期仔细核查安全连锁、紧急止动装置监视与警示装置，确定其处于正常状态。

危险废物贮存影响分析

(1)危险废物贮存过程环境影响分析

本项目危险废物由防渗漏容器盛装，暂存于危险废物贮存点。危险废物贮存点进行防风、防雨、防晒、地面防渗防腐处理，确保渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s。

根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中相关要求：贮存点应具有固定的区域边界，并应采取与其他区域进行隔离的措施，应采取防风、防雨、防晒和防止危险物流失、扬散等措施；贮存的危险废物应置于容器或包装物中，不应直接散堆；贮存点应及时清运贮存的危险废物，实时贮存量不应超过3吨。

另外，建设单位应按照《环境保护图形标志—固体废物贮存（处置）场》（GB15562.2-1995）修改单、《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ1276-2022）中要求，对厂区固体废物贮存场所进行相关的标志、标识。

(2)运输过程环境影响分析

项目危险废物运输过程主要为厂外运输。企业对于危险废物厂外的运输过程，应严格按照《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中要求执行。

危险废物包装材质要与危险废物相容，能有效隔断危险废物迁移扩散途径，并达到防渗、防漏要求，包装好的危险废物应设置相应的标签，标签信息应填写完整详实。盛装过危险废物的包装袋或包装容器破损后应按危险废物进行管理和处置。

制定危险废物收集操作规程，内容包括适用范围、操作程序和方法、专用设备和工具、转移和交接、安全保障和应急防护等。

参照《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）附录B填写《危险废物厂内转运记录表》。在危险废物收集和转运过程中，采取相应的安全防护和污染防治措施，包括防爆、防火、防中毒、防泄漏、防飞扬、防雨或其他防止污染环境的措施。

根据《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ2025-2012）中要求，危险废物的运输，应由持有危险废物经营许可证的单位按照其许可证的经营范围组织实施，承担危险废物运输的单位应获得交通运输部门颁发的危险货物运输资质。

危险废物公路运输按照《道路危险货物运输管理规定》（交通部令〔2005年〕第9号）、《危险货物道路运输规则》（JT617-2018）以及《汽车运输、装卸危险货物作业规程》（JT618-2004）执行。同时，运输单位承运危险废物时，应在危险废物包装上按要求设置标志。危险废物公路运输时，运输车辆应按照《道路运输危险货物车辆标志》

(GB13392) 设置车辆标志。

按相应要求运输后，固体废物在收集、运输过程基本不会出现跑冒滴漏的情况，不会污染周边环境。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与生态环境保护管理机构的设置

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

领导小组的职责是：

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

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（2021 年修改）》参照原有辐射安全与环境保护管理制度，制定并完善相关制度并上墙。

1、制定辐射安全管理规定

在工业用 X 射线探伤装置核技术利用项目依法取得生态环境部门相关批复手续后方可使用射线装置。在射线装置日常使用过程中应严格按照监管部要求进行辐射安全管理。

2、制定辐射工作岗位职责

建设单位应依照国家安全生产管理规定，按照安全第一，预防为主的方针及“谁主

管准负责”的原则，制定检测人员岗位职责，规定相关人员的安全岗位职能，明确上至监督人员、下至操作人员的安全职责，确保建设单位的安全责任落实到具体的人并能顺利实施。至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与生态环境管理工作，定期对本单位的辐射安全进行自查，迎接生态环境部门的检查。

3、制定辐射安全操作规程

建设单位应制定安全操作规程，详细阐述射线装置开机前的检查、启动、运行、停机及故障处理等方面的操作步骤，确保探伤工作全过程在受控状态下进行。辐射工作人员必须按操作规程进行操作，并做好个人的防护

4、制定 X 射线探伤机仪器室管理制度

制定严格的仪器室管理制度，防止因仪器室管理不善导致射线装置丢失。

5、建设单位应制定辐射设备维护检修制度

明确规定须定期对辐射装置、防护设备进行检测维护，做好检修记录。建设单位必须严格落实检修维护制度，建立检修维护记录。定期对辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。

6、制定监测仪表使用与校验管理制度

对日常巡测的辐射监测仪器进行定期校验。

7、制定辐射工作人员个人剂量及分健康管理制

建设单位应制定个人剂量监测计划、职业健康体检及管理规定，要求所有从事或涉及辐射工作的探伤人员，必须每季度接受个人剂量检测，并建立个人剂量档案。检测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存，个人剂量档案应当终身保存。

建设单位应为每位辐射工作人员配备个人剂量计，并按规定开展个人剂量检测和职业健康体检，建立健康监护档案。建设单位辐射工作人员健康制度可有效保证探伤作业过程中人员的安全，符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求。

8、制定辐射工作人员培训/再培训管理制度

单位定期组织辐射安全培训，辐射工作人员必须通过辐射安全培训平台考核。

9、自行检查和评估制度

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。

10、辐射安全许可证

在取得本次环评批复后，建设单位应按照申请程序，申请领取辐射安全许可证。

11、探伤机使用人员管理

本项目辐射工作人员需取得了辐射安全与防护考核合格证书，当建设单位拟更换或新增辐射工作人员时，须对组织新入职辐射工作的人员进行辐射安全与防护知识教育培训，通过辐射安全与防护考核后方可上岗，杜绝无证上岗。同时要求工作人员熟练掌握操作技能，从而达到减少受照剂量的目的。

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。

辐射监测

建设单位应根据实际情况，建立辐射剂量监测制度，主要为工作场所辐射水平监测和个人剂量监测。

1、工作场所监测

(1)监测频率：每年至少委托有资质单位监测一次；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。当在居民区进行移动式探伤或者发现个人季度剂量（3 个月）超过 1.25mSv 时委托有资质单位进行监测。

(2)检测要求

进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区；当探伤场所、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；在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的；探伤

机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

(3)监测内容：X 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。

(4)结果评价：控制区边界周围剂量当量率取不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，铅箱内操作位周围剂量当量率取不超过 $15\mu\text{Sv/h}$ 。

2、个人剂量监测

辐射工作人员个人剂量监测按照《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2016）执行。辐射工作人员应佩戴个人剂量计，个人剂量计应定期送有资质的单位进行检查和评估，并建立个人剂量档案和健康档案。

(1)监测频率：监测周期为三个月，每年 4 次，建立个人剂量档案。

(2)监测内容：X 辐射累积剂量。

结果评价：辐射工作人员年有效剂量约束值不超过 5mSv 。

辐射事故应急

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

结合实际情况及可能发生的辐射事故，建设单位应制定《辐射事故应急预案》，预案中应包括但不限于以下内容：

1、适用范围

说明辐射事故应急预案的适用范围。本项目辐射事故应急预案的适用范围主要为射线装置发生辐射事故时的应对工作，同时说明辐射事故应急预案与综合应急预案、其他相关专项应急预案（如突发环境事件应急预案）的衔接关系。

2、组织机构及职责

建设单位应成立辐射事故应急处理领导小组，发生事故时应积极开展辐射事故的应急处理和救援工作。辐射事故应急组织机构及体系可以用应急组织机构图表示。辐

射事故应急组织机构应当置于企业统一的领导、管理和指挥之下。应急组织机构应设置若干应急工作小组，应急工作小组包括但不限于技术处置组、安全保卫组、舆情应对组和后勤保障组等，明确各应急工作小组的构成单位（部门）及人员（包括替代人员）、职责分工。应急组织机构图和应急工作小组设置可列入附件。明确应急情况下的指挥机制，在开展前期处置的基础上，明确政府及其有关部门介入后，应急组织机构在指挥、协调、配合、保障等方面的任务和职责。

3、辐射事故应急救援应遵循的原则

- (1)迅速报告的原则；
- (2)主动抢救的原则；
- (3)生命第一的原则；
- (4)科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；
- (5)保护现场，收集证据的原则。

4、辐射事故风险分析

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

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

- (1)本单位负责进行事故报告的机构或人员、相关政府部门的联络方式。
- (2)发生辐射事故时，在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告。情况特别紧急时，可用电话口头初报，随后再书面报告。
- (3)造成或可能造成人员超剂量限值照射的，同时向当地卫生健康部门报告。

6、处置措施

应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案。发生人员误照时及时采取关停、屏蔽、隔离等措施控制辐射照射，并协助受到异常照射的人员接

受医学检查和处理，本项目 X 射线探伤机在发生辐射事故时应在最短时间内断电。

7、应急终止和恢复措施

事故处置完成并满足以下条件，应急响应可终止。

- (1)射线装置得到有效控制。
- (2)辐射安全风险经过排查被彻底消除。
- (3)人员得到有效救治。
- (4)现场的应急响应措施无继续的必要。
- (5)政府主管部门启动应急的，由政府主管部门宣布应急处置终止。

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

8、应急保障

(1)宣传和培训

制定辐射事故应急培训计划方案，每年对与辐射事故应急有关的人员实施培训，重点培训内容包括：应急响应程序；仪器设备的原理和使用方法；辐射事故的现场控制方法；公众和应急人员的安全防护措施，环境保护的应急措施。

(2)应急演练

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

(3)应急物资装备保障

以附件形式列出辐射事故处置所需的应急物资及相关器材，包括应急办公用品、应急通讯器材、应急监测设备、应急处置用品、个人防护用品、应急后勤保障用品等。列出应急物资装备清单，明确应急物资和装备的类型数量、性能、有效日期、存放位置、运输及使用条件、管理和维护责任人及其联系方式等内容。

(4)预案修订

明确应急预案修订的具体要求，特别是建设单位在辐射事故应急处理领导小组人员发生变化、应急处置程序需要完善等情况下，需及时修订应急预案，保证应急预案的可

操作性和时效性。

辐射环境日常管理

- 1、每年1月31日之前，向辐射安全许可证发证单位上报上一年度评估报告；
- 2、辐射工作人员应取得辐射安全与防护培训合格证，或通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习相关知识并通过考核。
- 3、检查工业 X 射线探伤机

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

4、每年对工业 X 射线探伤机至少开展一次维护由辐射安全管理负责人定期对本单位辐射安全和防护设施进行检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录。设备维护由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。当设备有故障或损坏，需更换零部件时，须保证所更换的零部件都来自设备制造商。

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

6、探伤作业时，操作人员应配备一台个人剂量报警仪和个人剂量计。个人剂量计应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。

7、每次探伤工作前，操作人员应检查无损检测装置的性能。

8、发生或发现辐射事故后，当事人应立即向单位的辐射安全负责人和法定代表人报告。事故单位应根据法规要求，立即向使用地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、辐射安全与防护分析结论

宁夏正禹工程技术有限公司新建 X 射线探伤机项目在对探伤工作场所分区，便携式 X 射线探伤机、个人剂量报警仪等防护设施落实各项污染防治措施及辐射安全管理要求后，监督区、控制区的划分满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求；辐射工作人员和公众年附加有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）以及本项目剂量约束值要求（职业人员 $<5.0\text{mSv/a}$ 、公众成员 $<0.1\text{mSv/a}$ ）。

二、环境影响分析结论

1、建设或安装过程对环境的影响分析结论

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

2、运行（使用）后对环境的影响

(1)工作场所分区

由于探伤装置在现场探伤时管电压、管电流、照射方向、被检测设备的厚度及形状以及探伤现场的不同情况对辐射场的剂量水平有很大的影响。因此，本项目主射线方向及泄露射线方向防护距离的估算只能作为现场控制区与监督区的划分参考。现场探伤作业时，在对所有其他人员进行清场后，使用辐射巡测仪测量现场剂量以划分控制区、监督区。控制区、监督区划分好后，在控制区边缘合适的位置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”。在监督区边界上悬挂清晰可见的“非工作人员禁止入内”警示牌，防止非工作人员入内。操作人员操作控制器，巡视人员对控制区和监督区进行清场，确保控制区和监督区无其他人员，在控制区和监督区边界处设置声光警示灯、警戒线及电离辐射警示标志。如因现场作业环境限制，监督区范围不能满足距离防护的前提下，应采用铅皮、铅板等防护工具进行屏蔽。

(2)对探伤工作人员的辐射影响结论辐射工作人员最大年附加有效剂量为 0.0375mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中对辐射工作人员年剂量管理约束值 5mSv 的要求。

(3)对公众的辐射影响结论

公众年最大有效剂量为 0.005mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中本项目规定的对公众成员年剂量管理约束值 0.1mSv 的要求。

三、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（2024 年本）》（国家发展改革委第 7 号令）“第一类鼓励类”中“十四机械”中的第 6 条“科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜”，本项目为“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

2、实践正当性

宁夏正禹工程技术有限公司主营业务涉及水利工程质量检测业务，本项目便携式 X 射线探伤机，是利用 X 射线无损探伤手段对金属结构内部缺陷探伤检测排查，主要包括：包括焊缝的气孔、夹渣、未焊透等体积性缺陷。这些缺陷可能会影响材料的结构完整性和使用性能。

X 射线探伤通过比较被检测物和其内部缺陷对射线的吸收程度，来看射线穿透后的强度差别，从而使缺陷在底片上显示出来，准确评定是否出现部件内部裂纹、松动脱落或隐患缺陷等故障，并对其性能进行分析，避免安全事故的发生和人员伤亡，确保安全生产，减少经济损失。本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

综上所述，宁夏正禹工程技术有限公司新建 X 射线探伤机项目符合产业政策与实践的正当性，在采取严格的污染防治措施及辐射环境管理措施后，工作场所分区符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中对控制区、监督区划分的要求；辐射工作人员及公众年附加有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。因此，从环保角度分析，该项目的运行是可行的。

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、在本次环评结束后建设单位应按照申请程序，申请领取辐射安全许可证。

