核技术利用建设项目

宁夏超高压电力工程有限公司工业 X 射线探伤装置

环境影响报告表

严禁复制

宁夏超高压电力工程有限公司

2024年7月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

宁夏超高压电力工程有限公司工业 X 射线探伤装置

环境影响报告表

严禁复制

建设单位名称：宁夏超高压电力工程有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：宁夏回族自治区银川市金凤区北京中路大众巷1-1号

邮政编码：750000　　联系人：崔强

电子邮箱：76587453@qq.com　　联系电话：18709587228

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II类、III类放射源的；生产、使用II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。

严禁复制

表1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">宁夏超高压电力工程有限公司工业X射线探伤装置</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">宁夏超高压电力工程有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>摆存曦</td><td>联系人</td><td>崔强</td><td>联系电话</td><td>18709587228</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">宁夏回族自治区银川市金凤区北京中路大众巷1-1号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">宁夏回族自治区银川市金凤区北京中路大众巷1-1号</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>260</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>15</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>5.77%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td>28</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□I类（医疗使用） □II类□ III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□甲 □乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□甲 □乙 □丙</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

项目概述

1.1　建设单位情况

宁夏超高压电力工程有限公司成立于2004年3月5日，注册资金6000万元，托管于国网宁夏超高压公司，位于宁夏回族自治区银川市金凤区北京中路大众巷1-1号，公司目前具备9项资质，主要包括：承装（修、试）电力设施一级资质、电力工程总承包二级资质、建筑工程施工总承包二级资质、民用无人机驾驶员训练机构资质、民用无人驾驶航空器运营合格证、消防维保资质、乙级测绘资质、人力资源服务许可证、劳务派遣经营许可证。工程公司主营业务由以下几部分构成：主网超（特）高压输电线路运维、用户输变电设备

严禁复制

运维业务、支撑主业实施大修、技改项目和辅助运维、故障抢修业务、科技创新业务和后勤服务业务等。

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）》（国家发展改革委第 7 号令）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

宁夏超高压电力工程有限公司主营业务涉及用户输变电设备运维业务，本次拟购置的工业 X 射线探伤装置，是利用 X 射线无损探伤手段对变电站（换流站）内组合电器（GIS、HGIS）、罐式断路器等设备机械操动机构和绝缘故障等隐患缺陷检测排查，主要包括：导电部位和触指、绝缘拉杆、轴销、合闸电阻、螺栓等部件内部裂纹、松动脱落，以及内部异物遗留等缺陷检测；以及换流站内阀冷却系统金属元件、焊缝等隐患缺陷检测排查，通过对变电站（换流站）设备检测后图像显示的缺陷，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，确保变电站（换流站）的安全生产，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。

严禁复制

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。根据宁夏超高压电力工程有限公司发展需要，拟购置1台工业X射线探伤装置，用于无损检测工作，通过X射线无损探伤手段，可实现对变电站（换流站）内组合电器（GIS、HGIS）、罐式断路器等设备机械操动机构的“可视化”，能够满足设备内部存在的异物、裂纹、绝缘件划痕等缺陷的检测，为设备故障的准确定性及定位提供方便，同时也为设备的状态检修提供技术支持，对保障电力系统稳定运行，防止非计划停运有着重要意义。

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。宁夏超高压电力工程有限公司于2024年6月21日委托宁夏致清环境科技有限公司对“宁夏超高压电力工程有限公司工业X射线探伤装置”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

宁夏超高压电力工程有限公司拟购置1台ERESCO类型65MF4型工业X射线探伤装置，最大管电压为300kV，最大管电流为6.0mA。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。

严禁复制

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
便携式X射线探伤装置	ERESCO类型65MF4型	贝克休斯检测控制技术（上海）有限公司	II	300	6.0	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

宁夏超高压电力工程有限公司位于宁夏回族自治区银川市金凤区北京中路大众巷1-1号，北侧为国网宁夏电科院试验楼及国网宁夏电力有限公司健身中心，南侧为新海家园一区和百合园，西侧为银供家属区东区，东侧为新海家园。本项目拟购置的便携式工业X射线探伤装置计划存放于宁夏超高压电力工程有限公司西南部14号库房（长×宽×高：8m×3.5m×4m）内，设有专人负责设备管理。由于X射线探伤装置只有在开机通电操作时才会产生X射线，本项目拟购置的便携式工业X射线探伤装置均为室外探伤，不进行室内探伤，探伤机在库房内也不进行调试或者使用，项目选址合理。项目地理位置见图1-1，X射线探伤机暂存库房的地理位置及周边环境见图1-2，库房现状照片见图1-3。

本项目拟购置的便携式工业X射线探伤装置室外探伤作业地点主要为全区110kV及以上等级变电站（换流站）站内，站外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站内值班人员等公众。

1.7　辐射工作人员配备情况

本项目拟购置1台便携式工业X射线探伤装置，配备4名辐射工作人员专门从事X射线探伤工作，探伤工作时2人现场监护，1人操作控制箱，1人进行数据采集。

1.8　原有核技术利用项目许可情况

宁夏超高压电力工程有限公司拟购置便携式工业X射线探伤装置前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。

严禁复制

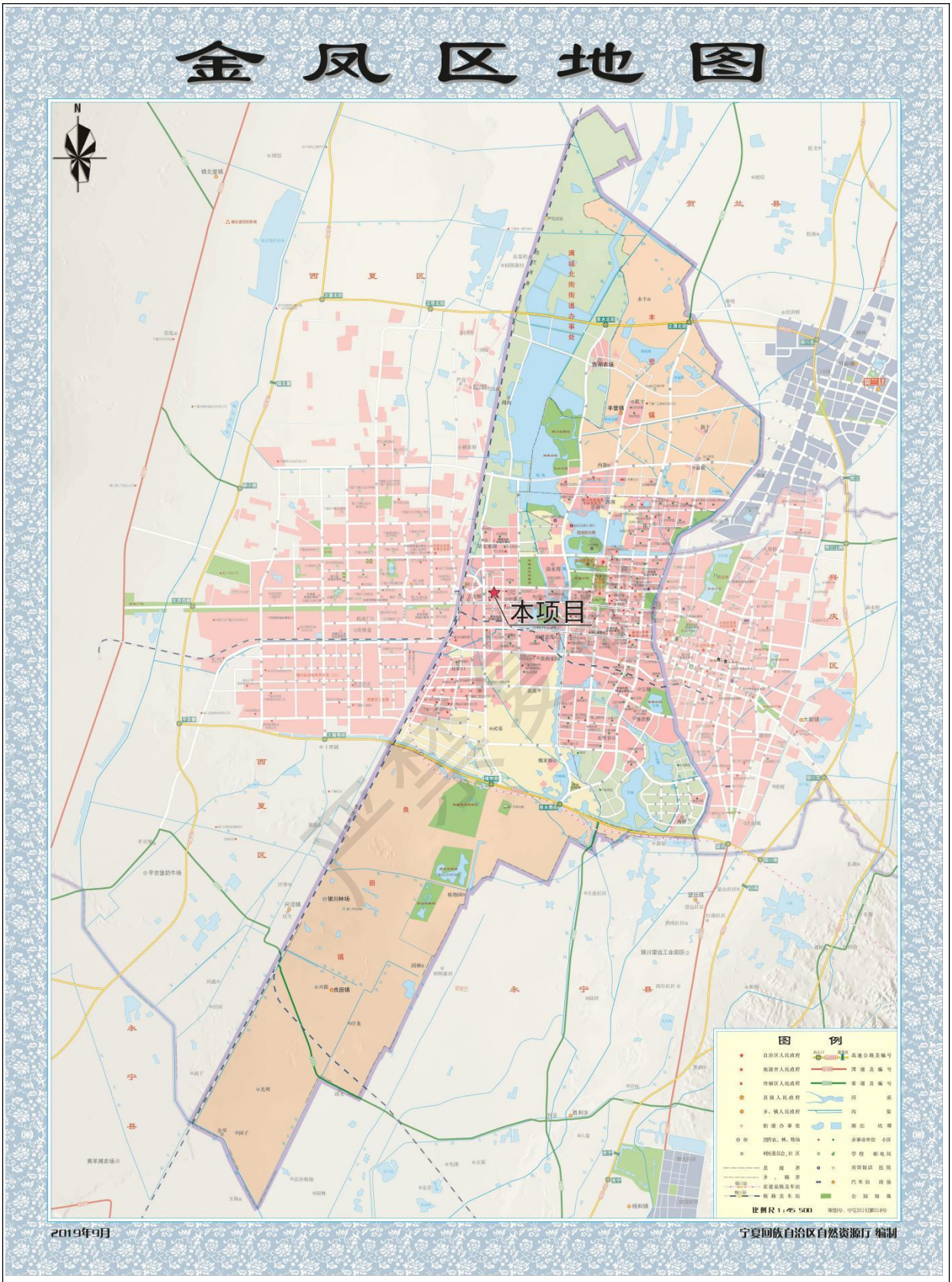

图 1-1　项目地理位置图

图 1-2　X 射线探伤机暂存库房的地理位置及周边环境图

14 号库房外部

14 号库房内部

图 1-3　库房现状照片

表2　放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表3　非密封放射性物质

序号	核素 名称	理化 性质	活动 种类	实际日最大 操作量（Bq）	日等效最大 操作量（Bq）	年最大用量 （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》（GB 18871-2002）。

表4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大 能量（MeV）	额定电流（mA）/ 剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

严禁复制

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	便携式 X 射线探伤装置	II	1	ERESCO 类型 65MF4 型	300	6.0	无损检测	移动探伤作业地点	贝克休斯检测控制技术（上海）有限公司

（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（μA）	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^3；年排放总量用 kg。
2．含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

严禁复制

表6　评价依据

法规文件	⑴《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）； ⑵《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）； ⑶《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）； ⑷《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）； ⑸《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）； ⑹《放射性同位素与射线装置放射防护条例》（国务院令第44号，1989年10月24日起施行）； ⑺《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）； ⑻《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）； ⑼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； ⑽《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委第7号令）； ⑾《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）； ⑿《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）； ⒀《宁夏回族自治区辐射事故应急预案》（宁政办发〔2022〕23号）； ⒁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）； ⒂《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（生态环境部令第9号，2019年9月）； ⒃《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，国环规环评〔2017〕4号，2017年11月20日。

严禁复制

技术标准	⑴《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）； ⑵《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）； ⑶《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； ⑷《生态环境部核技术利用监督检查技术程序》（2020年版）； ⑸《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录（2021年版）》； ⑹《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； ⑺《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； ⑻《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； ⑼《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（HJ1157-2021）； ⑽《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）； ⑾《辐射事故应急监测技术规范》（HJ1155-2020）； ⑿《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）； ⒀《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》（GB22338-2008）； ⒁《2022年全国辐射环境质量报告》； ⒂《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983-1990）》。
其他附件	⑴环境影响评价委托书； ⑵辐射工作人员培训证书。

严禁复制

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1.5评价范围和保护目标，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围）。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

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 4 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表

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	移动探伤现场	变电站（换流站）内 X 射线探伤作业人员	探伤现场控制区外	4 人	5
其他工作人员、公众		变电站（换流站）内值班人员等公众	探伤现场监督区外	6 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）

7.3.1　防护与安全的最优化

4.3.3.1　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）。

7.3.2　剂量限值

1.职业照射

4.3.2.1　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和有关器官

或组织的总当量剂量不超过标准附录 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。

B1.1.1.1 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：

a）由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作为追溯性平均），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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），剂量约束可取限值的 10%~30%，本次评价从辐射防护最优化原则出发，尽量避免不必要的附加剂量照射，并为其它可能的辐射照射留下余额，本次评价取其 25%，即 5mSv 作为本项目职业照射约束剂量。

2.公众照射

B1.2.1　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，lmSv；

b）特殊情况下，若 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），剂量约束可取限值的 10%~30%，本次评价从辐射防护最优化原则出发，尽量避免不必要的附加剂量照射，对于公众成员本次评价取其 10%，即公众照射约束剂量 0.1mSv 作为公众照射约束剂量。具体见表 7-2。

表 7-2　本项目辐射照射剂量要求　单位：mSv/a

分类	标准要求年剂量管理约束限值	本项目执行年剂量管理约束限值
职业照射	20	5
公众照射	1	0.1

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

严禁复制

5.1.1　X射线探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7-3的要求。

表7-3　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

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）安全联锁是否正常工作；

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

严禁复制

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15μSv/h的区域划为控制区。

a）对于X射线探伤，如果每周实际开机时间高于7h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）计算：

$$\dot{H} = \frac{100}{\tau} \qquad (1)$$

式中：

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

100——5mSv平均分配到每年50工作周的数值，即100μSv/周；

τ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

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。

严禁复制

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2.5μSv/h的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.2.9　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）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

严禁复制

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

7.5.1.2　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。

8　放射防护检测

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

严禁复制

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。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测：

a）新开展现场射线探伤的单位；

b）每年抽检一次；

c）在居民区进行的移动式探伤；

d）发现个人季度剂量（3个月）可能超过1.25mSv。

8.4.4 结果评价

严禁复制

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。

本项目拟购置的ERESCO类型65MF4型工业X射线探伤装置，最大管电压为300kV，最大管电流为6.0mA，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/h，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

严禁复制

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。

严禁复制

表9　项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1　ERESCO类型65MF4型 X射线探伤设备组成及其技术参数

宁夏超高压电力工程有限公司拟购置的 1 台便携式工业 X 射线探伤装置为贝克休斯检测控制技术（上海）有限公司的 ERESCO 类型 65MF4 型便携式高频 X 射线机，该射线机可利用 DXR 100P-X 数字射线 DR 探测器实现无胶片无损探伤，其主要技术参数见表 9-1。

表 9-1　本项目工业 X 射线探伤装置主要技术参数

设备名称	项目	技术参数
ERESCO 类型 65MF4 型便携式高频 X 射线机	生产厂家	贝克休斯检测控制技术（上海）有限公司
	说明	风冷装置，大量应用于焊缝检测、铸件和复合材料，尤其是需要高穿透力的场合
	出射线束	定向照射
	10 分钟穿透力	65mm（2.55″）
	高压范围	5~300kV
	管电流范围	0.5~6mA
	U 为最大值时的管电流	3.0mA/300kV
	持续额定功率	900W
	焦点标称值	3.0mm（EN12543）1.5（IEC336）
	阳极材料	钨（W）
	目标角	20°
	出射线束范围	椭圆形，40°×60°
	固有过滤精度	0.8mm±0.1mm，Be
	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	160V-253VAC，80V-127VAC，50/60Hz*
	管头重量	37.6kg
	认证	CE 合格证、NFC74 100**、BfS 证书（PTB 认证）**

ERESCO 类型 MF4 便携式 X 光机专为确保在最恶劣的条件下进行检测的可靠性而设计。利用 ERESCO 类型 MF4 系列产品，移动 X 射线检测才真正更为轻便。

坚固的控制器和管头构造使得该设备适合于在恶劣环境中使用。由于功耗小，该设备不仅减少了能源成本，而且更易于使用便携式电源运行。

专用的大功率电子设备使其既可以单独在现场使用，也可以集成到 X 射

严禁复制

线管道爬行器中。尽管重量减轻，新管头仍符合欧洲 X 射线规程的严格要求。

ERESCO 类型 MF4 使用最新的紧凑电子设备使重量达到最小，并提供脉动极低的大功率输出以及坚固的金属陶瓷 X 射线管，从而生成高剂量的 X 射线，使得曝光时间最短，因而生产率更高。

图 9-1　本项目拟购置的 ERESCO 类型 MF4 型便携式高频 X 射线机设备外观示意图

图 9-2　DXR 100P-X 数字射线 DR 探测器

1.设备优势

：金属/陶瓷技术既确保了连续运行，又确保了较长的工作寿命。

：MF4 冷却系统有助于延长无故障运行时间，这是因为其特殊设计的铜冷却器优化了气流，从而获得最佳冷却效果。

：ERESCO 类型 MF 技术使得此 X 光机能在恒功率模式下操作，这是因为它与其它同类 X 光机不同，可以驱动较大的管电流。因此，高达 900W 的连续额定功率和高电流确保了 ERESCO 类型 MF4 系列 X 光机在 200kV 到 300kV 级电压下图像清晰度最好。

：运行从 5kV 开始，从而使小密度材料（诸如铝、复合材料和塑料）获得最佳曝光，形成高对比度图像。

：ERESCO 装置的大功率电子设备提供了极低的功耗（在 1kW/h 到 2kW/h 之间)。

：全图形、背光式显示屏和直观用户界面便于简化和指导操作。机载曝光计算器用于测定最佳曝光设置并通过独特的 ERESCO 恒功率模式进一步

版权复制

缩短曝光时间。具有多项编程和报告功能可缩短 X 射线设置时间和评估时间。

：现代微处理器平台通过自动管头识别、操作事件记录、多语言用户界面和不同曝光程序等智能功能实现更快、更安全的设备控制。

2.控制装置

便携式 ERESCO 类型 X 射线数字控制器可以控制 MF4 系列中的任何一台 X 光机。它具有新型大功率电子设备，结构坚固，可确保在现场长时间使用。

数字控制器

MF4 控制器具有友好的人机界面，确保装置安全有效的运行曝光计算器、参数监控或编程/报告工具等多个机载功能，可以简化检测程序。

大型背光式全图形显示器使用户即使在很强的日光下也能轻松查看，同时可用多达 19 种显示语言来提供系统状态的详细信息。所有操作和设置参数都可以借助于功能键、字母数字键盘和光标键输入。菜单驱动界面使其使用起来更容易。用户也可以从存储在内置存储器中的 250 个预输入曝光程序中检索设置参数。此外，这些程序可以具有唯一名称或备注还可以下载、更改、加载和存档。

在实际操作中，最大管电流得以计算并设置，从而最小化曝光时间。除用于警示灯、联锁装置和泵的接口之外，MF4 控制器还提供一系列接口用于外部控制或与基于 PC 的工具通信。

3.功能概要

ERESCO 类型 MF4 系列 X 光机

·在同类级别中功率输出最高，图像清晰度最好；

·较高的 X 射线剂量使曝光时间较短，并相应增大生产率；

·30℃时，1 小时内运行占空比为 100%；

·重量轻，设计紧凑；

·控制器和机头结构坚固，能够在恶劣环境中使用（IP65）；

·更低的功耗意味着减少成本；

·设计范围包括风冷、水冷、定向、周向、常规焦点和小焦点，适用于射线检验，本项目 X 射线机出射线束为定向投射；

·配有多种附件，包括支架和车架，便于在曝光设置期间定位。

ERESCO 类型 MF4 系列控制装置

·直观的菜单驱动用户界面，具有多功能键、数字键和光标键输入；

·透反背光图形显示器，使室内和室外操作对比度达到最佳；

·曝光计算器；

·集成实时时钟，使高压发生器能够实现智能自动预热（考虑之前的操作时间间隔）；

·坚固的工效学设计使设备可在不同工作位置运行；

·自动识别已连接 X 射线管头的类型和序列号；

·自由可配置的曝光编程模式；

·脱机报告生成和编程；

·多语言图形用户界面；

·轻松适应不同电源，包括便携式发电机和电池；

·内置故障安全警告灯；

·配备急停按钮，符合国际标准。

4.附件

严禁复制

对 ERESCO 类型 MF4 系列 X 光机进行了补充。

用于管头的四腿支架	铝制运输箱	适配电缆

5.应用

ERESCO 类型 MF4 系列 X 光机可在整个工业领域内应用于焊缝检测和结构完整性检测。

ERESCO 类型 MF4 系列产品有定向发射和周向发射两种类型，并有小焦点射线机，因此可以提供全方位解决方案，满足几乎所有客户的便携式 X 射线使用需求。

	标准射线探伤，例如在油气装备制造厂、发电厂、汽车部门和一般工程制造中进行的射线探伤。
	油气部门需要在极端条件下进行检测，例如管道检测（近海和陆上应用），此时设备必须经受住恶劣环境，例如极低或极高的环境温度，或永久暴露于盐水、沙子或泥土等。
	航天部门的结构完整性检测，其中特殊材料、蜂窝型材和复合材料要求射线管性能极其优越。

9.2 工作原理

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钽等）制

严禁复制

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射线装置在检测过程中，X 射线机放在探伤工件的一侧，DXR 100 P-X 数字射线 DR 探测器放在探伤工件的另一侧，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反映到数字射线 DR 探测器上。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，即可透过的射线强度较大、探测器感光量较大，从而可以从探测器曝光强度的差异判断被检样品的缺陷，达到无损检测的目的。

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房，X 射线机在 14 号库房中的防护铅房内进行储存。根据设备台账管理制度，库管人员持任务单，打开库房，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防护铅房（含 X 射线机）至检测地点，确保运输过程中设备的安全。

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。设备操作人员以及数据采集人员连接设备，X 射线机通过电源线与控制箱相连，探测器通过数据采集线与笔记本电脑连接，X 射线机控制箱与外部电源连接。本项目 X 射线机与

严禁复制

控制箱相连的电源线大于 20m，控制箱布置在X射线机后侧防护铅房内，探伤时设备操作人员在防护铅房内操作控制箱，最大程度保护设备操作人员。

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、佩戴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，通知设备操作人员和数据采集人员开机进行试曝光。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 射线机通过电源线与控制箱相连，DXR 100 P-X 数字射线 DR 探测器通过数据线与笔记本电脑连接，探伤结果直接反映到数字探测器上，并存入电脑，数据采集人员启动图片处理程序，填写检测报告以及设备运行记录。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 X 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.专用车辆运输防护铅房（含 X 射线机）送回仓库。

9.防护铅房（含 X 射线机）入库。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。

严禁复制

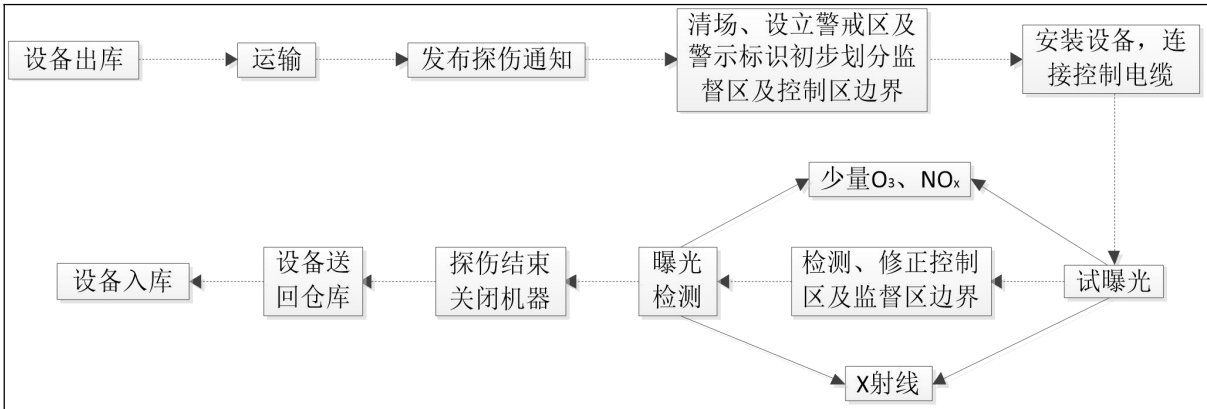

图 9-3　工艺流程及产污环节示意图

9.4　工作状态与频次

本项目拟配置 4 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 10 次，每次最多开机 30min，年最多工作 7 个月，则辐射工作人员年最大工作时间约 35h。

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、关而产生和消失的。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300kV，最大管电流为6mA，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/T 250-2014）中附录表B.1中300kV管电压，滤过条件3mm铝进行取值，即输出量H_0取20.9mGy·m^2/（mA·min）。

2.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O_3和NO_X（以NO_2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

严禁复制

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。

严禁复制

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15μSv/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2.5μSv/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15μSv/h和2.5μSv/h，本项目控制区、监督区划分示意图见图10-1。

严禁复制

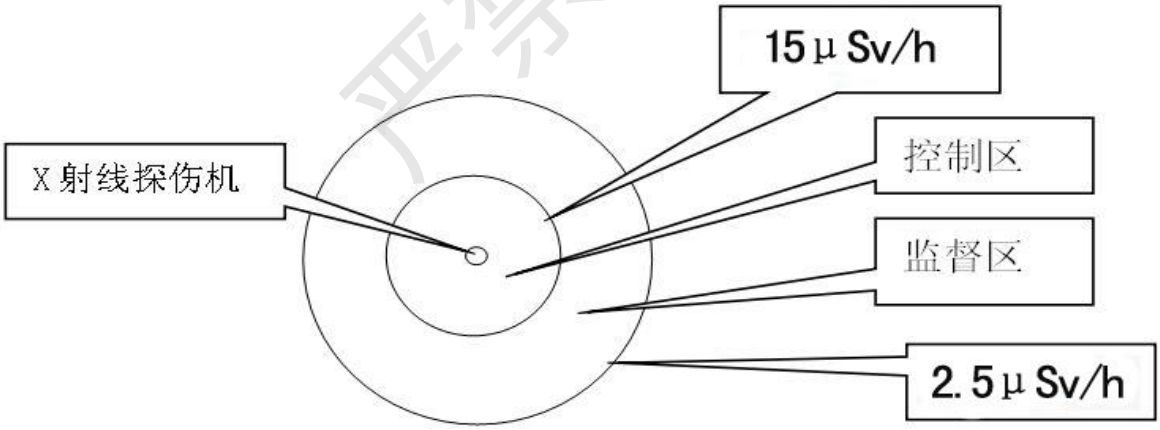

图10-1　X射线探伤机控制区、监督区划分示意图

10.2　辐射安全和防护措施

1.严格X射线探伤机库房管理要求。

本项目 X 射线探伤装置单独存放，存放地点位于宁夏超高压电力工程有限公司西南部 14 号库房内，库房设置防盗门，窗户安装防盗装置。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.铅房（操作室）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，设备生产厂家为建设单位制作了防护铅房，用于存放 X 射线装置，以及作为在野外探伤时的操作间。铅房尺寸（内径）为 1500×1500×2000mm，铅当量 8/6mmpb，纯度 99.99%；主体框架采用 6.3#槽钢焊接成“田”形状，内侧封铅，外侧采用 2mm 钢板封面，内侧 8/6mm 铅板；过墙穿线口直径 60mm，加装铅防护罩；顶部通风口直径 200mm，加装铅防护罩。铅门尺寸 1000×2000mm，铅当量 6mmpb，纯度 99.99%；重叠宽度和高度为左右各 100mm，上下 100mm。铅房内左右墙体各安装 2 个 LED 日光灯，安装有配电箱及 220V 电源插座，铅房大门上方安装报警灯。

铅房正面	**铅房侧面**

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，并按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

在库房门口处、X射线探伤机、防护铅房、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

严禁复制

他人不得进入探伤区域。

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，4 台个人剂量报警仪，4 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4名辐射工作人员已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。

11.个人剂量监测。本项目4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

严禁复制

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。防护铅房内1名操作人员操作数字控制器，另2名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。

14.X射线探伤机数字控制器配置1把专用钥匙，数字探测器设有软件登录密码，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，退出软件，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 项目投资及环保投资

为确保项目正常运行，根据本项目实际情况，按照辐射防护措施设置防护设施，如电离辐射标志，警示灯等。本项目总投资260万元，其中核技术利用环保投资估算为15万元，占总投资5.77%，环保投资分项估算见表10-1。

表10-1　　环保投资分项估算表

环保投资项目	环保设施	数量	投资（万元）
库房防护设施	防护铅房	1 个	10
	视频监控器	1 个	0.5
现场防护设施	电离辐射警示标志	8 个	1.0
	警戒线	4 套	
	声光警示灯	4 个	
	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	2.0
	个人剂量报警仪	4 台	
个人防护用品	防护用品	4 套	1.0
其他投资	个人剂量计	4 人	0.5
合计			15

严禁复制

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。

严禁复制

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，在取得辐射安全许可证后购买使用才会产生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

由于本项目X射线探伤机在使用过程中会探伤不同设备，使用场所复杂多变，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》（GBZ 117-2022），将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/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2.5μSv/h的范围化为监督区。

㈠主射束方向控制区及监督区距离

⑴根据《辐射防护导论》（方杰主编）计算公式（式1）可计算出X射线探伤机曝光时产生的空气比释动能率。

$$K_a = I\delta_x / \left(r^2 / r_0^2\right) \text{（式 1）}$$

式中：

K_a—距 X 射线管焦斑 r_0 处的空气比释动能率，mGy/min；

I—管电流，mA，取 6.0mA

δ_x—发射率常数，$mGy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$；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/T 250-2014）中附录表 B.1 中 300kV 管电压，滤过条件 3mm 铝进行取值，即 $20.9mGy \cdot m^2$/（mA·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。

证禁复制

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（mGy·m²/mA·min）	X 射线管钨靶离焦点的距离（m）	X 射线机距计算点的距离（m）	空气比释动能率（mGy/min）
数值	6.0	20.9	1	1	125.4

根据建设单位提供的资料，ERESCO类型65MF4型便携式高频X射线机其工件厚度对应典型工况见表11-2。

表11-2　　ERESCO类型65MF4型便携式高频X射线机探伤工况

管电压（kV）	管电流（mA）	工件厚度（mm）	
		铝	钢板
300	3	5~25	5~25
250	3.6	5~25	5~25
200	4.5	5~25	5~25
150	6	5~25	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）	300	250	200	150
什值层厚度（cm）	2.1	1.6	1.3	1

当探伤工件是铝时，按照物质密度与射线吸收成正比的关系，可粗略换算出各管电压下相对应的X射线在铝中的近似什值层厚度，具体见表11-4。

表11-4　　各管电压下对应X射线在铝中的近似什值层厚度

管电压（kV）	300	250	200	150
什值层厚度（cm）	5.8	4.7	3.8	2.9

⑵根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ/T250-2014）4.1 有用线束 b）在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的剂量率 $\dot{H}$（μSv/h）按照（式 2）计算：

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

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，单位为毫安（mA）；

H_0——距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10^4，见附录表 B.1；

B——屏蔽透射因子，$B=10^{-X/TVL}$，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。

R——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为 m，取 1m。

⑶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即：

$$D_1/D_2=R_2^2/R_1^2 \quad （式 3）$$

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11-5、11-6。

表11-5　　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（μSv·m²/（mA·h）	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	关注点的剂量率$\dot{H}$（μSv/h）	距离	
管电压（kV）	管电流（mA）							控制区距离（m）	监督区距离（m）
300	3	3mm	$20.9\times6\times10^4$	5	58	0.8	3009600	447.9	1097.2
		3mm	$20.9\times6\times10^4$	25	58	0.4	1504800	316.7	775.8
250	3.6	3mm	$13.9\times6\times10^4$	5	47	0.8	2401920	400.1	980.2
		3mm	$13.9\times6\times10^4$	25	47	0.3	900720	245.0	600.2
200	4.5	3mm	$8.9\times6\times10^4$	5	38	1.4	3364200	473.6	1160.0
		3mm	$8.9\times6\times10^4$	25	38	0.2	480600	178.9	438.5
150	6	3mm	$5.2\times6\times10^4$	5	29	0.7	1310400	295.6	723.9
		3mm	$5.2\times6\times10^4$	25	29	0.1	187200	111.7	273.6

表11-6　　不同工况条件下主射束方向控制区及监督区的防护距离（铝）

运行工况		过滤条件（铝）	距辐射源点（靶点）1m 处输出量H_0（μSv·m²/（mA·h））	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	关注点的剂量率$\dot{H}$（μSv/h）	距离	
管电压（kV）	管电流（mA）							控制区距离（m）	监督区距离（m）
300	3	3mm	$20.9\times6\times10^4$	5	21	0.57	2144340	378.1	926.1
		3mm	$20.9\times6\times10^4$	25	21	0.06	225720	122.7	300.5
250	3.6	3mm	$13.9\times6\times10^4$	5	16	0.49	1471176	313.2	767.1
		3mm	$13.9\times6\times10^4$	25	16	0.03	90072	77.5	189.8
200	4.5	3mm	$8.9\times6\times10^4$	5	13	0.41	985230	256.3	627.8
		3mm	$8.9\times6\times10^4$	25	13	0.01	24030	40.0	98.0
150	6	3mm	$5.2\times6\times10^4$	5	10	0.32	599040	199.8	489.5
		3mm	$5.2\times6\times10^4$	25	10	3.2×10^{-3}	5990.4	19.98	48.95

以上计算结果仅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。

㈡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射线探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11-7的要求。

表11-7　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 300kV，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（μSv/h）按下式计算：

$$H=\frac{I\cdot H_0\cdot B}{R_S{}^2}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{R_0{}^2}\quad（式 4）$$

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，μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·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 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90°散射辐射的 TVL，然后按照 $B=10^{-X/TVL}$ 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，m²；

α——散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）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

严禁复制

相应物质的α值时，可以水的α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，$\alpha=\alpha_w\cdot10000/400=\alpha_w\cdot25$；

R_0——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m；本项目取 1m；

R_s——散射体至关注点的距离，本项目取 1m。

表11-8　　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H_0（μSv·m²/（mA·h）	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	辐射野面积F（m²）	散射因子α	关注点的散射辐射剂量率H（μSv/h）
管电压（kV）	管电流（mA）								
300	3	3mm	$20.9\times6\times10^4$	5	1.4	2.7×10^{-4}	0.045	$1.9\times10^{-3}\times25$	2.2
		3mm	$20.9\times6\times10^4$	25	1.4	1.4×10^{-18}	0.045		1.1×10^{-14}
250	3.6	3mm	$13.9\times6\times10^4$	5	1.4	2.7×10^{-4}	0.040	$1.9\times10^{-3}\times25$	1.54
		3mm	$13.9\times6\times10^4$	25	1.4	1.4×10^{-18}	0.040		7.98×10^{-15}
200	4.5	3mm	$8.9\times6\times10^4$	5	0.96	6.2×10^{-6}	0.035	$1.9\times10^{-3}\times25$	0.025
		3mm	$8.9\times6\times10^4$	25	0.96	9.1×10^{-27}	0.035		3.6×10^{-23}
150	6	3mm	$5.2\times6\times10^4$	5	0.96	6.2×10^{-6}	0.030	$1.6\times10^{-3}\times25$	0.014
		3mm	$5.2\times6\times10^4$	25	0.96	9.1×10^{-27}	0.030		2.0×10^{-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：

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \qquad （式 5）$$

式中：

K_1—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）

K_0—距离探伤机表面 1m 处的空气比释动能率，mGy/h；

R_0—探伤机表面外 1m；

R_1—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。

表11-9　　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（m）	
管电压（kV）	管电流（mA）			控制区距离	监督区距离
300	3	2.2	5000	18.26	44.73

		1.1×10^{-14}	5000	18.25	44.72
250	3.6	1.54	5000	18.26	44.72
		7.98×10^{-15}	5000	18.25	44.72
200	4.5	0.025	5000	18.26	44.72
		3.6×10^{-23}	5000	18.26	44.72
150	6	0.014	5000	18.26	44.72
		2.0×10^{-23}	5000	18.26	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，本项目拟购置 1 台 X 射线机，每名操作人员年最大操作时间为 35h，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 15μSv/h。

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

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；

D_r—空气吸收剂量率，μGy/h；

t—年受照时间，h/a，取35h/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，1名辐射操作人员在防护铅房内操作控制器，操作位置距离射线装置大于20m，另1名辐射工作人员在监督区外进行操作，而本项目保守计算出非主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

严禁复制

取监督区边界外最大值2.5μSv/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0.0875mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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 铅房内设备操作人员受辐射的影响

本项目野外探伤时设备操作人员位于防护铅房内，铅房外侧采用 2mm 钢板封面，内侧 8/6mm 铅板，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（μSv/h）按式（4）计算，计算结果见表 11-10。

表11-10　　不同工况条件下X射线经铅房屏蔽后对设备操作人员的影响

运行工况		过滤条件（铝）	距辐射源点1m处输出量H_0（μSv·m²/（mA·h）	屏蔽物质的厚度X	什值层厚度TVL	屏蔽透射因子B	辐射野面积F（m²）	散射因子α	散射体至关注点的距离Rs（m）	关注点的散射辐射剂量率H（μSv/h）	最大年有效剂量（mSv/a）
管电压（kV）	管电流（mA）										
300	3	3mm	$20.9\times6\times10^4$	13	1.4	5.2×10^{-10}	0.045	$1.9\times10^{-3}\times25$	20	1×10^{-8}	3.5×10^{-10}
		3mm	$20.9\times6\times10^4$	33	1.4	2.7×10^{-24}	0.045		20	5.4×10^{-23}	1.9×10^{-24}
250	3.6	3mm	$13.9\times6\times10^4$	13	1.4	5.2×10^{-10}	0.040	$1.9\times10^{-3}\times25$	20	7.4×10^{-9}	2.6×10^{-10}
		3mm	$13.9\times6\times10^4$	33	1.4	2.7×10^{-24}	0.040		20	6.4×10^{-24}	2.2×10^{-25}
200	4.5	3mm	$8.9\times6\times10^4$	13	0.96	2.8×10^{-14}	0.035	$1.9\times10^{-3}\times25$	20	2.8×10^{-13}	9.8×10^{-15}
		3mm	$8.9\times6\times10^4$	33	0.96	4.2×10^{-35}	0.035		20	4.2×10^{-34}	1.5×10^{-35}
150	6	3mm	$5.2\times6\times10^4$	13	0.96	2.8×10^{-14}	0.030	$1.6\times10^{-3}\times25$	20	1.6×10^{-13}	5.6×10^{-15}
		3mm	$5.2\times6\times10^4$	33	0.96	4.2×10^{-35}	0.030		20	2.4×10^{-34}	8.4×10^{-36}

11.4 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2.5μSv/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

严禁复制

本项目配备1台X射线探伤装置，主要用于现场探伤，不进行探伤时均存放于公司西南部14号库房内，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。

一、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：一是便携式 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。二是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见表 11-11。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。

表 11-11　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
1~6	可出现轻、中、重度放射病
>6	可出现死亡

二、环境风险防范措施

1.探伤机无需进行探伤时，应存放于库房内，由 1 名 X 射线探伤机管理人员进行严格管理，库房应设置防盗门，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。

严禁复制

2.考虑辐射防护最优化，设备生产厂家制作了防护铅房，包括铅房、铅门、照明系统、排风系统等组成部分。

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。在库房门口处、X射线探伤机、防护铅房、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，4台个人剂量报警仪，4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。

严禁复制

表12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 按照《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： ⑴全面负责公司内辐射安全管理工作； ⑵认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合公司内实际情况制定安全规章制度并检查监督实施； ⑶负责公司内辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训； ⑷检查安全环保设施，开展环保监测，对内使用射线装置安全防护情况进行年度评估； ⑸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； ⑹编制辐射事故应急预案，并妥善处理车间有可能发生的辐射事故； ⑺定期向生态环境部门报告辐射安全管理工作。
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

严禁复制

门要求进行辐射安全管理。

2.制定辐射工作岗位职责

明确辐射工作岗位人员职责，做到分工明确、职责分明。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

制定严格的操作规程，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.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管理制度

辐射工作人员应进行个人剂量监测，并建立个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。在进行个人剂量监测的同时定期进行体检，建立健康档案，健康档案应终生保存。

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.制定放射装置管理制度

要求企业对安全和防护设施定期维护维修；由辐射安全管理负责人组织对本单位所有辐射防护安全工作定期进行自查，发现问题及时整改；每年1月

严禁复制

31日之前，向辐射安全许可证发证单位上报年度评估报告（含工作场所及个人剂量检测报告）。

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4名辐射工作人员已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。

日常管理要求

1.每年1月31日前向辐射安全许可证颁发部门提交上一年度辐射安全与防护评估报告。

2.单位内部定期组织辐射安全相关专业知识的学习，辐射人员定期参加生态环境部门组织的辐射安全与防护考核。辐射工作人员通过辐射防护考核方可开展辐射工作。

3.定期检查工业X射线探伤机

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

4.每年对工业X射线探伤装置至少开展一次维护

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

严禁复制

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。

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：

①进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

②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。

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。

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。

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15μSv/h，监督区边界不应超过2.5μSv/h，铅房内操作位周围剂量当量率取不超过15μSv/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》（GBZ 128-2016）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

严禁复制

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，发生事故时应积极组织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

严禁复制

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

⑴迅速报告的原则；

⑵主动抢救的原则；

⑶生命第一的原则；

⑷科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

⑸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：一是便携式 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。二是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。

⑴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。

⑵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。

⑶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

严禁复制

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 射线装置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。

⑴射线装置得到有效控制。

⑵辐射安全风险经过排查被彻底消除。

⑶人员得到有效救治。

⑷现场的应急响应措施无继续的必要。

⑸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

⑴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。

⑵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，

严禁复制

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。

⑶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。

⑷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。

。

严禁复制

表 13　结论与建议

结论

一、辐射安全与防护分析结论

宁夏超高压电力工程有限公司工业用 X 射线探伤装置核技术利用项目在对探伤工作场所分区，购置便携式辐射监测仪、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》（GBZ 117-2022）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≤5.0mSv/a、公众成员≤0.1mSv/a）。

二、环境影响分析结论

㈠建设或安装过程对环境影响分析结论

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。

㈡运行（使用）后对环境的影响结论

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“无关人员禁止入内”警告牌，防止无关人员入内。防护铅房内1名操作人员操作数字控制器，另2名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

严禁复制

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 0.0875mSv，满足《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，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。

三、可行性分析结论

㈠产业政策符合性结论

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”中第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

㈡实践正当性结论

宁夏超高压电力工程有限公主营业务涉及用户输变电设备运维业务，本次拟购置的工业 X 射线探伤装置，是利用 X 射线无损探伤手段对变电站（换流站）内组合电器（GIS、HGIS）、罐式断路器等设备机械操动机构和绝缘故障等隐患缺陷检测排查，主要包括：导电部位和触指、绝缘拉杆、轴销、合闸电阻、螺栓等部件内部裂纹、松动脱落，以及内部异物遗留等缺陷检测；以及换流站内阀冷却系统金属元件、焊缝等隐患缺陷检测排查，通过对变电站（换流站）设备检测后图像显示的缺陷，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，确保变电站（换流站）的安全生产，减少经济损失。项目符合《电离辐射防护

严禁复制

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，宁夏超高压电力工程有限公司工业 X 射线探伤装置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》（GBZ 117-2022）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。

严禁复制

严禁复制