

**目 录**

[表1 项目基本情况 1](#_Toc188277738)

[表2 放射源 9](#_Toc188277739)

[表3 非密封放射性物质 9](#_Toc188277740)

[表4 射线装置 9](#_Toc188277741)

[表5 废弃物（重点是放射性废弃物） 11](#_Toc188277742)

[表6 评价依据 12](#_Toc188277743)

[表7 保护目标与评价标准 14](#_Toc188277744)

[表8 环境质量和辐射现状 18](#_Toc188277745)

[表9 项目工程分析和源项 19](#_Toc188277746)

[表10 辐射安全与防护 25](#_Toc188277747)

[表11 环境影响分析 36](#_Toc188277748)

[表12 辐射安全管理 50](#_Toc188277749)

[表13 结论和建议 56](#_Toc188277750)

[表14 审批 59](#_Toc188277751)

**表1 项目基本情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建设项目名称 | | 承德中天建设工程检测试验有限公司新建X射线野外(室外)探伤项目 | | | | | | |
| 建设单位 | | 承德中天建设工程检测试验有限公司 | | | | | | |
| 法人代表 | | 王广珍 | 联系人 | | 杨阔 | 联系电话 | 17367476665 | |
| 注册地址 | | 承德双桥区桥东北山碧麓嘉园小区5-1号楼101-301号 | | | | | | |
| 项目建设地点 | | 承德市双滦区双塔山镇256省道地质四队对面 | | | | | | |
| 立项审批部门 | | / | | | 批准文号 | / | | |
| 建设项目总投资  （万元） | | 40 | 项目环保投资（万元） | | 4 | 投资比例（环保投资/总投资） | | 10% |
| 项目性质 | | ■新建□改建□扩建□其它 | | | | 占地面积（m2） | | 146 |
| 应用类型 | 放射源 | □销售 | | □Ⅰ类□Ⅱ类□Ⅲ类□Ⅳ类□Ⅴ类 | | | | |
| □使用 | | □Ⅰ类（医疗使用）□Ⅱ类□Ⅲ类□Ⅳ类□Ⅴ类 | | | | |
| 非密封放射性物质 | □生产 | | □制备PET用放射性药物 | | | | |
| □销售 | | / | | | | |
| □使用 | | □乙 □丙 | | | | |
| 射线装置 | □生产 | | □Ⅱ类□Ⅲ类 | | | | |
| □销售 | | □Ⅱ类□Ⅲ类 | | | | |
| ■使用 | | ■Ⅱ类□Ⅲ类 | | | | |
| 其他 | / | | | | | | |
| **1、建设单位概况**  承德中天建设工程检测试验有限公司成立于2005年05月23日，注册地位于承德双桥区桥东北山碧麓嘉园小区5-1号楼101-301号。经营范围包括许可项目：检验检测服务；安全评价业务；司法鉴定服务；建设工程质量检测；水利工程质量检测；特种设备检验检测；雷电防护装置检测；测绘服务；室内环境检测；建设工程设计；建设工程勘察；地质灾害治理工程勘查；特种设备安装改造修理；地质灾害危险性评估。（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）一般项目：计量技术服务；消防技术服务；环保咨询服务；网络技术服务；信息技术咨询服务；人力资源服务（不含职业中介活动、劳务派遣服务）；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；公路水运工程试验检测服务；环境保护监测；工程和技术研究和试验发展；规划设计管理；土地调查评估服务；财政资金项目预算绩效评价服务；地质勘查技术服务；运行效能评估服务；工程管理服务；知识产权服务（专利代理服务除外）；建设工程消防验收现场评定技术服务；资产评估；企业信用调查和评估；工程造价咨询业务。  2021年6月，公司取得了承德市生态环境局双滦区分局关于《承德中天建设工程检测试验有限公司改建实验室项目环境影响报告表》的批复，批复文号：承双滦环审[2021]18号，详见附件。  2021年7月，公司取得了承德中天建设工程检测试验有限公司改建实验室项目环境保护设施竣工验收意见，详见附件。  2021年9月，公司获得了河北省市场监督管理局批准的检验检测机构资质认定，涉及超声探伤、射线探伤、透析探伤、磁粉探伤等多个检测领域，详见附件。  2024年12月11日，公司与承德双然环保科技有限公司签订了危险废物收集转运技术服务合同，并于2025年1月16日签订了关于本项目新增危废的补充协议书，危废经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置，详见附件。  **2、项目由来**  建设单位主要从事建设工程质量检测、检验检测服务等，因发展需求，将承接外部委托施工安装现场的桥梁、钢箱梁结构、钢板对接焊缝探伤检测及对承压类压力管道等进行检验检测。由于探伤作业委托单位的不同，探伤作业地点不固定，均为野外施工现场或其他企业的厂区内，探伤工件已固定安装或在用，不具备移动至曝光室内检测的条件，为了保证检验检测工作的质量安全，建设单位准备开展X射线野外(室外)探伤这项业务。本项目购置1台XT1605D型定向X射线探伤机(额定最大管电压160kV，额定最大管电流5mA)、1台XXH2005C型周向X射线探伤机(额定最大管电压200kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505C型周向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505D型定向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)和1台XT3005D型定向X射线探伤机(额定最大管电压300kV，额定最大管电流5mA)，均属于Ⅱ类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》《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，本项目涉及使用Ⅱ类射线装置，需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》(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，因此，承德中天建设工程检测试验有限公司委托河北江沅环保科技有限公司对该项目开展环境影响评价工作，河北江沅环保科技有限公司接受委托后，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，编制完成了本项目环境影响报告表。  **3、原有核技术利用情况**  本次项目为建设单位首次申领辐射安全许可证开展的环境影响评价，该公司暂未开展任何核技术利用情况。因此，建设单位无原有核技术利用情况。  **4、建设内容与规模**  （1）建设地点  项目名称：承德中天建设工程检测试验有限公司新建X射线野外（室外）探伤项目  建设单位：承德中天建设工程检测试验有限公司  建设性质：新建  建设地点：项目位于承德中天建设工程检测试验有限公司现有厂区内；探伤地点不固定，全国范围野外（室外）。  （2）建设内容  建设单位购置1台XT1605D型定向X射线探伤机、1台XXH2005C型周向X射线探伤机、1台XT2505C型周向X射线探伤机、1台XT2505D型定向X射线探伤机和1台XT3005D型定向X射线探伤机，进行野外（室外）探伤作业，均属Ⅱ类射线装置。未进行野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在公司一层设备室内。本项目探伤机仅进行野外（室外）探伤作业使用，不涉及室内探伤，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或同一时间不同地点两台及以上探伤机同时探伤的情况。其中XT1605D型X射线探伤机年探伤次数约2000次；XXH2005C型X射线探伤机年探伤次数约2000次；XT2505C型探伤机年探伤次数约2000次，XT2505D型探伤机年探伤次数约2000次；XT3005D型X射线探伤机年探伤次数约1000次，每次最大曝光时间均为5min，该5台探伤机年野外（室外）探伤曝光时间总计最大约750h。  本项目建设内容见表1-1。  **表1-1 建设内容一览表**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | 类别 | 项目名称 | 建设内容 | | 主体工程 | 探伤机情况 | 购置1台XT1605D型定向X射线探伤机(额定最大管电压160kV，额定最大管电流5mA)、1台XXH2005C型周向X射线探伤机(额定最大管电压200kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505C型周向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505D型定向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)和1台XT3005D型定向X射线探伤机(额定最大管电压300kV，额定最大管电流5mA)，进行野外（室外）探伤作业，均属Ⅱ类射线装置。未进行野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在公司一层东北侧设备室内。 | | 探伤地点 | 探伤地点为全国各地，不固定 | | 曝光时间 | 5台探伤机年野外（室外）探伤曝光时间总计最大约750h | | 辅助工程 | 设备存放室 | 公司一层设备室 | | 洗片作业室 | 公司负一层暗室 | | 评片室 | | 晾片室 | | 防护  工程 | 危废处置 | 公司厂区东北角危废暂存间（危废暂存间为2间，每间房间面积为5.04m2），暂存本项目产生的废显影液、废定影液（含冲洗废水）和废胶片等危险废物 | | 个人防护用品 | 8套个人剂量计 | | 辅助防护设施 | 8块移动防护铅板（4套10mm铅板和4套5mm铅板） | | 监测设备 | 8台个人剂量报警仪，2台X-γ巡测仪 | | 警示灯、警戒绳、电离辐射警示标识牌若干 | | | 公用工程 | 利用探伤地周围公共设施 | | | 环保工程 | 本项目工作人员由公司原有人员调剂，不新增生活污水，不新增生活垃圾；本项目产生的危险废物依托建设单位已有危废间暂存，经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。 | |   本项目主要原辅材料及能耗情况见表1-2。  **表**1-2 **主要原辅材料及能耗情况表**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **类别** | | **名称** | **年耗量（单位）** | **来源** | **主要化学成分** | | 主（辅）料 | | 胶片 | 8000张 | 外购 | 卤化银 | | 显影液 | 100kg/a | 外购 | 溴化钾、无水亚硫酸纳 | | 定影液 | 100kg/a | 外购 | 硫代硫酸钠(Na2S2O3)、无水亚硫酸钠 | | 能源 | 煤(T) | / | / | / | / | | 电(度) | 探伤用电 | 750kWh | / | / | | 气(Nm3) | / | / | / | / | | 水量 | 地表水 | 自来水 | 60m3/a | / | / | | 地下水 | / | / | / | / |   本项目新增5台X射线探伤机及胶片处理装置，探伤机均属于Ⅱ类射线装置，详见表1-3和表1-4。  **表1-3 本项目新增射线装置参数一览表**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **设备型号** | **数量** | **最大管电压（kV）**  **最大管电流（mA）** | **类别** | **光束类型** | **辐射**  **角度** | **最大穿透钢板厚度（**mm**）** | **焦点mm2** | **单次出束时间（min）** | **工作场所** | | XT1605D | 1台 | 160kV  5mA | II类 | 定向 | 40+5° | 20 | 1.0×1.0 | 5 | 室外探伤，工作地点不固定 | | XXH2005C | 1台 | 200kV  5mA | II类 | 周向 | 360×30° | 24 | 1.0×3.5 | 5 | | XT2505C | 1台 | 250kV  5mA | II类 | 周向 | 360×30° | 34 | 1.0×2.5 | 5 | | XT2505D | 1台 | 250kV  5mA | II类 | 定向 | 40+5° | 40 | 2.0×2.0 | 5 | | XT3005D | 1台 | 300kV  5mA | II类 | 定向 | 40+5° | 50 | 2.5×2.5 | 5 |   **表1-4 本项目新增配套或辅助设备参数一览表**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **装置名称** | **设备型号** | **数量** | **主要参数** | **工作场所** | | 洗片机 | P14-A | 1台 | 胶片尺寸：80×150mm至80mm×300mm | 暗室 | | 电热鼓风干燥箱 | ZC-1 | 1台 | （室温+10~300）℃ |   **5、劳动定员及工作时间**  本项目拟安排辐射工作人员8人，由公司原有工作人员调剂，分为两组，实行轮换制度，每天工作8小时，则保守估计X射线探伤每天出束时间为3h，探伤室全年工作时间为250天，X射线探伤全年的曝光最大时间为750h。  **6、项目周边关系及环境保护目标**  公司位于河北省承德市双滦区双塔山镇大三岔口村地质四队东侧（承德中天建设工程检测试验有限公司办公楼），地理位置中心坐标为北纬40°59′38.456″，东经117°49′37.445″。公司西邻国道G233（通宝路），隔牤牛河与省道S256（通宝路）相邻，交通便利，西北为承德兴厦水泥公司，西南为兰欧国际酒店，南侧为小人沟，东侧为山区，北侧为上白庙，详见附图。  本项目野外（室外）探伤地点为野外、管道线路或其他企业的厂区内（具体使用地点不固定）。在野外、其他企业的厂区内，周围人口密度较小；在暖气管道或燃气管道等位于室外但距离居民住宅区较近的区域，人口密度较大。本项目环境保护目标为现场探伤时评价范围内活动的工作人员以及探伤机周边的非放射性工作人员和公众。主要考虑工业X射线探伤机运行过程中泄漏的X射线对工作人员、周围公众及周围环境的影响，确保项目运行时，工作人员及周围公众受照剂量尽可能低。因此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。  **7、平面布置**  本项目X射线探伤机储存于公司办公楼一层设备室内，暗室位于公司办公楼负一层，危废间位于厂区东北角。本项目X射线探伤机无检测任务时均存放于公司一层设备室内，占地面积约146m2详见附图。  **8、产业政策的符合性**  本项目系核与辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行）规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第1条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行产业发展政策；本项目不在《市场准入负面清单》(2022年)之列。  综上所述，本项目符合国家及地方相关产业政策。  **9、实践正当性**  按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。  本项目为野外（室外）探伤，不涉及室内探伤。由于探伤作业委托单位的不同，探伤作业地点不固定，均为野外施工现场或其他企业的厂区内，探伤工件已固定安装或在用，不具备移动至曝光室内检测的条件。同时，X射线探伤作为五大常规无损检测方法之一，可以探测各型金属内部可能产生的缺陷，如气孔、针孔、夹杂、疏松、裂纹、偏析、未焊透和熔合不足等，且能较直观地显示工件内部缺陷的大小和形状，对保障产品质量起了十分重要的作用。本项目核技术应用项目的开展，可达到一般非放射性探伤方法所不能及的诊断效果，是其它探伤项目无法替代的，由于X射线探伤的方法效果显著，因此，该项目的实践是必要的。但是，由于在探伤过程中射线装置的应用可能会给周围环境和辐射工作人员造成一定的辐射影响，同时射线装置的使用及管理的失误会造成辐射安全事故。建设单位在开展X射线探伤过程中，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。本项目产生的辐射给职业人员、公众及社会带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，该核技术应用的实践具有正当性。  本项目拟开展X射线野外探伤工作，具有良好的社会效益和经济效益。本项目采用的辐射防护措施能够保证屏蔽体外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。  **10、选址合理性分析**  本项目建设地点位于公司已有厂区内，探伤机储存于公司一层设备室内，野外（室外）探伤地点为全国各地，探伤场地均为野外或其他企业的厂区内，探伤地点不固定。探伤完成后，所拍胶片带回公司，在暗室进行显影、定影等处理，最终出具探伤检测报告。  本项目X射线探伤机在野外（室外）作业时，将采取有效屏蔽，配备如铅屏风等防护设备，且将因地制宜地充分利用探伤具体地点地形特征及周围设施防护，如墙体、拐角、坑体等有利地形。建设单位将通过清场、张贴公告、拉警戒线、调整探伤作业时间（在人流较多的现场探伤时，尽量选取下班时间或者夜间人流量较少的时段）等安全管理措施，按照划定的控制区和监督区严格管理，禁止其他人员出入。采取以上措施后，对周围环境的辐射影响是可以接受的。本项目探伤机无探伤任务时存放于公司一层设备室内，该设备室拟采取一系列的防盗防破坏措施以保证设备安全，包括：①设备室内安装监控摄像头，实施24小时监控，能够实时看到设备室内部情况；②设备室安装防盗门，将设备室纳入检验所重点巡视范围；③设备室内设置专门区域用于存放X射线探伤机，实行“双人双锁”管理；④建设单位安排专人维护管理和维护，并做好射线装置台账工作；⑤射线装置、线缆分开存放。此外，本项目X射线探伤机不会在设备室进行调试和使用，该设备室只用作仓储，X射线探伤机暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境对该设备室无制约因素，因此探伤机无探伤任务时存放于该设备室是合理的。  本项目产生的危险废物依托建设单位已有危废间暂存，经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。  由以上分析可知，项目选址合理可行。  **11、辐射安全管理情况**  （1）辐射安全管理工作  为了加强辐射安全和防护管理，做好射线装置的使用管理工作，保证设备正常使用，避免发生各类事故，保障人员的健康，公司成立了辐射安全与环境保护管理机构小组。  （2）辐射安全管理制度  公司制定了辐射安全管理制度：《辐射安全与环境保护管理机构制度》、《X射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全与防护保卫制度》、《设备检修与维护制度》、《X射线机使用登记制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《个人剂量监测制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作安全责任制度》和《辐射事故应急预案》等规章制度，并得到有效落实。  （3）辐射监测情况  公司所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每季度监测一次，个人剂量监测档案齐全。因探伤工作地点不固定，每年委托有资质的监测单位跟随现场对辐射工作场所进行日常监测，并对监测报告记录存档。 | | | | | | | | |

**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 | 贮存方式及地点 |
| / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

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、教学等用途的各类型加速器**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 加速  粒子 | X射线最大能量（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类 | 1 | XT1605D | 160 | 5 | 探伤 | 室外 | 定向，新增使用 |
| 2 | X射线探伤机 | II类 | 1 | XXH2005C | 200 | 5 | 探伤 | 室外 | 周向，新增使用 |
| 3 | X射线探伤机 | II类 | 1 | XT2505C | 250 | 5 | 探伤 | 室外 | 周向，新增使用 |
| 4 | X射线探伤机 | II类 | 1 | XT2505D | 250 | 5 | 探伤 | 室外 | 定向，新增使用 |
| 5 | X射线探伤机 | II类 | 1 | XT3005D | 300 | 5 | 探伤 | 室外 | 定向，新增使用 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**（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 |
| 废定影液、废显影液（冲洗废水） | 液态 | / | / | / | 120L | / | 暂存于危废间内 | 定期交由有资质的公司收集处置。 |
| 废胶片 | 固态 | / | / | / | 800张(32kg) | / | 暂存于危废间内 | 定期交由有资质的公司收集处置。 |
| 臭氧、氮氧化物 | 气态 | / | / | 少量 | 少量 | / | 不暂存 | 大气环境 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

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，气体为mg/m3；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/m3）和活度（Bq）。

**表6 评价依据**

|  |  |
| --- | --- |
| 法规  文件 | （1）《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日；  （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日；  （3）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日修订；  （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；  （5）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（2021年1月1日实施）；  （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第709号，2019年3月2日；  （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2019年修正版），生态环境部令第7号，2019年8月22日实施；  （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第18号令，2011年04月18日；  （9）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日；  （10）《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知（环办辐射函［2016］）430号》；  （11）《关于发布射线装置分类的公告》，2017年12月5日；  （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》；  （13）《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告2021年第9号》；  （14）《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11月1日实施；  （15）《建设项目危险废物环境影响评价指南》(环保部公告2017年第43号)；  （16）《河北省生态环境保护条例》，2020年7月1日修订；  （17）《河北省辐射污染防治条例》（2020年7月30日修改）。 |
| 技术  标准 | （1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；  （2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；  （3）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；  （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；  （5）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；  （6）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）  （7）《国家危险废物名录》（2025版）；  （8）《射线装置分类》（原环境保护部[2017]66号公告）；  （9）《500kV以下工业X射线探伤机防护原则》（GB 22448-2008）；  （10）《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）；  （11）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；  （12）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）；  （13）《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）；  （14）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）；  （15）《危险废物收集、贮存、运输技术规范》（HJ 2025-2012）。 |
| 其他 | （1）委托书；  （2）《辐射防护导论》方杰，1991年6月第一版；  （3）《放射性和辐射的安全使用》（范深根、娄云编著）；  （4）《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015年）；  （5）《核技术利用辐射安全和防护监督检查大纲》生态环境部（国家核安全局）；  （6）射线装置参数及其他相关资料；  （7）公司辐射安全防护和管理等各项工作制度。 |

**表7 保护目标与评价标准**

|  |
| --- |
| **评价范围**  根据本项目X射线探伤的情况，按照《辐射环境保护管理导则核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中第1.5款评价范围和保护目标的要求，“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），对于Ⅰ类放射源或Ⅰ类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目使用II类射线装置，因此，确定本项目野外（室外）探伤评价范围为各型号X射线探伤机监督区边界，剂量率达到监督区边界要求的区域（监督区边界距离探伤机少于100m的，应取以探伤机所在位置为中心外100m的范围作为评价范围）。 |
| **保护目标**  本项目野外（室外）探伤地点为野外、管道线路或其他企业的厂区内（具体使用地点不固定）。在野外、其他企业的厂区内，周围人口密度较小；在暖气管道或燃气管道等位于室外但距离居民住宅区较近的区域，人口密度较大。本项目环境保护目标为现场探伤时评价范围内活动的工作人员以及探伤机周边的非放射性工作人员和公众。主要考虑工业X射线探伤机运行过程中泄漏的X射线对工作人员、周围公众及周围环境的影响，确保项目运行时，工作人员及周围公众受照剂量尽可能低。因此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。  **表7-1 野外（室外）探伤环境保护目标一览表**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **保护目标** | **相对设备方位** | **与辐射源最近距离（m）** | **最大人流量（人次/d）** | **照射类型** | **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 | 职业照射 | 5.0 | | 公众 | 不定 | 监督区外，评价范围内 | 不定 | 公众照射 | 0.25 | |
| **评价标准**  **一、人员受照剂量**  **《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）**  B1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限制：  a）由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯平均），20mSv；（取其四分之一即5mSv作为职业工作人员的年有效剂量约束值）。  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；（取其四分之一即0.25mSv作为公众人员的年有效剂量约束值）。  **二、探伤相关标准**  **1、根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求：**  **（1）作业前准备**  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）。  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。  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。  **（2）探伤作业分区设置要求**  应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。  ①一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  ②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。  **（3）防护要求**  ①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。  ②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。  ③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。  ④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。  ⑤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。  ⑥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。  **2、《500kV以下工业X射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）**  在设立控制区时，应按下列步骤：  1.估计控制区的范围；  2.确定控制区的边界；  3.标明控制区。  不允许在接通X射线机后用测得的剂量率来确定控制区边界。在第一次工作开始前要根据估计和经验划定并标志出控制区边界。在第一次工作期间要借助剂量率测量仪进行检测或修正。应用绳索或条带来隔离或由保安人员阻止非工作人员进入控制区。所有入口应用警戒牌标明，现场的监视人员应配备有射线监测仪器。应委托专门人员在X射线辐射场前指路。  **三、环境质量标准**  （1）大气：《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）中相应标准。  （2）地表水：《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中相应标准。  （3）声环境：《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中相应标准。  四、污染物排放标准  （1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）中相应标准；  （2）废水：污水执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）中相应标准；  （3）噪声：根据检测地点所处声功能区执行相应标准；  （4）一般固废执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599-2020）；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）。  **本评价采用5mSv/a作为职业人员的剂量约束值，0.25mSv/a作为公众成员的剂量约束值。** |

**表8 环境质量和辐射现状**

|  |
| --- |
| 1. 项目地理和场所位置   公司位于河北省承德市双滦区双塔山镇大三岔口村地质四队东侧（承德中天建设工程检测试验有限公司办公楼），地理位置中心坐标为北纬40°59′38.456″，东经117°49′37.445″。公司西邻国道G233（通宝路），隔牤牛河与省道S256（通宝路）相邻，交通便利，西北为承德兴厦水泥公司，西南为兰欧国际酒店，南侧为小人沟，东侧为山区，北侧为上白庙。  2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位  本项目为工业X射线探伤机野外（室外）探伤项目，使用Ⅱ类射线装置。本项目依托公司已有厂区，不存在施工期；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。因本项目探伤机储存时不产生电离辐射，进行野外（室外）探伤时地点遍布全国各地，探伤地点不固定，因此本次环评未进行环境现状监测。  3、环境质量和辐射现状  项目探伤地址为野外探伤，野外（室外）探伤地点遍布全国各地，根据生态环境部发布的《2021年全国辐射环境质量报告》，环境γ辐射剂量率监测结果处于当地本底涨落范围内，年均值范围为（45.5-248）nGy/h，主要分布区间为（75.4-132）nGy/h。 |

**表9 项目工程分析和源项**

|  |
| --- |
| **工程设备和工艺分析**   1. **X射线野外（室外）探伤**   **1、X射线探伤机工作原理**  （1）构造组成  工业X射线探伤机由X射线管和高压电源组成，核心部件是X射线管。它是一个内真空的玻璃管，由阴极和阳极组成，阴极通常是装在聚焦杯中的钨制灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同材料制成各种形状，一般采用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金等制成。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焦成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。靶体高电压加在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靶突然阻挡而产生X射线。  典型的X射线管结构见图9-1。    **图9-1 常见的X射线探伤机**  （2）工作原理  工业X射线探伤机包括实时成像和胶片成像系统两种形式，本项目所用X射线探伤机采用胶片成像系统，是利用X射线穿透试件、以胶片作为记录信息的无损检测方法。通过X射线对受检部位进行透照，当X射线穿过有缺陷部位时，由于被检工件内部结构密度不同，其对X射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大、X射线强度减弱越大，底部感光量就越小。当工件内部存在气孔、裂缝夹渣等缺陷时，X射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的X射线强度较大，底片感光量较大，从而可以从底片曝光强度的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。如有焊接质量问题，在显影后的胶片上产生一个较强的图像显示裂缝所在的位置，X射线探伤机据此实现探伤目的。    **图**9-2 X**射线探伤机工作原理示意图**  **2、野外（室外）探伤工作流程及产污环节**  （1）承德市内探伤：  ①接受探伤任务后，制定探伤作业方案，该作业方案应包括工况、时间、地点、探制区范围、监测方案、清场方式等，明确探伤人员、防护人员、运输人员、保卫人员的职责和分工等。  ②设备出库。根据X射线探伤机管理制度，工作人员持任务单，经过管理员确认后，领取X射线探伤机，并在出入库台账上登记。  ③设备运输。采用单位车辆将设备运送至探伤作业场所，至少1名操作人员随车押运，确保运输过程中设备的安全。  ④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“禁止进入射线探伤区”，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查及监督检查，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。  ⑤设备操作人员检查设备，确认无误后，对设备进行安装。在开展探伤前，将探伤机放置到探伤工件旁。在设备安装完毕后，再在探伤机周围采用可拆卸的屏蔽材料进行屏蔽（如移动式铅屏风）。  ⑥曝光拍片。项目探伤作业时，工作人员将设备安装固定好之后到线缆末端操作台，设置曝光参数和延迟曝光时间后撤离至控制区外的区域。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15μGy/h，公众位于空气比释动能率小于2.5μGy/h的区域之外。  ⑦探伤结束，关闭机器，清理完现场后解除警戒，工作人员离场。  ⑧探伤结束后，采用单位车辆将X射线探伤机运回至公司曝光室内指定位置，再根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记入库。  ⑨探伤操作人员收取工件上的胶片，送至公司暗室洗片，冲洗后进行评片、审片，经洗片、评片、审片后给出无损检测结果。  （2）承德市外探伤：  ①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（州）生态环境主管部门提交使用计划和作业方案。  ②参照“（1）承德市内探伤步骤①~⑨”开展探伤作业。  ③在作业结束后10个工作日内，应当向转入地市（州）生态环境主管部门提交辐射安全评估报告。  （3）河北省外探伤：在河北省省外开展探伤工作时的报备方案及相关管理制度按照当地主管部门的要求执行。  X射线探伤机工作流程示意图及产污环节见图9-3。    **图9-3 X射线探伤机野外（室外）探伤工作流程示意图及产污环节**  **3、探伤对象及探伤工况分析**  本项目野外（室外）探伤地点遍布全国各地，主要对野外施工现场的桥梁钢箱梁结构钢板对接焊缝探伤检测及对承压类压力管道等进行检验检测，在对在用压力管道进行检测时，须排空压力管道内的介质后方可检测，钢箱梁结构钢板对接焊缝厚度为20mm～50mm；压力管道探伤管件厚度为12mm～50mm。根据建设单位提供信息，本项目XT1605D型探伤机探伤工件厚度最大为20mm；XXH2005C型探伤机探伤工件厚度最大为24mm；XT2505C型探伤机探伤工件厚度最大为34mm；XT2505D型探伤机探伤工件厚度最大为40mm；XT3005D型探伤机探伤工件厚度最大为50mm。根据建设单位反馈，本项目在探伤作业前，先将探伤机采用支架固定在被测工件附近。本项目探伤机在探伤过程过程中，出束方向主要朝向地面、平行地面、朝向天空和朝向四周四种情况。本项目探伤机主射方向朝向地面和天空时，四周拟采用不低于“1m×1m”尺寸的5mm铅当量铅屏风进行屏蔽；当主射线束平行于地面时，主射方向拟采用不低于“1m×1m”尺寸的10mm铅当量铅屏风进行屏蔽，其余三侧拟采用5mm铅当量铅屏风进行屏蔽。本项目使用的5台X射线探伤机年野外（室外）探伤曝光时间总计最大约750h。正常探伤工况下，X射线探伤机运行时的管电压一般低于最高管电压。 |
| **污染源项描述**  本项目建设地点在公司厂区内（承德市双滦区双塔山镇256省道地质四队对面），野外（室外）探伤作业不存在施工期，不存在施工期环境影响。本项目无野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在公司一层设备室内，存放期间，探伤机不开机使用。  **一、电离辐射**  X射线探伤机开机工作时，通过高压发生器和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线，本项目产生的X射线能量最大为300kV。X射线探伤机关机状态不产生辐射。  1、主要放射性污染  本项目的放射性污染评价因子主要为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。X射线探伤机开机工作时，通过高压发生器（或高压脉冲发生器）和X光管产生高速电子束，电子束撞击钨靶，靶原子的内层电子被电离，外层电子进入内层轨道填补空位，放出具有确定能量的X射线。X射线探伤机关机状态不产生辐射。  本项目不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。  2、非放射性污染  ①废显（定）影液及废胶片  本项目进行X射线探伤，需在暗室内冲洗胶片，在胶片冲洗过程中会产生一定量的废显、定影液（含冲洗废水）和废胶片。根据企业提供资料，同时参考同类型项目情况，预计每年使用显影液的量约为20L/a，定影液的量约为20L/a，胶片冲洗用水约为80L/a，使用胶片约8000张/年。本项目年工作约250天，预计本项目废显影液、废定影液（含冲洗废水）产生量约为120L/a，废胶片产生量保守以使用量的10%计，约800张/年（约32kg/a）。洗片过程中产生的废显影液、废定影液、洗片废水等统一暂存于公司危废暂存间内设置的收集桶内，废胶片暂存于危废暂存间内设置的储存设施内，危废经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。  ②有害气体  射线装置工作时发出的X射线电离空气分子产生微量的臭氧和氮氧化物（以NO2为主），对周围环境空气影响很小。  因此，本项目X射线探伤机在开机期间X射线为主要污染因子。  **二、废气**  空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧和氮氧化物。本项目X射线能量不高，产生的臭氧量很小。如果现场探伤场所通风不畅，会对附近人员造成危害。本项目属于室外现场探伤，不涉及室内探伤，探伤现场一般较为开阔，通风条件良好，且现场探伤时控制区内无人员滞留，不会对职业人员和公众造成危害。  **三、废水**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活污水。  **四、固体废物**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活垃圾。  **五、危险废物**  本项目探伤拍片完成后，在暗室洗片槽洗片过程中将产生废显影液、废定影液，在切片和评片过程中将产生废弃胶片。废显影液中含有溴化钾、无水亚硫酸钠等强氧化剂；废定影液主要含有硫代硫酸钠和无水亚硫酸钠等化学物质。根据《国家危险废物名录（2025年本）》（生态环境部令第36号，2025年1月1日起实施）中的危险废物划分类别，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。公司现有危废间及暗室已严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023），采取“防渗、防雨、防流失”等措施。具体防渗要求有：危废间及暗室为可密闭房间，具有防雨措施，地面应按照重点防渗区的要求进行防渗处理，暂存间设置围堰，防止危废流失。  公司已与有危废处理资质的承德双然环保科技有限公司签订危废回收处理协议，本项目产生的危险废物暂存于贴有危废标识的专用容器里，放置于危废间内，定期经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。公司现有危废间，位于厂区东北角，分为两间，每间各5.04m2，满足本项目危废暂存的要求，详见表9-1。  **表9-1 危险废物贮存场所（设施）基本情况**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **序号** | **贮存场所（设施）名称** | **危废名称** | **危废类别** | **危险废物代码** | **占地**  **面积** | **贮存能力** | **贮存方式** | **贮存周期** | | 1 | 危废暂存间 | 废胶片 | HW16  感光材料 | 231-001-16 | / | / | 塑料袋内密封 | 1年 | | 2 | 废显影液、废定影液 | 0.5m2 | 60L×2 | 危险废物 桶内密封 |   **六、噪声**  本项目X射线机不使用时存放在公司一层设备室内，不产生噪声；使用时几乎不产生噪音，监督区边界的警示灯声音随着探伤结束而停止，一般探伤现场野外（室外）环境相对开阔，对周围声环境基本无影响。 |

**表10 辐射安全与防护**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目安全设施**  **一、X射线探伤工作场所布局、分区**  为便于管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）要求在放射工作场所内划出控制区和监督区。其定义为“控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域”。  根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《河北省辐射污染防治条例》（2013年9月27日河北省第十二届人民代表大会常务委员会第四次会议通过 根据2020年7月30日河北省第十三届人民代表大会常务委员会第十八次会议《河北省人民代表大会常务委员会关于修改〈河北省辐射污染防治条例〉等七部法规的决定》修正）：探伤作业前应将无关人员清离出场，划分控制区和监督区，实施“两区”管理。  进行探伤作业前，将工作场所划分为控制区和监督区。控制区边界外空气比释动能率低于15µSv/h，监督区位于控制区外，其外边界空气比释动能率不大于2.5µSv/h。  本项目控制区和监督区划分见表10-1和图10-1~图10-3。实际探伤过程中，因探伤区域围墙、设备等的防护作用，控制区和监督区的范围可相应缩小。  **表**10-1 **野外（室外）探伤作业**“**两区**”**划分与管理**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **项目** | | **控制区** | **监督区** | | XT1605D型X射线探伤机 | 主射线束平行于地面 | 将主射方向0~6m划为控制区；将非主射方向0~2m划为控制区 | 将主射方向6~14m划为监督区；将非主射方向2~5m划为监督区 | | 主射线束垂直于地面 | 将非主射方向0~2m划为控制区 | 将非主射方向2~5m划为监督区 | | 主射线朝向地面（架空桥梁） | 辐射源到地面的投影点0~114m划为控制区（H为332m时） | 辐射源到地面的投影点114~280m划为监督区（H为813m时） | | XXH2005C型X射线探伤机 | 周向 | 将四周方向0~6m划为控制区 | 将四周方向6~14m划为监督区； | | 辐射源到地面的投影点0~114m划为控制区（H为332m时） | 辐射源到地面的投影点114~280m划为监督区（H为839m时） | | XT2505D型X射线探伤机 | 主射线束平行于地面 | 将主射方向0~8m划为控制区；将非主射方向0~13m划为控制区 | 将主射方向8~18m划为监督区；将非主射方向13~32m划为监督区 | | 主射线束垂直于地面 | 将非主射方向0~13m划为控制区 | 将非主射方向13~32m划为监督区 | | 主射线朝向地面（架空桥梁） | 辐射源到地面的投影点0~134m划为控制区（H为337m时） | 辐射源到地面的投影点134~325m划为监督区（H为839m时） | | XXH2505C型X射线探伤机 | 周向 | 将四周方向0~8m划为控制区 | 将四周方向8~18m划为监督区； | | 辐射源到地面的投影点0~134m划为控制区（H为337m时） | 辐射源到地面的投影点134~325m划为监督区（H为839m时） | | XT3005D型X射线探伤机 | 主射线束平行于地面 | 将主射方向0~47m划为控制区；将非主射方向0~31m划为控制区 | 将主射方向47~114m划为监督区；将非主射方向31~75m划为监督区 | | 主射线束垂直于地面 | 将非主射方向0~7m划为控制区 | 将非主射方向7~17m划为监督区 | | 主射线朝向地面（架空桥梁） | 辐射源到地面的投影点0~121m划为控制区（H为332m时） | 辐射源到地面的投影点121~296m划为监督区（H为813m时） | | 辐射防护措施 | | 对控制区进行严格控制，在曝光过程中严禁任何人员进入控制区内，设置明显的警戒线，并设置明显的电离辐射标志，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线区”警示标识 | 监督区为工作人员操作设备时的工作场所，该区设置电离辐射标志，经常进行剂量监督，限制公众进入该区域，边界处设置电离辐射警告标志牌，边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，设置专人巡视。 | | 备注 | | 可根据野外（室外）探伤的地形、桥梁高度（H）、建筑物实际情况确定，现场监测剂量率在15μGy/h以上的范围 | 可根据野外(室外)探伤的地形、桥梁高度(H)、建筑物实际情况确定现场监测剂量率在 2.5uGy/h~15uGy/h之间的范围。 |     **图10-1 周向型探伤机控制区、监督区、非限制区的划分示意图**    **图10-2 定向型探伤机控制区、监督区、非限制区的划分示意图**    **图**10-3 **桥面探伤示意图**   |  |  | | --- | --- | |  |  | | 主射线束垂直于地面 | 当桥梁架空时，辐射源到地面的投影点 | |  | | | 主射线束水平于地面 | | | **图**10-4 **野外（室外）探伤两区划分示意图（**XT3005**型**X**射线探伤机）** | |  |  |  | | --- | --- | |  |  | | 主射线束垂直于地面 | 当桥梁架空时，辐射源到地面的投影点 | |  | | | 主射线束水平于地面 | | | **图**10-5 **野外（室外）探伤两区划分示意图（**XT2505**型**X**射线探伤机）** | |   **二、辐射安全防护措施**  **1、分区设置**  （1）控制区边界外空气比释动能率应低于15μGy/h，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。  （2）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。  （3）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。  （4）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。  （5）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。  （6）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）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。  （8）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。  对于一些特殊场所，如探伤作业点在地面一定高度时，应在确保安全的原则下，因地制宜的划定控制区和监督区，并设置警戒线，应切实做好清场工作。  **2、安全警示**  （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。  （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。  （3）X射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。  （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。  （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。  **3、边界巡查与检测**  （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。  （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。  （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。  （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。  （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。  **三、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  本项目探伤机无探伤任务时存放于检验所设备室内，该设备室内安装监控摄像头，实施24小时监控，能够实时看到设备室内部情况，设备室安装防盗门，且在设备室内设置防盗柜，用于放置X射线探伤机，防盗柜设置双人双锁，钥匙由专人保管。  2、设备固有安全性分析  X射线探伤机只有在开机状态下才会产生X射线，关机状态下不会产生X射线。本项目探伤机在开机状态下的固有安全性如下：  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（室外）探伤安全防护措施  Х射线基本防护原则是远离Х射线并加以必要的屏蔽。对外照射的防护方法有源项控制法、距离防护法和屏蔽防护法。其中野外（室外）探伤主要采用距离防护。  （1）源项控制  本项目购置的探伤机，均由有资质的厂家生产，自身有良好的防护设施，使其产生的X射线泄漏量不超过相应的标准，并使X射线装置发射的线束宽度尽量减小，此外，针对不同厚度的材料探伤工件，建设单位将设置不同的曝光工况和曝光时间，以减少不必要线束的照射。  （2）距离防护  由于野外（室外）探伤的特殊性质，不可能人为做到实体防护，只能通过控制距离作为野外（室外）探伤的主要防护手段，扩大辐射源与受照射人员的距离，以有效降低人员的受照剂量。  根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第6.4条要求，辐射工作场所应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。依据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的规定，控制区边界外X射线空气比释动能率应大于15μGy/h；监督区位于控制区外，其边界剂量率应不大于2.5μGy/h。  （3）时间防护  在满足生产要求的前提下，在每次使用探伤机进行探伤前，根据生产要求和工件实际情况制定最优化的探伤方案，选择合理可行尽量低的射线照射参数，以及尽量短的曝光时间，减少工作人员和相关公众的受照射时间。如果工程区域周围有人群等敏感目标，作业时间尽量避开公众活动的高峰时段。  （4）实体防护  因地制宜利用探伤具体地点地形特征及周围设施防护，如墙体、拐角、坑体等有利地形。此外，探伤机作业时，根据需要在不同方向设置屏蔽不同铅当量的铅屏风。  （5）其它管控措施  根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《河北省辐射污染防治条例》（2020年7月30日修改），进行野外（室外）探伤时主要采取以下措施进行辐射安全防护：  ①制定野外（室外）探伤工作方案  接受现场探伤任务后，在野外（室外）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履行情况。  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（室外）探伤作业备案制度，在河北省内跨市（州）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（州）生态环境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。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、辐射应急方案（包括项目所在地生态环境部门、公安部门、卫生部门联系方式）等。在河北省省外开展探伤工作时的报备方案及相关管理制度参照当地主管部门的要求执行。  g.在活动结束后10个工作日内，应当向转入地市（州）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；环保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，单位法人，辐射安全负责人，操作人员和现场安全员的姓名、照片和资质证书，探伤作业性质、时间、地点、控制范围，当地环保部门监督举报电话等内容。安全信息公告牌面积应不小于2m2，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  本项目野外（室外）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（室外）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（室外）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。保证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套个人剂量计，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。  电离辐射警告标志如图10-4所示。    **图**10-6 **电离辐射警告标志**  ⑤探伤机从存放设备室出库进行野外（室外）作业、野外（室外）探伤完毕送回设备室时都需进行登记，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（室外）探伤完毕后，探伤机需及时送回公司设备室内进行保管。  ⑥探伤时辐射防护工作  探伤准备：探伤机架设安装完毕后，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，采取设定时间后自动开机曝光操作，操作人员可在该段时间内退至控制区距离外，位于控制区边界的辐射工作人员需穿戴铅防护服。  在野外（室外）探伤任务期间，未进行探伤时，由专人对探伤机进行保管。  **三、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）、《环保部监测安全与防护监督检查技术程序》、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《河北省辐射污染防治条例》（2020年7月30日修改）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**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **项目** | **设备设施** | **具体要求** | **本项目实际情况** | | 室外（野外）探伤场所 | 工作场所 | 作业公告：包含作业时间、作业地点、作业内容、拟采取 辐射防护措施 | 拟实施 | | 安全信息公示牌：面积不小于2m2，公示内容：辐射安全许可证、单位法人代表姓名、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 | 拟实施 | | 场所分区 | 拟实施 | | 警戒线及警告标志 | 拟实施 | | 场所边界文字说明、声音、光电等警示 | 拟实施 | | 专人看守、巡查 | 拟实施 | | 移动屏蔽措施（4个10mmPb铅屏风+4个5mmPb铅屏风） | 拟实施 | | 个人监测和防护设备 | 便携式辐射剂量监测仪 | 拟实施 | | 个人剂量计 | 拟实施 | | 个人剂量报警仪 | 拟实施 | | 个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等） | 拟实施 |   建设单位按照10-2中提出的要求落实，本项目辐射防护措施合理可行。  **二、辐射安全管理措施**  （1）为了辐射安全和防护管理，做好射线装置的使用管理工作，保证工作的正常进行，避免发生各类事故，保障人员的健康，公司成立了辐射安全与环境保护管理机构小组，并制定了辐射安全管理制度：《辐射安全与环境保护管理机构制度》、《X射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全与防护保卫制度》、《设备检修与维护制度》、《X射线机使用登记制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《个人剂量监测制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作安全责任制度》和《辐射事故应急预案》等规章制度。  （2）辐射工作人员上岗前进行培训，进行安全防护和安全思想教育，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，持证上岗。职业工作人员开展个人剂量检测，建立个人剂量档案，终身保存。 |
| **三废的治理**  **一、废气**  项目运行过程中，不产生放射性“三废”。  X射线探伤机在曝光过程中会产生有害气体臭氧和氮氧化物，本项目探伤不涉及室内探伤，探伤工作地点周围一般为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧和氮氧化物经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。  **二、废水**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活污水。  **三、固废**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活垃圾；运营期产生的固废主要为洗片过程中产生的废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物，废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物产生后暂存于危废间内，定期（处置周期为一年）经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。 |

**表11 环境影响分析**

|  |
| --- |
| **建设阶段对环境的影响**  本项目利用公司原有厂区一层设备室储存探伤机，利用公司厂区已有暗室进行胶片处理工作，利用公司厂区已有危废间进行危废暂存，野外（室外）探伤作业无施工期，因此，本项目不存在施工期环境影响。 |
| **运行阶段对环境的影响**  本项目购置1台XT1605D型定向X射线探伤机(额定最大管电压160kV，额定最大管电流5mA)、1台XXH2005C型周向X射线探伤机(额定最大管电压200kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505C型周向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)、1台XT2505D型定向X射线探伤机(额定最大管电压250kV，额定最大管电流5mA)和1台XT3005D型定向X射线探伤机(额定最大管电压300kV，额定最大管电流5mA)，均属于Ⅱ类射线装置。无野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在公司一层设备室内（承德市双滦区双塔山镇256省道地质四队对面），对周围环境无影响。  年野外（室外）探伤曝光时间总计最大约750h。本项目运营期的环境影响因素为：X射线探伤机工作时产生的X射线、臭氧、氮氧化物，洗片过程中产生的废显影液、废定影液、废胶片、洗片废水。  **一、野外（室外）探伤控制区和监督区的理论划分**  在实际探伤过程中，定向探伤机的主束射向被检查的工件。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《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），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2.5μSv/h的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。  本项目在野外（室外）探伤在进行作业时，探伤机作业拟设置铅屏风对X射线进行防护。根据本项目探伤机类型，分以下两种情况：  ①定向探伤机：在探伤作业前，先将探伤机采用支架固定在被测工件附近。本项目探伤机在探伤过程过程中，出束方向主要朝向地面、平行地面、朝向天空三种情况。本项目探伤机主射方向朝向地面和天空时，四周拟采用不低于“1m×1m”尺寸的5mm铅当量铅屏风进行屏蔽；当主射线束平行于地面时，主射方向拟采用不低于“1m×1m”尺寸的10mm铅当量铅屏风进行屏蔽，其余三侧拟采用5mm铅当量铅屏风进行屏蔽。  ②周向探伤机：本项目周向探伤机在探伤作业前，先将探伤机采用支架固定在被测工件内部或者附近，在探伤过程中，出束方向朝向四周及天空。四周拟采用不低于“1m×1m”尺寸的10mm铅当量铅屏风进行屏蔽。  本项目探伤机控制电缆长度约为25m，具备延时功能。探伤作业时，操作人员位于探伤机非主射方向或控制区外，电缆长度或控制距离大于非主射方向控制区范围。因此，本项目电缆长度能够满足人员位于控制区边界外的要求。建设单位在探伤中可通过巡测调整控制区边界位置或者可配合本项目探伤机延时出束功能。室外探伤作业主要采用距离防护，即采用延时曝光后，工作人员迅速退居到控制区范围外的方式进行防护。探伤工件一般大于探伤机照射野，若探伤工件小于探伤机照射野，加准直器以保证探伤工件大于照射野的范围，因此，本项目不存在裸照的情况，仅考虑X射线探伤机经工件屏蔽后的控制区和监督区的距离。  **二、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：  *D1=IδX/r2*……………………（式 1）  *D2=B×D1*……………………（式 2）  *B=10-X/TVL*……………………（式 3）  公式中：D1—未经工件屏蔽前空气吸收剂量率，mGy·min-1；  D2—经工件屏蔽后空气吸收剂量率，mGy·min-1；  I—管电流，mA，本项目5台探伤机的管电流最大均为5mA；  δX—发射率常数，mGy·m2·mA-1min-1，本项目探伤机过滤片材料均按偏保守考虑，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表B.1），本项目XT3005D型定向探伤机取滤过条件3mm铝的输出量20.9mGy·m2·mA-1min-1；XT2505D型定向探伤机取滤过条件0.5mm铜的输出量16.5mGy·m2·mA-1min-1；XXH2005C型周向探伤机取滤过条件2mm铝的输出量28.7mGy·m2·mA-1min-1；XT1605D型定向探伤机取滤过条件2mm铝的输出量28.7mGy·m2·mA-1min-1。  r—参考点距X射线管靶点的距离m；  B—透射因子，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，图B.1），取等效铅当量的对应值，钢箱梁结构钢板对接焊缝厚度为20mm～50mm；压力管道探伤管件厚度为12mm～50mm。根据建设单位提供信息，本项目XT3005型探伤机探伤工件厚度范围为30mm～50mm。则XT3005型定向X射线探伤机探伤工件厚度保守按30mm考虑，根据《辐射防护手册》（第三分册）P63页表3.4，管电压300kV条件下28mm厚铁为3mm铅当量厚度，探伤工件保守按照3mm铅当量进行考虑；XT2505型探伤机探伤工件厚度范围为12mm～40mm，XT2505型定向X射线探伤机探伤工件厚度保守按12mm考虑，XXH2005型探伤机探伤工件最大厚度24mm，XXH2005型周向X射线探伤机探伤工件厚度保守按12mm考虑；XT1605型探伤机探伤工件厚度最大为20mm，XT1605型定向X射线探伤机探伤工件厚度保守按12mm考虑。根据《辐射防护手册》（第三分册）P63页表3.4，管电压150kV条件下11mm厚铁为1mm铅当量厚度、200kV及300kV条件下12mm厚铁均为1mm铅当量厚度，探伤工件保守按照1mm铅当量进行考虑；  X—屏蔽体厚度；  TVL—管电压300kV条件下铅的什值层厚度为5.7mm；管电压250kV条件下铅的什值层厚度为2.9mm；管电压200kV条件下铅的什值层厚度为1.4mm；管电压150kV条件下铅的什值层厚度为0.96mm，本项目XT1605D型探伤机管电压为160kV，保守取200kV条件下铅的什值层厚度为1.4mm。  根据上述分析，XT1605D型探伤机保守所选参数与XXH2005C型探伤机所选参数以及计算结果一致，因此，只列举其一，计算结果见下表：  **表11-1 不同距离主射方向空气吸收剂量计算表（μSv/h）**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **距射线靶的距离（**m**）** | XT1605D**定向**  X**射线探伤机** | | XT2505D**定向**  X**射线探伤机** | | XT3005D**定向**  X**射线探伤机** | | | **无铅屏风遮挡** | **有铅屏风遮挡（**5mm**）** | **无铅屏风遮挡** | **有铅屏风遮挡（**10mm**）** | **无铅屏风遮挡** | **有铅屏风遮挡（**10mm**）** | | **4** | 103895.67 | 27.87 | 139848.44 | 49.82 | 116635.77 | 2053.27 | | **5** | 66493.23 | 17.84 | 89503.00 | 31.88 | 74646.89 | 1314.09 | | **6** | 46175.85 | 12.39(控制区) | 62154.86 | 22.14 | 51838.12 | 912.56 | | **7** | 33925.12 | 9.10 | 45664.797 | 16.27 | 38085.15 | 670.46 | | **8** | 25973.92 | 6.97 | 34962.11 | 12.45(控制区) | 29158.94 | 513.32 | | **10** | 16623.31 | 4.46 | 22375.75 | 7.97 | 18661.72 | 328.52 | | **13** | 9836.28 | 2.64 | 13240.09 | 4.72 | 11042.44 | 194.39 | | **14** | 8481.28 | 2.28(监督区) | 11416.20 | 4.07 | 9521.29 | 167.61 | | **15** | 7388.14 | 1.98 | 9944.78 | 3.54 | 8294.10 | 146.01 | | **18** | 5130.65 | 1.38 | 6906.10 | 2.46(监督区) | 5759.79 | 101.40 | | **25** | 2659.73 | 0.71 | 3580.12 | 1.28 | 2985.88 | 52.56 | | **45** | 820.90 | 0.22 | 1104.98 | 0.39 | 921.57 | 16.22 | | **47** | 752.53 | 0.20 | 1012.94 | 0.36 | 844.80 | 14.87(控制区) | | **60** | 461.76 | 0.12 | 621.55 | 0.22 | 518.38 | 9.13 | | **90** | 205.23 | 5.51×10-2 | 276.24 | 0.10 | 230.39 | 4.06 | | **100** | 166.23 | 4.46×10-2 | 223.76 | 7.97×10-2 | 186.62 | 3.29 | | **115** | 125.70 | 3.37×10-2 | 169.19 | 6.03×10-2 | 141.11 | 2.48(监督区) | | **120** | 115.44 | 3.10×10-2 | 155.39 | 5.54×10-2 | 129.60 | 2.28 | | **150** | 73.88 | 1.98×10-2 | 99.45 | 3.54×10-2 | 82.94 | 1.46 | | **250** | 26.60 | 7.14×10-3 | 35.80 | 1.28×10-2 | 29.86 | 0.53 | | **332** | 15.08 | 4.05×10-3 | 20.30 | 7.23×10-3 | 16.93 | 0.30 | | **333** | 14.99(控制区) | 4.02×10-3 | 20.18 | 7.19×10-3 | 16.83 | 0.30 | | **350** | 13.57 | 3.64×10-3 | 18.26 | 6.50×10-3 | 15.23 | 0.27 | | **353** | 13.34 | 3.58×10-3 | 17.96 | 6.40×10-3 | 14.98(控制区) | 0.26 | | **390** | 10.93 | 2.93×10-3 | 14.71(控制区) | 5.24×10-3 | 12.27 | 0.22 | | **500** | 6.65 | 1.78×10-3 | 8.95 | 3.19×10-3 | 7.46 | 0.13 | | **700** | 3.39 | 9.10×10-4 | 4.57 | 1.63×10-3 | 3.81 | 6.70×10-2 | | **816** | 2.50 | 6.70×10-4 | 3.36 | 1.20×10-3 | 2.80 | 4.93×10-2 | | **817** | 2.49(监督区) | 6.68×10-4 | 3.35 | 1.19×10-3 | 2.80 | 4.92×10-2 | | **850** | 2.30 | 6.17×10-4 | 3.10 | 1.10×10-3 | 2.58 | 4.55×10-2 | | **865** | 2.22 | 5.96×10-4 | 2.99 | 1.07×10-3 | 2.49(监督区) | 4.39×10-2 | | **900** | 2.05 | 5.51×10-4 | 2.76 | 9.84×10-4 | 2.30 | 4.06×10-2 | | **950** | 1.84 | 4.94×10-4 | 2.48(监督区) | 8.83×10-4 | 2.07 | 3.64×10-2 |   **2、泄漏辐射计算**  对于本项目购置X射线探伤机，根据《工业探伤放射防护要求》（GBZ 117-2022）中规定：当X射线探伤机的管电压大于200kV时，要求距X射线管焦点1m处的漏射线所致周围剂量当量率小于5mSv/h。  计算根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZT 250-2014)中泄漏辐射剂量估算公式进行计算。   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  | ……………………….（4） |   式中：  B ——屏蔽透射因子；  R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；  HL ——距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（μSv/h）。  **表11-2 探伤室泄漏辐射方向各关注点处剂量率**   |  |  | | --- | --- | | X **射线管电压（**kV**）** | **距离靶点**1m**处的泄露辐射剂量率（**μSv/h**）** | | ＜150 | 1×103 | | 150≤kV≤200 | 2.5×103 | | ＞200 | 5×103 |   **3、散射线（非主射方向外）**  根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），散射辐射剂量率可根据下式（3）计算。   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  | （3） |   式中：  I —X射线探伤机在最高管电压下的常用最大管电流，mA，本项目5台探伤机的管电流最大均为5mA；  H0 —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6×104，本项目探伤机过滤片材料均按偏保守考虑，参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014，表B.1），本项目XT3005D型定向探伤机取滤过条件3mm铝的输出量20.9mGy·m2·mA-1min-1；XT2505D型定向探伤机取滤过条件0.5mm铜的输出量16.5mGy·m2·mA-1min-1；XXH2005C型周向探伤机取滤过条件2mm铝的输出量28.7mGy·m2·mA-1min-1；XT1605D型定向探伤机保守取滤过条件2mm铝的输出量28.7mGy·m2·mA-1min-1；  B —屏蔽透射因子；  F —R0处的辐射野面积，m2；  R0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，均取0.5m；  RS —散射体至关注点的距离，m。  α— 散射因子，可保守取值为αw·10000/400，αw保守取1.9×10-3，见GBZ/T 250-2014附录B中表B.3，R02/(F·α)—当X射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为20°时，取值为50；经过工件一次散射后，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表2，对应的X射线能量见表11-3。  **表11-3 X射线90°散射辐射最高能量相应的kV值**   |  |  | | --- | --- | | **原始**X**射线（**kV**）** | **散射辐射（**kV**）** | | 150＜kV≤200 | 150 | | 200＜kV≤300 | 200 |   根据（式4）、（式5）所述，计算结果见下表：  **表**11-4 **不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（无铅屏风）（**μSv/h**）**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **距射线靶的距离（**m**）** | XT1605**定向**  X**射线探伤机** | | | XT2505**定向**  X**射线探伤机** | | | XT3005**定向**  X**射线探伤机** | | | | **漏射** | **散射** | **合计** | **漏射** | **散射** | **合计** | **漏射** | **散射** | **合计** | | 5 | 100.00 | 6888.00 | 6988.00 | 200.00 | 3960.00 | 4160.00 | 200.00 | 5016.00 | 5216.00 | | 10 | 25.00 | 1722.00 | 1747.00 | 50.00 | 990.00 | 1040.00 | 50.00 | 1254.00 | 1304.00 | | 20 | 6.25 | 430.50 | 436.75 | 12.50 | 247.50 | 260.00 | 12.50 | 313.50 | 326.00 | | 30 | 2.78 | 191.33 | 194.11 | 5.56 | 110.00 | 115.56 | 5.56 | 139.33 | 144.89 | | 40 | 1.56 | 107.63 | 109.19 | 3.13 | 61.88 | 65.01 | 3.13 | 78.38 | 81.50 | | 50 | 1.00 | 68.88 | 69.88 | 2.00 | 39.60 | 41.6 | 2.00 | 50.16 | 52.16 | | 60 | 0.69 | 47.83 | 48.53 | 1.39 | 27.50 | 28.76 | 1.39 | 34.83 | 36.22 | | 70 | 0.51 | 35.14 | 35.65 | 1.02 | 20.20 | 21 22 | 1.02 | 25.59 | 26.61 | | 80 | 0.39 | 26.91 | 27.30 | 0.78 | 15.47 | 16.25 | 0.78 | 19.59 | 20.38 | | 84 | 0.35 | 24.40 | 24.76 | 0.71 | 14.03 | 14.74(控制区) | 0.71 | 17.77 | 18.48 | | 90 | 0.31 | 21.26 | 21.57 | 0.62 | 12.22 | 12.84 | 0.62 | 15.48 | 16.10 | | 94 | 0.28 | 19.49 | 19.77 | 0.57 | 11.20 | 1177 | 0.57 | 14.19 | 14.76(控制区) | | 100 | 0.25 | 17.22 | 17.47 | 0.50 | 9.90 | 10.40 | 0.50 | 12.54 | 13.04 | | 108 | 0.21 | 14.76 | 14.98(控制区) | 0.43 | 8.49 | 8.92 | 0.43 | 10.75 | 11.18 | | 150 | 0.11 | 7.65 | 7.76 | 0.22 | 4.40 | 4.61 | 0.22 | 5.57 | 5.80 | | 200 | 0.06 | 4.31 | 4.37 | 0.13 | 2.48 | 2.61 | 0.13 | 3.14 | 3.26 | | 204 | 0.06 | 4.14 | 4.20 | 0.12 | 2.38 | 2.50(监督区) | 0.12 | 3.01 | 3.13 | | 229 | 0.05 | 3.28 | 3.33 | 0.10 | 1.89 | 1.29 | 0.10 | 2.39 | 2.49(监督区) | | 250 | 0.04 | 2.76 | 2.80 | 0.08 | 1.58 | 1.66 | 0.08 | 2.01 | 2.09 | | 265 | 0.04 | 2.45 | 2.49(监督区) | 0.07 | 1.41 | 1.48 | 0.07 | 1.79 | 1.86 | | 300 | 0.03 | 1.91 | 1.94 | 0.06 | 1.10 | 1.16 | 0.06 | 1.39 | 1.45 |   **表**11-5 **不同距离非主射方向空气吸收剂量计算表（有**5mmPb**铅屏风）（**μSv/h**）**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **距射线靶的距离（**m**）** | XT1605  **定向**X**射线探伤机** | | | XT2505  **定向**X**射线探伤机** | | | XT3005  **定向**X**射线探伤机** | | | | **漏射** | **散射** | **合计** | **漏射** | **散射** | **合计** | **漏射** | **散射** | **合计** | | 1 | 0.67 | 46.20 | 46.87 | 94.37 | 2366.79 | 2461.16 | 663.40 | 13135.37 | 13798.77 | | 2 | 0.17 | 11.55 | 11.72(控制区) | 23.59 | 591.70 | 615.29 | 165.85 | 3283.84 | 3449.69 | | 4 | 0.04 | 2.89 | 2.93 | 5.90 | 147.92 | 153.82 | 41.46 | 820.96 | 862.42 | | 5 | 0.03 | 1.85 | 1.87(监督区) | 3.77 | 94.67 | 98.45 | 26.54 | 525.41 | 551.95 | | 7 | 0.01 | 0.94 | 0.96 | 1.93 | 48.30 | 50.23 | 13.54 | 268.07 | 281.61 | | 10 | 0.01 | 0.46 | 0.47 | 0.94 | 23.67 | 24.61 | 6.63 | 131.35 | 137.99 | | 12 | 4.66E-03 | 0.32 | 0.33 | 0.66 | 16.44 | 17.09 | 4.61 | 91.22 | 95.82 | | 13 | 3.97E-03 | 0.27 | 0.28 | 0.56 | 14.00 | 14.56(控制区) | 3.93 | 77.72 | 81.65 | | 15 | 2.98E-03 | 0.21 | 0.21 | 0.42 | 10.52 | 10.94 | 2.95 | 58.38 | 61.33 | | 17 | 2.32E-03 | 0.16 | 0.16 | 0.33 | 8.19 | 8.52 | 2.30 | 45.45 | 47.75 | | 22 | 1.39E-03 | 0.10 | 0.10 | 0.19 | 4.89 | 5.09 | 1.37 | 27.14 | 28.51 | | 28 | 8.55E-04 | 0.06 | 0.06 | 0.12 | 3.02 | 3.14 | 0.85 | 16.75 | 17.60 | | 31 | 6.98E-04 | 0.05 | 0.05 | 0.10 | 2.46 | 2.56 | 0.69 | 13.67 | 14.36(控制区) | | 32 | 6.55E-04 | 0.05 | 0.05 | 0.09 | 2.31 | 2.40(监督区) | 0.65 | 12.83 | 13.48 | | 45 | 3.31E-04 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 1.17 | 1.22 | 0.33 | 6.49 | 6.81 | | 50 | 2.68E-04 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.95 | 0.98 | 0.27 | 5.25 | 5.52 | | 60 | 1.86E-04 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.66 | 0.68 | 0.18 | 3.65 | 3.83 | | 70 | 1.37E-04 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.48 | 0.50 | 0.14 | 2.68 | 2.82 | | 75 | 1.19E-04 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.42 | 0.44 | 0.12 | 2.34 | 2.45(监督区) |   4**、主射方向（桥下地面）计算结果**  X射线探伤机主射方向朝向桥面时，主射方向无防护（辐射工作人员位于非主射方向）。    图11-1 桥面探伤计算示意图  表11-6 本项目探伤机在桥下不同距离处的剂量率计算表（μSv/h）   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **R1** | **R3** | **H** | **XT1605定向X射线探伤机剂量率μSv/h** | **XT2505定向X射线探伤机剂量率μSv/h** | **XT3005定向X射线探伤机剂量率μSv/h** | | 4 | 1.37 | 3.76 | 103895.67 | 139848.44 | 116635.77 | | 5 | 1.71 | 4.70 | 66493.23 | 89503.00 | 74646.89 | | 6 | 2.05 | 5.64 | 46175.85 | 62154.86 | 51838.12 | | 7 | 2.39 | 6.58 | 33925.12 | 45664.80 | 38085.15 | | 8 | 2.74 | 7.52 | 25973.92 | 34962.11 | 29158.94 | | 10 | 3.42 | 9.40 | 16623.31 | 22375.75 | 18661.72 | | 13 | 4.45 | 12.22 | 9836.28 | 13240.09 | 11042.44 | | 14 | 4.79 | 13.16 | 8481.28 | 11416.20 | 9521.29 | | 15 | 5.13 | 14.10 | 7388.14 | 9944.78 | 8294.10 | | 18 | 6.16 | 16.91 | 5130.65 | 6906.10 | 5759.79 | | 25 | 8.55 | 23.49 | 2659.73 | 3580.12 | 2985.88 | | 45 | 15.39 | 42.29 | 820.90 | 1104.98 | 921.57 | | 47 | 16.07 | 44.17 | 752.53 | 1012.94 | 844.80 | | 60 | 20.52 | 56.38 | 461.76 | 621.55 | 518.38 | | 90 | 30.78 | 84.57 | 205.23 | 276.24 | 230.39 | | 100 | 34.20 | 93.97 | 166.23 | 223.76 | 186.62 | | 115 | 39.33 | 108.06 | 125.70 | 169.19 | 141.11 | | 120 | 41.04 | 112.76 | 115.44 | 155.39 | 129.60 | | 150 | 51.30 | 140.95 | 73.88 | 99.45 | 82.94 | | 250 | 85.50 | 234.92 | 26.60 | 35.80 | 29.86 | | 332 | 113.55 | 311.98 | 15.08 | 20.30 | 16.93 | | 333 | 113.89 | 312.92 | 14.99（控制区） | 20.18 | 16.83 | | 350 | 119.71 | 328.89 | 13.57 | 18.27 | 15.23 | | 353 | 120.73 | 331.71 | 13.34 | 17.96 | 14.98（控制区） | | 390 | 133.39 | 366.48 | 10.93 | 14.71（控制区） | 12.27 | | 500 | 171.01 | 469.85 | 6.65 | 8.95 | 7.46 | | 700 | 239.41 | 657.78 | 3.39 | 4.57 | 3.81 | | 816 | 279.09 | 766.79 | 2.50 | 3.36 | 2.80 | | 817 | 279.43 | 767.73 | 2.49（监督区） | 3.35 | 2.80 | | 850 | 290.72 | 798.74 | 2.30 | 3.10 | 2.58 | | 865 | 295.85 | 812.83 | 2.22 | 2.99 | 2.49（监督区） | | 900 | 307.82 | 845.72 | 2.05 | 2.76 | 2.30 | | 950 | 324.92 | 892.71 | 1.84 | 2.48（监督区） | 2.07 |   **5、理论计算结果**  本项目野外（室外）探伤是根据探伤对象材料及厚度等实际情况选用相应的探伤机，且每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作，将野外（室外）探伤作业设备的相关参数带入公式（1）～（5），可估算出不同管电压条件下探伤机探伤时  控制区和监督区的边界范围，具体见表11-7。  **表**11-7 **本项目野外（室外）探伤控制区与监督区边界范围估算结果表**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **探伤机型号** | **射线类型** | **控制区范围（**m**）** | **监督区范围（**m**）** | | XT1605D定向X射线探伤机 | 主射方向（10mm铅当量铅屏风屏蔽） | 6 | 6~14 | | 非主射方向（5mm铅当量铅屏风屏蔽） | 2 | 2~5 | | 主射方向（桥下，无防护） | 114 | 114~280 | | XXH2005C周向X射线探伤机 | 各方向（10mm铅当量铅屏风屏蔽） | 6 | 6~14 | | XT2505C周向X射线探伤机 | 各方向（10mm铅当量铅屏风屏蔽） | 8 | 8～18 | | XT2505D定向X射线探伤机 | 主射方向（10mm铅当量铅屏风屏蔽） | 8 | 8～18 | | 非主射方向（5mm铅当量铅屏风屏蔽） | 13 | 13～32 | | 主射方向（桥下，无防护） | 134 | 134～325 | | XT3005D定向X射线探伤机 | 主射方向（10mm铅当量铅屏风屏蔽） | 47 | 47～115 | | 非主射方向（5mm铅当量铅屏风屏蔽） | 31 | 31～75 | | 主射方向（桥下，无防护） | 121 | 121～296 |   **为方便管理，控制区、监督区一般呈矩形划定。**  本项目使用5种型号的探伤机，根据不同的任务需求，探伤作业时会使用到不同的设备，因此，本项目控制区、监督区的划分根据不同设备分别进行划定探伤作业实施，计算时，均采用设备的最大输出参数，但实际使用时最大管电压一般低于设备额定参数，及实际桥梁高度低于理论计算值，因此，本项目理论计算结果划定的控制区、监督区相对保守，在实际探伤作业时，可结合理论计算结果并根据现场实际情况进行巡测后对控制区及监督区的划定。  **三、人员所受辐射剂量估算与评价**  根据潘自强主编的《电离辐射环境监测与评价》第3.3.3节（P51页）在有效剂量估算时，可以直接使用测量结果，不用进行系数转化。因此X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量按下列公式估算：个人年有效剂量估算按下列公式进行计算：  He=H×t×10-3  其中：He为年有效剂量，mSv/a；  H为X-γ辐射周围剂量当量率，µSv/h；  t—年受照时间，h/a；  10-3为µSv到mSv的转换系数。  **（**1**）操作人员**  本项目进行野外（室外）探伤作业时，操作人员位于探伤机侧面，处于非主射方向，位于控制区边界线，控制区警戒线处有效剂量率为0.015mSv/h，本项目每组工作人员探伤时2人控制区边界外警戒和进行操作探伤，2人在监督区边界观察巡测等，实行轮换制度，因此保守按一组工作人员每年探伤工作时间总计375h，控制区边界工作人员每年探伤工作时间为187.5h，居留因子取1计算，得出控制区边界警戒人员受照射的年附加有效剂量约为2.813mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值5mSv/a的要求。  **（**2**）公众**  本项目探伤时，公众位于监督区警戒线外，警戒线处有效剂量率为0.0025mSv/h，本项目按5台探伤机每年累计曝光时间750h计算，公众居留因子保守取1/16，得出监督区边界公众受照射的年附加有效剂量为0.12mSv/a，低于本次评价确定的剂量约束值0.25mSv/a的要求。  以上人员所受辐射剂量均按保守最大受照射情况估算，而在实际工作中，人员所受辐射剂量远低于估算值。  **四、非辐射环境影响分析**  **1、废气对周围环境的影响分析**  本项目X射线探伤储存时不产生废气，只有在曝光过程中会产生有害气体臭氧和氮氧化物，本项目探伤不涉及室内探伤，探伤工作地点周围一般为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧和氮氧化物经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。  **2、废水对周围环境的影响分析**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活污水。  **3、固体废物对周围环境的影响分析**  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活垃圾；运营期产生的固废主要为洗片过程中产生的废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物，废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物产生后暂存于危废间内，定期（处置周期为一年）经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。  **4、噪声对周围环境的影响分析**  本项目X射线机不使用时存放在公司一层设备室内，不产生噪声；使用时几乎不产生噪音，监督区边界的警示灯声音随着探伤结束而停止，一般探伤现场野外（室外）环境相对开阔，对周围声环境基本无影响。  **5、危险废物**  本项目产生的废显影液约100kg/a、定影液约100kg/a，废胶片约800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（2025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。其显影废液主要成分为无水亚硫酸钠、碳酸钠（Na2CO3），定影废液主要成分为溴化钾、无水亚硫酸纳；废胶片主要成分为卤化银。产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的、设置了危险识别标志的容器进行收集贮存，公司已与有危废处理资质的承德双然环保科技有限公司签订危废收集协议，在探伤过程中产生的所有危险废物暂存于危废间，定期经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。  废显影液、定影液不得外排，废胶片不得作为一般固体废物处理。产生的废显影液、定影液采用未破损的密封桶包装，包装桶的材质为能够完全防渗漏的钢、铁和高密度塑料，选用的包装容器不能与所装的废显、定影液发生化学反应，所装废显、定影液的液面须距桶盖10cm，桶重量不能超过50kg。废胶片可用中度强度以上的不破损的塑料编制袋进行包装，装袋完毕，封口严实，每袋重量不超过50kg。应在废显、定影液和废胶片的包装物上粘贴包括“危废标识和危废类别、存放时间、责任人及处置单位”等相关信息标签，并醒目显示收集废液的名称。废液收集桶及废胶片暂存柜放置地点应做好防渗、防水、防傾倒、防腐等工作，防止泄漏后造成二次污染，严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2023）中要求：①产生的废显影液、定影液及废胶片需用专用的容器进行收集贮存，存放容器及暂存间应当设置危险识别标志；②禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装，不相容的危险废物必须分开存放，并设有隔离间隔断；③危险废物贮存容器：应当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，容器必须完好无损，盛装容器的材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）；④危险废物暂存间地面与裙脚要用坚固、防渗的材料 建造（建筑材料必须与危险废物相容），必须有耐腐蚀的硬化地面，且表面无裂隙，暂存间要有安全照明设施和观察窗口；⑤设计堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚所围建的容积不低于堵截最大容器的最大储量。  公司需加强废显定影液、废胶片的产生、贮存、转运、处置等环节的管理，由专人负责管理，建立完整的台帐，对产生的数量和去向进行严格登记，填报危废转移联单。  **射线装置报废处理：**按照国务院449号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第33条要求“报废的射线装置应去功能化处理”和《河北省辐射污染防治条例》要求“射线装置在报废处置时，使用单位应当对射线装置内的高压射线管进行拆解和去功能化”。本项目涉及的X射线探伤机若今后需要报废，必须进行去功能化处理（如将探伤机高压射线管进行拆卸并破碎处理，同时将探伤机的电源线绞断），使探伤机不能正常通电，防止二次通电使用，造成误照射。 |
| **事故影响分析**  **一、事故风险识别**  本项目所用探伤机属Ⅱ类射线装置，其风险因子为X射线，按照国务院449号令第四十条关于事故的分级原则现将项目的风险物质、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**   |  |  | | --- | --- | | 事故等级 | 事故情形 | | 特别重大辐射事故 | Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。 | | 重大辐射事故 | Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2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。 | | 较大辐射事故 | Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。 | | 一般辐射事故 | Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。 |   根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）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（表11-9）：  **表**11-9 **急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 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 |   **二、事故风险分析**  本项目中的X射线探伤机属于Ⅱ类射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。  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射线超剂量照射，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情景如下：  ①在进行现场清场工作时，未清场干净，造成公众滞留在辐射工作场所，进行开机作业时，造成公众被误照射。  ②在现场探伤作业时，铅屏风未架设稳定而出现偏移，辐射工作人员误入或滞留于控制区内，周围公众意外进入监督区内。  ③在现场探伤作业时，辐射工作人员在有铅屏蔽的情况下，辐射工作人员误入或滞留于控制区内，周围公众意外进入监督区内（有铅屏风）。  ④探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；  ⑤操作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；  ⑥X射线机被盗，使X射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命。  ⑦现场探伤时，现场控制区和监督区划分不合理，探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测，对辐射工作人员和公众造成超剂量的照射。  根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故，即X射线探伤机以最大工况运行时，无屏蔽防护遮挡且无防护，主射方向上造成职业人员及公众被误照射。  **三、辐射事故影响分析**  假定在事故情况下，X射线直接照射到人员，人员受到的有效剂量与探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量有关，在空气中探伤机产生的初级射线束造成的空气吸收剂量可用下式计算：  *D =IδX/ r2*…… …………（式 6）  式中： D：空气吸收剂量率，mGy.min-1；  I：管电流，mA；本项目取5mA；  δX：距辐射源点（靶点）1m处输出量；  r：参考点距X射线管靶点的距离，m。  人员受到的有效剂量可用下式计算：  E =D•∑WT •∑WR ………………（式 7）  式中：  E：人员受到的有效剂量率，mSv·min-1；  WT：组织权重因数，全身为1；  WR：辐射权因数，X射线为1。  野外（室外）探伤时，当发生辐射事故时候，相关人员可以立即通过切断探伤机电源，根据探伤要求，单次探伤最长开机曝光时间为5min，曝光结束后，系统将自动切断高压，本次按最不利情况开机曝光5min来计算，辐射事故受照射剂量计算结果见表11-10。  **表**11-10 **事故情况下受到的剂量估算结果（无铅屏风）**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 探伤机型号 | 与X射线探伤机的距离（m） | 受照剂量（mSv） | | | | | | | 0.5min | 1min | 2min | 3min | 4min | 5min | | XT1605D型定向X射线探伤机/XXH2005C周向X射线探伤机 | 1 | 71.75 | 143.50 | 287.00 | 430.50 | 574.00 | 717.50 | | 5 | 2.87 | 5.74 | 11.48 | 17.22 | 22.96 | 28.70 | | 10 | 0.72 | 1.44 | 2.87 | 4.31 | 5.74 | 7.18 | | 20 | 0.18 | 0.36 | 0.72 | 1.08 | 1.44 | 1.79 | | 30 | 0.08 | 0.16 | 0.32 | 0.48 | 0.64 | 0.80 | | XT2505C型定向（/周向）X射线探伤机 | 1 | 41.25 | 82.50 | 165.00 | 247.50 | 330.00 | 412.50 | | 5 | 1.65 | 3.30 | 6.60 | 9.90 | 13.20 | 16.50 | | 10 | 0.41 | 0.83 | 1.65 | 2.48 | 3 32 | 4.15 | | 20 | 0.10 | 0.21 | 0.41 | 0.62 | 0.84 | 1.05 | | 30 | 0.05 | 0.92 | 0.18 | 0.28 | 3.68 | 4.60 | | XT3005D型定向X射线探伤机 | 1 | 52.25 | 104.50 | 209.00 | 313.50 | 418.00 | 522.50 | | 5 | 2.09 | 4.18 | 8.36 | 12.54 | 16.72 | 20.90 | | 10 | 0.52 | 1.04 | 2.09 | 3.14 | 4.16 | 5.20 | | 20 | 0.13 | 0.26 | 0.52 | 0.78 | 1.04 | 1.30 | | 30 | 0.06 | 0.12 | 0.23 | 0.35 | 0.48 | 0.60 |   2.辐射事故影响综合分析  **根据上述事故情况分析，本次评价事故分析考虑最大可信事故，即**X**射线探伤机被误开机，无屏蔽防护遮挡且无防护，主射方向上造成职业人员及公众被误照射。**根据计算可知，本项目野外（室外）探伤最大可能受照剂量为717.50mSv/次，高于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业人员20mSv/a的剂量限值，亦超过公众1mSv/a的剂量限值，结合表11-9、11-10可知，会构成一般辐射事故。但随着时间推移，若人员未及时撤离或采取相应措施，人员受照剂量将不断累加，以至于可能构成较大甚至于更高的辐射事故等级。  根据上述情况及其危害结果，结合分析，若本项目发生辐射事故，最大可能为**一般辐射事故**。本项目射线装置一旦发生辐射事故，应立即切断电源，停止射线装置。建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，杜绝此类事故发生。  **四、事故风险预防措施及应急预案**  为杜绝上述辐射事故的发生，建设单位需严格执行以下风险预防措施：  1、要求定期对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和检查，完善各项管理制度，并严格执行。  2、室外探伤时需严格执行《工业探伤放射防护要求》（GBZ 117-2022）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。定期对探伤机进行维护，现场探伤时，先进行清场，控制区边界悬挂“禁止进入X射线区”警告牌、监督区边界设置“无关人员禁止入内”警告牌、设置专人警戒巡逻。并在控制区边界设置“预备”和“照射”状态的工作信号灯。  3、建设单位所有辐射工作人员均进行专业培训，并加强管理，禁止未经过培训的操作人员操作X射线机。（学习网站为<http://fushe.mee.gov.cn/>）  4、加强对X射线机在贮存、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失。当发生X射线意外事故，应立即关机断电，启动应急预案，同时估计事故剂量，据此判断是否实施医学监护，对可能受辐射损伤的人员立即采取救护措施。设备检测时，必须先切断电源，然后按规定程序对设备进行检测。要求探伤机操作人员遵守相关操作规程，严格细致的开展工作，杜绝事故的发生。  5、加强辐射安全管理，建设单位已成立了辐射安全与环境保护管理领导小组（见附件），负责全单位辐射防护工作的监督、监测、检查、指导和管理；负责收集、整理、分析全单位辐射防护的有关资料，掌握辐射防护的发展趋势，及时制定并采取防护措施；督促各有关人员采取有效的防护措施，合理使用个人防护用品，遵守个人防护守则，使个人辐射剂量保持在最低水平，并对放射工作人员建立健康档案，负责辐射防护的培训、咨询及技术指导。 |

**表12 辐射安全管理**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **辐射安全与环境保护管理机构的设置**  **1、环境管理机构**  为了贯彻执行国家放射性污染防治的法律法规，落实国家生态环境部颁布的有关辐射安全管理文件精神，加强单位辐射安全管理工作，强化责任意识、安全意识，建设单位于2024年12月成立了辐射安全与防护管理领导小组（附件2），明确辐射防护与安全管理领导小组的人员及职责，机构设置如下：  组长：袁和新  副组长：石立威  组员：孙国庆、杨非、王然、魏鑫、卢宁、丛上棋  为进一步加强单位管理，提出以下建议：  ①认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并 检查监督实施；  ②负责单位辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；  ③检查单位的环保设施，对单位使用X射线探伤机的安全防护情况进行年度评估； ④实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；  ⑤定期向生态环境主管部门报告辐射安全相关工作，接受监督检查和指导。  **2、“三同时”竣工验收**  建设项目需要配套建设的环境保护设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。建设项目“三同时”验收内容和要求见表12-1。  **表12-1 本项目验收内容及要求**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **项目** | **验收内容及要求** | | | 剂量限值 | 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员每年所受到的有效剂量不超过20mSv，关键人群组的公众成员每年所接受的平均有效剂量不超过1mSv作为评价标准；本项目职业人员的剂量约束值为5mSv/a，公众成员的剂量约束值为0.25mSv/a。 | | | 警告标识 | 作业公告牌、安全信息公示牌（面积应不小于2m2） | 至少1个 | | 电离辐射警告标志若干、现场警示标志若干、安全警示线若干 | 至少1套 | | 通讯设施 | 大功率喊话器 | 1个 | | 对讲机 | 3个 | | 个人防护用品 | 个人剂量计 | 8套 | | 个人剂量报警仪 | 4个 | | 个人防护用品（如铅衣、铅帽和铅眼镜等） | 2套 | | 监测仪器 | 便携式X-γ射剂量监测仪 | 1台 | | 安全装置 | 控制台钥匙控制、控制台紧急停机按钮（设备自带） | 2套 | | 声光报警装置若干 | 1套 | | 移动式铅屏风（4个10mmPb铅屏风+4个5mmPb铅屏风） | 8个 | | 辐射安全 | 辐射安全培训及考核 | / | | 设备室监控 | 1套 | | 废物处置 | 废显、定影液及废胶片处理 | / | | 设备维护 | 定期对设备进行检修、维护，及时更换零部件 | / | | 应急预案 | 应急和救助的资金、物资准备 | / | | 规章制度 | 各项管理规章制度得到落实，记录完备，制度成册或上墙。 | / | |
| **从事放射性同位素与射线装置的能力分析**  依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正版）生态环境部令第7号第十六条规定和中华人民共和国国务院令第709号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年3月2日），该公司使用射线装置应具备相应的条件，详情见表12-2。  **表12-2 公司从事辐射活动能力分析表**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **应具备条件** | **落实情况** | **符合性** | | 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，或者至少有一名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。 | 成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。 | 符合 | | 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。 | 制定了培训计划，公司安排辐射工作人员参加辐射安全上岗的培训和考核。 | 符合 | | 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。 | 配备X-γ辐射剂量率仪1台，个人剂量计1套/人，个人剂量报警仪8台。 | 符合 | | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。 | 各项制度已制定，各类人员职责明确，并不断健全完善。 | 符合 | | 有完善的辐射事故应急措施。 | 已制定辐射事故应急预案，并成立辐射事故应急领导小组。 | 符合 | | 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。 | 本项目在运行过程中产生的废气主要为臭氧及少量氮氧化物，经自然分解和稀释，不会对环境场所影响。无放射性废气、废液。若所存放的射线装置长期计划退役或停止使用，按相关规定将射线装置交由有资质的单位代为处置。 | 符合 |   《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环保部第18号令，2011年04月18日，对购置射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“环保部18号令”要求的对照检查如表12-3所示。  **表12-3 项目执行“环保部18号令”要求对照表**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **序号** | **安全和防护管理办法要求** | **落实情况** | **符合情况** | | 1 | 第五条  生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。 | 辐射工作场所设计有辐射防护措施和安全联锁系统，能够防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。相关场所明显位置处设电离辐射警告标志。 | 符合 | | 3 | 第九条  生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。 | 委托有辐射水平监测资质单位每年跟随对现场辐射工作场所及其周围环境进行1次监测。 | 符合 | | 4 | 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状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。 | 承诺每年1月31日前向生态环境管理部门提交年度评估报告。 | 符合 | | 5 | 第十七条  生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。 | 本项目辐射工作人员拟安排参加辐射安全培训，掌握辐射防护的相关知识。 | 符合 | | 6 | 第二十三条  生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。 | 将为所从事辐射工作的人员配备个人剂量计，并委托有资质单位进行个人剂量监测（每季度1次）。 | 符合 | | 7 | 第二十四条  生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量监测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量监测。 | 拟委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测。 | 符合 | |
| **辐射安全管理规章制度**  为了加强辐射安全和防护管理，公司制定了辐射安全管理制度：《辐射安全与环境保护管理机构制度》、《X射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射安全与防护保卫制度》、《设备检修与维护制度》、《X射线机使用登记制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射工作人员培训管理制度》、《个人剂量监测制度》、《辐射监测方案》、《辐射工作安全责任制度》和《辐射事故应急预案》等规章制度。 |
| **辐射监测**  辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量检测。  **一、工作场所监测**  1、年度监测：委托有资质的单位跟随现场对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。  2、日常自我监测：每次野外（室外）探伤作业时自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案。  （1）单位自我监测建设单位定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备案。建设单位可以购买便携式辐射监测仪自行监测，也可以委托有资质的单位跟随现场对辐射工作场所进行监测。  （2）监测内容和要求  1）监测内容：X-γ空气吸收剂量率。  2）监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表12-4）或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。  **表**12-4 **工作场所监测计划建议**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 场所 | 监测项目 | 监测周期 | 监测点位 | | 野外（室外）探伤场所 | X-γ空气吸收剂量率 | 年度监测委托有资质的单位跟随现场进行监测，周期为1次/年；每次野外（室外）探伤作业自行开展辐射监测 | 野外（室外）探伤控制区、监督区边界以及探伤操作人员位，同时对于邻近监督区边界外经常有人员活动区域 |   3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境。  4）监测质量保证  ①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；也可到有资质的单位对监测仪器进行校核；  ②采用国家颁布的标准方法或推荐方法，其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法；  ③制定辐射环境监测管理制度和方案。  **二、个人剂量检测**  个人监测主要是利用个人剂量计进行外照射个人累积剂量监测，每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期为1次/季。  （1）当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，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。检测报告及有关调查报告应存档备查。  （2）个人剂量检测报告（连续四个季度）应当连同年度监测报告一起作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。  （3）根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019），辐射主要来自前方，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般左胸前。  （4）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。建设单位应当将个人剂量档案保存终身。  **三、场所及环境辐射监测**  建设单位应委托有资质的单位定期（每年常规监测一次）对设备使用场所及周围环境进行辐射监测，并建立监测技术档案。  监测方案要求：  （1）监测范围：监督区边界、控制区边界、操作位。  （2）监测项目、频次、仪器：监测X-γ辐射剂量率，每年一次，使用的仪器应与本项目源项特征相适应（由监测机构负责）。  （3）监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存。  此外，公司应加强自行监测，并做好记录。  **四、应急监测**  在出现异常情况时应立即启动应急预案，采用应急措施，并立即向当地生态环境主管部门、公安部门、卫生主管部门报告，进行现场监测。  **五、年度监测报告情况**  建设单位应于每年1月31日前向发证机关提交上年度的《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》，近一年（四个季度）个人剂量检测报告和辐射工作场所年度监测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。建设单位应按照《河北省核技术利用辐射安全监督检查大纲》规定的格式编写《安全和防护状况年度评估报告》。建设单位必须在“全国核技术利用辐射安全申报系统”(网址 http://rr.mee.gov.cn/)中实施申报登记。延续、变更许可证，新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。 |
| **辐射事故应急预案及演练**  辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。  辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。  （1）事故报告程序  一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》在事故发生后2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向市、县生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫健委部门报告。  （2）辐射事故应急措施  事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：  ①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。  ②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。  ③现场处置任务的工作人员应佩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。  公司制定有《辐射事故应急预案》，设有辐射事故应急领导小组，总经理为组长，副总经理为副组长，综合办公室人员为成员，每年进行一次演练。在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合单位实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。 |

**表13 结论和建议**

|  |
| --- |
| **结论**  **1、建设项目概况**  项目名称：承德中天建设工程检测试验有限公司新建X射线野外（室外）探伤项目。  建设性质：新建。  建设地点：项目位于承德中天建设工程检测试验有限公司现有厂区内；探伤地点不固定，全国范围野外（室外）。  评价内容及规模为：  建设单位购置1台XT1605D型定向X射线探伤机、1台XXH2005C型周向X射线探伤机、1台XT2505C型周向X射线探伤机、1台XT2505D型定向X射线探伤机和1台XT3005D型定向X射线探伤机，进行野外（室外）探伤作业，均属Ⅱ类射线装置。未进行野外（室外）探伤作业时，探伤机存放在公司一层设备室内。本项目探伤机仅进行野外（室外）探伤作业使用，不涉及室内探伤，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。其中XT1605D型X射线探伤机年探伤次数约2000次；XXH2005C型X射线探伤机年探伤次数约2000次；XT2505C型探伤机年探伤次数约2000次，XT2505D型探伤机年探伤次数约2000次；XT3005D型X射线探伤机年探伤次数约1000次，每次最大曝光时间均为5min，该5台探伤机年野外（室外）探伤曝光时间总计最大约750h。  **2、本项目产业政策符合性分析**  本项目系核与辐射技术用于工业检测领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会制定的《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会第7号令，2024年2月1日起施行）规定，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第1条“质量认证和检验检测服务”，符合国家现行产业发展政策；本项目也不在《市场准入负面清单》(2022年)之列。  **3、项目的“正当性”**  本项目拟开展X射线野外探伤工作，具有良好的社会效益和经济效益。本项目采用的辐射防护措施能够保证屏蔽体外剂量率和人员受照水平控制在标准范围内，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求。  **4、主要污染因子及防治措施**  探伤室在X射线探伤时主要放射性污染为X射线，通过完善屏蔽措施，严格进行分区管理等防护措施来降低辐射对人的危害。  **5、辐射安全管理措施**  按有关法律、法规规定并根据射线装置的贮存与使用情况，承德中天建设工程检测试验有限公司成立了辐射安全防护管理机构，指导、监督、检查射线装置的贮存和使用情况，制定相关的管理制度，针对可能发生的辐射事故，并制定了辐射事故应急预案。  **6、辐射环境影响评价**  1、施工期环境影响分析  本项目野外（室外）探伤不存在施工期。  2、营运期环境影响分析  （1）电离环境影响  本项目X射线机不使用时存放在公司一层设备室内，对周围环境无影响；探伤机在正常运行工况下，所致工作人员最大年有效剂量值为2.813mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中相应“管理限值”的要求，满足5.0mSv/a的剂量约束限值；所致公众最大年有效剂量值为0.12mSv，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求符合本次评价职业照射年剂量管理约束值要求（0.25mSv），满足0.25mSv/a的剂量约束限值。  （2）大气环境影响  本项目X射线探伤储存时不产生废气，只有在曝光过程中会产生有害气体臭氧和氮氧化物，本项目探伤不涉及室内探伤，探伤工作地点周围一般为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧和氮氧化物经自然分解和稀释后，对周围大气环境的影响较小。  （3）水环境影响  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活污水。  （4）固体废物。  本项目工作人员由公司原有人员调剂使用，不新增工作人员，不新增生活垃圾。  （5）危险废物  运营期产生的固废主要为洗片过程中产生的废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物，废显影液、废定影液（含冲洗废水）、废胶片等危险废物产生后暂存于危废间内，公司已与有危废处理资质的承德双然环保科技有限公司签订危废收集协议，在探伤过程中产生的所有危险废物暂存于危废间，定期经承德双然环保科技有限公司收集后交由有危废处理资质的万德斯(唐山曹妃甸)环保科技有限公司处置。  （6）噪声  本项目X射线机不使用时存放在公司一层设备室内，不产生噪声；使用时几乎不产生噪音，监督区边界的警示灯声音随着探伤结束而停止，一般探伤现场野外（室外）环境相对开阔，对周围声环境基本无影响。  **7、项目可行性**  公司拟开展的核技术利用项目实践正当，环境影响较小，在切实落实本报告表中规定的安全、环保措施及各项规章制度后，从辐射安全和环境保护的角度考虑，**“承德中天建设工程检测试验有限公司新建X射线野外（室外）探伤项目”**是可行的。 |
| **建议**  1、公司加强对操作人员的培训，做到全员持证上岗和每四年一次的再培训。定期进 行辐射工作场所的检查及监测，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响。  2、认真落实环评提出的管理措施和辐射防护措施要求，完善管理制度。  3、公司应按照国家关于个人健康管理的规定，对辐射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射记录。公司同时应按照国家关于个人剂量监测的规定，对辐射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量档案。  4、开展落实制定监测计划，开展日常监测工作，并对监测结果进行存档，公司应做好职业工作人员的个人剂量监测和健康查体，并建立健全辐射防护工作档案。发现个人剂量监测结果超出剂量约束值的，应当立即核实和调查，必要时将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。对于有可能超出剂量约束值的，应加强个人防护，并进行跟踪调查，采取轮岗工作，必要时停止一线工作。  5、明确辐射防护小组中各管理人员的责任，在事故工况下严格按照《辐射事故应急预案》进行处理。 |

**表14 审批**

|  |
| --- |
| **下一级生态环境部门预审意见：**  **公 章**  **经办人**  **年 月 日** |
| **审批意见：**  **公 章**  **经办人**  **年 月 日** |