

核技术利用建设项目

北京航天京测工程有限公司榆林分公司
X 射线现场探伤项目

环境影响报告表

建设单位：北京航天京测工程有限公司榆林分公司（盖章）

评价单位：核工业二〇三研究所

编制时间：2024 年 10 月



目录

表 1 项目基本情况	1
1.1 项目由来	1
1.2 编制目的	2
1.3 核技术利用项目回顾.....	2
1.4 本次环评项目概况.....	2
1.5 项目组成及射线装置参数.....	3
1.6 项目工作场所	4
1.7 工作人员配备及工作制度.....	4
1.8 主要原辅材料	5
1.9 产业政策符合性.....	6
1.10 项目实践正当性分析.....	7
1.11 危废贮存库选址环境合理性分析.....	7
表 2 放射源	9
表 3 非密封放射性物质	9
表 4 射线装置	10
表 5 废弃物	11
表 6 评价依据	12
6.1 法律、法规依据	12
6.2 技术标准	13
6.3 其它	13
表 7 保护目标与评价标准	14
7.1 评价范围	14
7.2 保护目标	14
7.3 评价标准	14
表 8 环境质量和环境现状	22
8.1 项目所在区域辐射环境现状.....	22
8.2 辐射环境现状评价	22
表 9 项目工程分析与源项	23
9.1 工程设备及工艺分析.....	23
9.1.1 工作原理	23
9.1.2 X 射线探伤机.....	23
9.1.3 操作流程及产污环节.....	24
9.2 污染源项描述	27
表 10 辐射安全与防护	30
10.1 项目安全设施	30
10.1.1 工作场所布局	30
10.1.2 设备安全分析	33
10.1.3 拟采取的安全防护措施.....	34
10.1.4 需采取的安全管理措施.....	34
10.1.5 其他辐射安全管理措施.....	35
10.2 三废的治理	36
表 11 环境影响分析	37
11.1 建设阶段对环境的影响.....	37

11.2 运行阶段对环境的影响.....	37
11.2.1 有用线束辐射剂量率估算.....	38
11.2.2 非有用线束辐射剂量率估算.....	39
11.2.3 X 射线现场探伤环境影响分析.....	42
11.2.4 个人年附加有效剂量估算.....	43
11.2.5 大气环境影响分析.....	43
11.2.6 水环境影响分析.....	44
11.2.7 固体废物影响分析.....	44
11.2.8 放射性废物影响分析.....	45
11.3 事故影响分析.....	45
表 12 辐射安全管理.....	50
12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置.....	50
12.2 人员培训及档案管理.....	52
12.3 从事辐射活动能力评价.....	53
12.3 辐射监测.....	54
12.4 辐射事故应急.....	55
12.5 环保投资和环保验收.....	56
表 13 结论与建议.....	60
13.1 结论.....	60
13.2 建议与要求.....	61

附件 1 委托书

附件 2 报告公示截图及公开说明

附件 3 现状监测报告说明

附件 4 租赁合同及相关文件

附件 5 市场主体环境信息承诺书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		北京航天京测工程有限公司榆林分公司 X 射线现场探伤项目			
建设单位		北京航天京测工程有限公司榆林分公司			
法人代表	杜秀源	联系人	高丽	联系电话	15319667872
注册地址		陕西省榆林市榆阳区刘官寨村 210 国道西 441 号			
项目建设地点		陕西省行政区内开展现场无损检测，无固定场所			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）	60	项目环保投资（万元）	13	投资比例（环保投资/总投资）	21.7%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	100
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其它					
<p>1.1 项目由来</p> <p>北京航天京测工程有限公司榆林分公司成立于 2024 年 06 月 07 日，是一家从事技术服务，技术开发，技术咨询等业务的公司，目前公司涉及业务领域有石油、煤化工装置、石油天然气管道、航天、航空、电力、热力、军工、机械等行业的特种设备定期检验和无损检测业务。</p> <p>根据建设单位提供的资料，项目主要对管道焊缝进行无损检测，此部分材料均为钢材。由于管道焊接完成后才能对管道焊缝进行无损探伤，此时，管道位于地面，管道长度较长且移动不便，无法放入探伤室进行检测，同时项目场地具有不固定性等特点，因此北京航天京测工程有限公司榆林分公司决定建设 X 射线现场探伤项目。</p> <p>本项目建设内容为：北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟购置 2 台 X 射线探伤机用于现场无损检测，在无检测工作时 X 射线探伤机存放于仪器设备室内，需开展现场探伤时将探伤机运送至指定地点；本项目作业场所主要为需要开展无损检测的场所。洗片工序在公司洗片暗室完成，产生的危险废物暂存于公司危废贮存库内。</p>					

根据《射线装置分类》（公告 2017 第 66 号），工业用 X 射线探伤装置（工业用 X 射线探伤装置分为自屏蔽式 X 射线探伤装置和其他工业用 X 射线探伤装置，后者包括固定式 X 射线探伤系统、便携式 X 射线探伤机、移动式 X 射线探伤装置和 X 射线照相仪等利用 X 射线进行无损探伤检测的装置）属于 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）相关规定，本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响评价报告表。为此，2024 年 8 月北京航天京测工程有限公司榆林分公司正式委托核工业二〇三研究所对该项目进行环境影响评价工作。接受委托后，核工业二〇三研究所即组织工程专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《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），编制了该项目环境影响报告表。

1.2 编制目的

- （1）对拟建项目的辐射防护设施进行评价、预测并论证其可行性。
- （2）为建设单位改进和完善辐射防护设计、安全防护措施和辐射管理提供建议，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。
- （3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定，为生态环境主管部门和单位的辐射环境保护管理提供科学依据。

1.3 核技术利用项目回顾

本项目为建设单位首次开展的核技术利用项目。

1.4 本次环评项目概况

1.4.1 项目简况

项目全称：北京航天京测工程有限公司榆林分公司 X 射线现场探伤项目

建设地点：陕西省行政区内开展现场无损检测，无固定场所

建设内容：拟购置 2 台 X 射线探伤机用于现场无损检测

1.4.2 交通地理位置

北京航天京测工程有限公司榆林分公司位于榆林市榆阳区刘官寨村 210 国道西 441 号，东临榆林大道和榆蓝高速，所在位置较为便利，地理坐标为北纬 38.1831855°，东经 109.7727143°。

本项目涉及的设备室、暗室及危废贮存库等辅助用房位于公司生产区（租赁刘官寨村阳光嘉苑单元房，门牌号 195 号），地理坐标为北纬 38.1788351°，东经 109.7826394°。具体交通地理位置见图 1-1。



图 1-1 交通地理位置图

1.4.3 周边环境关系

公司生产区（洗片暗室、评片室、设备室及危废贮存库等辅助用房）位于租赁的刘官寨村阳光嘉苑单元房内，所在单元房为三层楼房，公司生产区位于一层东户，一层西户为居民房，楼上二层、三层均为居民房，公司生产区东侧为空地，其余三侧均为居民区。其四邻关系图见图 1-2。

1.4.4 项目涉及辅助用房平面布局

北京航天京测工程有限公司榆林分公司生产区设置设备室、评片室、暗室、危废贮存库等辅助用房。项目涉及辅助用房平面布局图见图 1-3 所示。

1.5 项目组成及射线装置参数

本项目具体组成情况见表 1.5-1，射线装置技术参数见表 1.5-2，项目原辅材料情况见表 1.5-3。

表 1.5-1 项目组成一览表

名称	项目建设内容及规模	
主体工程	购置 1 台定向 X 射线探伤机和 1 台周向 X 射线探伤机	
辅助工程	洗片暗室	砖混结构, 建筑面积 16.8m ² 采用自动洗片机进行洗片
	设备室	砖混结构, 建筑面积 12.8m ² , 主要用于存放 X 射线探伤机和涉及的设备和防护设施
	评片室、办公区	砖混结构, 建筑面积 33.28m ² , 主要用于讨论学习拍片技术、培训相关技术相关会议、存放资料、办公
	危废贮存库	砖混结构, 建筑面积 14.4m ² , 用于危废暂存
公用工程	给水	本项目不设员工宿舍, 少量饮用水采用桶装纯净水
	排水	由污水管道排入市政污水管网
	供暖	天然气供暖
	制冷	空调制冷
环保工程	生活污水	排入市政污水管网
	生活垃圾	生活垃圾进行分类收集后, 统一纳入当地垃圾清运系统
	危险废物	废显(定)影液、洗片废水和废胶片使用专用容器分类收集, 暂存于危废贮存库内, 最终交由有资质单位处置

表 1.5-2 射线装置主要技术参数一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类型
1	便携式 X 射线探伤机	II类	1 套	XXG3005C	300	5	周向
2	便携式 X 射线探伤机	II类	1 套	XXQ2005	200	5	定向

1.6 项目工作场所

本项目主要作业场所为陕西省行政区内需要开展无损检测的场所。

根据《陕西省放射性污染防治条例(2019年修正)》中“第十七条 跨设区的市行政区划转移使用放射性同位素和射线装置的单位, 应当于活动实施前、结束后十日内, 向转出地和转入地设区的市生态环境行政主管部门分别办理登记、注销手续”。因此, 企业若需要在榆林市行政区以外进行无损检测作业时, 需根据《陕西省放射性污染防治条例》及国家的相关规定进行异地无损检测作业备案。

1.7 工作人员配备及工作制度

工业X射线探伤工作实行双人共同操作, 不允许单独作业。北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟配置4名辐射工作人员, 分2组, 作为本项目拟配备便携式X射线探伤机的工作人员。

根据建设单位提供资料, 年划区次数约50次, 每次划区巡测曝光时间最大为5min, 划区巡测曝光时间总计4.2h。X射线现场探伤工作量根据公司具体的检测计划安排, 预

计X射线现场探伤每年最多探伤工件数为900件（其中周向550件，定向350件），其中周向每个工件最多曝光2次，定向每个工件最多曝光4次，每次曝光时间根据工件厚度确定，通常每次曝光时间1-5min，本次评价按每次曝光时间5min计算，则本项目最大年曝光时间约为208.3h。

综上所述，本项目工件探伤和划区每年实际总开机曝光时间约212.5h。本项目年工作50周，则每周实际开机时间约4.25h。

1.8 主要原辅材料

使用X射线定向机探伤时单次曝光至少需2张胶片，定向探伤机年曝光次数最多约1400次，需使用胶片2800张/a；X射线周向探伤机置于管道内部进行检查，单次曝光贴胶片的数量结合胶片大小及压力管道周长确定，平均一次曝光约10张胶片，周向机探伤机年曝光次数约1100次，使用胶片11000张/a，则本项目至少使用胶片共计13800张/a，保守估计年使用胶片，按照15000张/a计。

表 1.8-1 项目原辅材料消耗一览表

序号	名称	年最大使用量	储存方式	来源	用途	主要化学成分
1	显影液	600L/a	桶装	外购	洗片	米吐尔、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、碳酸钠
2	定影液	600L/a	桶装	外购	洗片	卤化银、硫代硫酸钠
3	胶片	15000 张/a	硬纸盒包装	外购	拍片	卤化银、明胶
4	新鲜水	2250L/a	/	/	洗片	水



图 1-2 北京航天京测工程有限公司榆林分公司生产区（项目辅助用房所在地）四邻关系图

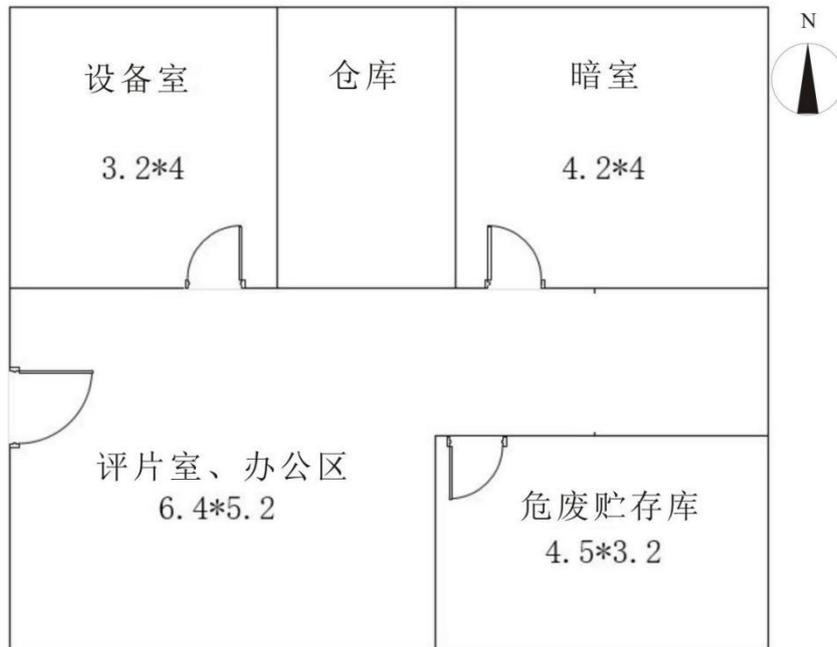


图 1-3 项目辅助用房平面布置示意图

1.9 产业政策符合性

本项目利用X射线探伤机开展现场探伤，系核技术应用项目在工业领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》中“第一类 鼓励类”“三十一、科技服

务业—1. 工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务，科技普及”，项目符合国家产业政策。

1.10 项目实践正当性分析

本项目主要采用便携式X射线探伤机对管道焊缝进行无损检测，确保管道安全。在进行工业X射线探伤过程中会对工作人员及周围环境产生一定的辐射影响，企业将严格按照国家相关辐射防护要求采取相应的防护措施，并建立相应规章制度。在正确使用和管理射线装置的情况下，该项目对周围环境和人员产生辐射影响可以满足相关标准要求，其对受照个人或社会所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

1.11 危废贮存库选址环境合理性分析

根据显影液、定影液和胶片的主要化学成分可知，有害成分主要为卤化银，含有重金属银。卤化银属于中毒但不容易挥发，进入水体会对水生生态系统产生负面影响，尤其对银敏感的水生生物，进入土壤会影响土壤微生物群落和植物成长。

洗片产生的废显影液、废定影液、洗片废水暂存在专用的危险废液收集桶内并放置在防溢托盘内，废胶片放置于暂存柜内，定期交由有资质的单位进行处理。危险废液收集桶、废胶片暂存柜放置地点为危废贮存库内，危废贮存库地面进行防渗漏处理。

因此，本项目危废贮存库选址于公司生产区（租赁的刘官寨村阳光嘉苑单元房内），严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中规定进行建设和管理后，对周围环境影响较小。

环评建议：本项目使用民房作为经营性场所，应落实《民法典》第二百七十九条规定“业主将住宅改变为经营性用房的，除遵守法律、法规以及管理规定外，应当经有利害关系的业主一致同意”。

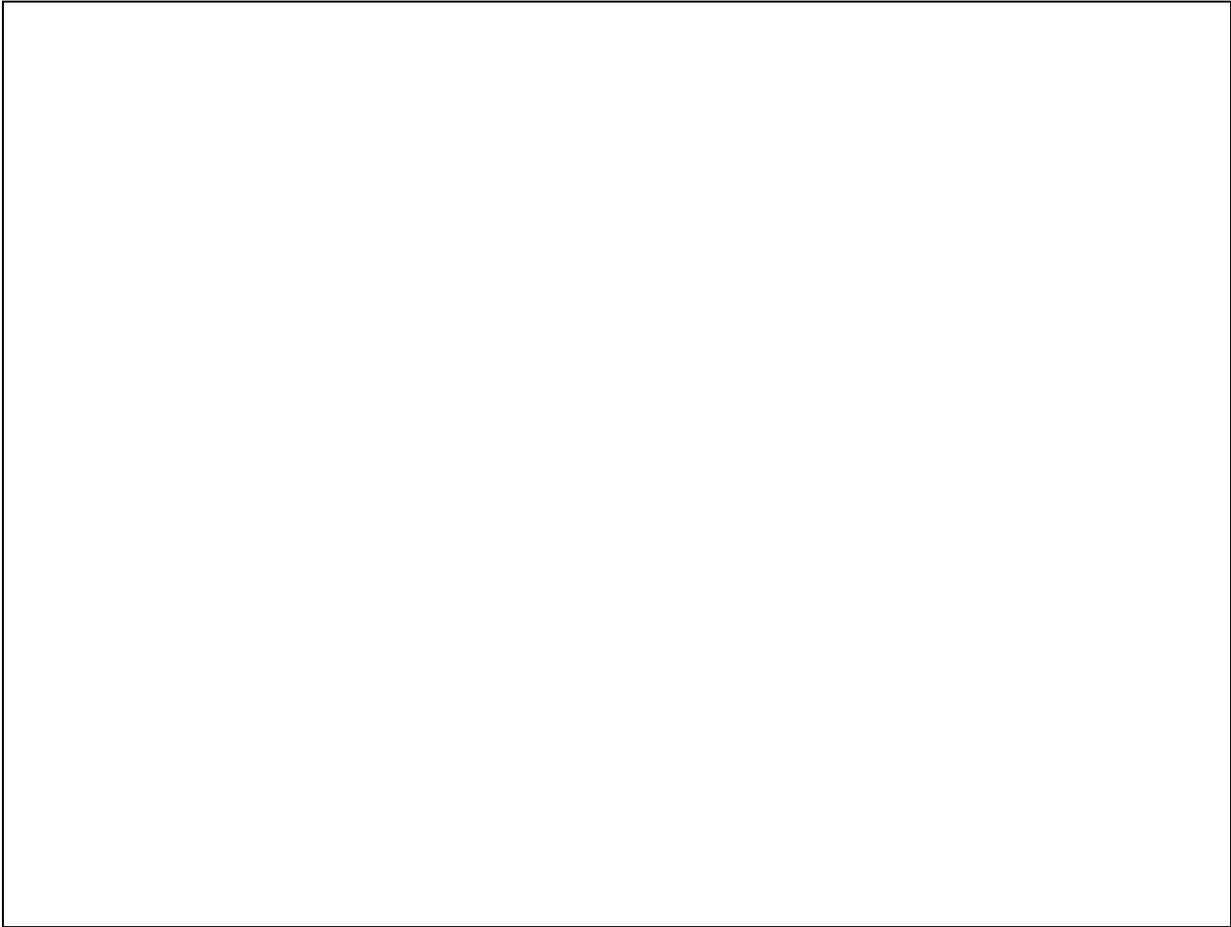


表 2 放射源

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：1.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	毒性	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

注：1.日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	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

(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 射线探伤机	II类	1	XXG3005C	300	5	无损检测	移动探伤作业场所	周向
2	便携式 X 射线探伤机	II类	1	XXQ2005	200	5	无损检测	移动探伤作业场所	定向

(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 (μ A)	中子强度 (n/s)	用途	工作 场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存 方式	数量	

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度 (Bq)	月排放总量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
生活污水	液体	/	/	/	80m ³ /a	/	/	排入市政污水管网
生活垃圾	固体	/	/	/	0.5t/a	/	收集设施进行分类收集	环卫统一清运
废显 (定) 影液、	液体	/	/	/	1200L/a	/	废显 (定) 影液、洗片废水和废胶片使用专用容器分类收集, 暂存于危废贮存库内	委托有资质的单位处置
洗片废水	液体	/	/	/	2250L/a	/		
废胶片	固体	/	/	/	7.5kg/a	/		
O ₃ NO _x	气态	/	/	少量	少量	/	/	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, 气态为 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

6.1 法律、法规依据

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 19 日修正）；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；
- (4) 《修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》（国务院令 第 682 号修改，2017 年 10 月 1 日起施行）；
- (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（修订）》（国务院令 第 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日）；
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部 18 号令，2011 年 5 月 1 日）；
- (7) 《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 日修订）；
- (8) 《关于发布<射线装置分类>的公告》（国家环保部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日）；
- (9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》（生态环境部令 第 16 号，2021 年 1 月 1 日）；
- (10) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日）；
- (11) 《陕西省放射性污染防治条例》（陕西省人大，2014 年 10 月 1 日起施行，2019 年修正）；
- (12) 《关于进一步加强流动放射性同位素和射线装置应用监督管理工作的通知》，陕环函〔2012〕681 号；
- (13) 《国家危险废物名录（2021 年）》，部令 第 15 号，2021 年 1 月 1 日实施；
- (14) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，全国人大常委会，2020 年 4 月 29 日修订；
- (15) 《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（原陕西省环境保护厅办公室陕环办发[2018]29 号文，2018 年 6 月 6 日）；
- (16) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展和改革委员会令 第 7 号，2024 年 2 月 1 日修改施行）；

(17) 《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 2019 年第 57 号公告，2020 年 1 月 1 日实施；

(18) 《放射工作人员职业健康管理暂行办法》，中华人民共和国卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日施行；

(19) 《危险废物转移管理办法》，生态环境部、公安部、交通运输部第 23 号令，2022 年 1 月 1 日起施行。

6.2 技术标准

(1) 《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016），2016 年 4 月 1 日；

(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

(3) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；

(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

(5) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

(6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）；

(7) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单（参照）；

(8) 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）；

(9) 《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）；

(10) 《职业性外照射个人检测规范》（GBZ 128-2019）；

(11) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）；

(12) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）。

6.3 其它

(1) 委托书；

(2) 建设单位提供的其它资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目涉及使用II类射线装置，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内容和格式》（HJ 10.1-2016）中的规定“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）”。

本项目为使用移动式 X 射线机开展现场探伤作业，一般无实体边界；根据“环境影响分析”章节计算结果，有用线束和非有用线束方向的监督区范围见表 7-1。

表 7-1 有用线束和非有用线束方向的监督区范围

设备	射线方向	屏蔽方式、屏蔽材料及厚度	监督区距离 (m)
X 射线探伤机 (管电压 300kV)	有用线束	仅工件 (30mm 钢) + 局部屏蔽 (1mmPb 铅橡胶或铅皮)	249.98
	非有用线束	无屏蔽	228.35
X 射线探伤机 (管电压 200kV)	有用线束	工件 (20mm 钢) + 局部屏蔽 (1mmPb 铅板)	97.56
	非有用线束	无屏蔽	149.60

由上述计算结果可知，本项目拟配备 X 射线探伤机 (300kV) 监督区最大范围为 249.98m，因此，本项目评价范围取 300m。

7.2 保护目标

本项目环境保护目标主要为北京航天京测工程有限公司榆林分公司从事现场探伤的操作人员、现场探伤周围活动的其他公众人员，本项目主要环境保护目标见表 7-2。

表 7-2 环境保护目标一览表

序号	保护对象		人数 (人)	距射线装置距离	剂量约束值
1	职业 人员	X 射线探伤机操作人员	2	控制区边界	5mSv/a
2		安全员	2	控制区边界~监督区边界	
3	公众	评价范围内其他人员	流动人员	监督区边界~300m	0.1mSv/a

7.3 评价标准

一、剂量限值及剂量约束值

(1) 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中相关规定：

标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平：

B1.1.1.1 规定：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：由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv

B1.2.1 规定：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算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv。

(2) 剂量约束值

根据辐射防护最优化原则，考虑到单位未来发展，并为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评价工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117—2022）相关规定

本标准适用于使用 600 kV 及以下的 X 射线探伤机。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

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

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

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

7.2 分区设置

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

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 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：

$$H = \frac{100}{t} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

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 100 μ Sv/周；

t—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。

7.2.5 移动式探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，应使用合适的准直器并充分考虑探伤机和被检物体的距离、照射方向、时间和现场屏蔽等条件。视情况采用局部屏蔽措施。

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

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

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

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

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

7.3 安全警示

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作

业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

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

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

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

7.4 边界巡查与检测

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

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

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

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

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

7.5 移动式探伤操作要求

7.5.1 X 射线移动式探伤

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

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

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

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。

8.2 探伤机检测

8.2.1 防护性能检测

8.2.1.1 检测方法

X 射线探伤机防护性能检测方法按 GB/T 26837 的要求进行。

8.2.1.2 检测周期

使用单位应每年对探伤机的防护性能进行检测。探伤机移动后，应进行安全装置的性能检测。

8.2.1.3 结果评价

X 射线探伤机防护性能检测结果评价按本标准第 5.1.1 条的要求。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 射线探伤机或 γ 放射源、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

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，参照本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值确定控制区边界，以 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界。

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

控制区边界不应超过本标准第 7.2.2 条确定的剂量率值，监督区边界不应超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

8.5 放射工作人员个人监测

8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。

8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。

三、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597—2023）相关规定

本标准适用于产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位新建、改建、扩建的危险废物贮存设施选址、建设和运行的污染控制和环境管理，也适用于现有危险废物贮存设施运行过程的污染控制和环境管理。

4 总体要求

4.1 产生、收集、贮存、利用、处置危险废物的单位应建造危险废物贮存设施或设置贮存场所，并根据需要选择贮存设施类型。

4.2 贮存危险废物应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和环境风险等因素，确定贮存设施或场所类型和规模。

4.3 贮存危险废物应根据危险废物的类别、形态、物理化学性质和污染防治要求进行分类贮存，且应避免危险废物与不相容的物质或材料接触。

4.4 贮存危险废物应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取措施减少渗滤液及其衍生废物、渗漏的液态废物（简称渗滤液）、粉尘、VOCs、酸雾、有毒有害大气污染物和刺激性气味气体等污染物的产生，防止其污染环境。

4.5 危险废物贮存过程产生的液态废物和固体废物应分类收集，按其环境管理要求妥善处理。

4.6 贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ 1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。

4.7 HJ 1259 规定的危险废物环境重点监管单位，应采用电子地磅、电子标签、电子管理台账等技术手段对危险废物贮存过程进行信息化管理，确保数据完整、真实、准确；采用视频监控的应确保监控画面清晰，视频记录保存时间至少为 3 个月。

4.8 贮存设施退役时，所有者或运营者应依法履行环境保护责任，退役前应妥善处理处置贮存设施内剩余的危险废物，并对贮存设施进行清理，消除污染；还应依据土壤污染防治相关法律法规履行场地环境风险防控责任。

4.9 在常温常压下易爆、易燃及排出有毒气体的危险废物应进行预处理，使之稳定后贮存，否则应按易爆、易燃危险品贮存。

4.10 危险废物贮存除应满足环境保护相关要求外，还应执行国家安全生产、职业健康、交通运输、消防等法律法规和标准的相关要求。

6 贮存设施污染控制要求

6.1 一般规定

6.1.1 贮存设施应根据危险废物的形态、物理化学性质、包装形式和污染物迁移途径，采取必要的防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐以及其他环境污染防治措施，不应露天堆放危险废物。

6.1.2 贮存设施应根据危险废物的类别、数量、形态、物理化学性质和污染防治等要求设置必要的贮存分区，避免不相容的危险废物接触、混合。

6.1.3 贮存设施或贮存分区内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝。

6.1.4 贮存设施地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。贮存的危险废物直接接触地面的，还应进行基础防渗，防渗层为至少 1 m 厚黏土层（渗透系数不大于 10^{-7}cm/s ），或至少 2mm 厚高密度聚乙烯膜等人工防渗材料（渗透系数不大于 10^{-10}cm/s ），或其他防渗性能等效的材料。

6.1.5 同一贮存设施宜采用相同的防渗、防腐工艺（包括防渗、防腐结构或材料），防渗、防腐材料应覆盖所有可能与废物及其渗滤液、泄漏液等接触的构筑物表面；采用不同防渗、防腐工艺应分别建设贮存分区。

6.1.6 贮存设施应采取技术和管理措施防止无关人员进入。

6.2 贮存库

6.2.1 贮存库内不同贮存分区之间应采取隔离措施。隔离措施可根据危险废物特性采用过道、隔板或隔墙等方式。

6.2.2 在贮存库内或通过贮存分区方式贮存液态危险废物的，应具有液体泄漏堵截设施，堵截设施最小容积不应低于对应贮存区域最大液态废物容器容积或液态废物总储量 1/10（二者取较大者）；用于贮存可能产生渗滤液的危险废物的贮存库或贮存分区应设计渗滤液收集设施，收集设施容积应满足渗滤液的收集要求。

7 容器和包装物污染控制要求

7.1 容器和包装物材质、内衬应与盛装的危险废物相容。

7.2 针对不同类别、形态、物理化学性质的危险废物，其容器和包装物应满足相应的防渗、防漏、防腐和强度等要求。

7.3 硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时不应有明显变形，无破损泄漏。

7.4 柔性容器和包装物堆叠码放时应封口严密，无破损泄漏。

7.5 使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。

7.6 容器和包装物外表面应保持清洁。

8 贮存过程污染控制要求

8.1 一般规定

8.1.1 在常温常压下不易水解、不易挥发的固态危险废物可分类堆放贮存，其他固态危险废物应装入容器或包装物内贮存。

8.1.2 液态危险废物应装入容器内贮存，或直接采用贮存池、贮存罐区贮存。

8.1.3 半固态危险废物应装入容器或包装袋内贮存，或直接采用贮存池贮存。

8.1.4 具有热塑性的危险废物应装入容器或包装袋内进行贮存。

表 8 环境质量和环境现状

8.1 项目所在区域辐射环境现状

(1) 公司及辅助用房地地理位置

北京航天京测工程有限公司榆林分公司位于榆林市榆阳区刘官寨村 210 国道西 441 号，本项目设备室、暗室及危废贮存库等辅助用房位于公司生产区。地理位置见图 1-1。

(2) 项目场所位置

北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟开展工业 X 射线现场探伤作业，项目主要对现场各类管道及其他装置等进行无损检测，属流动式作业，不在某一场所长期作业，无固定场所。

8.2 辐射环境现状评价

本项目主要的污染因子为电离辐射，对环境空气的影响很小，不会对水环境、声环境产生影响。由于本项目不涉及固定探伤室的建设，且项目为流动式作业，不在某一场所长期作业，故本次评价未开展辐射环境现状监测。

根据陕西省生态环境厅 2024 年 4 月 23 日发布的《2023 年全省环境质量状况》，陕西省环保大厦等 12 个辐射环境空气自动监测站点位监测结果表明，12 个辐射环境空气自动监测站空气吸收剂量率处于天然本底涨落范围内，与同期累积剂量测得空气吸收剂量率进行比对，无明显差异，陕西省 γ 辐射空气吸收剂量率均值范围为 77.39~92.57nGy/h，累积剂量测得的空气吸收剂量率均值范围为 82.50~92.43nGy/h；西安市沙坡等 23 个累积剂量监测点位监测结果表明，累积剂量监测的空气吸收剂量率处于天然本底涨落范围内，累积剂量监测的空气吸收剂量率均值范围为 86.18~107.99nGy/h。

对照《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社），陕西省原野 γ 辐射剂量率为 25.0~150.0nGy/h，道路 γ 辐射剂量率为 20.0~160.0nGy/h，室内 γ 辐射剂量率为 56.0~169.0nGy/h。可见，陕西省的辐射环境本底值处于正常水平，辐射环境质量现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备及工艺分析

9.1.1 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熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。典型的X射线管结构见图9-1。

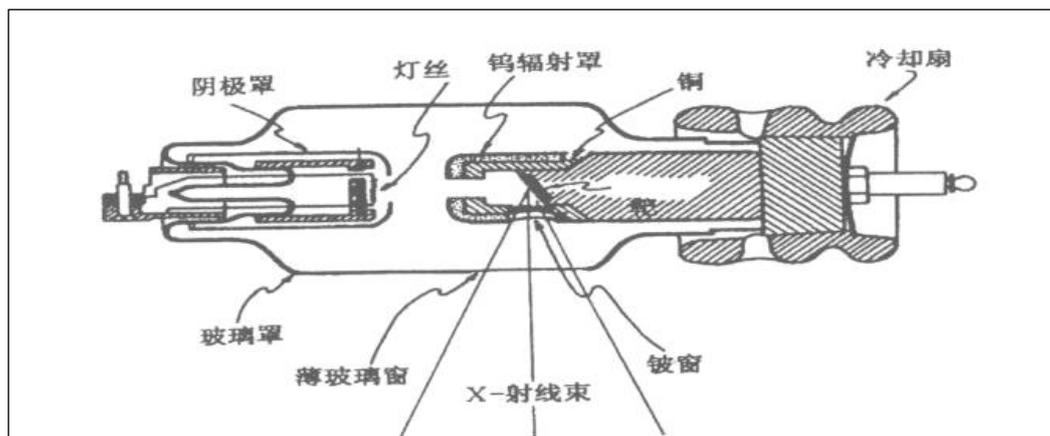


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的无损检测装置，它利用射线透过物体时，会发生吸收和散射这一特性，通过测量材料中因缺陷存在影响射线的吸收来探测缺陷的。当 X 射线照射胶片或其他检测器时，与普通光线一样，能使胶片或其他检测器感光，接收射线越多的部位颜色越深。根据底片或检测器上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

9.1.2 X 射线探伤机

探伤机根据曝光类型可分为定向探伤机和周向探伤机，定向型探伤机辐射方向是固定的，射线束辐射圆锥角一般在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 范围；周向型探伤机辐射射线束是在与 X 射线管轴线成垂直方向的 360° 圆周上同时辐射 X 射线，这对于检测大口径管件和球形容器的环形焊缝，通过一次曝光可以完成整个焊缝的探伤照相工作，因而可以大大地提高检测效率。定向、周向 X 射线探伤机射线方向示意图见图 9-2。

本项目采用的工业 X 射线探伤机由控制器、X 射线发生器、连接电缆、电源电缆组成。X 射线探伤机外观图及连接电缆见图 9-3。

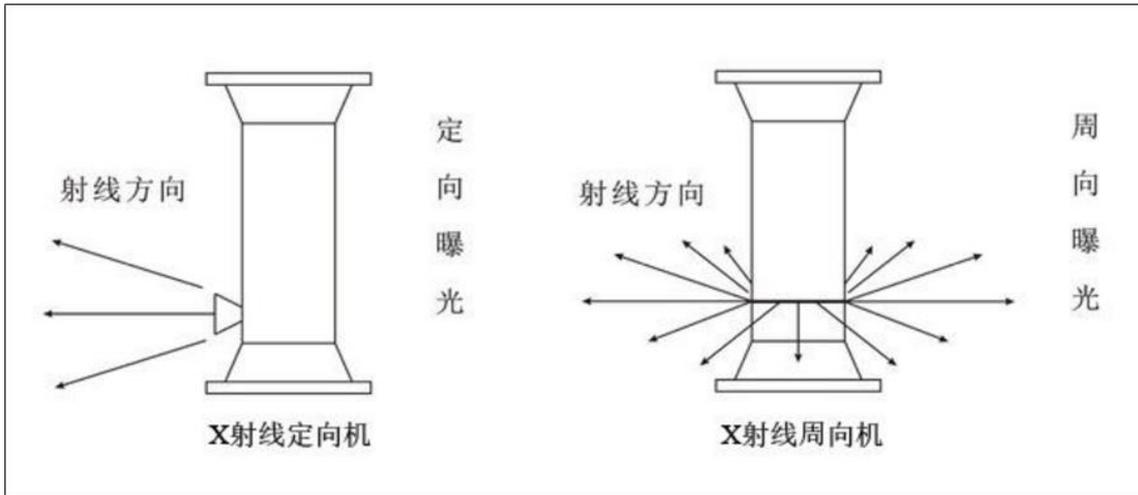


图 9-2 定向、周向探伤机曝光示意图



图 9-3 X 射线探伤机外观图及连接电缆

9.1.3 操作流程及产污环节

1、北京航天京测工程有限公司榆林分公司接受无损检测委托任务后，对工作环境进行全面评估（工作地点的选择、附近公众、天气条件、是否高空作业、作业空间等），根据工作场所及检测对象情况制定探伤计划书。计划书含本次现场探伤任务的人员安排、时间安排、检测人员职责及探伤现场辐射防护方案和辐射事故应急预案等内容。

2、根据设备出入库管理制度，工作人员持现场探伤计划书，经过设备管理员确认后领取设备，并在出入库台账上登记设备出库时间、设备型号、使用地点、领用人等信息。

3、设备交接。采用专用车辆将X射线探伤机运输至拟开展现场探伤的场地，并与现场探伤人员办理设备交接手续，由探伤小组的安全员负责看管。

4、在X射线探伤机入场前，探伤工作人员对区域内的无关人员进行清场，好准备工作。

5、摆放X射线探伤机位置，确保探伤机与探伤工件相对位置适宜；检查电源电压是否正常，电源插头是否安全可靠，控制箱与电缆连接是否良好。检查安全警戒范围是否有人停留，声光报警装置是否开启，防护措施是否安全，检查完毕后方能开机。

6、训机：拟配备的X射线探伤机在停机超过48小时后，开高压时进入自动训机状态；停机超过一个星期时，要手动训机。训机是为了提高射线管真空度，如果真空度不良，会烧了阳极或者击穿射线管，导致故障，甚至报废。

7、划定控制区和监督区。根据现场探伤工件位置，初步划定控制区和监督区；连接控制器及电缆，进行试曝光，通过巡测再次确定控制区和监督区边界并进行调整，确保控制区边界周围剂量当量率 $<15\mu\text{Sv/h}$ （依据见“表10 辐射安全与防护”的“1、控制区、监督区的理论划分”），监督区边界周围剂量当量率 $<2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

8、设置警戒线和警示标识。在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”的警告牌，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，并放置“当心电离辐射”警示标志，警示无关人员不可误入作业现场，醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。作业期间，安排1名工作人员（安全员）在监督区进行警戒，严禁未经许可人员进入。

9、在控制区边界放置提示“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”信号有明显的区别，并与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

10、探伤阶段：贴胶片，合上电源开关进入操作模式，设定kV、mA和Time等参数，探伤工作人员按启动按钮，曝光。

11、现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止X射线曝光异常或不能正常终止。

12、现场探伤期间，安全员利用配备的便携式X- γ 剂量率监测仪在监督区进行巡视和监测，同时防止无关人员误入。辐射工作人员佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量报警仪不能替代便携式X- γ 剂量率监测仪，两者均应使用。

13、达到预定的照射时间后，操作人员关闭电源，随后从探伤工件上取下已经曝光的胶片，完成一次探伤任务。换下底片和改变曝光位置后，开始下一次无损检测作业。整个探伤过程工作人员应确保个人剂量报警仪处于工作状态。探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，确保探伤机停止工作后再进入控制区。

14、作业结束后，建设单位将X射线探伤机运回建设单位设备仪器室贮存，并做好入库记录。

15、将带回的胶片在洗片暗室内进行冲洗，本项目采用自动洗片机进行洗片，工艺流程如下：

①使用前准备：用软布擦掉进片装置上的灰尘。使2~3张清洗胶片通过洗片机，去掉滚轴上堆积的所有灰尘。检查补充容器中的液位，如果需要重新注满。冲片机中没有胶片时，打开防光盖，这样可以避免进片托盘上的凝结。

②启动：关闭排水断流开关；打开供水的水龙头；打开洗片机。检查补充和排水收集容器中的液位。等待达到显影剂的温度。如果温度没有达到，池温度灯就会闪烁。使清洗胶片通过冲片机。

③处理胶片：打开防光盖，首先将胶片放在进片托盘的左侧，然后进片。在处理胶片过程中，请注意(正在进片)的显示，如果显示这个信息，则插入下一张胶片前，再次等待灯灭，并且听到一个声音信号。

④使用后处理：关闭洗片机，关闭水龙头。打开排水断流开关，将水排出设备，由专用容器收集。胶片冲洗过程中产生的废显（定）影液、洗片废水、废胶片等危险废物由专用容器收集，放置于危险废物贮存库，定期交由有资质单位进行处置。

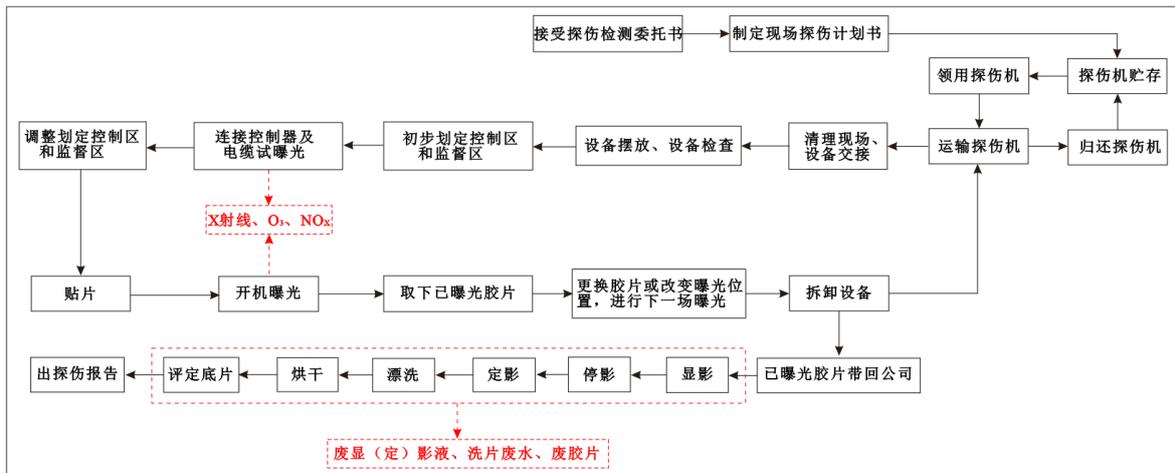


图 9-4 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

四、现场探伤情景

北京航天京测工程有限公司榆林分公司主要对陕西省境内管道焊缝进行无损检测，管道均为钢材，探伤现场均分布在野外，不会在居民区开展移动式探伤作业，且由于野外夜间操作环境较差，因此探伤作业主要在白天进行；如在夜晚作业时控制区边界应设置警示灯，且工作期间应有良好的照明，确保控制区的范围清晰可见，无人员进入控制区。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。

根据设备使用说明书，XXG2005型X射线探伤机对钢板最大穿透厚度为30mm，根据建设单位提供资料，探伤过程检测管道壁厚一般为5~20mm之间；XXG3005C型X射

线探伤机对钢板（A3）最大穿透厚度为50mm，根据建设单位提供资料，探伤过程检测管道壁厚一般为20~40mm之间。

本项目在对焊缝进行探伤时管道已焊接完成，尚未放入基坑，此时管道位于地面，长度较长且无法移动，受操作环境限制，因此定向探伤机均采用侧向探伤，探伤机与探伤工件间距离约0.5m~1.5m，不存在向下或向上探伤的情况；周向探伤机置于管道中，分为有用线束平行地面方向照射和有用线束垂直地面方向照射。

9.2 污染源项描述

本项目运行阶段主要包括射线装置探伤过程产生 X 射线对周围环境产生的外照射；X 射线会使空气电离产生少量 O₃、NO_x 和冲洗胶片产生的废显（定）影液、洗片废水和废胶片。工作人员产生的生活污水及生活垃圾。

一、X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出射线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据本项目 X 射线现场探伤的工作流程，X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在 0~300kV 之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

1、有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口用来照射工件，形成工件无损检测的射线。探伤机射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

2、漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

3、散射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线探伤机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

二、废水

本项目设置 4 名辐射工作人员，废水主要为生活污水，生活用水量参考《行业用水定额》（DB61/T943-2020）中“行政办公及科研院所”用水定额 25m³/（人·a），工作人员生活用水量为 100m³/a，污水产生系数按 0.8 计，则运行期生活污水产生量为 80m³/a，生活污水经小区污水管网最终排向市政污水管网。

三、废气

当 X 射线探伤机电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离产生 O_3 、 NO_x 。X 射线照射空气时，它们具有足够的能量可以击脱空气分子中的电子，使这些分子变成带正电的离子和自由电子。氧气分子 (O_2) 在 X 射线的电离作用下，可以分解成氧原子 (O)，这些氧原子非常活跃，它们可以与另一个氧气分子反应生成臭氧；空气中的氮气 (N_2) 在 X 射线的电离作用下也可以分解成氮原子 (N)，这些氮原子同样非常活跃，它们可以与氧原子结合形成一氧化氮 (NO)，一氧化氮 (NO) 可以进一步与氧气反应生成二氧化氮 (NO_2)，在大气中， NO_2 还可以通过一系列复杂的光化学反应生成其他氮氧化物。

本次评价项目拟使用的 2 台 X 射线探伤机工作时的电压分别为 200kV、300kV，运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量 O_3 、 NO_x 。

四、固体废弃物

1、生活垃圾

本项目生活垃圾主要包括废纸屑、瓜果皮等办公生活垃圾。生活垃圾产生量按 $0.5\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，因此本项目生活垃圾产生量为 $2\text{kg}/\text{d}$ (t/a)。生活垃圾进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

2、危险废物

(1) 废显 (定) 影液、洗片废水

本项目现场探伤所拍胶片运回北京航天京测工程有限公司榆林分公司洗片暗室进行洗片操作，洗片过程中产生废显 (定) 影液、洗片废水。根据建设单位提供资料，项目采用自动洗片机进行洗片，平均每 100 张胶片消耗定影液和显影液各 4L，新鲜水 15L，年共消耗 15000 张胶片，因此本项目定影液使用量 $600\text{L}/\text{a}$ ，显影液使用量 $600\text{L}/\text{a}$ ，废显 (定) 影液共产生量为 $1200\text{L}/\text{a}$ ，在显影、定影后须对胶片进行冲洗，洗片废水产生量约 $2250\text{L}/\text{a}$ ，则废显 (定) 影液及洗片废水总产生量为 $3450\text{L}/\text{a}$ 。

废显 (定) 影液属于《国家危险废物名录 (2021 年)》中 HW16 感光材料废物 (废物代码 900-019-16，其他行业产生的废显 (定) 影剂、胶片和废像纸)。本项目洗片过程中产生的洗片废水不在《国家危险废物名录 (2021 年)》中，但考虑到其含有少量显影液、定影液 (含有银离子)，根据《国家危险废物名录 (2021 年)》第二条“(二) 不排除具有危险特性，可能对生态环境或者人体健康造成有害影响，需要按照危险废物管理”，因此，本次评价将洗片废水纳入企业危险废物管理体系。

废液桶直接与自动洗片机相连，洗片产生的废显（定）影液、洗片废水在洗片过程中即可收集至废液桶中，统一暂存于危废贮存库内，最终交由有资质单位处置。

（2）废胶片

本项目现场探伤所拍胶片运回北京航天京测工程有限公司榆林分公司洗片暗室进行洗片操作，洗片过程中产生废胶片。根据企业提供资料，每年最多使用胶片 15000 张，在现场探伤过程中废胶片产生率约为 5%，每张片子平均约 10g，共计 7.5kg/a。

废胶片属于《国家危险废物名录（2021 年）》中 HW16 感光材料废物（废物代码 900-019-16，其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。废胶片统一暂存于危废贮存库内，最终交由有资质单位处置。本项目危废产生量及处理措施见下表 9-1。

表 9-1 本项目危废产生量及处理处置措施

危废名称	危废类别	危废代码	产生量	形态	主要成分	有害成分	危险特性	处置措施
废显影液	HW16	900-019-16	600L/a	液态	苯二酚、亚硫酸钠，重金属银	重金属银	T	分类收集后暂存于危废贮存库，定期交由有相应资质的单位处置
废定影液	HW16	900-019-16	600L/a	液态	苯二酚、亚硫酸钠，重金属银	重金属银	T	
冲洗废水	HW16	900-019-16	2250L/a	液态	对苯二甲酸、重金属银	重金属银	T	
废胶片	HW16	900-019-16	7.5kg/a	固态	明胶、卤化银	重金属银	T	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局

为了便于加强管理,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》(GB18871-2002)要求,辐射工作场所应分为控制区及监督区,把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区,需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。

一、控制区、监督区的理论划分

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022),X射线现场探伤作业时,“一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围内划为控制区。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 10-1 计算:

$$H = \frac{100}{t} \dots\dots\dots \text{(公式 10-1)}$$

式中:

H—控制区边界周围剂量当量率,单位为微希沃特每小时(μ Sv/h);

100—5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值,即 100 μ Sv/周;

t—每周实际开机时间,单位为小时(h)。

本项目为便携式 X 射线探伤机,每周实际开机时间最长约 4.25h<7h,因此本项目控制区边界周围剂量率当量为 15 μ Sv/h。为便于辐射防护管理和职业照射控制,本次评价将周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的区域划为控制区,周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的区域划分为监督区。

根据建设单位提供资料,无法判定项目滤过条件,因此以最不利情况考虑,XXQ2005 型探伤机管电压为 200kV,滤过条件选取 2mm 铝,X 射线距辐射源点(靶点)1m 处输出量 H_0 取 28.7mGy \cdot m²/(mA \cdot min);XXG3005C 型探伤机管电压为 300kV,滤过条件选取 3mm 铝,X 射线距辐射源点(靶点)1m 处输出量 H_0 取 20.9.7mGy \cdot m²/(mA \cdot min)。根据“表 11 环境影响分析”计算可知,X 射线探伤机只有工件屏蔽的情况下,控制区和监督区的范围过大,不利于现场探伤工作的进行,本次评价要求建设单位在使用 X 射线探伤机现场探伤过程中,应根据现场实际情况进行调整,若现场探伤过程中无其他屏蔽体遮挡,导致控制区和监督区范围过大,则需 XXQ2005 型 X 射线探伤机采取 1mm 厚的铅板进行局部屏蔽;XXG3005C 型 X 射线周向探伤机采取 1mmPb 的铅橡胶或铅皮进行局部屏蔽。具体计算结果如下见表 11-3、表 11-6、表 11-7。

1、XXQ2005 型 X 射线定向探伤机(管电压: 200kV,管电流: 5mA)

(1) 无局部屏蔽下监督区和控制区范围

有用线束方向，仅有工件屏蔽的情况下，控制区范围为 162.78m，监督区范围为 398.73m；非有用线束方向，漏射线和散射线累加计算，无工件屏蔽，控制区范围为 107.91m，监督区范围为 264.35m。分区示意图见图 10-1 所示。

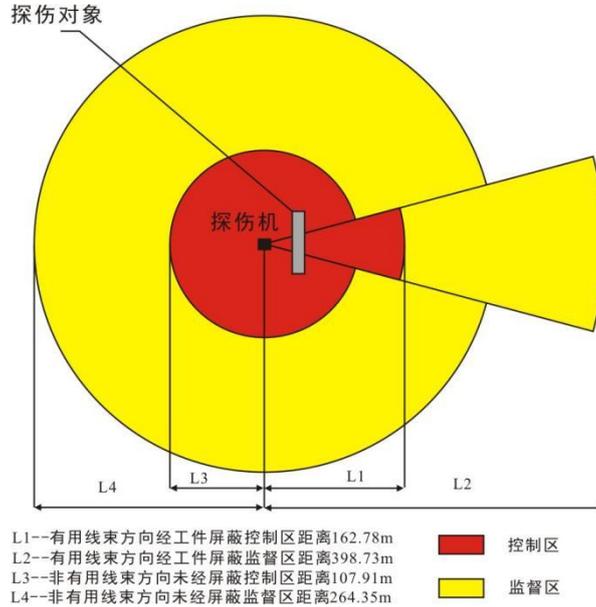


图 10-1 XXQ2005 型 X 射线定向探伤机无局部屏蔽下分区示意图

(2) 局部屏蔽下监督区和控制区范围

有用线束方向，在工件屏蔽和局部屏蔽（铅厚度为：1mmPb）的情况下，控制区范围为 71.52m，监督区范围为 175.20m；非有用线束方向，漏射线和散射线累加计算，无工件及局部屏蔽，控制区范围为 107.91m，监督区范围为 264.35m。分区示意图见图 10-2 所示。

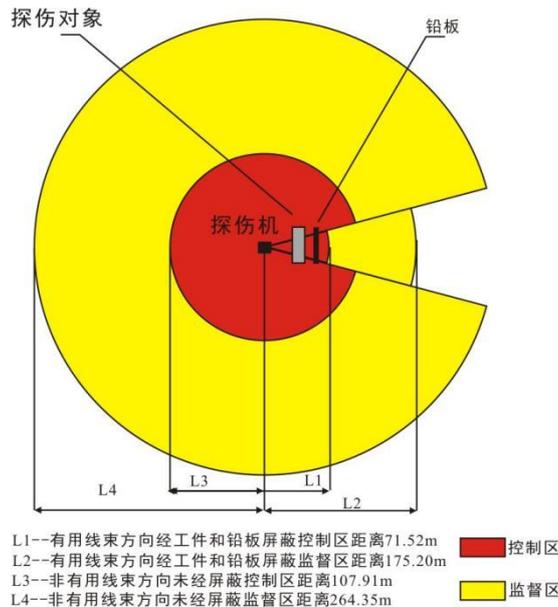


图 10-2 XXQ2005 型 X 射线定向探伤机局部屏蔽分区示意图

2、XXG3005C 型 X 射线周向探伤机（管电压：300kV,管电流：5mA）

(1) 当周向探伤机在有用线束平行地面方向进行探伤时，有用线束方向仅探伤工件（30mm 钢）情况下，控制区范围为 124.90m，监督区范围为 305.93；有用线束方向，在工件屏蔽和局部屏蔽（1mmPb 铅橡胶或铅皮）的情况下，控制区范围为 102.05m，监督区范围为 249.98m。分区示意图见图 10-3 所示。

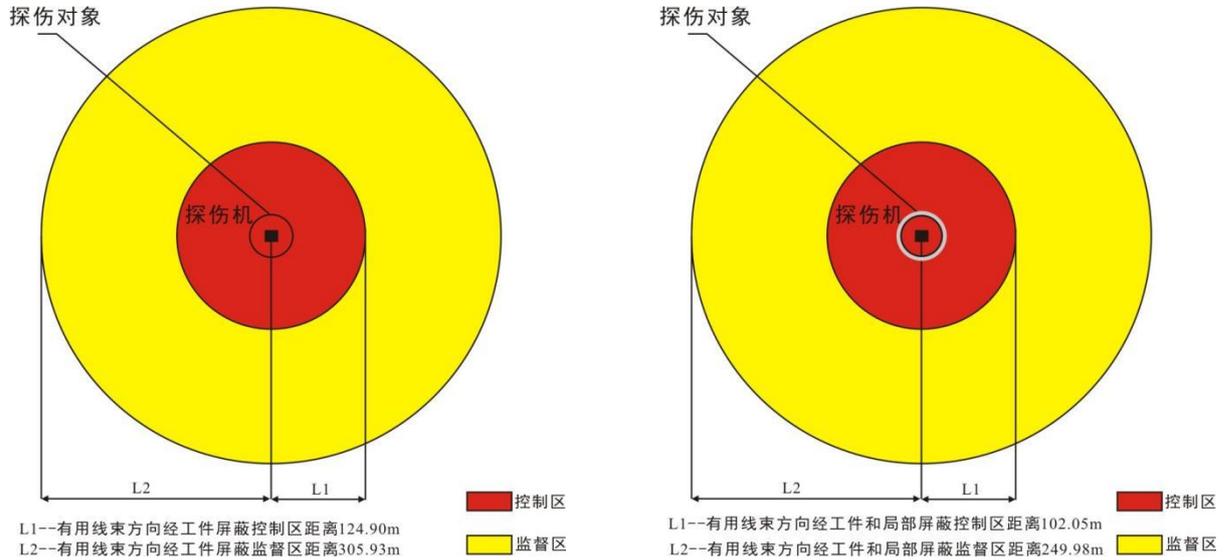


图 10-3 XXG3005C 型 X 射线周向探伤机分区示意俯视图（有用线束平行地面方向照射）

(2) 当周向探伤机有用线束垂直地面方向进行探伤时，有用线束方向仅探伤工件（30mm 钢）情况下，控制区范围为 124.90m，监督区范围为 305.93；有用线束方向，在工件屏蔽和局部屏蔽（1mmPb 铅橡胶或铅皮）的情况下，控制区范围为 102.05m，监督区范围为 249.98m。非有用线束方向控制区边界距离在 93.23m 处，监督区边界距离在 228.35m 处。分区示意图见图 10-4 所示。

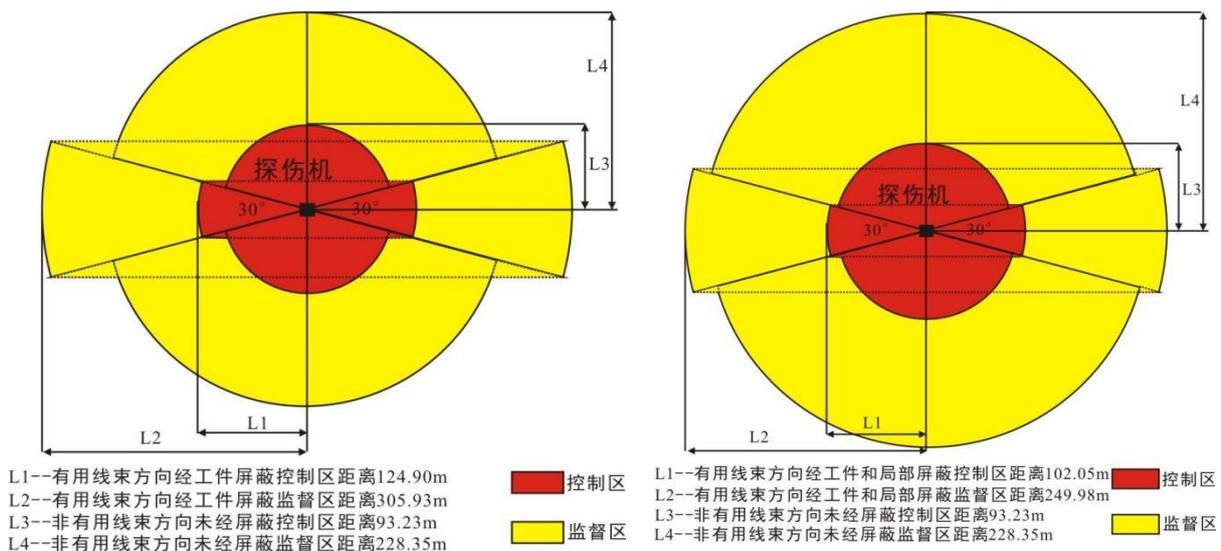


图 10-4 XXG3005C 型 X 射线周向探伤机分区示意俯视图（有用线束垂直地面方向照射）

二、实际探伤过程中控制区和监督区的划分

实际探伤时，由于探伤对象不同、工件厚度的变化，控制区和监督区边界随着现场情况的不同其距离也不同。一般的做法是：

1、首先根据理论计算保守的设定控制区和监督区边界。

2、然后保持操作人员与现场安全员联系畅通，在操作人员试曝光的情况下，现场安全员使用便携式 X- γ 剂量率监测仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，到 2.5 μ Sv/h 划定监督区边界，到 15 μ Sv/h 划定控制区边界；

3、关机后，在探伤位置四周以该剂量的等剂量线为基础，确定控制区边界和监督区边界。探伤过程中，安全员使用便携式 X- γ 剂量率监测仪进行监督监测。

4、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。

探伤作业期间，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。设安全员对控制区、监督区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内，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者辐射束的方向发生改变时，如有必要需要调整控制区的边界。

10.1.2 设备安全分析

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，X 射线探伤机在开机状态下的固有安全性如下：

（1）X 射线探伤机开启时，控制箱上有黄灯亮起，此时应首先对 X 射线探伤机进行训机，这是 X 射线探伤机自有的功能，如不进行训机，X 射线探伤机将不能开启高压。

（2）若 X 射线探伤机无法启动高压，首先应确认控制箱内的保险管是否烧坏；其次检测 SF6 绝缘气体是否达标，以及 X 射线探伤机头过滤片和屏蔽罩是否损坏。

（3）X 射线探伤机延时启动，有安全操作、保护辐射工作人员人身安全的作用；在 X 射线探伤机延时启动期间，警戒人员应再次确认控制区及周围无人逗留，如有公众成员停留应立即关闭 X 射线探伤机。

（4）远程控制曝光功能，即布置好射线机和被检工件后，人员撤离到控制区（或曝光室）外，通过 X 射线探伤机配备的远程控制器，按下曝光开关。曝光开关仅在控制器上设置，X 射线探伤机侧无曝光按钮，确保了人员的安全。

（5）保险管烧坏时 X 射线探伤机将自动停止高压运行并自行断电。

（6）接头接触不良时 X 射线探伤机将显示故障功能，且不能开启高压运行。

(7) X 射线探伤机在主射线束出口安装有 X 射线过滤片, 将对探伤检测无用的低能量射线束进行过滤, 以此来减小 X 射线对环境的影响。

(8) 控制器上设有紧急制动按钮。

10.1.3 拟采取的安全防护措施

1、开展 X 射线现场探伤工作的每台探伤机配备 2 名工作人员;

2、每台 X 射线探伤机配备 1 台 X- γ 剂量率监测仪、工作状态指示灯、声光报警装置;

3、拟设置警戒线、警戒标识: 在控制区、监督区的边界设置警戒线, 并悬挂清晰可见的“探伤作业禁止入内”、“当心电离辐射”等警告牌及电离辐射警示标识;

4、拟为 XXQ2005 型定向探伤机配备 1 个 1mmPb 的铅板用于局部屏蔽, 由于定向探伤机与探伤工件间距离一般为 0.5~1.5m, X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 20° 时: 探伤设备距工件 1.5m 处辐射野面积为 0.94m² (半径为 0.55m), 可知配备的铅皮面积至少为 1.2m×1.2m。拟为 XXG3005C 型 X 射线周向探伤机采取 1mmPb 的铅橡胶或铅皮进行局部屏蔽, 按周向探伤机的探伤工件最大直径 1m, 辐射角为 30°, 可知配备的铅橡胶或铅皮的面积至少 0.3m×3.2m。

10.1.4 需采取的安全管理措施

1、探伤作业前, 划定作业场所工作区域, 并在相应边界设置警示标识。在试曝光条件下, 以探伤机射线管为中心由远到近用 X- γ 剂量率监测仪进行工作区域划分, 并保存巡测记录。

①本项目将作业时被检物体周围的剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围划为控制区。控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌, 探伤作业人员在控制区边界外操作。

②控制区的边界外、作业时周围剂量大于 2.5 μ Sv/h 的范围划为监督区, 并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌, 设专人警戒。

③控制区的方位清晰可见, 确保没有无关人员进入控制区。

2、现场探伤操作人员必须经过操作业务培训, 熟练掌握操作方法后方可开展现场探伤工作。

3、尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤, 无法避免时, 划定工作区域, 把无关人员疏散至监督区以外; 控制区的边界尽可能设定实体屏障, 利用探伤具体地点、地形特征及周围设施防护, 如大石、墙体、拐角、坑体等有利地形, 因地制宜。根据具体照射情况选择射线装置的出束方向, 尽可能降低射线对人体的照射剂量。

4、探伤机控制台设置在合适的位置或者设有延时开机装置, 以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5、探伤现场应有“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其他报警信号有明显区别；警示信号指示装置应与探伤机联锁；在控制区所有边界都应能听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

6、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。

10.1.5 其他辐射安全管理措施

1、为落实辐射安全防护措施、确保射线装置安全操作，保证操作人员个人剂量低于限值要求，应按照国家标准和法律法规要求，制定相关管理制度。

2、公司拟配备的4名辐射工作人员应根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告2019年第57号）要求，在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台上报名学习并通过考核后方可上岗。

3、公司拟配备的4名辐射工作人员上岗前均需进行健康检查，体检合格后方可上岗，上岗后根据国家相关标准规定定期体检，并建立健康检查档案。

4、公司为辐射工作人员配备个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪，专人专戴，保证每名辐射工作人员个人剂量计每个季度送有资质单位检测1次，并建立个人剂量档案。

5、X射线探伤机无探伤作业时，放置于设备室内，且设备室安装防盗门窗。

6、项目建成投运后对本单位的射线装置进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的辐射安全年度评估报告。

7、根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护的标准化建设提出了要求，见表10-1。

表10-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）—辐射安全防护措施部分

项目		具体要求	
工业 X 射线探伤	移动式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区。
		标志及指示灯	控制区边界设置明显的警戒线和电离辐射警示标志，悬挂“禁止进入 X 射线区”警告牌。
			控制区边界设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。警示信号指示装置应与探伤机联锁。
		监督区边界和建筑物进出口的醒目位置设置电离辐射警示标志和悬挂清晰的“无关人员禁止入内”警告牌。	
工业 X 射线探伤	移动式探伤作业场所	辐射安全措施	探伤作业期间，应安排人员对控制区边界进行巡逻。
			探伤作业期间，便携式 X-γ 辐射检测仪应一直处于开机状态。
			作业前、结束后现场辐射水平的检测情况及结果记录。
监测设备及个人防护用品			便携式 X-γ 辐射检测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅防护用品等

10.2 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气被电离产生的 O₃ 和 NO_x、洗片产生的废显（定）影液、洗片废水和废胶片，及工作人员产生的生活污水及生活垃圾。主要治理措施如下：

一、废水

辐射工作人员产生少量的生活污水（80m³/a），生活污水依托公司生产区（租赁房屋）现有化粪池处理后，最终排向市政污水管网。

二、废气

本项目 X 射线探伤机曝光时产生的 X 射线使空气电离产生少量的有害气体，主要为 O₃ 和 NO_x。由于现场探伤地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

三、固体废弃物

1、生活垃圾

辐射工作人员产生少量的生活垃圾 2kg/d（0.5t/a），进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

2、危险废物

废显（定）影液属于《国家危险废物名录（2021 年）》中 HW16 感光材料废物（废物代码 900-019-16，其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。本次评价将洗片废水纳入企业危险废物管理体系。废液桶直接与自动洗片机相连，洗片产生的废显（定）影液、洗片废水在洗片过程中即可收集至废液桶中，统一暂存于危废贮存库内，最终交由有资质单位处置。废胶片属于《国家危险废物名录（2021 年）》中 HW16 感光材料废物（废物代码 900-019-16，其他行业产生的废显（定）影剂、胶片和废像纸）。废胶片统一暂存于危废贮存库内，最终交由有资质单位处置。

在进行危险废物转移时，应参照《危险废物转移联单管理办法》如实进行转移联单的填报登记，并按程序和期限向县级以上生态环境主管部门报告。

根据《陕西省固体废物污染环境防治条例》和《陕西省危险废物转移电子联单管理办法（试行）》相关要求，建设单位须做好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的运输应交由具有资质的危废处置单位统一运输、处置，在项目建成试运行前应签订危险废物处置合同。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为移动式无损检测项目，无需建设专用探伤室，故不存在设备的安装过程，项目施工期主要为设备室、洗片暗室以及危废贮存库的改造和装修，建设时将产生施工噪声、粉尘、废水和少量生活垃圾，主要影响对象为周围公众，施工时对环境会产生如下影响：

一、施工废气

本项目在施工期将产生扬尘，本项目施工均在室内进行，因此废气影响仅局限在施工现场。针对上述大气污染采取以下措施：及时清扫施工场地，并保持施工场地一定湿度。采取上述措施后扬尘会得到有效控制，对周围环境影响很小。

二、废水

施工人员产生的生活污水依托公司生产区（租赁房屋）现有化粪池处理后排于市政管网，对周围水环境影响很小。

三、噪声

项目施工期主要为设备存放间、洗片暗室以及危废贮存库的建设，施工过程位于室内，仅使用小型机械，工程量小、施工周期短，施工期对声环境影响小。该项目改造过程中，施工单位应优化施工方案，选用低噪声施工设备，尽量减小施工作业对周围环境噪声影响；合理安排施工作业时间，夜间（22:00~6:00）以及白天（12:00~14:00）休息时段禁止施工，以减小噪声影响。

四、固体废物

施工期生活垃圾经集中收集后，由环卫部门处理，通过上述措施后，项目施工期产生的固废均得到合理妥善的处置，处置率 100%，对环境影响较小。

建设单位在施工阶段计划采取上述污染防治措施，将施工期的影响控制在局部区域，对周围环境影响较小。

本项目施工过程中，由于未使用射线装置，故不会对周围环境产生辐射污染。

11.2 运行阶段对环境的影响

本次评价采用理论预测的方式进行影响预测，计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中相关计算公式。根据“表 10 辐射安全与防护”中工作场所区域理论划分结果，将周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区，周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区。

11.2.1 有用线束辐射剂量率估算

11.2.1.1 有用线束屏蔽估算模式

①对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按公式 11-1 计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，mm；具体取值见表 11-1。

②在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽透射因子 B 由公式 11-1 进行计算。关注点的剂量率 \dot{H} 按公式 11-2 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \text{（公式 11-2）}$$

式中：I—X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H_0 —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ，本项目 H_0 取自 GBZ/T 250-2014 中表 B.1 内容，本项目取值见表 11.2-1；

B—屏蔽所需透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

11.2.1.2 有用线束方向辐射剂量率及控制区、监督区边界距离估算

根据相关设备使用说明书，XXQ2005 型探伤机（管电压：200kV,管电流：5mA）对钢板最大穿透厚度为 30mm，XXG3005C 型探伤机（管电压：300kV,管电流：5mA）对钢板最大穿透厚度为 50mm。根据企业拟探伤管道情况，本次屏蔽计算中 XXQ2005 型探伤机（管电压：200kV,管电流：5mA）拟检测管道（钢材）的壁厚以 10mm 计，由于实际操作时探伤机位于管道侧向，胶片位于对侧管壁后方，为对侧管道焊缝进行无损检测，X 射线需穿透 2 层管壁，因此工件厚度以 2 倍壁厚计为 20mm；XXG3005C 型探伤机（管电压：300kV,管电流：5mA）拟检测管道（钢材）的壁厚为以 30mm 计，探伤机位于管道内，因此工件厚度以壁厚计为 30mm。

1、仅工件屏蔽状态下估算

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），在工件屏蔽状态下，关注点辐射剂量率计算参数见表 11-1；根据公式 11-1 和公式 11-2，在工件屏蔽状态下有用线束方向控制区和监督区范围计算结果见表 11-2。

表 11-1 仅工件屏蔽状态下关注点辐射剂量率计算参数

最大管电流 I (mA)	管电压 (kV)	距离辐射源点（靶点） 1m 处的输出量 H ₀ (μSv·m ² / (mA·h))	钢结构工件 平均厚度 (mm)	什值层厚度 (mm)	
				铅	铁/钢
5	200	28.7×6×10 ⁴	20	1.4	15
5	300	20.9×6×10 ⁴	30	5.7	21

表 11-2 有用线束方向控制区和监督区边界范围计算结果

管电压 (kV)	最大管电流 I (mA)	工件铅当量 (mmPb)	屏蔽所需透射 因子 B	控制区边界 (m)	监督区边界 (m)
200	5	1.87	4.62×10 ⁻²	162.78	398.73
300	5	8.14	3.73×10 ⁻²	124.90	305.93

注：不同电压下铁/钢的什值层厚度取自《辐射防护导论》P103 图 3.23。

根据计算结果可知，仅工件屏蔽状态下 X 射线探伤机工作时控制区和监督区的范围过大，不利于实际探伤工作的进行。经与建设单位核实，为尽可能的减小控制区和监督区的范围，企业拟对 XXQ2005 型 X 射线定向探伤机（管电压：200kV,管电流：5mA）采取 1mmPb 的铅板进行局部屏蔽；XXG3005C 型 X 射线周向探伤机（管电压：300kV,管电流：5mA）采取 1mmPb 的铅橡胶或铅皮进行局部屏蔽。

2、工件叠加局部屏蔽状态下估算

根据建设单位提供资料，本项目拟为 XXQ2005 型 X 射线定向探伤机有用线束方向配备 1mmPb 的铅板，XXG3005C 型 X 射线周向探伤机有用线束方向配备 1mmPb 的铅橡胶或铅皮。X 射线探伤机在工件叠加局部屏蔽条件下关注点辐射剂量率计算参数见表 11-1，根据公式 11-1 和公式 11-2，控制区和监督区边界范围计算结果见表 11-3。

表 11-3 有用线束方向控制区和监督区边界范围计算参数及结果

管电压 (kV)	局部屏蔽配 备的铅当量 (mm)	工件铅当量 (mmPb)	工件+局部 屏蔽铅的厚 度 (mm)	屏蔽所需 透射因子 B	控制区边界 (m)	监督区边界 (m)
200	1	1.87	2.87	8.91×10 ⁻³	71.52	175.20
300	1	8.14	10.14	1.66×10 ⁻²	102.05	249.98

11.2.2 非有用线束辐射剂量率估算

11.2.2.1 泄漏辐射屏蔽估算模式

泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} ，按公式（11-3）计算，单位为微希每小时（μSv/h）：

$$\dot{H} = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{公式 11-3})$$

式中：

B—屏蔽透射因子，本项目非有用线束方向不考虑屏蔽，因此 B 取 1；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

H_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（μSv/h），其典型值取自 GBZ/T 250-2014 中表 1 内容，本项目取值见表 11-4。

11.2.2.2 散射辐射屏蔽估算

关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ，按公式（11-4）计算，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{（公式 11-4）}$$

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 —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；本项目 H_0 取自 GBZ/T 250-2014 中表 1 内容，本项目取值见表 11-6。

B—屏蔽透射因子，本项目非有用线束方向不考虑屏蔽，因此 B 取 1；

F— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（ 1m^2 ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比，根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界夹角为 20° 时， $R_0^2 / F \cdot \alpha$ 取 50；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m），本项目取 1m；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

11.2.2.3 非有用线束的控制区与监督区的边界范围估算

由于待检工件与散射线、漏射线的方向基本不在一个方向，本次评价不考虑工件的屏蔽作用。

1、非有用线束方向控制区和监督区边界范围估算

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和公式 11-3 和公式 11-4，非有用线束方向控制区和监督区边界范围估算参数见表 11-4 和表 11-5。

表 11-4 泄漏辐射关注点辐射剂量率计算参数

序号	管电压 (kV)	最大管电流 I (mA)	距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)
1	200	5	2500
2	300	5	5000

表 11-5 非有用线束散射辐射关注点辐射剂量率计算参数

序号	管电压 (kV)	在最高管电压下的最大管电流 I (mA)	输出量 H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	$F \cdot \alpha / R_0^2$
1	200	5	$28.7 \times 6 \times 10^4$	0.02
2	300	5	$20.9 \times 6 \times 10^4$	0.02

XXQ2005 型 X 射线定向探伤机非有用线束方向无屏蔽条件，非有用线束方向控制区和监督区边界范围估算估算结果见表 11-6。

XXG3005C 型 X 射线周向探伤机有用线束垂直地面照射时，需要考虑非有用射线的影 响，从保守角度，在非有用线束方向无屏蔽状态进行估算，非有用线束方向控制区和监督区边界范围估算结果见表 11-7。

表 11-6 非有用线束方向辐射剂量率 (200kV)

辐射剂量率 (μSv/h) 距离 (m)	便携式 X 射线探伤机 (200kV)		
	泄漏辐射	散射辐射	总辐射
10.00	25.00	1722.00	1747.00
20.00	6.25	430.50	436.75
30.00	2.78	191.33	194.11
40.00	1.56	107.63	109.19
50.00	1.00	68.88	69.88
60.00	0.69	47.83	48.53
70.00	0.51	35.14	35.65
80.00	0.39	26.91	27.30
90.00	0.31	21.26	21.57
100.00	0.25	17.22	17.47
107.91	0.21	14.79	15.00
110.00	0.21	14.23	14.44
120.00	0.17	11.96	12.13
130.00	0.15	10.19	10.34
140.00	0.13	8.79	8.91
150.00	0.11	7.65	7.76
160.00	0.10	6.73	6.82
170.00	0.09	5.96	6.04
180.00	0.08	5.31	5.39
190.00	0.07	4.77	4.84
200.00	0.063	4.31	4.37
210.00	0.057	3.90	3.96
220.00	0.052	3.56	3.61
230.00	0.047	3.26	3.30
240.00	0.043	2.99	3.03
250.00	0.040	2.76	2.80
260.00	0.037	2.55	2.58
264.35	0.036	2.46	2.50
270.00	0.034	2.36	2.40

表 11-7 非有用线束方向辐射剂量率 (300kV)

辐射剂量率 (μSv/h) 距离 (m)	便携式 X 射线探伤机 (300kV)		
	泄漏辐射	散射辐射	总辐射
10.00	50.00	1254.00	1304.00
20.00	12.50	313.50	326.00

30.00	5.56	139.33	144.89
40.00	3.13	78.38	81.51
50.00	2.00	50.16	52.16
60.00	1.39	34.83	36.22
70.00	1.02	25.59	26.61
80.00	0.78	19.59	20.37
90.00	0.62	15.48	16.10
93.23	0.58	14.42	15.00
100.00	0.50	12.54	13.04
110.00	0.41	10.36	10.77
120.00	0.35	8.71	9.06
130.00	0.30	7.42	7.72
140.00	0.26	6.40	6.66
150.00	0.22	5.57	5.79
160.00	0.20	4.90	5.10
170.00	0.17	4.34	4.51
180.00	0.15	3.87	4.02
190.00	0.14	3.47	3.61
200.00	0.13	3.14	3.27
210.00	0.11	2.84	2.95
220.00	0.10	2.59	2.69
228.35	0.10	2.40	2.50
230.00	0.09	2.37	2.47

11.2.3 X射线现场探伤环境影响分析

根据以上计算，XXQ2005型X射线定向探伤机有用线束方向（仅工件自身）控制区范围为162.78m，监督区范围为398.73m；有用线束方向（工件自身+局部铅屏蔽条件）控制区范围为71.52m，监督区范围为175.20m；非有用线束方向（无屏蔽条件）的控制区范围为107.91m，监督区范围为264.35m。

XXG3005C型X射线周向探伤机有用线束方向（工件自身）控制区范围为124.90m，监督区范围为305.93m；有用线束方向（工件自身+局部铅屏蔽条件）控制区范围为102.05m，监督区范围为249.98m；XXG3005C型X射线周向探伤机有用线束垂直地面照射时，非有用线束方向（无屏蔽条件）的控制区范围为93.23m，监督区范围为228.35m。

探伤作业期间，操作人员在控制区边界操作 X 射线探伤机，安全员在控制区和监督区边界之间进行巡检；在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。在采取以上措施后，X 射线探伤过

程中，对职业人员和周边环境的影响较小。

11.2.4 个人年附加有效剂量估算

11.2.4.1 X 射线探伤过程中操作人员年附加有效剂量估算

X 射线现场探伤需根据现场情况对探伤检测现场划分控制区和监督区，控制区边界剂量率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）相关要求，探伤作业人员在控制区边界外操作。安全员主要负责现场探伤过程中的 X 射线探伤机的看管、控制区和监督区的划分和警戒、对作业区边界上的实时剂量率进行巡测和安全巡视。探伤作业期间，安全员一直在控制区~监督区边界进行巡逻。

根据企业提供的资料，本项目 X 现场探伤拟配备 4 名职业人员，分 2 个探伤小组，每个探伤小组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员），工件探伤和划区每年实际总开机曝光时间约 212.5h。

假设现场探伤过程中，由探伤小组中的 2 人共同完成 X 射线探伤机的操作，其中 1 人（安全员）负责现场探伤过程中的安全巡查。操作人员和安全员与探伤机的最近距离均位于控制区边界外，控制区边界剂量率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ ，出束时间为 212.5h/a，该出束时间由 2 个探伤工作组进行分担，则每个职业人员年附加有效剂量最大值为 $15\mu\text{Sv/h}\times 212.5\text{h/a}\div 1000\div 2\approx 1.6\text{mSv/a}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（5mSv）。

11.2.4.2 X 射线探伤过程中公众年附加有效剂量估算

本项目公众活动区域主要位于监督区外，监督区边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。由于探伤作业曝光时间不超过 212.5h/a，从保守考虑考虑，X 射线现场探伤时周围人员较少，公众人员居留因子保守取 1/16，则该公众成员的年有效剂量最大为 $212.5\text{h}\times 2.5\mu\text{Sv/h}\times 1/16=33.20\mu\text{Sv}\approx 0.033\text{mSv}$ ，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众照射限值和本次环评提出的年剂量约束值（0.1mSv）。可见，在现场探伤过程中，探伤机产生的 X 射线对公众的影响很小。

企业在探伤前预先划定了控制区和监督区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”，在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场；且现场探伤多为流动式作业，不会在同一位置长期作业，故一般情况探伤过程对公众的影响甚微。

11.2.5 大气环境影响分析

本项目探伤机工作时，X射线探伤机产生的X射线使空气电离产生少量的有害气体，主要为O₃和NO_x。由于现场探伤地点均为开阔的场所，扩散条件较好，经自然分解和稀释后，对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

11.2.6 水环境影响分析

辐射工作人员产生少量的生活污水(80m³/a)，日常产生生活污水量小(0.32m³/d)，生活污水依托公司生产区(租赁房屋)现有化粪池处理后，最终排向市政污水管网。

11.2.7 固体废物影响分析

1、生活垃圾

辐射工作人员产生少量的生活垃圾2kg/d(0.5t/a)，生活垃圾进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

2、废显(定)影液、洗片废水及废胶片

本项目将现场探伤胶片带回公司洗片暗室内进行冲洗。根据建设单位提供资料，项目在现场探伤过程中产生废显(定)影液、废胶片及洗片废水使用专用容器分类收集，暂存于危废贮存库内，最终交由有资质单位处置。

本项目危废贮存库应严格按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)相关要求建设，危废贮存库内配备照明设施、消防设施，门外张贴符合标准的危险废物警示标志及危险废物标签，屋内张贴《危险废物管理制度》；危废贮存库应做到防风、防雨、防晒、防渗等，建立危废台账，记录危废产生量、处置量及去向，并按照管理要求进行管理，其管理要求如下：

①危废贮存库由专人负责管理，钥匙由专人进行保管，并由其协助建立转运联单台账。

②作为危险废物情况的记录，记录上须标明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、出库日期及接收单位名称；建立台账并悬挂于危废贮存库内，转入及转出需要填写危废种类、数量、时间及负责人员姓名。

③针对本项目产生的危废，环评要求严格按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)要求对其进行贮存及转移。根据《危险废物转移管理办法》的要求危险废物电子转移联单数据应当在信息系统中至少保存十年。

④定期为贮存废(显)定影液、洗片废水的包装容器进行检查，发现破损应及时采取措施清理并更换；破损的包装容器按危险废物进行管理和处置。

⑤建设单位设置危险废物贮存库用于存储本项目产生的危险废物并张贴相应的标识；废胶片与本项目产生的废(显)定影液分区贮存，禁止混装。

⑥评价要求建设单位应建立危险废物管理体系。

危险废物的贮存设施应满足以下要求：

①应建有堵截泄漏的裙脚，地面与裙脚要用坚固防渗的材料建造。应有隔离设施、报警装置和防风、防晒、防雨设施。

②基础防渗层为粘土层的，其厚度应在 1 米以上，渗透系数应小于 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ ；基础防渗层也可用厚度在 2 毫米以上的高密度聚乙烯膜等人工防渗材料组成，渗透系数应小于 $1.0 \times 10^{-10} \text{cm/s}$ 。

③用于存放液体、半固体危险废物的地方，需有耐腐蚀的硬化地面，地面无裂隙；

④不相容的危险废物堆放区必须有隔离间隔断。

⑤使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形；其容器和包装物应具有相应的防渗、防漏、防腐和强度等性能；盛装液态危险废物容器置于防溢托盘之上防止渗漏后泄漏。

采取以上措施后项目产生的固体废物可得到合理处置，不会对环境产生不利影响。

11.2.8 放射性废物影响分析

X 射线探伤机在工作过程中不产生放射性废气、放射性废水、放射性固体废物。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险分析

1、辐射事故识别

本项目的环境风险因子为X射线，危害因素为射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。本项目在运行过程中可能发生的事故有：

(1) 仪器故障：X射线探伤机漏射线指标达不到《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 规定的要求，或探伤机故障以及控制系统失灵，出现异常曝光导致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

(2) 未分区管理：X射线探伤机在照射状态，作业现场未标划控制区和监督区，使人员误入或误留辐射区，受到不必要的照射；或探伤作业人员未按规定撤离到安全区域，导致工作人员受照剂量偏高，超出剂量限值。

(3) 人员误照：在探伤现场没有做好警戒工作或曝光前未清查现场，工作人员和公众误留在监督区内，使工作人员或公众造成不必要照射。

(4) 在不适合探伤的场地实施现场探伤，且未做好相应的防护措施（如增加局部屏蔽等措施），造成公众或者工作人员受到不必要的照射。

(5)由于公众对于射线装置认识不足，可能存在X射线探伤机被拾取或偷盗后接通电源，造成公众受到不必要的超剂量照射。

2、辐射事故影响分析

(1)误照射事故影响分析

当X射线探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成误照射；或无关人员误闯入控制区，对该人员造成误照射。为避免此类情况发生，建设单位应定期检查、维护设备，强化探伤机运输和探伤过程规章制度。

本次事故分析假设在不同情况下发生误照射。根据辐射事故识别，本次针对人员未及时撤离控制区情况，职业人员或公众在不同方向达到剂量限值所需时间。预测结果见表11-8、表11-9。

表 11-8 事故情况下预测结果一览表（单位：mSv）

设备	人员方位	距 X 射线机距离	停留时间 (s)						
			0.04	2.09	10	20	30	60	1200
XXG2005 型 X 射线探伤机	有用线束方向	1m	0.10	5.00	23.92	47.83	71.75	143.50	2870.00
		2m	2.39E-02	1.25	5.98	11.96	17.94	35.88	717.50
		3m	1.06E-02	0.56	2.66	5.31	7.97	15.94	318.89
		4m	5.98E-03	0.31	1.49	2.99	4.48	8.97	179.38
		5m	3.83E-03	0.20	0.96	1.91	2.87	5.74	114.80
		10m	9.57E-04	0.05	2.39E-01	4.78E-01	0.72	1.44	28.70
		20m	2.39E-04	1.25E-02	5.98E-02	1.20E-01	1.79E-01	0.36	7.18
		50m	3.83E-05	2.00E-03	9.57E-03	1.91E-02	2.87E-02	5.74E-02	1.15
	/	/	1.94	5	10	30	60	101.5	1200
	非有用线束方向	1m	0.10	0.25	0.49	1.48	2.95	5.00	59.07
		2m	2.39E-02	0.06	0.12	0.37	0.74	1.25	14.77
		3m	1.06E-02	0.03	0.05	0.16	0.33	0.56	6.56
		4m	5.97E-03	1.54E-02	3.08E-02	0.09	0.18	0.31	3.69
		5m	3.82E-03	9.84E-03	1.97E-02	5.91E-02	1.18E-01	0.20	2.36
		10m	9.55E-04	2.46E-03	4.92E-03	1.48E-02	2.95E-02	0.05	0.59
20m		2.39E-04	6.15E-04	1.23E-03	3.69E-03	7.38E-03	0.01	1.5E-01	
50m	3.82E-05	9.84E-05	1.97E-04	5.91E-04	1.18E-03	0.00	2.4E-02		

表 11-9 事故情况下预测结果一览表（单位：mSv）

设备	人员方位	距 X 射线机距离	停留时间 (s)						
			0.06	2.87	5	10	30	60	1200
XXG3005C 型 X 射线探伤机	有用线束方向	1m	0.10	5.00	8.71	17.42	52.25	104.50	2090.0
		2m	0.03	1.25	2.18	4.35	13.06	26.13	522.5
		3m	1.16E-02	0.56	0.97	1.94	5.81	11.61	232.2
		4m	6.53E-03	0.31	0.54	1.09	3.27	6.53	130.6
		5m	4.18E-03	0.20	0.35	0.70	2.09	4.18	83.6
		10m	1.05E-03	5.00E-02	8.71E-02	0.17	0.52	1.05	20.9
		20m	2.61E-04	1.25E-02	2.18E-02	4.35E-02	1.31E-01	0.26	5.2
		50m	4.18E-05	2.00E-03	3.48E-03	6.97E-03	2.09E-02	4.18E-02	0.8
	/	/	2.76	5	10	30	60	138	1200
	非有用线束方向	1m	0.10	0.18	0.36	1.09	2.17	5.00	43.5
		2m	0.02	0.05	0.09	0.27	0.54	1.25	10.9
		3m	1.11E-02	0.02	0.04	0.12	0.24	0.56	4.8
		4m	6.25E-03	1.13E-02	2.26E-02	0.07	0.14	0.31	2.7

	5m	4.00E-03	7.24E-03	1.45E-02	4.35E-02	8.69E-02	0.20	1.7
	10m	1.00E-03	1.81E-03	3.62E-03	1.09E-02	2.17E-02	5.00E-02	0.4
	20m	2.50E-04	4.53E-04	9.06E-04	2.72E-03	5.43E-03	1.25E-02	1.1E-01
	50m	4.00E-05	7.24E-05	1.45E-04	4.35E-04	8.69E-04	2.00E-03	1.7E-02

根据表11-9可知，本项目XXQ2005型X射线探伤机发生辐射安全事故时，有用线束方向公众误照射0.13s可达到剂量约束值（0.1mSv），职业人员误照射6.74s可达到剂量约束值（5mSv）；非用线束方向公众误照射5.96s可达到剂量约束值（0.1mSv），职业人员误照射308.5s可达到剂量约束值（5mSv）。根据表11-10可知，XXG3005C型X射线探伤机（管电压300kV,管电流5mA）发生辐射安全事故时，有用线束方向公众误照射0.06s可达到剂量约束值（0.1mSv），职业人员误照射2.87s可达到剂量约束值（5mSv）；非用线束方向公众误照射2.76s可达到剂量约束值（0.1mSv），职业人员误照射138s可达到剂量约束值（5mSv）。

(2)X射线探伤机丢失事故影响分析

由于公众对于射线装置认识不足，可能存在X射线探伤机被拾取或偷盗后接通电源，造成公众超剂量辐射事故。根据计算，在距离射线装置1m、有用线束方向时，公众通电开机后误照射0.57s可达到剂量约束值（1mSv）。因此，应加强对X射线探伤机在贮存、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失情况。

3、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-10。

表 11-10 辐射事故等级划分表

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，或者放射源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 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾
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，或者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

由表11-8和表11-9事故情况下预测结果可知，距X射线探伤机有用线束方向1m处，受照时间0.04s~1200s时，受照剂量为0.1mSv~2870mSv，因此射线装置失控、丢失、被盗可能导致人员受到超过年剂量限值的照射或急性重度放射病、局部器官残疾，属于一般辐射事故或较大辐射事故。

4、辐射事故应急措施

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》及《陕西省放射性污染防治条例（2019年修正）》，当发生或发现辐射事故时，企业应当立即启动事故应急预案，采取必要应急处置措施：

(1)发现异常立即切断电源，确保X射线探伤机停止出束，并检查排除异常，做好记录；

(2)立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3)对可能受到大剂量照射的人员，应及时检测辐射工作人员所佩戴的个人剂量计，剂量超标人员应及时调岗，并及时送到专业医院就诊检查治疗。

5、风险防范措施

由于本项目存在发生事故的风险，所以必须制定相应的风险防范措施：

(1)探伤作业前告知业主单位的责任，应配合做好探伤作业的辐射防护工作，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)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。

(3)现场探伤作业时，先进行清场，并对工作现场进行分区管理，在相应边界设置警示标识。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。

(4)控制区的边界尽可能采用实体屏障，包括利用现有结构（如墙体），临时屏障或临时拉起警戒线等，防止无关人员误闯入控制区或监督区而造成误照射。

(5)加强对X射线探伤机在领用、贮存、运输、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失情况的发生，造成公众超剂量辐射事故。

(6)探伤机控制台应设置在合适的位置或者设有延时开机装置，避免工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成误照射。

(7)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。

(8)探伤现场应有“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其他报警信号有明显区别；警示信号指示装置应与探伤机联锁；在控制区所有边界都应能听见或看见“预备”信号和“照射”信号，防止无关人员误闯入控制区而造成误照射。

(9) 控制区的方位应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有无关人员进入控制区；如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排人员进行巡查，防止无关人员误闯入控制区而造成误照射。

(10) 应严格按照操作规程进行，对未经培训的探伤工作人员严禁进行探伤操作；防止操作人员不遵守操作规程或违规操作而造成周围人员的不必要照射。

(11) 定期对探伤机进行检查，对发现有问题的部件应及时更换或维修。

(12) 及时制定辐射事故风险的应急预案，一旦发生事故能及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全管理机构设置

根据《中华人民共和国环境保护法》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条“使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作”等有关法律法规及国家标准的要求，为了加强射线装置的安全和防护的监督管理，以正确应对突发性辐射事故，确保事故发生后能快速有效地进行现场应急处理、处置，维护和保障工作人员和公众的生命安全和财产。

北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟以单位主要领导为组长，探伤工作主要负责人为成员的辐射安全与环境保护管理小组，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员兼职负责该单位辐射安全工作。

2、辐射安全与环境保护管理小组主要职责

(1)认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；

(2)对单位使用的射线装置安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任；

(3)组织制定并落实辐射防护相关管理制度；

(4)按照国家有关规定，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，发现安全隐患及时进行整改，确保设备正常使用；

(5)组织对放射性操作人员进行辐射与安全防护培训，进行个人剂量检查、职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；

(6)制定辐射事故应急预案并定期组织演练；

(7)记录单位发生的放射事故并及时报告卫生行政部门、生态环境主管部门。

3、人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，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。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用、活动的职业

人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。拟为本项目配备 4 名辐射工作人员，本次评价要求在验收前相关辐射工作人员应：

(1) 取得探伤工作证；

(2) 根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年第 57 号）要求，参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并取得辐射防护培训合格证明；

(3) 进行岗前体检，确认没有职业禁忌症。

本项目在验收前辐射工作人员应完成上述条件后方可上岗。

4、射线装置台账管理

项目建设单位应制定射线装置台账管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定。射线装置台账应记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行无损检测应进行基本信息记录。

5、辐射安全管理标准化建设

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护的标准化建设提出了要求，见表 12-1。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表（辐射安全管理）

管理内容	管理要求
人员管理	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人分管辐射安全工作
	年初工作安排的和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容
	明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责
	提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识
	负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告
	建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责
	建立辐射环境安全管理档案
	对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录
	岗前进行职业健康体检，结果无异常
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗
	了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理

机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案
	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案
应急管理	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练
	应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序

根据上述要求，北京航天京测工程有限公司榆林分公司应制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《射线装置管理制度》、《X 射线探伤机操作规程》、《射线装置负责人岗位制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《辐射事故应急处理预案》等规章制度。

除此之外北京航天京测工程有限公司榆林分公司还应根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》制定《危险废物管理制度》。

本项目 X 射线探伤机存放场所入口应有门禁装置，公司内部人员持有效证件才可进入，同时仪器设备室内安装 24h 监控设施，仪器设备室内张贴《放射作业管理制度》、《X 射线探伤作业管理办法》《X 射线探伤应急预案》等相关制度。要求使用设备时，应填写仪器设备借用登记表。本项目设备存放后，公司应定期对设备进行检查、维护。

北京航天京测工程有限公司榆林分公司需在取得《辐射安全许可证》且通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式进行现场探伤工作，现场探伤过程中应严格按照规章制度执行，按照监测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

12.2 人员培训及档案管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“运营管理”要求、《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发[2018]29号）相关规定要求，单位必须培植和保持良好的安全文化素养，彻底杜绝辐射事故的发生。放射性工作人员在上岗之前，需参加公司组织的辐射安全与防护培训学习及相关辐射防护基础知识及操作技能的培训学习，并通过核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格证单，具备从事放射性工作能力。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011年5月1日实行）第二十三条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

环评要求：应按照相关法律、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。应建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔应不超过2年。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
使用 II 类射线装置的工作单位，应当拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，明确小组成员组成、相关工作职责
从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	建设单位拟配备 4 名辐射工作人员，拟制定培训计划，辐射工作人员均参加 X 射线探伤专业的辐射安全防护培训并通过考核，持证上岗。
射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	X 射线探伤机延时启动，有安全操作、保护辐射工作人员人身安全的作用；控制器上设有紧急制动按钮
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	拟配备 2 台 X- γ 剂量率监测仪，4 台人剂量测量报警，2 套 0.5mmPb 辐射防护服（含铅衣、护目镜、手套、围脖）
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位针对本项目拟制定相应的规章制度
有完善的辐射事故应急措施	本项目建成正式运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案并备案，一旦发生辐

射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全

建设单位尚未开展过核技术利用项目。待建设单位全部落实上述各项要求后进行环竣工自主验收，申领辐射安全许可证后，具备从事本项目辐射活动的的能力，本项目方可投入正式运行。

12.3 辐射监测

12.3.1 监测要求

为了保证本项目运行过程的安全、控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的相关规定，本项目监测内容包括：个人剂量监测、工作场所监测。

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款，“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”。

公司应配备如下监测仪器：

(1)本项目每台设备配置一个探伤作业班组，每个探伤班组 2 人，每个探伤作业班组配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，用于环境辐射剂量率的监测以及控制区和监督区范围划定；

(2)为 4 名辐射工作人员每人配备个人剂量计、直读剂量计、配备个人剂量报警仪，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。

环评要求：现场探伤前，需保证每名辐射工作人员均配备个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪；加强检测管理和辐射工作人员职业健康检查，建立辐射工作人员个人健康档案；每名辐射工作人员的个人剂量计专人专戴，每个季度送有资质部门检测一次，建立辐射工作人员个人剂量档案。

表 12-2 辐射防护设施数量

类别	环保设施/措施	数量
防护设施 防护设施	大功率喊话器	2 个
	个人剂量报警仪	4 个
	警示信号指示装置	2 套
	工作状态指示灯、声光报警装置	2 套
	安全警戒线	2 盘
	对讲机	2 个
	警示标志	若干
	1mmPb 铅板；1mmPb 铅皮或铅橡胶	各 1 套
	铅衣、护目镜、手套、围脖等个人防护用品	2 套

监测	X-γ 剂量率仪	2 台
	个人剂量计	4 个

辐射工作人员应配备个人防护用品和个人剂量监测仪器，同时配备必要的监测仪器对工作场所和周围环境进行辐射监测。个人剂量仪应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，每次现场探伤时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

12.3.2 监测计划

根据 X 射线现场探伤作业特点，制定本次项目的辐射环境监测计划。个人剂量监测和工作场所监测的监测内容、点位布设及监测频次见表 12-3。公司应严格执行此监测计划，并保存监测记录。

表 12-3 辐射环境监测计划表

工作场所	监测项目	监测内容	监测频次	监测目的
无损检测现场	周围剂量当量率	控制区、监督区边界确定时监测；探伤期间监督区巡测	竣工验收监测：设备投入前监测 1 次； 常规监测：每年委托有资质单位监测 1 次； 自主监测：建设单位每次开展探伤时监测 1 次	确定控制区、监督区边界，确保周边剂量符合要求
		停止工作时控制区边界监测	探伤机停止工作时，对控制区边界进行检测	确认探伤机已停止工作
工作人员个人剂量	个人剂量当量	/	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次，纳入企业个人剂量监测计划	建立个人剂量档案

12.4 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》（国务院令 449 号）、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，公司应制定《放射性同位素事故应急预案》，本项目运行后，将本项目可能发生的辐射事故及时纳入应急预案，制定订后的辐射事故应急预案应符合《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）的应急管理要求。

《陕西省放射性污染防治条例》第三十二条要求“核技术利用单位应当编制本单位辐射事故应急预案，报所在地县级环境保护行政主管部门备案”。

一、辐射应急预案内容

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）中对于辐射事故应急预案应包含的内容都提出了要求。

本次评价结合《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》和陕环办发〔2018〕29号的要求，建议公司制定的辐射事故应急预案包含以下内容：

- (1) 可能发生的辐射事故及危害程度分析
- (2) 应急组织指挥体系和职责分工
- (3) 应急人员培训和应急物资准备
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序

建设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。

二、辐射事故应急预案启动与报告

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）中要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在2h内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门报告；还应当同时向当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

三、应急演练及应急预案修订

应急预案编制后，公司应当每年组织开展应急演练，并记录；并根据演练中发现的问题，完善修订应急预案，维持应急能力。

12.5 环保投资和环保验收

12.5.1 环保投资

本项目总投资60万元，环保投资13万元，占总投资的21.7%。本项目环保投资一览表见表12-4。

表12-4 项目环保投资估算表（单位：万元）

实施时段	类别	污染源或污染物	污染防治措施或设施	建设费用
施工期	废气	施工扬尘等	及时清扫施工场地	0.2
	废水	少量生活污水	依托现有污水处理设施	—
	固体废物	生活垃圾	集中收集后，由环卫部门处理	0.1
运行期	X射线	防护用品	0.5mmPb 辐射防护服（含铅衣、护目镜、手套、围脖）（2套）	1.5
		防护设施	大功率喊话器（2套）	0.4
			个人剂量报警仪（4台）	1.0
			警示信号指示装置（2套）	0.3
			安全警戒线（2套）	0.4
		工作状态指示灯、声光报警装置（2套）	0.6	

			对讲机 (2 套)	0.4
			警示标志 (2 套)	0.5
			X-γ 剂量率仪 (2 台)	1.5
			个人剂量计 (4 个)	0.4
运行期	X 射线	防护设施	1 套 1mmPb 铅板 (面积大于 1.2m×1.2m); 1 套 1mmPb 铅皮或铅橡胶 (面积大于 0.3m×3.2m)	0.5
	废气	O ₃ 和 NO _x	自然扩散	—
	废水	生活污水	依托现有污水处理设施	—
	固废	生活垃圾	生活垃圾进行分类收集后, 统一纳入当地垃圾清运系统	0.2
危险废物		危废贮存库, 危险废物定期交由有资质单位处置	2	
环境管理与监测、辐射安全防护知识培训、辐射应急演练等				3
总投资				13

12.5.2 环保验收

为规范建设项目竣工环境保护验收的程序和标准, 强化建设单位环境保护主体责任, 根据《国务院关于修改〈建设项目环境保护管理条例〉的决定》(国务院令 第 682 号) 以及建设项目竣工环境保护验收有关管理规定和技术规范, 参照生态环境部关于规范建设单位自主开展建设项目竣工环境保护验收的相关要求, 建设单位进行项目竣工自主环保验收程序见方框图 12-1。

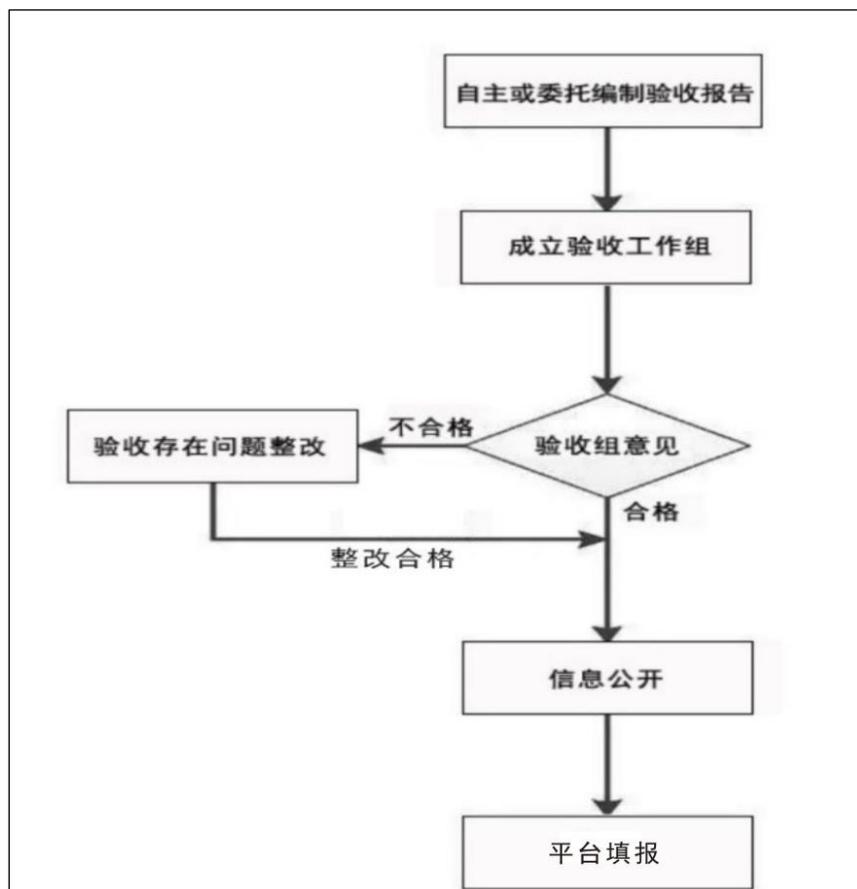


图 12-1 自主竣工验收程序方框图

本项目环保验收清单建议见表 12-5。

表 12-5 环保验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
1	辐射安全与环境管理领导机构和辐射事故应急领导组织	设立以公司主管领导为组长相关部门负责人参加的辐射安全与环境管理领导小组，负责整个公司辐射安全与环境管理工作	以文件形式成立辐射安全与环境保护管理小组
2	辐射环境监测	监测工作场所辐射剂量率，避免相关人员受到不必要的辐射	放射性工作场所及其周围环境进行监测，保存监测记录
3	工作场所区域划分，设立电离辐射警示标志	防止无关人员进入边界以内的操作区域	探伤现场划分控制区（大于15 μ Sv/h）、监督区（大于2.5 μ Sv/h）；区域边界设置警戒线、电离辐射警示标志以及警示信号指示装置
4	监测仪器	每台设备配备相应的仪器	X- γ 剂量率仪（2 台） 工作状态指示灯、声光报警装置（2 套）
		现场探伤工作小组每人均应配备相应的仪器	个人剂量计（4 个） 个人剂量报警仪（4 个）
5	个人剂量档案和健康档案	进行现场探伤操作时按要求佩戴个人剂量计，每个季度送有资质监测机构监测 1 次；并建立个人剂量档案和健康档案	建立个人剂量档案和健康档案；工作人员年附加有效剂量低于5mSv，公众年附加有效剂量低于0.1mSv
6	个人防护用品	为现场探伤操作人员配备个人防护用品	配备 0.5mmPb 辐射防护服（含铅衣、护目镜、手套、围脖）（2 套），1 套 1mmPb 铅板，1 套 1mmPb 铅皮或铅橡胶
7	放射性工作人员资质	新从事辐射活动的人员以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员均按要求参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核	参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核
8	危险废物贮存设施	危险废物贮存区域进行防渗处理，危险废物使用专用容器暂存，容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账等	符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）和《危险废物识别标志设置技术规范》（HJ 1276-2022）要求，并与有资质单位签订危废处置协议

9	建立健全规章制度	制定：①射线装置管理制度；②射线装置岗位职责、操作规程；③辐射工作人员培训管理制度及培训计划；④辐射工作人员个人剂量管理制度；⑤辐射工作人员职业健康体检管理制度；⑥辐射安全防护设施的维护与维修制度；⑦辐射环境监测制度；⑧辐射环境监测设备使用与检定管理制度；⑨辐射事故应急预案等规章制度。	保障项目污染防治设施及射线装置正常运行
10	标准化建设	按《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》要求进行标准化建设	对公司的辐射安全管理进行标准化建设，确保探伤现场操作与管理标准化

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1) 北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟使用 2 台便携式 X 射线探伤机用于管道焊缝进行无损检测。

本项目利用 X 射线探伤机开展现场探伤,属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中的“鼓励类”,符合国家产业政策规定。拟使用 2 台便携式 X 射线探伤机用于无损检测,其对受照个人或社会所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的“实践的正当性”原则。

(2) 根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022),X 射线探伤现场探伤作业时,将周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区,周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的区域划分为监督区。作业控制区、监督区边界设置警戒线,在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌,在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌,警示无关人员不可误入作业现场。作业现场设专人警戒,避免无关人员进入。

(3) 据剂量估算结果,辐射工作人员接受的最大年附加有效剂量为 1.6mSv ,公众接受的最大年有效剂量为 0.033mSv ,均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 中规定的剂量限值和本次评价提出的剂量约束值要求。

(4) 大气环境影响分析

本项目探伤机工作时,X 射线探伤机产生的 X 射线使空气电离产生少量的有害气体,主要为 O_3 和 NO_x 。由于现场探伤作业不会在同一个位置长期进行,且探伤时间较短,探伤地点基本为开阔的场所,扩散条件较好,经自然分解和稀释后,对周围环境及工作人员不会产生明显影响。

(5) 废显(定)影液、废胶片及洗片废水

本项目将现场探伤胶片带回公司洗片暗室内进行冲洗。根据建设单位提供资料,项目在现场探伤过程中产生废显(定)影液、废胶片及洗片废水使用专用容器分类收集,暂存于危废贮存库内,最终交由有资质单位处置。

综上所述,北京航天京测工程有限公司榆林分公司拟使用 2 台便携式 X 射线探伤机用于管道焊缝进行无损检测,其带来的利益远大于其可能引起的辐射危害,符合辐射防护实践的正当性要求,企业对该项目采取了辐射防护措施,使辐射影响达到合理尽可能低的水平,满足辐射防护最优化原则;项目运行所致职业人员和公众年附加

有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则；从辐射环境保护角度，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，该项目对环境的影响是可以接受的。

13.2 建议与要求

(1) 公司应按照国家生态环境行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，并编制验收报告，验收合格并取得辐射安全许可证才能正式投入使用。

(2) 对从事辐射工作的管理及操作人员，必须通过核技术利用辐射安全与防护考核合格后方能上岗。对已通过考核合格的工作人员应定期再进行辐射安全防护再教育的学习。

(3) 加强对射线装置的辐射防护设施的维护及检修工作，确保其运行正常。

(4) 严格按操作规程进行操作，防止发生辐射事故。

(5) 完善本项目的各项管理及操作制度，对制定的放射事故应急预案进行演练，做到有备无患。

(6) 对所有涉及放射性工作人员定期进行健康检查，并将检查记录归档。

(7) 按照监测计划对周围辐射环境进行监测，对公司的辐射安全和防护状况编制评估报告，于每年1月31日前向发证机关及当地生态环境部门提交该评估报告。