

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	8
表 3	非密封放射性物质	9
表 4	射线装置	10
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	11
表 6	评价依据	12
表 7	保护目标与评价标准	14
表 8	环境质量和辐射现状	19
表 9	项目工程分析与源项	20
表 10	辐射安全与防护	26
表 11	环境影响分析	40
表 12	辐射安全管理	55
表 13	结论与建议	69
表 14	审批	72

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线现场探伤核技术利用项目			
建设单位		中国国检测试控股集团陕西有限公司			
法人代表		雷建斌	联系人	秦倩	联系电话 18792580176
注册地址		陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦，上林街道西咸大道中段企业路 3 号			
项目建设地点		X 射线探伤机储存室位于陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦负一层，现场探伤场所不固定，在全国范围内开展。			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		50	项目环保投资（万元）	11	投资比例（环保投资/总投资） 22%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ） /
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	/			
	项目概述： 1.1 公司概况 中国国检测试控股集团陕西有限公司成立于 2011 年 3 月 21 日，注册地位于陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦，上林街道西咸大道中段企业路 3 号，法定代表人为雷建斌。公司经营范围：计量技术服务、试验机制造、仪器仪表制造、实验分析仪器制造、智能基础制造装备制造、专用设备制造、专用化学产品制造、检验检测服务、建设工程质量检测、认证服务等。 中国国检测试控股集团陕西有限公司之前尚未开展过相关 X 射线核技术利用项目，未申领过辐射安全许可证。 1.2 核技术应用的目的是和由来 随着公司的发展，为满足无损检测工作需要，中国国检测试控股集团陕西有限公司拟在现有厂区建设 X 射线探伤机储存室、洗片室、评片室、危废贮存库等相应辅助用房，并新购 8 台便携式 X 射线探伤机（均为 II 类射线装置，电压等级为 200kV~350kV）对客户委托的管材、板材等开展现场无损检测工作。本项目仅利用便携式工业 X 射线探伤				

机开展现场探伤工作，不开展室内探伤，现场探伤工作场所不固定。

根据《射线装置分类》（2017年12月6日），本项目使用的探伤机属于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》以及《建设项目环境保护管理条例》的规定，本项目应进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，故应编制环境影响报告表。

中国国检测试控股集团陕西有限公司于2023年11月委托西安桐梓环保科技有限公司对其X射线现场探伤核技术利用项目进行环境影响评价工作（委托书见附件1）。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘，同时收集相关基础资料，并依据《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》（HJ10.1-2016）的相关要求，编制了本项目的环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

（1）项目概况

中国国检测试控股集团陕西有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦。本次拟新增8台便携式X射线探伤机开展现场探伤工作，配套建设洗片室、评片室、危废贮存库、X射线探伤机储存室、辅材库等。现场探伤场所不固定，在全国范围内开展。

（2）设备概况

根据公司的业务情况，现场探伤作业最多在2处地方同时开展工作，每次现场探伤只使用1台X射线探伤机。本项目拟使用射线装置基本情况见表1-1。

表 1-1 本项目 X 射线探伤机基本情况一览表

序号	名称	型号	类别	数量	最大管电压	最大管电流	定向/周向	使用场所	测试对象
1	便携式 X 射线探伤机	XXG-2005	II	1 台	200kV	5mA	定向	移动探伤作业场所	管材、板材等
2	便携式 X 射线探伤机	XXG-2505	II	1 台	250kV	5mA	定向		
3	便携式 X 射线探伤机	XXG-3005	II	1 台	300kV	5mA	定向		
4	便携式 X 射线探伤机	XXG-3505	II	1 台	350kV	5mA	定向		
5	便携式 X 射线探伤机	XXGHZ-2005	II	1 台	200kV	5mA	周向		

6	便携式 X 射线探伤机	XXGHZ-2505	II	1 台	250kV	5mA	周向		
7	便携式 X 射线探伤机	XXGHZ-3005	II	1 台	300kV	5mA	周向		
8	便携式 X 射线探伤机	XXGHZ-3505	II	1 台	350kV	5mA	周向		

备注：探伤机日常无移动探伤任务时存放于公司负一层 X 射线探伤机储存室。

（3）洗片室和危废贮存库

当现场探伤在西安境内或路程当天可返回时，将现场探伤胶片带回公司，在公司洗片室进行洗片工作，显（定）影液暂存于专用容器内，容器下方设置托盘防止废显（定）影液泄漏，废显（定）影液和废胶片暂存于公司危废贮存库，定期委托有资质单位定期处置；当现场探伤距离公司比较远时，根据探伤项目具体位置，建设单位在需要探伤工程的项目部设置临时洗片室，洗片工作在临时洗片室内进行，产生的危废由专用容器收集，随着项目结束，委托当地的危险废物处置单位处置。

（4）现场探伤地点

公司业务在全国各地开展，探伤现场不固定，具体现场探伤地点根据实际项目情况确定，但一般现场探伤地点周围以荒地、郊外为主，距离学校、居民等敏感目标较远。

（5）探伤工件情况

本项目探伤工件主要为管材、板材等，工件材质为钢，厚度 19~58mm，工件参数见表 1-2。

表 1-2 主要探伤工件材质和厚度尺寸一览表

序号	工件名称	材质	厚度 mm
1	管材	低合金钢，高合金钢和耐热钢，低温钢	19-58
2	板材		

（6）计划工作量

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 射线现场探伤每周总曝光次数最大为 76 次。每次曝光时间根据工件厚度确定，通常每次曝光时间不超过 5min，则周最大曝光时间约 380min，本项目年工作 50 周，年总曝光次数最大为 3800 次，则每年实际开机时间约 19000min（316.7h）。

项目在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区、监督区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区、监督区的范围和边界。此外当 X 射线探伤装置、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。根据建设单位提供资料，年划区次数约 400 次，每次划区巡测曝光时间最长为 5min，则划区巡测曝光时间总计 33.3h。则每年实际开机时间约 350h。项目计划工作量见表 1-3 所示。

表 1-3 项目 X 射线探伤计划工作量

工作场所	探伤机型号	最大管电压	最大管电流	工作量	年工作时间(最大)	周工作时间(最大)
移动探伤作业场所	XXG-2005（定向）	200kV	5mA	年曝光次数 700 次	58.3h	/
	XXG-2505（定向）	250kV	5mA	年曝光次数 900 次	75.0h	/
	XXG-3005（定向）	300kV	5mA	年曝光次数 700 次	58.3h	/
	XXG-3505（定向）	350kV	5mA	年曝光次数 300 次	25.0h	/
	XXGHZ-2005（周向）	200kV	5mA	年曝光次数 300 次	25.0h	/
	XXGHZ-2505（周向）	250kV	5mA	年曝光次数 300 次	25.0h	/
	XXGHZ-3005（周向）	300kV	5mA	年曝光次数 300 次	25.0h	/
	XXGHZ-3505（周向）	350kV	5mA	年曝光次数 300 次	25.0h	/
	划区			年曝光次数 400 次	33.3h	/
合计				350h	7h	

注：探伤机工作时间按每次曝光最大时间 5min 计算。

本项目 X 射线现场探伤辐射工作人员共 6 人，分为 2 个作业班组轮班，平均每年每组人员工作 25 周，因此 X 射线现场探伤过程每组人员照射时间为 175h/a。

(7) 主要原辅材料

使用 X 射线定向机探伤时单次曝光需 2 张胶片，定向探伤机年曝光次数约 2600 次；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 1200 次。

本项目主要原辅材料见表 1-4。

表 1-4 原辅材料一览表

序号	名称	使用量	来源	主要化学成分
1	胶片	17200 张/a	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	900L/a	外购	卤化银、硫代硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
3	显影液	900L/a	外购	米吐尔 (N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐)、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠 (Na_2SO_4)、碳酸钠 (Na_2CO_3)

(8) 辐射工作人员

本项目配置 6 名辐射工作人员，均为新增辐射工作人员。另外设置 1 名专职辐射管理人员。专职辐射管理人员不参与探伤任务，由 6 名辐射工作人员进行 X 射线无损检测。辐射工作人员每 3 人分为 1 个作业班组，共 2 组，从事本次 X 射线无损检测工作的在 2 个班组间进行轮班。辐射工作人员同时承担洗片、评片、存档等工作。根据公司的业务

情况，现场探伤作业高峰期最多 2 个班组同时开展工作，每个探伤班组每次现场探伤只使用 1 台探伤机，每个探伤工作现场至少 3 名辐射工作人员，其中 1 人警戒、巡视。

新增辐射工作人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训，经核技术利用辐射安全与防护考核，成绩合格后，方可上岗操作。在进行无损检测工作时应配备相应的个人剂量计等相关防护用品，定期体检，建立个人健康档案。

1.4 项目地理位置及周边环境概况

(1) 项目辅助用房所在区域周围环境概况

中国国检测试控股集团陕西有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦。国检集团大厦东侧为规划路，南侧为沣东大道，西侧为科源一路，北侧为空地。

本项目建设单位的地理位置图见附图 1。

(2) 辅助用房建设区域周围环境概况

X 射线探伤机储存室和辅材库位于 2 号楼地下负一层西南角。2 号楼东侧为 1 号楼，南侧和西侧为院内道路，北侧为院内庭院和人行通道。2 号楼负一层为地下停车场，X 射线探伤机储存室和辅材库建设区域北侧和东侧为停车位，南侧为土层，西侧为空置房间。

洗片室、评片室、危废贮存库位于 3 号楼三楼南部。3 号楼四周为院内道路。3 号楼三楼为规划的实验室。洗片室、评片室、危废贮存库建设区域北侧为空置房间，东侧为过道，南侧为楼道，西侧临空。

本项目中国国检测试控股集团陕西有限公司所在国检集团大厦总平面布置图见附图 2，辅助用房所在建筑内部平面布置见附图 3 和附图 4，本项目辅助用房平面布置见图 5。

1.5 辐射工作场所选址合理性

本项目现场探伤主要是对管材、板材进行无损探伤检测，探伤现场均为野外且地点不固定。当现场探伤作业时，建设单位将通过清场、张贴公告、拉警戒线、调整探伤时间（在人流较多的地区现场探伤时，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。在控制区、监督区边界上用警戒绳设置警戒区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警告标志；在控制区边界放置“禁止进入射线工作区”警告牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”警告牌，警示

无关人员不可误入作业现场。设安全员对控制区边界进行巡逻，禁止无关人员进入，还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测。采取以上措施后，本项目的现场探伤布局是合理的。

本项目 X 射线探伤机无探伤任务时存放于公司的 X 射线探伤机储存室。X 射线探伤机储存室位于中国国检测试控股集团陕西有限公司负一层。X 射线探伤机储存室具有一定的防盗措施以保证探伤设备的储存安全，具体包括：①在 X 射线探伤机储存室门口和内部安装监控摄像头，可与移动设备连接，实行 24h 实时监控，能随时看到 X 射线探伤机储存室周围和内部情况；②将 X 射线探伤机储存室纳入公司日常安保巡逻工作范围，并划为重点区域，加强巡视管理，以防遭到破坏；③公司安排专人进行管理和维护，并做好射线装置的领用台账工作，一旦发生盗窃事件，立即向公安机关报案，并启动辐射事故应急预案；④将探伤设备与控制钥匙分开存放。探伤机在此暂存不会对周围环境产生不良影响，周围环境对该储存场所无制约因素，因此 X 射线探伤机无探伤任务时存放于公司的 X 射线探伤机储存室是合理的。

综上所述，本项目工作场所选址基本合理可行。

1.6 环境保护目标

本项目主要环境保护目标为操作探伤机和探伤现场辅助警戒、疏散的职业辐射工作人员以及监督区外的公众人员。

本项目环境保护目标详见后文表 7-1。

1.7 本项目所在厂区环保手续履行情况

本项目所在厂区于 2013 年 2 月 1 日取得原西安市环境保护局沣渭新区分局出具的关于《中国建材检验认证集团股份有限公司西北（西安）基地项目环境影响报告表》的批复（批复文号：市环沣渭批复〔2013〕1 号）。目前正在办理竣工环境保护验收手续。

中国国检测试控股集团陕西有限公司曾用名中国建材检验认证集团（陕西）有限公司，于 2021 年 12 月变更为中国国检测试控股集团陕西有限公司。

1.8 实践正当性分析

按照《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”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其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

中国国检测试控股集团陕西有限公司使用 X 射线现场探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全，该项目建设有利于发展社会经济，为企业和社会带来的利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害。因此，该公司 X 射线现场探伤核技术利用项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求，故本环评认为该项目是正当可行的。

1.9 产业政策符合性分析

中国国检测试控股集团陕西有限公司 X 射线现场探伤核技术利用项目主要对工件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

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
	以下空白							

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

[illegible]

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	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
	以下空白									

(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	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXG-2005	200kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
2	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXG-2505	250kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
3	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXG-3005	300kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
4	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXG-3505	350kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
5	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXGHZ-2005	200kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
6	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXGHZ-2505	250kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
7	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXGHZ-3005	300kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增
8	便携式 X 射线探伤机	II	1 台	XXGHZ-3505	350kV	5mA	无损检测	移动探伤作业场所	新增

(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	
	以下空白												

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、《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年 12 月 29 日）； 3、《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）； 4、《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）； 5、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》（2019 年 10 月 21 日）； 6、《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）； 7、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》（2021 年 1 月 4 日）； 8、《射线装置分类》（2017 年 12 月 6 日）； 9、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日实施）； 10、《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）； 11、《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）（2021 年 12 月 27 日）； 12、《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，2018 年 6 月 6 日）； 13、《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 11 月 6 日）； 14、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年 9 月 1 日）。
技术标准	1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 3、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及其第 1 号修改单； 4、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）； 5、《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）。 6、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；

	7、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 8、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 9、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。
其他	中国国检测试控股集团陕西有限公司 X 射线现场探伤核技术利用项目环境影响评价委托书及企业提供的其他资料。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目使用 II 类射线装置进行移动式探伤作业，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》（HJ10.1-2016）的相关规定，“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）”。本项目现场探伤工作场所不固定，根据本项目射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，确定本项目评价范围为现场探伤监督区范围内区域。按照后文理论计算主射方向有工件屏蔽时监督区最大范围为 341m，本项目评价范围按监督区最大距离再外扩 50m 考虑，故本项目现场探伤评价范围为 391m 范围内的区域。

保护目标

本项目环境保护目标主要为现场探伤的工作人员及公众人员，其所接受的年附加有效剂量应满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求和本次评价提出的剂量约束值。

本项目现场探伤环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 现场探伤主要环境保护目标一览表

序号	保护目标	相对探伤机方位		与探伤机距离	人数	年剂量管理目标值
1	辐射工作人员	定向探伤时	非主射方向	40~133m（主射方向的反方向）	6 名工作人员	年受照剂量不大于 5mSv/a
		周向探伤时	不定	46~139m		
2	公众人员	不定		96~341m	人数不定	年受照剂量不大于 0.1mSv/a

注：本项目最多同时开展 2 组探伤工作，每组仅使用 1 台探伤机；本项目拟配置 6 名辐射工作人员，6 名辐射工作人员分 2 班组进行现场探伤工作，即每班组 3 人。

评价标准

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

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

标准附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平：

B1.1.1.1 条规定：应对任何工作人员的照射水平进行控制，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；

本项目取其四分之一，即 5mSv 作为职业工作人员的年有效剂量约束值。

B1.2.1 条规定：实践使公众中有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：年有效剂量 1mSv。

本项目取 0.1mSv 作为公众人员的年有效剂量约束值。

二、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-2 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T26837 的要求。

表 7-2 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

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

5.1.2 工作前检查项目应包括：

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

5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求：

- a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行；
- b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测；
- c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品；
- d) 应做好设备维护记录。

7 移动式探伤的放射防护要求

7.1 作业前准备

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

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

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

7.2 分区设置

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7.2.10 探伤机控制台（X 射线发生器控制面板或 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。

7.3.3 辐射评价标准汇总

综上所述，本次环评结合上述标准以及项目实际情况，本项目取 5mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，取 0.1mSv/a 作为公众人员的年剂量约束限值。同时根据项目实际情况，确定本项目年有效剂量管理目标及污染物排放指标如表 7-3 所示。

表 7-3 本项目管理目标值及辐射评价标准汇总表

序号	项目	控制值	执行标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：5mSv/a；公众人员：0.1mSv/a	GB18871-2002
2	X 射线探伤机要求	①管电压>200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<5mSv/h；②管电压为 200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<2.5mSv/h。	GBZ117-2022
3	现场探伤要求	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	GBZ117-2022
		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	

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

本项目探伤场所不固定，为移动式探伤项目，不建设专用探伤室。中国国检测试控股集团陕西有限公司位于陕西省西咸新区沣东新城管委会东侧国检集团大厦，其探伤设备不使用时暂存于公司负一层的 X 射线探伤机储存室内，并由专人负责保管，建设单位地理位置见附图 1。

中国国检测试控股集团陕西有限公司现场探伤项目一般位于室外，探伤机使用地点为全国范围内，各探伤现场及周边环境存在较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区，同时尽可能避开居民区等环境敏感目标。

2、辐射环境本底

现场探伤地点为全国范围内，无固定探伤现场，各探伤现场情况及周边环境存在较大的差异，故本次评价未监测相关场所辐射本底值。

根据《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），西安市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率见下表。

表 8-1 西安市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率 **单位：nGy/h**

	原野 γ 辐射剂量率	道路 γ 辐射剂量率	室内 γ 辐射剂量率
范围	50.0-117.0	52.0-121.0	79.0-130.0

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1、X 射线产生原理

探伤设备主要由控制器、X 射线探伤机、电源电缆、连接电缆等附件组成，其中 X 射线探伤机为组合式结构，一般由 X 射线管、高压变压器（包括 X 射线管灯丝绕组）和绝缘气体（SF₆）一起密封在桶状铝壳内。X 射线机主要由 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、金等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中的靶体，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到很高的速度，这些高速电子轰击靶物质，与其靶物质作用产生韧致辐射，释放出 X 射线，X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。

X 射线管结构及原理示意图见图 9-1。

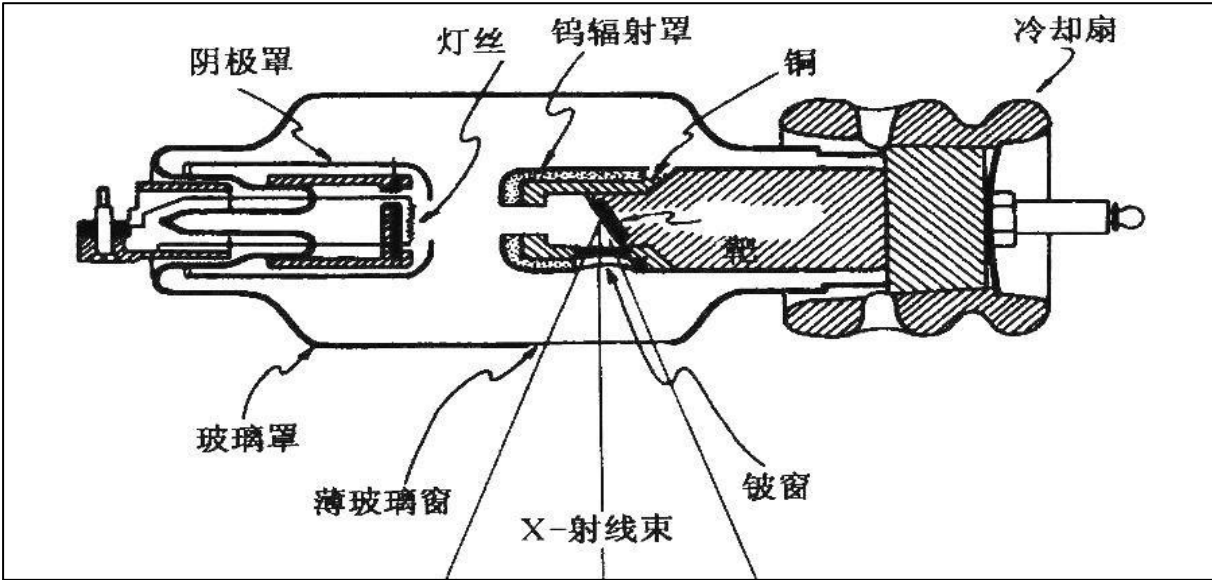


图 9-1 典型 X 射线管结构图

2、X 射线探伤机

根据探伤机射线出束方位角度的不同，探伤机分为定向、周向两种类型。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 40°~45°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。

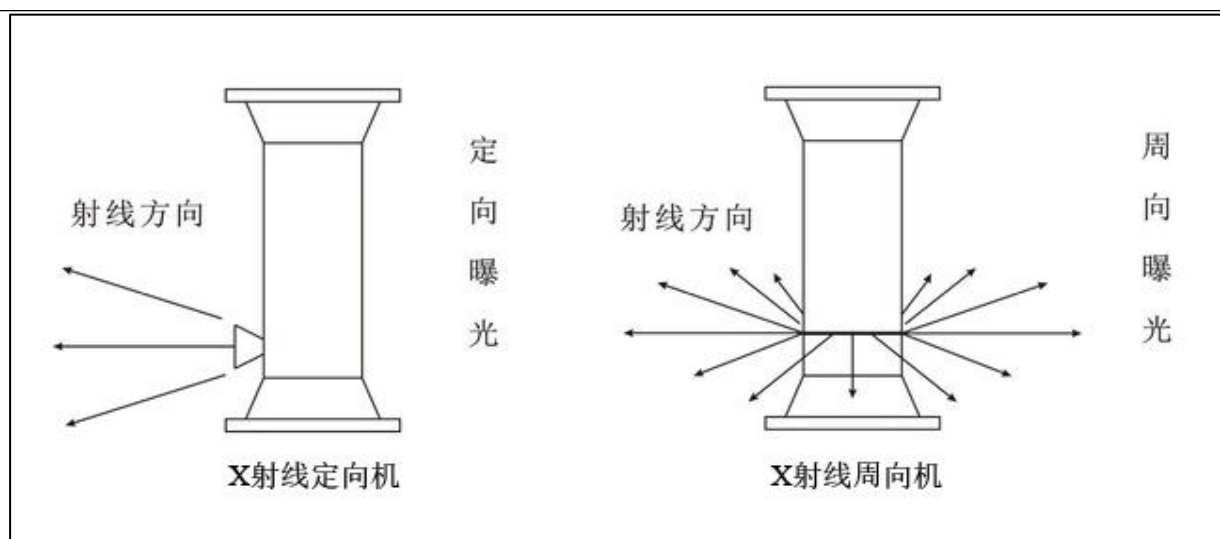


图 9-2 定向、周向 X 射线探伤机射线方向示意图

(1) 设备组成

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。

① 控制器

探伤机控制器为立式结构。所有操作均由面板上的按键式开关进行。电缆插座、电源开关及接地端子设置在接线盒内。控制器由控制板、电容板、供电电源板、前面板、电感线圈、IGBT 斩波模块构成。



图 9-3 X 射线探伤装置控制箱

② X 射线发生器

探伤机 X 射线发生器为组合式，X 射线管、高压发生器与绝缘气体（SF₆）一起封

装在桶状铝壳内。X 射线发生器一端装有风扇和散热器。X 射线发生器由 X 射线管、高压变压器、温度继电器、气体压力表、连接电缆插座、警示灯、X 射线管冷却风扇、充、放气阀部件构成。



图 9-4 X 射线探伤机外观图及连接电缆

本项目使用的工业 X 射线探伤机技术参数见表 9-1。探伤机放置于 X 射线探伤机储存室内。

表 9-1 工业 X 射线探伤机技术参数一览表

探伤机型号	出射线束	最大管电压 (kV)	最大时管电流 (mA)	射线辐射角	穿透厚度 (mm)
XXG-2005	定向发射	200	5	40°	20-31mm 钢
XXG-2505	定向发射	250	5	40°	25-38mm 钢
XXG-3005	定向发射	300	5	40°	30-45mm 钢
XXG-3505	定向发射	350	5	40°	40-58mm 钢
XXGHZ-2005	周向发射	200	5	360°×25°	19-29mm 钢
XXGHZ-2505	周向发射	250	5	360°×25°	24-36mm 钢
XXGHZ-3005	周向发射	300	5	360°×25°	29-43mm 钢
XXGHZ-3505	周向发射	350	5	360°×25°	39-56mm 钢

间歇式工作 1:1，工作 5 分钟休息 5 分钟。

(2) 成像原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对工件进行透射拍片的检测装置。X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，X 射线还有个重要性质，就是能使胶片感光，当 X 射线穿透照射胶片时，与普通光线一样，能使胶片乳剂层中的卤化银产生潜象中心，经过显影和定影后就黑化，接收射线越多的部位黑化程度越高，这个作用叫做射线的照像作用。把这种曝光过的胶片在暗室中经过显影、定影、水洗和干燥，再将干燥的底片放在观灯片上观察，根据底片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，这就是射线照像探伤的原理。

X 射线穿透工件焊缝在 X 胶片上成像，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接收的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，对 X 胶片进行显影、定影，根据 X 胶片上显示图像颜色的差异判断检测工件是否符合要求，从而达到无损检测的目的。

3、X 射线现场探伤工艺流程

建设项目现场探伤工艺流程可简单描述为：确定曝光时间和曝光位置；铺设胶片于需探伤工件或部件；曝光照片；冲洗胶片及评片。在工作前必须做好一切准备，根据探伤规范要求，算出曝光时间、焦距、确定焦点位置，非工作人员不得进入探伤区域，以免发生误照事故。

X 射线现场探伤工艺流程及产污环节见图 9-5。

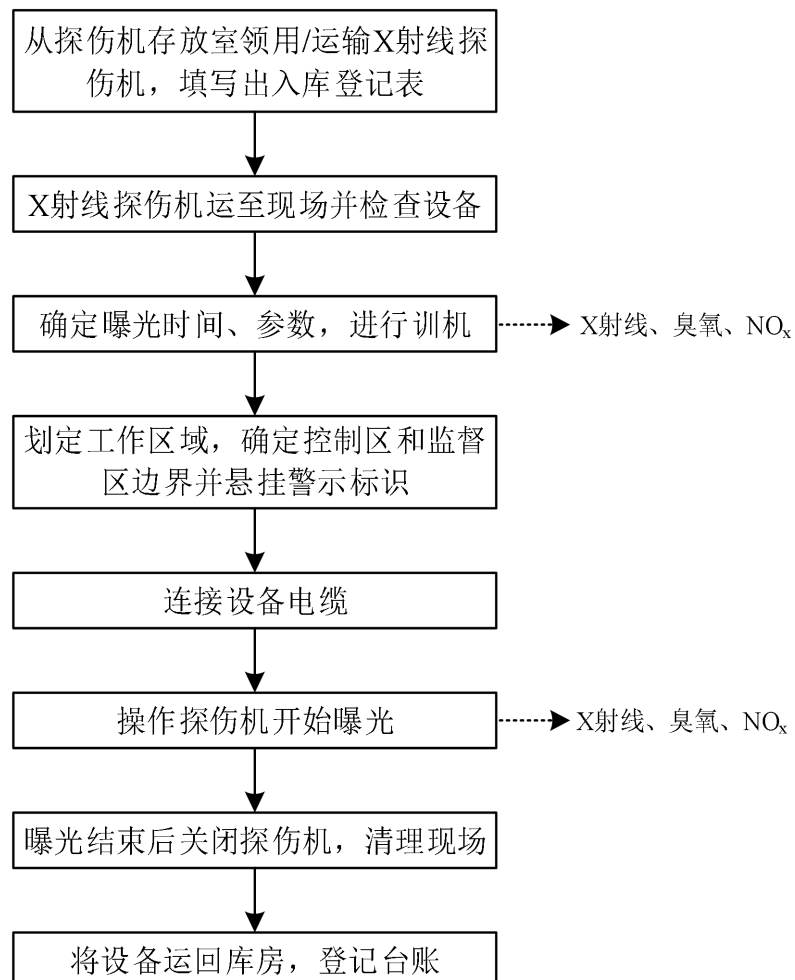


图 9-5 X 射线现场探伤工艺流程简图

X 射线探伤机操作流程简述：

(1) 制定方案：中国国检测试控股集团陕西有限公司接受无损检测委托任务后，根据现场探伤具体场所及检测对象情况制定现场探伤计划书。计划书含本次现场探伤任务的探伤地点、天气条件、人员安排、检测时间安排、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) 设备出库：根据设备出入库管理制度，检测工作人员应持现场探伤计划书，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) 运输：采用专用车辆运输设备至探伤检查地点，中国国检测试控股集团陕西有限公司现场探伤操作人员随车押运，确保现场探伤运输过程中设备的安全。

(4) 准备工作。到达现场后，在现场探伤曝光开始前，做好探伤作业前的各项准备工作，主要包括以下几个方面：

①对探伤作业的具体情况提前 24 小时进行公示，在作业现场边界外公众可达地点放置安全信息公示牌，将辐射安全许可证、辐射安全负责人、操作人员和现场安全员的姓名、照片、资质证书和环保部门监督举报电话等信息进行公示，接受公众监督。进行探伤作业时，在控制区和监督区边界设立灯光警示和相应的警告牌，必要时设专人警戒。

②根据探伤规范要求，确定曝光时间、焦距、确定焦点位置，选择合适的屏蔽遮挡物，屏蔽遮挡物包括实体建筑物、可拆卸的屏蔽材料等。

③在现场探伤作业前进行清场，设置警戒线（离地 0.8~1.0m 左右）、控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”等警示标识，探伤作业人员在控制区边界外操作。

④安排 1 名以上专职人员负责辐射安全管理工作。探伤作业中，每台正在使用的探伤机配备至少 2 名辐射工作人员和 1 台便携式辐射检测仪，操作时同时在场。操作人员做好自身防护工作，每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计、直读式个人剂量报警仪，剂量检测仪器保持开启状态。操作人员在工作地点附近寻找合适的屏蔽体，操作在控制区边界外进行。每次探伤工作现场至少 2 名辐射工作人员，其中 1 人可兼任警戒、巡视，确保探伤作业期间无公众误入作业区。

⑤ X 射线设备操作人员检查电源盘、电源线有无破损、绝缘老化情况，检查电源搭接是否牢固，检查电源盘漏电保护器运行情况。设备操作人员连接设备，射线机通过电源线与控制箱相连。选择合适的位置，铺设胶片于需探伤工件或部件。本项目要求在条件允许的情况下将 X 射线机控制箱布置在 X 射线机后侧，且利用探伤现场地形或者现

有遮挡设施尽量远离 X 射线机。

⑥ X 射线探伤机停机 8 小时以上时，再次使用前需进行训机，训机完成后才可以正常使用。

(5) 确保探伤作业前的各项准备工作完成后，即可开启设备电源，进行探伤曝光作业。探伤作业流程如下：

①正式曝光前应先根据环评阶段理论计算的控制区、监督区距离确定实际的控制区、监督区边界。具体方式为：按照理论计算距离初步划定控制区、监督区，在操作人员试曝光的情况下，巡测人员利用便携式 X- γ 辐射监测仪，由远及近、由小到大，实测周围剂量当量率，以实测的周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的边界作为最终控制区，周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的边界作为最终监督区。在相应边界设置警示标识。

②根据需要，在探伤设备与探伤工件主射方向放置防护铅板等进行屏蔽。

③开机进行曝光，达到预定曝光时间后，关闭 X 射线探伤机，取下胶片。

(6) 探伤结束时，关闭 X 射线探伤机，继续进行下一轮探伤直至全部探伤工作完成后，关闭 X 射线探伤机，确认探伤机已经停止工作后拆除警戒，清理现场。

(7) 设备运输，运回 X 射线探伤机储存室。由专用车辆运输设备至 X 射线探伤机储存室。

(8) 设备入库。根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

(9) 胶片带回暗室内进行冲洗，本项目采用自动洗片。

(10) 进行评片和审片，评定合格的底片填写评定报告，评定不合格的产品，返修检测。

本项目现场探伤的操作流程基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中 X 射线现场探伤作业分区设置要求、X 射线现场探伤作业的准备、X 射线现场探伤作业安全警告信息、X 射线现场探伤作业安全操作要求、X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测等工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

4、胶片冲洗工艺流程

取下的胶片在暗室内进行冲洗，本项目采用自动洗片机进行洗片，其基本结构包括胶片传送系统、药液循环系统、药液补充系统、药液温度控制系统、显影时间控制系统、水洗系统、干燥系统、控制显示面板及相关电路。洗片机洗片过程主要由显影、定影、冲洗和烘干四部分组成，胶片先在装有显影药液的显影槽中放置一定时间，再在装有定

影药液的定影槽中放置一定时间，接着在冲洗槽中用清水冲洗，然后进行烘干，洗片过程即完成。

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。

本项目洗片工艺流程及产污环节如图 9-6 所示。

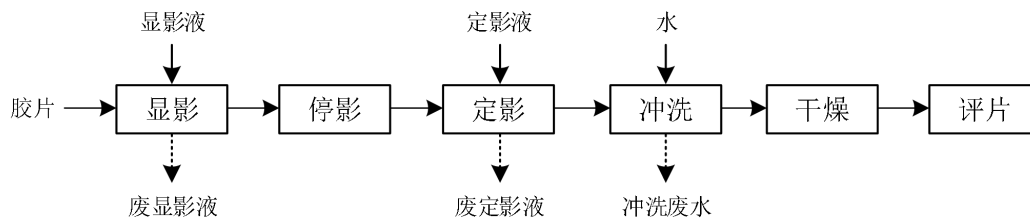


图 9-6 洗片工艺流程图

污染源项描述

一、正常工况

1、辐射污染源分析

本项目配备 8 台 X 射线探伤机（管电压范围为 200~350kV，管电流均为 5mA）。本项目探伤机最大输出量保守参考 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）350kV 探伤机 0.5mm 铜滤过片，输出量为 $35\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1 中距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率应小于 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ，保守考虑取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 为泄漏射线源强。

由 X 射线探伤机工作原理可知，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状态，并且其 X 射线探伤机组件处于出束状态时（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。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量在零和曝光管电压之间，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。其射线能量、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、墙壁等）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 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

2、非辐射污染源分析

(1) 生活污水

本项目拟新增 6 名辐射工作人员，辐射工作人员主要办公地点为现场探伤作业项目部，废水主要为员工产生的生活污水，生活污水依托现场探伤作业项目部内生活污水处理设施进行处理。

(2) 生活垃圾

本项目生活垃圾主要包括员工平时办公产生的废纸屑、瓜果皮等办公生活垃圾。生活垃圾依托现场探伤作业项目部内现有垃圾桶进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

(3) 臭氧和氮氧化物

本项目使用的 X 射线探伤机工作时，产生的 X 射线能使空气电离产生的少量有害气体，主要为少量臭氧和氮氧化物。本项目探伤过程一般位于室外，地形较为开阔，通风条件良好，且现场探伤时控制区内无人员停留，基本不会对职业人员和公众造成危害。

(4) 废显（定）影液及废胶片

本项目使用的探伤机为胶片成像，采用自动洗片。洗片过程中产生废显（定）影液、冲洗废水（含重金属 Ag^+ ）和废胶片。属于《国家危险废物名录》（2021 年版）中的 HW16（废物代码 900-019-16）感光材料废物，为危险废物。当现场探伤在西安境内或路程当天可返回时，将现场探伤胶片带回公司暗室进行洗片操作，显（定）影液暂存于专用容器内，容器下方设置托盘防止废显（定）影液泄漏，废显（定）影液和废胶片暂存于公司危废贮存库，定期委托有资质单位定期处置。当现场探伤距离公司比较远时，根据探伤项目具体位置，在需要探伤工程的项目部设置临时暗室，洗片工作在临时暗室内进行，产生的危废由专用容器收集，随着项目结束，委托当地的危险废物处置单位处置。

①洗片废液：曝光产生的胶片在暗室进行冲洗。洗片液由显影液和定影液组成，主要成分为对苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银。本项目一次配置的显影液和定影液各约

50L，根据洗片数量和成片质量判断是否需要更换。本项目每年最多拍片约 17200 张，根据公司运行经验一般情况下显影液和定影液每次分别配制 20L，可洗片 1000 张。该企业洗片过程年产生洗片废液约 720L，0.9t/a（显影液、定影液的密度为 1.25g/cm³）。

②冲洗废水：洗片过程中显影和定影后需要用清水进行冲洗，平均每张胶片冲洗约产生 0.1L 的冲洗废水。冲洗废水中主要含对苯二甲酸和微量的银，污染物浓度较小。本项目每年最多拍片约 17200 张，则冲洗废水产生量约 1720L/a，1.72t/a。

③废胶片：曝光时产生的废旧胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性。每年废片产生量约 200 张（0.01t，每张胶片约 50g）。本项目危废产生量及处理措施见下表 9-2。

表 9-2 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	产废周期	危险特性	处置措施
废显影液	HW16	900-019-16	0.45t/a	液态	苯二酚、亚硫酸钠，重金属银	重金属银	3 个月	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	0.45t/a	液态	苯二酚、亚硫酸钠，重金属银	重金属银	3 个月	T	
冲洗废水	HW16	900-019-16	1.72t/a	液态	对苯二甲酸、重金属银	重金属银	3 个月	T	
废胶片	HW16	900-019-16	200 张	固态	明胶、卤化银	重金属银	每年	T	

二、事故工况

1、X 射线现场探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使工作人员或公众误入监督区和控制区，使其受到超剂量的外照射。

2、探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射。

3、探伤人员违反操作规程进行探伤，对工作人员和现场周围公众造成照射。

4、探伤结束后，X 射线机尚未停止作业，没有对现场辐射水平进行检测，工作人员提前进入控制区，造成超剂量的外照射。

5、探伤过程中更换工件途中，探伤机因故障自动启动，对工作人员和现场周围公众造成照射。

6、探伤设备管理不规范，未建立 X 射线机和辐射安全防护用品的出入库台账、使用台账、维护台账、设备档案等。管理不规范导致仪器设备丢失或遗忘，非辐射工作人员误通电引起公众误照，或设备故障引起工作人员误照。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所及区域划分

本项目现场探伤工作场所主要位于生产现场或空旷地方进行，如生产车间、设备现场、室外空地等人员稀少地方进行，一般选择晚间人员稀少时段实施。中国国检测试控股集团陕西有限公司根据制定的现场探伤操作计划，在现场探伤作业前应先确认该场所范围内没有其他无关人员，从尽可能保护人员安全的角度出发，检测工作一般都尽可能安排在无人区域开展。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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。

X 射线现场探伤工作场所划分：

现场探伤过程中，定向探伤机发出的 X 射线以探伤物体为轴中心发射形成一个扇形区域，周向探伤机发出的 X 射线以探伤物体为轴中心发射形成一个圆形区域，按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相应的规定及要求，建设单位应对每个现场探伤工作场所划分为控制区、监督区，并实行“两区”管理制度。现场探伤作业前，可根据探伤工况、探伤对象和探伤方案预估控制区和监督区的范围；探伤时亦可根据探伤现场条件，利用地形、构筑物、防护铅板等，合理划定控制区和监督区范围。

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“7.2.1”条款和本项目每周 X 射线探伤机实际开机时间，确定本项目 X 射线现场探伤作业控制区边界外周围剂量当量率应不大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 。根据“7.2.8”条款监督区边界外周围剂量当量率应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。本项目现场探伤时控制区、监督区划分依据及防护措施见表 10-1，两区划分详情见图 10-1 和图 10-2。

表 10-1 现场探伤“两区”管理

分区	划分依据	分区防护措施
控制区	一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。	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。
监督区	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	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。

根据 11 章环境影响分析预测结果：

①当使用 XXG-2005 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 20~31mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 40m~91m 之间，监督区边界距离在 96m~223m 之间。非主射方向监督区边界距离在 13m~32m 之间。

②当使用 XXG-2505G 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 25~38mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 41m~97m 之间，监督区边界距离在 99m~238m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。

③当使用 XXG-3005 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 30~45mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 55m~125m 之间，监督区边界距离在 135m~306m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。

④当使用 XXG-3505 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 40~58mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 58m~133m 之间，监督区边界距离在 142m~325m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。

⑤当使用 XXGHZ-2005 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 19~29mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 46m~99m 之间，监督区边界距离在 112m~241m 之间。

⑥当使用 XXGHZ-2505 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 24~36mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 46m~104m 之间，监督区边界距离在 113m~255m 之间。

⑦当使用 XXGHZ-3005 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 29~43mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 62m~132m 之间，监督区边界距离在 150m~323m 之间。

⑧当使用 XXGHZ-3505 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 39~56mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 64m~139m 之间，监督区边界距离在 156m~341m 之间。

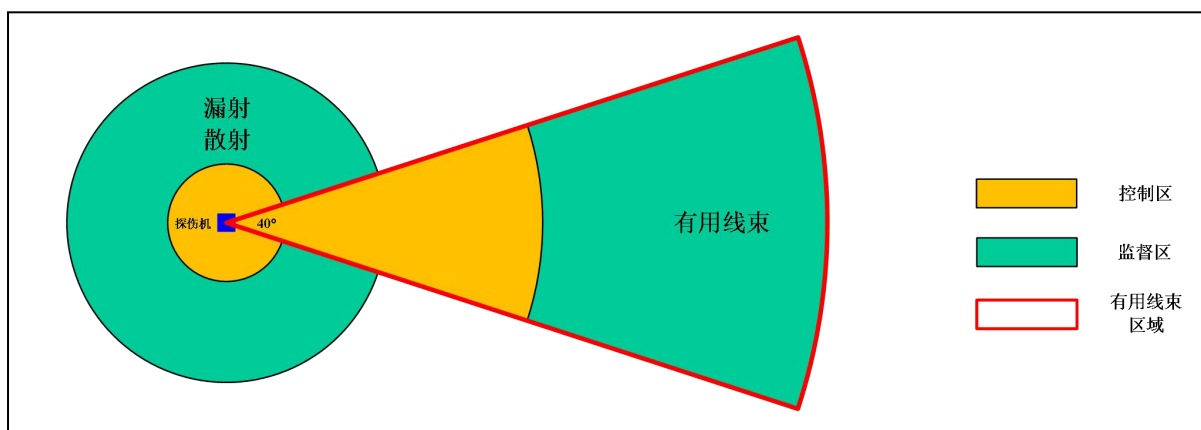


图 10-1 X 射线现场探伤时控制区和监督区划分示意图（定向探伤机）

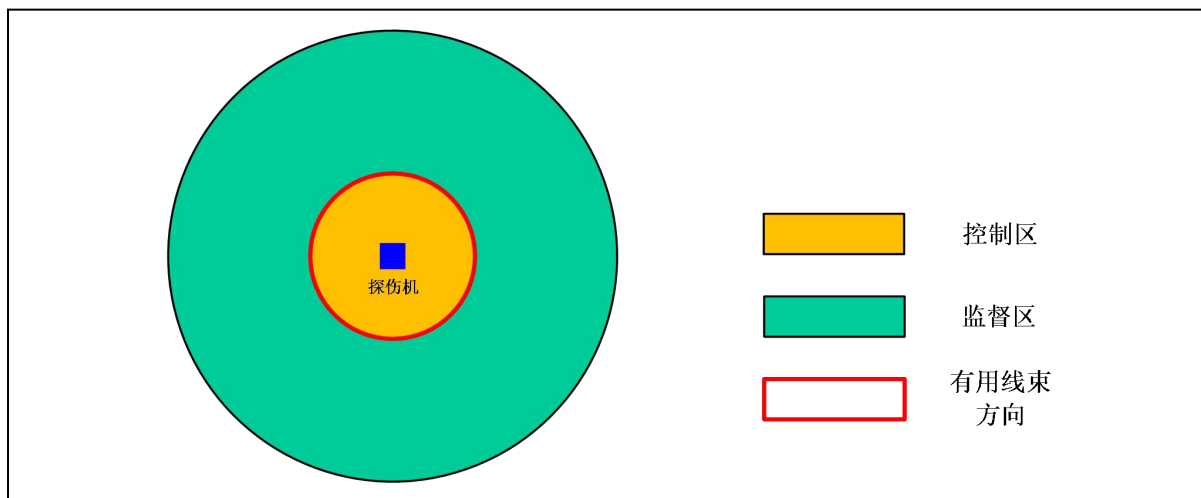


图 10-2 X 射线现场探伤时控制区和监督区划分示意图（周向探伤机）

二、拟采取的辐射安全防护措施

1、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。

2、屏蔽防护措施

除了 X 射线探伤机设备固有的辐射安全防护措施，建设单位在使用 X 射线探伤机时还需要采取其他屏蔽防护措施。根据表 11 中 X 射线移动探伤辐射环境影响分析章节计算结果，本项目可配备屏蔽能力为 2mmPb 的铅屏风 2 个，尺寸为 1m×1m，在进行 X 射线现场探伤时放置在主射线方向，用来缩小控制区、监督区的范围。

铅屏风的大小可根据正切三角函数确定，假设铅屏风距离探伤机距离为 1m，定向探伤机射线辐射角为 40°，则铅屏风的边长为 $1\text{m} \times \tan 20^\circ \times 2 = 0.73\text{m}$ 。因此公司可配置大小为 1m×1m 的铅屏风。

3、其他安全措施

在进行探伤前，公司拟开展多项前期准备工作，包括探伤现场考察，制定现场探伤作业方案，探伤前公告，探伤前屏蔽措施等。此外，在进行现场探伤作业时，为了降低探伤作业对公众产生不良影响，还需进行警戒、监测等工作。

(1) 探伤现场考察

为了尽可能减少工作人员和公众所受剂量，公司辐射工作人员要考察探伤现场的地形、地貌和探伤工况，以便于制定符合实际情况的探伤工作方案，设置合理的控制区和监督区。

(2) 探伤前辐射防护工作

①使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

②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。当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均应重新进行巡测，确定新的划区界线。

③探伤作业前进行公告，在控制区边界拉警戒线，由专人负责警戒。现场配备辐射剂量监测仪器，随时监测工作区域的辐射剂量。在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警告标志；在控制区边界放置“禁止进入射线工作区”警告牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”警告牌，通知无关人员撤离到监督区以外。

④开始现场探伤之前，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。

⑤控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，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。

⑥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。

⑦现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

（3）探伤作业方案

①在探伤现场考察的基础上，工作人员每次在开展现场探伤工作前，需要针对不同探伤场所制定详细的探伤作业方案，探伤作业方案主要包括：探伤工况、时间、地点、控制区域范围、监测方案、清场方式等，并明确相关探伤操作人员和警戒疏散人员的职责和分工。

②根据工作要求和探伤对象（设备、工件等）的材质、厚度等性质，合理选择探伤机型号，合理选择探伤参数，合理选择主射方向。

③当 X 射线探伤机、场所、被检物品（材料、规格）、照射方向、屏蔽条件发生变化时，均应重新使用 X-γ辐射监测仪进行场所剂量率的巡测，重新划分控制区和监督区。

④移动式 X 射线装置的控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不短于 20 米，保证 X 射线探伤机曝光时，工作人员位于控制区外进行操作。

⑤控制区及监督区边界尽可能设置实体屏蔽，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或拉起警戒线（绳）等。设有多个提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，要求“预备”信号和“照射”信号有明显区别，且与工作场所内其他报警信号有明显区别，警示信号装置与探伤机联锁。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。

⑥在进行 X 射线探伤过程可能会出现由于探伤作业环境条件限制，进行短距离操作，不能满足监督区防护距离的情况，此时应使用现场探伤的防护装置（如铅板）缩小控制区、监督区范围，保证监督区和控制区满足标准要求。

⑦在人员较密集的地点进行探伤工作，要尽量选择夜间或人员较少的时间工作，必要时可与有关部门联系，疏散人员后再进行工作。

⑧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。探伤机停止工作时，还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。

（4）不同作业场所下控制区、监督区的确定

为了准确确定控制区、监督区划分的范围，公司需配备便携式 X-γ辐射监测仪，每次现场探伤时，必须根据探伤对象的材质、厚度等，按照理论计算距离初步划定控制区、监督区，然后利用便携式 X-γ辐射监测仪，由远及近、由小到大，实测周围剂量当量率，以实测的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的边界作为最终控制区，周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的边界作为最终监督区，保证监督区内无公众成员存在，确保周围公众成员的安全。此外当 X 射线探伤装置、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及探伤装置维修后，均应重新进行控制区和监督区的划分，确定新的划区界线。

（5）不同探伤作业环境下的安全措施

本项目检测现场主要位于野外，远离人群，一般先根据理论计算初步划定控制区、监督区，然后在操作人员试曝光的情况下，巡测人员使用便携式 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，到 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 划定监督区边界，到 $15\mu\text{Sv/h}$ 划定控制区边界。X 射线关机后，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，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”警示标志；在控制区边界拉起警戒线（绳），悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，设工作人员对控制区

边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内。在监督区上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，警示无关人员不可误入作业现场。探伤过程中，工作人员使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监督巡逻。

对于位于厂房内部的无损检测，则应先对厂房内部及周边活动人员进行清场或在夜间待厂房工作人员下班后进行作业。并按照划定的监督区拉起警戒绳、悬挂警示标语。设工作人员对控制区边界进行巡逻，未经许可人员不得进入边界内。工作人员还应加强对厂房出入口的巡逻，防止无关人员通过出入口进入控制区。

此外探伤人员需佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪。以上措施最大程度减少了 X 射线辐射对周围环境及辐射工作人员的影响。

三、辐射防护用品和监测仪器配置情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的要求，企业配备的防护用品和检测仪器需满足探伤工作的要求，对从事射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制受照剂量，保证职业人员的健康。为保障现场探伤安全有序进行，中国国检测试控股集团陕西有限公司根据法规要求，为每个辐射工作人员配备个人剂量计，为本项目配备 X- γ 剂量率仪和个人剂量报警仪。根据现场探伤的特点和法规要求，配备警戒灯、警戒线、电离辐射警告标志、警示标牌、铅屏风等。

表 10-2 移动探伤拟配备的防护用品和监测仪器一览表

序号	用品/仪器名称	配备数量	备注
1	X- γ 剂量率仪	2 台	每个移动探伤班组配备 1 台，并定期对其开展检定/校准工作。
2	个人剂量报警仪	6 台	2 个移动探伤作业班组，最多 6 人同时工作，每人配备 1 台，并定期对其开展检定/校准工作。
3	个人剂量计	6 枚	6 名探伤辐射工作人员均为新增辐射工作人员。
4	警戒绳	2000m $\times$ 2	每个移动探伤作业班组配 2000m
5	警戒灯 (工作状态指示灯)	8 个	每个移动探伤作业班组配备 4 个，与探伤机联锁。
6	电离辐射警告标志	16 个	每个移动探伤作业班组配备 8 个
7	声音提示装置	8 个	每个移动探伤作业班组配备 4 个
8	“禁止进入射线工作区”警告牌	8 个	每个移动探伤作业班组配备 4 个
9	“无关人员禁止入内”警告牌	8 个	每个移动探伤作业班组配备 4 个
10	安全信息公示牌	8 个	每个移动探伤作业班组配备 4 个，安全信息公示牌面积不小于 2 平方米，公示信息采取喷绘（印

			刷) 方式进行制作。
15	铅屏风	2 个	X 射线探伤班组配备 2 个 1m×1m 的 2mmPb 铅屏风。
本项目现场探伤作业共分 2 个作业班组，每个移动探伤班组分配 3 名工作辐射人员。			

本项目拟配备辐射工作人员 6 名，共 2 个作业班组。每个作业班组同一时刻只能在 1 个探伤作业点开展工作，一次只使用 1 台探伤设备。故辐射工作人员数量满足要求。公司拟配置的个人防护用品和监测仪器能满足项目运行的需要。

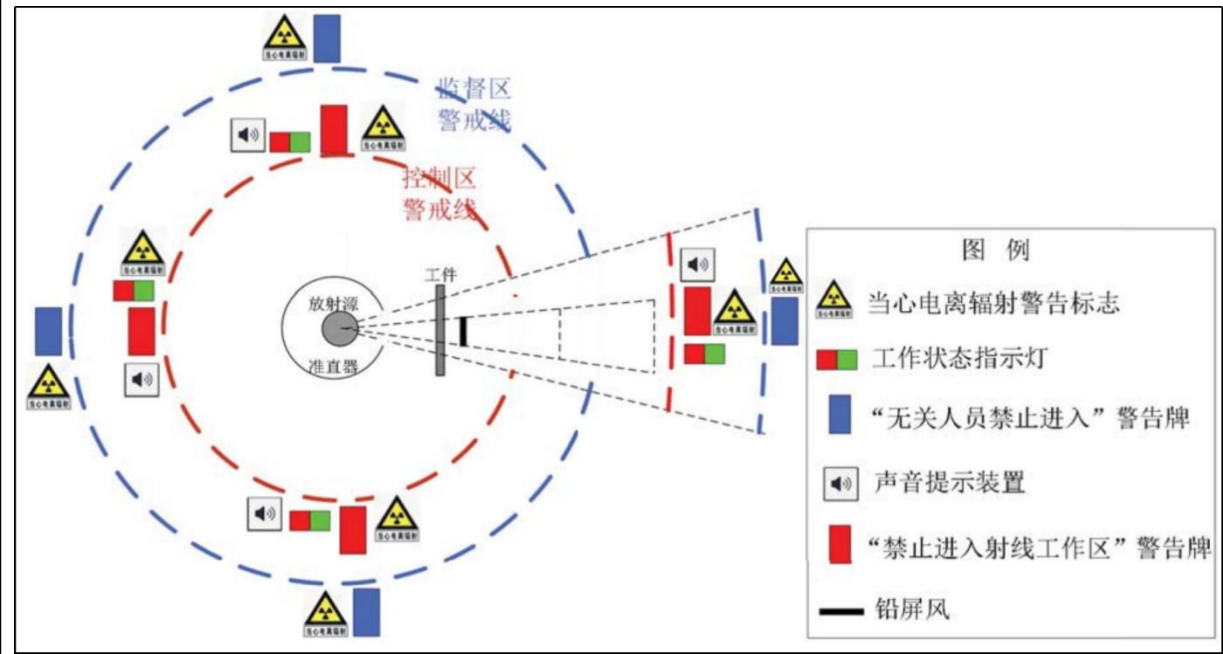


图 10-3 移动探伤现场辐射安全设施布置示意图

三废的治理

根据对该 X 射线无损检测系统正常检测时的污染源项分析，本项目探伤机检测过程中主要产生 X 射线、废定影液、废显影液、冲洗废水、废胶片及少量的臭氧和氮氧化物。

1、废气

X 射线探伤机产生的 X 会使空气电离，产生少量 O₃、NO_x。本项目探伤过程一般位于室外，地形较为开阔，通风条件良好，且现场探伤时控制区内无人员停留，基本不会对职业人员和公众造成危害。

2、危险废物处理措施

本项目产生的危险废物主要为废显影液、废定影液、冲洗废水及废胶片。根据《国家危险废物名录（2021 年版）》，以上废物均为危险废物（HW16 感光材料废物）。废显影液、废定影液产生量共为 720L/a（0.9t/a），主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银。本项目拍片后胶片在暗室洗片。配置好的显影液和定影液平时存放在专用水

槽中备用，更换时转移至专用废物桶，放置于危险废物，定期交由有相应资质的单位处置。

洗片过程中需要用清水冲洗，主要含对苯二甲酸和微量的银，浓度很小，产生量约为 1.72t/a。冲洗废水和洗片废液一同暂存于危险废物贮存库的废液桶内，定期交由有相应资质的单位处置。

废胶片产生量约为 200 张 0.01t/a，产生后放置于危险废物贮存库的收纳箱内，定期交由有相应资质的单位处置。

本项目危废贮存场所基本情况见下表 10-3。

表 10-3 建设项目危险废物贮存场所基本情况表

序号	贮存场所名称	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	位置	占地面积	贮存方式	贮存能力	贮存周期
1	危险废物贮存库	废显影液、废定影液	HW16	900-019-16	位于 3 号楼三楼南部	6m ²	废液桶	100L	1 个月
2		冲洗废水	HW16	900-019-16			废液桶	110L	1 个月
3		废胶片	HW16	900-019-16			收集箱	20kg	一年

3、危险废物管理要求

企业应制定危险废物管理计划，建立、健全污染环境防治责任制度，采取以下措施严格控制危险废物造成环境污染：

a) 制定危险废物管理计划，包括减少危险废物产生量和危害性的措施以及危险废物贮存、利用、处置措施。管理计划应报县级以上生态环境主管部门备案，内容有重大改变的，应当及时申报；

b) 建立危险废物台账记录，并向县级以上生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。跟踪记录危险废物在厂内运转的整个流程，包括各危险废物的贮存数量、贮存地点、利用和处置数量、时间和方式等情况，以及内部整个运转流程中，相关保障经营安全的规章制度、污染防治措施和事故应急救援措施的实施情况。有关记录分类装订成册，由专人管理，防止遗失，以备生态环境部门检查；

c) 交由持有危险废物经营许可证并具有相关经营范围的企业进行处理，并签订委托处理合同；

d) 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。

4、危废贮存库管理要求

本次评价要求危险废物必须按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中的有关规定使用符合标准的容器盛装。具体收集贮存管理措施如下：

①危废贮存库应符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中相关要求，液体危险废物设置托盘及收集装置，贮存库内贴具管理制度、分类标识等，贮存库门上危废标识牌设置规范，签订危废协议、危险废物进出库台账记录，危险废物定期委托有资质单位进行处置。

②建设单位应采用专用容器对危险废物进行分类收集。堆放时宜按危废种类分类堆放。日常需勤加维护，一旦发现裂缝等问题应及时进行修补，保证危险废物暂存场地的渗透系数应 $\leq 10^{-7}\text{cm/s}$ 。盛装危险废物的容器应按 HJ 1276 要求设置危险废物标签。

③危险废物贮存库内禁止存放除危险废物以外的其他物品。

④禁止在非贮存点（容器）倾倒和堆放危险废物，或将危险废物与其他一般工业固体废物及生活垃圾堆放在一起。不兼容的危险废物不能堆放在一起。

⑤建立台账并悬挂于危废贮存库内，转入及转出（处置、自利用）需要填写危废种类、数量、时间及负责人员姓名。

⑥如运营过程中现有危险废物贮存场所空间不足以容纳产生的危险废物，项目应通过增加危险废物清运次数保证危险废物得以安全贮存，或按《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求新增符合要求的危险废物贮存场所。

5、远距离作业时的危险废物管理

当现场探伤距离公司较远时，根据探伤项目具体位置，在探伤工程的项目部设置临时暗室，洗片工作在临时暗室内进行。公司根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）标准要求，在暗室内部设置面积约为 2m^2 的危险废物暂存区。危险废物暂存区设置托盘或其他液体泄漏堵截设施，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）。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后放置于危险废物暂存区的液体泄漏

堵截设施内。危险废物暂存区张贴清晰醒目的标志牌，盛装危险废物的容器按规定粘贴危险废物标签；危险废物安排专人管理，随着项目结束交由当地有危废处理资质的单位进行处置，并建立转运联单的台账。禁止探伤作业队伍运输危险废物。

在切实采取以上固废暂存、处理及管理措施后，可有效防止本项目产生的固废对环境的污染和危害，对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目为移动式探伤项目，探伤机日常无移动探伤任务时，存放于公司负一层 X 射线探伤机储存室内，不建设专用探伤室。本次仅需对辅助用房区域进行装修，施工期包括隔断安装、基础防渗，施工期较短，对周围环境的影响较小。本次评价仅对其现场探伤过程产生的辐射环境影响进行分析。

运行阶段对环境的影响

一、X 射线移动探伤辐射环境影响分析

本环评控制区和监督区边界按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，综合考虑现场探伤时间以及本项目实际可操作性确定：确定将作业时被检物体周围的周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，在控制区边界外将作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划定为监督区。公司根据业务需要，进行现场探伤的场所不固定，本评价通过理论计算确定控制区与监督区的划分范围。

1、X 射线探伤过程中的控制区、监督区距离理论估算

本次计算公式根据《辐射防护导论》中 P69 公式（3.1）导出 r 进行计算。

（1）主射方向 X 射线剂量率的计算

在距离靶 r （m）处由 X 射线机产生的初级 X 射线束造成的空气比释动能率 $\dot{K}_a$ 可近似按下式计算：

$$\dot{K}_a = I\delta_x(r_o/r)^2 \quad (\text{式 1})$$

式中， $r_o=1\text{m}$ ； I 为管电流，单位是 mA； $\dot{K}_a$ 的单位是 $\text{mGy}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

（2）经工件遮挡后的辐射屏蔽透射因子 $B=10^{-X/TVL}$ ，则工件遮挡后的剂量率为 $\dot{H} = \dot{K}_a \times B = \dot{K}_a \times 10^{-\frac{X}{TVL}} = I\delta_x(r_o/r)^2 \times 10^{-\frac{X}{TVL}}$ ，则导出：

$$r = \sqrt{\frac{I \times \delta_x}{\dot{H} \times 10^{\frac{X}{TVL}}}} \quad (\text{式 2})$$

式中：

δ_x ——发射率常数， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

$\dot{H}$ ——控制区（ $15\mu\text{Sv/h}$ ）或监督区（ $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）的边界剂量限值；

X ——被测工件厚度，单位为毫米（mm）；

TVL ——被测工件的什值层厚度，单位为毫米（mm）。

（3）漏射 X 射线剂量率的计算

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率应符合表 11-1 中要求。

表 11-1 X 射线管头组装体漏射线周围剂量当量率控制值

管电压（kV）	漏射线周围剂量当量率（mSv/h）
<150	<1
150-200	<2.5
>200	<5

距离防护是外照射辐射防护的一种有效方法，采用距离防护的基本原理是首先将辐射源作为点源的情况下，辐射场中某点的照射量、吸收剂量均与该点和辐射源的距离的平方成反比，这就是平方反比定律，即下式：

$$K_I = K_0 R_0^2 / R_I^2 \quad (\text{式 3})$$

$$R_I = \sqrt{\frac{K_0 \cdot R_0^2}{K_I}} \quad (\text{式 4})$$

式中：

K_0 ——距探伤机表面 1m 处的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

K_I ——距探伤机 R_m 处的空气比释动能率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

R_0 ——探伤机表面外 1m；

R_I ——参考点距探伤机表面的距离，m。

2、计算参数

主要核算参数一览表见下表。

表 11-2 主要核算参数一览表

型号	探伤参数		发射率 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	工件什值层厚度（mm）		备注
	电压(kV)	电流(mA)		铁/钢	铅	
XXG-2005	200	5	8.9（3mm 铝滤过条件）	15	1.4	定向
XXG-2505	250	5	13.9（3mm 铝滤过条件）	17	2.9	定向
XXG-3005	300	5	20.9（3mm 铝滤过条件）	21	5.7	定向
XXG-3505	350	5	35（0.5mm 铜滤过条件）	25	6.95	定向
XXGHZ-2005	200	5	8.9（3mm 铝滤过条件）	15	1.4	周向
XXGHZ-2505	250	5	13.9（3mm 铝滤过条件）	17	2.9	周向
XXGHZ-3005	300	5	20.9（3mm 铝滤过条件）	21	5.7	周向
XXGHZ-3505	350	5	35（0.5mm 铜滤过条件）	25	6.95	周向

注：①钢/铁的密度 7.85t/m^3 。

②200~300kV 电压下离靶 1 米处的发射率由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 X 射线输出量查得。

③350kV 电压下离靶 1 米处的发射率由 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P56 图 3 查得。

④200kV、250kV、300kV 不同电压下铅的什值层厚度取自 GBZ/T250-2014 附录表 B.2；350kV 电压下铅的什值层根据 ICRP33 中 P78 表 3 中的值采取内插法计算所得；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。

3、计算结果

该公司 X 射线探伤工件厚度 19mm~58mm，工件材料主要为钢，按照公司实际探伤情况，针对不同厚度的工件，按照相应的参数进行探伤操作。正常情况下在最初确定分区时不会发生空照现象。控制区、监督区的距离如下表所示。

表 11-3 主射方向上有工件屏蔽状态下理论计算控制区、监督区边界距离

探伤设备	工件 材质	电压 （kV）	电流 （mA）	工件厚度 （mm）		主射边界距离（m）		漏射边界距离（m）	
						控制区	监督区	控制区	监督区
XXG-2005 （定向）	钢	200	5	20-31	20	91	223	13	32
					31	40	96		
XXG-2505 （定向）		250	5	25-38	25	97	238	19	45
					38	41	99		
XXG-3005 （定向）		300	5	30-45	30	125	306	19	45
					45	55	135		
XXG-3505 （定向）		350	5	40-58	40	133	325	19	45
					58	58	142		
XXGHZ-200 5（周向）		200	5	19-29	19	99	241	/	/
					29	46	112		
XXGHZ-250 5（周向）		250	5	24-36	24	104	255	/	/
					36	46	113		
XXGHZ-300 5（周向）		300	5	29-43	29	132	323	/	/
					43	62	150		
XXGHZ-350 5（周向）		350	5	39-56	39	139	341	/	/
					56	64	156		

注：当使用周向 X 射线探伤机时，探伤机放置于管状工件内部，只考虑主射方向的控制区和监督区距离。

通过以上计算可知，按照不同工况对应不同厚度工件进行探伤，①当使用 XXG-2005 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 20~31mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 40m~91m 之间，监督区边界距离在 96m~223m 之间。非主射方向监督区边界距离在 13m~32m 之间。②当使用 XXG-2505G 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 25~38mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距

离在 41m~97m 之间，监督区边界距离在 99m~238m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。③当使用 XXG-3005 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 30~45mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 55m~125m 之间，监督区边界距离在 135m~306m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。④当使用 XXG-3505 型定向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 40~58mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 58m~133m 之间，监督区边界距离在 142m~325m 之间。非主射方向监督区边界距离在 19m~45m 之间。⑤当使用 XXGHZ-2005 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 19~29mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 46m~99m 之间，监督区边界距离在 112m~241m 之间。⑥当使用 XXGHZ-2505 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 24~36mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 46m~104m 之间，监督区边界距离在 113m~255m 之间。⑦当使用 XXGHZ-3005 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 29~43mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 62m~132m 之间，监督区边界距离在 150m~323m 之间。⑧当使用 XXGHZ-3505 型周向探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 39~56mm，工件材质为钢，按照主射计算现场探伤的控制区边界距离在 64m~139m 之间，监督区边界距离在 156m~341m 之间。

由于实际现场探伤过程中，有用线束方向有工件屏蔽，但由于工件大小不一，可能存在无法完全遮挡有用线束的情况。且在无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。因此公司拟配备 2 块 2mmPb 的铅板，局部屏蔽可根据实际探伤工作叠加使用。本项目定向探伤机有用线束方向可考虑将 2 块铅板叠加使用，则屏蔽厚度在探伤工件厚度的基础上再增加 2~4mmPb。当使用周向 X 射线探伤机时，探伤机放置于管状工件内部，X 射线机在 X 射线管轴线成垂直方向的 360°圆周上同时辐射 X 射线，铅板无法有效屏蔽 X 射线，因此使用周向探伤机时不使用铅板。使用铅板后计算结果如下：

表 11-4 工件铅当量计算表

工件材质	探伤设备	电压 (kV)	钢什值层厚度 (mm)	工件厚度 (mm)		透射因子	铅什值层厚度 (mm)	铅当量 (mm)
钢	XXG-2005 (定向)	200	15	20-31	20	0.04642	1.4	1.87
					31	0.00858		2.89
	XXG-2505 (定向)	250	17	25-38	25	0.03384	2.9	4.26
					38	0.00582		6.48
	XXG-3005	300	21	30-45	30	0.03728	5.7	8.14

	(定向)				45	0.00720		12.21
	XXG-3505 (定向)	350	25	40-58	40	0.02512	6.95	11.12
					58	0.00479		16.12

表 11-5 在工件屏蔽和铅板防护状态下理论计算控制区、监督区边界距离

探伤设备	工件 材质	电压 (kV)	电流 (mA)	铅板加工件厚 度 (mm)	主射边界距离 (m)		漏射边界距离 (m)	
					控制区	监督区	控制区	监督区
XXG-2005	钢	200	5	1.87+2=3.87	18	43	13	32
				2.89+2=4.89	8	19		
XXG-2505		250	5	4.26+4=8.26	20	49	19	45
				6.48+4=10.48	9	21		
XXG-3005		300	5	8.14+4=12.14	56	137	19	45
				12.21+4=16.21	25	60		
XXG-3505		350	5	11.12+4=15.12	69	168	19	45
				16.12+4=20.12	30	74		

注：当使用 XXG-2505 型、XXG-3005 和 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机时，按 2 块 2mm 铅当量的铅板叠加计算，当使用 XXG-2005 型定向 X 射线探伤机时，按使用 1 块 2mm 铅当量的铅板计算。

表 11-6 仅有铅板防护状态下理论计算控制区、监督区边界距离

探伤设备	工件 材质	电压 (kV)	电流 (mA)	铅板厚度 (mm)	主射边界距离 (m)		漏射边界距离 (m)	
					控制区	监督区	控制区	监督区
XXG-2005	铅	200	5	2	82	200	13	32
XXG-2505		250	5	4	108	264	19	45
XXG-3005		300	5	4	289	706	19	45
XXG-3505		350	5	4	432	1057	19	45

以上作业区边界为理论估算控制区和监督区边界，仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际探伤过程中随着 X 射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度变化、遮蔽物等条件变化都会使辐射现场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。

因此在实际探伤过程中根据上述理论估算和实际经验初步划定并标识出控制区和监督区边界；并借助便携式 X、 γ 剂量率仪进行检测或修正。实际工作中，有建筑物及其他设备遮挡，控制区、监督区范围比理论计算要小得多。

根据上表计算结果，本项目现场探伤时控制区、监督区范围图见图 11-1 至图 11-8。

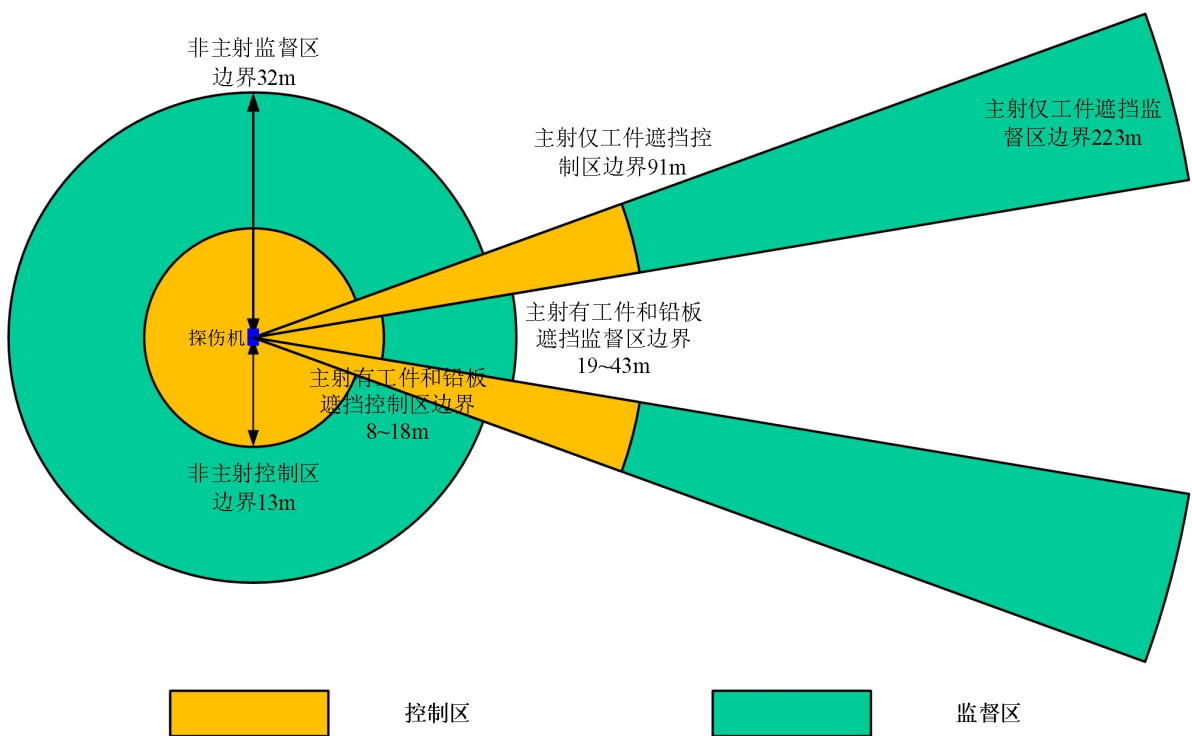


图 11-1 XXG-2005 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

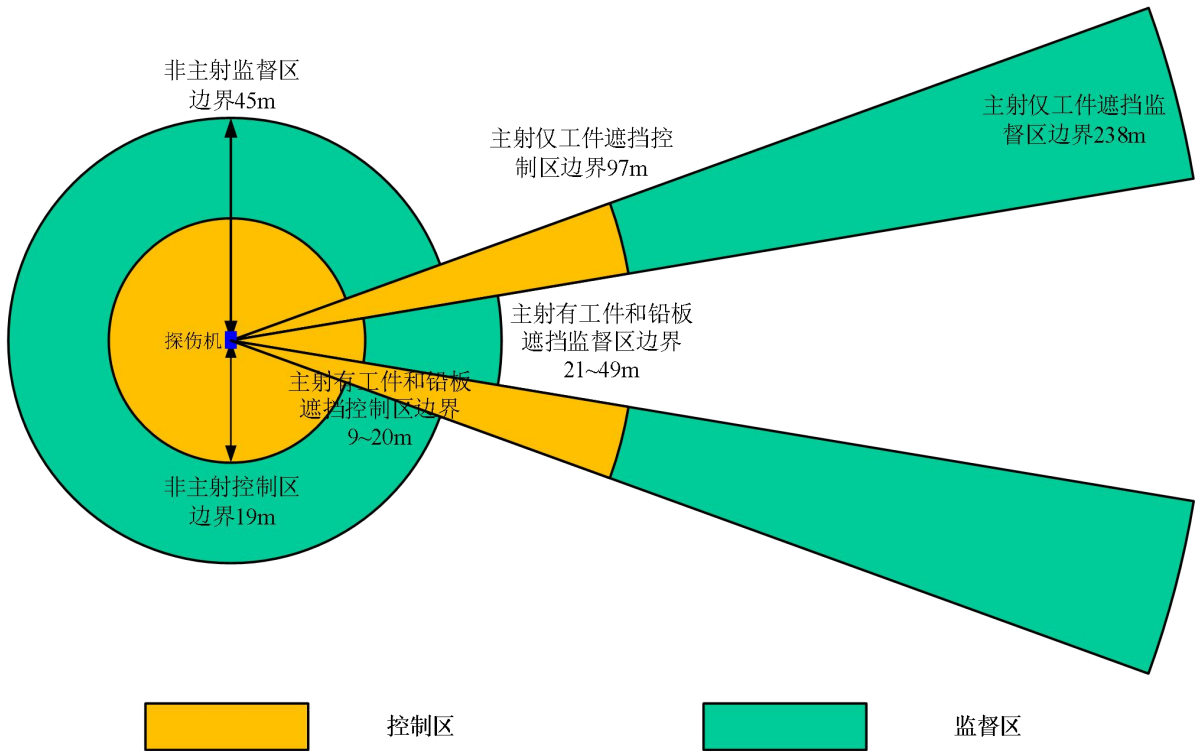


图 11-2 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

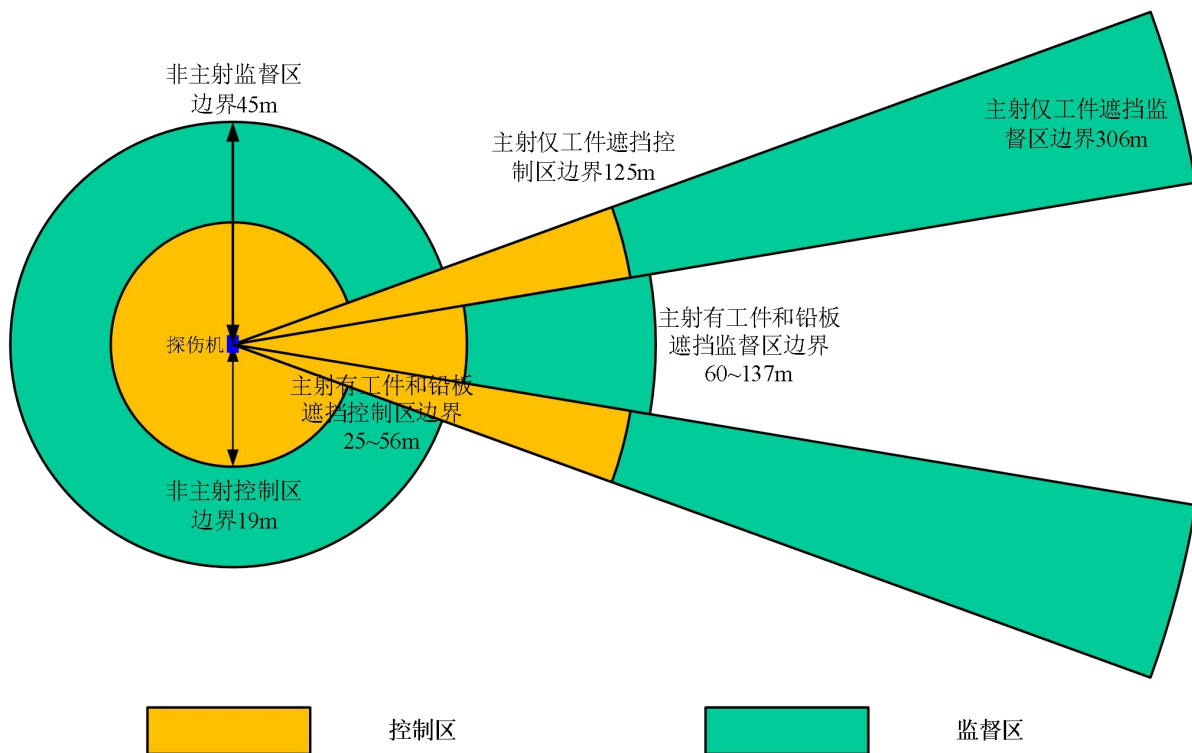


图 11-3 XXG-3005 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

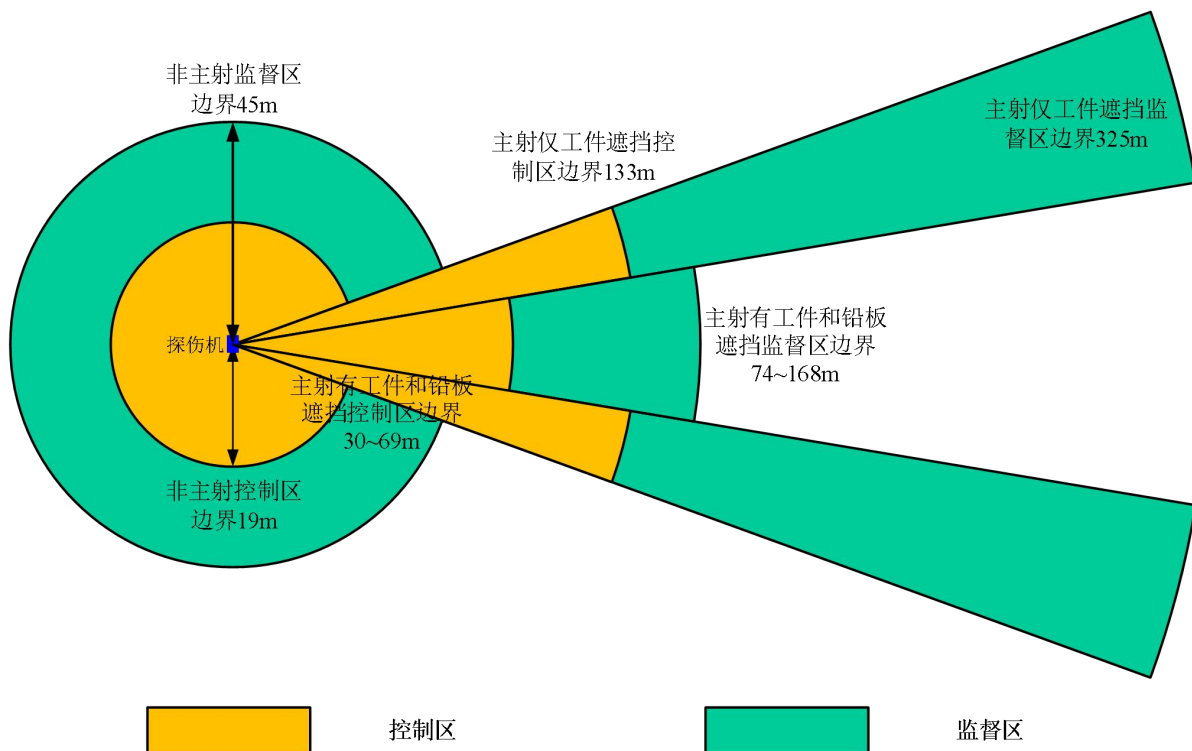


图 11-4 XXG-3505 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

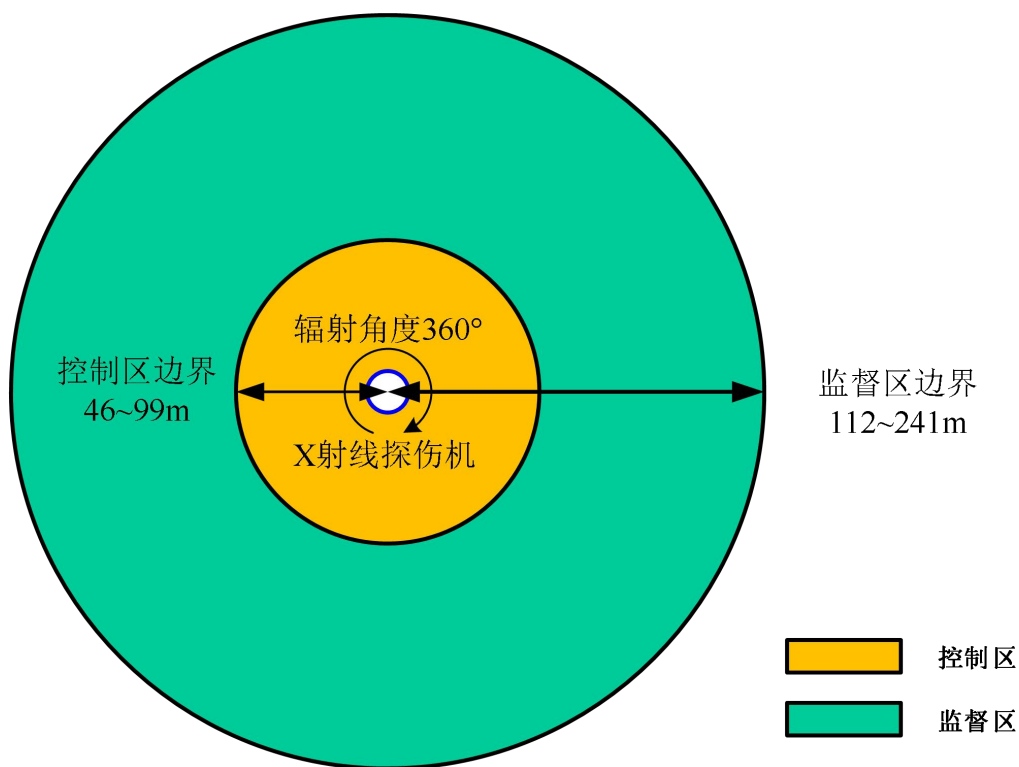


图 11-5 XXGHZ-2005 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

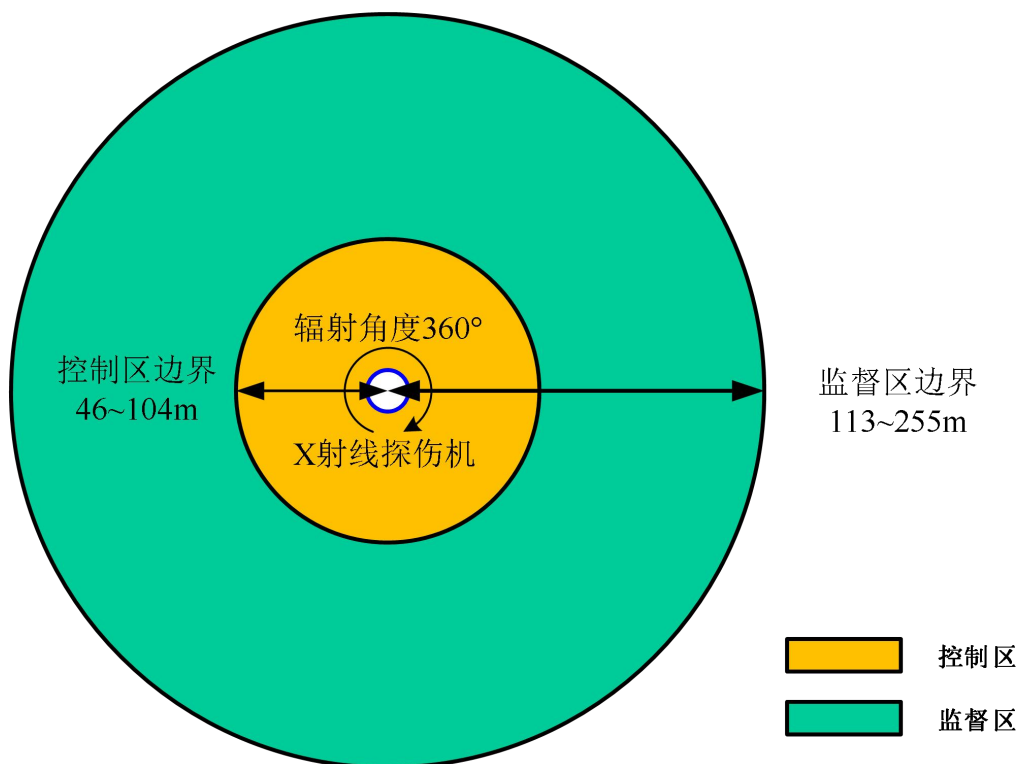


图 11-6 XXGHZ-2505 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

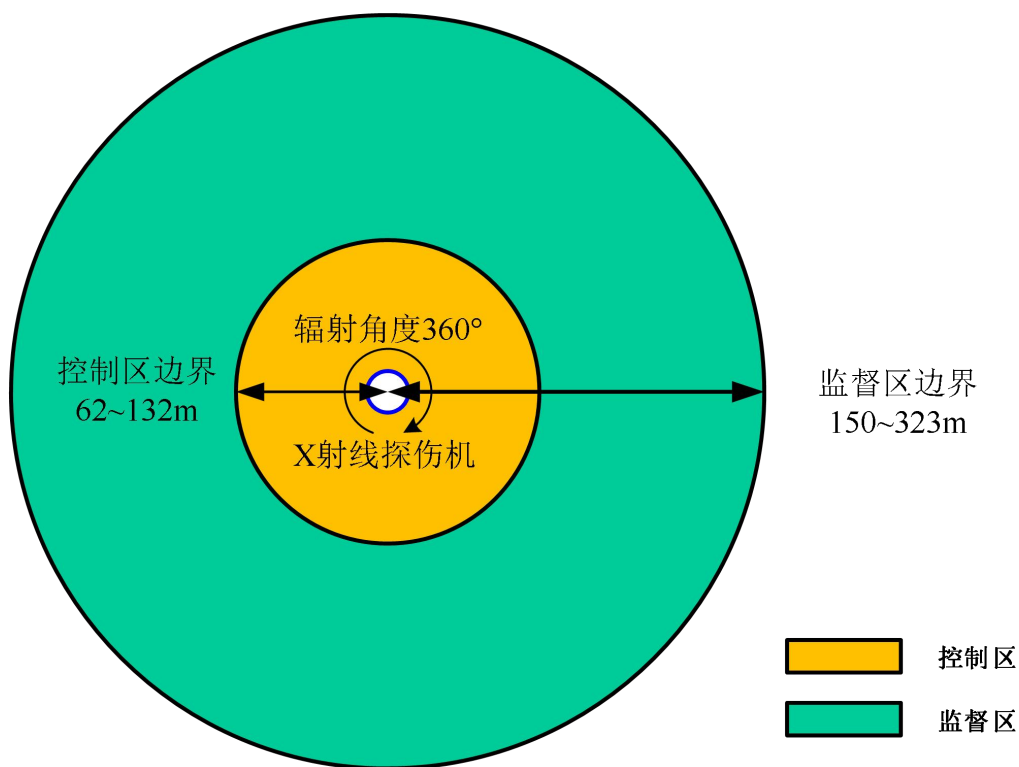


图 11-7 XXGHZ-3005 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

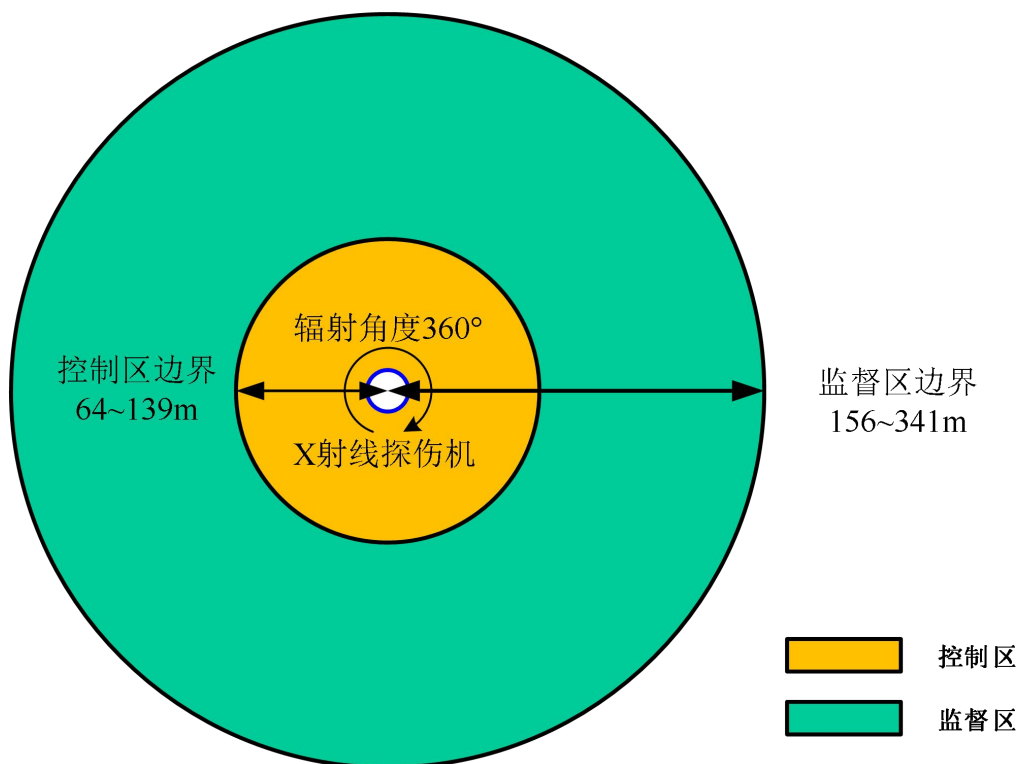


图 11-8 XXGHZ-3505 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

4、年有效剂量估算

(1) 估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

H_{Er} ——X 或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ——X 或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

T——居留因子；

t——X 或γ射线照射时间，h。

(2) 工作负荷

项目在试运行（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。此外当 X 射线探伤装置、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。根据建设单位提供的资料，公司每年 X 射线现场探伤总计曝光时间约 350h，本项目年工作 50 周，则每周实际开机时间约 7h。

(3) 剂量估算结果

①探伤现场操作人员

根据建设单位提供的资料，年总计曝光时间为 350h/a。公司从事 X 射线探伤检测工作的辐射工作人员共 6 人，每 3 人分为 1 个作业班组，共 2 组，为了避免辐射工作人员受照剂量不均衡，工作人员定期进行轮换，则每年每个工作人员探伤作业时的受照时间不超过 175h。探伤时工作人员在控制区边界外工作，所受到的最大剂量率控制在 15μSv/h 以内，可计算出每名辐射工作人员的年有效剂量为 $175\text{h} \times 15\mu\text{Sv/h} = 2625\mu\text{Sv} = 2.625\text{mSv/a}$ ，工作人员受到的年总有效剂量低于年有效剂量管理目标值 5mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

②探伤现场的公众成员

在进行探伤时应划定监督区，其边界剂量率应不大于 2.5μSv/h，公众成员不得进入该区域。公司探伤现场不固定，在探伤现场监督区外同时停留的机会很少，按保守情况估计公众的居留因子取 1/16，则该公众成员的年有效剂量最大为 $350\text{h} \times 2.5\mu\text{Sv/h} \times 1/16 = 54.688\mu\text{Sv} = 0.055\text{mSv}$ ，低于年有效剂量管理目标值 0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐

射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

三、年有效剂量汇总

辐射工作人员年有效剂量核算见表 11-7。

表 11-7 辐射工作人员年有效剂量估算一览表

人员	X 现场探伤年附加有效剂量率（mSv/a）
辐射工作人员	2.625
公众人员	0.055

由上表可知，X 探伤辐射工作人员所受的年有效剂量为 2.625mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a；公众人员所受的最大年附加有效剂量为 0.055mSv/a，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

11.2.3 废气对环境影响分析

本项目 X 射线探伤机运行过程中产生的 X 射线，X 射线会使空气电离，产生少量 O₃、NO_x。本项目探伤过程一般位于室外，地形较为开阔，通风条件良好，且现场探伤时控制区内无人员停留，基本不会对职业人员和公众造成危害。

11.2.4 危险废物环境影响

本项目产生的危废主要包括废显影液、废定影液、冲洗废水和废胶片。公司洗片产生的含重金属的饱和废显影液、定影液需要定期更换，废液收集起来存放在危废贮存库内的废液桶内。曝光时产生的废胶片，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，无放射性，作为危废暂存在危废贮存库收纳箱内。

本项目新建危废贮存库，位于公司 3 号楼三楼南部，建筑面积约 6m²，危废贮存库应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）进行修建：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不相容；必须有泄漏液体收集装置。洗片废液、洗片废水收集后定期由有相应资质的单位收集处理。公司建立危废台账，记录危废产生量、处置量及去向，并按照危险废物联单制度进行管理。

综上所述，在落实上述污染防治及处理措施后，本项目产生的危险废物对环境影响较小。

事故影响分析

1、风险事故类型

本项目现场探伤使用的探伤机最大管电压为 350kV，X 射线受开机和关机控制，关

机时没有射线发出，因此断电状态下较为安全。本项目现场探伤可能发生的辐射风险事故（事件）主要是以下情景：

①X 射线现场探伤前清场不完全或在探伤过程中，警戒工作未到位，致使工作人员或公众误入监督区和控制区，使其受到超剂量的外照射。

②探伤现场选择及现场控制区、监督区划分不合理，检测过程中未对两区边界辐射水平进行检测，对工作人员和现场周围公众造成照射。

③探伤人员违反操作规程进行探伤，对工作人员和现场周围公众造成照射。

④探伤结束后，X 射线机尚未停止作业，没有对现场辐射水平进行检测，工作人员提前进入控制区，造成超剂量的外照射。

⑤探伤过程中更换工件途中，探伤机因故障自动启动，对工作人员和现场周围公众造成照射。

⑥探伤设备管理不规范，未建立 X 射线机和辐射安全防护用品的出入库台账、使用台账、维护台账、设备档案等。管理不规范导致仪器设备丢失或遗忘，非辐射工作人员误通电引起公众误照，或设备故障引起工作人员误照。

11.3.2 后果分析

本项目现场探伤可能发生的辐射风险事故主要为误照射，本评价对探伤机事故情况下主射方向周围人员受到有效剂量做以下估算（均按照主射无遮挡空照计算），见下表。

表 11-8 误照射主射方向周围人员受到有效剂量估算

发射率		与焦点距离（m）	电流（mA）	不同距离下剂量率 $\mu\text{Sv/h}$
XXG-2005 XXGHZ-2005	8.9mGy·m ² / (mA·min) (200kV)	5	5	106800
		10		26700
		15		11867
		20		6675
		30		2967
		40		1669
		50		1068
XXG-2505 XXGHZ-2505	13.9mGy·m ² / (mA·min) (250kV)	5	5	166800
		10		41700
		15		18533
		20		10425
		30		4633
		40		2606
		50		1668
XXG-3005	20.9mGy·m ² /	5	5	250800

XXGHZ-3005	(mA·min) (300kV)	10		62700
		15		27867
		20		15675
		30		6967
		40		3919
		50		2508
XXG-3505 XXGHZ-3505	35mGy·m ² / (mA·min) (350kV)	5	5	420000
		10		105000
		15		46666
		20		26250
		30		11666
		40		6562
		50		4200

本次评价对事故操作下（在无工件遮挡下开展现场探伤）主射方向、散射方向、漏射方向的控制区、监督区范围做以下估算，见下表。

表 11-9 事故工况时控制区、监督区边界距离

探伤设备	探伤电压 (kV)	探伤电流 (mA)	边界距离 (m)			
			主射 控制区	主射 监督区	漏射 控制区	漏射 监督区
XXG-2005 XXGHZ-2005	200	5	422	1034	13	32
XXG-2505 XXGHZ-2505	250	5	528	1292	19	45
XXG-3005 XXGHZ-3005	300	5	647	1584	19	45
XXG-3505 XXGHZ-3505	350	5	837	2050	19	45
注：当使用周向 X 射线探伤机时，探伤机放置于管状工件内部，只考虑主射方向的控制区和监督区距离。						

由上表可知，若本项目 X 射线探伤机发生空照，造成实际控制区、监督区范围比划定的控制区、监督区范围大很多，造成人员受到误照射。

①X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护的情况，此时探伤操作人员和周围公众误入或滞留在控制区，造成有关人员误照射；这种情况下人员误入设有警告牌的控制区边界很容易被警戒人员发现，反应时间不超过 1min。在 350kV 电压下，受到的瞬时剂量率为 11666μSv/h（距探伤机 30m 处），则误入控制区的公众人员受到有效剂量最大为 0.194mSv。

②现场探伤工作结束后，探伤机未存放到指定的地方，随意存放，导致非辐射工作

人员误通电，产生 X 射线污染，对公众造成不必要的照射。受照时间按照探伤结束至企业下班估算，最长不超过 8h。则当电压为 350kV，公众成员受到有效剂量最高为 3360mSv（距探伤机 5m 处）。同时，随意存放探伤机加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

11.3.3 事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订）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 4 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 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 人以上（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。

①现场探伤时，公众误入控制区内，受到超剂量照射；

②由于工作人员疏忽、失职及管理人员管理不当，造成探伤机丢失、被盗；

辐射事故的最大潜在危害、环境风险因子及事故等级见表 11-11。

表 11-11 辐射事故的最大潜在危害、环境风险因子及事故等级

项目	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件	受影响人员	危害结果	事故等级
II类射线装置	X 射线	射线装置丢失、被盗、失控	公众、职业人员	造成职业人员、公众超剂量照射	一般辐射事故

11.3.4 辐射事故防范措施

①定期认真地对本单位 X 射线装置的安全和防护措施的安全防护效果进行检测或者检查。

②凡涉及对 X 射线机进行操作，必须有明确的操作规程；现场探伤作业时至少有 2 名辐射工作人员同时在场，操作人员严格按照操作规程进行操作，开机参数需两名辐射工作人员确认无误后方可进行；并做好个人的防护。

③现场探伤开机前仔细检查人员是否撤离完全，确保开机前公众成员位于监督区外，辐射工作人员位于控制区外。

④现场探伤过程加强警戒、巡视，防止无关人员误入控制区。

⑤做好设备进出台账记录，避免探伤工作结束后设备随意存放，造成不必要的公众误照射。在现场探伤领取探伤机时，应仔细核对探伤机型号、名牌。每月对使用 X 射线机的安全装置进行维护、保养，对可能引起的操作失灵的关键零配件定期进行更换，加强对防护警示标志的检查，避免失效。

此外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照相关标准要求进行探伤工作。

11.3.5 辐射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

（1）发生辐射事故时，应第一时间启动应急预案。立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大。X 射线探伤机失控第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

（2）对于受到或可能受到急性辐射损伤的人员，应迅速送往医院进行诊断和治疗；及时检查、估算受照人员的受照剂量，如有人员受到超剂量照射，对超剂量照射人员应建立详细档案和跟踪。

（3）出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划地进行处理。

（4）在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

（5）事故处理后应累计资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

（6）对可能发生的放射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并上报生态环境等相关行政部门，接受监督部门的处理。

表 12 辐射安全管理

1、辐射安全与环境保护管理机构的设置

《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：使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的工作单位，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具有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和环境保护管理工作。

中国国检测试控股集团陕西有限公司原未开展过核技术利用项目，尚未配置辐射防护与安全管理人員。为了加强公司的辐射安全工作管理，待项目建成后，建设单位应按照上述要求成立主要领导人为负责人的辐射安全与环境保护领导机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并明确领导机构相关成员，规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明，并安排专业技术人员，专职或兼职负责该公司辐射安全和环境保护管理工作。

辐射安全管理机构主要职责如下：

- ①全面负责辐射安全防护管理工作，制定辐射防护安全管理制度。
- ②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。
- ③负责日常防护设备维护，制定辐射事故应急预案，编制企业辐射安全年度评估报告。

核技术利用单位辐射安全管理标准化建设：

中国国检测试控股集团陕西有限公司应结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》（陕环办发〔2018〕29号）相关规定，对单位机构建设、人员管理（决策层、管理层、辐射工作人员）的工作职责进行明确、细化。对辐射安全防护措施进行落实，详见表12-1、表12-2评价要求，建设单位应按照文件要求进行标准化建设。

表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容具体要求

管理内容		管理要求
*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安全与环境保护管理机构和负责人。
* 人 员 管	决策层	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。
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。

理		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
	辐射防护负责人	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。
		建立健全辐射安全管理制度，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，并有完善的巡查及整改记录。
	直接从事放射工作的作业人员	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。

表 12-2 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—工业探伤类

项目		具体要求
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 悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌。
	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		X、γ剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣、铅手套等

环评要求：中国国检测试控股集团陕西有限公司应根据本项目射线装置实际应用情况，结合陕西省环境保护厅《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，成立辐射安全与环境保护领导机构，明确成员相关职责，并不断细化、完善公司决策层、辐射防护负责人、直接从事放射工作的作业人员管理相关要求。辐射工作人员和负责辐射安全防护的管理人员必须经过辐射安全和防护专业知识以及相关法规的培训，经考核通过后，方可上岗操作。辐射安全防护措施部分，落实移动式探伤作业场所的分区、标志及指示灯、监测设备及个人防护用品等措施要求。

2、辐射安全管理

（1）辐射安全管理规章制度

中国国检测试控股集团陕西有限公司使用 II 类射线装置，公司应根据《放射性同位

素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 修订）等相关法律、法规要求，结合所使用的 X 射线装置情况，应制定辐射安全管理制度、岗位职责和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，加强对辐射工作，人员的培训，确保射线装置的安全使用。

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，中国国检测试控股集团陕西有限公司必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，建设单位应针对本项目应用的工业 X 射线探伤装置，按照相关规定制定并完善相应的管理制度，包括：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、射线置装使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施、危废台账管理制度等。各制度应健全，内容齐全。

另外，建设单位应在工作中认真落实相关制度，并根据陕西省环境保护厅《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，不断对制定的操作规程、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、监测方案加以更新和完善，使其具有更强的针对性和可操作性。陕西省核技术利用单位规章制度相关要求（陕环办发〔2018〕29 号）见表 12-3。

表 12-3 规章管理制度建立与执行具体要求

管理内容	管理要求
*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，并建立射线装置台账。
	建立射线装置岗位职责、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。
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。
	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），并建立维护与维修工作记录档案（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。
--	---

此外，根据陕西省环境保护厅《陕西省放射性污染防治条例（2019 年修正）》第十七条“跨设区的市行政区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。”本项目涉及跨市行政区域现场探伤作业，中国国检测试控股集团陕西有限公司应当于活动实施前、结束后十日内，向射线装置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。

（2）档案管理

本项目辐射工作人员到位后，应认真落实相关制度，将辐射工作人员的健康体检报告、个人剂量监测报告、辐射安全培训合格证等建立档案保存。档案信息和保存等按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》规定执行。按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案资料分以下九大类：“制度文件”“环评资料”“许可证资料”“射线装置台账”“监测和检查记录”“个人剂量档案”“培训档案”“年度评估”“辐射应急资料”等。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

另外，建设单位项目建成运行后，应及时组织验收并申请领取辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

（3）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，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。

现场探伤还应建立设备出入库台账。根据设备出入库管理制度，检测工作人员应持现场探伤计划书，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。检测完毕后，经过设备管理员确认后归还设备，并在出入库台账上登记开机时间、入库时间等信息。

（4）年度评估

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（2011 年 4 月 18 日环境保护部令第 18 号公布）第十二条规定：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。

中国国检测试控股集团陕西有限公司应建立有“年度评估”制度，每年按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容。

3、辐射工作人员

中国国检测试控股集团陕西有限公司拟配备辐射工作人员 6 名，均为新增辐射工作人员。另外设置 1 名专职辐射管理人员。专职辐射管理人员不参与探伤任务，由 6 名辐射工作人员进行 X 射线无损检测。

（1）配置数量合理可行性

本项目共 6 名辐射工作人员，每 3 人分为 1 个作业班组，共 2 组，从事本次 X 射线无损检测工作的 2 个作业班组间进行轮班，工作任务平均分配。

根据本项目探伤装置的操作需求，进行 X 射线无损检测时，至少应保证 3 名辐射工作人员同时在场。本项目共配置 8 台 X 射线探伤机，根据业务情况选择不同型号探伤机用于现场探伤项目。根据公司的业务情况，现场探伤作业高峰期最多 2 个班组同时开展工作，每个探伤班组每次现场探伤只使用 1 台探伤机，每个探伤工作现场至少 3 名辐射工作人员，其中 1 人警戒、巡视。因此项目拟配置 6 名辐射工作人员是可行的。

（2）辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条的规定：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。同时，根据生态环境部《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》（2019 年第 57 号），各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。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，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

根据建设单位资料，本次评价涉及的辐射工作人员共计 6 人，均为新增辐射工作人

员。环评要求：新增辐射工作人员列入培训计划，经辐射安全与防护培训考核合格后，持证上岗。并每五年再培训。公司应建立辐射工作人员培训档案，档案内容包括每次培训的课程名称、培训时间、考试或考核成绩等。

（3）个人剂量管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修正）》第二十九条规定：生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。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。

为加强后续个人剂量监测和职业健康检查管理工作，评价提出以下要求。

①监测、检查周期

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 4.3 节要求，常规监测的周期应综合考虑放射工作人员的工作性质、所受剂量的大小、剂量变化程度及剂量计的性能等诸多因素。常规监测周期一般为 1 个月，最长不得超过 3 个月。

②个人剂量计佩戴

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 5.3 节要求，对于比较均匀的辐射场，当辐射主要来自前方时，剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置；当辐射主要来自人体背面时，剂量计应佩戴在背部中间。

③记录要求

按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 8.1.1 条要求，准许工作人员查询本人职业照射记录；职业健康管理人員查询相关职业照射记录及有关资料。

④档案

建设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。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。按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 7.2 条要求，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

另外，辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借。

（4）职业健康检查

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

从事辐射工作期间，辐射工作人员应定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，应脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。建设单位应建立和保存辐射工作人员的健康档案。

按照《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）第 5.1.4 条要求，放射工作人员在岗期间职业健康检查周期按照卫生行政部门的有关规定执行，一般为 1a～2a，不得超过 2a，必要时，可适当增加检查次数。

4、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 12-4。

表 12-4 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实的情况
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。	建设单位拟成立主要领导人为负责人的辐射安全与环境保护领导机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作
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。	建设单位拟新招聘 6 名辐射工作人员，人员按照规定参加培训并考核合格。
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。	探伤作业现场设置电离辐射警示标志、警戒线、工作状态指示灯、紧急停机按钮。探伤现场划定控制区、监督区，拟配备警戒线、警示标识等。
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。	专职辐射工作人员均配备 1 枚个人剂量计（共 6 枚），现场探伤人员每人配备 1 台个人剂量报警仪，每个作业中的移动探伤班组配备 1 台便携式 X-γ 辐射剂量率仪。
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。	本项目建成运营前，建设单位应针对本项目应用的探伤装置，按照相关规定制定并完善相应的管理制度，并将相应制度悬挂于辐射工作场所。
有完善的辐射事故应急措施。	本项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成辐射事故应急预案修订、备案，并将相应制度悬挂于日常工作场所。

从表 12-4 可知，待建设单位全部落实上述各项要求后进行环保竣工自主验收，申领辐射安全许可证后，具备从事本项目辐射活动的能力，本项目方可投入正式运行。

5、辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修订）》等相关法规和标准，必须对射线装置使用单位进行个人剂量监测、工作场所监测、场所外的环境监测，

开展常规的防护监测工作。

建设单位应配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对现场探伤环境进行监测，按规定要求开展各项监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所外环境的监测。

(1) 常规监测及检查

建设单位在项目建成后应对现场探伤周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测应委托有资质的单位进行。

①验收监测：建设项目正式投产运行前，委托有资质的监测单位对公司现场探伤工作场所及其周边环境进行常规监测，编制验收监测报告。

②常规监测：委托有资质的监测单位对公司现场探伤工作场所及其周边环境进行常规监测，每年监测一次。

③日常监测：公司应配备便携式 X- γ 剂量率仪，定期对现场探伤工作场所以及周边环境进行监测，做好辐射的日常监测工作，并将监测数据记录存档保存。

此外建设单位应对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估，安全评估报告对存在的安全隐患及时提出整改方案，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。

(2) 个人剂量监测

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入档案。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

(3) 监测计划

监测计划应包括以下内容：

①监测频次：项目竣工环境保护验收时进行一次监测；公司日常巡测每季度一次，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后也应进行监测。

②监测项目：周围剂量当量率。

③监测点位：监督区、控制区边界、辐射工作人员操作位，有代表性的位置。

综上所述，建设单位应在项目建成后，委托有资质的监测单位对现场探伤的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格后方可投入使用。此外建设单位应对现场探伤的

周围剂量当量率进行日常监测，发现问题及时整改，监测计划见表 12-5。

表 12-5 辐射监测计划一览表（建议）

工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	监测目的
无损检测现场	X- γ 辐射周围剂量当量率	探伤作业现场；控制区、监督区边界处	①在试运行（或第一次曝光）期间，测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。 ②当探伤装置、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。	确定控制区、监督区边界，并确保周边剂量率符合要求
		探伤作业现场	探伤机停止工作时，对人员所在位置进行检测	确定探伤机已停止工作
工作人员 个人剂量	个人剂量当量	辐射工作人员的个人剂量计	每3个月送有资质检测机构检测1次；如发现异常可加密监测频率。	掌握放射工作人员有效剂量

6、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（2019年修订）》第四十一条的规定：“使用射线装置的单位，应当根据可能发生的辐射事故的风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备”。

中国国检测试控股集团陕西有限公司应结合实际情况和本报告表的事故工况分析，建立《辐射事故应急预案》，成立辐射事故应急处置管理机构，做好应对辐射事故的充足准备，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

（1）辐射事故应急预案内容

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《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）对辐射事故应急预案的内容提出了相关要求，详见表 12-6。

表 12-6 辐射事故应急预案应包含的主要内容

序号	文件名称	条文	规定内容
1	《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修订）》	第四十一条	辐射事故应急预案应当包括下列内容：（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故调查、报告和处理程序。
2	《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）	第四十三条	辐射事故应急预案应当包括下列内容：（一）应急机构和职责分工；（二）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；（三）辐

			射事故分级与应急响应措施；（四）辐射事故的调查、报告和处理程序；（五）辐射事故信息公开、公众宣传方案。辐射事故应急预案还应当包括可能引发辐射事故的运行故障的应急响应措施及其调查、报告和处理程序。
3	《陕西省放射性污染防治条例》（2019年7月31日修正）	第三十二条	应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序
4	《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）	辐射安全管理部分--应急管理应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序

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》的要求，建议建设单位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；
- ⑥辐射事故信息公开。

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2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向相关主管部门报告。

该公司应在项目建成后及时制定《辐射事故应急预案》，为了确保在发生事故时，能及时启动应急预案，故公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。

（2）事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019年修订）》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。

本项目使用Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为Ⅱ类射线装置失控、丢失、被盗，使人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值，事故等级为一般辐射事故。

（3）响应程序及内容

建设单位涉及的射线装置管理最高级别为Ⅱ类射线装置，可能发生的辐射事故主要为人员受到不必要的误照射，导致辐射工作人员和公众成员可能受到超过年剂量照射限值。根据分析公司突发辐射事故的应急响应为一般辐射事故应急响应。即发生射线装置故障、误操作，射线装置丢失、被盗而导致工作人员或者公众受到意外、异常照射等事故时，启动一般辐射事故应急响应。

应急响应时，应急指挥部按下列程序和内容响应：

发现→逐级上报→内部管理机构→启动预案开展应急救援工作→上报当地生态环境主管部门和公安部门（造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告）

确认发生辐射事故后，现场人员立即通知内部管理机构，内部管理机构接到报告后应立即通知相关职能部门，立即启动应急预案，及时组织各部门开展应急救援工作。内部管理机构立即向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

（4）事故应急方案与措施

①事故的初始处理

在探伤过程中，因突发事故致使工作人员或公众受到（或有可能受到）照射时，应立即到达控制箱处，立即切断射线装置电源或就近按下紧急停机按钮，上报内部管理机构；发现便携式 X 射线探伤机丢失或被盗后立即上报内部管理机构。

②应急预案启动

应急指挥部接到报告后应立即启动应急预案，采取应急措施，对受辐射人员进行初步的检查与救治，并立即向生态环境主管部门、公安部门和卫生主管部门报告。

事故处理必须在单位总指挥的领导下，若总指挥不在，则由副总指挥领导，在有经验的辐射工作人员和卫生防护人员的参与下进行。发生辐射事故的场所未经防护检测人

员允许不得进入事故区域。

在生态环境主管部门、卫生主管部门及公安部门人员到达本单位后（两小时内到达），生态环境主管部门提供处置方案，卫生主管部门估算人员可能受到的剂量，公安部门负责现场的治安，应急领导小组接受各领导部门的指挥并配合做好事故的应急响应、调查处理、定性定级和医疗应急工作。

估计受照人员所受剂量，根据受照剂量情况立即将可能受到辐射伤害的人员送至卫生主管部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院进行医学处理或治疗或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。

③事故报告程序

根据本项目的辐射事故等级，本项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局和公安部门报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

④辐射事故应急处置措施

事故发生后，应进行以下几项工作：

a.当发生误照射事件后，立即切断设备电源或者就近按下急停按钮，向当班班长报告，迅速控制事故发展，消除事故源。

b.事故发生后，应迅速安排受辐射人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治，并保护好现场，如实向调查人员介绍清楚，已估算受照剂量，判定事故级别，提出控制措施。

c.当发生误照射事件后，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。

d.事故发生后，积极配合有关部门的事故调查工作，不得隐瞒事故的真实情况。

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。

⑤辐射事故后处理

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门做好事故调查处理，并做好事故的善后工作。

对可能受到辐射伤害人员，事故单位应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

7、项目环保投资及竣工环境保护验收清单

（1）项目环保投资

本项目环境保护投资约 11 万元，主要用于辐射防护安全措施、辐射环境监测仪器和个人防护用品购置等，其投资估算如表 12-7 所示。

表 12-7 辐射安全与管理投资估算

内容	措施	投资（万元）
防护监测设备	项目辐射工作人员配备个人剂量计 6 枚、X、 γ 辐射剂量率仪 2 台、个人剂量报警仪 6 台。	4
现场探伤辐射防护安全设施	2 个 1m×1m 的 2mmPb 铅屏风	1
管理制度、应急措施	制作图框、警示标牌	2
公示牌	安全信息公示牌	
警示标志	电离辐射警告标志，有中文说明 “无关人员禁止入内”警告牌、“禁止进入射线工作区”警告牌、警戒绳、声音提示装置、警戒灯（工作状态指示灯）	
人员	人员培训、体检、个人剂量监测等。	2
危废处置	危废暂存区域防渗、托盘收集容器、标识等	2
合计		11

（2）项目竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。

建设单位应根据“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项目表》的通知”（陕环办发〔2018〕29 号），对本项目进行标准化建设和竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。本项目竣工环境保护验收清单见表 12-8。

表 12-8 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收内容	验收方法	效果和环境预期目标
1	探伤设备	定向探伤机 4 台，额定电压 $\leq 350\text{kV}$ ，电流 $\leq 5\text{mA}$ 。	射线装置参数（电压）不

		周向探伤机 4 台, 额定电压≤350kV, 电流≤5mA。	得增大至环评阶段的 30%及以上。	
2	环保手续	项目建设的环境影响评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。	环保手续齐全	
3	现场探伤防护用品	警戒绳、警示灯、声光报警仪等警戒、防护用品	配备齐全	
4	人员要求	6 名辐射工作人员, 参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核成绩合格。辐射工作人员定期复训, 并建立培训档案。	辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核, 考核成绩合格。	
5	个人剂量档案及健康档案	为每个放射性工作人员配备个人剂量计, 探伤作业时按要求佩戴, 建立并保存辐射工作人员个人剂量监测和职业健康检查档案。	确保辐射工作人员安全	
6	防护监测设备	每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计 (共 6 枚)、X、γ辐射剂量率仪 2 台、个人剂量报警仪 6 台。防护监测设备定期检定。	个人剂量计按规定定期进行剂量检测, 防护监测设备定期检定。	
7	管理机构	设立以公司领导为组长、相关负责人为成员的辐射安全与环境管理领导小组, 落实相关管理职责。	负责整个项目辐射安全与环境管理工作。	
8	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现场探伤探伤机存取台账管理制度; ⑩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。	
9	电离辐射控制要求	剂量管理限值	辐射工作人员 5mSv/a; 公众人员 0.1mSv/a。	GB18871-2002
		现场探伤	将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围划为控制区。	GBZ117-2022
			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。	
10	废胶片、废显 (定) 影液、洗片废水	设置危险废物贮存库、使用专用容器收集, 危废暂存区域进行防渗处理, 专用容器外张贴危险废物标签, 建立危险废物记录台账, 并交有危废处理资质的单位, 签订危险废物收集处置协议。	设置危险废物贮存库、签订危险废物处置协议, 保证所有危废均规范化管理、安全处置。	

表 13 结论与建议

结论:

1、项目概况

随着公司的发展,为满足无损检测工作需要,中国国检测试控股集团陕西有限公司拟新增 II 类射线装置开展移动探伤工作。II 类射线装置共 8 台,电压等级为 200kV~350kV。现场探伤工作在全国范围内开展,现场探伤场所不固定。

本项目总投资 50 万元,其中环保投资 11 万元。

2、产业政策符合性

本项目主要配置 X 射线探伤机用于对工件进行无损检测,属于《产业结构调整指导目录(2019 年本)》中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”,项目符合国家产业政策。

3、实践正当性

项目使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验,确保工件使用安全。该项目建设有利于发展社会经济,为企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及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)中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

4、选址合理性

项目现场探伤时,无确定的作业场所,必须严格按照探伤操作规程,确保监督区周围无相关人员,严格按照控制区边界外周围剂量当量率低于 $15\mu\text{Sv/h}$,监督区周围剂量当量率低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求执行,则其操作是可行的。

5、辐射环境质量现状

根据《中国环境天然放射性水平》(中国原子能出版社,2015 年)西安市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率,处于本底涨落范围内,为原野 γ 辐射剂量率:50.0-117.0nGy/h,道路 γ 辐射剂量率 52.0-121.0nGy/h,室内 γ 辐射剂量率 79.0-130.0nGy/h。

6、辐射防护与安全措施

进行现场探伤时,将辐射工作场所划分为控制区、监督区,并实行分区管理,设置警戒线和相应的警示标识,设有专人负责警戒、巡视和疏散工作。本项目探伤机设备自身具有一定的辐射安全与防护措施,保障人员的安全。除此之外,公司在开展现场探伤前制定现场探伤作业方案,探伤前公告,使用 X- γ 辐射剂量率仪划分控制区及监督区距离等安全措施。同时建设单位为每名辐射工作人员配置 1 枚个人剂量计和 1 台具有直读

功能的个人剂量报警仪，现场拉警戒绳、有条件安装警示灯、声光报警仪，为辐射工作人员配备防护用品。

综上所述，本项目拟采取的辐射安全与防护措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关要求。

7、环境影响分析结论

根据核算，现场探伤辐射工作人员、公众成员的年附加有效剂量均低于本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众成员 0.1mSv/a），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求。

项目运行不产生放射性废水、放射性废气。现场探伤时空间开阔，少量的臭氧和氮氧化物很快能够扩散，不会对周围环境产生不利影响。本项目洗片废液、废片收集后定期由有相应资质的单位收集处理。公司应建立危废台账，记录危废产生量、处置量及去向，并按照危险废物联单制度进行管理。在落实污染防治及处理措施后本项目产生的危险废物对环境的影响较小。

8、辐射环境管理

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，配置辐射环境专职管理人员，制定相应的管理制度，辐射工作人员持证上岗，并组织复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量监测档案、辐射环境监测档案等，项目建成后应及时申请《辐射安全许可证》在许可范围内从事辐射活动。在运行过程中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

9、总结论

综上所述，中国国检测试控股集团陕西有限公司现场探伤项目符合国家产业政策，选址合理，符合实践的正当性原则。项目应切实落实本报告表中提出的污染防治措施和建议，严格按照国家有关辐射防护规定执行，在完善相应的污染防治措施和环境管理措施后，项目运行时对周围环境、辐射工作人员和公众产生的影响满足环境保护的要求。因此从辐射安全和环境保护角度论证，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下对环境的影响是可以接受的，从辐射环境保护角度分析，本项目建设可行。

建议：

（1）按照国家相关要求进行标准化建设，该项目投入运行前，应委托有资质的监测单位对现场探伤的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可

证后方可开展探伤工作。

(2) 加强对员工的核与辐射安全知识培训，增强员工的安全意识和自我保护意识。

(4) 不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日