

陕西电力科隆发展有限责任公司
X射线现场探伤核技术利用建设项目
环境影响报告表

建设单位：陕西电力科隆发展有限责任公司

评价单位：核工业二〇三研究所

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	放射源	9
表 3	非密封放射性物质	10
表 4	射线装置	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	12
表 6	评价依据	13
表 7	保护目标与评价标准	15
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	28
表 11	环境影响分析	36
表 12	辐射安全管理	46
表 13	结论与建议	60
表 14	审批	63
	附件 1 委托书	
	附件 2 关于建设项目环境影响评价文件中删除不宜公开信息的说明	
	附件 3 市场主体环境信用承诺书	
	附件 4 辐射安全许可证	
	附件 5 建设项目环境影响备案表	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西电力科隆发展有限责任公司 X 射线现场探伤核技术利用建设项目			
建设单位		陕西电力科隆发展有限责任公司			
法人代表	周来宏	联系人		联系电话	
注册地址		陕西省西安市新城区长乐西路 48 号副 1 号			
项目建设地点		陕西省西咸新区秦汉新城朝阳五路与金旭路交叉口东 150 米，实训楼 415 室内，现场探伤场所不固定			
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）	7.5	投资比例（环保投资/总投资） 15%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积（m ² ）	/
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p>项目概述：</p> <p>1.1 公司概况</p> <p>陕西电力科隆发展有限责任公司是陕西大秦电能集团全资子公司，隶属于国家电网体系，为深耕电力行业近三十年的国有企业与高新技术企业。公司业务覆盖三大核心板块，形成全链条服务能力。电力技术服务板块提供特种作业安全培训、电气设备修理、输电线路检测等服务，同时推广智能无人飞行器技术，助力巡检智能化。智能装备研发板块聚焦电力巡检创新，其研发的无人机挂载装置、起降平台等产品获国家实用新型专利，适配多场景需求。综合服务板块涵盖充电设施运营、物业管理、数字化服务等，打造“电力+服务”融合模式，为电力系统全产业链提供多元化、智能化支撑。</p> <p>1.2 核技术应用的目的和由来</p> <p>随着公司的发展，为满足无损检测工作需要，陕西电力科隆发展有限责任公司拟在陕西省西咸新区秦汉新城朝阳五路与金旭路交叉口东 150 米，实训楼 415 室内建设 X 射线探伤机存储室，并新购 1 台便携式 X 射线探伤机（为 II 类射线装置，最大管电压为 150kV，最大管电流为 1mA，设备成像方式为实时成像，不涉及洗片。）对本项目为对</p>					

已经现场安装的输电线路耐张线夹进行探伤。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。

陕西电力科隆发展有限责任公司于 2025 年 12 月委托核工业二 0 三研究所对其现场探伤核技术利用建设项目进行环境影响评价工作。接受委托后，我单位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 原有核技术利用情况

2025 年 2 月 26 日，公司填写销售射线装置核技术利用项目建设项目环境影响备案登记表，备案号：202561010200000010。

2025 年 3 月 19 日，公司获得西安市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号：陕环辐证[A2510]，种类和范围为：销售 II 类射线装置，有效期为 2030 年 3 月 18 日。

1.4 建设规模及工程内容

（1）项目概况

陕西电力科隆发展有限责任公司位于陕西省西安市新城区长乐西路 48 号副 1 号。本次拟在陕西省西咸新区秦汉新城朝阳五路与金旭路交叉口东 150 米，实训楼 415 室内，新增 1 台便携式 X 射线探伤机开展现场探伤工作，配套建设 X 射线探伤机存储室。现场探伤场所不固定。

（2）设备概况

根据公司的业务情况，现场探伤作业最多在 1 处地方开展工作，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、项目组成一览表见表 1-2。

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
1	便携式 X 射线探伤机	XP1515-M091	II	1 台	150kV	1mA	定向
备注：探伤机日常无移动探伤任务时存放于公司 X 射线探伤机存储室。 设备成像方式为实时成像，不涉及洗片。							

表 1-2 项目组成一览表

名称	项目建设内容及规模		备注
主体工程	购置 1 台定向 X 射线探伤机		新建
辅助工程	X 射线探伤机存储室	砖混结构，建筑面积约 6m ² ，主要用于存放 X 射线探伤机和涉及的设备和防护设施	新建
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	依托
	排水	由污水管道排入市政污水管网流入。	依托
	供暖	天然气供暖	依托
	制冷	空调制冷	依托
环保工程	生活污水	办公场所：生活污水净化粪池预处理后，排入市政污水管网。 现场探伤场所：辐射工作人员现场探伤作业过程中产生的生活污水依托所服务企业或周边村镇现有生活污水处理设施处理	依托
	生活垃圾	办公场所：设置垃圾桶，将生活垃圾进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。 现场探伤场所：生活垃圾依托所服务企业或周边村镇现有垃圾桶进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。	依托

(3) 现场探伤地点

本项目探伤对象主要输电线路耐张线夹，探伤现场不固定，具体地点随业主委托地点及项目实际情况确定。公司承接的项目探伤地点一般位于野外输变电现场，各探伤现场情况及周边环境将存在着较大的差异，探伤时公司根据探伤现场情况划定控制区和监督区范围，并选取合理的防护措施。同时安排专人警戒、巡视。

《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正）“第十七条 跨省转移使用放射性同位素的单位，应当按照国家规定办理备案手续。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”。根据《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正），本次环评要求建设单位在跨区探伤时要提前到转入地和转出地办理相应的登记、注销等手续。

(4) 探伤工件情况

本项目探伤工件主要为输电线路耐张线夹等，工件材质为铁、钢金属，厚度 20~50mm，工件参数见表 1-3。

表 1-3 主要探伤工件材质和厚度尺寸一览表

序号	工件名称	材质	长度 mm	厚度 mm
1	NX-J 楔形绝缘耐张线夹	铁/钢等金属	260×85	50
2	螺栓型耐张线夹		200-600	30-60
3	NX-2 楔形绝缘耐张线夹		150-220	20-32

(5) 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 射线现场探伤每年最多探伤工件数 950 件，每个工件曝光 4 次，总曝光次数最大为 3800 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，则年最大曝光时间约 316.67h，

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 50 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 4.17h。则每年实际开机时间（探伤作业时间+划区时间）约 83.37h。项目计划工作量见表 1-4 所示。

表 1-4 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	年检测工件数	年曝光次数	年工作时间(最大)	周工作时间(最大)
移动探伤作业场所	XP1515-M091	150kV	1mA	950 件	3800 次	316.67	/
	划区			/	50 次	4.17h	/
	合计			950 件	3850 次	320.8h	6.42h

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 2 人，分为 1 个作业班组，因此 X 射线现场探伤过程每组人员照射时间为 320.8h/a。

(6) 主要原辅材料

本项目探伤机使用数字成像系统，属II类射线装置，由智能控制器，X 射线发生器，电源电缆，连接电缆，射线警示灯等组成。本项目利用数字平板探测器直接成像，采用

电脑进行读片、评片，电子数据存档，故不涉及胶片、显影液和定影液的使用。

(7) 辐射工作人员

本项目配置 2 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，探伤工作现场为 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼职警戒、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。

1.5 项目地理位置及周边环境概况

(1) 项目所在地理位置图

公司位于陕西省西咸新区秦汉新城朝阳五路与金旭路交叉口东 150 米，实训楼 415 室内，本项目建设单位的地理位置图见图 1-1。



图 1-1 公司地理位置图

(2) 实训楼所在区域周围环境概况

北侧为训练场地 1、办公楼，西侧为训练场地 2、东侧西北电力建设第四工程公司咸阳基地家属院，南侧为中铁七局市政项目部。公司四邻关系图见图 1-2。



图 1-2 公司四邻关系图

(3) 辅助用房建设区域周围环境概况

X 射线探伤机存储室位于公司西北侧。公司平面布局图见图 1-3。

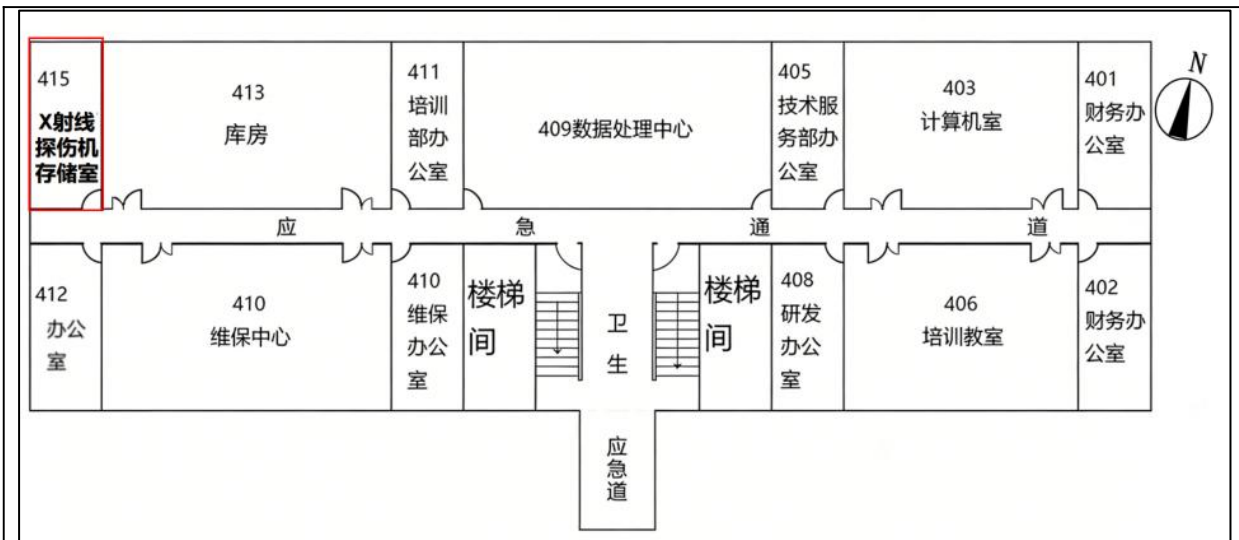


图 1-3 公司平面布局图

1.6 辐射工作场所

本项目现场探伤主要是耐张线夹进行无损探伤检测，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 射线探伤机存储室。X 射线探伤机存储室位于陕西电力科隆发展有限责任公司西北侧。X 射线探伤机存储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 射线探伤机存储室门口上锁。钥匙交专人保管；②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；③将探伤设备与控制钥匙分开存放；④X 射线探伤机存储室门口和室内设置视频监控。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 射线探伤机存储室是合理的。

1.7 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。

陕西电力科隆发展有限责任公司使用 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，本项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求，故本环评认为该项目是正当可行的。

1.8 产业政策符合性分析

陕西电力科隆发展有限责任公司 X 射线现场探伤核技术利用建设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（2024 年本）》中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，项目符合国家产业政策。

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 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	XP1515-M091	150kV	1mA	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

<p>法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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 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》（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（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日起施行）； 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） 15、《危险废物转移管理办法》（生态环境部、公安部、交通运输部令第 23 号公布，2022 年 1 月 1 日施行）。
<p>技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 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、《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；

	<p>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）。</p> <p>6、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；</p> <p>7、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>8、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>9、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>10、《污水排入城市下水道水质标准》（GB/T31962-2015）；</p> <p>11、《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）。</p>
其他	<p>陕西电力科隆发展有限责任公司 X 射线现场探伤核技术利用建设项目环境影响评价委托书及企业提供的其他资料。</p>

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。按照后文理论计算监督区最大范围为 353.27m，故本项目现场探伤评价范围为 353.27m 范围内的区域。

环境保护目标

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

探伤机型号	保护目标	相对探伤机方位	与探伤机的距离	人数	年剂量约束值
XP1515-M 091	职业人员	不定	22.67m-353.27m	2 人	5mSv/a
			22.67m-353.27m		
	公众	不定	353.27m 外	不定	0.1mSv/a
			353.27m 外		

注：本项目拟配置 2 名辐射工作人员，2 名辐射工作人员分为 1 班组进行现场探伤工作，即每班组 2 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 剂量限值和表面污染控制水平：

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）

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

7.5.1.2 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。

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 7-2 所示。

表 7-2 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管电压为 150kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线所致周围剂量当量率：<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 15 μ Sv/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 2.5 μ Sv/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。陕西电力科隆发展有限责任公司位于陕西省西安市新城区长乐西路 48 号副 1 号。本次拟在陕西省西咸新区秦汉新城朝阳五路与金旭路交叉口东 150 米，实训楼 415 室内，其探伤设备不使用时暂存于公司的 X 射线探伤机存储室内，并由专人负责保管。陕西电力科隆发展有限责任公司现场探伤项目一般位于室外，探伤机使用地点为不固定，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

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。

查询《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年），咸阳市天然 γ 辐射剂量率调查结果见表 8-1。

表 8-1 咸阳市原野、道路、建筑物室内 γ 辐射剂量率调查结果（nGy/h）

项目	原野	道路	室内
范围	48~68	32~68	87~123
均值	60	51	104
标准差	5	11	8

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。

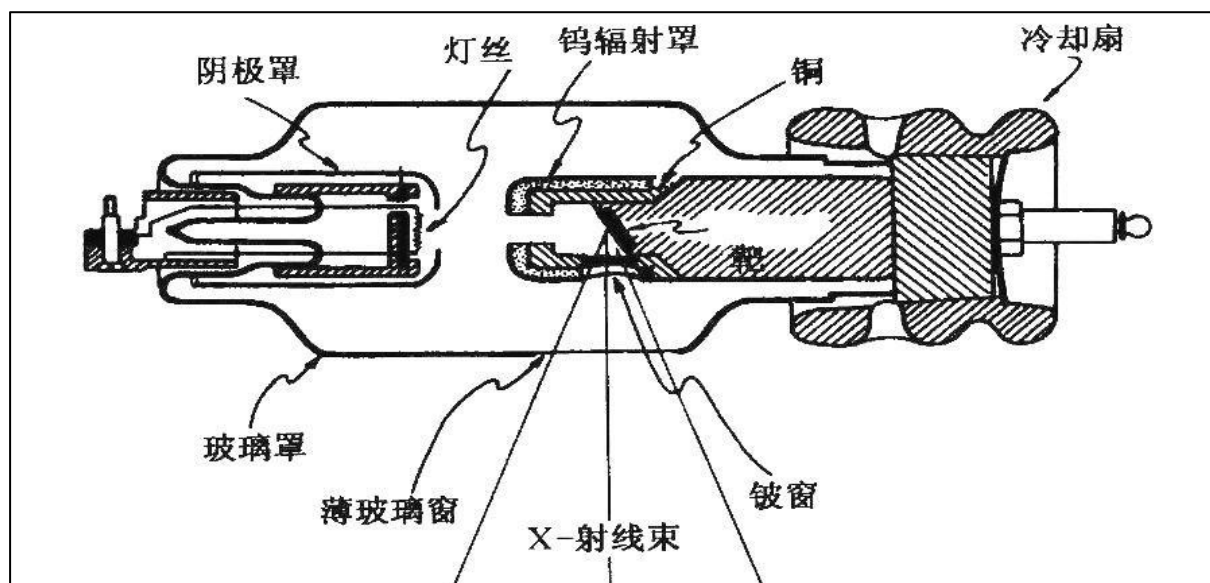


图 9-1 典型 X 射线管结构图

2、X 射线探伤机

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；定向 X 射线探伤机射线方向示意图见图 9-2。

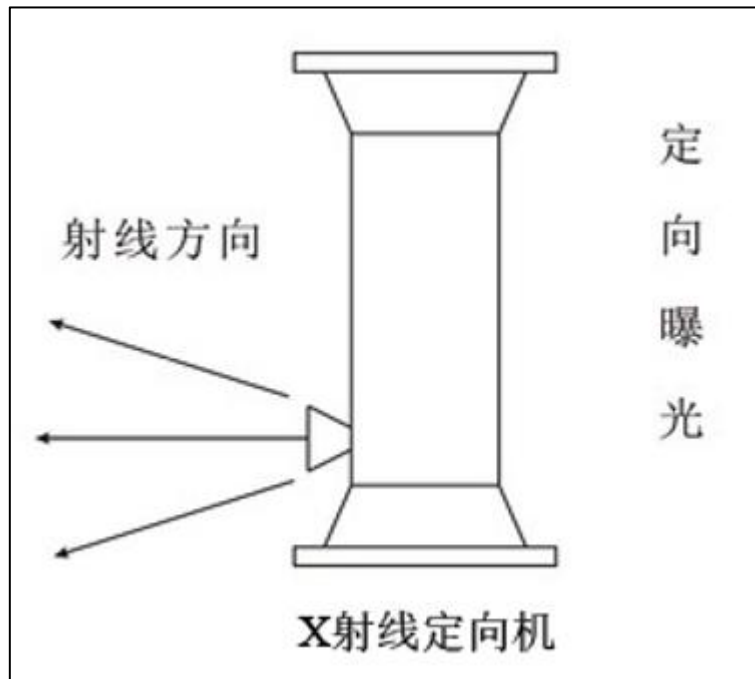


图 9-2 定向 X 射线探伤机射线方向示意图

(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 射线探伤机存储室内。

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
XP1515-M091	定向发射	150	1	40°

(2) 成像原理

X 射线通过物质时，其强度是逐渐减弱的，射线透照被检工件，衰减后的射线光子被数字探测器接收，经过一系列的转换变成数字信号，数字信号经放大和 A/D 转换，通过计算机处理，以数字图像的形式输出在显示器上。

在检测过程中，X 射线检测装置放置在探伤工件的一侧，非晶硅面阵列平板数字探测器（DR）放在探伤工件及 X 射线检测装置的后侧，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，工件的密度越大，射线强度被减弱的程度越大，当射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，反映到非晶硅面阵列平板数字探测器（DR）上。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时。即可透过的射线强度较大、探测器感光量较大，从而可以从探测器曝光强度的差异判断被检样品的缺陷，装置在非曝光时不产生 X 射线。

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。

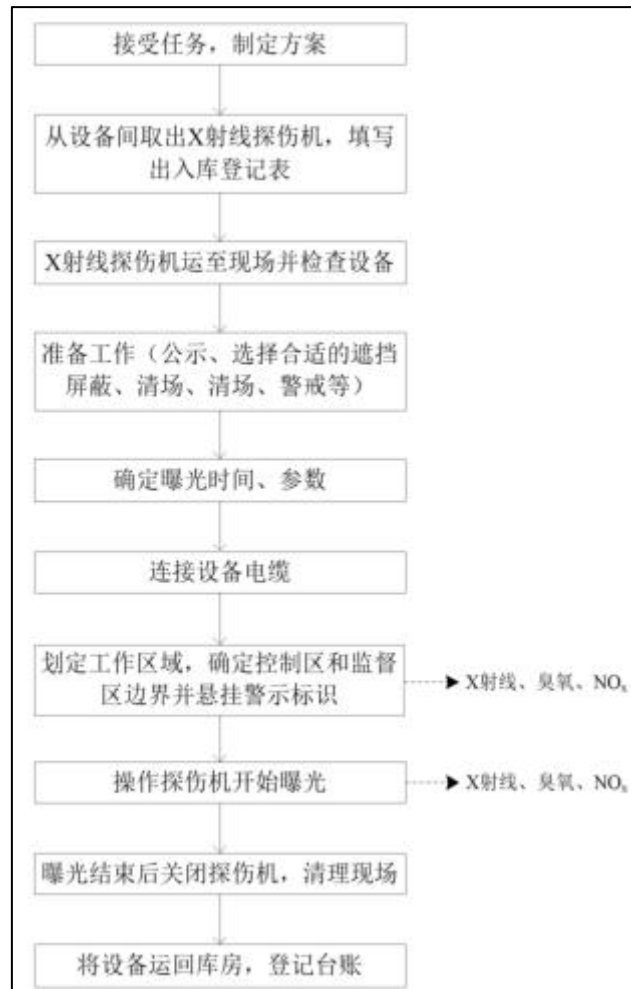


图 9-5 X 射线现场探伤工艺流程简图

X 射线探伤机操作流程简述：

(1) 制定方案：陕西电力科隆发展有限责任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：采用封闭式的专用车辆运输设备至探伤检查地点，运输途中停靠时确保车辆上锁，夜间运输需专人值守。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。

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，1 台探伤机配备 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。每次探伤工作现场配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼职警戒、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，并将放置非晶硅面阵列平板数字探测器于需探伤工件或部件后方并与 X 射线机平行。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。

(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 15μSv/h 的边界作为最终控制区，周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的边界作为最终监督区。在相应边界设置警示标识。

②开机进行曝光，达到预定时间后，关闭 X 射线探伤机。

③操作人员在电脑前进行影像评定（位于控制区外），评定合格的工件填写评定报告，评定不合格的产品，返修检测。

（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 射线探伤机存储室。由专用车辆运输设备至 X 射线探伤机存储室。

（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。

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。

污染源项描述

一、正常工况

1、辐射污染源分析

本项目配备 1 台 X 射线探伤机（管电压范围为 150，管电流为 1mA）。

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 2 名辐射工作人员，辐射工作人员在办公室时，生活污水依托现有化粪池进行处理后排入市政管网。辐射工作人员现场探伤作业过程中产生的生活污水依托所服务企业或周边村镇现有生活污水处理设施处理。满足《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准、《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015）A 级标准。

(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。辐射工作人员在办公室时，生活垃圾依托现有垃圾桶进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。辐射工作人员在进行现场探伤作业时，生活垃圾依托所服务企业或周边村镇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。

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，一般选择晚间人员稀少时段实施。陕西电力科隆发展有限责任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，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 μ 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 μ 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。

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 μ 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，探伤作业人员在控制区边界外操作。 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，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。并使用铅板作为局部屏蔽措施。 ④探伤作业班组配备一台便携式 X- γ 剂量率仪，并定期对其开展检定/校准工作。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。

		<p>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。</p> <p>⑥移动式探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，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。</p> <p>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。</p>
监督区	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	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。

根据 11 章环境影响分析预测结果：

当使用 XP1515-M091 型定向探伤机进行现场探伤时，探伤机主射方向的控制区边界距离为 144.22m，监督区边界距离为 353.27m；非主射方向的控制区边界距离为 22.67m，监督区边界距离为 55.54m。

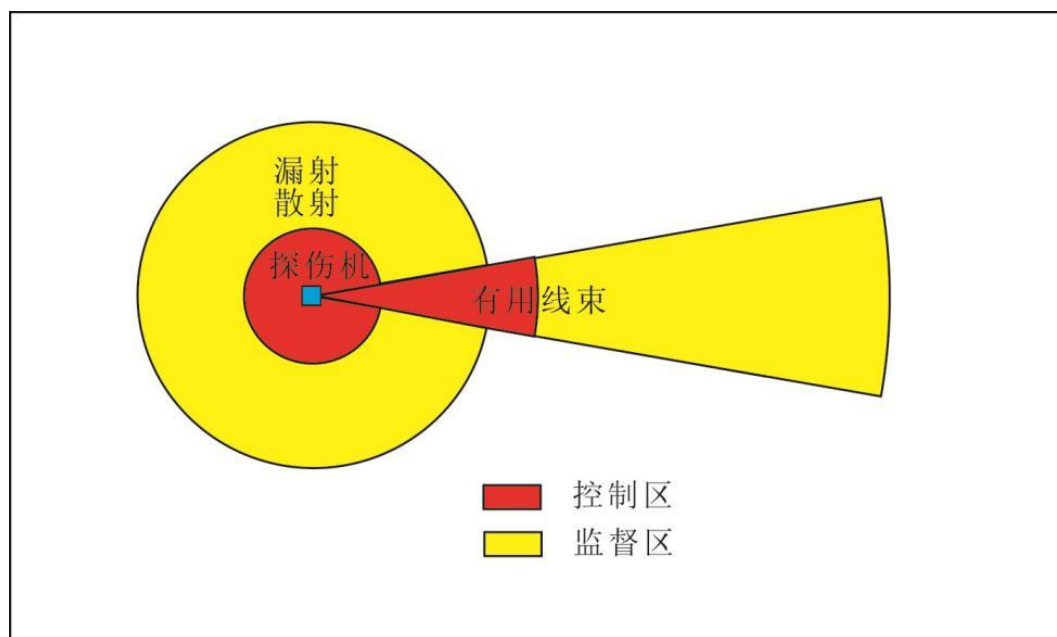


图 10-1 X 射线现场探伤时控制区和监督区划分示意图（定向探伤机）

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、设备存储、运输安全措施

本项目 X 射线探伤机无探伤任务时存放于公司的 X 射线探伤机存储室。X 射线探伤机存储室位于陕西电力科隆发展有限责任公司西北侧。X 射线探伤机存储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 射线探伤机存储室门口上锁。钥匙交专人保管；②公司入口有门禁设施，非本公司人员无法入内。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；⑤X 射线探伤机存储室门口和室内设置视频监控。

采用封闭式的专用车辆运输设备至探伤检查地点，运输途中停靠时确保车辆上锁，夜间运输需专人值守。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。

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现场探伤的探伤机应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。

⑧开始现场探伤之前，应对工作环境进行全面评估，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。

（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 射线装置的控制器和 X 射线管头或高压发生器的连接电缆长度应能够保证 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连锁。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。

⑦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测。

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，陕西电力科隆发展有限责任公司根据法规要求，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	1 台	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	2 台	1 个移动探伤作业班组，2 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	2 枚	2 名探伤辐射工作人员均为新增辐射工作人员。
4	警戒绳	2000m	移动探伤作业班组配 2000m
5	警戒灯 (工作状态指示灯)	4 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	4 个	移动探伤作业班组配备 4 个
7	声音提示装置	4 个	移动探伤作业班组配备 1 个
8	“禁止进入射线工作区”警告牌	4 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	4 个	移动探伤作业班组配备 4 个
10	安全信息公示牌	1 个	移动探伤作业班组配备 1 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。
11	对讲机	2 个	/
12	喊话器	1 个	/

本项目拟配备辐射工作人员 2 名，共 1 个作业班组，一次只派出一个作业班组。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。

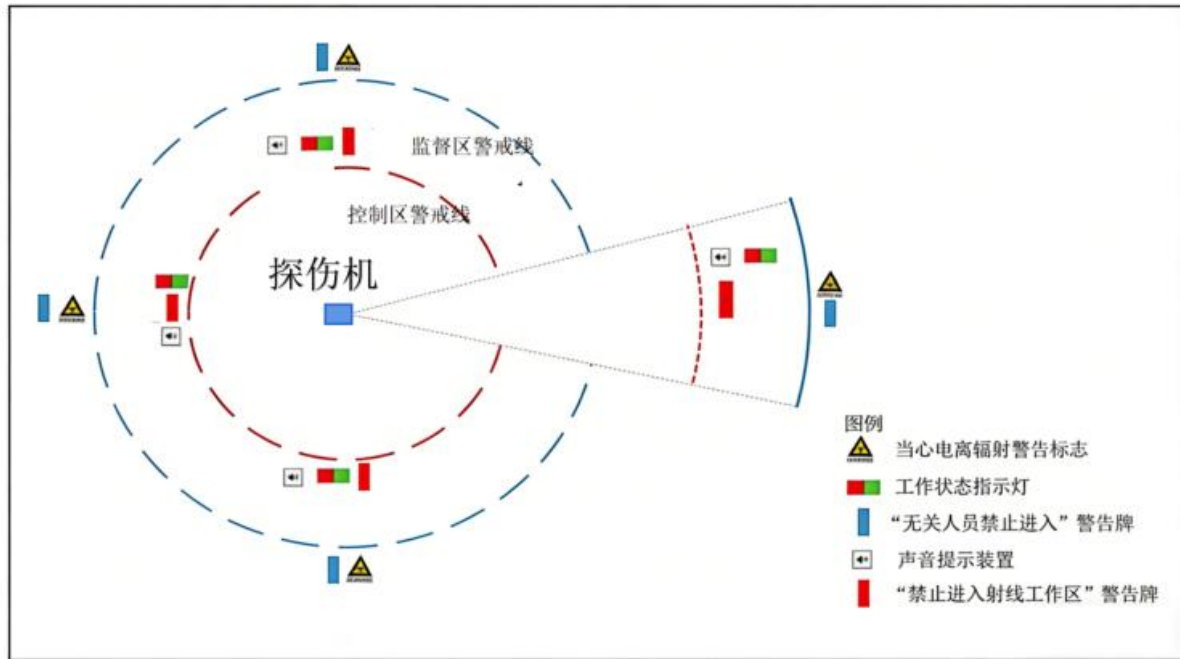


图 10-3 移动探伤现场辐射安全设施布置示意图（定向探伤机）

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。以及工作人员产生的生活垃圾、生活废水。

1、废气

X 射线探伤机产生的 X 会使空气电离，产生少量 O_3 、 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、生活垃圾

本项目拟配备 2 名辐射工作人员，生活垃圾主要包括废纸屑等办公生活垃圾。生活垃圾产生量按 $0.55\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计，因此本项目生活垃圾产生量为 $1.1\text{kg}/\text{d}$ 。生活垃圾进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

辐射工作人员在进行现场探伤作业时，生活垃圾依托所服务企业或周边村镇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、生活废水

本项目拟配备 2 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 $25\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$ ，工作人员生活用水量为 $50\text{m}^3/\text{a}$ ，污水产生系数按 0.8 计，则运行期生活污水产生量为 $40\text{m}^3/\text{a}$ ，生活污水依托公司污水处理设施处理后，最终排入市政污水管网。

现场探伤时产生的生活废水，辐射工作人员现场探伤作业过程中产生的生活污水依托所服务企业或周边村镇现有生活污水处理设施处理。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为移动式探伤项目，探伤机日常无移动探伤任务时，存放于公司 X 射线探伤机存储室内，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，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。

11.2 运行阶段对环境的影响

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 μ 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 μ 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。

11.2.1 X 射线探伤过程中的控制区、监督区距离理论估算

根据《辐射防护导论》中 P70 中的理论“由于在 X 射线辐射场中，同一点处以 Gy 为单位的比释动能 K 与以 Gy 为单位的吸收剂量指数 D_I ，以及以 Sv 为单位的剂量当量指数 H_I 数值上几乎相等，因此，算出距离阳极靶 r (m)处的吸收剂量指数率 D_I 或剂量当量指数率 H_I 的数值。”

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 ；

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）散射 X 射线剂量率的计算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），非主射方向上的散射辐射剂量率可根据下式计算。

a) 90° 散射辐射的 TVL

X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线（见表 11-1）的什值层（见 GBZ/T250-2014 附录 B 表 B.2）计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

表 11-1 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	150

注：该表仅用于以什值层计算散射辐射在屏蔽物质中的衰减。

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B ，按表 11-1 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按 $B=10^{-X/TVL}$ 计算。关注点的散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 3 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B \cdot F \cdot \alpha}{R_s^2 \cdot R_0^2} \quad (\text{式 3})$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B ——屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ 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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s ——散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ ——根据 GBZ/T250-2014 附录，B.4.2 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥

边界的夹角为 20° 时， $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 因子的值为：60（150kV），50（200kV~400kV）。

（4）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 11-2 中要求。

表 11-2 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）
$150 \leq \text{kV} \leq 200$	2.5

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：

$$K_l = K_0 R_0^2 / R_l^2 \quad (\text{式 4})$$

式中：

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

K_l ——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_l ——参考点距探伤机表面的距离，m。

（5）非主射方向 X 射线剂量率的计算

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + (K_0 R_0^2 / R_l^2) \quad (\text{式 5})$$

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + K_0}{\dot{H}}} \quad (\text{式 6})$$

式中：

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B ——屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ 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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0 ——辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

K_0 ——距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线周围剂量当量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

\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；

$\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$ ——根据 GBZ/T250-2014 附录，B.4.2 当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥

边界的夹角为 20° 时， $\frac{R_0^2}{F\cdot\alpha}$ 因子的值为：60（150kV）。

11.2.2 计算参数

主要核算参数一览表见下表。

表 11-3 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	
XP1515-M091	150	1	5.2 (3mm 铝滤过条件)	11	定向

11.2.3 计算结果

该公司 X 射线探伤工件厚度 20mm~50mm，工件材料主要为钢，按照公司实际探伤情况，因工件尺寸不一致，不能完全阻挡 X 射线，从保守角度考虑，计算无工件屏蔽状态下控制区、监督区的距离。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 11-4 主射方向上无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)	主射边界距离 (m)		非主射边界距离 (m)	
				控制区	监督区	控制区	监督区
XP1515-M091 (定向)	钢	150	1	144.22	353.27	22.67	55.54

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：

当使用 XP1515-M091 型定向探伤机进行现场探伤时，探伤机主射方向的控制区边界距离为 144.22m，监督区边界距离为 353.27m；非主射方向的控制区边界距离为 22.67m，监督区边界距离为 55.54m。

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。

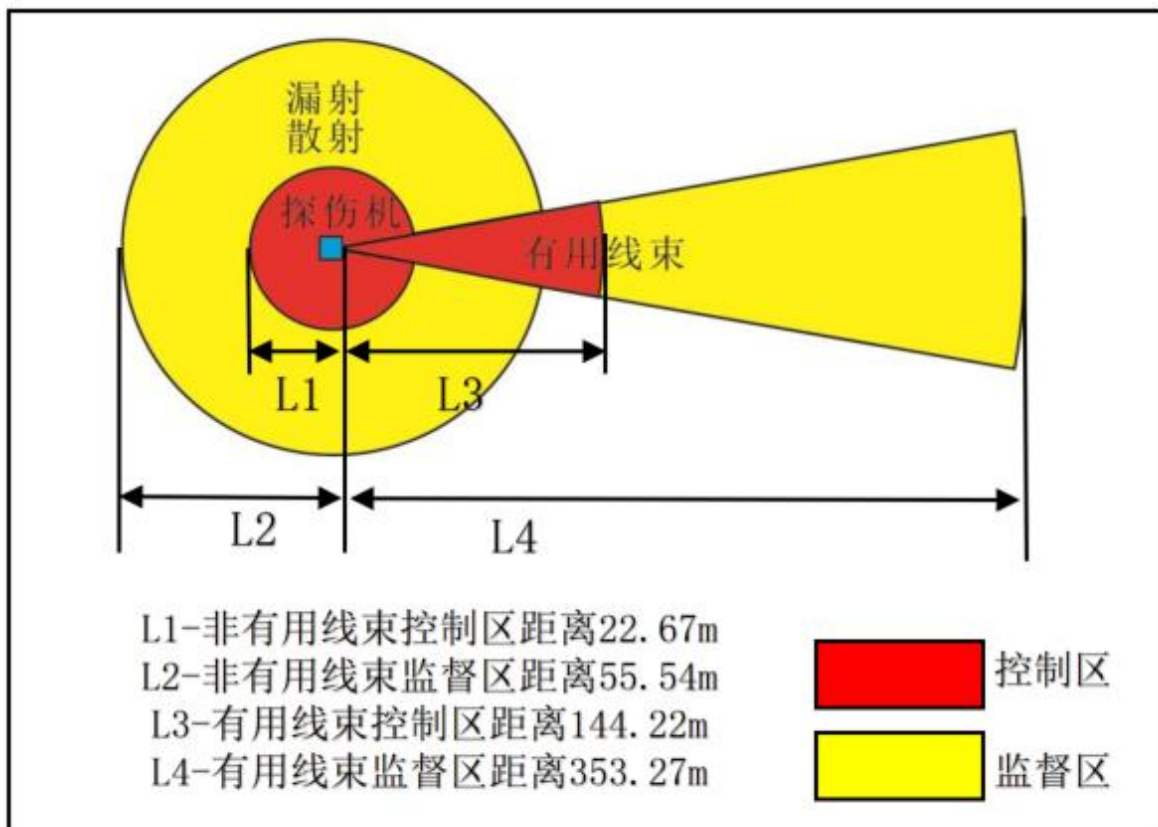


图 11-1 XP1515-M091 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

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 320.8h，本项目年工作 50 周，则每周实际开机时间约 6.42h。

(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 320.8h/a。公司从事 X 射线探伤检测工作的辐射工作人员共 2 人，共 1 组，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 $320.8 \times 15 \mu\text{Sv/h} \div 1000 = 4.812 \text{mSv/a}$ ，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

陕西电力科隆发展有限责任公司每次现场探伤场所属于不同的作业区和作业公司，从偏保守角度考虑，建设单位在同一作业区年探伤任务次数 5 次/年，每次任务探伤机的出束时间（5h/次），则单个作业区累计出束时间为 1500min（25h）。X 射线现场探伤时，公众人员较少，公众人员居留因子保守取 1，现场探伤时公众受照剂量率取监督区边界剂量率 2.5μSv/h。上述取值是偏保守和安全的，则该公众成员的年有效剂量最大为 $25 \text{h} \times 2.5 \mu\text{Sv/h} \times 1 = 62.5 \mu\text{Sv} = 0.063 \text{mSv}$ ，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。

11.2.4 年有效剂量汇总

辐射工作人员年有效剂量核算见表 11-5。

表 11-5 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	4.812
公众人员	0.063

由上表可知，X 探伤辐射工作人员所受的年有效剂量为 4.812mSv/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 0.063mSv/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。

11.2.4 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。

11.2.5 生活垃圾、生活污水环境影响分析

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。辐射工作人员在办公室时，生活垃圾依托现有垃圾桶进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。辐射工作人员在进行现场探伤作业时，生活垃圾依托所服务企业或周边村镇现有垃圾桶进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统。

本项目拟新增 2 名辐射工作人员，辐射工作人员在办公室时，生活污水依托现有化粪池进行处理后排入市政管网。辐射工作人员现场探伤作业过程中产生的生活污水依托所服务企业或周边村镇现有生活污水处理设施处理。

综上所述，在落实上述污染防治及处理措施后，本项目产生的生活垃圾、生活污水对环境影响较小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 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 150kV，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、达到剂量限值所需时间（均按照主射无遮挡空照计算），见下表。

表 11-6 误照射主射方向周围人员受到有效剂量、达到剂量限值所需时间估算

发射率		与焦点距离 (m)	电流 (mA)	不同距离下剂量率 $\mu\text{Sv/h}$	达到剂量限值所需的时间 (h)
XPXP-1515M091	5.2mGy·m ² /(mA·min) (150kV)	5	1	12480	0.40
		10		3120	1.60
		15		1387	3.61
		20		780	6.41
		30		347	14.42
		40		195	25.64
		50		125	40.06

X 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 150kV 电压下，受到的瞬时剂量率为 3120 $\mu\text{Sv/h}$ （距探伤机 10m 处），则误入控制区的公众人员受到有效

剂量最大为 0.052mSv。

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；现场探伤作业时应 3 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 3 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、铭牌。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。

陕西电力科隆发展有限责任公司已配置辐射防护与安全管理人员。已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) 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。

核技术利用单位辐射安全管理标准化建设：

陕西电力科隆发展有限责任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 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	有/无
*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。	有
* 人 员 管 理	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。	有
		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。	有
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	有
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	有
	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。	有
		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。	有
		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。	有
		建立辐射安全管理档案。	有
	直接从事放射工作的作业人员	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。	有
		岗前进行职业健康体检，结果无异常。	有
		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。	有
		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。	有
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理。	有	

环评要求：陕西电力科隆发展有限责任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，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

陕西电力科隆发展有限责任公司使用 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，陕西电力科隆发展有限责任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、射线装置使用登记制度、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 12-2。

表 12-2 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，陕西电力科隆发展有限责任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。

陕西电力科隆发展有限责任公司应建立“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

陕西电力科隆发展有限责任公司拟配备辐射工作人员2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2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2名辐射工作人员，2人分为1个作业班组。

根据本项目探伤装置的操作需求，进行X射线无损检测时，应保证2名辐射工作人员同时在场。本项目共配置1台X射线探伤机。根据公司的业务情况，探伤班组每次现场探伤只使用1台探伤机，探伤工作现场为2名辐射工作人员，其中1人兼职警戒、巡视。因此项目拟配置2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2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 12-3。

表 12-3 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 2 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 2 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的能力，本项目方可投入正式运行。

5、辐射监测

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，“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。”

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）移动式探伤放射防护检测

①检测要求：

a)进行移动式探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

b)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。

c) 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。

d)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。

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，以 15 μ Sv/h 为控制区边界，以 2.5 μ Sv/h 为监督区边界。

③检测周期：

每次移动式探伤作业时，建设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)发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv。

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：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。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；当发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25mSv 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 12-4。

表 12-4 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。 ③发现个人季度剂量（3个月）可能超过 1.25mSv。	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”。

陕西电力科隆发展有限责任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 12-5。

表 12-5 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）辐射事故报告和处置程序
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）辐射事故报告和处置程序

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》，向生态环境、卫生、公安部门报告。

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预案，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 7.5 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 12-6 所示。

表 12-6 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 2 枚、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台。	2.5
管理制度、应急措施	制作图框、警示标牌 1 块	3.0
公示牌	安全信息公示牌 1 块	
警示标志	电离辐射警告标志，有中文说明 4 个 “无关人员禁止入内”警告牌 4 个、“禁止进入射线工作区”警告牌 4 个、警戒绳、声音提示装置 4 个、警戒灯 4 个（工作状态指示灯）	
人员	人员培训、体检、个人剂量监测等。	2.0
合计		7.5

(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 12-7。

表 12-7 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 1 台, 额定电压 $\leq 150\text{kV}$, 电流 $\leq 1\text{mA}$ 。		与环评文件一致
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	2 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 2 枚)、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 2 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 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区。 将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。	GBZ117-2022

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,陕西电力科隆发展有限责任公司拟新增 II 类射线装置开展移动探伤工作。II 类射线装置共 1 台,电压等级为 150kV。现场探伤场所不固定,若在陕西省内异地开展现场探伤工作,需向当地生态环境主管部门进行备案。陕西省外,需履行当地生态环境部门管理手续后,方可开展现场探伤工作。

本项目总投资 50 万元,其中环保投资 7.5 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(2024 年本)》中“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 1 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”,项目符合国家产业政策。

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 μ Sv/h,监督区周围剂量当量率低于 2.5 μ Sv/h 的要求执行,则其操作是可行的。

5、辐射环境质量现状

本项目现场探伤地点为不固定,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。

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，建设单位作业时出现无法控制人流和环境保护目标安全的情况下，不应开展现场探伤工作。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，陕西电力科隆发展有限责任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。

(3) 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