

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.....	13
表 8	环境质量和辐射现状.....	23
表 9	项目工程分析与源项.....	25
表 10	辐射安全与防护.....	35
表 11	环境影响分析.....	50
表 12	辐射安全管理.....	79
表 13	结论与建议.....	92
表 14	审批.....	96

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西信恒检测科技有限公司工业 X 射线探伤室和现场探伤项目			
建设单位		陕西信恒检测科技有限公司			
法人代表		薛义平	联系人	薛义平	联系电话 18966918550
注册地址		陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101			
项目建设地点		陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101 厂房东南角			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		140	项目环保投资 (万元)	10	投资比例 (环保投资/总投资) 7.14%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	131.84
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>陕西信恒检测科技有限公司成立于 2006 年 04 月 12 日,注册地位于陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101,法定代表人为薛义平。所属专业技术服务业,是一家集研发、检测、销售以及新产品推广的科技型产业。公司业务为检测工程设计、施工及技术服务。经营范围包括检测设备、焊接设备的销售、维修及租赁;检测耗材、五金机电产品、金属材料、电子元器件、非金属材料、办公用品、劳保用品、化工产品的销售。</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,陕西信恒检测科技有限公司拟在西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101 厂房东南角建设 1 座探伤工房和其配套使用的操作室、暗室,配备 11 台工业 X 射线探伤机,对客户委托的管材、板材、压力容器等开展无损检测工作。此外,由于业务需求公司还将利用便携式工业 X 射线探伤机开展 X 射线现场探伤工作,现场探伤工作在西安市境内开展。</p>					

根据《射线装置分类》（2017年12月5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。

陕西信恒检测科技有限公司于2021年12月委托西安桐梓环保科技有限公司对其工业X射线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，编制了本项目的的环境影响报告表。

1.3 建设规模及工程内容

（1）项目概况

陕西信恒检测科技有限公司拟在公司厂房东角建设1座探伤工房和其配套使用的操作室、暗室，并配备9台定向X射线机探伤机和2台周向X射线机探伤机。对客户委托的管材、板材、压力容器等开展无损检测工作。本项目拟配置1台XRS-450型X射线定向探伤机（为固定式，不可拆卸）和10台便携式X射线探伤机，共11台探伤机开展X射线室内无损检测。并利用以上10台便携式X射探伤机开展现场探伤，现场探伤工作在西安市范围内开展。11台X射线探伤机均在同一个探伤室内使用，但不同时使用。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台探伤机。

本项目的建设内容见表1-1。

表 1-1 项目组成一览表

类别	项目名称	建设内容	备注
主体工程	曝光室	新建混凝土结构曝光室1座，位于公司厂房内东南角，曝光室内部净尺寸为6.0m×6.0m×3.9m（长×宽×高），有效使用面积36m ² 。曝光室内部拟设置机械排风系统。	新建
	曝光室四周墙体	四周屏蔽体为1000mm混凝土。	新建
	曝光室顶部	顶棚为1000mm混凝土，顶部为企业会议室。	新建
	曝光室地面	探伤工房所在区域无地下层，曝光室下方为实土层。	新建
	工件防护门	曝光室工件防护门为55mmPb电动推拉防护门。门洞尺寸为3000×3000（H）mm。门体尺寸为3800×3400（H）mm。	新建
	人员防护门	曝光室人员防护门为26mmPb电动推拉防护门。门洞尺寸：800×2000（H）mm。门体尺寸：1300×2300（H）mm。	新建

	设备	9 台定向 X 射线机探伤机（包含 1 台固定式 X 射线定向探伤机和 8 台便携式 X 射线定向探伤机）和 2 台便携式 X 射线周向探伤机。	拟购
	现场探伤	10 台便携式 X 射线探伤机用于现场探伤，主要用于开展西安市境内的现场探伤工作。跨设区的市行政区转移使用射线装置的单位，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。	/
辅助工程	操作室	操作室位于曝光室北侧，建筑面积 28.25m ² 。	新建
	暗室	位于曝光室北侧，用于洗片工作。建筑面积 11.04m ² 。	新建
	评片室	位于暗室北侧，用于评片工作。建筑面积 11.04m ² 。	新建
公用工程	供配电系统	依托园区供配电系统，厂房用电来源于市政供电。	依托
	给水系统	依托园区给水管网供辐射工作人员生活和洗片用。	依托
	排水系统	辐射工作人员生活污水依托园区化粪池处理后排入空港新城北区污水处理厂。	依托
环保工程	X 射线	采用足够厚度的混凝土墙壁和防护门进行屏蔽防护。	新建
	污水处理	辐射工作人员生活污水依托园区化粪池处理后排入空港新城北区污水处理厂。	依托
	曝光室通风	曝光室排气口安装风机，设置机械排风系统。	新建
	一般固废	曝光室工作人员生活垃圾依托园区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。	依托
	危险废物	废定影液、废显影液、清洗废水、废胶片统一收集存放于危废暂存间，位于厂房东北侧，设置专用贮存容器、托盘，危险废物定期交由有相应资质的单位处置。	新建

(2) 设备概况

根据建设单位提供的资料，本次评价探伤机的相关参数见表 1-2。

表 1-2 X 射线探伤机的主要性能参数

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	备注	工作场所
1	X 射线探伤机	II	1 台	XRS-450	450kV	10mA	定向	曝光室
2	X 射线探伤机	II	1 台	HUARI-EV O300D	300kV	3mA	定向	曝光室/探伤现场
3	X 射线探伤机	II	1 台	XXGH-3505	350kV	5mA	周向	曝光室/探伤现场
4	X 射线探伤机	II	6 台	XXG-2505	250kV	5mA	定向	曝光室/探伤现场
5	X 射线探伤机	II	1 台	XXGH-2005	200kV	5mA	周向	曝光室/探伤现场
6	X 射线探伤机	II	1 台	XXQ-2005	200kV	5mA	定向	曝光室/探伤现场

备注：①由于 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机使用频率较高，实际使用过程中探伤机需按规定间歇冷却休息（使用时间：休息时间=1：1），因此本项目配备 6 台，其中使用 2 台，备用 4 台。
②探伤机不用时存放于曝光室。

(3) 探伤工件情况

本项目探伤工件主要为压力管道、压力容器、钢板等，工件材质为钢，厚度 20~65mm，

工件参数见表 1-3。

表 1-3 主要探伤工件外形尺寸一览表

序号	工件名称	材质	厚度 mm
1	压力管道	低合金钢，高合金钢和耐热钢，低温钢	20-65
2	压力容器		
3	钢板		

(4) 计划工作量

工作量根据公司接到的订单安排，本项目预计室内探伤全年曝光总次数不大于 1800 次，每次曝光时间根据工件的厚度确定，通常每次曝光时间不超过 5min，年曝光时间约 150h。本项目年工作 50 周，则周实际开机约 3 小时。

根据检测计划安排，预计现场探伤每年曝光次数约 1600 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，年总计曝光时间约 133.33h。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。根据建设单位提供资料，年划区次数约 200 次，每次划区巡测曝光时间约 5min，则划区巡测曝光时间总计 16.67h。则每年实际开机时间约 150h。本项目年工作 50 周，则每周实际开机时间约 3h。项目计划工作量见表 1-4 所示。

表 1-4 项目计划工作量

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）
室内探伤	XRS-450	450kV	10mA	年曝光次数 200 次	16.67h	0.33h
	HUARI-EV O300D	300kV	3mA	年曝光次数 300 次	25h	0.5h
	XXGH-3505	350kV	5mA	年曝光次数 200 次	16.67h	0.33h
	XXG-2505	250kV	5mA	年曝光次数 500 次	41.67h	0.83h
	XXGH-2005	200kV	5mA	年曝光次数 200 次	16.67h	0.33h
	XXQ-2005	200kV	5mA	年曝光次数 400 次	33.33h	0.67h
合计					150h	3h
现场探伤	HUARI-EV O300D	300kV	3mA	年曝光次数 300 次	25h	0.5h
	XXGH-3505	350kV	5mA	年曝光次数 200 次	16.67h	0.33h
	XXG-2505	250kV	5mA	年曝光次数 500 次	41.67h	0.83h
	XXGH-2005	200kV	5mA	年曝光次数 200 次	16.67h	0.33h
	XXQ-2005	200kV	5mA	年曝光次数 400 次	33.33h	0.67h
	巡测曝光次数 200 次					16.67h
合计					150h	3h

注：年工作时间和周工作时间按每次曝光最大时间 5min 计算。

(5) 主要原辅材料

使用定向机探伤时单次曝光需 2 张胶片，定向机探伤机年曝光次数约 2600 次；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 800 次。本项目主要原辅材料见表 1-5。

表 1-5 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	13200 张/a	外购	卤化银和涤纶
2	定影液	1320L/a	外购	卤化银、硫代硫酸钠 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
3	显影液	1320L/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)

(6) 辐射工作人员

本项目配置 4 名辐射工作人员，每两人分为 1 组，共 2 组，从事本次 X 射线无损检测工作。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，现场探伤作业最多在 1 个场所开展工作，每次现场探伤只使用 1 台探伤机，每次探伤工作现场至少 2 名辐射工作人员，其中 1 人可兼职警戒、巡视。

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 辐射工作场所选址合理性

陕西信恒检测科技有限公司曝光室位于陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101 厂房内 1 层东南角，其曝光室东侧紧邻厂房东墙，墙外为邻厂，南侧紧邻厂房南墙，墙外为园区道路，东侧为待检工件周转区，北侧自西至东分别为操作室和暗室，上方为企业会议室，地下无建筑、为实土层。根据探伤机房的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，曝光室屏蔽体、顶棚及铅防护门设计厚度屏蔽防护能力满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB Z117-2015)等要求；根据设计提供的墙体、防护门、顶棚防护厚度预测，放射性工作人员年累计受照射剂量最大为 $2.6403\text{E}-07\text{mSv}$ ，远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a ；公众人员因该项目可能导致年累积受照射剂量为 $2.239\text{E}-05\text{mSv}$ ，低于公众人员剂量控制目标值 0.1mSv/a ，因此，探伤室所在位置对工作人员及公众的影响较小。

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 $33\mu\text{Sv/h}$ ，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。

综上所述，本项目选址基本可行。

1.5 环境保护目标

(1) 室内探伤时：根据本项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为拟建探伤室周围活动的辐射工作人员和公众成员，评价范围为曝光室外 50m 的区域（见附图 5）。

(2) 现场探伤时：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 和表 7-2。

1.6 厂区环保手续履行情况

陕西信恒检测科技有限公司于 2021 年 6 月购买了中南高科西安临空产业港 9 号楼 -1-101 的标准厂房，拟进行本项目建设，厂房购置合同见附件 2，厂房环境影响登记表见附件 3，购买的厂房目前正在建设，尚未建设完成。陕西信恒检测科技有限公司目前尚未涉及到应用 X 射线进行无损检测，该单位为首次涉及核技术利用领域。

根据调查，建设项目曝光室所在区域目前无核技术应用装置。根据监测，项目拟建地的环境地表 γ 辐射剂量率与西安市的地表 γ 辐射剂量率无明显差异。因此，项目拟建区域不存在与本项目有关的原有核技术应用及污染状况。

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》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

陕西信恒检测科技有限公司使用 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，该公司工业 X 射线探伤室和现场探伤项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求，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

陕西信恒检测科技有限公司工业 X 射线探伤室和现场探伤项目主要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。

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	X 射线探伤机	II	1 台	XRS-450	450kV	10mA	无损检测	曝光室	定向
2	X 射线探伤机	II	1 台	HUARI-EVO300D	300kV	3mA	无损检测	曝光室/探伤现场	定向
3	X 射线探伤机	II	1 台	XXGH-3505	350kV	5mA	无损检测	曝光室/探伤现场	周向
4	X 射线探伤机	II	6 台	XXG-2505	250kV	5mA	无损检测	曝光室/探伤现场	定向
5	X 射线探伤机	II	1 台	XXGH-2005	200kV	5mA	无损检测	曝光室/探伤现场	周向
6	X 射线探伤机	II	1 台	XXQ-2005	200kV	5mA	无损检测	曝光室/探伤现场	定向

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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 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（2019 修订）》（2019 年 8 月 22 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）》（2020 年 1 月 1 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）。
<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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）； 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》（GB 18597-2001）（2013 年修订）； 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>其他</p>	<p>陕西信恒检测科技有限公司工业 X 射线探伤室和现场探伤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

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，室内探伤取所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围为评价范围。

根据 HJ10.1-2016，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 266.7m，本项目评价范围按监督区最大距离再外扩 50 m 考虑，故本项目现场探伤评价范围为 316.7m 范围内的区域。

7.2 保护目标

7.2.1 室内探伤

(1) 项目所在区域周围环境概况

建设项目位于陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101 陕西信恒检测科技有限公司厂房内，陕西信恒检测科技有限公司东侧紧邻陕西泰诺特检测技术有限公司，南侧隔园区道路为 14 号楼，西北侧隔园区道路为 36 号楼，北侧隔园区道路为 7 号楼。

(2) 曝光室周围环境概况

建设项目曝光室位于陕西信恒检测科技有限公司厂房内 1 层东南角，曝光室北侧自西至东分别为操作室和暗室，暗室北侧为评片室。公司厂房建筑结构为 3F，1 层为作业区，2、3 层为办公区域。项目探伤室建筑高度为 4.9m，上方为企业会议室。厂房无地下层，探伤室建筑下方为实土层。

建设项目地理位置图见附图 1；建设单位厂区总平面布置图见附图 2；厂区四邻关系图见附图 3；建设项目曝光室四邻关系图见附图 4。

(3) 保护目标

根据项目周围环境敏感点分布情况，确定本项目环境保护目标为该拟建曝光室周围活动的人员。项目曝光室周围环境保护目标统计见表 7-1，本项目评价范围图见附图 5。

表 7-1 环境保护目标情况

序号	敏感区域	方向	位置关系	基本情况	影响因素	敏感人群	控制目标
----	------	----	------	------	------	------	------

1	操作室	曝光室 北侧	紧邻	本企业,活动人员 约 2~4 人	X 射线	辐射工作 人员	年受照剂 量不大于 5mSv/a
2	暗室		紧邻				
3	评片室		4.24m				
4	陕西泰诺特检测 技术有限公司	曝光室 东侧	紧邻	其他企业活动人 员 2~10 人		公众人员	年受照剂 量不大于 0.1mSv/a
5	园区道路	曝光室 南侧	紧邻				
6	探伤工件周转区	曝光室 西侧	紧邻	本企业,活动人员 约 2~10 人			
7	企业会议室	曝光室 上方	紧邻	其他企业活动人 员 2~10 人			
8	企业办公区域		紧邻				
9	8#-A、8#-B 楼	厂房 东侧	40-50m	其他企业活动人 员 2~10 人			
10	14#-A、14#-B 楼	厂房 南侧	15-50m	其他企业活动人 员 10~40 人			
11	36#-A 楼	厂房 西北侧	45-50m	其他企业活动人 员 2~5 人			
12	7#-A、7#-B 楼	厂房 北侧	30-50m	其他企业活动人 员 10~30 人			

7.2.2 现场探伤

本项目现场探伤地点不固定,因此 X 射线探伤机在工作条件下的环境保护目标是不定的。当探伤地点空旷,在控制区和监督区内无固定建筑、流动车辆等,控制区外监督区内的操作人员、警戒、巡视人员、监督区外的公众成员均应划定为保护目标;当探伤工作在人口密集的城镇或受地形限制,控制区内和监督区内不可避免有固定建筑、流动车辆等,应将两区内所包含的所有建筑内的人员、流动车辆内的人员划为保护目标。需要在保护目标和探伤机之间设置辐射防护屏障、放置警示牌。

本项目现场探伤环境敏感目标见表 7-2。

表 7-2 项目野外探伤现场保护目标一览表

序号	保护目标	相对探伤机 方位	与探伤机距离	人数	控制目标
定向探伤机					
1	辐射工作人员	非主射方向	73.4m(主射方向 的反方向)	2 名工作 人员	年受照剂量不大于 5mSv/a
2	公众人员	不定	316.7m	人数不定	年受照剂量不大于 0.1mSv/a
周向探伤机					
3	辐射工作人员	不定	73.4m	2 名工作 人员	年受照剂量不大于 5mSv/a
4	公众人员	不定	316.7m	人数不定	年受照剂量不大于 0.1mSv/a

备注:公众人员与探伤机的距离按计算的监督区边界再外扩 50m 考虑。

7.3 评价标准

7.3.1 《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职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值；

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

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。

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的相关要求

该标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

第 3 条 工业 X 射线探伤装置放射防护的性能要求

第 3.1.1.5 条：X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-3 的要求。

表 7-3 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率

管电压 kV	漏射线空气比释动能率（mGy/h）
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

第 3.1.3 条：对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

第 4 条 工业 X 射线探伤室探伤的放射防护要求

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避免有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

b) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门—机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门—机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

第 5 条 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

第 5.1 条 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv}/\text{h}$ 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h ，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \quad (1)$$

式中：K——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ ；

本项目现场探伤作业每周实际开机总时间约为 3h，经计算 $K \approx 33\mu\text{Sv/h}$ 。故本评价现场探伤作业时将周围剂量当量率大于 $33\mu\text{Sv/h}$ 的范围内作为控制区。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场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，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。

5.1.5 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。

5.1.6 应将控制区的边界外、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。

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

5.1.8 探伤机控制台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。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营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。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场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）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，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

托方应给予探伤工人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。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 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。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

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

5.3.4 应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。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，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）。

5.4.2 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。

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 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。

5.5.2 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。

5.5.3 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。

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

5.5.5 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。

6.2 X 射线探伤室的检测和检查

6.2.1.1 周围辐射水平巡测

探伤室的放射防护检测，特别是验收检测时应首先进行周围辐射水平的巡测，以发现可能出现的高辐射水平区。巡测时应注意：

a) 巡测范围应根据探伤室设计特点、照射方向及建造中可能出现的问题决定并关注天空反散射对周围的辐射影响；

b) 无固定照射方向的探伤室在有用线束照射四面屏蔽墙时，应巡测墙上不同位置及门上，门四周的辐射水平；

c) 设有窗户的探伤室，应特别注意巡测窗外不同距离处的辐射水平；

d) 测试时，探伤机应工作在额定工作条件下、没有探伤工件、探伤装置置于与测试点可能的最近位置，如使用周向式探伤装置应使装置处于周向照射状态。

6.2.1.2 定点检测

一般应检测以下各点：

a) 通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；

b) 探伤室外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周；

c) 探伤室墙外或邻室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；

d) 人员可能到达的探伤室屋顶或探伤室上层外 30cm 处，至少包括主射束到达范围的 5 个检测点；

e) 人员经常活动的位置；

f) 每次探伤结束后，应检测探伤室的入口，以确保 X 射线探伤机已经停止工作。

6.2.1.3 检测周期

探伤室建成后应由有资质的技术服务机构进行验收检测；投入使用后每年至少进行 1 次常规检测。

6.2.2 探伤室的安全检查

对正在使用中的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置，以及出束信号指示灯等安全措施，当同时使用多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 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。

6.3.2 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。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国

家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 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。

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

第 3 条 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（2）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (2)$$

式中：

H_c ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）。

t 按式（3）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (3)$$

式中：

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值）， $\text{mA} \cdot \text{min}/\text{周}$ ；

60 ——小时与分钟的换算关系；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流，单位为毫安（ mA ）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c\text{-max}}$:

$$\dot{H}_{c\text{-max}} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 $\dot{H}_{c\text{-d}}$ 和 b) 中的 $\dot{H}_{c\text{-max}}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射, 该项辐射和穿出探伤室的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽, 不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时, 通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射, 当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度 (TVL) 或更大时, 采用其中较厚的屏蔽, 当相差不足一个 TVL 时, 则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门, 对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室, 可以仅设人员门, 探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外, 控制室和人员门应避开有用线束照射方向。

3.3.3 屏蔽设计中, 应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时, 按最高管电压和相应该管电压下的常

用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

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 7-4 所示。

表 7-4 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：<5mGy/h；②管电压为 150~200kV 时，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率：<2.5mGy/h。	GBZ117-2015
3	X 射线专用探伤室	X 射线探伤室外表面 30cm 处周围剂量率≤2.5μSv/h（上方不需人到达处≤100μSv/h）	GBZ/T250-2014
4	现场探伤要求	将作业场所中周围剂量当量率大于 33μSv/h 的范围内划为控制区 将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区	GBZ117-2015
5	通风要求	探伤室有效通风换气次数应不小于 3 次/h	GBZ117-2015

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

为掌握项目所在地辐射环境质量现状，2021 年 12 月 14 日，陕西信恒检测科技有限公司委托西安桐梓环保科技有限公司对探伤室拟建地及周边环境进行了 γ 辐射剂量率监测（见附件 5），监测内容如下：

- （1）监测因子： γ 辐射剂量率。
- （2）监测仪器：见表 8-1。

表 8-1 检测设备一览表

仪器名称	仪器型号	仪器编号	测量范围	检定证书编号	有效日期
X、 γ 射线检测仪	BG9512P	XATZ-YQ-002	0.01 μ Gy/h~30mGy/h	2021H21-20-320 4715001	2021 年 04 月 19 日~ 2022 年 04 月 18 日

- （3）质量保证措施：

监测按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）等监测方法，实施全过程质量控制。

- ①合理布设监测点位，保证各监测点位布设具有代表性、科学性和可比性；
- ②监测分析方法采用国家有关部门颁布的标准方法，监测人员持证上岗；
- ③所用监测仪器全部经过计量部门检定并在有效期内；
- ④由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；
- ⑤监测数据严格实行审核制度。

- （4）监测结果

现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 拟建区域及周边空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位描述	空气吸收剂量率（ μ Sv/h）		备注
		环境本底		
1	曝光室拟建地巡测	0.084~0.095		室内
2	曝光室所在厂房 1F 巡测	0.086~0.096		
3	曝光室正上方 3F 巡测	0.085~0.094		
4	厂房东侧邻厂内巡测	0.086~0.097		
5	厂房外南侧道路巡测	0.058~0.067		室外

备注：1、表中监测结果均已扣除宇宙射线数值。
2、正上方 2F 暂未搭建楼板。

表 8-2 所列监测结果为经校准后的 γ 辐射剂量率值，所测地室内 γ 辐射剂量率为 0.084~0.097 μ Gy/h（已扣除宇宙射线），室外 γ 辐射剂量率为 0.058~0.067 μ Gy/h（已扣除

宇宙射线)。

根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(陕西省环境保护科学研究所, 1988年11月)表5中“咸阳市道路 γ 辐射剂量率范围为32.0~68.0nGy/h, 室内 γ 辐射剂量率范围为87~123nGy/h”。经对比, 项目拟建地周边环境的空气比释动能率与咸阳市天然环境 γ 剂量率处于同一水平, 属天然辐射本底波动水平。可见项目所在区域辐射环境现状质量良好。

现场探伤地点为西安市境内, 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。

根据陕西省生态环境厅发布的《2021年三季度陕西省辐射环境质量》, 2021年一、二、三季度, 全省12个辐射环境自动监测站空气吸收剂量率监测范围在66.7-131.2nGy/h, 均在正常涨落范围内波动。

表9 项目工程分析与源项

9.1 施工期

本项目使用已建成的标准厂房，施工期主要工作为曝光室地基开挖、曝光室屏蔽体浇筑、曝光室配套用房建设、设备线缆、风机安装、曝光室配套用房及曝光室内部装修、设备调试。土建施工规模小，施工时间短，施工位置位于项目所在厂区厂房内，因此施工活动对外环境影响较小，且其影响随着施工结束而消失。

(1) 施工废气

施工产生的扬尘主要集中在土建施工阶段，主要是在建材的装卸过程中，由于外力而产生的尘粒再悬浮而造成。拟建探伤室位于已建成厂房内，且项目施工期较短，施工期间通过洒水抑尘降低粉尘的影响。

(2) 施工废水

施工期废水主要为施工废水和施工人员生活污水。施工废水来自混凝土养护过程产生的废水，施工人员生活污水依托园区化粪池化池处理后排入市政污水管网。

(3) 施工固废

本项目施工期的固体废物主要来源于弃土石方和建筑垃圾。

①土石方平衡

本项目土石方挖方量为 30m^3 ，填方 10m^3 ，土石方平衡后弃方 20m^3 ，多余土石方由建设单位施工结束后统一运至指定渣场堆放。

②生活垃圾

本项目施工期产生的生活垃圾按每天施工人员 10 人计，每人每天产生生活垃圾 0.5kg ，则每天产生 5kg ，施工期产生生活垃圾共计 0.45t 。

③建筑垃圾

建设施工过程中将产生建筑垃圾，建筑垃圾按 $0.03\text{t}/\text{m}^2$ 建筑面积计，则整个施工期将产生约 3.96t 。建筑垃圾由建设单位施工结束后统一运至建筑垃圾填埋场处置

(4) 施工噪声

施工噪声主要体现在土石方开挖、基础施工、结构施工等阶段，拟建项目位于已建成厂房内，通过建筑隔声、选用低噪声施工设备，可降低施工噪声的影响。

根据以上分析，评价认为本项目在建设施工期土建施工规模小，施工时间短，基本不会对周围环境产生不良影响。

9.2 工程设备和工艺分析

9.2.1 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。

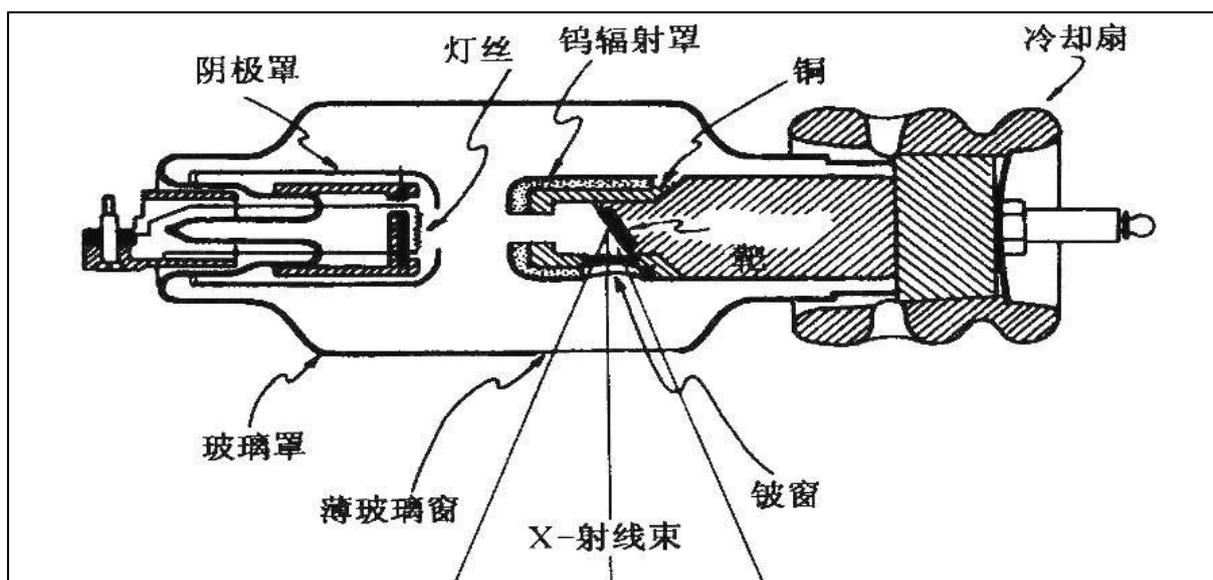


图 9-1 典型 X 射线管结构图

9.2.2 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。典型定向、周向 X 射线探伤机见图 9-2。

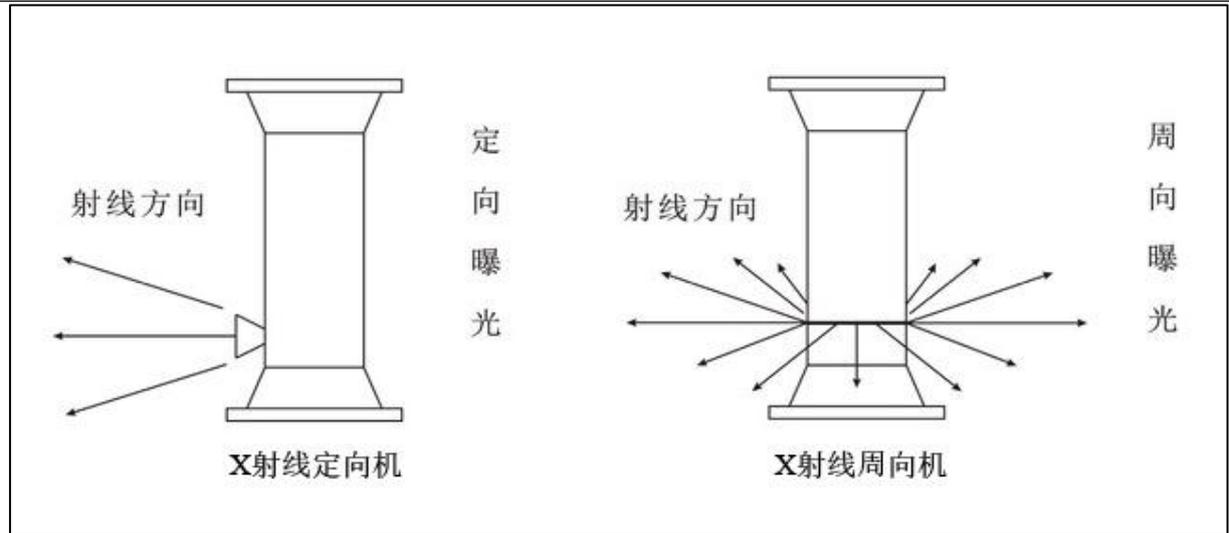


图 9-2 典型定向、周向 X 射线探伤机

(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。

②X 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。

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

表 9-1 工业 X 射线探伤机技术参数一览表

参数	出射线束	最大管电压 (kV)	最大时管电流 (mA)	射线辐射角	最大穿透厚度 (mm)
XRS-450 型	定向发射	450	10	40°	65mm 钢
HUARI-EVO300D 型	定向发射	300	3	40°	48mm 钢
XXGH-3505 型	周向发射	350	5	360°×25°	55mm 钢
XXG-2505 型	定向发射	250	5	40°	38mm 钢
XXGH-2005 型	周向发射	200	5	360°×25°	31mm 钢
XXQ-2005 型	定向发射	200	5	40°	31mm 钢

(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) 室内探伤工作流程

本项目工业 X 射线探伤机采用拍片的方式进行无损检测，辐射工作人员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曝光室区域，以免发生误照事故。

①由辐射工作人员将需要无损检测的工件放置在曝光室工件平台车上，工件平台车通过导轨将工件送至曝光室；

②根据探伤工件型号、大小、尺寸，确定探伤机的布置位置、照射角度；

③选择合适的位置，铺设胶片于需探伤工件或部件；

④人员撤离曝光室，关闭铅门；

⑤根据探伤规范要求，开启控制器电源，确认数码管显示与拨号盘一致、初级电压指示表指针在一半位置上，否则严禁开启高压；当电源电压正常时，调节千伏选择按钮，调整到需要的值；调节时间按钮，选择需要的曝光时间，准备进行下一步骤；

⑥确认曝光室内无人，关闭防护门后，启动高压，按下高压按钮并持续 1 秒钟，即可启动曝光操作，同时操作面板上的射线警示灯闪动，时间显示窗口开始倒计时，X 射线发生器开始工作，向外辐射 X 射线；当数码管显示“0.0”时，曝光结束。仪器自动切断高压，喇叭鸣叫 3 声，并进入休息，数码管显示预选值，准备下一次曝光，此时，“准备”灯灭，等到与上次工作时间相等时，“准备”灯亮；

⑦探伤结束时，关闭 X 射线探伤机；

⑧确认 X 射线探伤机关闭后,开启防护门;工件平台车通过导轨将工件运出曝光室,由辐射工作人员取下胶片并更换待检测工件。

⑨全部工件检测完成,关闭高压电源,填写设备运行记录。

⑩取下的胶片在暗室内进行冲洗,本项目采用手工洗片。

⑪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。本项目工业 X 射线室内探伤工作流程见图 9-3。

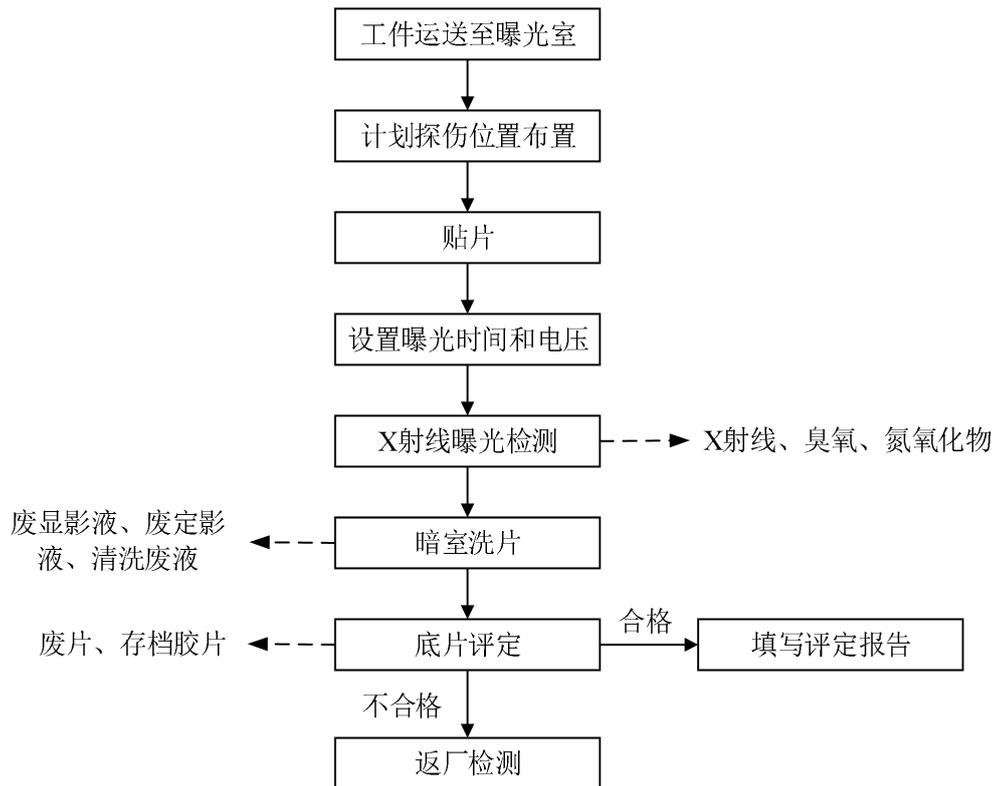


图 9-3 X 射线室内探伤工作流程简图

(4) 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 9-4。

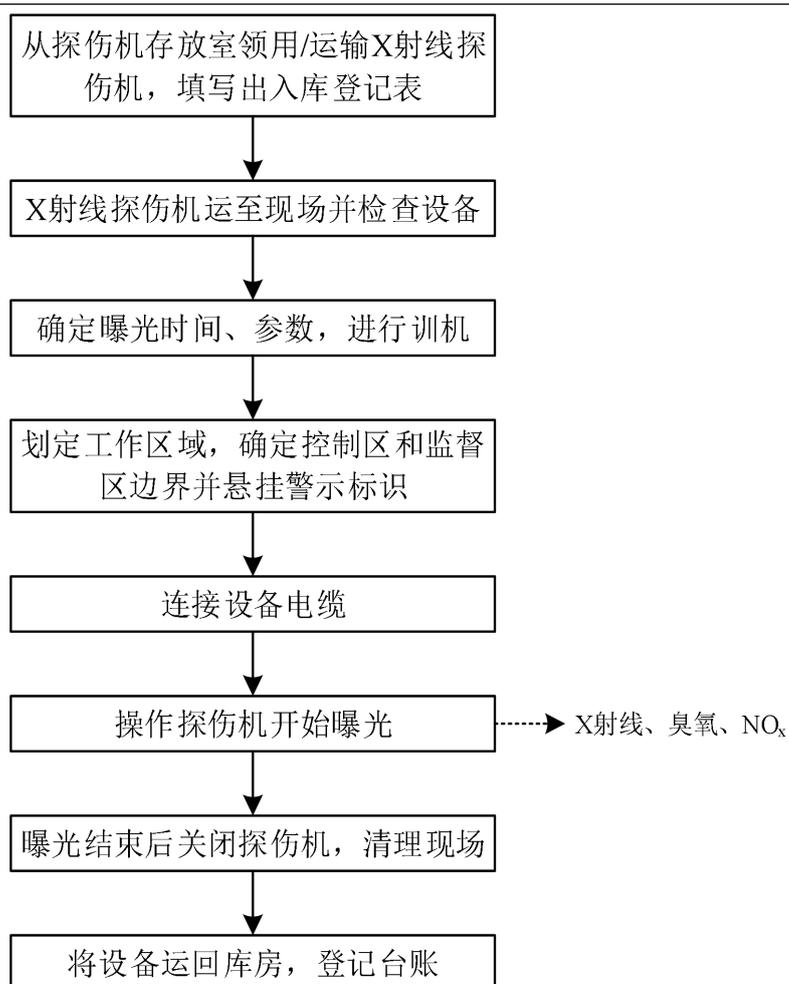


图 9-4 X 射线现场探伤工艺流程简图

X 射线探伤机操作流程简述：

①制定方案：陕西信恒检测科技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，陕西信恒检测科技有限公司工作人员持计划书，在出入库台账上登记，经过设备管理员确认后，领取设备。

③运输：采用专用车辆运输设备至探伤检查地点，陕西信恒检测科技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：

a.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。夜间进行探伤作业时，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。

b.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。

c.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。

d.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。

e. 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。

f. 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：

a.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 33 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。

b.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。

c.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,运回曝光室。由专用车辆运输设备至曝光室。

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,本项目采用手工洗片。

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。

(5) 胶片冲洗工艺流程

①显影:显影池内注入配好的显影液,将洗片夹放入显影池内频繁抖动,保持胶片膜面的药液流动更新,使显影均匀。显影时间控制在胶片规定的时间范围内;

②停显:洗片夹自显影液中取出后,再显影池上方停留 2~3 秒以使滞留的药液流离洗片夹,放入一号清洗池用清水将其上面的显影液冲洗干净至停显。

③定影:定影池内注入配置好的定影液,将停显后的底片放入定影液中晃动定影,按规定控制定影时间。

④水洗、干燥:底片定影后放入二号清洗池内水洗,冲洗时间不少于 20 分钟,水温一般为常温。底片水洗后进行干燥处理,方法一般有自然晾干或烘箱烘干,本项目采用自然晾干。

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,放置于危险废物暂存间,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 9-5 所示。

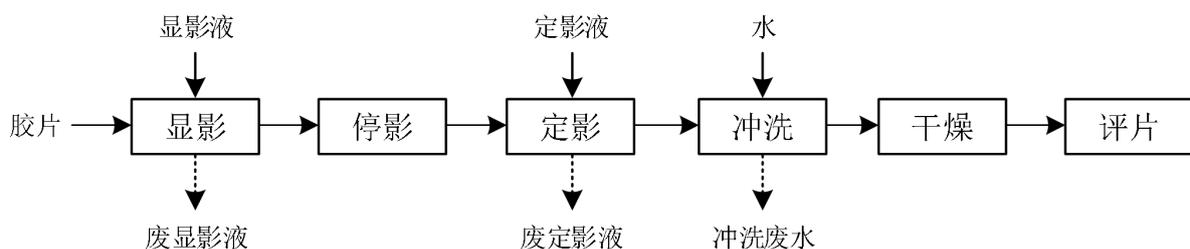


图 9-5 洗片工艺流程图

9.3 污染源项描述

9.3.1 主要污染物

项目 X 射线探伤机在运行产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气(臭氧、氮氧化物)、危险废物(废液和废片)。

(1) 电离辐射

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线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 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) 臭氧和氮氧化物

本项目使用的 X 射线探伤机工作时的最大电压为 450kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此探伤机运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

(3) 危险废物

本项目使用的工业 X 射线探伤机为胶片成像，采用手工洗片，胶片在暗室内进行冲洗，因此在洗片工作过程中会产生洗片废液、冲洗废水（含重金属 Ag^+ ）以及废胶片。其属于国家危险废物名录中的感光材料废物 HW16（废物代码 900-019-16）。

a、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 40L，根据洗片数量和成片质量判断是否需要更换。陕西信恒检测科技有限公司每年最多拍片约 13200 张，一般情况下显影液和定影液每次分别配制 40L，可洗片 400 张。该企业洗片过程年产生洗片废液约 2640L，3.3t/a（显影液、定影液的密度为 1.25g/cm^3 ）。

b、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 13200 张，则冲洗废水产生量约 1320L/a，1.32t/a。

c、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 400 张（0.02t）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	900-01 9-16	1.65t/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暂存间，定期交由有相应资质的单位处置。
废定影液	HW16	900-01 9-16	1.65t/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	900-01 9-16	1.32t/a	液态	对苯二甲酸、重金属银	重金属银	3 个月	T	
废胶片	HW16	900-01 9-16	400 张	固态	明胶、卤化银	重金属银	每年	T	

本项目产生的污染因子情况如表 9-3 所示。

表 9-3 项目污染因子一览表

污染物	污染因子	治理措施
辐射	X 射线	X 射线通过四周屏蔽体、顶棚及铅门等屏蔽。
废气	O ₃ 、NO _x	曝光室设计机械通风装置，保证探伤室内的空气流通，使产生的少量的 O ₃ 、NO _x 得以扩散。
危险废物	废显影液、废定影液、冲洗废水	危险废物分类收集后暂存于危废暂存间，定期交由有相应资质的单位处置。
	废胶片	

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 X 射线现场探伤作业

(1) 现场探伤工作场所分区

陕西信恒检测科技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。

本次环评中根据国际放射防护委员会第 103 号出版物对控制区和监督区的定义：

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。

监督区：未被确定为控制区、通常不需采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“5.1.2”条款和本项目每周实际开机时间，确定本项目现场探伤作业控制区边界外周围剂量当量率应不大于 $33\mu\text{Sv/h}$ ，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	将作业场所中周围剂量当量率大于 $33\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区。	①控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 ②现场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，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施（如铅板）。 ③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。
监督区	将控制区边界外作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区。	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。

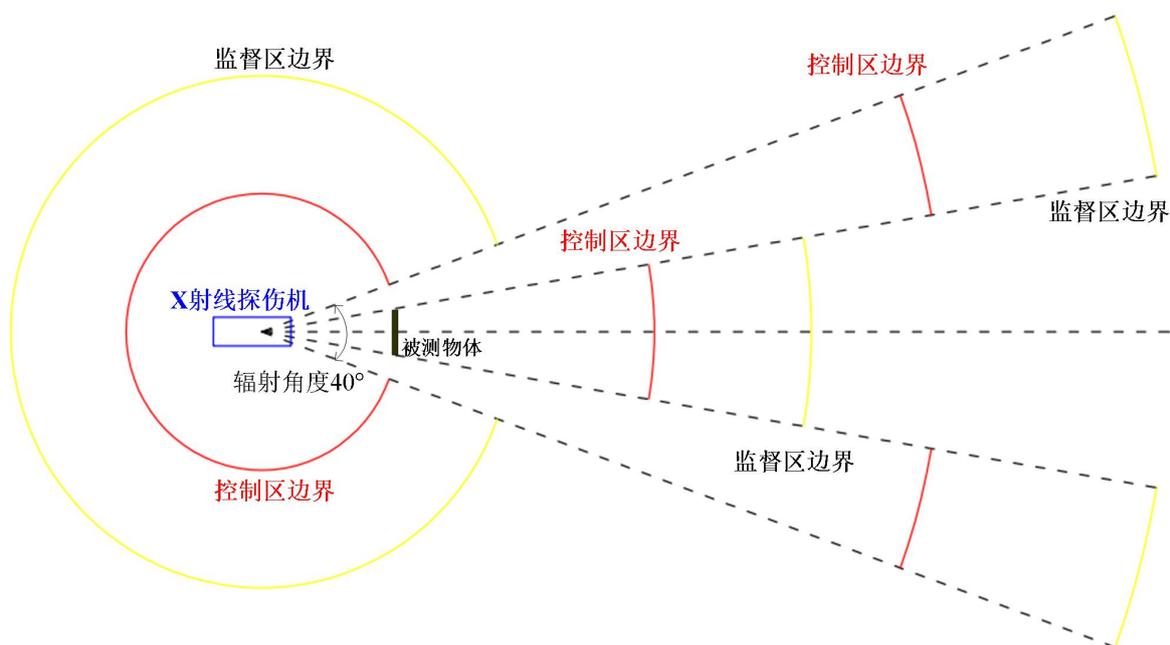


图 10-1 现场探伤时控制区和监督区划分示意图(定向探伤机)

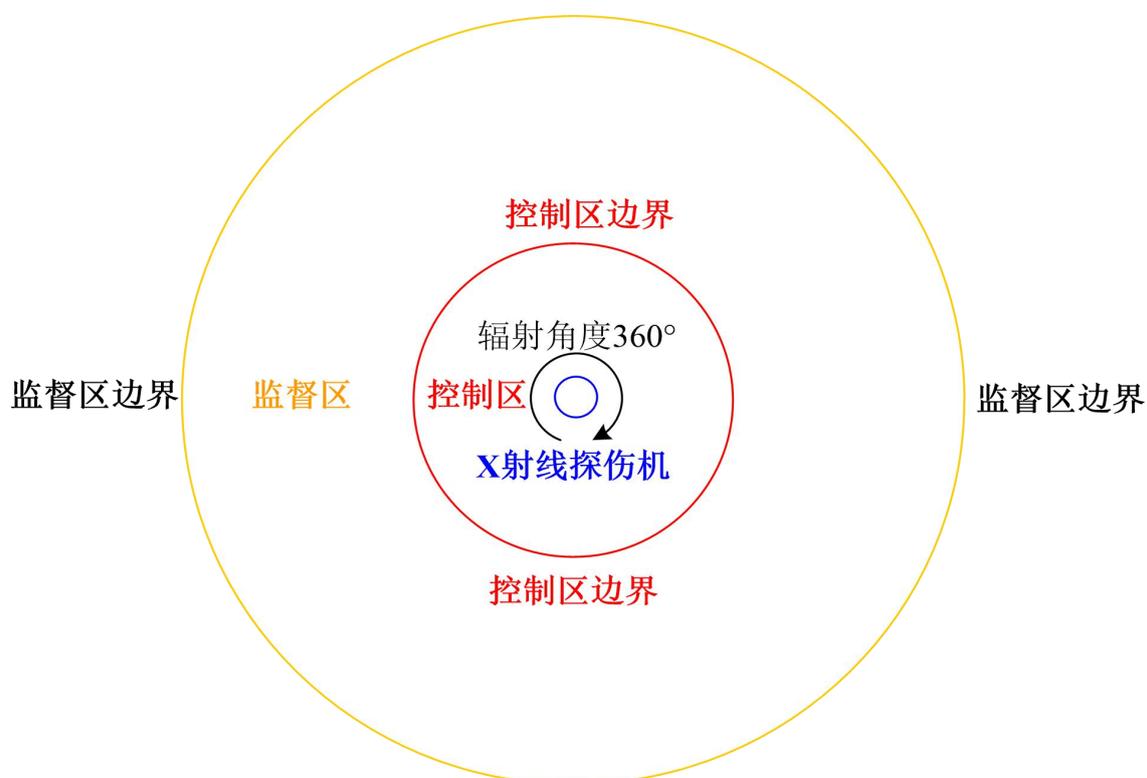


图 10-2 现场探伤时控制区和监督区划分示意图(周向探伤机)

10.1.2 辐射防护用品配置情况

为保障现场探伤安全有序进行，陕西信恒检测科技有限公司需为每位辐射工作人员佩戴个人剂量计。现场探伤时拟配备辐射检测设备：X- γ 剂量率监测仪 1 台、个人剂量报警仪 2 个；拟配备警示装置：警戒绳 6 卷、警示灯 4 只、警告牌 10 块。

10.1.2 X 射线探伤室

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第 4.1.2 条：“应对探伤工作场所实行分区管理，一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区”的要求。本项目将曝光室屏蔽体内部划分为控制区，操作室、暗室、划分为监督区，根据表 11-6 及表 11-9 本项目曝光室四周墙体剂当量率已经接近本底水平，为了安全起见在曝光室西侧屏蔽体外再划分 1m 区域作为监督区。由于曝光室南侧及东侧为本厂区范围以外，无法进行管控，根据表 11-6 及表 11-9 本项目曝光室四周墙体剂当量率已经接近本底水平，因此本项目曝光室南侧及东侧不设置监督区。并采用黄色警戒线划出监督区的边界，设立标明监督区的标牌，本项目具体划分见表 10-2，辐射工作场所分区见图 10-3 所示。

表 10-2 本项目控制区、监督区划分表

分区类型	划分区域
控制区范围	曝光室屏蔽体内
监督区范围	操作室、暗室、曝光室西侧屏蔽体外 1m 范围内

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：曝光室内部，以防护门和机房屏蔽墙为界。针对控制区，建设单位拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-机联锁装置、工作状态指示灯及辐射警示标志等设施，严格限制人员随意进入控制区，射线装置在运行过程中，对控制区进行严格控制，控制区内不得有无关人员滞留，保障该区的辐射安全。

②监督区：操作室、暗室为辐射工作人员工作场所，禁止非辐射工作人员进入。在操作室、暗室以及曝光室西侧（探伤工件周转区）设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检查其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

10.1.2 曝光室布局

根据设计资料，本项目包含曝光室、操作室、评片室、暗室等，其平面布置图如图 10-3 所示，曝光室剖面图如图 10-4 所示。

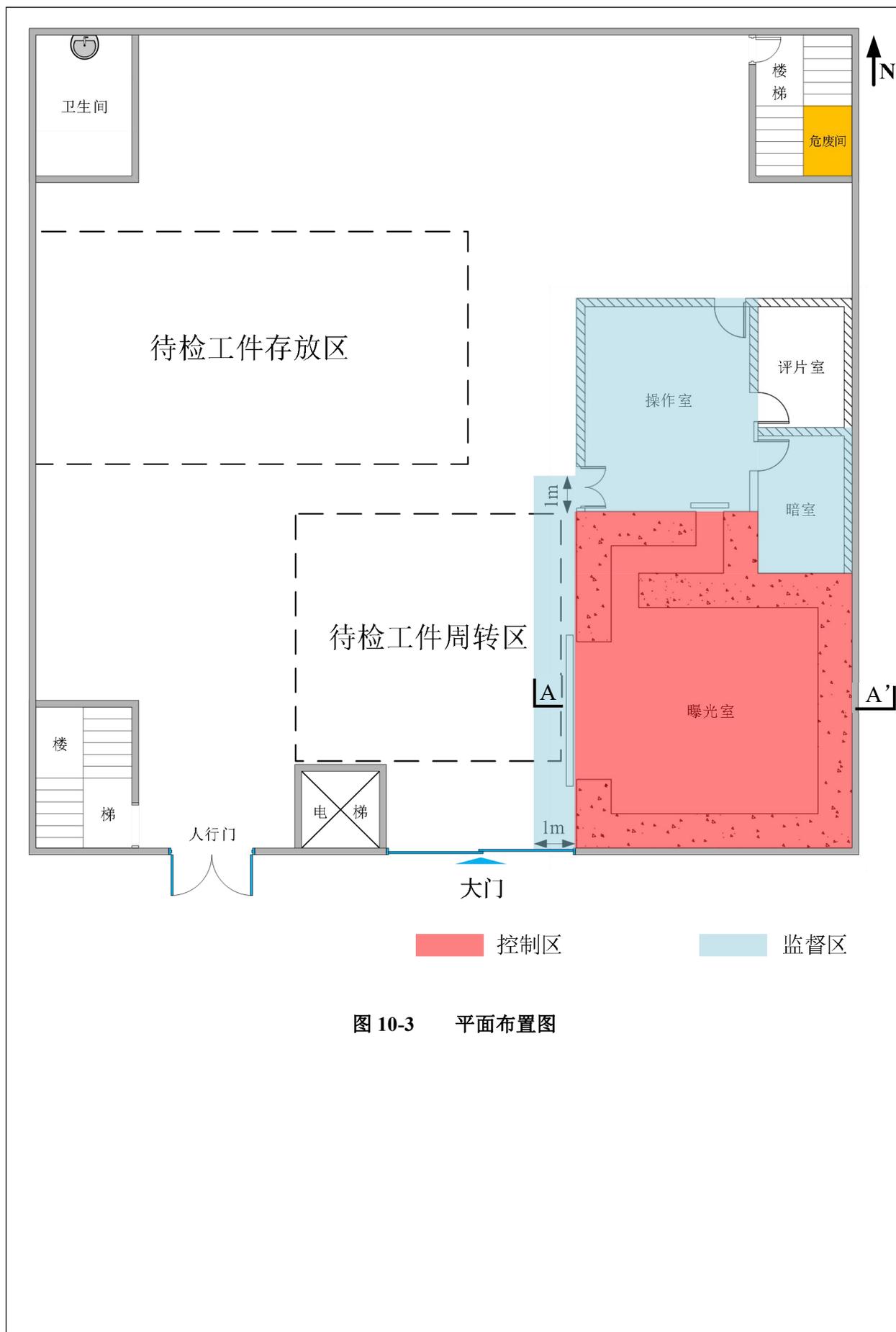


图 10-3 平面布置图

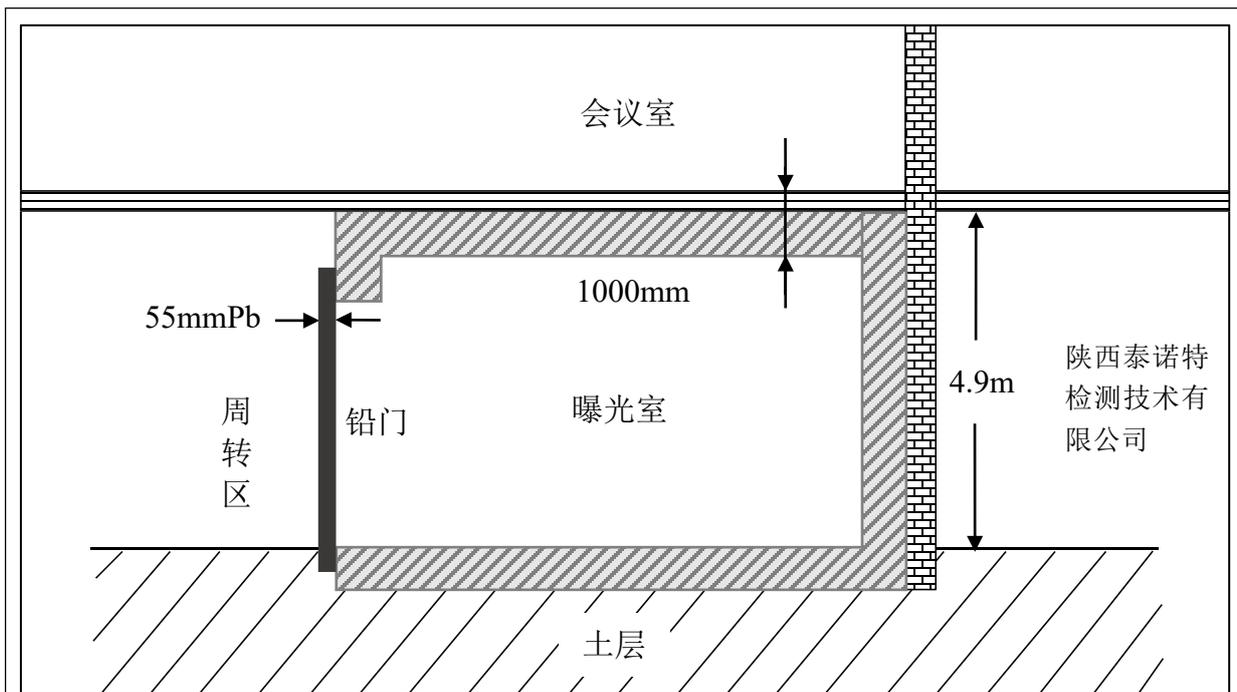


图 10-4 曝光室剖面图 (A-A')

10.1.2 辐射防护屏蔽设施

根据设计资料，本项目曝光室设计净尺寸为 6.0m×6.0m×3.9m（长×宽×高）；曝光室屏蔽体设计拟采用混凝土浇筑，其中曝光室四周屏蔽体为 1000mm 混凝土，曝光室顶部为 1000mm 混凝土，工件防护门拟采用 55mmPb 电动推拉门，人员防护门拟采用 26mmPb 电动推拉门。曝光室下方为实土层，故不考虑地板屏蔽设计情况。

根据建设单位提供的曝光室设计资料可知，曝光室设置排风扇，曝光室体积为 140.4m³，排风扇设计风量 600m³/h，曝光室每小时通风换气次数约 4 次，满足通风需求。曝光室排风口穿越防护墙的管道采用“U”型预埋管穿越曝光室。铅防护门设计门-机连锁装置，在曝光室门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤机连锁，曝光室防护门上设置电离辐射警告标识和中文警示说明。曝光室各侧墙体、防护门的设置及屏蔽情况见表 10-3。

表 10-3 曝光室设计屏蔽情况一览表

项目	设计屏蔽措施
长×宽×高	6.0m×6.0m×3.9m（长×宽×高）
四周屏蔽体	1000mm 混凝土
顶部屏蔽体	1000mm 混凝土
工件进铅门	曝光室工件防护门为 55mmPb 电动推拉防护门。工件防护门门洞尺寸为 3000×3000（H）mm。工件防护门门体尺寸为 3800×3400（H）mm。工件防护门与墙体搭接尺寸：左、右侧各为 400mm，上部为 250mm，下部为 150mm。工件进出防护门与探伤机进行高压连锁控制。

人员进铅门	曝光室人员防护门为 26mmPb 电动推拉防护门。人员防护门门洞尺寸：800×2000（H）mm。人员防护门门体尺寸：1300×2300（H）mm。工件防护门与墙体搭接尺寸：左、右侧各为 400mm，上部为 250mm，下部为 150mm。
-------	--

10.1.3 现场探伤作业辐射安全与防护措施

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刻关闭 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，依此来减小 X 射线对环境的影响。

（8）控制器上设有紧急制动按钮。

2、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，为了降低探伤作业队公众产生不良影响，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，悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”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 射线装置的控制器和 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 $33\mu\text{Sv/h}$ 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 $33\mu\text{Sv/h}$ 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。

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。

10.1.3 探伤室作业辐射安全与防护措施

2、曝光室实体屏蔽防护措施

(1) 曝光室辐射屏蔽

根据设计单位提供的资料，本项目曝光室屏蔽体采用混凝土，以屏蔽防护 X 射线，防护厚度充分考虑了 X 射线主射、散射、漏射效应。

曝光室为一层结构，地下无建筑，顶部为公司会议室，定向探伤机主射方向朝南照射。根据后文核算，本项目屏蔽体设计屏蔽防护厚度可满足辐射防护要求，曝光室屏蔽体外 30cm 处的周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

(2) 防护门的安装

防护门生产、安装由有生产资质的厂家承担，防护门与曝光室屏蔽墙体的搭接长度需保证曝光室的整体屏蔽能力。防护门与曝光室屏蔽墙体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。曝光室屏蔽墙体中间搭接时，搭接不少于 20mm，铅板与钢板固定采用紧固螺钉、专用封孔铅帽遮挡铅孔，以保证曝光室的整体屏蔽能力。

根据设计单位提供的资料，本项目曝光室的工件防护门铅板厚度为 55mmPb，为电动推拉门，人员防护门铅板厚度为 26mmPb。

(3) 排风防护措施

本项目曝光室设置机械排风系统。废气排放管道位于曝光室南侧，排风口穿墙位置设置于曝光室南侧墙地下，穿越防护墙的管道采用“U”型穿越曝光室。排气管道向南穿越曝光室和厂房外墙后沿着厂房外墙向上引至楼顶处，产生的废气经排气管道引至厂房楼顶排放，穿墙接口在屏蔽体的基座建设时进行预留。项目穿墙管道示意图见下图。

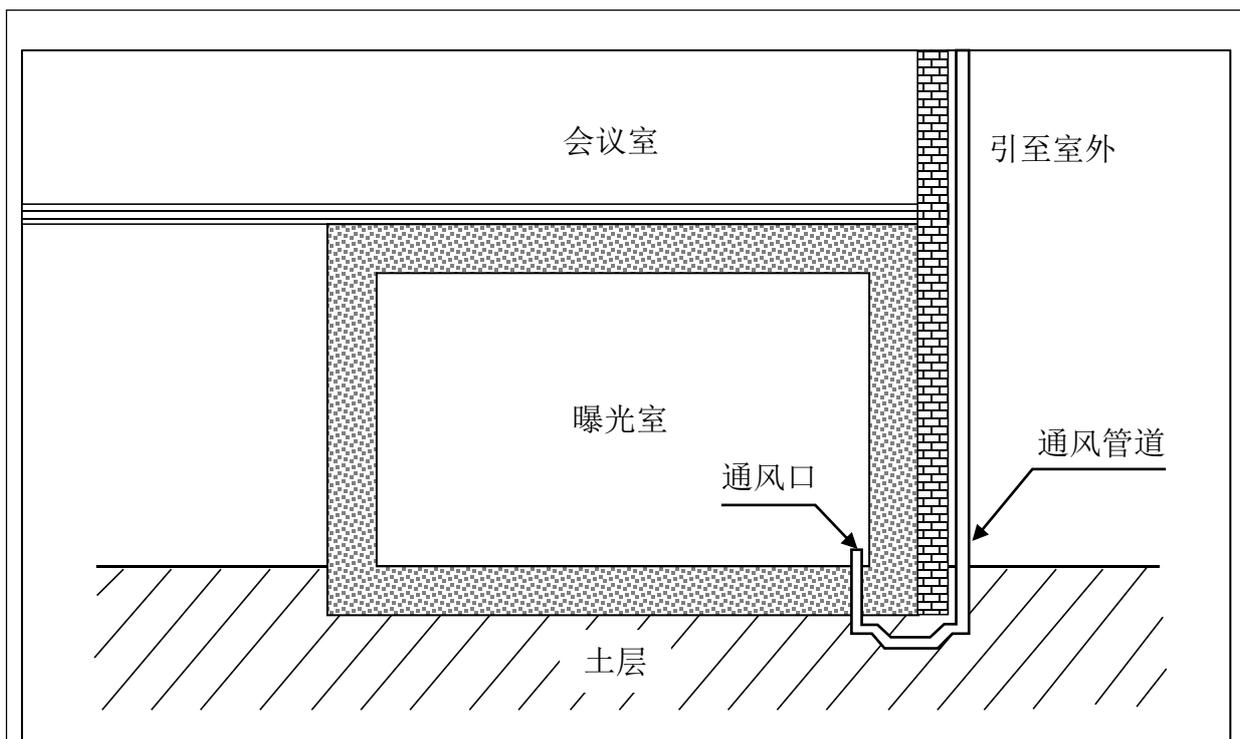


图 10-5 曝光室通风口屏蔽措施示意图

(4) 管线进出口防护

电缆、管道等穿过曝光室防护墙的孔道应避开有用线束及人员经常驻留的区域，并采用 U 型穿墙形式。管线进出口设置在机房底部，管线槽上部同时使用铅板遮挡，不影响墙体的屏蔽防护效果。

本项目曝光室电缆管道等穿过墙面的孔道其穿墙示意图如下。

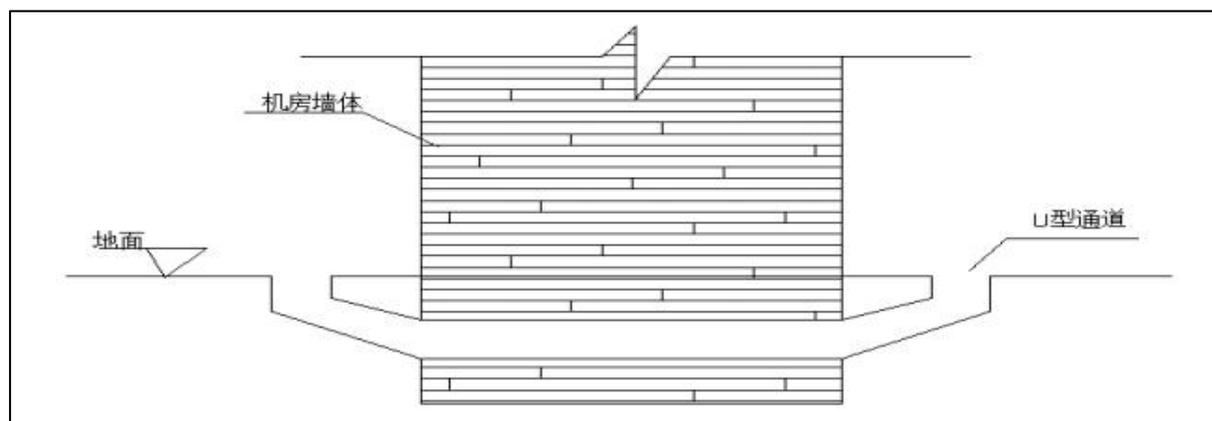


图 10-6 电缆穿墙示意图 (U 型管)

2、机房拟采取的辐射安全防护措施

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，该项目应采取的辐射安全措施如下：

(1) 控制台应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

(2) 控制台应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

(3) 曝光室和操作间之间安装监控设备，能完全观察曝光室内部。

(4) 控制台应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(5) 曝光室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作台应与曝光室分开并尽量避免有用线束照射的方向。

(6) 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将曝光室屏蔽体墙壁围成的内部区域划为控制区，与屏蔽体外部相邻区域划为监督区。

(7) 曝光室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(8) 探伤工作人员进入曝光室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开曝光室，同时禁止其他人进入曝光室，并立即向辐射防护负责人报告。个人剂量计，定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

(9) 防护门生产、安装由有生产资质的厂家承担，其搭接长度不小于缝隙的 10 倍。防护门上设置永久性辐射警示标志，采用电动防护门（应急时可手动），曝光室入口处上方应安装醒目的电离辐射警示标志及照射状态指示灯。曝光室内设置紧急开门按钮。

(10) 本项目电缆线和废气排放管道埋地穿墙敷设，采用“U”型走向，不影响曝光室的屏蔽能力。

3、安全联锁及紧急停机

(1) 门机联锁

采用电动、手动一体化防护门，与探伤机启动电路实行门-机联锁方式，即曝光室防护门未关闭之前，探伤机无法启动，在屏蔽铅门全部关闭后，X 射线装置才能启动曝光进行探伤作业。门打开时探伤机立即停止出束，关上门不能自动开始 X 射线照射。X 射线装置未关闭时，屏蔽门不能被打开。已接通的 X 射线管管电压在铅门开启时能立即切断。

(2) 灯机联锁

为减少公众人员受到不必要的剂量，防护门外安装灯机联锁系统，在设备出束时灯亮警示，以预防和控制潜在的照射。

(3) 声光警示

曝光室门口和内部醒目位置应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保曝光室内人员安全离开。“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。

(4) 控制台锁定开关

控制台应设有防止非工作人员操作的钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。钥匙由探伤机操作人员携带保管，换班、检修时检查钥匙交接情况，防止非工作人员误操作探伤机。操作人员离开操作间时，拔出专用钥匙，妥当保管，以防止非工作人员操作而发出射线。

(5) 紧急停机

控制台和曝光室内分别设置紧急停机开关，并标出清晰的标记和说明，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。急停按钮处标明标签和使用方法。曝光室在迷道入口、迷道出口分别设置紧急停机按钮或拉绳。在紧急情况下，便于曝光室和操作室内的人员及时终止照射，按钮或拉绳的安装，应使人员处在曝光室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

(6) 电离辐射警示标志

本项目严格按照控制区和监督区划分实行“两区”管理，将曝光室内部区域划为控制区，与铅房墙体相邻的区域划为监督区。且在曝光室防护门的醒目位置将张贴固定的电离辐射警告标志并安装工作状态指示灯。限制无关人员进入，以免受到不必要的照射。

(7) 警戒线

曝光室外 1m 处应划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

本项目安全设施布局图见附图 6。

4、安全操作要求

(1) 操作人员必须遵守各项操作规程，认真检查安全连锁，禁止任意去除安全连锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全连锁的情况下开机。

(2) 辐射工作人员在工作时，必须佩戴个人剂量计和剂量报警仪。工作期间认真做好当班记录，严格执行交接班制度。

(3) 严禁操作人员擅自离开岗位，密切注视控制台仪表及探伤机状况，发现异常

及时处理。

(4) 工作期间，除设备操作人员外，操作室、暗室、评片室内不得有其他人员。

(5) 只有通过专用钥匙才能使探伤机出束，钥匙由专人保管。操作人员离开操作室时，拔出专用钥匙，妥善保管，以防他人误操作而发出射线。

10.1.6 机房通风

当 X 射线探伤装置运行时，X 射线与空气相互作用，可使机房内空气电离，产生臭氧 (O₃) 和氮氧化物 (NO_x) 等有害气体。根据 GBZ117-2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》第 4.1.11 条的要求：“曝光室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区，每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”。本项目曝光室设置机械排风系统。废气排放管道位于曝光室顶棚。

根据设计资料，曝光室通风系统设计情况如表 10-4 所示。

表 10-4 曝光室通风系统设计

曝光室容积 (m ³)	设计排风口位置	设计机械排风装置	设计排风量 (m ³ /h)	设计排风次数 (次/h)
6.0m×6.0m×3.9m=140.4m ³	曝光室南侧墙地下	轴流风机	600	4

由上表可以看出本项目曝光室每小时有效通风换气次数满足标准要求。

10.1.5 个人防护用品及监测仪器

本项目拟配置的个人防护用品及监测仪器见下表。

表 10-5 个人防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途
1	剂量报警仪	3 个	辐射工作人员佩戴，实时监测辐射剂量是否超标
3	个人剂量计	4 枚	工作期间辐射工作人员和安全员均佩戴，对个人受到的附加剂量进行记录
4	便携式 X-γ辐射剂量率仪	1 台	曝光室屏蔽体外定期剂量监测，保证屏蔽体的屏蔽效果；现场探伤前由远及近、由小到大确定控制区、监督区

本项目拟配备辐射工作人员 4 名，2 人负责室内探伤，2 人负责现场探伤，现场探伤作业最多 1 组开展工作。探伤机不同时使用，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。

10.2 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

本项目各探伤机使用过程中会产生微量臭氧和氮氧化物，曝光室配备 1 套机械通风装置，通风量不小于 600m³/h，每小时可通风换气 4 次，项目运行期间进行连续通风，通风系统可将绝大部分的臭氧和氮氧化物排出，曝光室内的臭氧和氮氧化物浓度基本处于本底水平，不会对曝光室工作人员产生影响。排出的臭氧经大气稀释和扩散作用，浓度进一步降低，对周围大气环境几乎无影响。

2、危险废物处理措施

①危废治理措施

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》，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 2640L/a，（3.3t/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，放置于危险废物暂存间，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 1.32t/a。冲洗废水和洗片废液一同暂存于危险废物暂存间的废液桶内，定期交由有相应资质的单位处置。

废胶片产生量约为 400 张 0.02t/a，产生后放置于危险废物暂存间的收纳箱内，定期交由有相应资质的单位处置。

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，其中废显影液、废定影液主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银，冲洗废水主要含对苯二甲酸和微量的银，属感光材料废物，废胶片亦属感光材料废物。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），需委托有资质的危废处理单位回收处理，不能及时回收时需在公司内暂存。本项目危废贮存场所基本情况见下表 10-6。

表 10-6 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	危险废物暂存间	废显影液、废定影液	HW16	900-019-16	厂区 1 层东北角	2m ²	废液桶	220L	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

根据《国家危险废物名录（2021 年版）》以及《危险废物鉴别标准》，判定建设项

目的固体废物是否属于危险废物，本项目危险废物详见表 10-6。环评要求：危险废物暂存间地面进行防渗处理，涂装至少 2mm 厚防渗漏、防腐蚀的涂料（如环氧树脂），防渗涂料超过墙裙角 30cm；盛装洗片废液和冲洗废水的容器用专用容器盛装；危险废物暂存间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；危险废物暂存间安排专人管理，定期由有资质单位清运危险废物，并建立转运联单的台账。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要是对探伤室及其配套辅助用房进行建设。其环境影响主要是建设过程中产生的噪声、扬尘、废水、固体废物等环境影响。项目所在厂区已建成，施工人员、施工设备、环保设施等均可依托。

(1) 废水环境影响分析

本项目施工期污水主要为施工人员生活污水、施工场地废水等，废水依托园区现有污水处理设施。

(2) 废气环境影响分析

本项目施工期废气主要为施工扬尘等。且工程量小，施工时间短，施工过程中产生的粉尘量小，通过洒水抑尘及大气扩散，对周围环境影响较小。

(3) 噪声环境影响分析

根据工程分析可知，施工期噪声源主要为动力设备、施工机械及运输车辆，本项目在厂区内施工，且施工期较短，主要对厂区内有影响，对厂区外影响较小。

(4) 固体废弃物环境影响分析

本项目施工期的固体废弃物主要为建筑垃圾及生活垃圾。建筑垃圾运往指定建筑垃圾填埋场处置；生活垃圾分类收集由环卫部门统一清运。

综上，本项目工程量较小，施工期短，施工人员少，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 探伤室屏蔽能力理论预测

计算模式依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

一、探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

(1) 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ \dot{H}_{cd} ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$

公众: $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 \dot{H}_{c-d} (μSv) 按式 (1) 计算:

$$\dot{H}_{c-d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中:

\dot{H}_c ——周剂量参考控制水平, 单位为微希每周 ($\mu\text{Sv/周}$);

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t ——探伤装置周照射时间, 单位为小时每周 (h/周)。

t 按式 (2) 计算:

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中:

W ——X 射线探伤的周工作负荷 (平均每周 X 射线探伤照射的累计“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值), $\text{mA} \cdot \text{min/周}$;

60——小时与分钟的换算系数;

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);

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c-\max}$:

$$\dot{H}_{c-\max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c :

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 \dot{H}_{c-d} 和 b) 中的 $\dot{H}_{c-\max}$ 二者的较小值。

(2) 防护探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和 (或) 在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 (1)。

b) 除 a) 的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂

量率总和，应按（1）的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目探伤室顶部为公司会议室及办公区域，本次评价探伤室顶部的剂量率参考控制水平取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

二、探伤室辐射屏蔽估算公式

1、泄漏辐射和散射辐射屏蔽计算公式

(1) 有用线束

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式(3) 计算，然后 X 由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度 X。

$$B = \frac{\dot{H}_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \quad (3)$$

式中：

\dot{H}_c ——按（1）式确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)；

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 处输送量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，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) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按（4）计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (4)$$

式中：

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，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；

R —— 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

(2) 屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 相应的关系

a) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（5）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (5)$$

式中：

X —— 屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL —— 屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2。

b) 对于估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按式（6）计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad (6)$$

式中：

TVL —— 屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2；

B —— 达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子。

(3) 泄漏辐射屏蔽

a) 关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时所需的屏蔽透射因子 B 按式（7）计算，然后按式（6）计算所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_2 = \frac{\dot{H} \cdot R^2}{\dot{H}_L} \quad (7)$$

式中：

\dot{H} —— 按 3.1 确定的剂量率参考控制水平，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

R —— 辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

\dot{H}_L —— 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的漏射辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。其典型值见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机的泄漏辐射剂量率

X 射线管电压 (kV)	距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 \dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)
<150	1×10^3
$150 \leq kV \leq 200$	2.5×10^3
>200	5×10^3

b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（5）计算，然后按式

(8) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$) :

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (8)$$

式中:

B ——屏蔽透射因子;

R ——辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$)。见表 11-1。

(4) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽估算方法如下:

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 11-2) 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 11-2 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值

原始 X 射线 (kV)	散射辐射 (kV)
150 ≤ kV ≤ 200	150
200 < kV ≤ 300	200
300 < kV ≤ 400	250

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。

a) 关注点达到剂量率参考水平 \dot{H}_c 时, 屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按式 (9) 计算。按表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按式 (6) 计算出所需的屏蔽物质厚度 X。

$$B_3 = \frac{\dot{H} \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \quad (9)$$

式中:

\dot{H} ——按 3.1 确定的剂量率参考控制水平, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

R_s ——散射点至关注点的距离, 单位为米 (m);

R_0 ——辐射原点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m), 取 1.0m;

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;

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。

- b) 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 相应的屏蔽透射因子 B , 按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值, 确定 90° 散射辐射的 TVL, 然后按式 (5) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (10) 计算:

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (10)$$

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)。

3、辐射剂量估算公式

X- γ 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式 (11) 计算:

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

式中:

H_{Er} ——X 或 γ 射线外照射人均年有效剂量当量, 单位为毫希 (mSv);

$H_{(10)}$ ——X 或 γ 射线周围剂量当量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t——X 或 γ 射线照射时间，单位为小时（h）。

三、防护能力估算

I、定向 X 射线探伤机防护能力核算

1、定向 X 射线探伤机主要技术参数及工作负荷

定向 X 射线探伤机主要技术参数及工作负荷见表 11-3。

表 11-3 定向 X 射线探伤装置技术参数及工作负荷

设备型号	管电压 kV	管电流 mA	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
XRS-450 型	450	10	4 次/周	1~5min/次	0.33h/周
HUARI-EVO 300D	300	3	6 次/周	1~5min/次	0.5h/周
XXG-2505	250	5	10 次/周	1~5min/次	0.83h/周
XXQ-2005	200	5	8 次/周	1~5min/次	0.67h/周

2、核算距离、方向

本次评价按 XRS-450 型定向 X 射探伤机进行预测。本项目拟将 XRS-450 型 X 射线定向探伤机安放于曝光室正中央，采用升降支架固定探伤机，通过控制升降支架，探伤机离地高度可在 1m~1.5m 范围内变动。本项目涉及的 4 种定向 X 射线探伤机主射方向均为向南照射，则曝光室南侧墙体按有用线束进行估算，其他侧墙体、防护门和顶棚均以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算。本次计算关注点位置示意图见图 11-1。

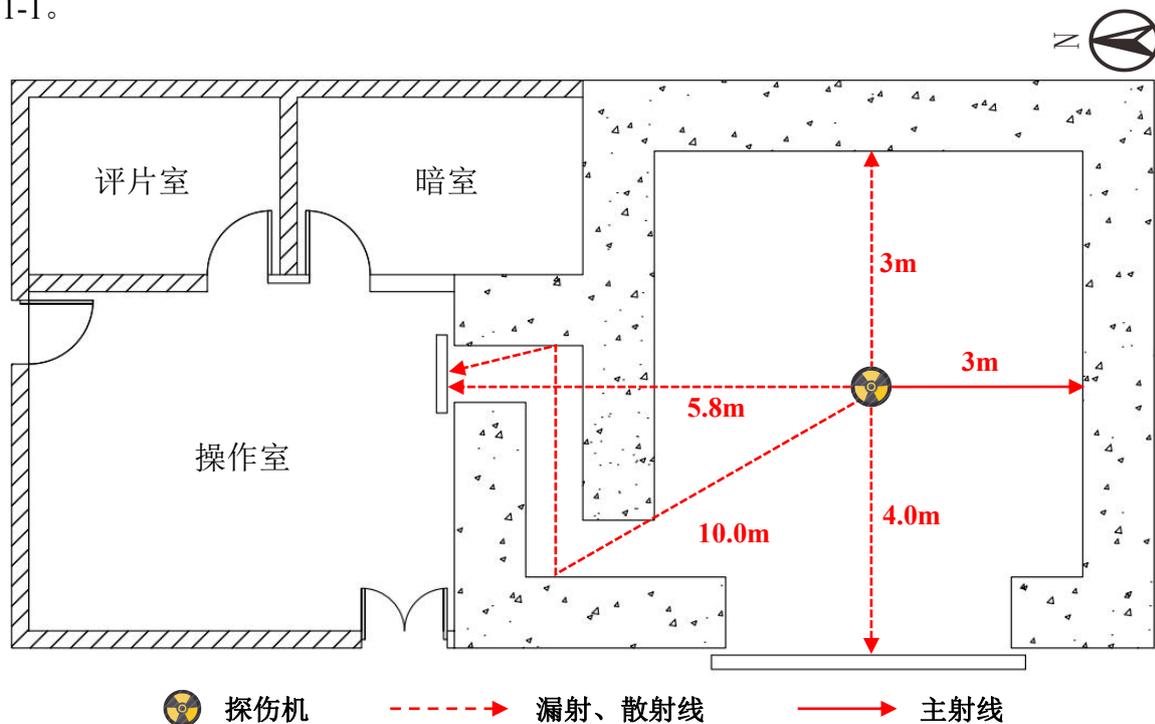


图 11-1 探伤室周围尺寸示意图

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-4。

表 11-4 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 m	
南面	室外道路	屏蔽体外 30cm	主射	3.0+1.0+0.24+0.3=4.54
西面	工件防护门	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	4.0+0.055+0.3=4.355
北面	操作室人员防护门	屏蔽体外 30cm	散射	10.0+0.026+0.3=10.326
			漏射	5.8+0.026+0.3=6.126
东面	邻厂	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	3.0+1.0+0.24+0.3=4.54
顶棚	会议室	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	2.4+1.0+0.13+0.3=3.83

3、剂量率参考控制水平的确定

剂量率参考控制水平核算见表 11-5。

表 11-5 剂量率参考控制水平核算表

方向	U ^①	T ^②	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
南面 (室外道路)	1	1/4	8.58	2.5	有用线束
西面 (周转区)	1	1/4	8.58	2.5	泄漏辐射、散射辐射
北面 (操作室、暗室)	1	1	42.92	2.5	泄漏辐射、散射辐射
东面 (邻厂)	1	1/2	4.29	2.5	泄漏辐射、散射辐射
顶部 (会议室)	1	1/2	4.29	2.5	泄漏辐射、散射辐射

注：①：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 A，南面为室外道路，居留因子取 1/4；西面为周转区，居留因子取 1/2；北面为操作室、暗室，属于全居留，居留因子取 1；东面为邻厂，根据调查东面为邻厂仓库，居留因子取 1/2；顶部为会议室，居留因子取 1/2。

②：Hc 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 二者的较小值。

③：计算的时间按所有定向设备在曝光室内的总时间计算。

根据表 11-5 可知，曝光室东、南、西、北面墙体及顶棚外 30cm 的剂量率参考控制水平均为 2.5μSv/h。

4、其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-6 所示。

表 11-6 屏蔽体核算相关参数

参数	XRS-450 型 X 射线探伤机数值		
电压 (kV)	450		
电流 (mA)	10		
G (mGy·m ² /mA·min) ^①	35 (450kV, 3mm 铜滤过条件下)		
90°散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	250		
Ro ² /F·α ^②	50		
泄漏辐射剂量率 HL (μSv/h)	5×10 ³		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL) ^③	铅		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	450	9.25	2.8
	250 (散射)	2.9	0.86
	混凝土		

	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	450	109.5	33
	250 (散射)	90	28

注：①根据 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P56 图 3，当电压为 450kV 时，离靶 1 米处的发射率为 35mGy·m²/mA·min；

②根据本项目探伤机产品说明书，两台探伤机 X 射线束圆锥角为 40°，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 20°。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当 X 射线探伤装置圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 20°时，Ro²/F·α因子的值为 50（200~400kV）。本项目参考典型值取 50。

③根据 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P78 表 3，当电压 450kV 时，什值层、半值层采用内插法所得。

5、复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

6、探伤室防护核算结果

根据公式 1~10，计算使用 XRS-450 型 X 射线探伤机时曝光室各屏蔽体的屏蔽效果。

（1）主照面屏蔽厚度核算

曝光室主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-7。

表 11-7 曝光室主照面屏蔽效能复核结果

考察点	剂量率参考控制水平(μSv/h)	辐射源点(靶点)至关注点的距离	屏蔽透射因子	计算厚度(mm)	设计厚度(mm)	复核结果
南侧墙体	2.5	4.54m	2.454E-06	614 混凝土	1000 混凝土	符合

（2）非主照面屏蔽厚度核算

曝光室非主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-8。

表 11-8 曝光室（漏射、散射）屏蔽效能复核结果

关注点		剂量率参考控制水平(μSv/h)	辐射源点至关注点的距离(m)	屏蔽透射因子	计算厚度(mm)		实际设计(mm)	复核结果
西面工件防护门	漏射	2.5	4.355	0.00948	18.71	21.51mmPb	55mmPb	符合
	散射			0.00011	11.45			
北面操作室人员防护门	漏射	2.5	6.126	0.01876	15.97	18.77mmPb	26mmPb	符合
	散射		10.326	0.00063	9.27			
东面邻厂	漏射	2.5	4.54	0.01031	218	352mm 混凝土	1000mm 混凝土	符合
	散射			0.00012	352			
顶棚	漏射	2.5	3.83	0.00733	234	365mm 混凝土	1000mm 混凝土	符合
	散射			0.00009	365			

根据表 11-8~表 11-9 计算结果可知, XRS-450 型探伤机工作时, 曝光室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 及《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 屏蔽防护的要求。

(3) 辐射剂量分析

按照设计的屏蔽厚度计算各关注点辐射剂量, 使用 XRS-450 型 X 射线探伤机工作时各关注点辐射年照射剂量率计算结果见表 11-9。

表 11-9 使用 XRS-450 型 X 射线探伤机时关注点辐射剂量率估算表

方位	外环境	敏感人群类别	需屏蔽的辐射源	预测点瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		年最大曝光时间	居留因子	剂量估算 (mSv/a)
南面	室外道路	公众成员	主射	0.00075		116.67h	1/4	2.188E-05
西面	周转区	公众成员	漏射	0.000299	0.00030		1/4	8.750E-06
			散射	2.397E-15				
北面	操作室	辐射工作人员	漏射	1.709E-10	4.265E-06		1	4.976E-07
			散射	4.264E-06				
东面	邻厂	公众成员	漏射	1.788E-07	3.366E-07		1/2	1.964E-08
			散射	1578E-07				
顶棚	会议室	公众成员	漏射	2.513E-07	4.730E-07		1/2	2.759E-08
			散射	2.217E-07				

备注: 116.67h 为所有定向机的室内探伤时间。本次计算较保守, 按最大管电压的 XRS-450 型 X 射线探伤机计算。

①辐射工作人员

建设项目配备 4 名辐射工作人员, 分为 2 组。本项目 X 射线探伤装置配置到位后, 按探伤室四周屏蔽体外最大瞬时剂量进行估算, 每名辐射工作人员所受的最大年有效剂量最大为 $2.488\text{E-}07\text{mSv/a}$, 远低于本评价管理目标值 5mSv/a , 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB Z117-2015) 和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 的要求。

②公众人员

根据表 11-10 可知, 项目使用定向 X 射线探伤机开展无损检测工作时, 在曝光室周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 $2.188\text{E-}05\text{mSv/a}$, 远低于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a , 符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GB Z117-2015) 剂量限值的要求, 探伤室屏蔽措施满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 要求。

II、周向 X 射线探伤机防护能力核算

1、周向探伤机主要技术参数及工作负荷

周向 X 射线机主要技术参数及工作负荷见表 11-10。

表 11-10 周向 X 射线探伤装置技术参数及工作负荷

设备型号	管电压 kV	管电流 mA	周最大曝光次数	单次曝光	周最大照射时间
XXGH-3505	350	5	4 次/周	1~5min/次	0.33h/周
XXGH-2005	200	5	4 次/周	1~5min/次	0.33h/周

2、核算距离、方向

本次评价按 XXGH-3505 型周向 X 射探伤机进行预测。探伤机放置于曝光室正中央的探伤机固定支架。探伤机为周向平靶射线机，每次探伤时探伤机沿东西方向布置，则曝光室南北侧墙体及顶棚按有用线束进行估算，东西侧墙体、工件防护门、人员防护门以泄漏辐射和散射辐射（非有用线束）照射进行估算。本次计算关注点位置示意图见图 11-2。

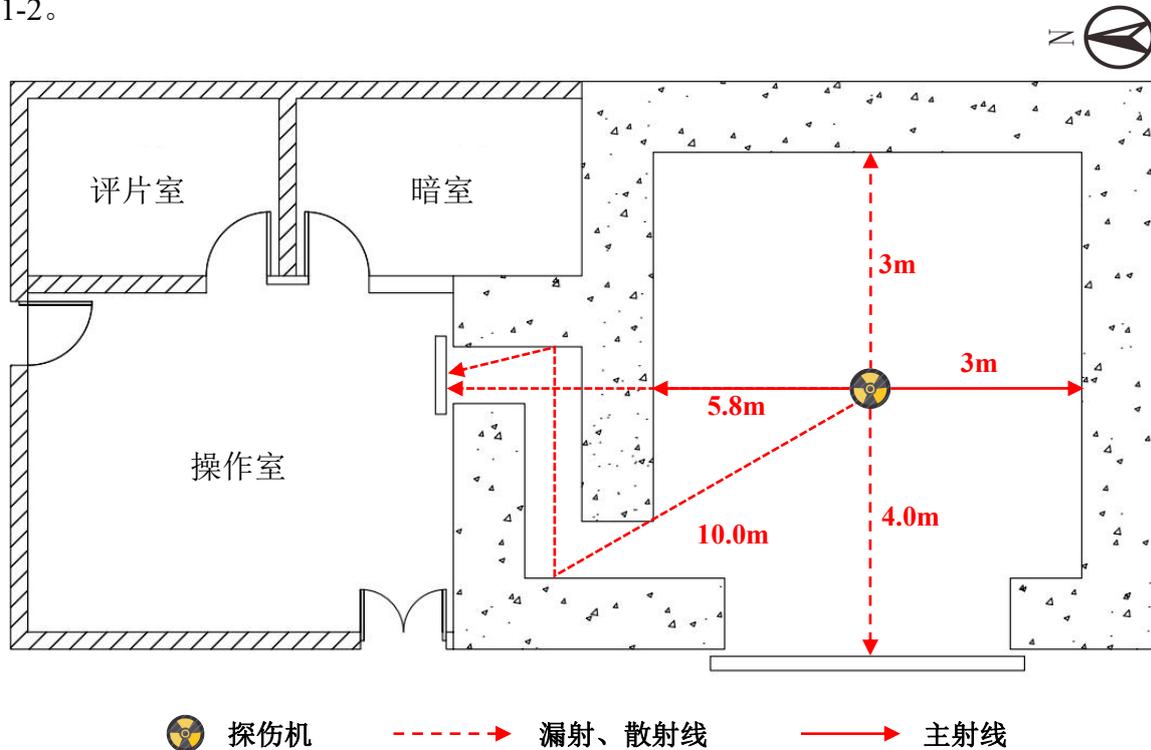


图 11-2 探伤室周围尺寸示意图

屏蔽核算时各方向距离核算情况见表 11-11。

表 11-11 各方向核算距离一览表

考察点			核算距离 m	
南面	室外道路	屏蔽体外 30cm	主射	$3.0+1.0+0.24+0.3=4.54$
西面	工件防护门	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$4.0+0.055+0.3=4.355$
北面	操作室人员防护门	屏蔽体外 30cm	散射	$10.0+0.026+0.3=10.326$
			漏射	$5.8+0.026+0.3=6.126$
东面	邻厂	屏蔽体外 30cm	散射、漏射	$3.0+1.0+0.24+0.3=4.54$
顶棚	会议室	屏蔽体外 30cm	主射	$2.4+1.0+0.13+0.3=3.83$

3、剂量率参考控制水平的确定

剂量率参考控制水平核算见表 11-12。

表 11-12 剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	$\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射源
南面（室外道路）	1	1/4	30.30	2.5	有用线束
西面（周转区）	1	1/4	30.30	2.5	泄漏辐射、散射辐射
北面（操作室、暗室）	1	1	151.52	2.5	泄漏辐射、散射辐射
东面（邻厂）	1	1/2	15.15	2.5	泄漏辐射、散射辐射
顶部（会议室）	1	1/2	15.15	2.5	有用线束

根据表 11-12 可知，曝光室东、南、西、北面墙体及顶棚外 30cm 的剂量率参考控制水平均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

4、其他参数

本项目屏蔽体核算过程中的相应其他参数见表 11-13 所示。

表 11-13 屏蔽体核算相关参数

参数	XXGH-3505 型周向 X 射线机数值		
电压 (kV)	350		
电流 (mA)	5		
G ($\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$) ^①	15 (350kV, 3mm 铜滤过条件下)		
90°散射辐射最高能量相应的电压 (kV)	250		
$R_o^2/F\cdot\alpha$	50		
泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5×10^3		
什值层 (TVL) 和半值层 (HVL) ^②	铅		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	350	6.95	2.1
	250 (散射)	2.9	0.86
	混凝土		
	电压等级 kV	TVL (mm)	HVL (mm)
	350	100	30
	250 (散射)	90	28

注：①根据 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P56 图 3，当电压为 350kV 时，离靶 1 米处的发射率为 $15\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ ；

②根据 ICRP33 号文（国际放射防护委员会第 33 号出版物）P78 表 3，当电压 350kV 时，什值层、半值层采用内插法所得。

5、复合分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL

时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

6、探伤室防护核算结果

根据公式 1~10，计算使用 XXGH-3505 型周向 X 射线探伤机时曝光室各屏蔽体的屏蔽效果。

(1) 主照面屏蔽厚度核算

曝光室主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-14。

表 11-14 曝光室主照面屏蔽效能复核结果

考察点	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源点(靶点)至关注点的距离 (m)	屏蔽透射因子	计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	复核结果
南侧墙体	2.5	4.54	1.145E-05	494 混凝土	1000 混凝土	符合
顶棚	2.5	3.83	8.149E-06	509 混凝土	1000 混凝土	符合

(2) 非主照面屏蔽厚度核算

曝光室非主照面屏蔽体的屏蔽效能核算见表 11-15。

表 11-15 曝光室（漏射、散射）屏蔽效能复核结果

关注点		剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射源点至关注点的距离 (m)	屏蔽透射因子	计算厚度 (mm)		实际设计 (mm)	复核结果
西侧工件 铅门	漏射	2.5	4.355	0.00948	14.06	16.16mmPb	55mmPb	符合
	散射			0.00053	9.51			符合
北侧人员 防护门	漏射	2.5	6.126	0.01876	12.00	14.1mmPb	26mmPb	符合
	散射		10.326	0.00296	7.33			
东侧邻厂	漏射	2.5	4.19	0.01031	198.69	291.80mm 混凝土	1000mm 混凝土	符合
	散射			0.00057	291.80			符合

根据表 11-14~表 11-15 计算结果可知，探伤机工作时，曝光室的四周屏蔽体、顶棚、防护门的设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求。

(3) 辐射剂量分析

按照设计的屏蔽厚度计算各关注点辐射剂量，使用周向探伤机工作时各关注点辐射年照射剂量率计算结果见表 11-16。

表 11-16 XXGH-3505 型周向 X 射线探伤机工作时关注点辐射剂量率估算表

方位	外环境	敏感人群类别	需屏蔽的辐射源	预测点瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		年最大曝光时间	居留因子	剂量估算 (mSv/a)
南面	室外道路	公众成员	主射	2.183E-05		33.33h	1/4	1.819E-07
西面	周转区	公众成员	漏射	3.216E-06	3.216E-06		1/4	2.680E-08
			散射	5.137E-16				
北面	操作室	辐射工作	漏射	2.050E-12	9.138E-07	1	3.046E-08	

		人员	散射	9.138E-07			
东面	邻厂	公众成员	漏射	2.426E-08	5.807E-08	1/2	9.677E-10
			散射	3.381E-08			
顶棚	会议室	公众成员	主射	3.068E-05		1/2	5.113E-07

备注：33.33h 为所有周向机的室内探伤时间。本次计算较保守，按最大管电压的 XXGH-3505 型周向 X 射线探伤机计算。

①辐射工作人员

建设项目配备 4 名辐射工作人员，分为两组。本项目 X 射线探伤装置配置到位后，按曝光室四周屏蔽体外最大瞬时剂量进行估算，辐射工作人员所受的最大年有效剂量最大为 1.523E-08mSv/a，远低于本评价管理目标值 5mSv/a，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GB Z117-2015）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

②公众人员

根据表 11-16 可知，项目使用周向 X 射线探伤机开展无损检测工作时，在曝光室周围活动的公众成员所受的最大有效剂量为 5.113E-07mSv/a，远低于本评价剂量管理目标值 0.1mSv/a，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GB Z117-2015）剂量限值的要求，探伤室屏蔽措施满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GB Z/T250-2014）要求。

（4）室内探伤年有效剂量汇总

本项目配备 2 名辐射工作人员负责室内探伤工作，工作时间不均分，因此按保守情况估计，每年的探伤工作均由同一个人完成。辐射工作人员年有效剂量核算见表 11-17。

表 11-17 辐射工作人员年有效剂量估算一览表 mSv/a

人员	使用定向 X 射线探伤机工作时辐射剂量	使用周向 X 射线探伤机工作时辐射剂量	合计
辐射工作人员	2.488E-07	1.523E-08	2.6403E-07
公众人员	2.188E-05	5.113E-07	2.239E-05

由上表可知，本项目室内探伤辐射工作人员所受的年有效剂量为 2.6403E-07mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a；在探伤室周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量为 2.239E-05mSv/a，均低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，符合《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.2 现场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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）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 33 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。

1、计算公式

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：

$$\dot{K}_a = I\delta_x(r_0/r)^2 \quad (\text{式 12})$$

式中， $r_0=1\text{m}$ ； 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

$\dot{H} = \dot{K}_a \times B = \dot{K}_a \times 10^{-\frac{X}{TVL}} = I\delta_x(r_0/r)^2 \times 10^{-\frac{X}{TVL}}$ ，则导出：

$$r = \sqrt{\frac{I \times \delta_x}{\dot{H} \times 10^{\frac{X}{TVL}}}} \quad (\text{式 13})$$

式中：

δ_x ——发射率常数，

\dot{H} ——控制区 (33 μ Sv/h) 或监督区 (2.5 μ Sv/h) 的边界剂量限值；

X ——被测工件厚度，单位为毫米 (mm)；

TVL ——被测工件的十值层厚度，单位为毫米 (mm)。

(3) 漏射 X 射线剂量率的计算

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)，X 射线装置在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 11-18 中要求。

表 11-18 X 射线管头组装体漏射线空气比释动能率控制值

管电压 (kV)	漏射线空气比释动能率 (mGy/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：

$$K_1 = K_0 R_0^2 / R_1^2 \quad (\text{式 14})$$

$$R_1 = \sqrt{\frac{K_0 \cdot R_0^2}{K_1}} \quad (\text{式 15})$$

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_1 —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_1 —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 11-19 主要核算参数一览表

型号	探伤参数		发射率 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	工件十值层厚度 (mm)		备注
	电压 (kV)	电流 (mA)		铁/钢	铅	
XXGH-3505	350	5	15 (3mm 铜滤过条件)	25	6.95	周向
HUARI-EVO300D	300	3	11.3 (3mm 铜滤过条件)	23	5.7	定向
XXG-2505	250	5	13.9 (3mm 铝滤过条件)	21	2.9	定向
XXGH-2005	200	5	8.9 (3mm 铝滤过条件)	17	1.4	周向
XXQ-2005						定向

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 查的。

④不同电压下铁/钢和铅的十值层厚度由《辐射防护导论》P103 图 3.23 和 P104 图 3.24 查得。

3、计算结果

该公司探伤工件厚度 20mm~65mm，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 11-20 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
XXGH-3505	钢	350	5	42-65	53.4	193.9	/	/
				65	18.5	67.2		

HUARI-EV O300D	300	3	36-48	36	41.0	148.8	12.3	44.7
				48	22.5	81.6		
XXG-2505	250	5	29-38	29	72.5	263.4	12.3	44.7
				38	44.3	160.8		
XXGH-2005 XXQ-2005	200	5	20-31	20	73.4	266.7	8.7	31.6
				31	34.9	126.6		

注：当使用 XXGH-3505 型和 XXGH-2005 型周向 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，当使用 XXGH-3505 型探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 42~65mm，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 18.5m~53.4m 之间，监督区边界距离在 67.2m~193.9m 之间；当使用 HUARI-EVO300D 型探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 36mm~48mm，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 22.5m~41.0m 之间，监督区边界距离在 81.6m~148.8m 之间；当使用 XXG-2505 型探伤机进行探伤时，探伤工件厚度为 29~38mm，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 44.3m~72.5m 之间，监督区边界距离在 160.8m~263.4m 之间；当使用 XXGH-2005、XXQ-2005 型探伤机进行探伤时，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 34.9m~73.4m 之间，监督区边界距离在 126.6m~266.7m 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。且根据“表 11-23 事故工况时控制区、监督区边界距离”计算可知，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 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 11-21 工件铅当量计算表

工件材质	探伤设备	电压 (kV)	钢十值层厚度 (mm)	工件厚度 (mm)	透射因子	铅十值层厚度 (mm)	铅当量 (mm)	
钢	HUARI-EVO 300D	300	23	36-48	36	0.02721	5.7	8.92
					48	0.00819		11.90
	XXG-2505	250	21	29-38	29	0.04160	2.9	4.00
					38	0.01551		5.25
	XXQ-2005	200	17	20-31	20	0.06661	1.4	1.65
					31	0.01501		2.55

表 11-22 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
HUARI-EV O300D	钢	300	3	8.92+4=12.92	18.3	66.3	12.3	44.7
				11.9+4=15.90	10.0	36.4		
XXG-2505		250	5	4+4=8.00	14.8	53.8	12.3	44.7
				5.25+4=9.25	9.0	32.9		
XXQ-2005		200	5	1.65+2=3.65	14.1	51.4	8.7	31.6
				2.55+2=4.55	6.7	24.5		

注：当使用 HUARI-EVO300D 型和 XXG-2505 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 XXQ-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 11-23 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
HUARI-EV O300D	钢	300	3	4	110.7	402.1	12.3	44.7
XXG-2505		250	5	4	72.6	263.9	12.3	44.7
XXQ-2005		200	5	2	54.9	199.5	8.7	31.6

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；并借助环境辐射巡检仪进行检测或修正。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。

根据表 11-2 计算结果，本项目现场探伤时控制区、监督区范围图见图 11-3 至图 11-7。

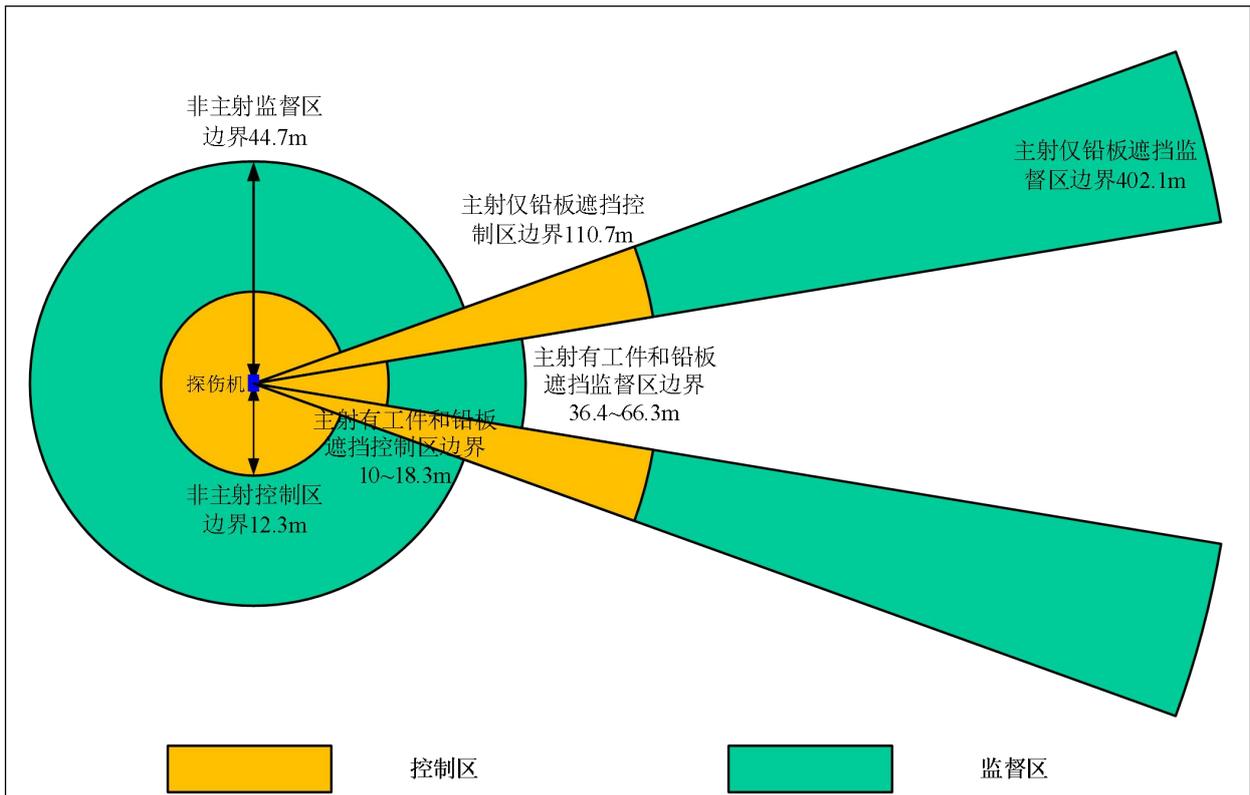


图 11-3 HUARI-EVO300D 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

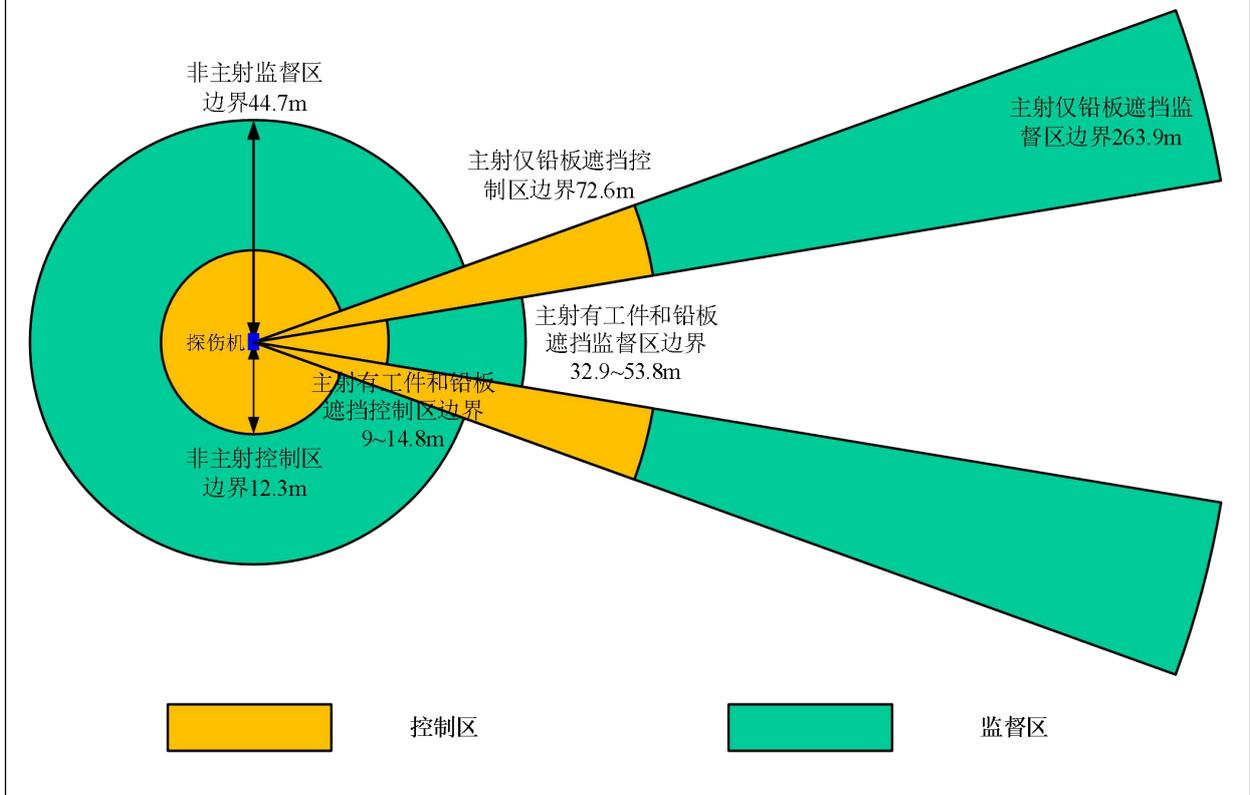


图 11-4 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

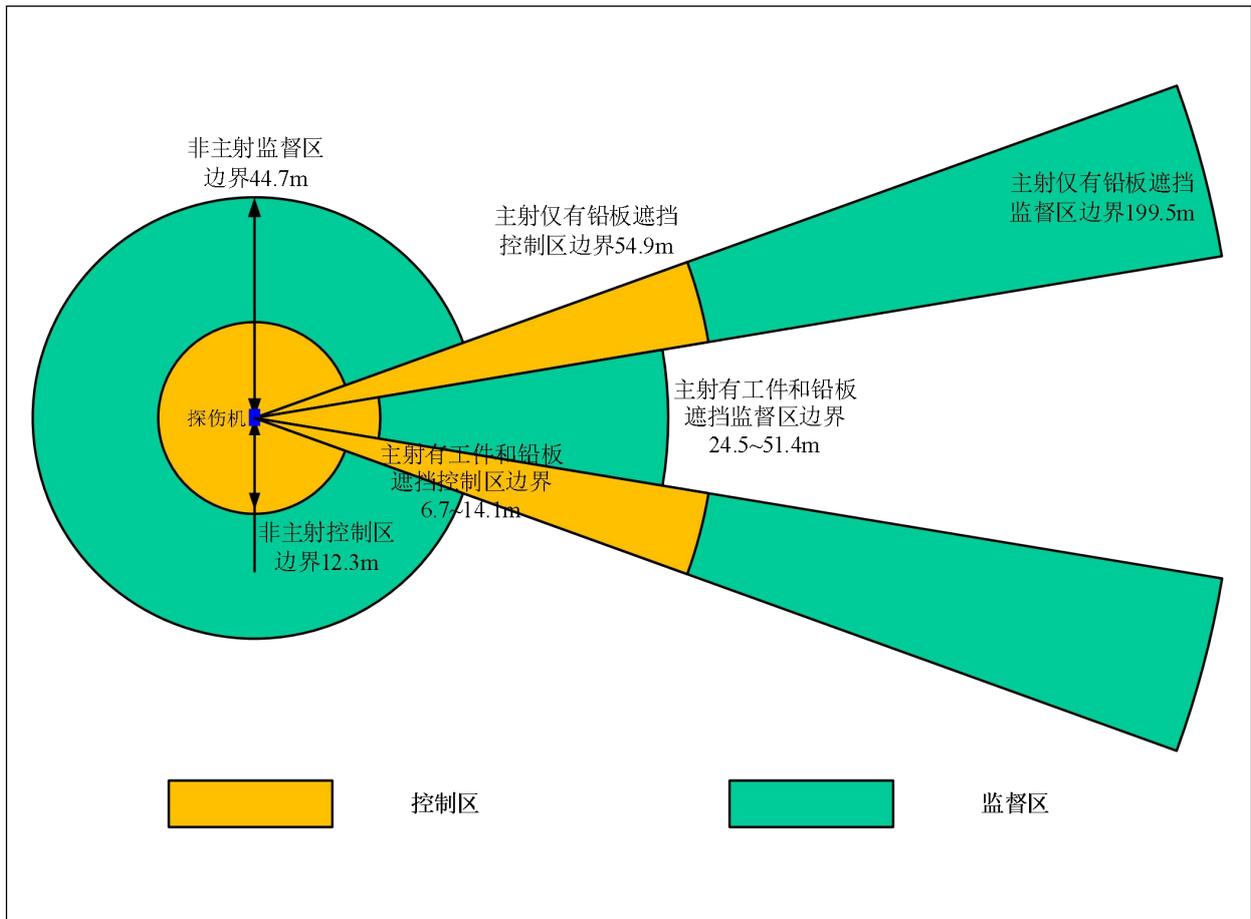


图 11-5 XXQ-2005 型定向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

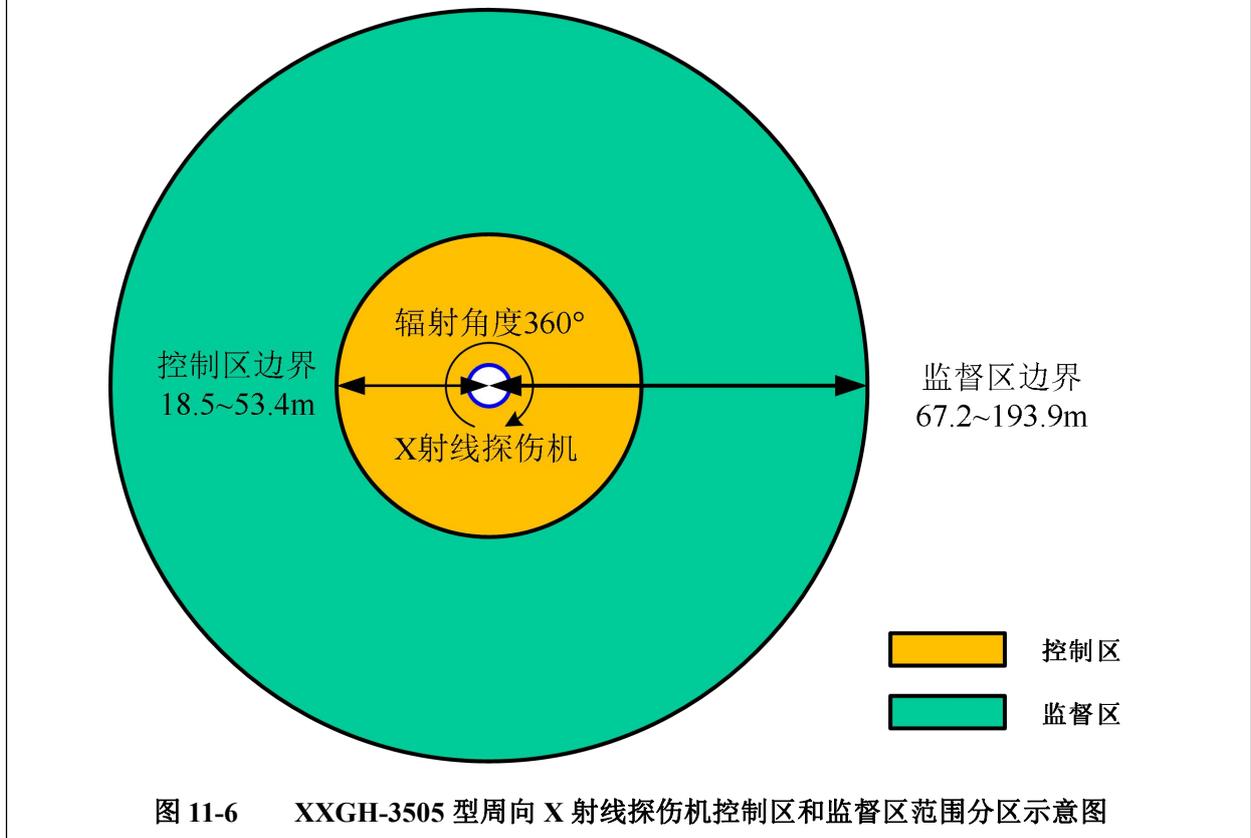


图 11-6 XXGH-3505 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

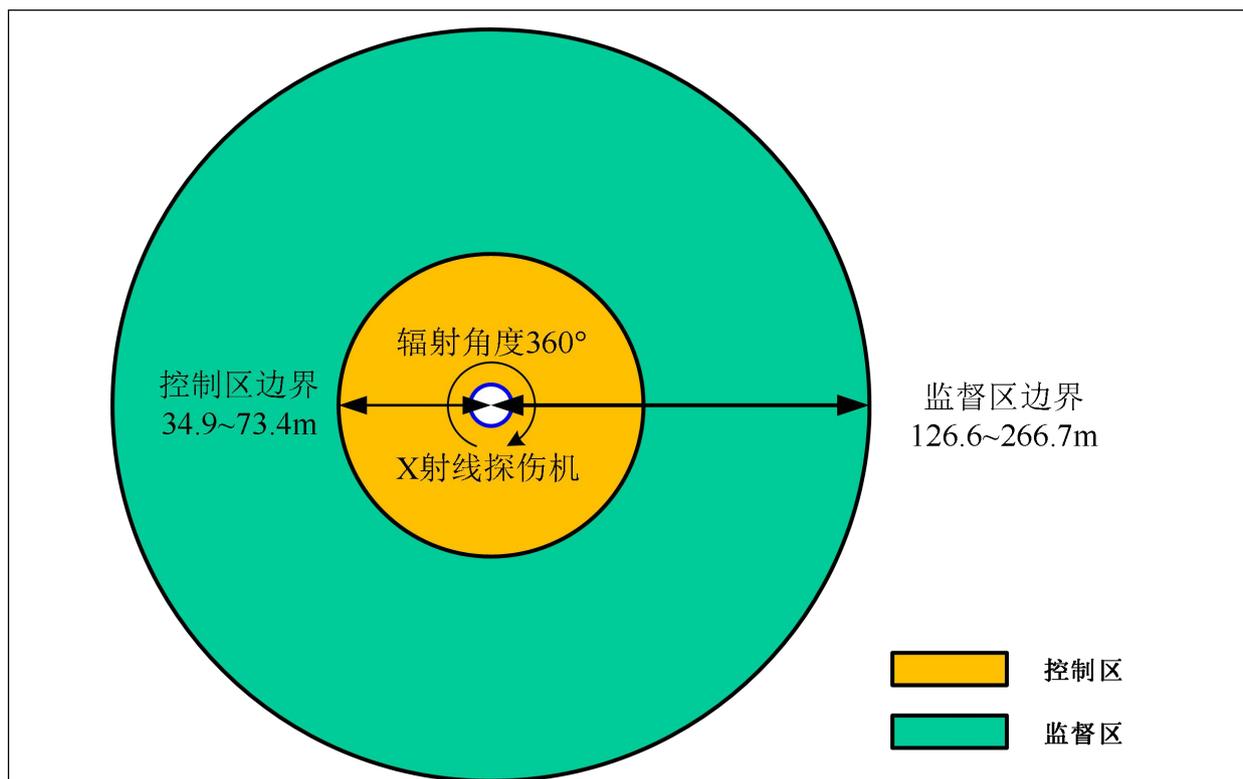


图 11-7 XXGH-2005 型周向 X 射线探伤机控制区和监督区范围分区示意图

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：

$$H_{Er} = H \times T \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-13})$$

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， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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，公司每年现场探伤总计曝光时间约 150h，本项目年工作 50 周，则每周实际开机时间约 3h。

(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，公司从事探伤检测工作的辐射工作人员共 4 人，分为 2 组。承担全年的探伤工作，年总计曝光时间为 150h/a。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 33 μ Sv/h 以内，可计算出辐射工作人员的年有效剂量为 2.475mSv/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 2.5 μ Sv/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为 0.023mSv/a，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。

11.2.3 年有效剂量汇总

本项目拟配备 4 名辐射工作人员，分为 2 组，承担全年的室内探伤和现场探伤工作。辐射工作人员年有效剂量核算见表 11-24。

表 11-24 辐射工作人员年有效剂量估算一览表

人员	室内探伤年附加有效剂量率 (mSv/a)	现场探伤年附加有效剂量率 (mSv/a)	合计 (mSv/a)
辐射工作人员	2.6403E-07	2.475	2.475
公众人员	2.239E-05	0.023	0.023

由上表可知，本项目每名辐射工作人员所受的年有效剂量为 2.475mSv/a，低于本评价管理目标值 5mSv/a；现场探伤时公众人员所受的最大年附加有效剂量为 0.023mSv/a，低于本评价管理目标值 0.1mSv/a，均符合《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）和《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

探伤机工作时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（主要为 NO₂）。本项目曝光室设置机械排风系统，曝光室容积 140.4m³，设计风量 600m³/h 多少，每小时换气次数为 4 次，满足 GBZ117-2015 标准要求的换气次数“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”。能保证室内空气的流通，使少量的 O₃、NO₂ 得以扩散。废气排放管道位于曝光室南侧，排风口穿墙位置设置于曝光室南侧墙地下，穿越防护墙的管道采用“U”

型穿越曝光室。管道沿着厂房墙体向上引至屋顶处，产生的废气经排气管道向南穿越厂房外墙后引至厂房外排放，废气不在厂房内聚集，曝光时产生的废气不会对周围人员造成影响。

现场探伤过程中产生少量废气通过自然扩散，对现场探伤工作人员产生影响很小。

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暂存间内的废液桶内。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暂存间收纳箱内。

本项目新建危废暂存间，位于厂房内东北部，建筑面积约 2 m²，危废暂存间应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 风险事故类型

(1) 探伤室

本项目使用的 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，X 射线探伤机产生的最大可信辐射事故主要是人员受到误照射。由于本项目电缆线埋地穿墙敷设，被盗的可能性较小，仅有探伤机和控制器丢失或被盗时，无法开机工作，设备丢失、被盗产生的影响较小。

因此，本项目在曝光室内辐射事故类别主要为检测时或射线装置出束时的意外事故，主要归纳为以下几个方面：

① 丧失屏蔽

X 射线探伤机机头是用重金属屏蔽包围住的，因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将探伤机的屏蔽块等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，导致相邻的屏蔽墙外出现高剂量率，人员受到不必要的照射。

② 人员滞留在曝光室内

探伤工件搬运人员或探伤机检修人员进入曝光室后未完全撤离，仍有人滞留在曝光室内某个不易觉察的地方，操作人员在开启设备前未对曝光室内部情况进行查看，从而对曝光室内停留人员造成大剂量照射。

③联锁装置失效

由于门-机联锁装置失效，防护门未完全关闭或探伤机工作时门被开启，探伤机仍能开机出束，造成大量射线外泄，对防护门外活动的工作人员及公众成员产生较大剂量照射。

(2) 现场探伤

本项目现场探伤使用的探伤机最大管电压为 350kV，如果 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：

①设备使用时误将主向一侧按照散漏射划定控制区、监督区，造成工作人员或者公众误照射。

②X 射线探伤机在最大工况运行时，无工件遮挡且无防护情况，此时探伤操作人员和公众误入或滞留于控制区，造成有关人员误照射。

③在进行现场探伤时，因人员未全部撤离，工作人员及公众人员造成误照射。

④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，同时加大了探伤机遗忘或被盗的可能性。

11.3.2 后果分析

(1) 探伤室

①联锁失效

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入曝光室，故仅考虑单次照射对曝光室外停留人员的误照射造成的伤害。项目定向探伤机主照射方向为南墙，四周墙体和防护门不在主射方向，防护门在未关闭时开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为 11415 μ Sv/h，防护门上设置有监控和工作状态指示灯，操作室内均设置急停按钮，操作室内工作人员发现机房未关闭而处于照射状态，又有人员位于防护门外，可通过急停按钮紧急停机。综合考虑，从设备出束到发现事故并及时关机的时间为 0.5min，单次照射下人员受照剂量最大为 0.095mSv。

项目使用周向 X 射线机时，防护门不作为主照方向，防护门在未关闭时开展探伤工作，门外周围剂量当量率约为 5044 μ Sv/h，从设备出束到发现事故并及时关机的时间为 0.5min，则单次照射下人员受照剂量最大为 0.042mSv。

②人员滞留探伤室内

每次开展探伤工作前，辐射工作人员均会进入曝光室，故考虑单次照射对滞留在曝光室内人员误照射造成的伤害。当探伤机工作时，因项目无损检测工件大小不一，本次按考虑人员在距离辐射源点 0.5m 处受到误照射。定向探伤机主照射方向为南墙，考虑漏射和散射，则在无屏蔽体屏蔽情况下，人员所在位置的周围剂量当量率为 860000 μ Sv/h，探伤室内设置有监控和工作状态指示灯，探伤室及控制室内均设置急停按钮，误入探伤室的人员及控制室内工作人员发现误照射后，可通过急停按钮紧急停机，综合考虑，从设备出束到发现事故的时间为 0.5min，单次照射下人员受照剂量最大为 7.167mSv。

项目周向 X 射线机可在 X 射线管轴线成垂直方向的 360°圆周上同时辐射 X 射线，最不利情况下考虑主射，则在无屏蔽体屏蔽情况下，人员在距离辐射源点 0.5m 处的周围剂量当量率为 18000000 μ Sv/h，从设备出束到发现事故的时间为 0.5min，则单次照射下人员受照剂量最大为 150mSv。

(2) 现场探伤

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 11-25 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 μ Sv/h
XXGH-3505	15mGy·m ² / (mA·min) (350kV)	5	5	180000
		10		45000
		15		20000
		20		11250
		30		5000
		40		2813
		50		1800
HUARI-EVO300D	11.3mGy·m ² / (mA·min) (300kV)	5	3	81360
		10		20340
		15		9040
		20		5085
		30		2260
		40		1271

		50		813
XXG-2505	13.9mGy·m ² / (mA·min) (250kV)	5	5	166800
		10		41700
		15		18533
		20		10425
		30		4633
		40		2606
		50		1668
XXGH-2005 XXQ-2005	8.9mGy·m ² / (mA·min) (200kV)	5	5	106800
		10		26700
		15		11867
		20		6675
		30		2967
		40		1669
		50		1068

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 11-26 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
XXGH-3505	350	5	369.3	1341.6	/	/
HUARI-EVO300D	300	3	248.3	902.0	12.3	44.7
XXG-2505	250	5	355.5	1291.5	12.3	44.7
XXGH-2005 XXQ-2005	200	5	284.4	1033.4	8.7	31.6

注：当使用 XXGH-3505 型和 XXGH-2005 型周向 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 and 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。根据表 11-4，在 350kV 电压下，受到的瞬时剂量率为 5000 μ Sv/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 0.083mSv。

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

1440mSv。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 事故状态可能引起的电离辐射生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

这类效应分为确定性效应和随机性效应，在剂量超过一定的阈值时才能发生的是确定性效应，而随机性效应则不存在阈值。

确定性效应随着剂量增高，严重程度增大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11-27 所示。

表 11-27 不同照射剂量对人体损伤的估计

类型	受照剂量参考值 (Gy)	初期症状和损伤程度
骨髓型急性放射病	1.0~2.0	轻度：乏力、不适、食欲减退
	2.0~4.0	中度：头昏、乏力、食欲减退、恶心，1h~2h 后呕吐、白细胞短暂上升后下降
	4.0~6.0	重度：1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降
	6.0~10.0	极重度：1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数明显下降
肠型放射病	10~50	严重呕吐、恶心、腹泻、脱水等
脑型放射病	>50	病程为 2d 左右，站立不稳、步伐态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等现象

备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017）。

根据表 11-18 不同照射剂量对人体损伤的估计，结合上述后果分析可知，除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受到的照射外，其余情况下单次误照射下受照剂量均小于 2Gy，不会达到发生确定性效应阈值，但可能增加发生随机性效应的概率。但当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且长时间处于受照射状态，会受到 1.44Gy 剂量照射，达到发生确定性效应阈值，但以轻度：乏力、不适、食欲减退等症状为主，不构成急性重度放射病及局部器官残疾。

11.3.4 事故分级

由前述事故工况下的辐射影响估算可知，在上述事故情境下部分事故受照剂量已超过辐射工作人员及公众成员的年剂量限值，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且长时间处于受照射状态，会达到发生确定性效应阈值，但以

轻度：乏力、不适、食欲减退等症状为主，不构成急性重度放射病及局部器官残疾。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》规定，本项目发生事故，事故等级为一般辐射事故。

11.3.5 辐射事故防范措施

(1) 室内探伤

①检修、调试应由专业技术人员进行，绝不允许随便拆走探伤机的屏蔽材料，不允许加大照射面积。配置便携式 X-γ辐射剂量率仪和个人剂量报警仪、联锁装置等，可提供纵深防御。不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线曝光室的铅防护门，如开孔洞、挖沟等。

②撤离曝光室时应清点人数，辐射工作人员对探伤室内进行扫视，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留曝光室内，操作室人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查曝光室的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

④配置便携式 X-γ辐射剂量率仪，定期巡查（每周）探伤室屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡查铅板接缝处，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

⑤定期认真地对本单位 X 射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故发生。

⑥凡涉及对 X 射线机进行操作，必须有明确的操作规程；辐射工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，并应将操作规程张贴在操作人员可见到的显眼位置。

(2) 现场探伤

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。

11.3.6 辐射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

(1) 立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

(2) 及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

(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

12.1 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。

陕西信恒检测科技有限公司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员。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：①全面负责辐射安全防护管理工作。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。④制定辐射事故应急预案。

核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

陕西信恒检测科技有限公司应结合原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，具体管理要求及落实情况见下表。

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及落实情况

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环境安全管理机构和负责人。
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。
		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。
	辐射防护负责人	提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告。
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。

直接从事放射工作的作业人员	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。
	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。

注：表中标注“*”内容为关键项，为强制性规范要求。

表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设—辐射安全防护措施部分

项目		具体要求	
工业 X 射线探伤	控制台安全性能	X 射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。	
		控制台设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。	
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。	
		控制台或 X 射线管头组装体上设置探伤室门连锁接口。	
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束。	
		控制台设有紧急停机开关。	
	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连锁。
			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。		
	固定式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区。
			控制区：探伤室墙围成的内部区域。
			监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域。
		布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。
		通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。
		标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。
			探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤装置连锁。
			探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。
	辐射安全与连锁	探伤室设置门-机连锁装置。	
		探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。	
	监测设备及个人防护用品		X、 γ 剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等

环评要求：陕西信恒检测科技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。落实探伤作业场所的分区、标志及指示灯、通风、安全联锁、监测设备及个人防护用品等措施要求。

12.2 辐射安全管理

12.2.1 辐射安全管理规章制度

陕西信恒检测科技有限公司使用 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》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护总局令第 31 号）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，陕西信恒检测科技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》等。各制度应健全，内容应齐全。且在项目运营前，应将《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急措施》等制作后悬挂于辐射工作场所。

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。

环评要求：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，且在项目运营前，应将《操作规程》、《岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射事故应急措施》等制作后悬挂于辐射工作场所。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。

12.2.2 档案管理

建设单位应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。公司辐射类档案主要分为：“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”和“辐射应急资料”等。

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

12.2.3 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，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。

12.2.4 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》环境保护部令第 18 号第十

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。

陕西信恒检测科技有限公司应建立“年度评估”制度，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，符合要求。建设单位应在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

12.3 辐射工作人员

陕西信恒检测科技有限公司拟配备辐射工作人员 4 名，目前具体人员未定，但均包含在公司总劳动定员内。

①配置数量合理可行性

本项目共 4 名辐射工作人员，每两人分为 1 组，共 2 组，室内探伤和现场探伤各派一组人员进行作业，为了避免辐射工作人员受照剂量不均衡，工作人员定期按组在室内探伤和现场探伤之间进行轮换。

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 2 名辐射工作人员同时在场。本项目共配置 11 台探伤机（其中 XXG-2505 型定向 X 射线探伤机使用频率较高，因此配备 6 台，其中使用 2 台，备用 4 台。），根据业务情况同时用于室内探伤和现场探伤。室内探伤时各探伤机不同时使用。现场探伤时最多同时在 1 个场所进行工作，因此项目拟配置 4 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，本项目人员拟从公司员工中培养 4 名辐射人员，应在项目运营前，经过培训考核合格后，做到持证上岗。在取得辐射安全培训合格证书后，辐射工作人员定期复训，并建立培训档案。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位应对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。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。个人剂量档案应当终生保存。

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，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

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。

12.4 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。	拟设立专门的辐射安全与环境保护管理领导小组，拟配置 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。
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。	建设单位拟从公司现有工作人员培养 4 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。	设备在探伤室内工作，探伤室有足够屏蔽厚度进行屏蔽；设备安装到位后，拟设置门机联锁、灯机联锁、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮。探伤室内拟安装一套实时视频监控系統，并连接到控制室。现场探伤划定控

	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 4 枚）、探伤室配备个人剂量报警仪 1 台、现场探伤人员每人配备 1 台个人剂量报警仪、配备便携式 X-γ 辐射剂量率仪 1 台。
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，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，并将相应制度悬挂于辐射工作场所。

从表 12-3 可知，建设单位尚未开展过核技术利用项目。待建设单位全部落实上述各项要求后进行环保竣工自主验收，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。

12.5 辐射监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 709 号）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探伤室周围环境进行监测，按规定要求开展各项目监测，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。

12.5.1 常规监测及检查

建设单位在项目建成后应对探伤室外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放射性射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测，编制验收监测报告。

1、常规监测：委托有资质的监测单位对公司放射性射线装置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 X-γ 辐射空气吸收剂量率监测仪，定期对射线装置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。

12.5.2 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。

12.5.3 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：探伤室周围屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置。

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探伤室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。此外建设单位应对探伤室外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
探伤室	X-γ辐射空气吸收剂量率	操作人员操作位置；探伤室屏蔽墙体表面 30cm 处、防护门表面 30cm 处；屏蔽体穿墙管线、防护门门缝等搭接薄弱位置；探伤室周边人群停留位置；探伤室周围环境。	①竣工验收监测：正式投入使用前委托有资质单位监测 1 次。 ②常规监测：每年委托有资质单位监测 1 次。 ③自主监测：建设单位每季度至少自行监测 1 次。 ④其他监测：涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测。	确保工作场所周边剂量率符合要求
无损检测现场	X-γ辐射空气吸收剂量率	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 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。	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	确定探伤机已

			位置进行检测	停止工作
工作人员 个人剂量	个人剂量 当量	/	每3个月送有资质检测机构检测1次；如发现异常可加密监测频率。	掌握放射工作人员有效剂量

12.6 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》（国务院令第709号）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，制定本单位的应急方案，做好应急准备”。

陕西信恒检测科技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。

12.6 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》（国务院令第709号）	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	（陕环办发〔2018	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）

	安全管理标准化建设项目表>的通知》) 29 号)	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。

12.6.1 事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 709 号）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。

12.6.2 事故应急方案与措施

（1）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、市生态环境局报告，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。

(2) 辐射事故应急处置措施

事故发生后，应进行以下几项工作：

①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。

②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。

③事故发生后，现场处置任务的工作人员应佩戴防护用具。

④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。

⑤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。

(3) 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。

12.7 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

12.7.1 项目环保投资

本项目环境保护投资约 10 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 4 枚、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 3 台。	1.5

室内探伤辐射防护安全措施	门机联锁系统、灯机联锁系统 2 套	2.5
	紧急停机按钮 6 套, 预备、照射指示灯及信号说明装置 1 套	
	红色信号灯 (工作状态警示灯) 2 套	
管理制度、应急措施	制作图框、制度上墙、警示标牌	0.5
警示标志	电离辐射警告标志, 张贴正确, 有中文说明	
现场探伤辐射防护安全措施	配备警戒线、警示标识、声光报警仪、2mm 铅板 2 块。	1.0
人员	人员培训、体检、个人剂量监测及其他劳保用品等。	2.5
危废处置	危废暂存区域防渗、托盘收集容器、标识等	2.0
合计		10

12.7.2 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 9 台, 额定电压 $\leq 450\text{kV}$, 电流 $\leq 10\text{mA}$ 。 周向探伤机 2 台, 额定电压 $\leq 350\text{kV}$, 电流 $\leq 5\text{mA}$ 。	探伤机最大管电压及其对应的最大管电流不能增大。
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	探伤室	屏蔽墙体表面、操作位置	防护门及缝隙、穿墙管线孔、屏蔽墙体四周表面 30cm 处空气吸收剂量率以及操作位置空气吸收剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$, 满足 GBZ117-2015 标准要求。
		防护门及缝隙表面	
		探伤室的穿墙电缆线、管线孔等均采用“U”型走向。	
		门-机联锁、门-灯联锁、报警装置、工作状态指示灯。	正常有效, 运行良好。
		探伤室和控制室分别设置急停开关。	
		预备和照射信号装置。	
	警示标志及操作规程。	工作场所醒目处张贴	

		探伤室内安装通风设施。	确保探伤室内通风换气次数不小于 3 次 h。
4	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
5	人员要求	4 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。
6	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
7	防护监测设备	每名辐射工作人员配备 1 枚个人剂量计（共 4 枚）、X、 γ 辐射剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 3 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。
8	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。
9	建立健全规章制度	制定：①射线装置管理制度；②射线装置岗位职责、操作规程；③辐射工作人员培训管理制度及培训计划；④立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立辐射安全防护设施的维护与维修制度；⑦辐射环境监测制度；⑧辐射环境监测设备使用与检定管理制度；⑨辐射事故应急预案等规章制度。	保障项目污染防治设施及射线装置正常运行。
10	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。
		探伤室屏蔽体外剂量限值	探伤室四周屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。
		现场探伤	将作业场所中周围剂量当量率大于 33 μ 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 μ Sv/h 的范围划为监督区。
			GB18871-2002、 GBZ117-2015、 GBZ/T250-2014
			GBZ117-2015
11	废胶片、废显（定）影液、洗片废水	设置危险废物暂存间、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。	设置危险废物暂存间、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

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为了满足无损检测业务需要，陕西信恒检测科技有限公司拟在公司厂房屋东南角建设 1 座探伤工房和其配套使用的操作室、暗室，并配备 9 台定向 X 射线机探伤机和 2 台周向 X 射线机探伤机。对企业生产的壳体组合进行 X 射线无损检测。本项目拟配置 1 台 XRS-450 型 X 射线定向探伤机（为固定式，不可拆卸）和 10 台便携式 X 射线探伤机，共 11 台探伤机开展 X 射线室内无损检测。并利用以上 10 台便携式 X 射探伤机开展现场探伤，现场探伤工作在西安市范围内开展。11 台 X 射线探伤机均在同一个探伤室内使用，但不同时使用。现场探伤作业最多 1 组同时开展工作。本项目 X 射线探伤机的管电压为 200~450kV，最大管电流为 3~10mA。

本项目总投资 140 万元，其中环保投资 10 万元。

13.1.2 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。

13.1.3 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。

13.1.4 选址合理性

陕西信恒检测科技有限公司探伤室位于陕西省西咸新区空港新城昭容南街 8 号中南高科西安临空产业港 9 号楼-1-101 厂房内 1 层东南角，其曝光室东侧紧邻厂房东墙，墙外为陕西泰诺特检测技术有限公司，南侧紧邻厂房南墙，墙外为园区道路，东侧为待检工件周转区，北侧自西至东分别为操作室和暗室，上方为企业会议室。根据探伤机房的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，探伤室屏蔽体、顶棚及铅防护门设计厚度屏蔽防护能力满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）等要求；根据设计提供的墙体、防护门、顶棚防护厚度预测，放射性工作人员年累计受照射剂量最大为 2.475mSv，远低于放射性工

作人员剂量控制目标值 5mSv/a；公众人员因该项目可能导致年累积受照射剂量为 0.023mSv，低于公众人员剂量控制目标值 0.1mSv/a，因此，探伤室所在位置对工作人员及公众的影响较小。

项目现场探伤时，无确定的作业场所，只需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 33 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。

综上所述，本项目选址基本可行。

13.1.5 辐射环境质量现状

项目拟建地室内及周围室外 γ 辐射剂量率为 0.058~0.097 μ Sv/h（58~97nGy/h，已扣除宇宙射线），处于辐射环境本底涨落范围内，与《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（陕西省环境保护科学研究所，1988 年 11 月）处于同一水平，属天然辐射本底波动水平，项目所在区域辐射环境现状质量良好。

根据陕西省生态环境厅发布的《2021 年三季度陕西省辐射环境质量》，2021 年三季度，陕西省 5 个辐射环境自动监测站的空气吸收剂量率排除降雨（雪）等自然因素的影响，处于本底涨落范围内，监测结果为 66.7-131.2nGy/h。

13.1.6 辐射防护与安全措施

（1）室内探伤

建设单位拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区；控制区范围为曝光室内部，以防护门和机房屏蔽墙为界，监督区为操作室、暗室以及探伤室西侧相邻区域。

根据探伤机房的辐射安全防护屏蔽理论计算结果分析，探伤机工作时，探伤室四周屏蔽体、防护门的厚度可满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。防护门与探伤室屏蔽体的搭接长度大于间隙宽度的 10 倍。穿越防护墙的管道（电缆线管、排风管）均采取防护措施，不削弱探伤室的屏蔽能力。探伤室内外安装紧急停机按钮，设置门机联锁、灯机联锁装置、声光警示装置，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。探伤室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

（2）现场探伤

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 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关要求。

13.1.7 环境影响分析结论

根据效能核算，在采取设计的屏蔽体厚度下，探伤机工作时，探伤室四周屏蔽体、防护门的厚度可满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h。

本环评结合公司实际现场探伤情况对控制区与监督区范围进行了理论计算，根据不同探伤工件和不同电压、电流下，在主射方向上本项目 X 射线探伤机在工作时控制区边界的距离为 6.7m~73.4m，监督区边界距离为 24.5m~266.7m；非主射方向控制区边界距离取 8.7m~12.3m，监督区边界距离为 31.6m~44.7m。

根据核算，探伤室辐射工作人员、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。少量的臭氧和氮氧化物在机械排风下能迅速排出和扩散，不会对周围环境产生不利影响；现场探伤时空间开阔，废气很快能够扩散，对探伤工作人员影响较小。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。

13.1.8 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，项目建成后应及时办理《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。

13.1.9 总结论

综上所述，陕西信恒检测科技有限公司工业 X 射线探伤室和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。

13.2 建议

(1) 按照国家相关要求进行标准化建设，该 X 射线探伤装置安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对探伤室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) 辐射工作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，考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，严禁无证上岗。

(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。

(5) 专用探伤室外安装警示灯、张贴醒目的电离辐射警示标志及中文警示说明，经常巡视确保探伤过程中警示灯能正常工作。

(6) 每年对射线装置以及探伤室的安全性和防护状况编制相应的评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境主管部门报送辐射环境年度评估报告。

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