

核技术利用建设项目

陕西毅腾技术检测有限公司

现场探伤核技术应用项目

环境影响报告表

陕西毅腾技术检测有限公司

2020年8月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

陕西毅腾技术检测有限公司

现场探伤核技术应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：陕西毅腾技术检测有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省渭南市高新技术产业开发区黄河路10号西高花园小区

2号楼1801室

邮政编码：714000

联系人：张秀丽

电子邮箱：744271916@qq.com

联系电话：17868711589

表 1 项目基本情况

建设项目名称	陕西毅腾技术检测有限公司现场探伤核技术应用项目				
建设单位	陕西毅腾技术检测有限公司				
法人代表	王坚毅	联系人	张秀丽	电话	17868711589
注册地址	陕西省渭南市高新技术产业开发区黄河路 10 号西高花园小区 2 号楼 1801 室				
项目建设地点	陕西省渭南市				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	200	环保投资 (万元)	5.0	投资比例	2.5%
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)	/
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input checked="" 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>一、项目概述</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>陕西毅腾技术检测有限公司成立于 2018 年 5 月 10 日，位于陕西省渭南市，现有员工 40 余人，是一家致力于无损检测技术与咨询，承接无损检测工程的专业机构。公司的检测服务范围广泛，承接的检测领域有：特种设备、承压管道、钢结构，公司还与知名企业合作，对材质的化学分析、物理试验、金相等提供服务。</p> <p>陕西毅腾技术检测有限公司主要从事：锅炉、压力容器、压力管道设备的无损检测；无损检测工程技术开发及技术服务；建筑安装工程理化试验与测试；钢结构无损检测及技术服务；无损检测设备及配件的销售；石油化工工程的施工及安装（危险品、易燃易爆品除外）；建筑劳务服务等。</p>				

公司位于陕西省渭南市高新技术产业开发区黄河路 10 号西高花园小区 2 号楼 1801 室，地理位置见图 1-1。



图 1-1 陕西毅腾技术检测有限公司地理位置图

2、项目由来

陕西毅腾技术检测有限公司为拓展业务，谋求多种行业、多区域共同发展，拟新增 5 台 γ 射线探伤机和 2 台 X 射线探伤机在渭南地区开展现场探伤核技术应用项目，为其他有需求的企业提供移动式无损检测服务。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订）和《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号），陕西毅腾技术检测有限公司现场探伤核技术应用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》（环境保护

部令第 44 号) 及其修改单中“五十、核与辐射”、“191、核技术利用建设项目”中“制备 PET 用放射性药物的; 医疗使用 I 类放射源的; 使用 II 类、III 类放射源的; 生产、使用 II 类射线装置的; 乙、丙级非密封放射性物质工作场所(医疗机构使用植入治疗用放射性粒子源的除外); 在野外进行放射性同位素示踪试验的”, 应编制环境影响报告表。根据《射线装置分类办法》(国家环境保护总局 2006 第 26 号), 本项目使用的 X 射线探伤机属于“工业用 X 射线探伤装置”, 为 II 类射线装置; 根据《放射源分类办法》(国家环境保护总局 2005 第 62 号), 本项目使用的放射源为活度 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 、活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{75}Se , 均属于 II 类放射源, 因此, 本项目应编制环境影响报告表。

陕西毅腾技术检测有限公司于 2020 年 6 月 4 日委托我公司对其现场探伤核技术应用项目进行环境影响评价(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公司进行了实地踏勘、资料收集等工作, 按照《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016) 的基本要求, 编制了《陕西毅腾技术检测有限公司现场探伤核技术应用项目环境影响报告表》。

陕西毅腾技术检测有限公司仅开展射线装置和放射源的现场探伤业务, 放射源的暂存、运输等委托陕西晟境环境科技有限公司承担(运输服务合同见附件 2, 放射源委托保管协议见附件 3)。

二、建设项目概况

1、项目名称及位置

(1) 项目名称: 陕西毅腾技术检测有限公司现场探伤核技术应用项目

(2) 公司位置: 陕西省渭南市高新技术产业开发区黄河路 10 号西高花园小区 2 号楼 1801 室, 公司地理位置见图 1-1。

(3) 放射源暂存库位置: 本项目 5 台 γ 射线探伤机及 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 放射源在不使用情况下均暂存于陕西晟境环境科技有限公司位于延安市宝塔区柳林镇的密封放射源库中。陕西毅腾技术检测有限公司已与陕西晟境环境科技有限公司签订放射源委托保管协议(见附件)。

(4) 项目场所位置: 渭南市需要进行无损检测的场地。

2、项目规模

陕西毅腾技术检测有限公司拟新增 5 台 γ 射线探伤机和 2 台 X 射线探伤机, 用于

渭南市的现场探伤作业。设备信息、型号、参数等技术参数见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 本项目使用 γ 射线探伤机技术参数表

名称	数量	活度 (Bq) × 枚数	性质	工作场所
^{192}Ir	1 台	$3.7 \times 10^{12} \times 1$	新增	探伤作业施工现场
^{75}Se	4 台	$3.7 \times 10^{12} \times 4$	新增	
备注		II 类放射源		

表 1-2 本项目使用 X 射线探伤机技术参数表

设备名称	设备型号	类型	数量	电压	电流	工作场所
X 射线探伤机	XXG-3005	定向	1 台	300kV	5mA	探伤作业
X 射线探伤机	XXG-2505	定向	1 台	250kV	5mA	施工现场
备注		II 类射线装置				

3、拟使用放射源主要技术参数

本项目拟使用的放射源技术参数见表 1-3。

表 1-3 放射源主要技术参数

放射源名称	^{192}Ir	^{75}Se
物理性质	铱属于铂系金属，和铂一样呈白色，但夹杂少许黄色，固体。熔点 2466℃，沸点 4428℃，密度 22.56g/cm ³ ，熔化热 41.12kJ/mol，汽化热 563kJ/mol，比热容 25.10J/mol·K	硒可形成几种同素异形体，它们随温度变化而相互转换，并与温度变化的速率有关。固体，熔点 221℃，沸点 685℃；晶体硒密度 4.28g/cm ³ ，红硒密度 4.39g/cm ³ ，灰硒密度 4.81g/cm ³ ；熔化热（灰硒）6.69kJ/mol，汽化热 59.48kJ/mol，比热容 25.363J/mol·K
化学性质	铱是抗腐蚀性最强的金属之一：它能够在高温下抵御几乎所有酸、王水、熔融金属和硅酸盐。但是某些熔融盐，如氰化钠和氰化钾以及氧和卤素（特别是氟）在高温下还是可以侵蚀铱的	硒可以和硝酸或硫酸反应。硒可以在空气中燃烧，产生二氧化硒，伴有蓝色火焰。硒也可以和大多数金属反应
半衰期	73.827d	119.779d
主要射线类型	可能放出的射线为 β 射线和 γ 射线；主要 γ 射线的能量为 0.317MeV， β 射线的能量为 0.67MeV	可能放出的射线为 γ 射线；主要 γ 射线的能量为 0.264MeV
照射厚度 (钢 mm)	10~100	5~40

三、产业政策符合性

本项目利用 γ 射线或 X 射线对物体/工件进行无损探伤，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中的“鼓励类”、“三十一、科技服务业”中“1、工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”项目，符合国家产业政策。

四、实践正当性

本项目在进行工业 γ 射线、X射线移动探伤过程中对工作人员及周围环境造成一定的辐射影响。建设单位在开展 γ 射线、X射线移动探伤过程中对放射源的使用将严格按照国家相关的辐射防护要求采取相应的防护措施，并对放射源及射线装置的安全管理将建立相应的规章制度。因此，在正确使用和管理放射源及射线装置的情况下，可以将该项辐射产生的影响降至尽可能小。陕西毅腾技术检测有限公司新增5台 γ 射线探伤机（内含II类放射源）及2台X射线探伤机是为了为有需求的企业提供的无损检测服务，在上述制度、辐射防护措施保障下，该项目的开展所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的“实践的正当性”原则。

5、评价目的

(1) 对该公司新增 γ 射线探伤机、X射线探伤机工作时产生的辐射环境影响进行预测分析，得出采取的辐射安全防护措施是否能达到要求，环境影响是否可接受；

(2) 针对该项目运行中对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

(3) 为该公司辐射环境保护管理提供科学依据。

表 2 放射源

序号	核素名称	活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式及地点	备注
1	¹⁹² Ir	3.7×10 ¹² ×1	II类	使用	无损检测	探伤作业 施工现场	不使用时，探伤机暂存于陕西晟境环境科技有限公司位于延安市宝塔区柳林镇的密封放射源库内	拟新增
2	⁷⁵ Se	3.7×10 ¹² ×4	II类	使用				
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：密封源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式及地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析仪等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线探伤机	II 类	1 台	XXG-3005	300	5	无损检测	探伤作业 施工现场	拟新增
2	X 射线探伤机	II 类	1 台	XXG-2505	250	5			
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
退役/废旧的 ^{192}Ir 放射源	固态	^{192}Ir	/	/	/	/	暂无	厂家回收或送城市放射性废物库
退役/废旧的 ^{75}Se 放射源	固态	^{75}Se	/	/	/	/		
废显（定）影液	液态	/	/	/	500kg	/	暂存于公司洗片室的专用容器内	交由有资质的单位处置
废旧胶片	固态	/	/	/	100kg	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固态为 mg/kg，气态单位为 mg/kg；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修订），2018 年 12 月 29 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日起实施；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及修改单；</p> <p>(8) 《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，2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《放射性物品运输安全管理条例》，国务院第 562 号令；</p> <p>(10) 《放射性物品运输安全许可管理办法》，环保部 11 号令；</p> <p>(11) 《交通运输部关于修改<放射性物品道路运输管理规定>的决定》（中华人民共和国交通运输部令 2016 年第 71 号）；</p> <p>(12) 《放射物品道路运输管理规定》，交通运输部令 2010 年第 6 号；</p> <p>(13) 《关于发布放射源分类办法的公告》，国家环境保护总局公告 2005 年第 62 号，2005 年 12 月 23 日；</p> <p>(14) 《放射性物品分类和名录》（试行），国家环境保护总局公告 2010 年第 31 号，2010 年 3 月 4 日；</p> <p>(15) 《射线装置分类》，环境保护部 国家卫生和计划生育委员会，公告 2017 第 66 号，2017 年 12 月 6 日；</p> <p>(16) 《关于进一步加强流动放射性同位素和射线装置应用监督管理工作的通知》，陕环函〔2012〕681 号；</p> <p>(17) 《陕西省放射性污染防治条例》（2014 年 10 月 1 日起实施）；</p> <p>(18) 《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》，陕环办发〔2018〕29 号。</p>
------	---

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）；</p> <p>(3) 《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）；</p> <p>(4) 《γ 射线探伤机》（GB/T14058-2008）；</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(6) 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；</p> <p>(7) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>(8) 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；</p> <p>(9) 关于发布《放射性废物分类》的公告（公告 2017 第 65 号）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书（附件 1）；</p> <p>(2) 运输服务合同（附件 2）</p> <p>(3) 放射源委托保管协议（附件 3）</p> <p>(4) 陕西晟境环境科技有限公司辐射安全许可证（附件 4）</p> <p>(5) 陕西晟境环境科技有限公司道路运输经营许可证（附件 5）</p> <p>(6) 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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》（HJ 10.1-2016）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）。本项目为现场探伤，按无实体屏蔽边界确定，故确定评价范围为放射源探伤现场周围100m区域。

保护目标

本项目环境保护目标主要为陕西毅腾技术检测有限公司从事现场探伤的操作人员，现场探伤周围活动其他公众人员，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。

陕西毅腾技术检测有限公司拟为本项目调配 7 名辐射工作人员，其中 3 人同时参与 X 现场探伤和 γ 现场探伤，剩余 4 人仅参与 γ 现场探伤。本项目环境保护目标见表 7-1、表 7-2。

表 7-1 γ 现场探伤主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	人数	相对方位	距放射源距离 (m)	保护内容	剂量约束值
1	γ 射线探伤机操作人员	7	/	/	年有效剂量	5mSv/a
3	工程施工现场其他工作人员及公众	临时路过，没有固定人群	/	>50		0.25mSv/a

注：每次开展现场探伤时，仅使用 1 台 γ 射线探伤机，配备 2 名工作人员（1 名为操作人员，1 名为安全员）

表 7-2 X 现场探伤主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	人数	相对方位	距放射源距离 (m)	保护内容	剂量约束值
1	X 射线探伤机操作人员	3	/	/	年有效剂量	5mSv/a
2	工程施工现场其他工作人员及公众	临时路过，没有固定人群	/	>50		0.25mSv/a

注：每次开展现场探伤时，仅使用 1 台 X 射线探伤机，配备 2 名工作人员

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

1、标准相关内容

11.4.3.2 剂量约束值通常应在照射剂量限值 10%~30%的范围之内。

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。

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

2、环评要求年管理剂量约束值及控制水平

(1) 年剂量管理约束值

综合考虑陕西毅腾技术检测有限公司核技术利用项目的现状，并着眼于长期发展，为其它辐射设施和实践活动留有余地，本次评估分别对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值分别进行了设定：

① 取职业照射年有效剂量限值的 1/4，作为放射性工作人员的年受照剂量约束值，即 5mSv/a；

② 取公众年有效剂量限值的 1/4，作为公众的年受照剂量约束值，即 0.25mSv/a。

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）相关内容

适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置或探伤机）进行探伤工作。

5 工业 X 射线现场探伤的放射防护要求

5.1 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 μ Sv/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：

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

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

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 μ Sv/周；

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

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或者工地实施时，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，以便尽可能减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灯，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的听见或看见“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 射线管头组装体至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 控制区的范围内清晰可见，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 放射防护检测

6.1 检测的一般要求

6.1.1 检测计划

运营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。

6.1.2 检测仪器

用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，应按规定进行定期检定，并取得相应

证书。使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等。

6.1.3 检测条件

检测应在 X 射线探伤装置的限束装置开至最大，额定管电压、管电流照射的条件下进行。

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以接受的。

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。

三、《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）相关内容

4 γ 射线探伤机的放射防护性能要求

4.1 源容器应符合 GB/T 14058-1993 中第 5.3 条的要求，照射容器周围的空气比释动能率不超过表 1（表 7-2）中的数值。

表 7-2 照射容器周围空气比释动能率控制值

探伤机类别与代号		距容器外表面不同距离处空气比释动能率控制值/mGy·h ⁻¹		
		0cm	5cm	100cm
手提式	P	2	0.5	0.02
移动式	M	2	1	0.05
固定式	F	2	1	0.1

4.3 γ 射线探伤机的源容器及其中的密野源应有符合 GB/T14058-1993 中 8.1.1、8.1.2 要求的标志。

4.4 γ 射线探伤机的安全锁，联锁装置、源的位置指示等安全装置的性能按 GB/T14058-1993 中 5.4 要求。

4.5 用电动控制放射源传输的 γ 射线探伤机应具有与探伤机房门的开关状态联锁的接口。

4.6 源托的安全性应符合GB/T14058-1993中5.5要求。

4.7 在满足探伤工作的情况下，放射源传输控制缆和导向缆的长度应尽可能使操作者与放射源之间的距离最大，每次照相后放射源应能迅速返回源容器的屏蔽位置。装置快门形式参见附录 B。

5 γ 射线探伤的通用防护要求

5.1 应使用为 γ 探伤设计的专门设备，探伤人员应全面熟悉所用设备，以及操作方法和潜在的问题。

5.2 所用放射源的核素和活度应优化选择，在保证工作人员的剂量符合“合理达到尽可能低的水平”原则（ALARA）的同时，获得足够的诊断信息，应采用先进的成像技术如影像增强屏或快速片屏组合。

5.3 探伤作业人员应佩戴符合审管部门要求的个人剂量计（包括热释光或LD剂量计和直读式剂量计），每一个工作小组应至少配备一台具有检验源的便携式剂量仪，并配备能在现场环境条件下被听见、看见或产生震动信号的个人报警剂量仪。

5.4 探伤作业之前，应对探伤机做如下的检查：

- a) 检查源容器和源传输管的照射末端是否损伤、磨损或者有污物；
- b) 检查螺母和螺丝的紧密程度、螺纹和弹簧是否有损伤；
- c) 确认放射源锁紧装置工作正常；
- d) 检查控制软轴末端是否有磨损、损坏（磨损标准由厂家提供），与控制导管是否有效连接；
- e) 检查源容器和源导管是否连接牢固；
- f) 检查输源导管和控制导管是否有毛刺、破损、扭结；
- g) 检查警告标签和源的标注内容是否清晰；
- h) 测量紧靠源容器表面的空气比释动能率是否符合标准4.1要求，并确认放射源处于屏蔽状态。如发现以上情况与正常状态不一致，应在更换或维修设备后投入使用。

7 移动式探伤的附加要求

7.1 现场探伤作业应使用合适的准直器并充分考虑 γ 射线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。

7.2 探伤作业开始前应备齐下列防护相关物品，并使其处于正常状态：

- a) 便携式放射监测仪器和个人剂量计、剂量报警仪；

- b) 导向管、控制缆和遥控;
- c) 准直器和局部屏蔽;
- d) 现场屏蔽物;
- e) 警告提示和信号;
- f) 应急箱, 包括放射源的远距离处理工具;
- g) 其他辅助设备, 例如: 夹钳和定位辅助设施。

7.3 进行探伤作业前, 应先将工作场所划分为控制区和监督区。

7.3.1 控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

7.3.2 在控制区边界上用现存的结构如墙、暂时的屏障或绳索、带子制作的警戒线等围住控制区。

7.3.3 在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入放射工作场所”标牌。

7.3.4 探伤作业期间应安排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。

7.3.5 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者辐射束的方向发生改变时, 如有必要可调整控制区的边界。

7.3.6 监督区位于控制区外, 允许与探伤相关的人员在此区活动, 培训人员或探访者也可进入该区域。其外边界空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, 边界处应有电离辐射警告标志标牌, 公众不得进入该区域。

7.4 控制放射源传输的地点应尽可能设置于控制区外, 同时应保证操作人员之间有效交流。

8 放射源的安全

8.1 放射源的选用和退役

8.1.1 按GB4075选定密封源的级别。对于工业 γ 探伤, 无保护的密封源为43515级、装置中源为43313级。

8.1.2 退役或不用的放射源按照事先达成的协议退还给设备制造商或其他经授权的废物管理单位进行处置, 并有详细的记录归档保存。

8.2 放射源的储存和领用

8.2.1 探伤使用单位应设立专用的放射源(或带源的探伤装置)的储存库。储存库

应为单独的建筑，不能和爆炸物品、腐蚀性物品一起存放。储存库的相应位置设置电离辐射警告标志。源容器出入源库时应进行监测并有详细记录。

8.2.2 工作间歇临时储存含源源容器或放射源、控制源，应在专用的储存设施内贮存。放射源储存设施应能做到：

a) 严格限制对周围人员的照射、防止放射源被盗或损坏，并能防止非授权人员采取任何损伤自己或公众的行动，储存设施外应有警告提示；

b) 应能在常规环境条件下使用，结构上防火，远离腐蚀性和爆炸性等危险因素；

c) 如其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于 $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 或者审管部门批准的水平；

d) 门应保持在锁紧状态，钥匙仅由授权人员掌管；

e) 定期检查物品清单，确认探伤源、源容器和控制源的存放地点。

8.2.3 储存要求按国家有关规定执行。

8.2.4 探伤使用单位应设立放射源管理组织，制定领用及交还制度，建立放射源领用台账，明确放射源的流向，并有专人负责。

8.2.5 领用含放射源的源容器或照射容器或连同源与容器的探伤装置时，进行放射性水平测量，确认放射源在源容器或照射容器内。工作完毕交还时，再进行放射性水平测量，确认放射源在其中，并将放射源及其容器放回原储存坑存放。装置的领用和交还都应有详细的登记。

8.3 放射源和照射装置的运输和移动

8.3.1 放射源的货运运输要求按GB11806有关规定执行，应满足A类与B类运输货包要求。

8.3.2 在公路上运送照射装置时，司机和车辆应符合国家和国际对其有关的要求。

8.3.3 照射装置应置于储存设施内运输，只有在合适的容器内正确锁紧并取出钥匙后方能移动。

8.3.4 在工作地点移动时应使用小型车辆或手推车，使照射装置处于人员监视之下。

9 γ 探伤装置的维修保养和换源

9.1 定期对 γ 探伤装置中涉及放射防护的部件进行检查维护，发现问题及时维修。

9.2 维修 γ 探伤装置时，应将放射源倒入换源器后进行。

9.3 应经常对 γ 探伤装置的控制组件包括摇柄、输源导管进行润滑擦洗，齿轮应经常添加润滑剂。经常对输源管接头进行擦洗，避免灰尘和砂粒。

9.4 放射源的更换应在控制区内，由授权人员进行。

10 事故应急要求

10.1 γ 探伤应用单位应成立应急组织，并明确参与应急准备与响应的每个人、小组或组织的角色和责任。

10.2 γ 探伤应用单位应制定出合适的应急预案及其中必要的应急程序，应急预案和程序应简单、容易理解且尽可能减少源对附近人员的照射。应指明需要采取的应急行动及其主要特征和必需物品。

10.3 应急程序中应确定参与应急响应的人员，如辐射防护负责人、审管机构、临床医生、制造商、应急服务组织、合格专家和其他人员，并包括其姓名、电话号码等必要信息。

10.4 应制定应急计划培训、演习计划，定期对人员进行培训和演习，提高执行应急程序的能力。

10.5 γ 探伤应用单位应保证对外联络畅通，以确保与公安、消防和医学救治部门的联络。

10.6 γ 探伤应用单位应配备适当的应急响应设备，参见附录D。

11 放射防护监测要求

11.6 移动探伤控制区、监督区边界剂量率的监测

11.6.1 检测方法结果评定

在探伤机处于照射状态，用便携式辐射测量仪从探伤位置四周由远及近测量空气辐射剂量率，直到 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 为控制区边界，到 $2.5\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 为监督区边界。回收放射源至屏蔽位置后，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。

11.6.2 监测周期

每次移动探伤作业前，凡属下列情况之一应由有资质的放射卫生技术服务机构进行此项监测：

- a) 新开展现场 γ 射线探伤的单位；
- b) 每年抽检一次；

- c) 在居民区进行的现场探伤;
- d) 发现个人季度剂量 (3个月) 可能超过5mSv。

11.7 放射工作人员的个人监测

11.7.1 γ 射线探伤作业人员 (包括维修人员), 应按照GBZ128的要求进行个人外照射监测。

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

11.7.3 使用单位防护负责人应事先制定人员受照的调查水平, 当作业人员受到的照射超过此水平时应通知防护负责人。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、公司地理位置和项目场所位置

1、公司地理位置

陕西毅腾技术检测有限公司位于陕西省渭南市高新技术产业开发区黄河路 10 号西高花园小区 2 号楼 1801 室。

2、项目场所位置

本项目为现场探伤项目，属流动式作业，不在某一场所长期作业。项目场所位置位于渭南市需要进行无损检测的场地。

二、环境质量和辐射现状

根据《2020 年二季度陕西省辐射环境质量》，2020 年二季度，我省 5 个辐射环境自动监测站（陕西环保大厦、西安市标准型自动站、汉中市基本型自动站、延安市基本型自动站、宝鸡市基本型自动站）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 70.2~97.5nGy/h；2020 年二季度，我省 23 个累计剂量监测点位测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内，累积剂量监测结果为 79.3~128.3nGy/h。

根据《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第 14 卷第 4 期，1994 年 7 月），渭南地区室内 γ 辐射剂量率为 77.0~160.0nGy/h，平均值为 104.0nGy/h；原野 γ 辐射剂量率为 49.0~113.0nGy/h，平均值为 63.0nGy/h；道路 γ 辐射剂量率为 35.0~104.0nGy/h，平均值为 65.0nGy/h。

可见，渭南地区的辐射环境本底值处于正常水平，辐射环境现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、工程设备与源项

1、 γ 射线探伤机

本项目涉及 5 台 γ 射线探伤机，其中 1 台探伤机内设 1 枚活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{192}Ir 、4 台探伤机内各设 1 枚活度为 $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ 的 ^{75}Se 。设备信息、型号、参数等技术参数见表 9-1。

表 9-1 本项目使用 γ 射线探伤机技术参数表

名称	数量	活度 (Bq) × 枚数	性质	工作场所
^{192}Ir	1 台	$3.7 \times 10^{12} \times 1$	新增	探伤作业施工现场
^{75}Se	4 台	$3.7 \times 10^{12} \times 4$	新增	
备注		II 类放射源		

(1) ^{192}Ir 特性

半衰期 73.827d，衰变方式为衰变。 β 射线的主要能量有：258.65keV (5.605%)、538.78keV (41.76%)、675.12keV (48.03%)； γ 射线的主要能量有：316.51keV (83.0%)、468.07keV (47.7%)、308.46keV (29.3%)、295.96keV (28.3%)。 ^{192}Ir 衰变纲图：见图 9-1。

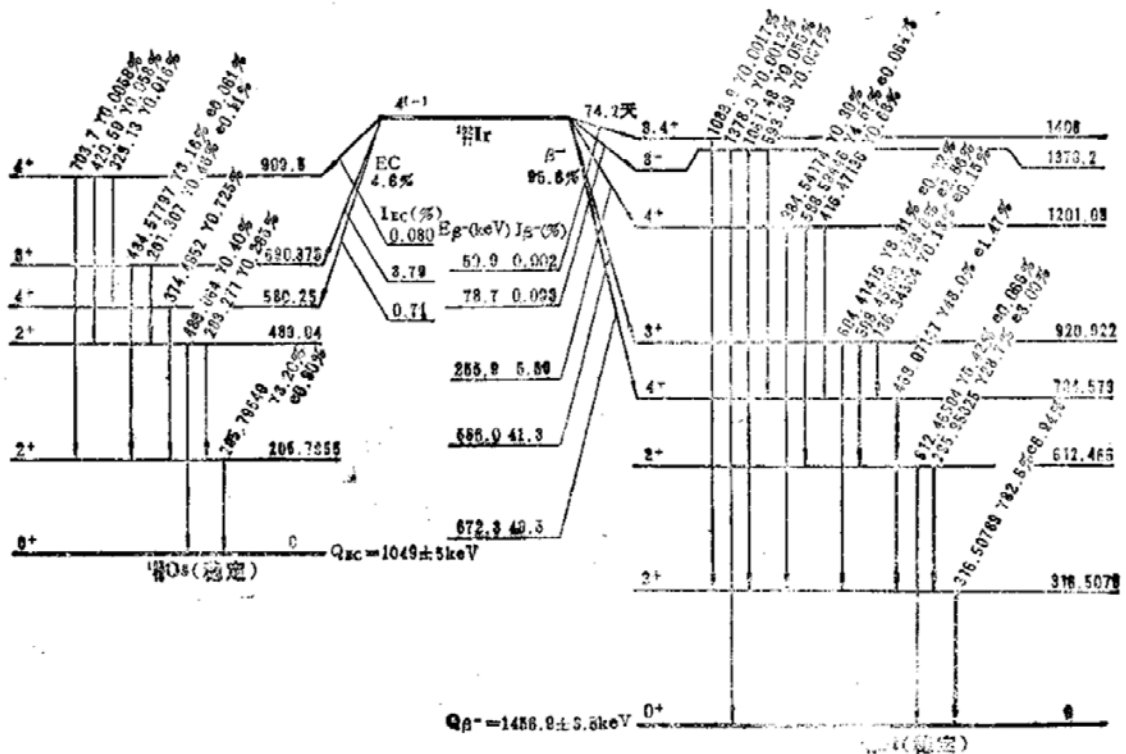


图 9-1 ^{192}Ir 衰变纲图

(2) ⁷⁵Se特性

半衰期119.779d。衰变方式：EC=100%。γ射线的主要能量有：400.66keV（15%）、279.54keV（28%）、264.66keV（54%）。⁷⁵Se衰变纲图：见图9-2。

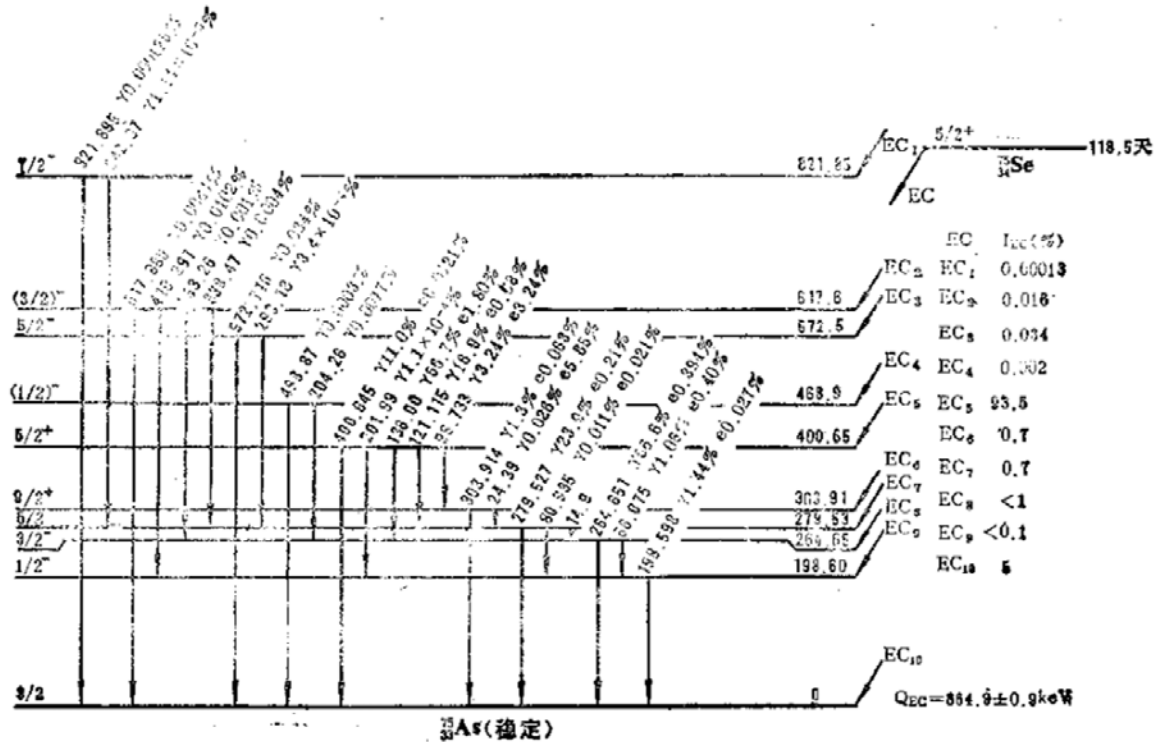


图9-2 ⁷⁵Se衰变纲图

2、X 射线探伤机

本项目涉及 2 台 X 射线探伤机，主要用于移动探伤检测，设备信息、型号、参数等技术参数见表 9-2。

表 9-2 本项目使用 X 射线探伤机技术参数表

设备名称	设备型号	类型	数量	电压	电流	工作场所
X 射线探伤机	XXG-3005	定向	1 台	300kV	5mA	探伤作业施工现场
X 射线探伤机	XXG-2505	定向	1 台	250kV	5mA	
备注		II 类射线装置				

二、工艺分析

1、γ 射线探伤

(1) 工作原理

γ 射线探伤机是利用 γ 放射源发出的 γ 射线穿过被检物体时发生衰减，由于在被检物的缺陷部位和其他部位射线减弱的程度不同，故能够将焊接件、铸件等被检物中的缺陷显现出来，通过评定胶片或影像信息以确定缺陷的位置、大小、形状。

γ 射线有很强的穿透性， γ 射线探伤就是利用 γ 射线的穿透性和直线性来探伤的。 γ 射线可使照相底片感光，也可用特殊的接收器来接收。当 γ 射线穿过（照射）物质时，该物质的密度越大，射线强度减弱得越多，即射线能穿透该物质的强度就越小。此时，若用照相底片接收，则底片的感光量就小；若用仪器来接收，获得的信号就弱。因此，用 γ 射线来照射待探伤的零部件时，若其内部有气孔、夹渣等缺陷，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度就减弱得少些，即穿过的强度就大些；若用其他接收器也同样可以用仪表发现裂纹，或者说， γ 射线探伤对裂纹是不敏感的。 γ 射线探伤对气孔、夹渣、未焊等体积型缺陷最敏感，即 γ 射线探伤事宜用于体积型缺陷探伤，而不适宜面积型探伤。

(2) γ 射线探伤机构造

γ 射线探伤机主要由探伤机机体、控制机构（曲柄、控制栏、控制缆）、输源管及其他附件组成。探伤机机体主要用于屏蔽 γ 射线，采用屏蔽材料，设计有双保险等多种安全联锁装置；控制机构用于远距离驱动放射源，装有放射源行程指示器；输源管保证放射源始终在管内移动，并设有曝光探头。支承架用于固定输源管，确保放射源处于曝光焦点位置；准直器用于限制射线束方向。探伤机不工作时放射源在探伤机的储存位置， γ 射线通过探伤机机体以及存放暂存设施屏蔽。探伤机工作时，通过控制摇盘手柄驱动钢丝进入源罐，钢丝推动放射源在输源管道内前进，出探伤机机体后继续推动放射源到达探头位置进行曝光照相。曝光完毕后，再次通过摇盘手柄将放射源回收至探伤机内，当放射源返回探伤机的同时，带动联锁系统，放射源到位后，闭锁系统自动关闭。

γ 射线探伤机内部构造示意图见图 9-3。

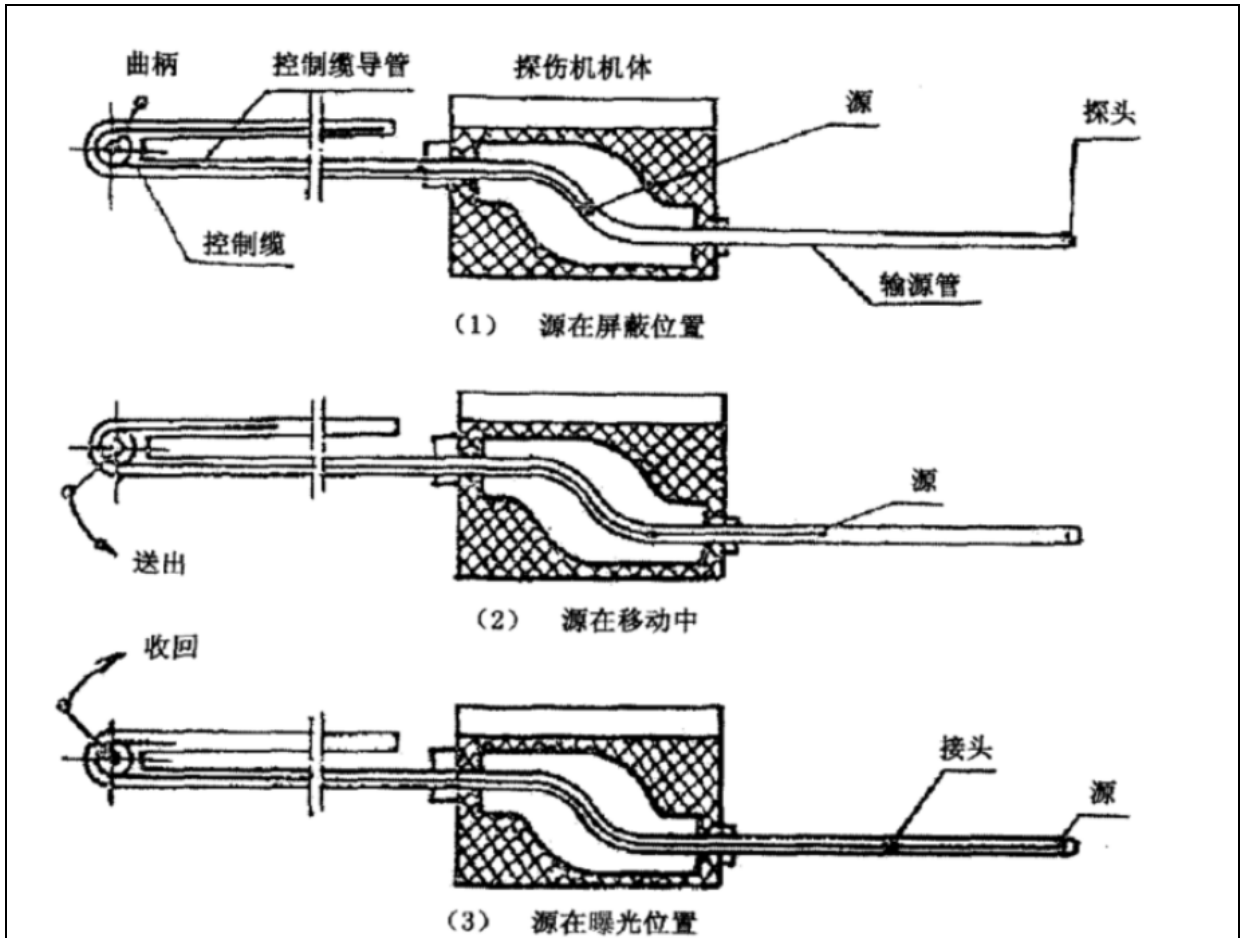


图 9-3 γ 射线探伤机结构及工作原理示意图

(3) 工作流程

① 陕西毅腾技术检测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 完成现场探伤计划书后，陕西毅腾技术检测有限公司联系陕西晟境环境科技有限公司，告知即将开展 γ 射线无损探伤作业。

③ 陕西晟境环境科技有限公司组织运输人员开展 γ 射线探伤机（内含放射源）运输工作，做好 γ 射线探伤机（内含放射源）出库交接，并记录。按照要求，陕西晟境环境科技有限公司按时将 γ 射线探伤机（内含放射源）送至探伤作业现场。运源车为专用车辆，内设放射源储源箱。

④ 在 γ 射线探伤机（内含放射源）入场前，陕西毅腾技术检测有限公司探伤工作人员穿戴铅防护服，对区域内的无关人员进行清场，做好准备工作。

⑤ 运源车进入探伤现场后，由陕西晟境环境科技有限公司和陕西毅腾技术检测有

限公司规定的专职人员共同进行探伤机表面剂量检测，确定放射源在探伤机内，核对放射源信息，完成放射源交接的台账记录工作。

⑥ 交接工作完成后，陕西晟境环境科技有限公司工作人员离开探伤现场。陕西毅腾技术检测有限公司探伤作业班组将含 γ 射线探伤机（内含放射源）置于在待检区域，由安全员负责看管。

⑦ 作业班组（操作人员及安全员）根据探伤工件位置，操作人员铺设放射源驱动装置及输源管。

⑧ 挂接完成后，安全员对挂接情况进行检查，确认挂接牢靠后，对输源管和驱动装置铺设进行检查，检查是否有挤压、弯折或其他情况。

⑨ 操作人员将放射源曝光头固定在待检测器件上后，进行第一次摇源。

⑩ 放射源摇出至指定位置之后，安全员由远及近迅速测量关键点辐射剂量率，以空气比释动能率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为划定监督区边界范围，以空气比释动能率为 $15\mu\text{Sv/h}$ 作为划定控制区边界范围；放射源回收至屏蔽位置后，以该剂量率的等剂量线为基础，设置控制区和监督区，并设置控制区、监督区警戒线，线高约1m；在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”；在控制区边界还应放置“禁止进入放射工作场所”标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。作业期间，安全员对作业区边界上的实时剂量率进行巡测，并做好记录；并对监督区进行巡视，严禁未经许可人员进入。

⑪ 作业班组的操作人员开始无损检测作业：在待测器件上固定好底片和曝光头，并调好曝光焦距后，作业班组躲避至屏蔽有效位置；通过确定装置将放射源摇出，并开始计时，进行曝光。

⑫ 曝光时间结束后，将放射源收回至源容器内，一次无损检测作业结束；换下底片和改变曝光位置后，开始下一次无损检测作业。

⑬ 作业结束后，操作人员将放射源收回至源容器内，拆除并盘收驱动装置和输源管；用个人剂量报警器对放射源容器进行剂量率监测，确认放射源回收至源容器后，通知安全员进行复测，安全员对源容器及周围剂量进行实时测量，确认放射源正常回收至源容器内。

⑭ 通知陕西晟境环境科技有限公司准备交接 γ 射线探伤机（内含放射源）；交接完成后，陕西晟境环境科技有限公司将 γ 射线探伤机（内含放射源）运回陕西晟境环

境科技有限公司放射源库暂存。

γ 射线探伤机移动探伤工作流程如图 9-4 所示。

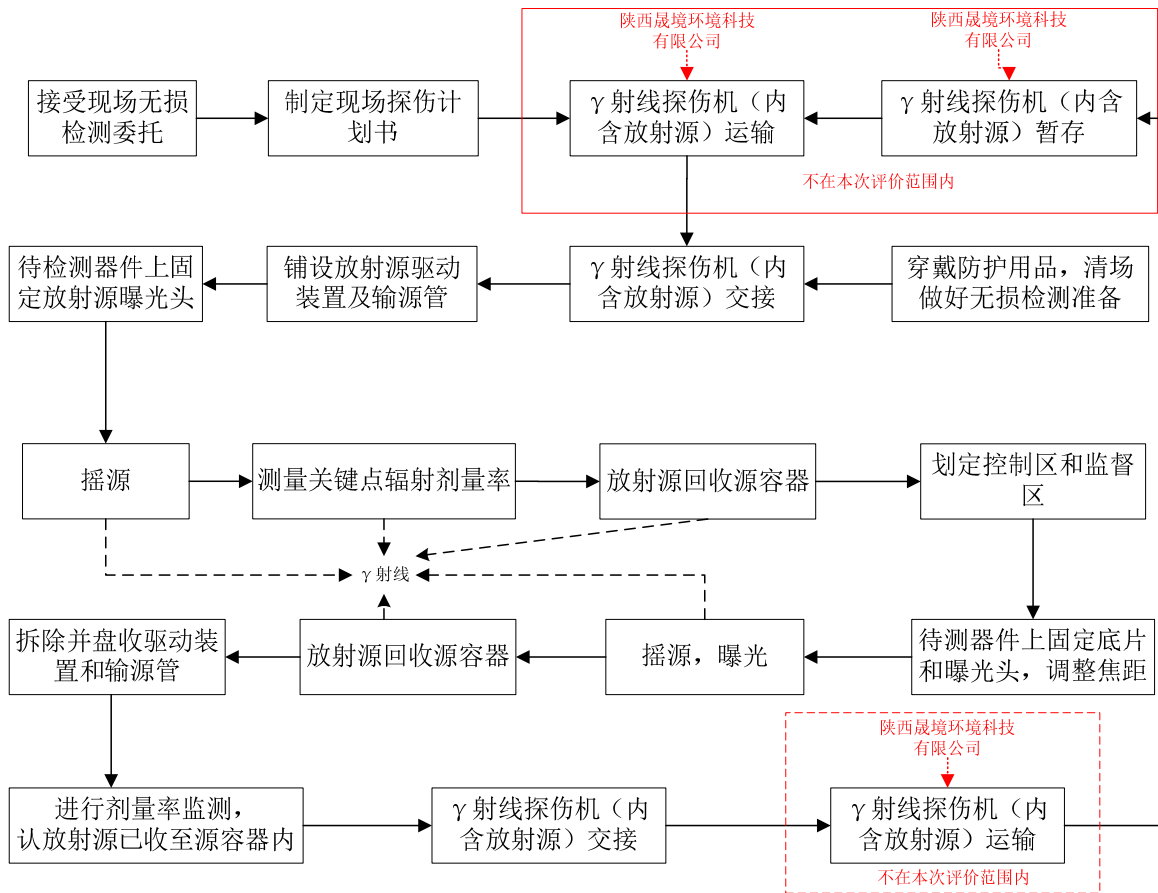


图 9-4 γ 射线探伤机移动探伤工作流程示意图

(3) 产污环节

① 探伤过程中放射源 ^{192}Ir 释放的 β 、 γ 射线、放射源 ^{75}Se 释放的 γ 射线以及 γ 射线电离空气产生的 O_3 、 NO_x 等有害气体；

② 曝光结束，将胶片带回公司洗片室进行冲洗。冲洗胶片产生的废显（定）影液、废旧胶片。

2、X 射线探伤机

(1) 工作原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的无损检测装置，它利用射线透过物体时，会发生吸收和散射这一特性，通过测量材料中因缺陷存在影响射线的吸收来探测缺陷的。

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，就是能使感光材料感光，当 X 射线照射胶片或其他检测器时，与普通光线一样，能使胶片或其他检测

器感光，接收射线越多的部位颜色越深，这个作用叫做射线的照相作用。根据底片或检测器上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

X 射线探伤机典型结构示意图见图 9-5。



图 9-5 典型 X 探伤机外形及内部结构

(2) 工作流程

① 陕西毅腾技术检测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 陕西毅腾技术检测有限公司工作人员持计划书，根据设备出入库管理制度，打开公司库房，在出入库台账上登记，经过库房管理员确认后，领取设备。

③ 采用专用车辆运输设备至探伤检查地点，陕西毅腾技术检测有限公司 2 名操作人员随车押运。

④ 在 X 射线探伤机入场前，陕西毅腾技术检测有限公司探伤工作人员穿戴铅防护服，对区域内的无关人员进行清场，做好准备工作。

⑤ 陕西毅腾技术检测有限公司初步划定控制区和监督区，以空气比释动能率为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为划定监督区边界范围，以空气比释动能率为 $15\mu\text{Sv/h}$ 作为划定控制区边界范围；在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员

不可误入作业现场。作业期间，安排 1 名工作人员对控制区边界进行巡查，严禁未经许可人员进入。

⑥ 摆放 X 射线发生器，连接控制器及电缆，进行试曝光，再次确定控制区和监督区边界并进行调整，确保控制区边界剂量率 $< 15\mu\text{Sv/h}$ ，监督区边界剂量率 $< 2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

⑦ 作业班组的操作人员开始无损检测作业，确定照射时间后，在操作位开机曝光（设置延时），然后迅速离开，并开始计时曝光。

⑧ 达到预定的照射时间后，回到操作位关闭电源，随后从探伤工件上取下已经曝光的底片，完成一次探伤任务。整个探伤过程工作人员应确保个人剂量报警仪处于工作状态。

⑨ 作业结束后，陕西毅腾技术检测有限公司将 X 射线探伤机运回公司库房，并做好入库记录。

X 射线探伤机移动探伤工作流程见图 9-6。

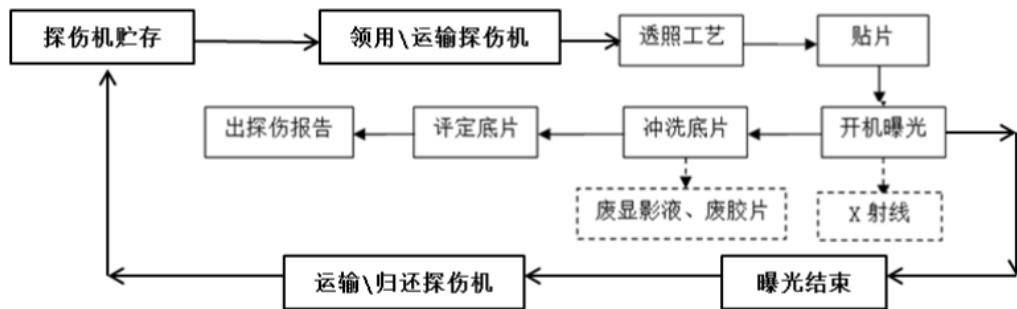


图 9-6 X 射线探伤机移动探伤工作流程示意图

(3) 产污环节

- ① 探伤过程中产生的 X 射线和 X 射线电离空气产生的 O_3 、 NO_x 等有害气体；
- ② 曝光结束，将胶片带回公司洗片室进行冲洗。冲洗胶片产生的废显（定）影液、废旧胶片。

污染源项描述

1、正常工况

(1) γ 射线

γ 射线探伤机中安装有 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 放射源，在贮源状态下产生的 γ 射线污染途径为放射源发射出的 γ 射线穿过探伤机防护层逃逸产生的泄漏辐射，对周围环境辐射影响较小。在工作状态下，将放射源导入施源管中相应的驻留位置上进行照射，无屏蔽措施，将产生有用线束、散射辐射等，对工作场所周围环境可能造成一定辐射影响。

(2) β 射线

^{192}Ir 能释放 β 射线，由于 β 射线穿透能力很弱，设备的外包装可以完全屏蔽，使 β 射线不能释放到环境中，因此 β 射线对外环境的影响可以忽略。

(3) X 射线

由X射线探伤机的工作原理可知，X射线是随着机器的开、关而产生和消失。本项目使用的射线探伤机只有在开机并处于出束状态时（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。

(4) O_3 和 NO_x

该项目探伤机工作时，产生的 X 射线和 γ 射线使空气电离产生的少量有害气体，主要为 O_3 和 NO_x 。

(5) 废显（定）影液及废旧胶片

本项目探伤拍片后洗片产生的废显（定）影液和废旧胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中HW16（废物代码900-019-16）感光材料废物。本项目将现场探伤胶片带回公司洗片室进行冲洗。废显（定）影液和废旧胶片使用专用容器收集，暂存于洗片室内，暂存区域进行防渗处理，专用容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账，最终交由有资质的单位处置。

2、事故工况

(1) γ 射线探伤

① 探伤机工作状态下，“卡源”或“源脱”事故发生，回源装置失效，工作人员手动回源，造成工作人员不必要的照射；

② 放射源划破或磨损腐蚀、火灾等使源破损等，可造成一定区域内的环境放射性污染；

③ 放射源被盗或丢失，使公众人员受到超剂量照射；

④ 在探伤现场没有搞好警戒工作，工作人员和公众误留在警戒区内，使工作人员或公众造成不必要照射；

⑤ 工作人员不按要求佩戴个人剂量计或防护用品，造成超剂量照射。

(2) X射线探伤

① 探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；

② 操作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

③ X射线机被盗，使X射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），应把辐射工作场所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。

1、 γ 现场探伤

(1) γ 现场探伤控制区、监督区的理论划分

根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）：“控制区边界外空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ”、“监督区位于控制区外，允许与探伤相关的人员在此区活动，培训人员或探访者也可进入该区域。其外边界空气比释动能率应不大于 $2.5\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ，边界处应有电离辐射警告标志标牌，公众不得进入该区域。”本项目将空气比释动能率大于 $15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的范围内划分为控制区，将空气比释动能率 $2.5\sim 15\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的范围内划分为监督区。

① 控制区距离概念

根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录 C，放射源的 γ 射线向各个方向辐射的不同情况，应确定三类不同的控制区距离。如图 10-1 示。

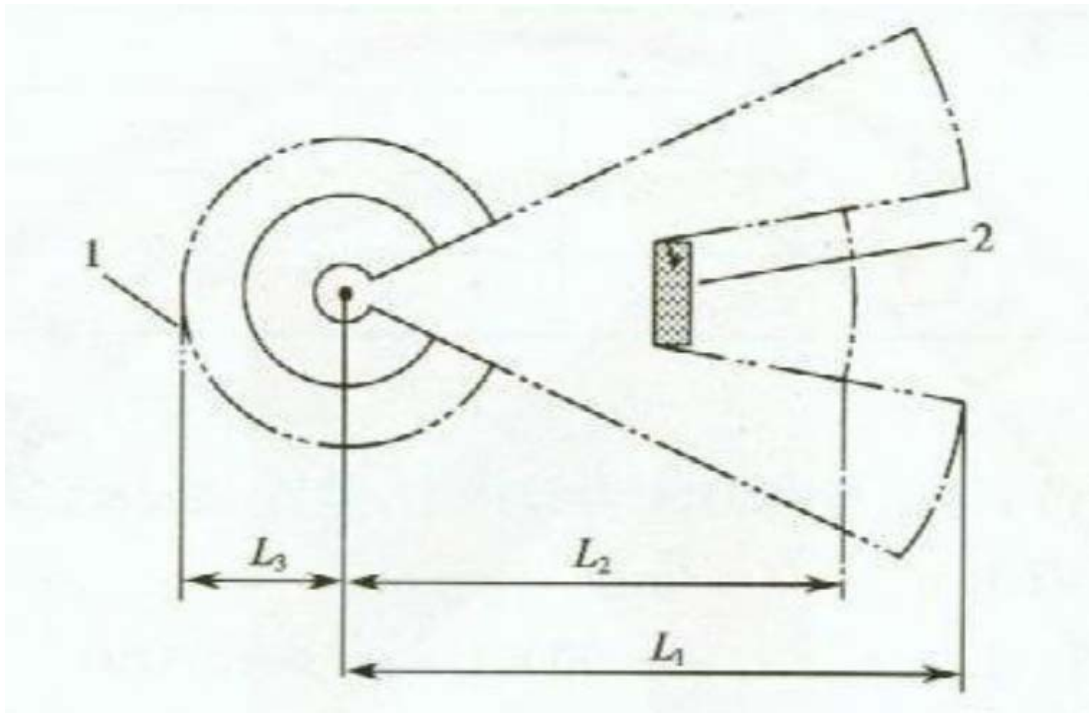


图 10-1 应用屏蔽物的控制区

图中：

1-----源容器屏蔽；

2-----探伤对象；

L_1 -----辐射没有任何衰减时要求的控制区距离；

L_2 -----有用线束方向，经检测对象屏蔽后要求的控制区距离；

L_3 -----有用线束方向以外，经源容器或其他屏蔽物屏蔽后要求的控制区距离。

② 对于各类控制区距离的理论计算

对于现场探伤，控制区边界当量剂量率为 $15\mu\text{Sv/h}$ ，可由如下评定各控制区距离的大小：

$$L_1 = a_1 \times 1.63 \quad \text{公式 (10-1)}$$

式中：

a_1 -----边界剂量率为 $40\mu\text{Sv/h}$ 的控制区距离（没有衰减时）；

1.63---边界剂量率从 $40\mu\text{Sv/h}$ 调整为 $15\mu\text{Sv/h}$ 的修正；

L_1 -----根据 a_1 值修正后得到的控制区距离值。

a₁ 根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录 C-图 C·2 取值；L₂ 和 L₃ 分别由 L₁ 乘以《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录-表 C·2（表 10-2）中不同半值层数相对应的因子而获得（根据屏蔽物的厚度，除以表 10-1 中相应核素和屏蔽材料的半值层厚度，求出其半值层数，进而查《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录-表 C.2（表 10-2）可得相应的因子）。

表 10-1 不同材料半值层厚度的近似值

屏蔽材料	不同放射源的半值层厚度（mm）			
	⁶⁰ Co	¹⁹² Ir	¹⁶⁹ Yb	⁷⁵ Se
铝	70	50	27	30
混凝土	70	50	27	30
钢	24	14	8.5	9
铅	13	3	0.8	1
钨	10	2.5	--	--
铀	6	2.3	--	--

表 10-2 用于控制区确定时衰减在有衰减时计算 L₂ 和 L₃ 的因子

半值层数	因子
0.5	0.9
1	0.7
1.5	0.6
2	0.5
3	0.4
4	0.3
5	0.2
8	0.1
10	0.05
12	0.01

陕西毅腾技术检测有限公司拟购置 1 枚 ¹⁹²Ir 和 4 枚 ⁷⁵Se 放射源用于现场探伤。在探伤时，应设定控制区和监督区。γ 射线探伤机（内置放射源 ¹⁹²Ir）可探伤厚度为 10mm~100mm 的钢工件；γ 射线探伤机（内置放射源 ⁷⁵Se）可探伤厚度为 5mm~40mm 的钢工件。根据建设单位提供资料，γ 射线探伤机准直器屏蔽物为贫化铀，厚度约 47mm。据此计算出主射线方向和非主射线两种情况下控制区的距离（详见表 10-3）。

表 10-3 计算参数及结果（控制区）

名称	γ 射线探伤机 (内置放射源 ¹⁹² Ir)	γ 射线探伤机 (内置放射源 ⁷⁵ Se)	备注
a ₁	130	80	根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 附录 C-图 C•2 取值
检测对象的半值层厚度 (mm)	14	9	检测对象材质主要为钢, 根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 附录 C-表 C•1 取值
检测对象的厚度 (mm)	20	20	/
检测对象的半值层数	1.4	2.2	半值层数=半值层厚度/材料厚度
计算 L ₂ 因子	0.7	0.5	根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 附录 C-表 C•2 取值
屏蔽材料铀半值层厚度 (mm)	2.3	2.3	根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 附录 C-表 C•1 取值, ⁷⁵ Se 使用铀作为屏蔽材料的半值层厚度参考 ¹⁹² Ir 取 2.3mm
屏蔽材料的厚度 (mm)	47	47	准直器以 47mm 贫化铀作为屏蔽材料
屏蔽材料的半值层数	20.4	20.4	半值层数=半值层厚度/材料厚度
计算 L ₃ 的因子	0.01	0.01	根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 附录 C-表 C•2 取值
L₁ (m)	211.9	130.4	L ₁ =a ₁ ×1.63
L₂ (m)	148.3	65.2	L ₂ =L ₁ ×计算 L ₂ 的因子
L₃ (m)	2.1	1.3	L ₃ =L ₁ ×计算 L ₃ 的因子

③ 对于各类监督区距离的理论计算

主射线方向和非主射线两种情况下监督区的距离可由下式计算:

$$R = \sqrt{\frac{H_{\text{控制}}}{H_{\text{监督}}}} \times L \quad (\text{公示 } 10-2)$$

式中: H_{控制}--控制区边界剂量, 15Gy/h;

H_{监督}--监督区边界剂量, 2.5Gy/h;

L-----控制区距离, m;

R-----监督区距离, m。

据此计算出主射线方向和非主射线两种情况下监督区的距离 (详见表 10-4)。

表 10-4 计算参数及结果（监督区）

名称	γ 射线探伤机（内置放射源 ^{192}Ir ）	γ 射线探伤机（内置放射源 ^{75}Se ）	备注
R ₁ （m）	519.0	319.4	/
R ₂ （m）	363.3	159.7	/
R ₃ （m）	5.2	3.2	/

由上述预测结果，主射线方向上，辐射没有任何衰减（即裸源照射）时， ^{192}Ir 探伤机控制区距离为 211.9m，监督区距离为 519.0m； ^{75}Se 探伤机控制区距离为 130.4m，监督区距离为 319.4m。主射线方向上，经探伤工件屏蔽后： ^{192}Ir 探伤机控制区距离为 148.3m，监督区距离为 363.3m； ^{75}Se 探伤机控制区距离为 65.2m，监督区距离为 159.7m；有用线束方向以外，经准直器屏蔽后， ^{192}Ir 探伤机控制区距离为 2.1m，监督区距离为 5.2m； ^{75}Se 探伤机控制区距离为 1.3m，监督区距离为 3.2m。

(2) γ 现场探伤实际探伤过程中控制区和监督区的划分

实际探伤时，一方面由于源的衰减，另一方面由于探伤工件厚度的变化，控制区和监督区边界随着现场情况的不同其距离也不同。一般的做法是：(1) 首先根据理论计算保守的设定控制区和监督区边界；(2) 然后保持操作人员与现场安全员联系畅通，在操作人员短时间开机的情况下，现场安全员使用便携式 X- γ 剂量率仪从探伤位置四周由远及近测量空气辐射剂量率，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，收回源至屏蔽位置后，在探伤位置四周以该剂量的等剂量线为基础，确定控制区边界和监督区边界。探伤过程中，安全员使用便携式 X- γ 剂量率仪进行监督监测。

探伤作业期间，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”；在控制区边界还应放置“禁止进入放射工作场所”标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌，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，未经许可人员不得进入边界内，还应对控制区边界上代表点的剂量率进行检测，尤其是探伤的位置在此方向或者辐射束的方向发生改变时，如有必要需要调整控制区的边界。

2、X 现场探伤

(1) X 现场探伤控制区、监督区的划分

根据《工业X射线探伤放射卫生标准》（GBZ117-2015）X射线探伤现场探伤作业时，应将周围剂量当量率大于15 $\mu\text{Gy/h}$ 的区域划为控制区，周围剂量当量率大于2.5 $\mu\text{Gy/h}$ 的区域划分为监督区。根据表11-5、11-7计算结果，300kV/5mA工况，无屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为647m，监督区范围为1584m；30mm厚钢工件屏

蔽条件下，有用线束方向控制区范围为25m，监督区范围为61m。无屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为94m，监督区范围为229m；30mm厚钢工件屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为3.6m，监督区范围为8.7m。

250kV/5mA工况，无屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为528m，监督区范围为1292m；20mm厚钢工件屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为8m，监督区范围为18m。无屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为77m，监督区范围为188m；20mm厚钢工件屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为1.1m，监督区范围为2.6m。

(2) X现场探伤实际探伤过程中控制区和监督区的划分

实际工作中，以实地监测为准，监督区和控制区的划分主要采用以下方法：根据本次环评提出的控制区和监督区范围，初步划定控制区和监督区范围。在X射线探伤机处于照射状态下，用便携式辐射检测仪从探伤位置四周由远及近巡测辐射剂量率，对控制区和监督区进行核定和调整，到 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 为监督区边界，到 $15\mu\text{Sv/h}$ 为控制区边界。探伤过程中，使用便携式辐射检测仪进行监督监测。

二、拟采取的辐射安全防护措施

1、 γ 现场探伤辐射安全防护设施

(1) γ 射线探伤机固有防护措施

γ 射线探伤机主要由探伤机机体、控制机构（曲柄、控制栏、控制缆）、输源管及其他附件组成。其中 γ 射线探伤机机体、准直器均采用屏蔽材料对放射源进行屏蔽。

① 探伤机机体的屏蔽性能

探伤机机体设有源容器，主要用于屏蔽 γ 射线，采用屏蔽材料，设计有双保险等多种安全联锁装置，可以使 γ 射线有控制地输出。 γ 射线探伤机实物照片见图10-1。

	
<p>美国铯-192 SENTINEL 660 型</p>	<p>海门铯-192 DLTS-B 型</p>
	
<p>海门铯-192 DL-III 型</p>	<p>丹东铯-192 YG-192 型</p>
	
<p>海门硒-75 DL-VC 型</p>	<p>丹东硒-75 YG-75 型</p>

图 10-1 γ 射线探伤机实物照片

根据《 γ 射线探伤机》(GB/T14058-2008)要求：“当 γ 探伤机采用贫化铀作为屏蔽材料时，其外表面应包覆足够厚度的低原子序数的非放射性材料，以减弱和吸收贫化铀发射的 β 辐射；其源通道也应包覆足够厚度的非放射性材料”、“当源容器装

载最大活度值的密封源并处于锁定状态且装配好保护盖（若有）时，其周围当量剂量率不超过表 1 规定的限值”。其中便携式 γ 射线探伤机在源容器外表面最大周围当量剂量率不超过 2mGy/h，离容器表面 50mm 处最大周围当量剂量率不超过 0.5mGy/h，离容器表面 1m 处最大周围当量剂量率不超过 0.02mGy/h。陕西毅腾技术检测有限公司拟购置的 γ 射线探伤机源容器的屏蔽性能应符合《 γ 射线探伤机》（GB/T14058-2008）要求。

② 准直器屏蔽性能

准直器用于限制射线束方向，准直器实物照片见图 10-2。



图 10-2 准直器实物照片

γ 射线探伤机准直器屏蔽物为一般为铅、钨或贫化铀，根据建设单位提供资料， γ 射线探伤机准直器屏蔽物为贫化铀，厚度约 47mm。

(2) 移动现场探伤辐射安全防护设施

① 每台探伤设备配备 2 名操作人员，工作前应穿戴好防护用品，携带个人剂量报警仪和个人剂量计。

② 每个现场探伤作业场所应至少配备 1 台便携式辐射环境监测仪，该监测仪应定期检定。

③ 探伤作业之前，应对探伤机性能等情况进行检查，确保源容器和源传输管的照射末端无损伤、无污物，零配件无损伤，放射源锁紧装置工作正常，源容器和源导管连接牢固。

④ 探伤装置用毕不能及时返回放射源库保管时，现场探伤作业场所应配备 1 个保

险柜，用于 γ 射线探伤机的现场暂存，并安排专人 24h 值守，保险柜表面明显位置应设电离辐射警告标志。

⑤ 通过增加操作人员与检测点距离来实现减少受照剂量。控制放射源传输的地点应尽可能设置于控制区外，同时应保证操作人员之间有效的交流；对于 γ 射线探伤尽量增加输源管的长度，使操作者有足够的时间远离射线发生器。

2、X 现场探伤辐射安全防护设施

(1) 开展 X 现场探伤工作的每台探伤机至少配备 2 名工作人员，公司应根据现场探伤工作情况配备足够的工作人员。

(2) 现场探伤的每台探伤机应至少配备 2 台便携式辐射检测仪。开始探伤工作之前，应对巡测仪进行检查，确认巡测仪能正常工作。

(3) X 现场探伤工作期间，便携式巡测仪应一直处于开机状态。

(4) 放射性工作人员在现场探伤期间，应配备个人剂量计和个人剂量报警仪，且个人剂量报警仪不能替代便携式辐射检测仪。

三、安全管理措施

1、移动探伤过程中应采取的辐射安全管理措施

(1) 将空气比释动能率大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内划分为控制区，将空气比释动能率 $2.5\sim 15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内划分为监督区。

(2) 作业控制区和监督区边界设置警戒线，并设置“当心电离辐射”的警示标志。 γ 射线现场探伤时，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入放射工作场所”的标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌；专人警戒，并由作业班组的安全员负责巡视，避免无关人员进入。X 射线现场探伤时，控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”的标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌；安排工作人员对控制区边界进行巡视，避免无关人员进入。

(3) 应尽量避免在人群密集区和居民区进行现场探伤，无法避免时，应划定工作区域，把无关人员疏散至监督区以外，设专人警戒，防止无关人员进入监督区和控制区，引起不必要的意外照射。在无法疏散时，必须采取防护措施，保证无关人员所处位置的剂量当量率不超过 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。

(4) 现场探伤操作人员必须经过操作业务培训，熟练掌握操作方法后方可开展移动探伤工作。

(5) γ 现场探伤时，作业现场边界外公众可达地点应放置安全信息公示牌，并应满足以下要求：

① 公示牌面积不小于 2m²；

② 公示牌信息内容包括辐射安全许可证、公司法人、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；

③ 公示信息采取喷绘（印刷）的方式进行制作；

④ 公示牌信息应实时更新，禁止涂改、污损。

2、其他辐射环境管理措施

(1) 该公司为保证移动探伤辐射防护措施的落实和现场探伤作业的安全，保证操作人员的辐射剂量满足个人剂量限值的要求，应按照国家标准和法律法规的要求，完善相关管理制度。

(2) 根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号），本项目在建成运行前，陕西毅腾技术检测有限公司拟组织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，参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并通过考核后方可上岗。

(3) 放射性工作人员上岗前应先进进行身体检查，体检合格后方能上岗，上岗后要根据国家标准的相关规定定期体检，建立健康档案；公司应为放射性工作人员配备个人剂量计，保证每名辐射工作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测 1 次，做到定期送检，专人专戴，建立个人剂量档案。

(4) 每年 1 月 31 日前向辐射安全许可证发证机关报送辐射环境年度评估报告。

3、 γ 射线探伤机作业异地作业备案

到外省、自治区、直辖市利用 γ 射线探伤机作业时，公司应当根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）中“第二十五条 使用放射性同位素的单位需要将放射性同位素转移到外省、自治区、直辖市使用的，应当持许可证复印件向使用地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案，并接受当地环境保护主管部门的监督管理”规定，于活动实施前先向使用地省级环境保护主管部门备案后，到陕西省生态环境厅备案。

4、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安

全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护措施的标准化建设提出了要求，详见表10-5和表10-6，评价要求，建设单位应按照文件要求进行标准化建设。

表 10-5 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求
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
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度评估报告
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责
		建立辐射环境安全管理档案
		对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录
	直接从事放射工作的作业人员	岗前进行职业健康体检，结果无异常
		参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗
		了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	
制度建立与执行	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	

表 10-6 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）—辐射安全防护措施部分
—工业探伤类

项目		具体要求	
工业 γ射 线探 伤	移动式探伤管 理要求	从事移动探伤作业单位，应配置 5 台以上符合国家标准要求的 γ 探伤机。	
		III类以上放射源安装定位跟踪装置。	
	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	控制区边界设置警戒线、警示灯、电离辐射警示标志和“禁止进入放射工作场所”标 牌。
			监督区边界设置电离辐射警示标志和“禁止公众进入”标牌。
		辐射 安全 措施	在作业点移动γ探伤装置时应使用小型车辆或手推车，使探伤装置处于人员监视之下。
作业现场边界外公众可达地点应放置安全信息公示牌，并应满足以下要求：①公示牌 面积不小于 2m ² ；②公示牌信息内容包括辐射安全许可证、公司法人、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；③ 公示信息采取喷绘（印刷）的方式进行制作；④公示牌信息应实时更新，禁止涂改、 污损。			
工业 X射 线探 伤	移动 式探 伤作 业场 所	标志 及指 示灯	控制区边界设置明显的警戒线和电离辐射警示标志，悬挂“禁止进入 X 射线区”警告 牌。
		控制区边界设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。警示信号指 示装置应与探伤机联锁。	
		监督区边界和建筑物进出口的醒目位置设置电离辐射警示标志和悬挂清晰可见的“无 关人员禁止入内”警告牌。	
	辐射 安全 措施	探伤作业期间，应安排人员对控制区边界进行巡逻。	
		探伤作业期间，便携式辐射检测仪应一直处于开机状态。	
		作业前、结束后现场辐射水平的检测情况及结果记录。	
监测设备及个人防护 用品	便携式辐射检测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、铅衣、铅手套等		

陕西毅腾技术检测有限公司对照表 10-5 要求，成立相应的机构，制定相关规章制度、应急预案后该项目即可以满足辐射安全管理相关要求；按照表 10-6 要求，采取必要的辐射安全防护措施，并配备必要的监测设备和个人防护用品，制定监测计划并开展防护监测，按标准化建设要求规范开展现场探伤工作。

三废的治理

本项目不产生放射性废气和废水，主要的污染有：退役/废旧放射源、O₃、NO_x、废显（定）影液、废旧胶片。

(1) 退役/废旧放射源

根据《中华人民共和国放射性污染防治法释义》第三十二条：生产放射源的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定回收和利用废旧放射源；使用放射

源的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定将废旧放射源交回生产放射源的单位或者送交专门从事放射性固体废物贮存、处置的单位；《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（中华人民共和国环境保护部令第18号）的要求：“生产、进口放射源的单位销售I类、II类、III类放射源给其他单位使用的，应当与使用放射源的单位签订废旧放射源返回协议”。

本项目新增使用II类放射源，其退役时产生废旧放射源； γ 探伤源使用年限不得超过10年，一般在使用该核素3~5个半衰期之后需要进行更换。评价要求建设单位在新购置放射源时与厂家签订废旧放射源返回协议；确实无法交回生产单位的，送交城市放射性废物库。

(2) O_3 和 NO_x

本项目X射线探伤机开机后会产生X射线； γ 射线探伤机运行过程中，放射源 ^{192}Ir 可释放 β 、 γ 射线，放射源 ^{75}Se 可释放 γ 射线。X射线探伤机和 γ 射线探伤机产生的X、 γ 射线会使空气电离，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。

(3) 废显（定）影液和废旧胶片

本项目探伤拍片后洗片产生的废显（定）影液和废旧胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中HW16（废物代码900-019-16）感光材料废物。本项目将现场探伤胶片带回公司洗片室进行冲洗。废显（定）影液和废旧胶片使用专用容器收集，暂存于洗片室内，暂存区域进行防渗处理，专用容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账，最终交由有资质的单位处置。

根据建设单位提供资料，公司每年拍片约10000张，每张片子平均约10g，共计100kg/a。每洗100张片子约产生废显（定）影液5kg，共计500kg/a。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

陕西毅腾技术检测有限公司仅开展射线装置和放射源的现场探伤业务，放射源的暂存委托陕西晟境环境科技有限公司承担，不涉及放射源暂存库的建设。现场探伤不建设专用探伤室，故不存在建构筑物建设和设备的安装过程，不存在建设阶段对外环境产生影响的环境因素。

运行阶段对环境的影响

一、 γ 射线探伤机移动探伤的辐射环境影响分析

1、放射源贮存、运输

(1) 放射源贮存辐射环境影响分析

陕西毅腾技术检测有限公司仅开展射线装置和放射源的现场探伤业务，放射源的暂存委托陕西晟境环境科技有限公司承担（放射源委托保管协议见附件 3）。放射源暂存于陕西晟境环境科技有限公司的放射源库，位于延安市柳林镇，该源库已取得环评批复（陕环批复（2015）35 号）及验收批复（陕环批复（2017）457 号）。

陕西晟境环境科技有限公司持有陕西省生态环境厅下发的辐射安全许可证（证书编号：陕环辐证[00457]），许可种类和范围是使用 II 类、III 类、IV 类、V 类放射源。有效期至 2025 年 7 月 19 日。

陕西晟境环境科技有限公司延安放射源库按照相关规范建设，环保手续完备，对外环境的辐射影响满足相关标准限值，可保障放射源暂存的安全，委托其代为保管可行。

(2) 放射源运输过程辐射环境影响分析

根据《交通运输部关于修改<放射性物品道路运输管理规定>的决定》（中华人民共和国交通运输部令 2016 年第 71 号）中“道路运输放射性物品的承运人（以下简称承运人）应当取得相应的放射性物品道路运输资质，并对承运事项是否符合本企业或者单位放射性物品运输资质许可的运输范围负责”规定，本项目 γ 射线探伤机（内含放射源）的运输根据现场无损检测需求拟委托陕西晟境环境科技有限公司承担（运输服务合同、道路运输经营许可证（陕交运管许可证西字 610100121315 号）见附件）。陕西晟境环境科技有限公司运源车为专用车辆，内设放射源防护仓，用于暂存 γ 射线探

伤机（内置放射源），委托其运输可行。

2、 γ 射线探伤机移动式探伤过程辐射环境影响分析

(1) 裸源状态下 γ 放射源照射量率计算

根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著）， γ 放射源裸源状态的剂量当量指数率按下式进行计算：

γ 射线：距点源其他距离处的 γ 照射剂量率可按照以下公式计算：

$$\dot{X}_r = \dot{X}_1 / r^2 \dots\dots\dots \text{（公式 11-1）}$$

$$\dot{D} = 8.73 \times 10^{-3} \dot{X}_r \dots\dots\dots \text{（公式 11-2）}$$

式中： \dot{X}_r ——距放射源 r m 处的照射量率，R/h；

\dot{X}_1 ——距放射源 1m 处的照射量率，R/h；

对于 ^{192}Ir 和 ^{75}Se 均为放射 γ 源， $\dot{X}_1 = A\Gamma$ 。其中 A 为放射源的放射性活度（Ci）， Γ 为放射性核素的照射量率常数。由《简明放射性同位素手册》查得： ^{192}Ir 照射量率常数取 $0.463\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{Ci}$ ， ^{75}Se 照射量率常数取 $2.0\text{R}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{Ci}$ 。

r ——计算点与源的距离，m；

\dot{D} —— γ 辐射空气吸收剂量率，Gy/h。

(2) 屏蔽状态下 γ 辐射剂量当量率计算

屏蔽状态下， γ 辐射剂量当量率估算公式如下：

$$D = \dot{D} \times K^{-1} = \dot{D} \times 2^{-\frac{dp}{HVT}} \dots\dots\dots \text{（公式 11-3）}$$

$$H = \sum W_R D \dots\dots\dots \text{（公式 11-4）}$$

式中：

dp ——屏蔽层厚度，mm；

HVT ——半值层厚度，mm；根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录-表 C.1 可知：对于 ^{192}Ir 放射源， $HVL_{\text{钢}}=14\text{mm}$ ， $HVL_{\text{铀}}=2.3\text{mm}$ ， $HVL_{\text{铅}}=3\text{mm}$ ；对于 ^{75}Se 放射源， $HVL_{\text{钢}}=9\text{mm}$ ， $HVL_{\text{铀}}=2.3\text{mm}$ ， $HVL_{\text{铅}}=1\text{mm}$ （根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）附录 C-表 C•1 取值， ^{75}Se 使用铀作为屏蔽材料的半值层厚度参考 ^{192}Ir 取 2.3mm）。本次以典型的 20mm 厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算； γ 射线探伤机准直器屏蔽物为 47mm 贫化铀。

\dot{D} —— γ 辐射空气吸收剂量率, Gy/h。

$\sum W_R$ ——辐射权重因子, γ 射线取为 1;

H—— γ 辐射剂量当量率, Sv/h。

(3) 各种状态下辐射剂量当量率计算结果

各种状态下, 放射源周围的剂量水平见表 11-1。

表 11-1 不同距离处的 γ 辐射剂量率估算

距离 (m)	裸源情况下空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)		工件屏蔽情况下空气比释 动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)		准直器屏蔽情况下空气比 释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)	
	^{192}Ir	^{75}Se	^{192}Ir	^{75}Se	^{192}Ir	^{75}Se
0.338	3.54E+06	1.53E+07	1.31E+06	3.28E+06	2.50E+00	1.08E+01
0.5	1.62E+06	6.98E+06	6.01E+05	1.50E+06	1.14E+00	4.93E+00
0.702	8.20E+05	3.54E+06	3.05E+05	7.59E+05	5.79E-01	2.50E+00
1	4.04E+05	1.75E+06	1.50E+05	3.74E+05	2.85E-01	1.23E+00
2	1.01E+05	4.37E+05	3.75E+04	9.35E+04	7.13E-02	3.08E-01
3	4.49E+04	1.94E+05	1.67E+04	4.16E+04	3.17E-02	1.37E-01
4	2.53E+04	1.09E+05	9.38E+03	2.34E+04	1.78E-02	7.70E-02
5	1.62E+04	6.98E+04	6.01E+03	1.50E+04	1.14E-02	4.93E-02
10	4.04E+03	1.75E+04	1.50E+03	3.74E+03	2.85E-03	1.23E-02
20	1.01E+03	4.37E+03	3.75E+02	9.35E+02	7.13E-04	3.08E-03
30	4.49E+02	1.94E+03	1.67E+02	4.16E+02	3.17E-04	1.37E-03
40	2.53E+02	1.09E+03	9.38E+01	2.34E+02	1.78E-04	7.70E-04
50	1.62E+02	6.98E+02	6.01E+01	1.50E+02	1.14E-04	4.93E-04
60	1.12E+02	4.85E+02	4.17E+01	1.04E+02	7.92E-05	3.42E-04
70	8.25E+01	3.56E+02	3.06E+01	7.64E+01	5.82E-05	2.51E-04
80	6.32E+01	2.73E+02	2.35E+01	5.85E+01	4.46E-05	1.92E-04
90	4.99E+01	2.16E+02	1.85E+01	4.62E+01	3.52E-05	1.52E-04
100	4.04E+01	1.75E+02	1.50E+01	3.74E+01	2.85E-05	1.23E-04
150	1.80E+01	7.76E+01	6.67E+00	1.66E+01	1.27E-05	5.47E-05
158	1.62E+01	6.99E+01	6.02E+00	1.50E+01	1.14E-05	4.93E-05
164	1.50E+01	6.49E+01	5.58E+00	1.39E+01	1.06E-05	4.58E-05
200	1.01E+01	4.37E+01	3.75E+00	9.35E+00	7.13E-06	3.08E-05
245	6.73E+00	2.91E+01	2.50E+00	6.23E+00	4.75E-06	2.05E-05
250	6.47E+00	2.79E+01	2.40E+00	5.99E+00	4.56E-06	1.97E-05
300	4.49E+00	1.94E+01	1.67E+00	4.16E+00	3.17E-06	1.37E-05
341	3.48E+00	1.50E+01	1.29E+00	3.22E+00	2.45E-06	1.06E-05
350	3.30E+00	1.43E+01	1.23E+00	3.05E+00	2.33E-06	1.01E-05
387	2.70E+00	1.17E+01	1.00E+00	2.50E+00	1.90E-06	8.23E-06

400	2.53E+00	1.09E+01	9.38E-01	2.34E+00	1.78E-06	7.70E-06
402	2.50E+00	1.08E+01	9.29E-01	2.32E+00	1.76E-06	7.62E-06
450	2.00E+00	8.62E+00	7.42E-01	1.85E+00	1.41E-06	6.08E-06
500	1.62E+00	6.98E+00	6.01E-01	1.50E+00	1.14E-06	4.93E-06
600	1.12E+00	4.85E+00	4.17E-01	1.04E+00	7.92E-07	3.42E-06
700	8.25E-01	3.56E+00	3.06E-01	7.64E-01	5.82E-07	2.51E-06
800	6.32E-01	2.73E+00	2.35E-01	5.85E-01	4.46E-07	1.92E-06
835	5.80E-01	2.50E+00	2.15E-01	5.37E-01	4.09E-07	1.77E-06
900	4.99E-01	2.16E+00	1.85E-01	4.62E-01	3.52E-07	1.52E-06
1000	4.04E-01	1.75E+00	1.50E-01	3.74E-01	2.85E-07	1.23E-06

根据《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）：“控制区边界外空气比释动能率应低于15μGy·h⁻¹”、“监督位于控制区外，允许与探伤相关的人员在此区活动，培训人员或探访者也可进入该区域。其外边界空气比释功能率应不大于2.5μGy·h⁻¹”。

由表11-2可见，在裸源情况下，¹⁹²Ir在164m处的辐射剂量率为15μGy/h在402m处的辐射剂量率为2.5μGy/h；⁷⁵Se在341m处的辐射剂量率为15μGy/h，在835m处的辐射剂量率为2.5μGy/h。在经工件屏蔽后，¹⁹²Ir在100m处的辐射剂量率为15μGy/h，在245m处的辐射剂量率为2.5μGy/h；⁷⁵Se在158m处的辐射剂量率为15μGy/h，在387m处的辐射剂量率为2.5μGy/h。在经准直器屏蔽后，¹⁹²Ir在0.338m处的辐射剂量率为2.5μGy/h；⁷⁵Se在0.702m处的辐射剂量率为2.5μGy/h。

二、X射线探伤机移动探伤的辐射环境影响分析

1、有用线束辐射剂量率

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）；

有用线束在关注点处的剂量率可按以下进行估算：

$$B = \frac{H_c \cdot R^2}{I \cdot H_0} \dots\dots\dots \text{(公式 11-5)}$$

式中：B—为屏蔽所需透射因子；

H_c—为剂量率控制水平，μSv/h；

R—为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I—为X射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；XXG-3005探伤机为5mA，XXG-2505探伤机为5mA。

H₀—为距离辐射源点（靶点）1m处的输出量，μSv·m²/（mA·h），以

mSv·m²/ (mA·min) 为单位的值乘以 6×10⁴。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 B.1, XXG-3005 探伤机取 20.9mSv·m²/ (mA·min), XXG-2505 探伤机取 13.9mSv·m²/ (mA·min)。

其中屏蔽透射因子 B 按下式计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{(公式 11-6)}$$

式中: X—屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL—X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度, mm; 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 表 B.2 可知, 250kV 的 TVL_铅=2.9mm, 300kV 的 TVL_铅=5.7mm。

表 11-2 无屏蔽状态下有用线束方向空气吸收剂量率

距离	空气吸收剂量率 (μSv/h)	
	XXG-3005	XXG-2505
100	627.00	417.00
300	69.67	46.33
500	25.08	16.68
528	22.49	14.96
600	17.42	11.58
647	14.98	9.96
1000	6.27	4.17
1200	4.35	2.90
1292	3.76	2.50
1500	2.79	1.85
1584	2.50	1.66
1600	2.45	1.63

根据表 11-3 计算结果, 无屏蔽状态有用束方向, 控制区和监督区边界见下表:

表 11-3 无屏蔽状态下有用线束的控制区与监督区的边界

型号	控制区 (m)	监督区 (m)
XXG-3005	647	1584
XXG-2505	528	1292

X射线现场探伤时, 被探工件厚度最薄为3~4mm钢, 最厚为50mm钢, 较多的为8~30mm。本次XXG-3005探伤机以30mm厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算, XXG-2505探伤机以20mm厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算。根据《辐射防护导论》(原子能出版社, 方杰著), 减弱倍数相同的情况下, 1mm钢约相当于0.54mmPb。工件屏蔽状态下有用线束方向不同距离处的空气吸收剂量率见下表。

表 11-4 工件屏蔽条件下有用线束方向空气吸收剂量率

距离	空气吸收剂量率 (μSv/h)	
	XXG-3005 (30mm 钢)	XXG-2505 (20mm 钢)
1	9019.08	787.04
5	360.76	31.48
8	140.92	12.30
10	90.19	7.87
15	40.08	3.50
18	27.84	2.43
20	22.55	1.97
25	14.43	1.26
50	3.61	0.31
61	2.42	0.21

根据表 11-4 计算结果，工件屏蔽条件下，有用线束方向控制区和监督区边界见下表：

表 11-5 工件屏蔽条件下有用线束方向的控制区与监督区的边界

型号	控制区 (m)	监督区 (m)
XXG-3005 (30mm 钢)	25	61
XXG-2505 (20mm 钢)	8	18

2、非有用线束辐射剂量率

有工件条件下，非主射束方向主要考虑漏射线和散射线，根据下式计算非主射束方向距探伤机不同距离处的漏射线剂量率和散射线剂量率。

(1) 泄漏辐射屏蔽

泄露辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{H_c \cdot R^2}{H_L} \dots\dots\dots \text{(公式 11-7)}$$

式中：H_c—为剂量率控制水平，μSv/h；

R—为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L—为距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，μSv/h，（X 射线管电压>200kV 时，H_L为 5×10³μSv/h）。

(2) 散射辐射屏蔽

散射辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{H_c \cdot R_s^2}{I \cdot H_0} \cdot \frac{R_0^2}{F \cdot \alpha} \dots\dots\dots \text{(公式 11-8)}$$

式中：H_c—为剂量率控制水平，μSv/h；

R_s —为散射体至关注点的距离，m；

R_0 —为辐射源点至探伤工件的距离，m；

I —为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —为距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

F —为 R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α —为散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距其 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。

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，X 射线管电压为 200kV~400kV 时， $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子的值为 50。

表 11-6 无屏蔽状态下非有用线束方向空气吸收剂量率

距离	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
	XXG-3005	XXG-2505
50	52.16	35.36
77	21.99	14.91
94	14.76	10.00
100	13.04	8.84
188	3.69	2.50
200	3.26	2.21
229	2.49	1.69
300	1.45	0.98

根据表 11-6 计算结果，无屏蔽状态有用线束方向，控制区和监督区边界见下表：

表 11-7 无屏蔽状态下非有用线束的控制区与监督区的边界

型号	控制区 (m)	监督区 (m)
XXG-3005	94	229
XXG-2505	77	188

本次 XXG-3005 探伤机以 30mm 厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算，XXG-2505 探伤机以 20mm 厚的钢工件屏蔽条件下进行剂量率计算。根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著），减弱倍数相同的情况下，1mm 钢约相当于 0.54mmPb。工件屏蔽状态下有用线束方向不同距离处的空气吸收剂量率见下表。

表 11-8 工件屏蔽条件下非有用线束方向空气吸收剂量率

距离	空气吸收剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
	XXG-3005 (30mm 钢)	XXG-2505 (20mm 钢)
0.5	750.30	66.74
1	187.57	16.68
1.1	155.02	13.79
2	46.89	4.17
2.6	27.75	2.47
3	20.84	1.85
3.6	14.47	1.29
8.7	2.48	0.22
9	2.32	0.21

根据表 11-8 计算结果，在工件屏蔽条件下，非有用线束方向控制区和监督区边界见下表：

表 11-9 工件屏蔽条件下非有用线束方向的控制区与监督区的边界

型号	控制区 (m)	监督区 (m)
XXG-3005 (30mm 钢)	3.6	8.7
XXG-2505 (20mm 钢)	1.1	2.6

3、X 射线现场探伤环境影响分析

综上所述，在控制区边界和监督区边界剂量率控制目标分别为 $15\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，300kV/5mA工况，无屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为647m，监督区范围为1584m；30mm厚钢工件屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为25m，监督区范围为61m。无屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为94m，监督区范围为229m；30mm厚钢工件屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为3.6m，监督区范围为8.7m。

250kV/5mA工况，无屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为528m，监督区范围为1292m；20mm厚钢工件屏蔽条件下，有用线束方向控制区范围为8m，监督区范围为18m。无屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为77m，监督区范围为188m；20mm厚钢工件屏蔽条件下，非有用线束方向控制区范围为1.1m，监督区范围为2.6m。

三、个人年附加有效剂量估算

陕西毅腾技术检测有限公司拟为本项目调配 7 名辐射工作人员，其中 3 人同时参与 X 现场探伤和 γ 现场探伤，剩余 4 人仅参与 γ 现场探伤。

操作人员个人年有效剂量参考 UNSCEAR-2002 年报告中提出的模式进行：

$$H_r = D_r \times T \times 1 \times 10^{-6} \text{ (mSv)} \dots\dots\dots \text{(公式 11-9)}$$

式中：

H_r —辐射外照射人均年有效剂量，mSv；

D_r —辐射剂量率，nGy/h；

T —一年工作时间，h；

1 —剂量转换因子，Sv/Gy；根据《实用辐射安全手册》（第二版，从慧玲主编），权重因数取 1。

1、 γ 射线探伤机所致工作人员年有效剂量

(1) 操作人员年附加有效剂量估算

公司 5 台 γ 射线探伤机不同时使用，每次现场探伤根据探伤工件厚度情况，只使用其中 1 台探伤机进行作业。每次探伤工作人员的近距离接触探伤机的时间约为 2min（包括将探伤机从车内（车内有屏蔽箱）到探伤地点、连接输源管等），由《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）的要求和厂家提供的技术指标得，距离探伤机表面 50mm 处的剂量率为 0.5mGy/h，本次在近距离接触探伤机的过程中接受的照射均按 0.5mGy/h 计。

每次探伤送源和收源时间各约为 15s，共计 30s；每次探伤的曝光时间约为 3min。根据公司提供资料：控制缆长度为 1m，输源管长度为 6m，本次评价送、收放射源的位置，距放射源的距离按 4m 计，现场探伤曝光时，与放射源的距离按 7m 计，取表 11-2 计算的该距离的空气比释动能率。

根据建设单位提供资料，陕西毅腾技术检测有限公司每年约有 100d 开展 γ 射线现场探伤活动，作业小组每天最多 2 次与探伤机近距离接触，每天最多拍摄 100 张胶片；每次拍摄均有送源、现场探伤曝光、收源等步骤，本次评价以最不利情况考虑，每次曝光只贴 1 张胶片。

考虑作业班组需穿着铅衣进行操作，铅衣的厚度为 0.5mm，在此基础上，使用放射源 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 现场探伤过程中操作人员年附加有效剂量见表 11-10。

表 11-10 现场探伤过程操作人员受照射剂量估算表

放射性核素	Ir-192			Se-75		
	近距离接触	送源和收源	现场探伤曝光	近距离接触	送源和收源	现场探伤曝光
单次操作时间 (s)	120	60	180	120	60	180
每天最多操作次数 (次)	2	100	100	2	100	100
每年工作天数 (d)	100	100	100	100	100	100
年受照射时间 (h)	6.7	166.7	500	6.7	166.7	500
操作人员居留位置当量剂量率 (mGy/h) ^⑥	4.45E-01	1.59E-05	5.18E-06	4.30E-01	6.62E-05	2.16E-05
辐射权重因子 (Sv/Gy)	1	1	1	1	1	1
操作人员年受照射剂量 (mSv/a)	2.9697	0.0026	0.0026	2.3570	0.0091	0.0089
	2.9749			2.3750		

本项目设有 3 个作业班组，每个作业班组设 1 名操作人员和 1 名安全员；假设现场探伤过程中，探伤机的搬运、输源管的连接、送源、收源等步骤均由作业班组成员中的同一个人（操作人员）完成。根据辐射剂量估算结果，该作业班组若全年仅使用内含 ¹⁹²Ir 的 γ 射线探伤机开展现场探伤，操作人员受照射的年附加有效剂量为 2.9749mSv，该作业班组若全年仅使用内含 ⁷⁵Se 的 γ 射线探伤机开展现场探伤，操作人员受照射的年附加有效剂量为 2.3750mSv；则操作人员年附加有效剂量最大为 2.9749mSv。本项目 γ 现场探伤拟配备 7 名职业人员，其中 1 人待命，剩余 6 人分 3 个作业班组，每个作业班组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员）。现场探伤实际操作过程中，由 3 个作业班组中的操作人员轮换作业；故操作人员年附加有效剂量为 2.9749/3 \approx 1mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年管理剂量约束值（5mSv），对职业人员的辐射影响较小。

(2) 安全员年附加有效剂量估算

根据工程分析，安全员主要负责现场探伤过程中的 γ 射线机的看管、控制区和监督区的划分和警戒、对作业区边界上的实时剂量率进行巡测和安全巡视。在移动探伤作业过程中，安全员除划定控制区时位于控制区边界，其余时间均位于监督区之外，控制区边界外空气比释动能率应低于 15 μ Gy/h⁻¹，监督区边界外空气比释动能率应低于 2.5 μ Gy/h⁻¹。

根据建设单位提供资料，陕西毅腾技术检测有限公司每年约有 100d 开展 γ 射线现场探伤活动，每天最多拍摄 100 张胶片；每次拍摄均有送源、现场探伤曝光、收源等

步骤，每次操作时间约 4min，此时安全员在监督区外警戒，空气比释动能率按 $2.5\mu\text{Gy}/\text{h}^{-1}$ 计；每天最多进行 2 次区域划分工作，每次在控制区边界停留时间约 30s，此时安全员在控制区边界，空气比释动能率按 $15\mu\text{Gy}/\text{h}^{-1}$ 计。本次评价以最不利情况考虑，每次曝光只贴 1 张胶片。

考虑作业班组需穿着铅衣进行操作，铅衣的厚度为 0.5mm，在此基础上，使用放射源 ^{192}Ir 或 ^{75}Se 现场探伤过程中安全员年附加有效剂量见表 11-11。

表 11-11 安全员受照射剂量估算表

放射性核素	Ir-192		Se-75	
	现场探伤过程（送源、曝光、收源）	控制区划分	现场探伤过程（送源、曝光、收源）	控制区划分
单次操作时间（s）	240	30	240	30
每天最多操作次数（次）	100	2	100	2
每年工作天数（d）	100	100	100	100
年受照射时间（h）	666.7	1.7	666.7	1.7
职业人员居留位置当量剂量率（mGy/h） ^③	0.002	0.013	0.002	0.013
辐射权重因子（Sv/Gy）	1	1	1	1
职业人员年受照射剂量（mSv/a）	1.4848	0.0223	1.4848	0.0223
	1.5071		1.5071	

本项目 γ 现场探伤设有 3 个作业班组，每个作业班组设 1 名操作人员和 1 名安全员；假设现场探伤过程中，探伤机的看管、区域划分及实时剂量率巡测等步骤均由作业班组成员中的同一个人（安全员）完成，根据辐射剂量估算结果，该作业班组安全员受照射的年附加有效剂量为 1.5071mSv。本项目 γ 现场探伤拟配备 7 名职业人员，其中 1 人待命，剩余 6 人分 3 个作业班组，每个作业班组 2 人（1 名操作人员和 1 名安全员）。现场探伤实际操作过程中，由 3 个作业班组中的安全员轮换作业；故安全员年附加有效剂量约为 $1.5071/3 \approx 0.5\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本次环评提出的年管理剂量约束值（5mSv），对职业人员的辐射影响较小。

(3) 公众年有效剂量

由于该公司移动探伤工作现场比较偏僻，探伤前预先划定了控制区和监督区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”，在控制区边界还应放置“禁止进入放射工作场所”标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌，公众人员不得进入；一般情况下在，公司 γ 射线探伤机只在其他工作人员下班后的夜间使用，且探伤过程有

专人警戒，防止无关人员进入施工现场；现场探伤多为流动式作业，不会在同一位置长期作业，故一般情况探伤过程对公众的影响甚微。

2、X 射线探伤机所致工作人员年有效剂量

本项目 X 现场探伤拟配备 3 名职业人员，其中 1 人待命，剩余 2 人设 1 个作业班组（1 名操作人员和 1 名巡查人员）。

(1) X 射线探伤过程中操作人员年有效剂量

X 射线现场探伤需根据现场情况对探伤检测现场划分控制区和监督区，控制区边界剂量率应不大于 $15\mu\text{Gy/h}$ ，监督区边界剂量率应不大于 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 。根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）5.1.3 要求，探伤作业人员在控制区边界外操作，控制区边界剂量率应不大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 。根据该公司提供的资料，2 台 X 探伤机不同时使用，累计全年照射时间最大为 200h，不存在 1 人操作多台探伤机情况，则操作人员受照射剂量为 $15\mu\text{Gy/h}^{-1}\times 200\text{h}=3\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本环评提出的年管理剂量约束值（5mSv）。

(2) X 射线探伤巡查人员年附加有效剂量估算

根据工程分析，巡查人员主要负责现场探伤过程中的 X 射线机的看管、控制区和监督区的划分和警戒、对作业区边界上的实时剂量率进行巡测和安全巡视。探伤作业期间，巡查人员一直在控制区边界进行巡逻，此时空气比释动能率应低于 $15\mu\text{Gy/h}^{-1}$ 。根据该公司提供的资料，2 台 X 探伤机不同时使用，累计全年照射时间最大为 200h，不存在 1 人操作多台探伤机情况，则巡查人员受照射剂量为 $15\mu\text{Gy/h}^{-1}\times 200\text{h}=3\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本环评提出的年管理剂量约束值（5mSv）。

(3) X 射线探伤过程公众的影响分析

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

3、叠加作业所致工作人员年有效剂量

陕西毅腾技术检测有限公司拟配备的 7 名放射性工作人员中，有 3 人同时参与 X 射线现场探伤和 γ 射线现场探伤，应考虑两种探伤叠加的年受照剂量。在最不利情况下，即工作人员在 2 种探伤作业中均担任操作人员的角色，其年附加有效剂量最大为 $1+3=4\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值和本环评提出的年管理剂量约束值（ 5mSv ）。

四、“三废”影响分析

本项目不产生放射性废气和废水，主要的污染有：退役/废旧放射源、 O_3 、 NO_x 、废显（定）影液、废旧胶片。

1、退役/废旧放射源

根据《中华人民共和国放射性污染防治法释义》第三十二条：生产放射源的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定回收和利用废旧放射源；使用放射源的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定将废旧放射源交回生产放射源的单位或者送交专门从事放射性固体废物贮存、处置的单位。

评价要求公司购进放射源时与厂家签订放射源回收协议，退役/废旧放射源由厂家回收。并应委托有资质的单位运输，任何情况下废放射源不得私自处置。

γ 射线探伤机换源由放射源厂家负责，如需在贮源库进行换源，应在贮源库周围设置警戒区，由放射源厂家相关授权人员进行换源操作和警戒，并携带铅粒包等应急用品，其他人员禁止进入。如需将探伤机运回厂家，在厂家进行换源，应委托有资质的单位进行运输。

2、 O_3 和 NO_x

本项目 X 射线探伤机开机后会产生 X 射线； γ 射线探伤机运行过程中，放射源 ^{192}Ir 可释放 β 、 γ 射线，放射源 ^{75}Se 可释放 γ 射线。X 射线探伤机和 γ 射线探伤机产生的 X、 γ 射线会使空气电离，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。

3、废显（定）影液及废旧胶片

本项目探伤拍片后洗片产生的废显（定）影液和废旧胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中 HW16（废物代码 900-019-16）感光材料废物。本项目将现场探伤

胶片带回公司洗片室进行冲洗。废显（定）影液和废旧胶片使用专用容器收集，暂存于洗片室内，暂存区域进行防渗处理，专用容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账，最终交由有资质的单位处置。

根据建设单位提供资料，公司每年拍片约10000张，每张片子平均约10g，共计100kg/a。每洗100张片子约产生废显（定）影液5kg，共计500kg/a。

事故影响分析

一、事故分级

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，详见表 11-12。

表 11-12 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾
较大辐射事故	III 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以上（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

本项目 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 属 II 类放射源、X 射线探伤机属 II 类射线装置，可能发生特别重大辐射事故、重大辐射事故。

二、 γ 现场探伤事故影响分析

1、可能的风险事故

本项目的环境风险因子为 γ 射线，危害因素为射线超剂量照射。

γ 放射源使用过程中可能发生的辐射事故主要包括以下几点：

(1) 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监测，对工作人员和现场周围公众造成照射；

(2) 射线探伤前清场不完全或在探伤过程，警戒工作不到位，致使探伤工作人员或公众误入控制区和监督区，使其受到超剂量的外照射；

(3) 操作人员出现误操作，对探伤工作人员和现场周围公众造成照射；

(4) 管理不善导致放射源损坏或丢失，导致接触放射源的人员受到超剂量照射；

(5) γ 射线探伤时由于机器设备原因出现卡源而导致操作人员受到超剂量照射。

2、辐射事故影响分析

(1) 放射源丢失事故影响分析

本项目放射源内置于 γ 探伤机中，探伤机机体主要用于屏蔽 γ 射线，采用屏蔽材料，设计有双保险等多种安全联锁装置；但由于其野外作业等诸多因素，可能存在现场保管不善，发生放射源丢失、被盗，造成公众超剂量辐射事故。根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中：对于手提式 γ 射线探伤机，距容器外表面 5cm 处空气比释动能率控制值 0.5mGy/h；权重因数取 1，如果事故持续发生 2.0h，将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 1mSv/a 剂量限值。

(2) 放射源丢失后裸源事故影响分析

由于公众对于放射源认识不足，可能存在 γ 射线探伤机被拾取或偷盗后，探伤机机体遭到破坏或放射源被取出，造成公众超剂量辐射事故。

根据《辐射防护导论》（原子能出版社，方杰著）， γ 放射源裸源状态的剂量当量指数率按公式 11-1~11-2 计算。由此计算的放射源裸露状态下，放射源周围的剂量水平见表 11-13。

表 11-13 裸源情况下不同距离处的 γ 辐射剂量率估算

辐射剂量率 (mSv/h) 距离 (m)	Ir-192	Se-75
0.05	161680	698400
0.1	40420	174600
0.2	10105	43650
0.5	1617	6984
1	404	1746
5	16.168	69.840
10	4.042	17.460
50	0.1617	0.6984
100	0.0404	0.1746
500	0.0016	0.0070
1000	0.0004	0.0017

注：Ir-192 和 Se-75 放射性活度均为 100mCi (3.7×10^{12} Bq)

距放射源 0.5m 处， ^{192}Ir 、 ^{75}Se 最大辐射剂量率为 1617mSv/h、6984mSv/h，经计算如果 ^{192}Ir 、 ^{75}Se 裸露事故持续发生 2.23s、0.052s，将造成公众受到超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估算值不应超过下述限值：年有效剂量，1mSv”规定剂量限值。

(3) “卡源”或“源脱”事故影响分析

当“卡源”或“源脱”事故发生后，应采取以下措施：

① 如果现场条件允许，应控制辐射区域，还可采用铅板压盖的方法减少辐射区域范围，禁止无关人员进入控制区，直到防护组或专家到达现场，对现场情况进行处理。

② 如现场条件复杂、狭小、无法做到迅速撤离辐射现场周边公众成员，此时必须立即采取措施，减少对公众的影响，现场工作人员须在专业人员或专家的指导下，可借助前端带抓钩的长杆（或其他辅助工具）迅速将源辫塞入铅罐内，或利用现场条件进行屏蔽（如：沟槽、深井等）。在工作人员处理以上情况时，必须佩戴个人剂量报警仪和个人剂量计。

压盖铅板和采用抓钩将源塞入铅罐内的过程，保守估算辐射工作人员距离放射源最近距离约为1m，操作时间为1min。相同活度、相同距离下， ^{192}Ir 比 ^{75}Se 产生的辐射环境影响大，因此在不利情况下，以 ^{192}Ir 放射源计算该事故的辐射剂量率。

根据表11-1，距放射源 ^{192}Ir 1m处的空气吸收剂量率为 $116.55\mu\text{Sv/h}$ ，剂量转换因子为1，则工作人员在1min内所受剂量约为 $1.94\mu\text{Sv/h}$ ，按照每年该事故发生3次计，辐射工作人员的年有效剂量约为 0.006mSv/a 。

在处理完事故后，尽快对处理卡源、脱源事故的工作人员的个人剂量计进行检测。一旦发现个人剂量超标现象，及时采取相应的措施。建设单位应定期检查、维修设备，尽量避免此类卡源事故的发生。

(2) 配置必要的辐射监测仪器对探伤机周围实施必要的监测，及时发现使用过程中射线的泄露；

(3) 应严格制定防范措施，经常对设备的性能进行检查，禁止使用超过10年的探伤装置，做好探伤机的贮存工作。

(4) 加强对 γ 射线探伤机的贮存、使用现场的管理，防止探伤机被盗、丢失。

(5) 制定严格的规章制度，加强安全防护意识，在探伤现场搞好警戒工作，严防工作人员和公众误留在警戒区内。

(6) 加强工作人员的教育与培训，正确佩戴个人剂量计，并定期检测。如发现超剂量，应进行调查，改善防护条件或措施。

3、风险防范措施

由于本项目存在发生事故的风险，所以必须制定相应的风险防范措施。

(1) 公司应制定严格的放射源管理制度， γ 射线探伤机运抵探伤现场后，应及时进行接收登记，并安排专人看管，防止 γ 射线探伤机处于无人监控的状态。

(2) 应严格按照操作规程进行，对未经培训的探伤工作人员严禁进行探伤操作。

(3) 定期对探伤机的各个组成部分，特别是输源管、控制缆及连接接头部位进行检查，对发现有问题的部件应及时更换或维修（本项目更换或维修由设备厂家负责实施）。

(4) 制定放射源事故风险的应急预案，一旦发生事故能及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理。

三、X 现场探伤事故影响分析

1、可能的风险事故

(1) 探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成额外照射；

(2) 操作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

(3) X射线机被盗，使X射线机使用不当，造成周围人员的不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

2、辐射事故影响分析

(1) 误照射事故影响分析

当 X 射线探伤工作过程中，探伤机定时开机功能故障，工作人员还未撤离即曝光，对工作人员造成误照射；或有无关人员误闯入监督区，此时会对该人员造成误照射。应当定期检查、维修设备，并加强探伤过程中的巡查，尽量避免误照射的发生。

(2) X 射线探伤机丢失事故影响分析

由于公众对于射线装置认识不足，可能存在 X 射线探伤机被拾取或偷盗后接通电源，造成公众超剂量辐射事故。

3、风险防范措施

(1) 定期对探伤机进行维护，现场探伤时，先进行清场，控制区边界悬挂“禁止进入X射线区”警告牌，监督区边界设置“无关人员禁止入内”警告牌、设置专人警戒巡逻。并在控制区边界设置“预备”和“照射”状态的工作信号灯；

(2) 本项目操作人员均进行专业培训，并加强管理，禁止未经过培训的操作人员操

作X射线机；

(3) 加强对X射线机在贮存、使用现场的管理，防止发生射线机的被盗、丢失发生上述不必要照射事故（件）时，对环境只是造成暂时性的辐射污染，停机后污染随之消失。发生照射事故时应及时切断电源，必要时启动应急预案，对受照人员进行剂量评估，同时要医学处理。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射安全与环境保护管理机构

根据《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）中对核技术利用单位辐射安全管理的标准化建设提出了要求（见表 10-2），因此，陕西毅腾技术检测有限公司应成立以公司主要领导为组长，项目负责人为成员的辐射安全与环境保护管理小组，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并安排专业人员兼职负责该公司辐射安全工作。

二、辐射安全与环境保护管理小组主要职责

- (1) 认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；
- (2) 对公司使用的放射源和射线装置的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，发现安全隐患的应及时进行整改，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) 记录公司发生的放射事故并及时报告卫生行政部门、环境保护主管行政部门。

三、人员配备与职能

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

陕西毅腾技术检测有限公司拟为本项目调配 7 名辐射工作人员，其中 3 人同时参与 X 现场探伤和 γ 现场探伤，剩余 4 人仅参与 γ 现场探伤。辐射工作人员应根据《关

于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（公告 2019 年 第 57 号）要求，新从事辐射活动的人员，应当经国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

本项目使用 γ 射线探伤机、X 射线探伤机进行现场探伤，根据相关法律法规要求，陕西毅腾技术检测有限公司应制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《同位素与射线装置管理制度》、《 γ 射线探伤机操作规程》、《X 射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度。

陕西毅腾技术检测有限公司需在取得《辐射安全许可证》且通过项目竣工环境保护验收合格后方可投入使用，现场探伤过程中应严格按照规章制度执行，按照监测计划对辐射环境进行监测，编制年度辐射安全与环境管理评估报告。

辐射监测

一、辐射监测

为了保证本项目运行过程的安全，为控制和评价辐射危害，设置了相应的辐射剂量监测手段，使工作人员和公众所受照射尽可能低。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）中的相关规定，本项目监测内容包括：个人剂量监测、工作场所监测。

1、监测仪器

陕西毅腾技术检测有限公司应配备如下监测仪器：

- (1) 2 台便携式辐射检测仪，用于环境辐射剂量率的监测；
- (2) 为 7 名辐射工作人员各配备 1 台个人剂量计；
- (3) 为辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪。

2、监测计划

陕西毅腾技术检测有限公司 γ 射线现场探伤作业特点，制定辐射环境监测计划。个人剂量监测和工作场所监测的监测内容、监测点位布设及监测频次见表 12-1、12-2。

表 12-1 γ 现场探伤辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	监测目的
1	无损检测现场	空气比释动能率	探伤作业现场	现场探伤前、后放射源交接时各监测 1 次	确认放射源位于探伤机中
			探伤作业现场--警戒线边界处	控制区、监督区边界确定时监测 1 次；现场探伤期间，对监督区进行巡测	确定控制区、监督区边界，并确保周边剂量符合要求
			探伤作业现场	每次曝光结束后，对放射源容器表面监测 1 次	确认放射源返回探伤机中
2	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	建立个人剂量档案
3	探伤设备	完好性及数量	源容器安全保卫设施及电离辐射警示标志	每月自查 1 次	确保探伤设备完好性

表 12-2 X 现场探伤辐射环境监测计划表

序号	工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	监测目的
1	无损检测现场	空气比释动能率	探伤作业现场--警戒线边界处	控制区、监督区边界确定时监测 1 次；现场探伤期间，对监督区进行巡测	确定控制区、监督区边界，并确保周边剂量符合要求
			探伤作业现场	探伤机停止工作时，对操作人员所在位置进行检测	确认探伤机已停止工作
2	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	建立个人剂量档案

二、环保投资估算

根据《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序的相关规定》，并根据项目实际情况，本项目环保设施（措施）要求及投资估算见表 12-3。

本项目总投资 200 万元，环保投资 5 万元，占总投资的 2.5%。

表 12-3 项目环保投资估算表

类别	环保设施/措施	数量	投资金额（万元）	备注
防护设施	铅衣	4 套	2.0	/
	铅手套	4 套	0.1	
	大功率喊话器	2 个	0.2	/
	个人剂量报警仪	2 个	0.4	/
	安全警戒线	4 盘	0.2	/
	警示标志	若干	0.2	/
监测	便携式辐射检测仪	2 台	1.2	/
	个人剂量计	7 个	0.7	/
合计			5.0	/

三、竣工环境保护验收内容及要求

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），本项目竣工后，建设单位应按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，及时对本项目配套建设的环境保护设施进行验收，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（建议）见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
1	辐射安全与环境管理领导机构和辐射事故应急领导组织	设立以公司主管领导为组长，相关部门负责人参加的辐射安全与环境管理小组，负责整个公司辐射安全与环境管理工作	以文件形式成立辐射安全与环境管理小组
2	辐射环境监测	监测工作场所放射性污染以及放射源所处状态，避免相关人员受到不必要的辐射	放射性工作场所及其周围环境进行监测，保存监测记录
3	工作场所设立电离辐射警示标志	防止无关人员进入边界以内的操作区域	现场探伤区域边界设置警戒线以及电离辐射警示标志
4	监测仪器	探伤小组均应配备相应的监测仪器	含便携式辐射检测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等
5	个人剂量档案和健康档案	进行放射性同位素操作时按要求佩戴个人剂量计，每个季度送有资质监测机构监测 1 次；并建立个人剂量档案和健康档案	确保相关人员安全：工作人员年有效剂量低于 5mSv，公众年有效剂量低于 0.25mSv
6	辐射防护用品	现场探伤操作人员配备个人防护用品	配备铅衣、手套等个人防护用品

续表 12-4 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施	验收效果和环境预期目标
7	放射性工作人员资质	放射性工作人员均按要求参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核	参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核
8	危险废物暂存设施	危险废物暂存区域进行防渗处理，危险废物使用专用容器暂存，容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账等。	符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）
9	标准化建设	按《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）要求进行标准化建设	制定《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《同位素与射线装置管理制度》、《γ射线探伤机操作规程》、《X射线探伤机操作规程》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员健康体检管理制度》、《辐射环境监测制度》、《辐射监测设备使用与检定管理制度》、《放射性事故应急处理预案》等规章制度
			确保现场探伤操作与管理的标准化

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》第四十一条之规定：“生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，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。”陕西毅腾技术检测有限公司应结合公司实际运行情况和本项目事故工况分析，应制定《辐射事故应急预案》并成立事故应急组织机构，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。

一、辐射应急预案内容

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《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工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29号）中对于辐射事故应急预案应包含的内容都提出了要求，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	具体条文	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 449 号令）	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
3	《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年 7 月 31 日修正）	第三十二条	应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序
4	《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的<陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）	辐射安全管理部分--应急管理	应急预案应当包括下列内容：（一）可能发生的辐射事故及危害程度分析；（二）应急组织指挥体系和职责分工；（三）应急人员培训和应急物资准备；（四）辐射事故应急响应措施；（五）辐射事故报告和处理程序

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

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

二、辐射事故应急预案启动与报告

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部第18号令）中要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在2h内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府环境保护主管部门报告；还应当同时向当地人名政府、公安部门和卫生主管部门报告。

三、应急演练及应急预案修订

应急预案编制后，陕西毅腾技术检测有限公司应当定期组织开展应急演练，并根据演练中发现的问题，完善修订应急预案，维持应急能力。

表 13 结论与建议

<p>一、结论</p> <p>1、项目概况</p> <p>项目名称：陕西毅腾技术检测有限公司现场探伤核技术应用项目</p> <p>建设单位：陕西毅腾技术检测有限公司</p> <p>建设性质：新建</p> <p>建设内容：陕西毅腾技术检测有限公司拟购置 5 台 γ 射线探伤机（1 台 ^{192}Ir 探伤机，4 台 ^{75}Se 探伤机）和 2 台 X 射线探伤机（1 台 XXG-3005 探伤机，1 台 XXG-2505 探伤机），用于渭南市的现场探伤作业。</p> <p>环保投资：本项目总投资 200 万元，其中环保投资 5 万元，占总投资 2.5%。</p> <p>陕西毅腾技术检测有限公司仅开展射线装置和放射源的现场探伤业务，放射源的暂存、运输等委托陕西晟境环境科技有限公司承担（运输服务合同见附件 2，放射源委托保管协议见附件 3）</p> <p>2、实践正当性结论</p> <p>陕西毅腾技术检测有限公司拟购置 5 台 γ 射线探伤机和 2 台 X 射线探伤机，用于渭南市的现场探伤作业，从而确保工件的质量。在公司制度及辐射防护措施的保障下，该项目的开展所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。</p> <p>3、辐射安全防护结论</p> <p>(1) γ 现场探伤</p> <p>现场探伤用 γ 放射源存于探伤机的源容器中，探伤现场安排安全员专人看管，并严格台账管理制度。现场探伤操作人员，穿戴符合要求的专用工作服、口罩和手套等个人防护用品，并进行统一保管和处理。作业控制区、监督区边界设置警戒线，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”；在控制区边界还应放置“禁止进入放射工作场所”标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌；专人警戒，并由作业班组的安全员负责巡视，避免无关人员进入。</p> <p>(2) X 现场探伤</p>

现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式辐射检测仪。开始探伤工作之前，应对巡测仪进行检查，确认巡测仪能正常工作。现场探伤操作人员，穿戴符合要求的专用工作服、口罩和手套等个人防护用品，并进行统一保管和处理。作业控制区、监督区边界设置警戒线，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”；在控制区边界还应放置“禁止进入 X 射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。

本项目将空气比释动能率大于 $15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内划分为控制区，将空气比释动能率 $2.5\sim 15\mu\text{Gy/h}$ 的范围内划分为监督区。

4、环境影响分析结论

(1) 现场探伤环境影响分析

① γ 射线现场探伤职业人员年附加有效剂量

本项目现场探伤小组至少 2 名操作人员，假设现场探伤过程中，探伤机的搬运、输源管的连接、送源、收源等步骤均由每组成员中的同一个人完成。根据辐射剂量估算结果，操作人员年附加有效剂量最大值为 2.9749mSv ，安全员年附加有效剂量最大值为 1.5071mSv 。现场探伤实际操作过程中，操作人员和安全员由 3 个作业班组轮换作业；故操作人员和安全员年附加有效剂量约为 1mSv 、 0.5mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值 and 本次环评提出的年管理剂量约束值（ 5mSv ）。

② X 射线现场探伤职业人员年附加有效剂量

本项目现场探伤小组至少 2 名操作人员，假设现场探伤过程均由每组成员中的同一个人完成。根据辐射剂量估算结果，操作人员和巡查人员年附加有效剂量最大值均为 3mSv ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值 and 本次环评提出的年管理剂量约束值（ 5mSv ）。

③ 叠加作业所致工作人员年附加有效剂量

陕西毅腾技术检测有限公司拟配备的 7 名放射性工作人员中，有 3 人同时参与 X 现场探伤和 γ 现场探伤，应考虑两种探伤叠加的年受照剂量。在最不利情况下，即工作人员在 2 种探伤作业中均担任操作人员的角色，其年附加有效剂量最大为 $1+3=4\text{mSv}$ ，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中职业照射限值 and 本次环评提出的年管理剂量约束值（ 5mSv ）。

④ 公众年附加有效剂量

现场探伤前，应预先划定控制区和监督区，在控制区和监督区边界放置“当心电离辐射”； γ 射线探伤时，在控制区边界还应放置“禁止进入放射工作场所”标牌，在监督区边界放置“禁止公众进入”标牌，公众人员不得进入；X射线探伤时，在控制区边界还应放置“禁止进入X射线区”标牌，在监督区边界放置“无关人员禁止入内”标牌，警示无关人员不可误入作业现场。一般情况下在，公司现场探伤机只在其他工作人员下班后的夜间使用，且探伤过程有专人警戒，防止无关人员进入施工现场；现场探伤多为流动式作业，不会在同一位置长期作业，故一般情况探伤过程对公众的影响甚微。

(2) “三废”影响分析

① 退役/废旧放射源

评价要求购进放射源时与厂家签订放射源回收协议，退役/废旧放射源由厂家回收。并应委托有资质的单位运输，任何情况下废放射源不得私自处置。

γ 射线探伤机换源由放射源厂家负责，如需在贮源库进行换源，应在贮源库周围设置警戒区，由放射源厂家相关授权人员进行换源操作和警戒，并携带铅粒包等应急用品，其他人员禁止进入。如需将探伤机运回厂家，在厂家进行换源，应委托有资质的单位进行运输。

② O_3 和 NO_x

本项目X射线探伤机开机后会产生X射线； γ 射线探伤机运行过程中，放射源 ^{192}Ir 可释放 β 、 γ 射线，放射源 ^{75}Se 可释放 γ 射线。X射线探伤机和 γ 射线探伤机产生的X、 γ 射线会使空气电离，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。

③ 废显（定）影液及废旧胶片

本项目探伤拍片后洗片产生的废显（定）影液和废旧胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中HW16（废物代码900-019-16）感光材料废物。本项目将现场探伤胶片带回公司洗片室进行冲洗。废显（定）影液和废旧胶片使用专用容器收集，暂存于洗片室内，暂存区域进行防渗处理，专用容器外张贴危险废物标签，建立危险废物台账，最终交由有资质的单位处置。

5、环境影响可行性结论

陕西毅腾技术检测有限公司只要严格执行国家相关法律法规和标准要求，建立健全各项规章制度，加强运行管理；切实落实本报告表中提出污染防治措施和建议，本项目对工作人员和公众产生的辐射影响就可以控制在国家标准允许的范围之内，其所带来的利益远大于其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。因此从辐射环境保护角度分析，该项目可行。

二、建议和承诺

(1) 辐射操作人员必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名学习并通过考核，考核合格后才能上岗。

(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。每年开展一次辐射事故应急演练，增强事故应急能力，常备不懈。

表 14 审批

预审意见:

经办人:

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见：

经办人：

单位公章

年 月 日