

表 1 项目概况

单位名称	陕西鑫凯高压电气配套有限公司		地址	咸阳市兴平市西吴镇茂陵旅游路南段西侧	
法人代表姓名	汤勇		电话	13891922000	邮编 713199
联系人及电话	邓加良 18092598185				
项目名称	工业 X 射线探伤项目	项目地点	咸阳市兴平市西吴镇茂陵旅游路南段西侧		
项目用途	无损检测	项目依据	/		
总投资 (万元)	100 万		核技术项目投资 (万元)	80	
核技术项目环保投资 (万元)	20		环保投资占核技术项目投资比例 (%)	25%	
应用类型	放射性同位素应用	密封源	射线装置		其它
	/	/	工业 X 射线探伤机 2 台, 属 II 类射线装置		/
<p>1 核技术应用的目的是任务:</p> <p>1.1 目的和任务</p> <p>无损检测目的:</p> <p>工业 X 射线无损检测应用: 主要利用工业 X 射线机产生的 X 射线对需要进行检测的部件的焊缝进行拍片, 得到部件焊缝的拍片资料, 通过对片子影像资料的分析, 达到判断部件质量是否符合质量要求的目的。</p> <p>主要任务:</p> <p>陕西鑫凯高压电气配套有限公司无损检测目前的主要任务是对压力容器的焊缝无损检测, 检查焊缝的焊接质量。</p> <p>1.2 单位概述</p> <p>陕西鑫凯高压电气配套有限公司成立于 2003 年 11 月 23 日。主营钣金、铆焊、机械零配件加工、电器设备安装、输变电高压开关、互感器壳体加工制造, 现有员工 60 人, 其中硕士以上学历 2 人, 本科学历 5 人。</p>					

公司主要为西开电气、平高东芝、平高电气、韩国晓星生产制作各类不同电压等级的压力容器等。

公司下设总经理办公室、人力资源部、财务部、营销部、生产制造部、质量管理部、技术部、设备维修部 8 大部门；下料车间、钢罐车间、铝罐车间、机加车间四大生产车间。

陕西鑫凯高压电气配套有限公司拟在厂区东北角新建探伤室一座，购置 1 台 XXQ2505D（定向）和 1 台 XXH1605C（周向）X 射线探伤机。

探伤机型号和技术指标见表 1.2-1。

表 1.2-1 探伤机型号及技术指标

名称、型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	数量 (台)	备注
XXQ2505D (定向)	250	5.0	1	丹东新科
XXH1605C (周向)	160	5.0	1	丹东新科

根据《射线装置分类办法》，工业 X 射线探伤机为 II 类射线装置。根据国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和国家环保总局第 31 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，该公司的工业 X 射线探伤装置的应用应编制环境影响报告表。陕西鑫凯高压电气配套有限公司委托核陕西科荣环保工程有限责任公司编制工业 X 射线装置应用的环境影响报告表，在接受委托后，我公司随即组织有关技术人员进行现场调查，收集相关资料，同时对探伤室的工作现场进行监测。在对相关资料的整理分析的基础上，依据 HJ/T10.1-1995《辐射环境保护管理导则—核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》，编制本环境评价报告表。

1.3 编制依据：

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》2003 年；
- (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年；
- (4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 253 号令；
- (5) 《放射性同位素与射线装置放射防护条例》，国务院第 449 号令；
- (6) 《陕西省放射性污染防治条例》，2014 年；

(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，国家环境保护总局第 31 号令；

(8) 《射线装置分类办法》，国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号；

(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，环境保护部令第 33 号；

(10) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定环境保护部令第 3 号；

(11) 《辐射环境保护管理导则-核技术应用项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-1995）；

(12) 陕西鑫凯高压电气配套有限公司委托开展环境影响评价的委托书。

1.4 评价标准：

1.4.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 的相关内容

GB18871-2002 的相关内容如下：

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（本项目取其四分之一即 5mSv 作为职业工作人员的年剂量约束限值）

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（本项目取其四分之一即 0.25mSv 作为公众人员的年剂量约束限值）

1.4.2 《工业 X 射线探伤卫生防护标准》GBZ117-2015 的相关条款

4 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开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) 人员再关注点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临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-机连锁装置，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-机连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 射线探伤装置连锁。”

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不小于 3 次。”

1.4.3 《工业 X 射线探伤房辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

1.4.4 《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》（GB 22448-2008）

1.5 控制与保护目标：

1.5.1 控制目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015),确定本项目的管理目标为:职业人员年有效剂量不超过 5mSv,公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

1.5.2 保护目标

主要保护目标为射线装置使用场所的工作人员以及射线装置工作场所周围的公众所接受的剂量应达到《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)和《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)规定的剂量限值 and 评价提出的剂量约束值以下。

1.6 评价单位及评价许可证

陕西科荣环保工程有限责任公司持有国家环保总局颁发的《建设项目环境影响评价资质证书》,证书编号为:国环评证乙字第 3623 号,业务范围为:化工石化医药、社会区域、建材火电、采掘、输变电及广电通讯。报告表评价范围为:一般项目环境影响报告表;特殊项目环境影响报告表。

1.7 评价范围

评价范围为 X 射线探伤室屏蔽墙外公众近距离活动的范围。

1.8 探伤室周围环境敏感目标分布

根据该公司平面布置及探伤室的位置以及周围建筑物、人群分布情况,探伤室周围的环境保护目标见表 1.8-1。

表 1.8-1 主要环境保护目标

序号	保护对象		相对方位	距离 (m)	保护内容	控制目标
1	射线装置工作人员		工作场所		年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv
2	公众	容器车间工作人员	探伤室南侧	紧邻		年有效剂量不大于 0.25mSv

表 2 放射性同位素及密封源

核素名称	放射性活度 (Bq)	物理、化学性状	日等效操作量 (Bq)	年等效用量 (Bq)	操作方式	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/

- 注：1. 密封源要注明并说明源强 (Bq)；栏 2 中放射性活度是指核素年使用量 (Bq/a)。
 2. 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)。
 3. 等效操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)。

表 3 废弃物（重点是放射性废弃物）

废弃物名称	状态	排放口浓度	年排放总量	暂存情况	最终去向
洗片废液	液态	/	100L	容器暂存	具有危废处置资质的单位回收处置
该项目运行过程中不产生放射性“三废”	/	/	/	/	/

注：1. 常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³；年排放总量用 kg。

2. 含有放射性的废弃物要注明，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 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

名称型号	生产厂家	加速粒子	能量 (MeV)	流强 (μA)	用途	备注
/	/	/	/	/	/	/
废物类型	数量	总活度 (Bq)		主要感生放射性核素	废物去向	
废靶	/个	/		/	/	
放射性废物年产生量	气态 / m ³	/				
	液态 / m ³	/				
	固态 / kg	/				

(二) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

名称型号	生产厂家	电压 (kV)	靶流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	备注
/	/	/	/	/	/	/
氚靶情况 (含废弃的)			含放射性废弃物年产量 (含感生的和含 ³ H 的废泵油)			
活度 (Bq)	保管方式	备注	数量	总活度	放射性活度	废物去向
/		/	气 /m ³	/	/	/
			液 /m ³			
			固 /kg			

(三) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗 (含 X 射线 CT 诊断)、分析仪器等

名称、型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	用途	备注
X 射线定向探伤仪 XXQ2505D	250	5.0	无损检测	丹东新科, II 类
X 射线周向探伤仪 XXH1605C	160	5.0	无损检测	丹东新科, II 类

表 5 污染源分析（包括贯穿辐射污染）

5 主要放射性污染物和污染途径（正常工况和事故工况）

5.1 探伤机工作原理

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、钽等）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。典型的 X 射线管结构见图 1。

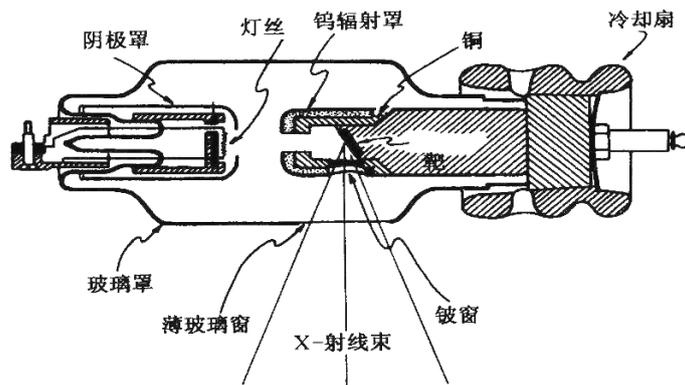


图 1 典型 X 射线管结构图

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

X 射线通过物质时，其强度逐渐减弱，其还有个重要性质，就是能使胶片感光。当 X 射线照射胶片时，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相作用。把这种曝过光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片灯上观察，根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位黑度图象的差异，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等，这就是射线照相探伤的原理。根据探伤机出束方式探伤机分为定向和周向两种类型，见图 2。

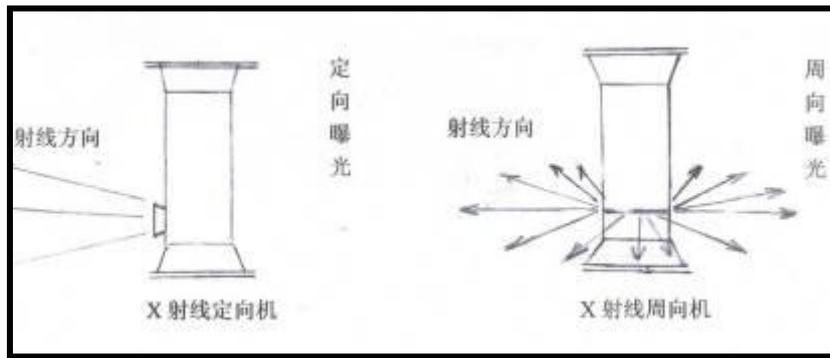


图 2 两种类型的探伤机

5.2 探伤操作流程

- (1) 将 X 射线发生器射线出束口置于所需探伤的工件或容器焊缝附近，在工件或焊缝的另一侧贴上胶片；
- (2) 将控制器与 X 射线发生器用连接电缆连接好，确认各连接电缆连接正确，接通电源、开机；
- (3) 根据检测工件的材料厚度设定曝光参数（曝光所要使用的管电压值和曝光时间值）启动曝光操作；
- (4) 曝光结束，取回胶片，洗片，根据胶片分析工件或容器焊缝是否有缺陷。

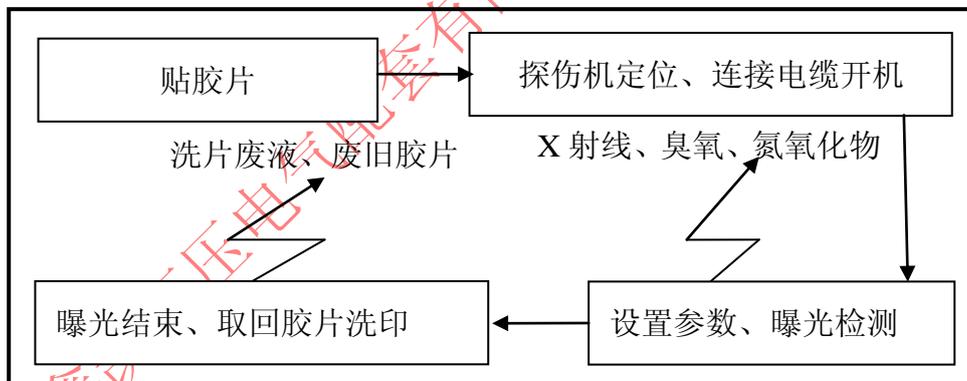


图 3 探伤机工作流程图

5.3 污染因子

(1) X 射线

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

(2) 臭氧和氮氧化物

该项目拟购的 2 台 X 射线探伤机工作时的最大管电压为 300kV，管电流为

5mA, 0.6kV 以上的 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的臭氧和氮氧化物。

(3) 废显(定)影液及废旧胶片

该项目探伤拍片产生的洗片废显(定)影液(含重金属)以及废旧胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16(废物代码 900-019-16), 建设单位已与陕西新天地固体废物综合处置有限公司签订了废显、定影液及胶片处置协议(见附件), 委托其进行回收并处置。

5.4 探伤作业工况

陕西鑫凯高压电气配套有限公司的探伤人员拟采用 1 班 6 小时工作制, 探伤机曝光时间与停机休息时间为 1: 1, 每天曝光时间最大为 240min, 全年工作日数 250 天, 全年曝光时间最大为 1000h。

5.5 污染途径

5.5.1 正常工况

陕西鑫凯高压电气配套有限公司固定探伤室建在厂区东北角, 紧邻容器厂房。X 射线探伤室为专用探伤室, X 射线探伤机在工作过程中不产生气、液态污染物, 其污染物为 X 射线装置工作时所产生的 X 射线, X 射线经透射、反射, 对作业场所及周围环境产生辐射影响。

5.5.2 事故工况

工业 X 射线固定探伤的事故主要为:

①当射线装置处于开机运行状态时, 人员误入照射室或辐照控制区所受到的意外照射事故, 为防止人员在 X 射线探伤机处于开机运行状态时进入探伤室, 在探伤室的工件出入口和人员出入口安装灯光报警装置, 提醒人员射线装置处于工作状态, 不要靠近照射室和控制区, 并经常检查报警装置处于良好的工作状态, 防止由于报警装置出现故障, 人员误入照射室受到照射的事故。

②当射线装置进入工作状态而探伤室的防护门未关闭, 导致大量射线进入周围环境, 对周围的人员产生照射事故, 为防止此类事故的发生, 应保证射线装置的门-机连锁装置处于良好的工作状态。

③射线装置意外开机事故, 当操作人员处于透照室内时, 由于信号误传, 导

致探伤机启动，进行探伤作业，使透照室内人员受到意外照射事故，故要求当人员进入透照室时，控制台必须有一人操作人员值班，否则，当人员进入透照室时，探伤机应切断电源，防止发生意外事故。

5.6 监测计划和污染防治措施

5.6.1 监测计划

(1) 公司应根据探伤室的工作情况，不定期对射线装置工作场所及周围环境进行监测；

(2) 每年委托有辐射监测资质的单位对探伤室周围的辐射环境进行复合性监测一次。监测计划见表 5.6-1。

监测项目为：X-γ 辐射剂量率。

个人剂量计每季度送检一次，定期对操作人员进行健康检查，并建立个人健康档案和计量档案。

表 5.6-1 辐射环境监测计划

监测项目	监测地点	监测周期
X-γ 辐射剂量率	操作室	自主监测不定期进行；复合监测每年一次
	防护门	
	屏蔽墙	
	探伤室周围环境(东侧防护门外 1 个、北侧屏蔽墙外 1 个、西侧屏蔽墙外 1 个、南侧操作室外 1 个)	
个人剂量计		每季一次

5.6.2 污染防治措施

工业 X 探伤机的使用，应制定防辐射污染的措施，评价对该公司的 X 射线污染的防治提出以下措施：

(1) 探伤机操作人员在操作时应佩戴个人剂量计，并定期送检剂量计，确保操作人员所接受的剂量在国家标准限值以下，保证操作人员的身心健康。

(2) 对探伤室周围的辐射剂量率应定期监测，防止由于辐射屏蔽的效果的降低，探伤室外环境的辐射剂量率超过标准限值。

(3) 探伤室的防护门应设置照射信号报警装置，在探伤机工作期间提醒人们不要接近探伤室。

(4) 要求探伤机设置门-机联锁装置，探伤机的联锁装置应处于良好的工作状态，防止防护门未关闭探伤机进入工作状态，使大量 X 射线外泄。

表 6 环境影响分析

6 建设或安装过程和运行（使用）后对环境的影响的分析

6.1 项目概况：

6.1.1 地理位置

陕西鑫凯高压电气配套有限公司位于咸阳市兴平市西吴镇茂陵旅游了南段西侧，公司东临高速公路，西侧为西安北城电子有限责任公司的预留地，北侧为空地，南侧为乡村道路。公司的地理位置见图 4。



图 4 地理位置图

6.1.2 规模

陕西鑫凯高压电气配套有限公司在厂区东北角新建 1 个探伤室并配置 2 台探伤机，探伤机技术参数及分类见表 6.1-1。

表 6.1-1 探伤机技术参数及分类一览表

序号	型号	分类	用途	技术参数		运行时间	生产厂家
				管电压 kV	管电流 mA		
1	XXQ2505D	II	无损检测	250	5.0	未运行	丹东新科
2	XXH1605C	II	无损检测	160	5.0	未运行	丹东新科

6.1.3 探伤室位置的合理性分析

陕西鑫凯高压电气配套有限公司探伤室位于厂区东北角。探伤室北侧为厂区围墙，围墙外为农田；南侧紧邻新建的容器厂房；东侧为厂区仓库。周围无常住居民。根据该探伤室所处位置以及周围的环境状况，评价认为该探伤室的选址基本合理。

为进一步保障公众安全，探伤室各防护墙采用 500mm 的混凝土，墙顶厚度为 400mm 的混凝土。根据该探伤室所处位置以及周围的环境状况，评价认为该探伤室的选址合理。该公司厂区的平面布置、探伤室的位置及四邻关系见图 5。

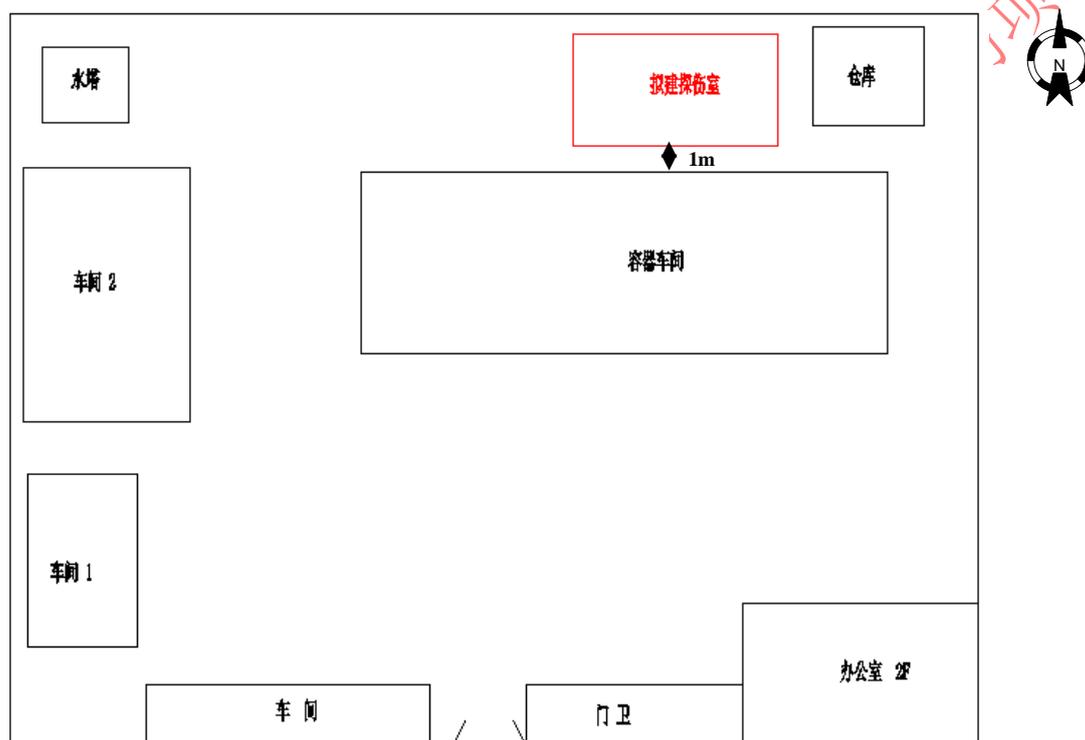


图 5 公司总平面布置、探伤室位置及探伤室四邻关系图

6.2 辐射环境现状

根据 2012 年《陕西省辐射环境质量报告》，咸阳市陆地 γ 辐射空气吸收剂量率监测值在 67.5~102.4nGy/h，均值为 80.9nGy/h。与《陕西省环境伽马辐射剂量水平现状研究》（1988 年）报告中在同一水平范围（全省室内为 87~203nGy/h，平均值为 130nGy/h，室外为 66~188nGy/h，平均值为 99nGy/h）。所以该厂区周围辐射环境本底属正常辐射环境本底水平。

6.3 辐射防护措施

6.3.1 探伤室的屏蔽

该公司的工业 X 探伤为专用探伤室，探伤室的各侧防护墙均采用 500mm 厚混凝土，房顶为 400mm 厚的混凝土。探伤室的防护门采用 18mm 的铅板及钢板组成，铅板固定在钢板上，防护门两面为 3mm 的钢板。防护门门框与防护墙重叠部分宽度不低于防护门与墙体之间缝隙的 10 倍。为保证防护门的辐射防护效果，防护门沉入地面下 200mm，可有效防护防护门底部缝隙的漏射线。操作间、评片室和暗室位于探伤室西墙外。探伤室长 11m、宽 4m，层高为 3.2m，探伤室面积约 44m²。探伤室平面布置图见图 6。

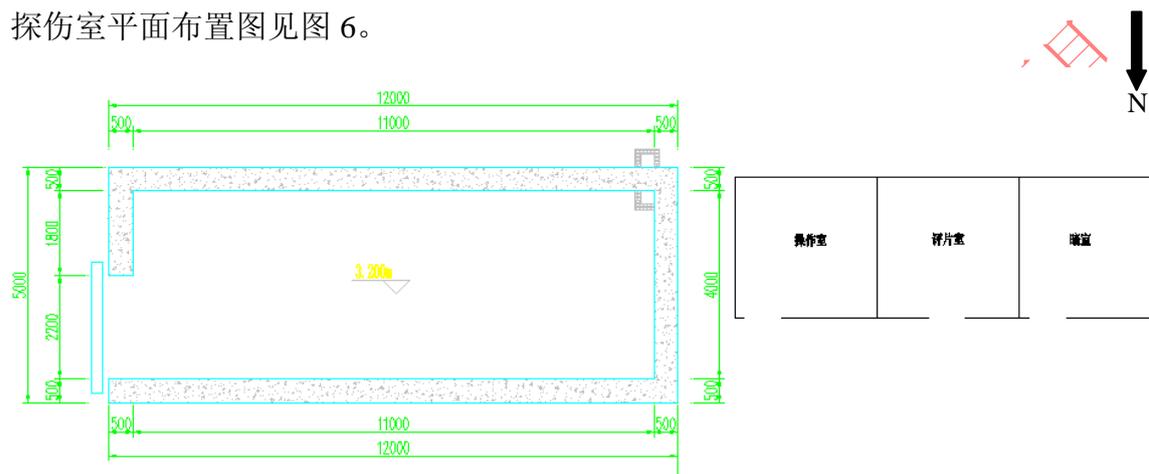


图 6 探伤室平面布置图

6.2.2 其他安全防护措施

探伤机设置安装门-联锁装置，防护门入口处要设有固定的“当心电离辐射”标志，探伤室出入口处要设置照射信号指示器报警装置等防辐射措施。

6.2.3 探伤工作时间、工作方式

该公司无损检测的工作时间在正常上班时间内进行。探伤作业全部在探伤室内进行，不进行现场探伤。

6.4 拟建探伤室的辐射屏蔽计算

6.4.1 拟建探伤室设计参数

根据该公司所提供的探伤室的结构，其探伤室的辐射防护的主要技术指标为：探伤室防护墙，东侧、西侧、北侧、南侧防护墙为 500mm 厚混凝土，房顶为 400mm 厚的混凝土。探伤室的防护门采用 18mm 的铅板及钢板组成，铅板固定在钢板上，防护门两面为 3mm 的钢板。

探伤室设计参数见表 6.4-1。

表 6.4-1 X 射线探伤室主要设计参数

项目名称	XXQ-3005 探伤机、XXH-2505 探伤机
屏蔽墙，混凝土（mm）	500 四侧墙壁
屋顶，混凝土（mm）	400
工件门铅屏蔽层，铅当量（mm）	18

6.4.2 辐射防护措施理论计算

目前，该 X 射线探伤机尚未安装到位，根据公司提供的相关技术资料，本次环评采用理论计算的方法验证该铅室的防护性能。探伤室四周屏蔽墙及屋顶外参考点的剂量率预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中非有用线束屏蔽效果预测模式。

(1) 有用线束屏蔽效果预测模式

根据 GBZ/T 250-2014，在给定屏蔽物质厚度 X 时，由附录 B.1 和 B.2 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (1) 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad (1)$$

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) 非有用线束屏蔽效果预测模式

①屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

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 (2) 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (2)$$

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL —见附录 B 表 B.2。

②泄漏辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式 (2) 计算，然后按式 (3) 计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$):

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

式中:

B 一屏蔽透射因子;

R 一辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, 单位为米 (m);

\dot{H}_L 一距靶点 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 GBZ/T 250-2014 表 1。

③ 散射辐射屏蔽

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B ，按 GBZ/T 250-2014 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 (2) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (4) 计算:

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (4)$$

式中:

I 一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 一距辐射源点 (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 一屏蔽透射因子;

F 一 R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (m^2);

α 一散射因子, 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 一辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, 单位为米 (m);

R_s 一散射体至关注点的距离, 单位为米 (m)。

(3) 周剂量预测模式

探伤室辐射工作人员和周围公众周剂量可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的公式 (4) 计算:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (4)$$

由式 (4) 可得到:

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (5)$$

上式中:

H—周剂量, $\mu\text{Sv}/\text{周}$;

\dot{H} —参考点处剂量率, $\mu\text{Sv}/\text{h}$;

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, 可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录表 A.1 得到;

t—探伤装置周照射时间, 单位为 h/周。

(4) 计算结果

估算过程中假定: 探伤过程中探伤机距离探伤室南北两侧屏蔽墙的距离均为 2m, 距离东西两侧屏蔽墙的距离均为 5.5m, 距离屋顶的最大距离为 2m; 参考点距离各屏蔽墙及屋顶表面的距离均为 30cm。本次环评以最大管电压 250kV, 最大管电流 5mA 的探伤机满功率运行, 计算曝光室的辐射屏蔽防护能力。探伤机主射线束由西向东进行发射, 将探伤室相关屏蔽防护参数代入公式, 可得到主射束所致参考点剂量率、泄露所致参考点剂量率和散射所致参考点剂量率的防护计算结果见表 6-1。

表 6-1 正常运行工况下的理论估算统计表 $\mu\text{Sv}/\text{h}$

名称	计算点	主射束所致计算点剂量率	泄露所致计算点剂量率	散射所致计算点剂量率	备注
XXQ2505D 型探伤设备	探伤室东墙 30cm 处	0.35	3.5×10^{-4}	3.8×10^{-3}	主射束
	探伤室西墙 30cm 处	/	3.5×10^{-4}	3.8×10^{-3}	墙外为控制室
	探伤室南、 北墙30cm	/	1.8×10^{-3}	1.9×10^{-2}	墙外为空地 和 容器车间
	探伤室顶部 30cm	/	1.9×10^{-3}	2.1×10^{-2}	顶部无建筑

注: 计算结果未包括天然辐射环境本底

据表 6-1 估算结果表明, X 射线探伤机正常运行工况下, 其探伤室屏蔽墙外参考点处的最大辐射剂量率为 $0.35 \mu\text{Sv}/\text{h}$, 满足标准中关注点最高剂量率参考控制

水平为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的要求。

6.5 辐射影响评价

6.5.1 射线探伤操作人员剂量估算

对于 X 探伤机操作人员所接受的剂量，根据工作时间和辐射剂量率进行估算。

该公司年工作 250d，每天开机时间约 4h，年检测时间约 1000h，控制室位于探伤室外。控制室内最大辐射剂量率约为 $0.0038 \mu\text{Sv/h}$ ；进行年有效剂量估算时，辐射工作人员居留因子取 1，根据公式（5）估算得到辐射工作人员的年受照剂量最大约为 0.0038mSv ，能够满足本项目管理目标要求，即职业人员年有效剂量不超过 5mSv 。

6.5.2 公众剂量估算

探伤室周围公众可达处最大辐射剂量率约为 $0.0019 \mu\text{Sv/h}$ ，进行年有效剂量估算时，公众居留因子取 $1/4$ ，则根据公式（5）估算得到：探伤室周围公众的年受照剂量最大约为 0.0005mSv ，能够满足本项目管理目标要求，公众年有效剂量不超过 0.25mSv 的要求。

6.5.3 废气对环境影响分析

在探伤作业时，X 射线使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（主要为 NO_2 ）。新建的探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口应朝向北侧的无人区。本项目探伤室体积约为 141m^3 ，则本项目探伤室内风机的通风量应不小于 $423\text{m}^3/\text{h}$ ，方能满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117 -2015）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。

公司采取机械排风的措施，曝光室内曝光过程中产生的少量臭氧和氮氧化物能够得到充分的稀释扩散，臭氧的半衰期为 22~25 分钟，常温下可以自行分解为氧气，对环境影响较小。

6.6 射线装置事故风险评价

6.6.1 事故风险因素分析

射线装置的事故风险主要为人员在射线装置处于工作状态时，误入照射室或人员未撤出照射室而射线装置开始工作，使人员受到照射。这类事故完全是可控制的事故，是可以避免的事故。关键在于健全的管理制度和严格的操作程序，操作人员的业务水平以及设备的良好状态，事故的防范措施以及按标准要求所配置的安全装

置的落实，可以确保射线装置的安全生产。同时在探伤室内部设置应急开关，当人员被误关在探伤室时以便应急启动。

6.6.2 射线装置事故剂量预测

当射线装置处于工作状态时，人员误入透照室，当人员与探伤机处于不同距离时，根据《辐射防护手册》X射线机所产生的有用X射线束在距X射线管焦斑r米处的照射量率可按下式计算：

$$X = 8.76 \times 10^{-3} IX_0 \left(\frac{r_0}{r}\right)^2$$

式中：X₀—距X射线管固定距离r₀米处的输出量，R/mA·min；

I—管电流，mA。

8.73×10⁻³—照射量率和剂量当量的转换系数（Sv/R）

根据辐射防护手册中图4.4d可知对于管电压为250kV的X射线机距靶1m处照射量率为1.1R/mA·min，代入上式进行估算，估算结果见表6.6-1。

表 6.6-1 X射线机在工作条件下不同距离、不同接触时间的有效剂量 mSv

距离 时间	1m	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
1min	65.7	29.2	16.4	10.5	7.3	5.4	4.1
2min	131.4	58.4	32.8	21.0	14.6	10.8	8.2
3min	197.1	87.6	49.2	31.5	21.9	16.2	12.3

根据对人员误入透照室所接受的剂量估算可以看出，当X射线装置处于工作状态，人员误入透照室将接受大剂量照射，故在X射线透照期间，应加强射线装置的安全装置的维护，保证门机联锁处于良好的工作状态，防止人员误入透照室。

6.6.3 事故应急措施

6.6.3.1 事故风险防范措施

拟建探伤室的防护门应与探伤机主机连锁，当防护门没有关闭到位时，主机发出警报，主机无法启动，提醒工作人员检查防护门的关闭状况。透照室内设置紧急开关和视频监控系统，当人员被误关在透照室时，可使用紧急开关，切断主机电源，防止人员受到辐射影响。探伤室防护门设置灯光报警装置，可以避免探伤机工作时其它人员误入探伤室的事故。

6.6.3.2 事故应急措施

对于工业 X 探伤发生事故处理应采取的措施：

(1) 当发生探伤辐射事故时，应在第一时间将事故情况通报有关（环保、公安、卫生）等主管部门。

(2) 分析确定发生事故的原因，记录发生事故时探伤机的工作状态（如工作电压、电流等参数）、事故延续时间，以便及时确定事故时受到照射个体所接受的剂量。

(3) 对在事故中受到照射的人员及时送到医院进行及时的医学检查和治疗。

6.7 辐射管理和监测计划

6.7.1 辐射管理

该公司对于工业 X 射线探伤项目应制定《X 射线无损检测系统安全操作规程》、《X 射线无损检测设备检修及维护制度》、《X 射线无损检测自行检查和年度评估制度》等管理制度，同时应成立《辐射安全防护领导机构》、成立事故应急领导小组并制定《X 射线探伤紧急情况应急预案》，公司还应制订了《辐射环境监测方案》、《操作人员的培训方案》、《放射工作人员个人剂量检测制度》、《放射工作人员健康体检制度》以及《建立放射工作人员剂量和健康档案制度》等规章制度，以满足射线装置应用的环境管理的要求。

对射线装置的管理上要求：应每年对射线装置的防护性能和安全设施进行一次检验，当发现有射线泄漏时，应及时对射线装置进行维修，保证射线装置处于良好的工作状态。

6.7.2 辐射监测计划

公司应制定探伤室的辐射监测计划，以便及时了解探伤室的辐射水平。评价要求公司配备辐射剂量率监测仪器一台，在探伤机工作时，不定期对探伤室周围的辐射剂量率进行监测，监测地点主要为：探伤室防护墙表面、防护门表面和侧面，探伤室周围工作人员工作地点等。监测周期为：平时由公司自主监测，每年一次由具有监测资质的单位进行监督性复合监测。

6.8 环保投资和环保验收

6.8.1 环保投资

该公司工业 X 射线探伤项目总投资 100 万元，环保投资 30 万元，环保投资主

要为探伤室的辐射防护和个人辐射防护。

6.8.2 环保验收

拟建探伤室建成后，公司应委托有资质的单位进行环保验收监测，保证专用探伤室的辐射防护效果满足 GBZ 117-2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》对探伤室的辐射剂量率的要求。

环保验收清单见表 6.8-1。

表 6.8-1 环保验收清单

项目	验收项目	规格、数量	验收指标
探伤室	西侧、北侧、南侧和东侧防护墙	厚度 500mm 混凝土	屏蔽墙外 30cm 处最高剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。
	房顶	厚度 400mm 混凝土	
	防护门	18mm 铅当量	屏蔽墙外 30cm 处最高剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。 铅当量达到设计要求。
	门-机连锁装置	1 套	门机连锁装置、报警装置处于良好状态
	防护门报警装置	1 套	
	通风设施	1 套	设置机械通风设施，探伤室通风换气次数应不低于 3 次/h。
个人防护用品	个人剂量计、剂量报警仪、巡检仪。		根据操作人员情况配备
辐射防护机构	机构是否完整		人员配备情况
监测计划	监测计划的制定是否完善		监测时间、监测项目与频次应满足相关标准的要求。
环保管理规章及制度	管理制度是否制度完备		各类射线装置的操作规程、应急预案、管理制度。
环境保护档案	是否建立档案管理制度		环境保护各项档案是否完整
洗片废液	签订回收协议		与具有资质的单位签订回收处置协议

6.9 结论及建议

6.9.1 结论

(1) 该公司为保证生产的产品质量，降低生产成本，在采取了有效的辐射防

护措施后，其建设的无损探伤室和 X 射线探伤的应用，符合辐射防护的“实践正当性”原则。

(2) 根据对探伤室防护墙以及防护门的理论验证结果，该探伤室的辐射防护效果可以满足 GBZ 117-2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》对探伤室的辐射剂量率的要求。

(3) 工业 X 探伤作业对操作人员所产生的年有效剂量为 0.0038mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 和《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 职业照射剂量限值以及评价提出的剂量约束值的要求。

(4) 根据 X 射线探伤机的影响因素分析和探伤室辐射防护效果论证，探伤作业所产生的 X 射线对公众基本不产生附加年有效剂量，满足管理目标要求。

综上所述：评价认为陕西鑫凯高压电气配套有限公司拟建探伤室的辐射防护效果可以满足 GBZ 117-2015《工业 X 射线探伤放射防护要求》中要求探伤室屏蔽防护的要求。探伤室的正常使用对区域的辐射环境影响是可以接受的。

6.9.2 建议

(1) 要求该公司在拟建探伤室建成后，应及时申请环保验收，并办理《辐射安全许可证》。

(2) 辐射防护门入口处必须有固定的“当心电离辐射”标志，照射期间有醒目的“禁止入内”警示标识，探伤室入口处及被探物件出入口处必须设置声光报警装置。

(3) 结合本单位实际情况，对事故风险制定应急预案，并进行适当的演练，确保在发生事故时能及时启动应急预案；

(4) 每年应对本公司射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并报环保厅发证部门和地方环保主管部门。

7 审批

主管单位环保机构预审意见:

经办人签字:
年 月 日

单位盖章:
年 月 日

市级环保主管部门意见:

经办人签字
年 月 日

单位盖章
年 月 日

陕西鑫凯高压电气配套有限公司工业电气线探伤项目

省级环保部门审批意见：

陕西鑫凯高压电气配套有限公司工业X射线探伤项目

经办人签字：
年 月 日

单位盖章：
年 月 日