

**表 1 项目概况**

建设项目名称		工业 X 射线探伤项目				
建设单位		陕西宋南成套设备制造有限公司				
法人代表	姚军地	联系人	姚军	联系电话	84958060	
注册地址		陕西省西安市户县草堂镇宋南村				
项目建设地点		陕西省西安市户县草堂镇宋南村				
立项审批部门			批准文号			
建设项目总投资 (万元)	200	项目环保投资 (万元)	60	投资比例(环保 投资/总投资)	30	
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 <sup>2</sup> )	60	
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 type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其他					
	<p><b>1 项目概述</b></p> <p><b>1.1 核技术应用的目的和任务</b></p> <p>陕西宋南成套设备制造有限公司位于西安市户县草堂镇宋南村，公司根据检测需要，新建一座探伤室，使用 XXQ2505 和 XXH2505 型工业 X 射线探伤机对本公司生产的压力容器的焊缝进行无损检测，以保证产品的安全性和质量的可靠性。新建探伤室位于厂房 4 号车间西南侧，为室内探伤，在探伤室未交付使用前，该单位不进行任何探伤活动。</p> <p><b>1.2 公司概况</b></p> <p>陕西宋南成套设备制造有限公司成立于 2006 年 6 月 18 日，占地面积 8382 平方米，主要生产石油、炼化、小氮肥、电厂等使用的压力容器，主要为户县电厂、宁夏瑞科、</p>					

宝丰、保利达有限公司生产制造各种不同的压力容器。

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，生产车间 4 个，现有员工 45 人，本科学历 3 人，大专学历 6 人。

### 1.3 项目由来

陕西宋南成套设备制造有限公司购置 2 台工业 X 射线探伤机，用于对公司生产的压力容器进行室内无损检测。探伤机型号和技术指标见表 1。

表 1 探伤机型号和技术指标

规格型号	分类	用途	技术参数		生产厂家
			管电压 kV	管电流 mA	
XXQ2505（定向）	II	无损检测	250	5	丹东仪器有限公司
XXH2505（周向）	II	无损检测	250	5	

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。

2016 年 6 月，陕西宋南成套设备制造有限公司正式委托陕西科荣环保工程有限责任公司对该公司工业 X 射线装置的辐射环境影响进行评价。我公司在接受委托后，随即组织有关技术人员进行现场踏勘并收集相关资料，在对基础资料的分析和现状的调研，依据 HJ/T10.1-2016 辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响报告文件的内容和格式》，编制了《工业 X 射线探伤核技术应用项目环境影响报告表》。

### 1.5 项目选址及平面布局合理性分析

陕西宋南成套设备制造有限公司位于陕西省西安市户县草堂镇宋南村，公司的地理位置见图 2，该公司探伤室位于厂区 4 号车间的西南角，西侧为 1 号车间，南侧为西安能源设备厂的探伤室。探伤室与四周厂界的距离分别为：距离北厂界约 50m，距离西厂界约 90m；距离东厂界约 30m，距离南厂界约 0m。项目所在厂区东侧为空地，西临 213 县道，南临西安能源设备厂，北侧为空厂房和超市。

为进一步保障公众安全，探伤室各防护墙设计采用 1000mm 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

的选址基本合理。该公司厂区的平面布置见图 1、探伤室的平面布置见图 2，项目厂区的四邻关系见图 3。

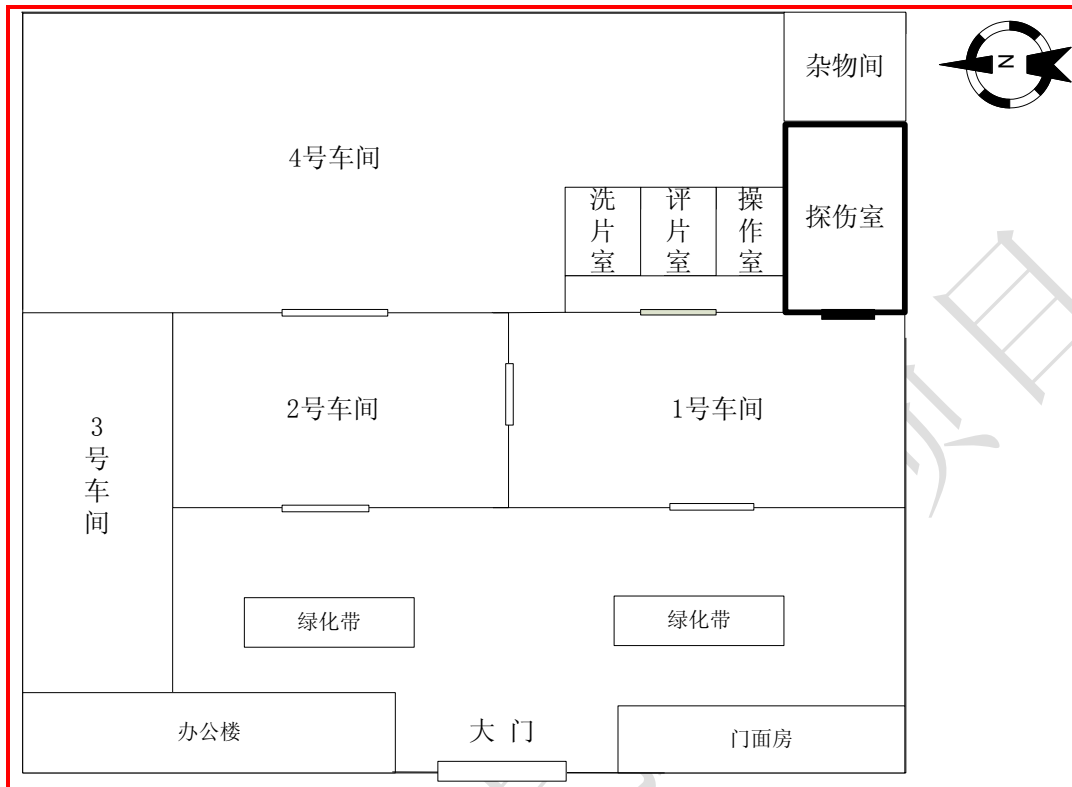


图 1 本项目厂区平面布置及四邻关系图

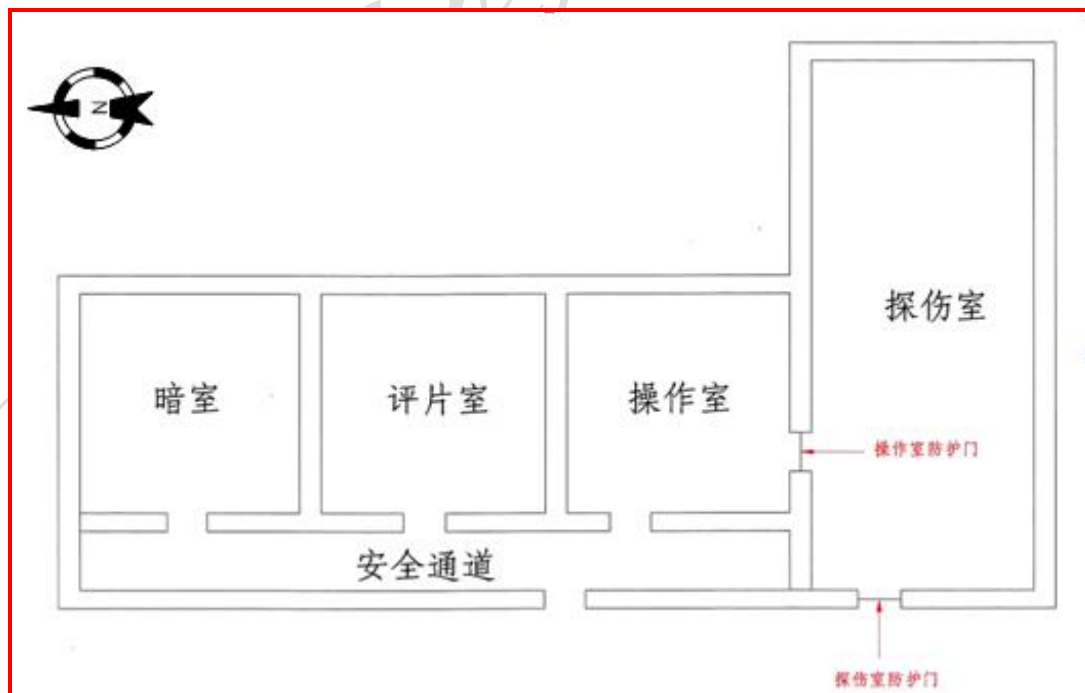


图 2 本项目探伤室平面布置图



图3 本项目所在厂区的四邻关系图

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

表 3 非密封放射性物质

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	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(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 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 X 射线机	II	1	XXQ2505 (定向)	250	5	工业探伤		
2	工业 X 射线机	II	1	XXH2505 (周向)	250	5	工业探伤		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 ( $\mu\text{A}$ )	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
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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m<sup>3</sup>；年排放总量用 kg。  
 2. 含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m<sup>3</sup>）和活度（Bq）。



**表 6 评价依据**

<p><b>法规文件</b></p>	<p>(1) 中华人民共和国环境保护法（修订）（2015 年 1 月）</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月）；</p> <p>(4) 国务院第 253 号令《建设项目环境保护管理条例》；</p> <p>(5) 国务院第 449 号令《放射性同位素与射线装置放射防护条例》；</p> <p>(6) 国家环境保护总局第 31 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》</p> <p>(7) 国家环境保护部第 3 号令关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定；</p> <p>(8) 环保部 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2015 年 6 月）；</p> <p>(10) 国家环境保护总局公告《射线装置分类办法》2006 年第 26 号；</p> <p>(11) 《陕西省放射性污染防治条例》（2014 年 10 月 1 日）；</p>
<p><b>技术标准</b></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 射线探伤放射卫生防护标准》（GBZ117-2015）；</p> <p>(3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）</p> <p>(4) 辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响报告文件的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）</p>
<p><b>其他</b></p>	<p>陕西宋南成套设备制造有限公司工业 X 射线探伤核技术应用项目环境影响评价委托书</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**7.1 评价范围**

本项目的污染为能量流污染，根据其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则—核技术影响项目环境影响报告书（表）的内容和格式》（HJ/T10.1-2016）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 范围，因此确定本项目评价范围为探伤室外 50m 范围区域。

**7.2 保护目标**

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，环境保护对象为公司从事射线装置操作的工作人员，工作场所周围活动的其他辐射工作人员和公众。环境保护对象与控制目标见表 2。

**表 2 环境保护对象与保护目标一览表**

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	1 号车间工作人员	探伤室西侧	紧邻		年有效剂量不大于 0.25mSv
3		4 号车间工作人员	探伤室东北侧	紧邻		
4		西安能源设备厂工作人员	探伤室南侧	紧邻		

**7.3 评价标准**

**(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 GB18871-2002 相关条款**

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。附录 B 剂量限值 and 表面污染控制水平。

**B1 剂量限值（标准的附录 B）**

**B1.1 剂量限值**

B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值；

a)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 作为工作人员的年有效剂量约束值）。

**B1.2 公众照射**

**B1.2.1 剂量限值**

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：

a) 年有效剂量 1mSv；

**(2) 参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 有关条款：**

**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 应对探伤室工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围城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 $\mu$ Sv/周，对公众不大于 5 $\mu$ Sv/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 $\mu$ Sv/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临近建筑物在自辐射源点到探伤室顶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 $\mu$ Sv/h

**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。

(3) 参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》GB/T250-2014。

(4) 辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目 环境影响报告文件的内容和格式》  
(HJ/T10.1-2016)

工业 X 射线探伤项目

表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理位置和场所位置

本项目位于陕西省西安市户县草堂镇宋南村，西侧紧邻 213 县道，项目所在地地理位置见图 4。公司的探伤室位于车间内。



图 4 本项目所在地

### 8.2 辐射环境本底

根据 2012 年《陕西省辐射环境质量报告》，西安市  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率监测值在 94.9~103.8nGy/h，均值为 97.1 nGy/h。与 1988 年《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》比较，西安市室外环境辐射剂量率为 86~107nGy/h，均值为 98.0nGy/h，室内为 117~156nGy/h，均值为 138nGy/h。所以该项目所在地的天然辐射剂量率与西安市的辐射剂量率基本处于同一水平，无异常现象。

表 9 项目工程分析与源项

## 9.1 工程设备和工艺分析

### 9.1.1 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、钼等）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 5。

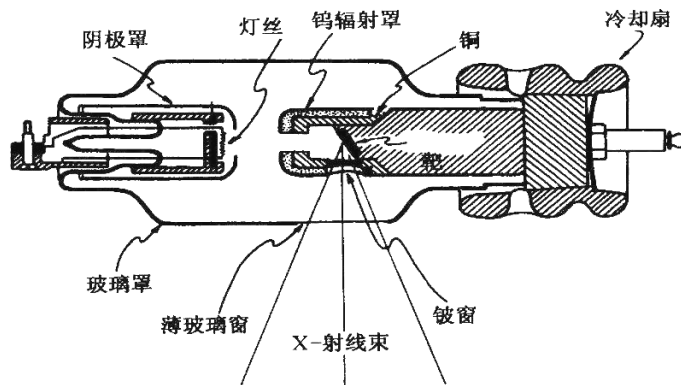


图 5 典型 X 射线管结构图

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 6。

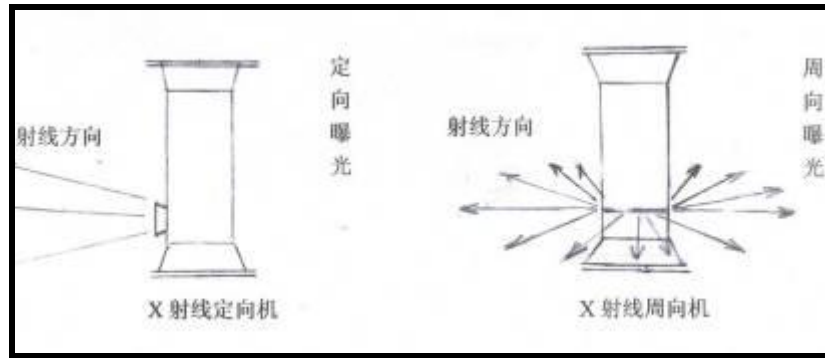


图 6 两种类型的探伤机

### 9.1.2 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。

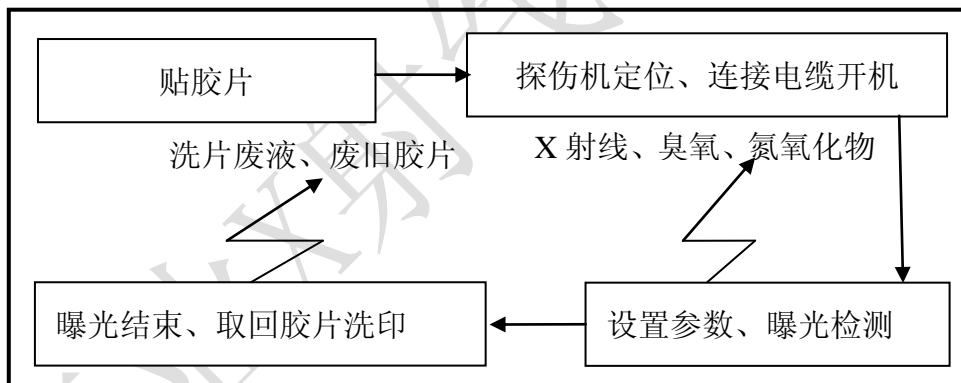


图 7 探伤机工作流程图

### 9.1.3 污染途径

#### (1) 正常工况

陕西宋南成套设备制造有限公司固定探伤室建在 4 号车间内部的西南角。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。

#### (2) 事故工况

工业 X 射线固定探伤的事故主要为：

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-机联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。

## 9.2 污染物源项描述

### 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

该项目的 2 台 X 射线探伤机工作时的最大管电压为 250kV，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。



表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 探伤室的屏蔽

该公司的工业 X 射线探伤室为专用探伤室，探伤室的防护墙：四周围 1000mm 混凝土，房顶为 400mm 厚混凝土。探伤室的防护门采用 12mm 铅板和钢板组成，铅板固定在钢板上，防护门两面微 3mm 厚钢板。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。工件进出防护门采用双开电动防护门。探伤室长 8m，宽 4.4m，层高为 4m，探伤室面积为 35.2m<sup>2</sup>。探伤室主要设计参数见表 3，平面布置图见图 3。

表 3 陕西宋南成套设备制造有限公司探伤室主要技术参数

项目	建造材质	尺寸 (mm) 或防护厚度
探伤室	混凝土	8000×4400×4000 (长×宽×高)
东、南、西、北四个防护墙	混凝土	1000
屋顶	混凝土	400
工件进出防护门 (双开电动防护门)	铅、钢	防护能力 12mmPb+3mm 钢板
人员进出防护门	铅、钢	防护能力 12mmPb+3mm 钢板

### 10.1.2 其他安全防护措施

探伤室设置安装门-机联锁装置，防护门入口要设有固定的“当心电离辐射”标志，探伤室出入口要设置照射信号指示器报警装置等辐射措施，探伤室内设置臭氧排风装置。

### 10.1.3 辐射工作人员配备

探伤室现有辐射工作人员 2 人，已参加了由陕西辐射协会组织的陕西省辐射工作人员安全培训，并取得了合格证书。

### 三废的治理

#### (1) 臭氧和氮氧化物

当 X 射线管两端加高压时才产生 X 射线，当关闭电源时则停止产生 X 射线，且探伤机在运行过程中不产生放射性“三废”。因此 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线是影响周围环境和人员的主要污染因子，其次 X 射线探伤机探伤过程中产生 X 射线电离空气会产生一定的臭氧、氮氧化物等有害气体可通过机械通风降低室内臭氧和氮氧化物的浓度，臭氧在常温下可自行分解为氧气。项目已建探伤室安装通风系统，每小时换气次数 3~4 次；因此，产生的臭氧和氮氧化物的排放对周围大气环境的影响很小。

#### (2) 洗片废液

洗片过程产生的废显（定）影液及胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，但无放射性。该公司已经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，委托其处置。探伤过程所产生的废显（定）影液及废旧胶片不外排。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设期间对环境的影响主要是土建施工所产生的噪声、建筑垃圾、施工扬尘以及施工废水。本项目工程量较小，施工过程较为短暂，本环评要求建设单位严格执行施工期扬尘、噪声、固废等污染防治措施，同时，加强施工期的组织管理，禁止夜间施工，则施工期的环境影响不大。

### 11.2 运营阶段对环境的影响

#### 11.2.1 探伤室屏蔽墙防护门防护效果估算模式

本项目计算时均以有用射线束直射情况估算探伤室的防护厚度。

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 (1) 计算，然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录查出相应的屏蔽物质厚度  $X$ 。

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

$\dot{H}_C$ —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)；

$H_0$ —距离射源点 (靶心) 1m 出输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA h})$ ，以  $\text{mSv m}^2/(\text{mA min})$  为单位的值乘以  $6 \times 10^4$ 。

本项目中，探伤机到东、西侧防护墙的距离取探伤室边长的 1/2，到南、北侧防护墙的距离取探伤室边长的 1/3。在计算探伤室防护墙防护能力时，探伤机到探伤室南墙和北墙的计算方法及相关参数一样，计算时南北墙只需要计算其中一个；同理，东西墙也只需计算其中一个。本项目中，环境影响评价计算了探伤室北侧墙和东侧墙的防护能力。

#### (1) 防护墙的厚度计算

##### ① 东侧墙的厚度计算

$\dot{H}_C$  为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ； $R$  为探伤机到东侧墙外 30cm 的距离，为 4.3m； $I$  为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，取 5mA； $H_0$  为距离射源点 (靶心) 1m 出输出量，

由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)附录查得为  $13.9\text{mSv m}^2/\text{mA min}$ ), 即  $8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA h})$ 。

由式 (1) 计算出 B 值为  $1.1 \times 10^{-5}$ 。然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/250-2014) 附录查出相应的屏蔽物质厚度 X 为 420mm 混凝土。

由上可知, 东侧防护墙厚度最少为 420mm 混凝土。

#### ②北侧墙的厚度计算

$\dot{H}_c$  为  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ; R 为探伤机到北侧墙外 30cm 的距离, 为 1.8m; I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 取 5mA;  $H_0$  为距离射源点 (靶心) 1m 出输出量, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录查得为  $13.9\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ , 即  $8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

由式 (1) 计算出 B 值为  $0.19 \times 10^{-5}$ 。然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/250-2014) 附录查出相应的屏蔽物质厚度 X 为 500mm 混凝土。

由上可知, 南、北侧防护墙厚度最少为 500mm 混凝土。

### (2)探伤室防护门的防护能力估算

#### ① 西侧工件出入门的厚度计算

$\dot{H}_c$  为  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ; R 为探伤机到西侧墙外 30cm 的距离, 为 4.3m; I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 取 5mA;  $H_0$  为距离射源点 (靶心) 1m 出输出量, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录查得为  $13.9\text{mSv m}^2/(\text{mA min})$ , 即  $8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA h})$ 。

由式 (1) 计算出 B 值为  $1.1 \times 10^{-5}$ 。然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/250-2014) 附录查出相应的屏蔽物质厚度 X 为 9.1mmPb。

#### ② 北侧人员进出门的厚度计算

$\dot{H}_c$  为  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ; R 为探伤机到北侧墙外 30cm 的距离, 为 1.8m; I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 取 5mA;  $H_0$  为距离射源点 (靶心) 1m 出输出量, 由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录查得为  $13.9\text{mSv m}^2/(\text{mA min})$ , 即  $8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA h})$ 。

由式 (1) 计算出 B 值为  $0.19 \times 10^{-5}$ 。然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/250-2014) 附录查出相应的屏蔽物质厚度 X 为 11.8mmPb。

### (3) 伤室屋顶的防护能力估算

屋顶防护能力按探伤机位于探伤室内正中位置，距离地面 1m 时，有用射线直射周围环境影响考虑，估算其屋顶厚度。

$\dot{H}_C$  为  $100\mu\text{Sv/h}$ ； $R$  为探伤机到屋顶外表面 30cm 的距离，为 3.3m； $I$  为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，取 5mA； $H_0$  为距离射源点（靶心）1m 出输出量，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录查得为  $13.9\text{mSv m}^2/(\text{mA min})$ ，即  $8.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA h})$ 。

由式（1）计算出  $B$  值为  $2.6 \times 10^{-4}$ 。然后由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/250-2014）附录查出相应的屏蔽物质厚度  $X$  为 310mm 混凝土。

#### 11.2.2 个人年有效剂量分析

根据企业提供资料及平面布置图可知，探伤室周围无其他固定工位，操作间和暗室位于探伤室北侧。探伤机全年曝光时间最大为 140h，探伤机操作位、暗室居留因子取 1。本项目防护墙厚度为 1000mm 混凝土，按照探伤室防护能力估算，当 250kV 探伤机开机运行，探伤室防护墙外 30cm 处环境空气吸收剂量率最大为  $1.2\mu\text{Sv/h}$ （ $R$  取 1.8m）。则探伤机操作位、暗室的年有效剂量贡献值最大约为  $0.17\text{mSv}$ ，小于本项目的辐射工作人员年有效剂量约束限值（ $5\text{mSv}$ ）。

探伤室西侧、东侧均为生产车间，机房周围无固定工位，除工作人员外基本无人逗留，居留因子取 1/8。由此可得公众空气吸收剂量率最大值为  $0.02 \text{ mSv}$ ，小于本项目的公众人员年有效剂量约束限值（ $0.25\text{mSv}$ ）

#### 11.2.3 探伤室屏蔽设计符合性分析

由以上计算，可比较公司探伤室的屏蔽设计是否符合理论计算的结果，比较结果见 4。

综上所述，从环境保护角度，环境影响评价探伤室的南、北侧防护墙厚度最少为 500mm 混凝土，东、西侧防护墙厚度最少为 420mm 的混凝土，屋顶的混凝土厚度不得小于 310mm 混凝土，人员、货物进出门的防护厚度最少分别为  $11.8\text{mmPb}$ 、 $9.1\text{mmPb}$ ，才能满足防护墙外关注点处辐射剂量率不大于  $2.5\mu\text{Sv/h}$  的要求。根据本项目探伤室设计资料：防护墙为 1000mm 混凝土，房顶为 400mm 厚混凝土，防护门采用 12mm 铅板和钢板组成，因此，本项目建成投运后，探伤室四周墙体，顶部及防护门的辐射防护效果可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

**表 4 探伤室屏蔽符合情况一览表**

项目	实际屏蔽水平	理论估算值	是否符合
南侧、北侧防护墙厚度	1000mm 普通混凝土 (折算为 30mmPb)	500mm 普通混凝土	符合
东侧、西侧防护墙厚度		420mm 普通混凝土	符合
房顶防护墙厚度	400mm 普通混凝土 (折算为 12mmPb)	310mm 普通混凝土	符合
工件门出入门	12mm 厚铅板	9.1mmPb	符合
工作人员出入门	12mm 厚铅板	11.8mmPb	符合
项目	实际年最大空气吸收剂量率	年有效剂量约束限值	是否符合
工作人员	0.17mSv	5 mSv	符合
公众	0.02 mSv	0.25 mSv	符合

**11.2.4 非放射污染物影响分析**

本项目探伤机产生的 X 射线能量较低，探伤过程中可产生微量臭氧量和氮氧化物，臭氧在常温下很快转化成氧气，且探伤室内设置臭氧排风装置，对工作人员产生影响很小。该公司每年洗片产生大约 100L 的废显（定）影液（含重金属），属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16，集中收集存放在专用贮存容器内，建立台帐，由专人保管，并与陕西新天地固体废物综合处置有限公司签订废显、定影液及胶片处置协议，委托其处置，不会对环境产生不利影响。

**1.3 事故影响分析**

**11.3.1 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。

**11.3.2 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：X<sub>0</sub>—距 X 射线管固定距离 r<sub>0</sub> 米处的输出量，R/mA min；

I—管电流，mA。

8.73×10<sup>-3</sup>—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 1.3R/mA min，代入上式进行估算，估算结果见表 5。

**表 5 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	532.6	236.8	133.2	85.2	59.3	43.5	33.3
2min	1065.2	473.3	266.3	170.4	118.3	86.9	66.6
3min	1597.8	710.1	399.5	255.7	177.5	130.4	99.8

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，应设置门机联锁装置，且保证其处于良好的工作状态，防止人员误入透照室。

### 11.3.3 事故应急措施

#### 11.3.3.1 事故风险防范措施

工业 X 射线探伤设备的使用，应制定防辐射污染的措施，评价对该单位的 X 射线污染的防治提出以下措施：

①制定工业 X 射线探伤机安全操作规程，设备维护、维修制度，X 射线辐射防护和安全保卫制度，辐射工作人员培训制度，辐射人员岗位职责；辐射工作场所监测制度；X 射线探伤辐射事故应急预案，建立辐射防护领导小组。

②探伤机操作人员在操作时应佩带个人剂量计，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。

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探伤机要设置门-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。

⑤配备一台 X-r 剂量率监测仪器，对探伤室周围的辐射剂量率应定期监测，建立监测档案，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。

⑥电力线等外接线路必须敷设在地缆沟，应配置防射线泄漏的辐射防护措施；

⑦辐射防护人员必须持证上岗、建立定期体检和剂量监测档案等。

⑧探伤室防护门为中间对开门，严格做好对开门缝的密封措施，防止线束泄漏。

#### 11.3.3.2 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。



### 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

该厂工业 X 射线探伤项目总投资 200 万元，环保投资 60 万元，环保投资主要为探伤室的辐射防护、辐射环境监测仪器、个人防护用品配置及人员培训。

项目竣工环境保护验收清单见表 6。

**表 6 项目竣工环境保护验收清单**

项目	验收项目	环保措施	验收指标
探伤室	防护墙	东、南、西、北四个防护墙为厚度 1000mm 混凝土	屏蔽墙外 30cm 处空气比释动能率不大于 2.5 $\mu$ Gy/h
	防护门	防护门为 12m 铅版+3m 钢板，门框重叠部分宽度不低于门与门之前距离的 10 倍。防护门落入地面下 200mm。	防护门外 30cm 处空气比释动能率不大于 2.5 $\mu$ Gy/h。
	门-机连锁装置	安装门-机连锁装置	门机连锁装置、报警装置处于良好状态
	防护门报警装置	安装防护门报警装置	
个人防护用品	个人剂量计、剂量报警仪	对辐射工作人员配备个人剂量计 配备剂量报警仪	根据操作人员情况配备
个人健康管理	个人剂量档案、个人健康档案	组织辐射工作人员每年到有资质单位进行职业健康检查，制定《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。	根据健康管理制度要求
人员培训计划	人员培训计划、辐射工作岗位证	单位组织辐射操作工作人员参加辐射安全和防护知识培训，经考核合格并已取得相应资格上岗证。	根据《操作人员的培训方案》要求并通过考核
监测计划	监测计划的制定是否完善	委托有资质的单位定期对探伤室周围环境进行辐射环境监测，并建立监测技术档案。	监测时间、监测项目与频次应满足相关标准的要求。
洗片废液	签订回收协议	已与有资质单位签订感光材料废物集中处置协议书	与具有资质的单位签订回收处置协议

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

该公司对辐射安全环境安全管理工作十分重视，已成立了辐射安全与环境保护领导小组，认真贯彻执行国家环境保护法及地方有关环保法规，全面负责公司的辐射环境管理工作。辐射安全与环境保护领导小组由组长、副组长和委员组成。主要职责为：

- (1) 认真贯彻执行国家放射性同位素和射线装置的法律、法规、接受国家和地方环境保护部门的监督与检查。
- (2) 对本公司的射线装置工作负总责，保证无射线事故发生。
- (3) 制定本公司的射线装置管理规定。
- (4) 研究审查新建、扩建、改建射线装置及其防护工作。
- (5) 组织召开环保专题工作会议，研究部署解决工业探伤工作中的重大问题。
- (6) 定期安排射线装置专项检查，督促基层单位消除各种射线装置隐患。
- (7) 发生射线装置事故，按只能进行指挥、协调、处理，防止事故蔓延扩大，将射线伤害和损失降低到最低限度。
- (8) 对发生的事故按照“四不放过”原则组织调查处理，落实防范措施。

目前，该公司对涉及放射性工作人员 2 人均参加了省环保厅组织的辐射安全与防护培训学习，经考核合格，取得了相应的合格证书。

### 12.2 辐射安全管理规章制度

该公司对射线装置的应用制定了《射线安全操作规程》、《X 射线探伤安全专项防护方案》、《放射事故应急处理预案》、《辐射安全应急预案》、《辐射工作场所监测制度》、《探伤室职责》、《评片人职责》、《拍片人职责》、《暗室工作制度》等管理制度。对制定的《辐射应急响应预案》进行了适当的演练，确保公司放射检测项目对周围环境的辐射影响降到最低程度。

根据相关的法律法规的规定，评价认为该公司在辐射制度管理上还应制定《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。

## 辐射监测

公司应探伤室的工作情况，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。

(1) 公司应配备辐射剂量率监测仪器一台，根据探伤室的工作情况，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。

(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监督性复合监测一次。

监测项目为：X- $\gamma$  辐射剂量率。

(3) 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 7 辐射环境监测计划

监测项目	监测地点	监测周期
X- $\gamma$ 辐射剂量率	控制室	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	
个人剂量计		有资质单位每三个月监测一次

## 12.4 辐射事故应急

陕西宋南成套设备制造有限公司已经制定有《辐射安全应急预案》和《放射事故应急处理预案》，进一步明确了责任，加强事故应急演练，做到有备无患。

(1) 成立以主要领导为组长的辐射安全与环境保护领导小组全面负责放射事故应急有关工作，并根据放射事故的严重程度决定组成相应的事故应急与响应指挥系统。

(2) 定期组织放射工作人员学习放射事件应急知识，并定期组织应急演练。

(3) 个人辐射剂量超标应立即向事故应急处理领导小组及组长汇报，安排超标人员脱岗休息，分析原因，分类处理。

(4) 发生误照事故后，操作人员应立即停机，关掉电源；被照射人员应立即送往医院进行救治。当班班长立即向辐射安全与环境保护领导小组及公司领导汇报，对可能造成环境污染的要向环保部门及上级主管领导报告，由环保部门向西安市卫计委、安全部门汇报。

(5) 在进行人员救助时，救援人员应手持检测仪器进入现场，当仪器显示超过 40Ncy 时，应停止进入现场，检查射线装置是否停机。

**表 13 结论与建议**

**结论**

**1、辐射安全与防护分析**

新建探伤室防护设计：陕西宋南成套设备制造有限公司的工业 X 射线探伤室为专用探伤室，长 8m，宽 4.4m，层高为 4m，探伤室面积为 35.2m<sup>2</sup>。探伤室的防护墙：四周围 1000mm 混凝土，房顶为 400mm 厚混凝土。探伤室的防护门采用 12mm 铅板和钢板组成，铅板固定在钢板上，防护门两面微 3mm 厚钢板。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。工件进出防护门采用双开电动防护门。据辐射防护效果理论计算结果，保守考虑，项目建成正常运行工况下，探伤室四周墙体，顶部及防护门的辐射防护效果可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

**2. 环境影响分析结论**

(1)据辐射防护效果理论计算结果，项目建成正常运行工况下，探伤室四周墙体，顶部及防护门的辐射防护效果可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

(2)根据理论预测结果，本项目投入运行后辐射工作人员和公众年受照剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目控制目标，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 的剂量限值要求。

(3)本项目探伤机产生的 X 射线能量较低，探伤过程中可产生微量臭氧量和氮氧化物，臭氧在常温下很快转化成氧气，且探伤室内设置臭氧排风装置，因此对现场探伤工作人员产生影响很小。

(4)探伤过程所产生的废显（定）影液及废旧胶片，陕西宋南成套设备制造有限公司已与陕西新天地固体废物综合处置有限公司签订了危废处置协议，委托其处置，不外排。

**3. 可行性分析结论**

(1)陕西宋南成套设备制造有限公司工业 X 射线探伤项目的建设，是为了对生产的工件实施无损检测，确保该产品的质量，符合辐射防护“正当实践”原则，项目建设的目的是可行的。

(2)陕西宋南成套设备制造有限公司新建探伤室位于厂房内内，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。

(3)公司对项目采取了有效的辐射防护措施，使辐射影响达到了合理尽可能低的水平，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的辐射防护最优化、剂量化原则，项目辐射防护措施适用、可行。

综上所述，该公司只要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，严格执行相关规章制度、应急预案，则该项目对放射性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，从辐射环境保护角度就认为该项目可行。

### 建议和承诺

(1)要求该公司在拟建探伤室投入试运行期间，应及时委托有资质的监测单位对工业 X 射线装置应用项目进行环保验收监测，对该项目申请环保验收，并办理《辐射安全许可证》。

(2)每天开启检查装置前，仔细核查安全联锁装置与灯光警示装置，确认其处于正常状态。检测场所设立警示标志，张贴操作规程，严格按章程进行操作。

(3)对工业 X 射线探伤机的运行情况，建立完整的技术档案，详细记载运行、故障、维修和所有监测数据并归档。

(4)每年应对射线装置的安全和防护状况编制评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地环境保护部门提交该评估报告。

(5)公司必须给每个辐射工作人员配备热释光个人剂量计和个人剂量报警仪，进行探伤作业时必须按要求佩戴个人剂量计，每三个月送有资质单位检测一次，建立个人剂量档案。辐射工作人员上岗前应先进行身体检查，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。个人剂量和健康档案应至少保存 30 年或保存至工作人员年龄满 75 周岁。

(6)该公司进行的是室内探伤，所以坚决禁止进行现场或其他探伤活动。

(7)辐射工作人员必须取得相应的岗位资格，参加由有资质单位举办的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并已取得相应资格上岗证方能上岗。

(8)项目在取得《辐射安全许可证》，并通过项目竣工环境保护验收合格后方可正式投入使用。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公章 年 月 日
审批意见：	
经办人	公章 年 月 日

---

# 工业射线探伤项目