

表 1 项目基本情况

建设项目名称		工业 X 射线探伤项目			
建设单位		西安龙德科技发展有限公司			
法人代表	李克	联系人	任华	联系电话	15929983286
注册地址		西安市高新区高新路 33 号新汇大厦 B 座 2103 室			
项目建设地点		西安市高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 6 号科技企业加速器二区 9# 楼 1 层			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	80	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	25%
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)	80
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					
1 项目概述					
1.1 核技术应用的目的和任务					
<p>西安龙德科技发展有限公司位于西安市高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 6 号科技企业加速器二区 9#楼，公司拟根据检测需要，购置 XXG2505 型定向工业 X 射线探伤机及 XXG2505Z 型周向工业 X 射线探伤机各 1 台，对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 9#楼 1 层西南侧，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>					
1.2 企业简介					
<p>西安龙德科技发展有限公司成立于 2003 年 9 月 29 日，总部位于西安市高新技术开发区，生产车间及办公场所位于西安市高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 6 号科技企业加速器二区 9#楼，占地面积 1792.95m²。</p>					

公司主要为航空航天、兵器工业、电子工业等研究所及汽车、轨道交通、风力发电等领域的企业提供不同等级的压力容器设备。公司下设综合管理部、财务部、市场部、质量管理部、项目管理部、采供部、第一事业部、第二事业部、工程部 9 大部门，热压罐制车间、装配车间两个生产车间。公司现有员工 82 人，其中硕士以上学历 5 人，本科学历 35 人。随着公司的不断发展，在生产厂区拟建工业 X 射线探伤项目，对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。

1.3 项目由来

西安龙德科技发展有限公司拟购置 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。工业 X 射线探伤机有关参数见表 1。

表 1 工业 X 射线探伤机技术参数一览表

设备型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	数量 (台)	位置
XXG2505 型 (定向)	250	5	1	室内探伤
XXG2505Z 型 (周向)	250	5	1	室内探伤

根据《建设项目环境保护分类管理名录》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《陕西省放射性污染防治条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的有关规定，该公司使用的 2 台工业 X 射线探伤机均为 II 类射线装置，应进行环境影响评价，并编制环境报告表。西安龙德科技发展有限公司于 2016 年 7 月委托陕西科荣环保工程有限责任公司对其工业 X 射线探伤项目进行环境影响评价。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集、现场监测等工作，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报告文件的内容和格式》HJ/T10.1-2016 的基本要求，编制了本项目的环境影响报告表。

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 射线探伤机	II	1	XXG2505	250	5	无损检测	室内	拟购
2	工业 X 射线探伤机	II	1	XXG2505Z	250	5	无损检测	室内	拟购

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	/	统一存放在专用废液桶内	交由陕西新天地固体废物综合处置有限公司回收

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）。

陕西科荣环保工程有限公司

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 253 号令</p> <p>(2) 《射线装置分类办法》，国家环境保护总局公告 2006 年第 26 号；</p> <p>(3) 《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；</p> <p>(4) 《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；</p> <p>(5) 《陕西省放射性污染防治条例》，2014 年；</p> <p>(6) 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。</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) 《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/T10.1-2016）；</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）。</p>
<p>其他</p>	<p>西安龙德科技发展有限公司委托开展环境影响评价的委托书。</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

西安龙德科技发展有限公司工业 X 射线探伤项目环境保护目标主要为该公司从事探伤操作的工作人员及探伤室周围的其他工作人员（公众成员），主要环境保护对象与控制目标见表 2、附图 1。

表 2 主要环境保护对象与控制目标一览表

序号	保护对象	距离 (m)	相对方位	数量(人)	保护内容	控制目标	
1	射线装置工作人员	工作场所		2	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv	
2	公众	组焊区、装配调试区工作人员	探伤室北侧 5m	10		年有效剂量	年有效剂量不大于 0.25mSv
		办公室工作人员	探伤室东侧 10m	5			
			探伤室东北侧 15m	6			
			探伤室上部 (9#二层) 5m	50			

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002 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）

7.3.2 《工业 X 射线探伤放射防护要求》 GBZ117-2015 的相关条款

本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置进行探伤的工作。

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放射安全，操作室应与探伤室分开并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，与墙壁相邻区域为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入门口的辐射屏蔽应同时满足：

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

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

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室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 $100\mu\text{Sy}/\text{h}$ 。

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。

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。

陕西科荣环保工程有限公司

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1.项目地理和场所位置

本项目位于西安市高新区草堂科技产业基地秦岭大道西 6 号科技企业加速器二区 9#楼，科技企业加速器二区北侧为秦岭大道，西侧为草堂八路，交通运输较为便利，地理位置见图 1。

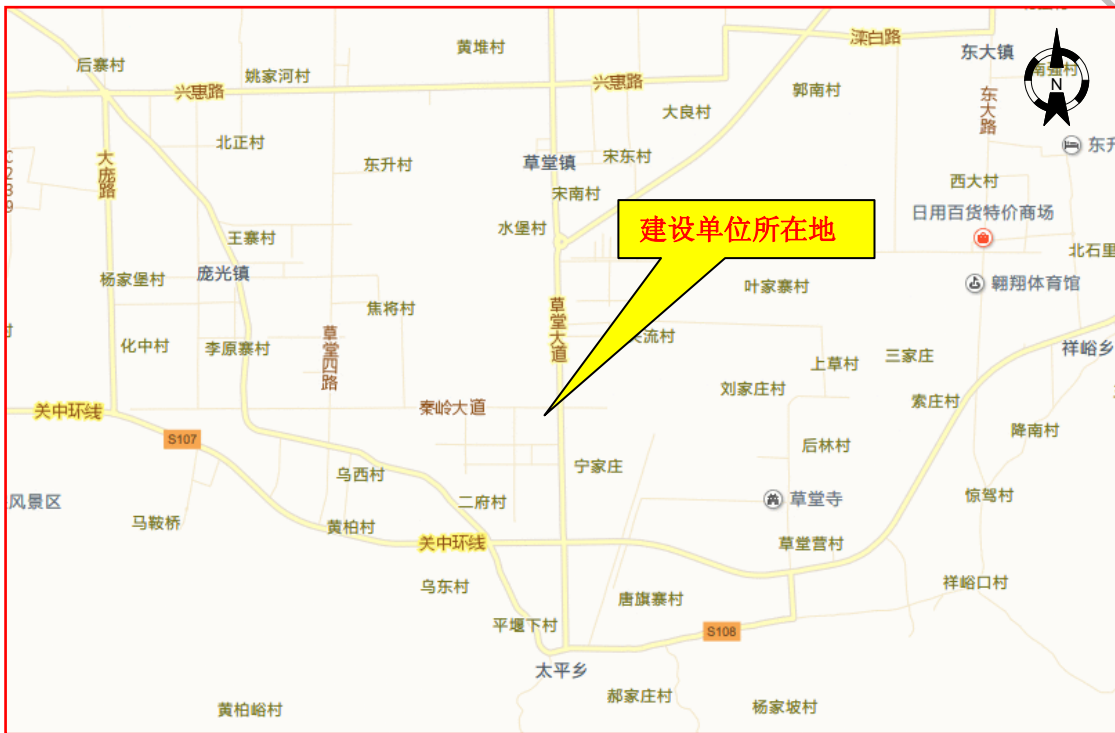


图 1 建设单位所在地

8.2 项目位置的合理性分析

西安龙德科技发展有限公司探伤室位于科技企业加速器二区 9#楼 1 层西南侧(附图 1)，探伤室周围环境现状如下：

- ①探伤室北防护墙外依次为 9#楼生产车间（组焊区、装配调试区等）、园区绿化带、园区道路、园区 3#楼生产厂房；
- ②探伤室西防护墙外依次为 9#楼生产车间（仓库、试验间）、园区绿化带、园区道路、园区 8#楼生产厂房；
- ③探伤室东防护墙外依次为 9#楼生产车间（工具区、办公室等）、园区绿化带、园区道路、园区 10#楼生产厂房；

④探伤室南防护墙外依次为操作间、暗室、9#楼生产车间、园区绿化带、园区道路、园区 13#生产厂房。

新建探伤室位于工业园区内，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。

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 γ 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。所以该园区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。

陕西科荣环保工程有限公司

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 探伤设备

本项目使用的工业 X 射线探伤机技术参数见表 3，存放于 9#楼 1 层西南侧探伤室内。

表 3 工业 X 射线探伤机技术参数一览表

设备型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	数量 (台)	位置
XXG2505 型 (定向)	250	5	1	室内探伤
XXG2505Z 型 (周向)	250	5	1	室内探伤

根据国家环境保护总局 2006 年第 26 号公告，该公司使用的工业 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，II 类射线装置为中危险射线装置，事故时可以使受照人员产生较严重放射损伤，大剂量照射甚至导致死亡。

9.1.2 探伤作业工况

根据企业提供资料，西安龙德科技发展有限公司工业 X 射线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 180min，全年工作日数 250 天，全年累计曝光时长最大为 750h。

9.1.3 X 射线探伤机工作原理

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 射线管结构图见图 2。

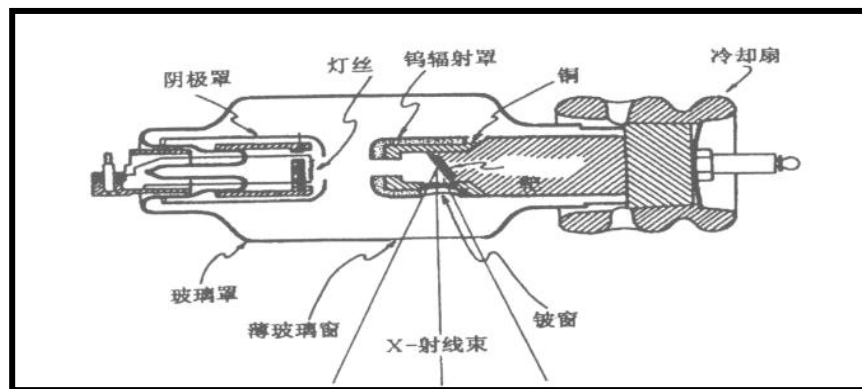


图2 典型的 X 射线管结构图

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 3。

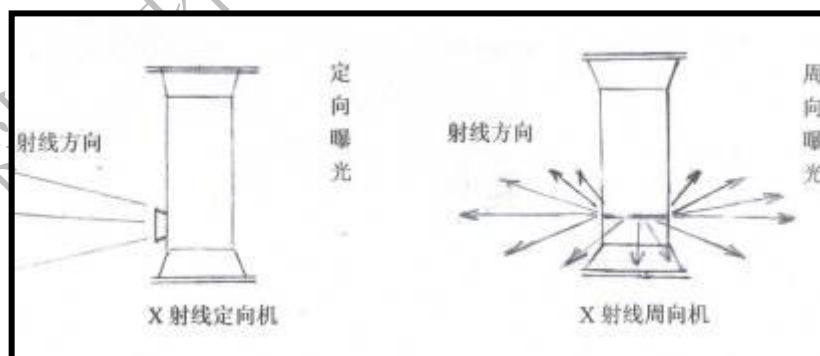


图3 两种类型的探伤机

9.14 X 射线探伤机操作流程

探伤作业工作流程如下（图 4）：

- (1)在工件需要探伤的部位贴上胶片；
- (2)将 X 射线管置于被检工件贴胶片部位另一侧的合适位置，固定好，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启动曝光操作；

(4)曝光结束，取回胶片。

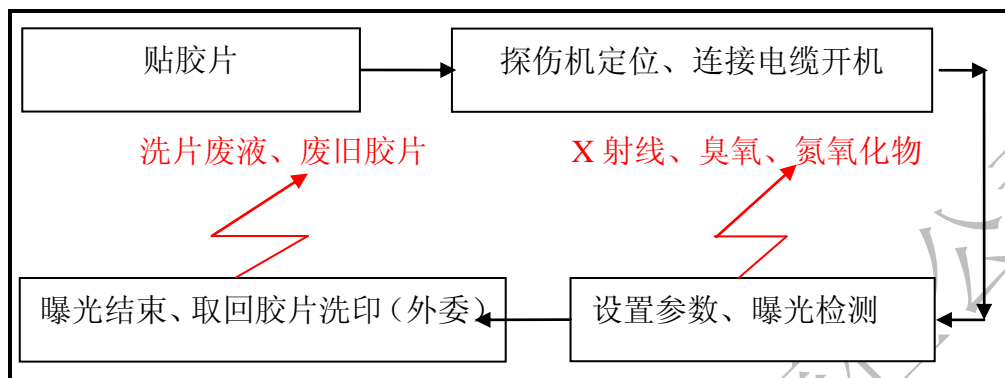


图 4 探伤机工作流程图

9.2 污染源项描述

污染因子

(1)X 射线

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

该项目使用的 X 射线探伤机工作时的最大电压为 250kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此探伤机运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

(3)废显（定）影液及废旧胶片

本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），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。

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 500mm 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 7.4m，宽 8.6m，层高为 4.5m，探伤室面积为 63.63m²。探伤室主要设计参数见表 4，平面布置图见附图 2。

表 4 西安龙德科技发展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	7400×8600×4500 (长×宽×高)
东、南、西、北四个防护墙	混凝土	500
屋顶	混凝土	400
工件进出防护门(双开电动防护门)	铅、钢	门洞尺寸: 3000×3500 (宽×高)
		门的尺寸: 1800×4000×2
		防护能力 12mmPb+3mm 钢板
人员进出防护门	铅、钢	门洞尺寸: 800×1800 (宽×高)
		门的尺寸: 1400×2200×2
		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。

10.2 三废的治理

(1) 臭氧和氮氧化物

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。

(2) 废显(定)影液及废旧胶片

西安龙德科技发展有限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 运行阶段对环境的影响

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 6.2-1 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 6×10^4 。

本项目中，探伤机到东、西防护墙的距离取探伤室边长的 1/3，南、北防护墙的距离取探伤室边长的 1/2。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 2.90m； 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 $13.9\text{mSv m}^2/$

(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 0.5×10^{-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 460mm 混凝土。

由上可知，东侧防护墙厚度最少为 460mm 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 3.73m；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 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 0.83×10^{-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 450mm 混凝土。

由上可知，东侧防护墙厚度最少为 450mm 混凝土。

(2)探伤室防护门的防护能力估算

①北侧工件出入门、南侧人员进出门的厚度计算

\dot{H}_c 为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ；工件出入门、南侧人员进出门位于探伤室南北侧，距离取探伤室边长的 1/2，R 为探伤机到南侧墙外 30cm 的距离，为 3.73m；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 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 0.83×10^{-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 10.5mmPb。

(3)探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，有用射线直射对周围环境的影响考虑，估算其屋顶厚度。

\dot{H}_c 为 $100 \mu\text{Sv/h}$ （本项目探伤室顶与所在生产厂房二层相距 5m）；R 为探伤机到屋顶外表面 30cm 的距离，为 3.53m；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 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 2.99×10^{-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 350mm 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南侧。探伤机全年曝光时间最大为 750h，探伤机操作位、暗室居留因子取 1。本项目防护墙厚度为 500mm 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 $0.99 \mu\text{Sv/h}$ （R 取 2.9m）。则探伤机操作位、暗室的年有效剂量贡献值最大约为 0.74mSv，小于本项目的辐射工作人员年有效剂量约束限值（5mSv）。

探伤室北侧、东侧、西侧均为生产车间，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 0.09 mSv，小于本项目的公众人员年有效剂量约束限值（0.25mSv）。

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 5。

表 5 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	500mm 普通混凝土 (折算为 15mmPb)	450mm 普通混凝土	符合
东侧、西侧防护墙厚度		460mm 普通混凝土	符合
房顶防护墙厚度	400mm 普通混凝土 (折算为 12mmPb)	350mm 普通混凝土	符合
工件门出入口	12mm 厚铅板	10.5mmPb	符合
工作人员出入口	12mm 厚铅板	10.5mmPb	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	0.74mSv	5 mSv	符合
公众	0.09mSv	0.25 mSv	符合

综上所述，从环境保护角度，环境影响评价探伤室的防护墙的混凝土厚度不得小于 460mm 混凝土，屋顶的混凝土厚度不得小于 350mm 混凝土，人员、货物进出门的防护厚度最少为 10.5mmPb，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（探伤室顶处辐射剂量率不大于 $100 \mu\text{Sv/h}$ ）。根据本项目探伤室设计资料：防护墙为 500mm 混凝土(折算为 15mmPb)，房顶为 400mm 厚混凝土（折算为 12mmPb），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。

11.2.3 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。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故工况

该公司使用的 X 射线探伤机属 II 类射线装置，可能发生的事故工况主要有以下几种情况：

- (1)探伤机探伤的工况下，防护门未关闭或未关闭到位造成射线泄漏，对在其附近活动的人员造成不必要的照射。
- (2)安全连锁或警示系统失效导致人员误闯入探伤室造成不必要的照射。
- (3)贴片人员尚未离开探伤室，探伤机开机造成意外照射。
- (4)人为故意引起的照射。

11.3.2 事故风险评价

本项目发生最大概率风险事故为 X 射线探伤机探伤过程中，人员闯入探伤室，造成大剂量照射。

探伤机的电压越大产生的 X 射线的穿透性越强，风险评价按照探伤机的管电压，管电流进行计算。按照本次评价的最不利情况，即取 250kV 工业 X 射线机进行分析。根据《辐射防护手册》中 X 射线所产生的有用 X 射线束在距 X 射线管焦斑 r 米处的照射率计算公式（6-1）进行估算。

$$X = IX \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \dots\dots (2)$$

X—X 射线机辐射源的照射量，R/min

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;

r—距离, m。

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 处照射量为 1.3 R/mA min, 代入上式进行估算, 估算结果见表 6。

表 6 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	53.26	23.68	13.32	8.52	5.93	4.35	3.33
2min	106.52	47.33	26.63	17.04	11.83	8.69	6.66
3min	159.78	71.01	39.95	25.57	17.75	13.04	9.98

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 有关规定, 工作人员连续 5 年接受的有效剂量不应超过 20mSv, 任何一年接受有效剂量不应超过 50mSv。表 7、表 8 分别给出了在不同距离接受到 20mSv 和 50mSv 有效剂量的时间。

表 7 在 X 射线探伤机出束口不同距离受到 20mSv 剂量当量的时间

距离 (m)	1m	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
时间 (min)	0.37	0.84	1.50	2.35	3.37	4.60	6.00

表 8 在 X 射线探伤机出束口不同距离受到 50mSv 剂量当量的时间

距离 (m)	1m	1.5m	2m	2.5m	3m	3.5m	4m
时间 (min)	0.94	2.11	3.75	5.87	8.43	11.49	15.02

从表 6、表 7 可以看出, 在最大管电压 250kV、管电流 5mA 工作条件下的工业 X 射线探伤机探伤过程中, 在出口束方向处停留 0.37min 所接受的有效剂量就能达到 20mSv, 停留 0.94min 就能达到 50mSv。为了避免风险事故的发生, 应对探伤工作加强管理, 探伤机必须存放在专用、固定场所, 并有专人保管, 建立登记记录, 进一步降低探伤机风险事故的发生。

11.3.3 防治措施

(1) 污染防治措施

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。

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-机连锁装置，探伤机的连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。

⑥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。

⑦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；

⑧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。

(2)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。

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

西安龙德科技发展有限公司已成立以主要领导为组长的辐射安全与环境保护领导小组，负责该企业射线装置使用中的安全防护以及辐射事故应急工作（见附件）。

12.2 辐射安全管理规章制度

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，西安龙德科技发展有限公司已制定了完善的辐射环境管理规章制度：《X 射线安全专项防护方案》、《射线装置安全操作规程》、《探伤室工作人员职责》、《评片人员职责》、《辐射监测计划》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射安全应急预案》、《暗室工作制度》等。项目需在取得《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正式投入使用，运行过程中应严格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。

项目环保投资及竣工环境保护验收清单

(1)项目环保投资

西安龙德科技发展有限公司工业 X 射线探伤项目环境保护投资 20 万元，主要用于探伤室的辐射防护和个人辐射防护、辐射环境监测仪器等。

(2)竣工环境保护验收清单

拟建探伤室建成试运行期间，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《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）对探伤室的辐射剂量率的要求。西安龙德科技发展有限公司工业 X 射线探伤项目竣工环境保护验收清单如表 9。

表 9 项目竣工环境保护验收清单

项目	验收项目	规格、数量	验收指标
探伤室	西侧、南侧、西侧、北侧防护墙	厚度 500mm 混凝土 (15mmPb)	防护墙外关注点处辐射剂量率不大于 2.5 μ Sv/h。
	房顶防护墙	厚度 400mm 混凝土 (12mmPb)	
	防护门	12mmPb	防护门缝隙做好密封措施, 铅当量达到环评要求
	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	
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

12.3 辐射监测

(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 10。

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 10 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	
个人剂量计		每季一次
安全连锁装置、出束信号指示灯等安全设施	探伤室	每月检查 1 次

12.4 辐射事故应急

公司已建立辐射事故应急预案，配备必要的辐射事故应急设备。

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、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：西安龙德科技发展有限公司的工业 X 射线探伤室为专用探伤室，长 7.4m，宽 8.6m，层高为 4.5m，探伤室面积为 63.63m²。探伤室的防护墙：四周围 500mm 混凝土(15mmPb)，房顶为 400mm 厚混凝土(12mmPb)。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，西安龙德科技发展有限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危废处置协议，委托其处置，不外排。

3. 可行性分析结论

(1)西安龙德科技发展有限公司工业 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)西安龙德科技发展有限公司新建探伤室位于工业园区内，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：			
公章			
经办人		年	月 日
审批意见：			
公章			
经办人		年	月 日

陕西科荣环保工程有限公司