

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线实时成像检测系统			
建设单位		中法高速铁路技术（西安）有限公司			
法人代表	王兴全	联系人	贺奇	联系电话	18792933317
注册地址		西安市经济技术开发区草滩生态产业园区滨河大道 （草滩八路以西、滨河大道以南）			
项目建设地点		中法高速铁路技术（西安）有限公司 1#生产厂房西北角			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 （万元）	120	项目环保投 资（万元）	40	投资比例（环保 投资/总投资）	33.3%
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)	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				
1 项目概述					
1.1 核技术应用的目的和任务					
<p>中法高速铁路技术（西安）有限公司位于西安市经济技术开发区草滩生态产业园区滨河大道—草滩八路以西、滨河大道以南，公司已向丹东华日理学电气股份有限公司定制了一套高频 X 射线实时成像检测系统（铅室），目前该铅室尚未使用。中法高速铁路技术（西安）有限公司把定制的铅室放置于公司 1#生产厂房西北角探伤室内，用于对公司生产的铸件进行室内无损检测，在铅室未交付使用前，该单位不进行任何探伤活动。等铅室交付使用以后，进行铅室内探伤。</p>					
1.2 企业简介					
<p>中法高速铁路技术（西安）有限公司 2014 年 2 月 19 日在西安经济技术开发区注册成立，主要从事高速铁路接触网系统的设计及生产销售。公司占地面积 2000m²，注册资金 5000 万元人民币。</p>					

公司共有包括 1000 吨及 400 吨电动螺旋压机机、感应加热炉、冲床、数控车床、数控铣床、钻床、退火炉、抛丸机等生产设备 50 余台（套）；全能光谱分析仪、X 光射线仪器、接触网零部件疲劳试验机、材料试验机、振动试验机等试验设备 10 余台（套），可满足材料、产品化学成分检验、力学性能试验、金相试验、探伤试验等检测的要求，具备年产 500 公里接触网零部件生产能力。公司从设计、安装、生产及工艺上全面引进法国高速铁路接触网 V350 系统技术，在中国西安为中国高速铁路运营服务，为中国铁路建设发展做贡献。

全公司目前员工总数为 60 人，公司由五个部门组成，分别是生产部、质量部、技术部、行政管理部、财务部。有专业技术人员 30 人；高级工程师 5 人，工程师 5 人，助理工程师 10 人。X 射线检测特种设备检验工作中对焊缝进行埋藏缺陷检测时常用检测方法。

1.3 项目由来

中法高速铁路技术（西安）有限公司已购置 X 射线实时成像检测系统 1 套，用于对公司生产的铸件进行室内无损检测。

X 射线实时成像检测系统有关参数见表 1。

表 1 X 射线实时成像检测系统技术参数一览表

设备型号	管电压 (kV)	输出电流 (mA)	数量 (套)	生产厂家
XYD320 (定向)	320	7	1	丹东华日理学电气股份有限公司
备注	X 射线实时成像检测系统在铅室内使用的 X 射线实时成像检测系统属 II 类射线装置。			

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 X 射线实时成像检测系统为 II 类射线装置，应进行环境影响评价，并编制环境报告表。中法高速铁路技术（西安）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拟使用的 X 射线实时成像检测系统进行环境影响评价。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	X 射线实时成像检测系统	II	1	XYD320	320	7	无损检测	室内	丹东华日

(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
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）。

陕西科莱环保工程有限公司

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>中法高速铁路技术（西安）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铅室外 50m 范围区域。

7.2 保护目标

中法高速铁路技术（西安）有限公司 X 射线实时成像检测系统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)	数量 (人)	保护内容	控制目标	
1	探伤人员	铅室东侧 2m 操作台	2	年有效剂量	年有效剂量不大于 5mSv	
2	公众	铅室东北侧 20m 办公楼	200		年有效剂量	年有效剂量不大于 0.25mSv
		铅室东南侧 40 m 机加钻孔区	2			
		铅室东南侧 55 m 锻造、热处理生产区	5			

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）

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。

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

本项目位于西安市经济技术开发区草滩生态产业园区草滩八路以西、滨河大道以南，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

中法高速铁路技术（西安）有限公司探伤室位于 1#厂房西北角，铅房位于探伤室内。探伤室距离项目北厂界 50m，南厂界 85m，西厂界 15m，东厂界 90m。东厂界、南厂界、西厂界外均为空地，北厂界外为滨河大道。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。该公司厂区平面布置见附图 2。

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。所以该厂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。

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 X 射线实时成像检测系统（铅室）技术参数见表 3，存放于公司 1#生产厂房西北角探伤室内。

表 3 X 射线实时成像检测系统技术参数一览表

设备型号	数量（套）	管电压(kV)	输出电流(mA)	位置
XYD320 (定向)	1	320	7	室内探伤
备注	II 类射线装置			

根据国家环境保护总局 2006 年第 26 号公告，该公司使用的 X 射线实时成像检测系统属于 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，中法高速铁路技术（西安）有限公司该套 X 射线实时成像检测系统每天开机时间拟定为 4h，每周工作 5d，全年累计曝光时长最大为 1000h，且不存在 1 人操作多台探伤机情况。

9.1.3 X 射线实时成像检测系统工作原理

X 射线实时成像检测系统是新一代的无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。该检测系统将光电转换技术和计算机数字图像处理技术相结合，通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减减弱规律，利用 X 射线束穿过被检工件被吸收、散射、透射特性，一旦工件局部区域存在缺陷或结构差异，将使不同部位透射强度不同，再利用图像增强方法把由探测器接受到透射线强度分布图像转换为视频图像，经计算机数字化图像处理，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到无损检测目的。

X 射线实时成像检测系统由铅房、整机控制柜、高压发生器、X 射线管头、图像增强器、高压电缆及机械传动装置等组成。X 射线管头主要由 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融金属（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，直接向嵌在金属

阳极中的靶体射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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达到很高的速度，这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

9.1.4 X 射线实时成像检测系统检测过程简述

X 射线实时成像检测系统设在铅室内，操作人员在铅室外操作台采用专用钥匙进行操作。首先打开防护门，将被测物体放入载物台中央位置，再关闭防护门，根据检测需要调节电压、电流，平板的高度，X 射线光管高度以及图像的对比度，曝光度、亮度、黑白度和过滤等级，得到最佳的图片并保存。然后关闭电源，取出被测物体，将防护门关闭，即完成一次检测。

9.2 污染源项描述

由 X 射线实时成像检测系统工作原理可知，X 射线是随设备电源的开、关而产生和消失。X 射线实时成像检测系统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，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

X 射线实时成像检测系统检测装置正常检测时，仅有 X 射线辐射影响，不产生放射性废气和废液。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 铅室的屏蔽

中法高速铁路技术（西安）有限公司 X 射线实时成像检测系统安装在配置的铅室内，铅室置于公司 1#厂房西北角的探伤室内。铅室尺寸为 2036×2085×2084mm，面积约 8.8m²，铅室四周防护墙为钢-铅-钢夹层结构，铅板固定在两面 5mm 厚钢板中间。1 个主射面西面中间夹 40mm 厚铅板，东面夹 40mm 厚铅板，南面、北面、顶部、底部夹 22mm 厚铅板。铅房工件进出门洞为 760×1400（宽×高），铅室防护门为双扇中间对开电动平移铅门，门扇对开部位采用交叉结构。操作台位于铅室东侧 1.8m 处。中法高速铁路技术（西安）有限公司 1#厂房平面布置见图 2，铅室结构见图 3。

表 4 中法高速铁路技术（西安）有限公司铅室主要技术参数

项目	建造材质	尺寸（mm）或防护厚度
铅室	/	2036×2085×2084
南北二个屏蔽墙	钢、铅	防护能力 22mmPb+5mm 钢板
东西二个屏蔽墙	钢、铅	防护能力 40mmPb+5mm 钢板
铅房工件进出门洞	/	760×1400
铅房的防护门	钢、铅	防护能力 22mmPb+5mm 钢板
屋顶	钢、铅	防护能力 22mmPb+5mm 钢板

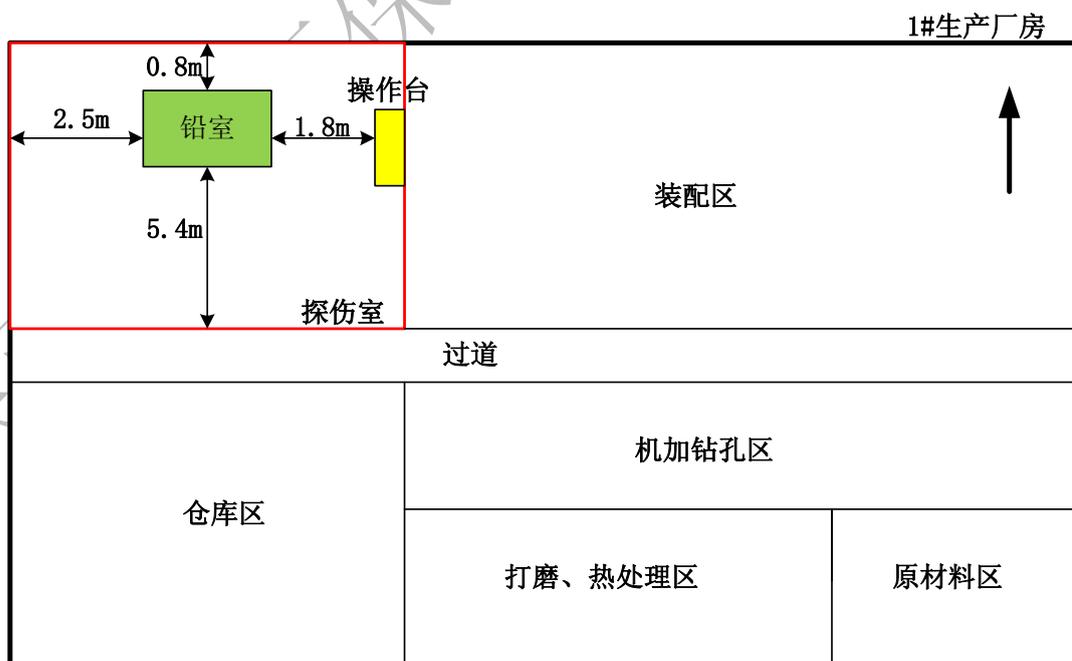


图 2 1#生产厂房及探伤区平面布置图

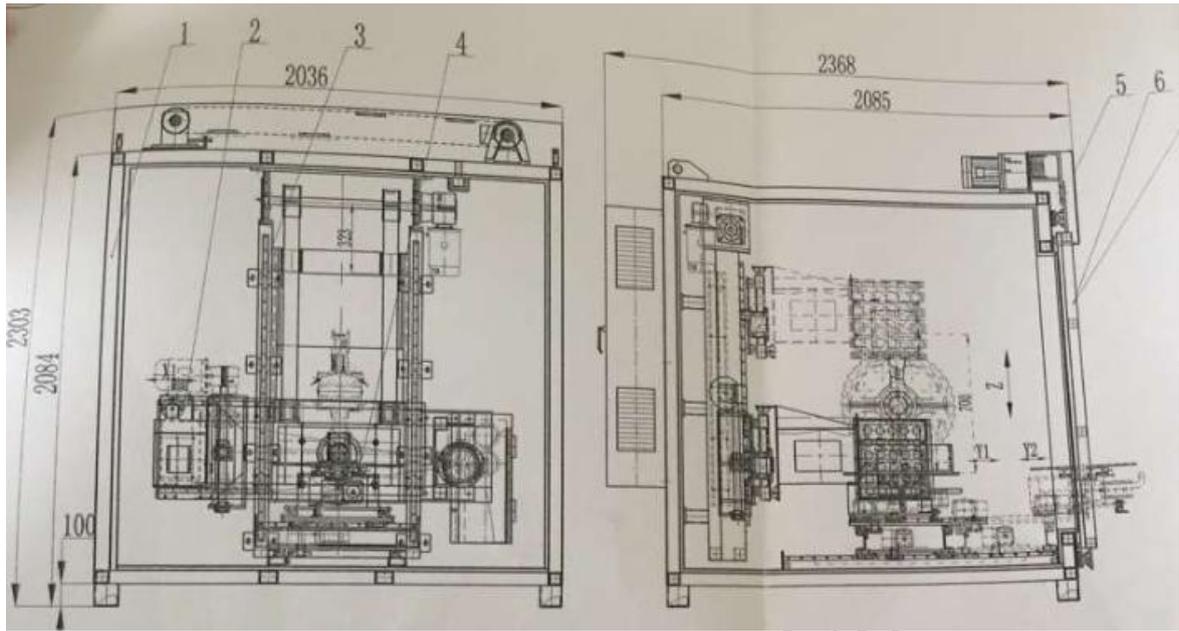


图3 本项目铅室结构图

10.1.2 其他安全防护措施

- (1) 安全互锁：设置高灵敏度限位开关，一旦防护门开启，X光管立即自动断电。
- (2) 急停开关：紧急情况按下急停开关，可快速切断供电系统。
- (3) 机械自动保护功能：防护门一旦开启，设备立刻进入停机保护状态。
- (4) 防护门入口处设置有固定的“当心电离辐射”醒目标志，铅室上方安装声光警示灯，检测作业时，警示声光开启，告诫无关人员勿靠近铅室附近。
- (5) 铅室操作台设置钥匙开关，防止检修时关闭铅门，开启射线检测装置。

10.2 三废的治理

X射线实时成像检测系统检测装置正常检测时，仅有X射线辐射影响，不产生放射性废气和废液，项目运行过程中不产生放射性“三废”。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目定制一套高频 X 射线实时成像检测系统（铅室）对公司生产的铸件进行室内无损检测，目前设备已安装完毕，尚未交付使用，因此不存在建设期对环境的影响，本次评价仅对其探伤过程产生的辐射环境影响进行分析评价。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 铅室屏蔽墙防护门防护效果估算模式

根据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。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.3.2 控制室应避开有用射束照射的方向。”本项目探伤室内设工件平台，定向探伤机主射线朝向西面照射，本项目在估算辐射影响时西东屏蔽墙、东屏蔽墙主要考虑主射线影响，其他方向主要考虑散射线及漏射线影响。

（1）辐射屏蔽估算模式

①透射因子估算

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 可采用以下公式进行计算：

$$B=10^{-X/TVL}$$

式中：X—不同屏蔽物质的厚度，mm；

TVL—不同屏蔽物质的十分之一值层厚度，mm；

B—为屏蔽材料透射因子；

除此之外，也可以依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

附录 B.1 曲线查出屏蔽透射因子 B。

②有用线束屏蔽估算

关注点的剂量率为：

$$H=I \times H_0 \times B/R^2$$

式中：I—X 射线装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B—为屏蔽材料透射因子；

R—为辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

③泄漏辐射屏蔽估算

泄漏辐射关注点的剂量率为：

$$H = H_L \times B / R^2$$

式中： H_L —距辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

B —为屏蔽材料透射因子；

R —为辐射源（靶点）至关注点的距离，m；

④ 散射辐射屏蔽估算

散射辐射关注点的剂量率为：

$$H = I \times H_0 \times B \times F \times \alpha / R_s^2 R_0^2$$

式中： I —X 射线装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B —为屏蔽材料透射因子；

F — R_0 处照射野面积， m^2 ；

α —散射因子；

R_0 —为辐射源（靶点）至被检工件的距离，m；

R_s —为散射体至关注点的距离，m

(2) 预测结果

新建 X 射线数字成像系统最大运行管电压为 320kV、输出电流为 7mA。据模式估算，X 射线数字成像检测系统正常运行工况下屏蔽墙外关注点的辐射剂量率估算结果见表 5。

表 5 正常运行工况下的理论估算统计表 $\mu\text{Sv/h}$

参数	屏蔽体		主射面有用线束屏蔽				其他方向泄漏辐射屏蔽				其他方向散射辐射屏蔽			
	西	东	南	北	顶	底	南	北	顶	底				
X (mm)	40mmPb+5mm 钢板		22mmPb+5mm 钢板				22mmPb+5mm 钢板							
I (mA)	7		7				7							
H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{h}$)	1.25×10^6		1.25×10^6				1.25×10^6							
R (m)	1.3	0.7	1.0	1.2	1.3	1.0 ^①	1.0	1.2	1.3	1.0 ^①				
B	6.3×10^{-8}		1.38×10^{-4}				1.38×10^{-4}							
H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	5×10^3		5×10^3				5×10^3							
TVL	5.7		5.7				5.7							
R_s	1.3	0.7	1.2	1.2	1.3	1.0 ^①	1.2	1.2	1.3	1.0 ^①				
$R_0^2/(F \cdot \alpha)$	50		50				50							
关注点处剂量率 $H \mu\text{Sv/h}$	估算值	0.33	0.86	0.48	0.48	0.41	0.69	0.75	0.75	0.65	1.10			
	控制值	2.5	2.5	泄漏+散射量：南 1.23、北 1.23、顶部 1.34、底部 1.79										
	评价	满足		满足										

结果

注：①新建铅室底部距离所在厂房地面约 0.1m，底部关注点为厂房地面

据表 6 估算结果表明，新建 X 射线数字成像系统建成正常运行工况下，其主射束铅室屏蔽墙外关注点处最大辐射剂量率约为 0.86 μ Sv/h，其他方向屏蔽墙外关注点处辐射剂量率为泄漏辐射剂量率与散射辐射剂量率之和，最大约为 1.79 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定的（2.5 μ Sv/h）标准限值要求。

11.2.2 保护目标剂量估算

X 射线数字成像检测系统工作人员和周围公众接受的剂量，可根据 X 射线检测时间和估算的最大辐射剂量率进行估算。

考虑到本项目 X 射线数字成像检测系统尚未投入运行，从保守角度，本次主要通过理论估算计算其工作人员和周围公众的最大年附加有效剂量。

本项目探伤设备年工作 250d，每天曝光时间最大为 240min，全年曝光时间最大为 1000h。操作位置位于铅室东侧 2.0m；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/T250-2014）中以下公式计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t U T)$$

由式上式可得到：

$$H = H_{c,d} t U T / 1000$$

式中：H—年剂量，mSv/a；

$H_{c,d}$ —参考点处剂量率， μ Sv/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/T250-2014）中的附录表 A.1 得到；

t—探伤装置周照射时间，单位为 h/a。

经估算，新建探伤室在正常运行工况下，其工作人员及周围公众接受的附加有效剂量见表 6。

表 6 正常运行工况下的附加有效剂量 $\mu\text{Sv/h}$

参数 \ 受众	辐射工作人员	周围公众		
	E	N	S	W
$H_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)	0.86	1.23	1.23	0.33
U	1/16	1	1	1/16
T	1	1/16	1/16	1/16
t (h/a)	1000			
附加年有效剂量 (mSv/a)	0.054	0.077	0.077	0.001
约束值 (mSv/a)	5	0.25		
评价结果	满足	$0.077+0.077+0.001=0.155 < 0.25$, 满足		

新建探伤室在正常运行工况下，其工作人员及周围公众接受的附加有效剂量满足本项目控制目标。

11.2.2 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，对工作人员产生影响很小。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故工况

工业 X 射线探伤的事故主要为：

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铅室，在铅室的工件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，人员误入铅室受到照射的事故；

②当射线装置进入工作状态而铅室的防护门未关闭，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，当操作人员处于铅室内时，由于信号误传，导致探伤机启动，进行探伤作业，使铅内人员受到意外照射事故。

11.3.2 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 X 射线无损检测系统安全操作规程, XYD320 型 X 射线探伤设备维护、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: 单位主管生产的副总经理(或生产厂长)任组长, 由环保、安全及生产、技术、设备等部门领导组成, 在环保科配备 1 人具体负责辐射防护的监督、检查、检测、管理和事故处理等日常工作。

(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) 铅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铅室。

(4) 铅室要设置门-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, 对铅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) 铅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 事故风险防范措施

(1) 铅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。

(2) 铅室内设置紧急开关和视频监控系统, 当人员被误关在铅室时, 可使用紧急开关, 切断主机电源, 防止人员受到辐射影响。

(3) 铅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。

(4) 加强干部和员工核与辐射安全知识培训, 增强安全意识;

(5) 严格执行射线检测安全操作规程, 严禁违规操作;

(6) 对射线检测设备定期检查维护, 杜绝带病作业;

(7) 射线检测设备寿期 10 年, 严禁超期服役。

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

中法高速铁路技术(西安)有限公司已成立以公司总经理为组长,副总经理为副组长,生产部、质量部等部门的负责人为成员的辐射安全管理领导小组,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。

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,中法高速铁路技术(西安)有限公司已制定了完善的辐射环境管理规章制度:《X射线探伤机日常维护维修制度》、《X射线探伤仪操作规程》、《放射性工作人员培训制度》、《辐射工作场所环境监测与年度评估制度》、《辐射事故应急预案》、《个人剂量监测和健康检查制度》、《射线操作人员安全操作规程》、《无损检测安全防护制度》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。中法高速铁路技术(西安)有限公司辐射安全管理规章制度见图 4。



图 4 本项目辐射安全管理规章制度

项目环保投资及竣工环境保护验收清单

(1) 项目环保投资

中法高速铁路技术(西安)有限公司 X 射线实时成像检测系统项目环境保护投资 40 万元,主要用于铅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

中法高速铁路技术（西安）有限公司 X 射线实时成像检测系统项目竣工环境保护验收清单如表 7。

表 7 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
铅室	防护墙	东墙和西墙 40mmPb+5mm 钢板； 南、北、顶、底部 22mmPb+5mm 钢板	铅当量达到环评要求
	防护门（双扇）	22mmPb+5mm 钢板， 门扇对开部位采用交叉结构	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
环境监测	设置 4 个监测点	/	辐射剂量率 处于环境本底水平
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
培训	组织所有放射性工作人员参加有资质单位组织的辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格，并经过所从事专业技术培训并取得从业资格后方可上岗	/	辐射工作人员业务技能熟练，操作规范

12.3 辐射监测

(1) 该公司应配备辐射监测仪器，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。具体监测计划见表 8。

表 8 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	操作台	自主监测不定期进行，复合监测每年一次
	防护门	
	屏蔽墙	
	铅室周围环境 (东侧屏蔽墙外 1 个、南侧防护门外 1 个、西侧屏蔽墙外 1 个、北侧屏蔽墙外 1 个)	
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	铅室	每月检查 1 次

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。

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，一旦发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》。

1、成立公司事故应急处理领导小组及公司事故应急处理办公室（质量部）负责放射事故应急救援工作。组长由总经理担任，副组长由副总经理担任。

2、公司放射防护管理小组及事故处理应急办公室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。

①一般事故应急与响应指挥系统

发生一般事故后，由公司事故应急处理领导小组下设的事故处理应急办公室负责组织和协调有关单位和人员做好应急处理工作。

②严重或重大事故应急与响应指挥系统

发生严重或重大事故后，由公司事故应急处理领导小组具体确定组成指挥小组。

3、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。

4、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。

5、发生事故后，事故处理应急办公室应立即协同同生产部（兼负责安全）组织人员到现场指导工作，并向事故应急处理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。

①一般事故

发生较轻微的事故后立即封锁现场，维修人员迅速查明事故泄露原因。凡能通过切断事故源等处理措施而消除事故的，则以自救为主。如自己不能控制的，应向领导小组报告并提出具体措施。

②严重或重大事故

发生严重或重大事故后，应马上封锁现场，迅速安排受照人员接受医学检查，在指定的医疗机构救治。公司组织有关人员携带仪器设备赶赴现场进行检测，核实事故情况，估算受照剂量、污染范围和程度。判定事故类型级别，提出控制措施和方案。

陕西科莱环保工程有限责任公司

表 13 结论与建议

结论

1、辐射安全与防护分析

新建铅室室防护设计：中法高速铁路技术（西安）有限公司 X 射线实时成像检测系统安装在配置的铅室内，铅室置于公司 1#厂房西北角的探伤室内。铅室尺寸为 2036×2085×2084mm，面积约 8.8m²，铅室四周防护墙为钢-铅-钢夹层结构，铅板固定在两面 5mm 厚钢板中间。1 个主射面西面中间夹 40mm 厚铅板，东面夹 40mm 厚铅板，南面、北面、顶部、底部夹 22mm 厚铅板。铅房工件进出门洞为 760×1400（宽×高），铅室防护门为双扇中间对开电动平移铅门，门扇对开部位采用交叉结构。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，铅室四周墙体，顶底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，铅室四周墙体，顶底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，对工作人员产生影响很小。

3. 可行性分析结论

（1）中法高速铁路技术（西安）有限公司 X 射线实时成像检测系统的建设，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）中法高速铁路技术（西安）有限公司探伤室位于 1#厂房西北角，铅室位于探伤室内。探伤室距离项目北厂界 50m，南厂界 85m，西厂界 15m，东厂界 90m。东厂界、南厂界、西厂界外均为空地，北厂界外为滨河大道。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) 要求该公司在新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 X 射线实时成像检测系统进行环保验收监测，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。

(4) 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。

(5) 对 X 射线检测系统的运行情况，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。

(6) 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。

(7) 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。

(8) 该单位进行的是铅室内探伤，所以坚决禁止进行现场或其他探伤活动。

(9) 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。

(10) 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