

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间新增 X 射线探伤核技术应用项目			
建设单位		陕西法士特汽车传动集团有限责任公司			
法人代表	严鉴铂	联系人	樊昊	联系电话	0917-8730697
注册地址		陕西省西安市高新区西部大道 129 号			
项目建设地点		陕西省蔡家坡经济技术开发区孔明大道陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间 5 号探伤室			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	233.7	项目环保投资 (万元)	5	投资比例 (环保投资/总投资)	2.14%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	不新增占地
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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位概况</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>陕西法士特汽车传动集团有限责任公司（以下简称“法士特”）始建于 1968 年，是一家综合性加工企业，以钢铁的机加工为主，产品在 5 档~16 档重型变速器领域已实现全方位覆盖，形成以后双中间轴系列为主导，单中间轴系列为辅助的高、中、低档互补发展的新格局，并实现总产品批量出口。产品在国内 8t 级以上中重型汽车市场份额超过 86%，15t 级以上达 92%。</p> <p>2、项目由来</p> <p>为满足企业业务发展需要，陕西法士特汽车传动集团有限责任公司拟在铸造车间开展变速箱壳体等工件的无损检测，拟新增 1 套 XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统，</p>					

设有铅房屏蔽体，为II类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单，本项目属于“五十、核与辐射—191、核技术利用建设项目（不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置）—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。

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司于2020年3月委托我公司编制该项目环境影响报告表。接受委托后，我公司随即组织专业人员开展资料收集、现场踏勘等工作，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》（HJ10.1-2016）的要求，编制完成了《陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间新增X射线探伤核技术应用项目》。

二、项目概况

1、建设规模

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司拟在铸造车间5号探伤室新增1套XYD-450型X射线实时成像检测系统，设有铅房屏蔽体，为II类射线装置。

本次新增设备情况详见表1-1。

表 1-1 设备情况表

序号	设备名称	设备型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	曝光类型	工作场所	备注
1	X射线实时成像检测系统	XYD-450型	450	10	定向，向西	法士特铸造车间5号探伤室	铅房

2、工作制度及劳动定员

根据建设单位提供的资料，本项目共4名操作人员，两班制；设备年运行时间详见表1-2。

表 1-2 设备年运行时间、运行天数

探伤室	设备名称	照射时间 (h/d)	周工作天数 (d)	年工作天数 (d)	运行时间 (h/a)
5号探伤室	X射线实时成像检测系统	5	6	300	1500

三、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用X射线进行无损探伤检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用。

根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于“鼓励类”中“十四、机械—6、工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”，符合国家产业政策。

本项目利用 X 射线进行变速箱壳体等工件的无损检测，通过无损检测有助于产品质量及性能把控，从而保障产品质量，项目运行产生的辐射危害远小于企业和社会取得的利益，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。

四、项目选址及周边环境关系

(1) 地理位置

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司位于陕西省宝鸡市蔡家坡经济技术开发区，本项目建设地点位于陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间 5 号探伤室，地理位置见图 1-1。



图 1-1 地理位置与交通图

(2) 周边环境关系及平面布置图

5 号探伤室位于陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间，东侧为检验室、库房等，北侧为生产线，南侧隔过道为库房，西侧厂房外隔内部道路为原料仓储区，项目周边环境关系及平面布置见图 1-2、图 1-3。

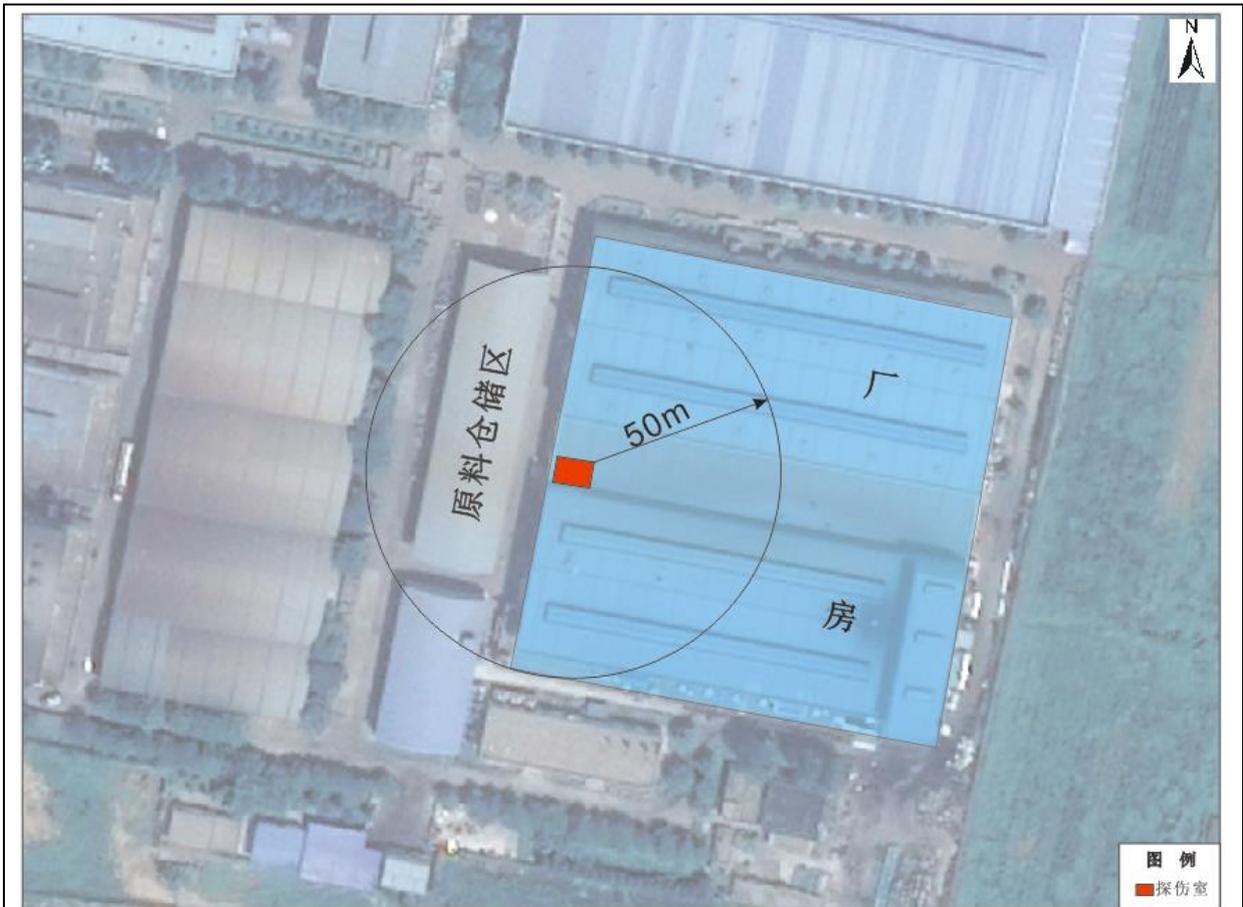


图 1-2 5号探伤室所在位置及周边环境关系图

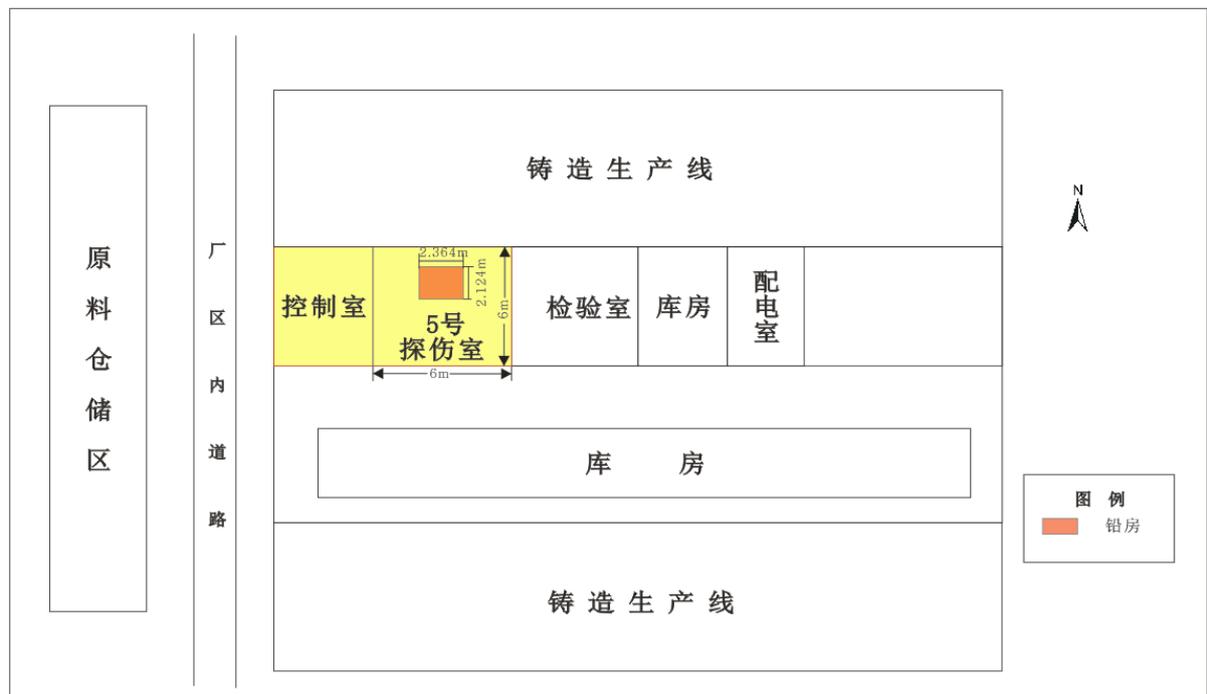


图 1-3 探伤室平面布置示意图

五、核技术应用项目回顾

1、陕西法士特汽车传动集团有限责任公司现有核技术利用项目情况

(1) 环保手续履行情况

法士特铸造车间 4 台 X 射线探伤机均已开展环境影响评价，取得陕西省环境保护厅批复，已通过竣工环境保护验收并取得验收批复；法士特职工第二医院 2 台射线装置已办理环境影响评价登记表，并于 2014 年通过竣工环境保护验收。陕西法士特汽车传动集团有限责任公司现有核技术利用项目环保手续履行情况见表 1-3，批复详见附件。

表 1-3 现有核技术利用项目环保手续履行情况

序号	项目名称	环评审批部门	环评批复及日期	验收批复及日期
1	陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造分公司核技术应用项目	原陕西省环境保护厅	陕环批复（2010）532 号 2010 年 11 月 8 日	陕环批复（2013）635 号 2013 年 12 月 5 日
2	陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造分公司 X 射线探伤核技术应用项目	原陕西省环境保护厅	陕环批复（2012）527 号 2012 年 8 月 16 日	
3	陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造分公司 XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统核技术应用项目	原陕西省环境保护厅	陕环批复（2014）131 号 2014 年 3 月 17 日	陕环批复（2014）646 号 2014 年 11 月 26 日
4	陕西法士特汽车传动集团有限责任公司职工第二医院 X 光射线装置应用项目	环评登记表		宝市环函（2014）443 号 2014 年 11 月 5 日

(2) 现有辐射安全许可证

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司辐射安全许可证发证日期为 2020 年 3 月 24 日，许可证编号为陕环辐证（00450），许可证种类和范围为使用 II、III 类射线装置，有效期至 2025 年 3 月 4 日，辐射安全许可证台账明细见表 1-4。

表 1-4 辐射安全许可证台账明细

射线装置						
序号	装置名称	规格型号	类别	数量	场所	活动种类
1	X 射线探伤机	XYD-450	II 类	1	宝鸡法士特齿轮有限责任公司铸造车间	使用
2	X 射线探伤机	XYG-22507/3	II 类	1		使用
3	X 射线探伤机	MU2000	II 类	1		使用
4	X 射线探伤机	Y.MULTIPL	II 类	1		使用
5	医用 X 射线机	F51-5C	III 类	1	陕西法士特集团公司职工第二医院	使用
6	牙科 X 射线机	F22-IV	III 类	1		使用

2、陕西法士特汽车传动集团有限责任公司辐射安全与管理现状

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司已根据国家法律法规要求，结合《陕西省环境保护厅办公室关于开展核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作的通知》（陕环发〔2015〕80号）相关要求，成立了辐射安全管理领导小组，安排专人负责辐射安全管理工作，明确相关管理人员、辐射工作人员职责，指导法士特辐射安全管理工作；已制定了较为完善的规章制度，主要有：《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置操作人员培训制度》、《辐射人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射装置维护、检修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射检测仪器使用与检定制度》等；已针对可能发生辐射事故类型，法士特已制定《探伤辐射事故应急预案》并进行定期演练；依据“陕环发〔2015〕80号”文件相关内容，法士特已对原有X射线装置的安全性能以及工作场所进行标准化管理，配备相应的辐射安全与防护措施；法士特现有辐射工作人员均已配备个人剂量计，已建立辐射工作人员个人剂量档案，并定期进行个人剂量监测；法士特已配备2台X-γ剂量率仪监测仪，基本上能够满足法士特现有核技术应用项目监测需要。

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》(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) /最大能量 (MeV)	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类	1	XYD-450 型	450kV	10	无损检测	法士特铸造车间 5 号探伤室	/

(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)	最大管电流 (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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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）。

表 6 评价依据

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订版), 2015 年 1 月 1 日实施;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2018 年 12 月 29 日修订;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日实施;</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》, 部令第 44 号, 2017 年 9 月 1 日实施;</p> <p>(5) 《关于修改<建设项目环境影响评价分类管理名录>部分内容的决定》, 生态环境部令第 1 号, 2018 年 4 月 28 日实施;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 2019 年 8 月 22 日修订;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日实施;</p> <p>(8) 《关于加强放射性同位素与射线装置辐射安全和防护工作的通知》, 环境保护部环发〔2008〕13 号, 2008 年 4 月 14 日;</p> <p>(9) 《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 年第 66 号, 2017 年 12 月 6 日);</p> <p>(10) 《陕西省放射性污染防治条例》, 2019 年 7 月 31 日修订;</p> <p>(11) 《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项目表>的通知》, 陕环办发〔2018〕29 号, 2018 年 6 月 6 日。</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》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014);</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评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(5) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 法士特现有核技术利用项目环评批复及验收批复、辐射安全许可证、年度监测报告;</p> <p>(3) 法士特提供的其他相关技术资料。</p>

表 7 保护目标及评价标准

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)中“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”的要求,确定本项目评价范围为射线装置实体屏蔽墙为边界,半径 50m 范围内的区域,评价范围见图 1-2。

保护目标

根据探伤室周边环境关系及平面布置图(见图 1-2~图 1-3),本项目环境保护目标主要为控制室放射工作人员、生产线等其他工作人员及公众人员。本项目环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

序号	保护对象	人数	方位	保护目标	相对距离(m)	剂量约束值(mSv/a)
1	放射工作人员	约 4 人	西	西侧的控制室	2.4~15m	5
2	其他工作人员及公众人员	约 4 人	西	原料仓储区工作人员 3~4 人	15~50m	0.25
		流动人员	西	厂内道路	6~50m	
		约 24 人	北	铸造生产线工作人员	1.2~50m	
		约 5 人	东	检验室、库房、配电室 工作人员	1.3~50m	
		流动人员	南	车间内东西向过道	1.5~4m	
		约 4 人	南	库房、铸造生产线工作人员	4~50m	

评价标准

一、职业人员和公众的辐射剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)附录 B 剂量限值:应对任何工作人员的职业水平进行控制,使之不超过下述限值:由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)不超过 20mSv;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计值不应超过 1mSv。

另外,根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)第 11.4.3.2 款规定:剂量约束值通常应在公众照射剂量的限值 10%~30% (0.1mSv~0.3mSv) 的范围之内,但剂量约束值的使用不应取代最优化要求,剂量约束值只能作为最优化值的上限。

依据“辐射防护安全与最优化原则”,本项目取评价标准限值的四分之一作为剂量约束值,即对公众成员取 0.25mSv/a 作为剂量约束值,工作人员职业照射取 5mSv/a 作为剂量约束值。

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。本标准适用于 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)进行探伤的工作。

4.1 放射防护要求:

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免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 μ Sv/周,对公众不大于 5 μ 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 μ 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置, 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-机联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”信号应持续足够长的时间, 以确保探伤室内人员安全离开。“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 射线探伤装置联锁。

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应不小于 3 次。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目所在场所辐射环境质量现状数据委托西安志诚辐射环境检测有限公司于 2020 年 4 月 19 日依据《辐射环境监测技术规范》(HJ/T-2001)、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583-93) 等规范进行现状监测, 监测地点为本次评价铅房所在 5 号探伤室及周围。

1、项目地理位置和场所

项目所在场所位于陕西法士特汽车传动集团有限责任公司铸造车间车间内, 车间仅 1 层, 无地下室, 西侧为厂区内部道路, 东侧为检验室、库房等, 北侧及南侧均为法士特生产线。

2、环境现状评价的对象

项目铅房所在 5 号探伤室及周围环境的辐射环境质量。

3、监测因子

X、 γ 空气吸收剂量率。

4、监测点位

监测点位分别布设在 5 号探伤室室内、四周及探伤室所在车间空地, 监测点位布设情况详见图 8-1。

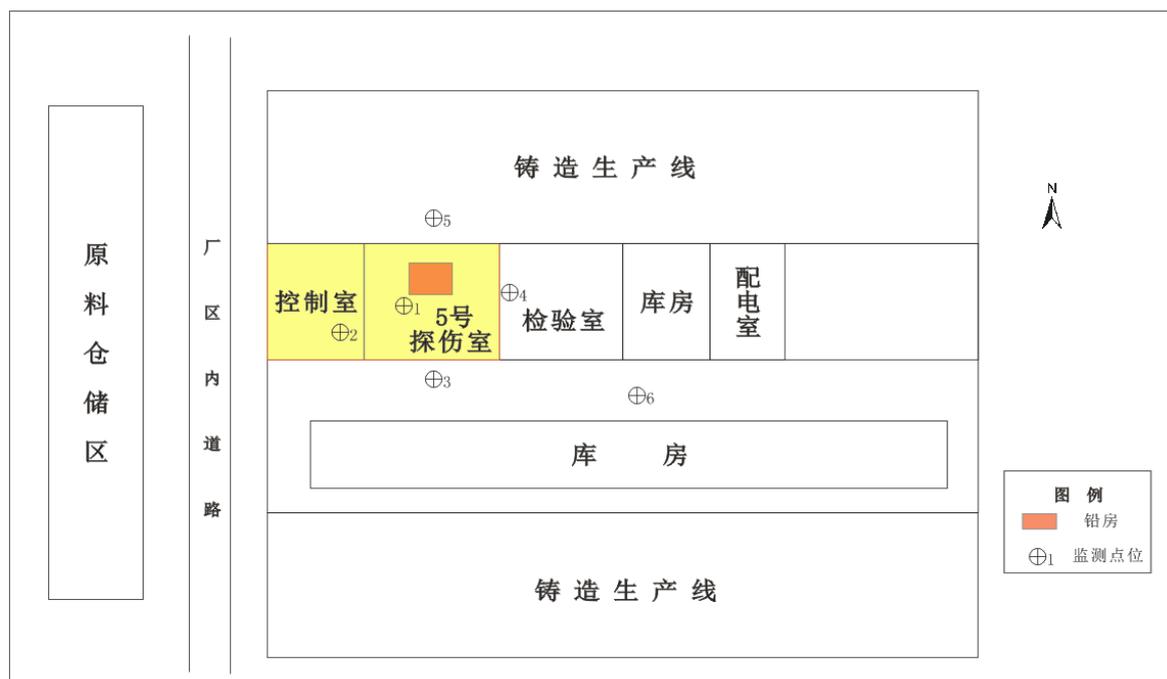


图 8-1 辐射环境质量现状监测点位图

5、监测概况

(1) 监测日期

2020年4月19日。

(2) 监测设备

监测设备为环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪，参数详见表 8-1。

表 8-1 监测设备参数

型号规格	FD-3013H	仪器编号	XAZC-YQ-003
测量范围	0.01 μ Gy/h~200 μ Gy/h	检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2019H21-20-1916676001	检定有效期	2019.7.29~2020.7.28

6、辐射环境质量现状监测结果

项目辐射环境质量现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 辐射环境质量现状监测结果

监测点位	点位描述	X、 γ 空气吸收剂量率 (μ Gy/h)
1	探伤室内	0.07~0.09
2	探伤室西侧（控制室）	0.07~0.09
3	探伤室南侧（过道）	0.06~0.09
4	探伤室东侧（检验室）	0.06~0.09
5	探伤室北侧（过道）	0.06~0.08
6	车间内空地	0.07~0.10

表 8-2 表明，项目所在探伤室及周围 X、 γ 空气吸收剂量率为 0.06~0.10 μ Gy/h（60~100nGy/h），处于辐射环境本底涨落范围内，与《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》表 5 中“宝鸡市室内 γ 辐射剂量率范围为（64.0~140）nGy/h”相当，属天然辐射本底波动水平。

表 9 项目工程分析和源项

工程设备和工艺分析

1、放射性污染源

本项目主要利用 X 射线机在工作时发出的 X 射线对产品进行无损检测。根据环境保护部、国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号公告，本项目 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。

2、探伤作业工况

根据法士特提供资料，本项目共 4 名操作人员，两班制；工作时间约 1500h/a（35h/周）。

3、工作原理

X 射线探伤机主要由 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 射线管结构图见图 9-1。

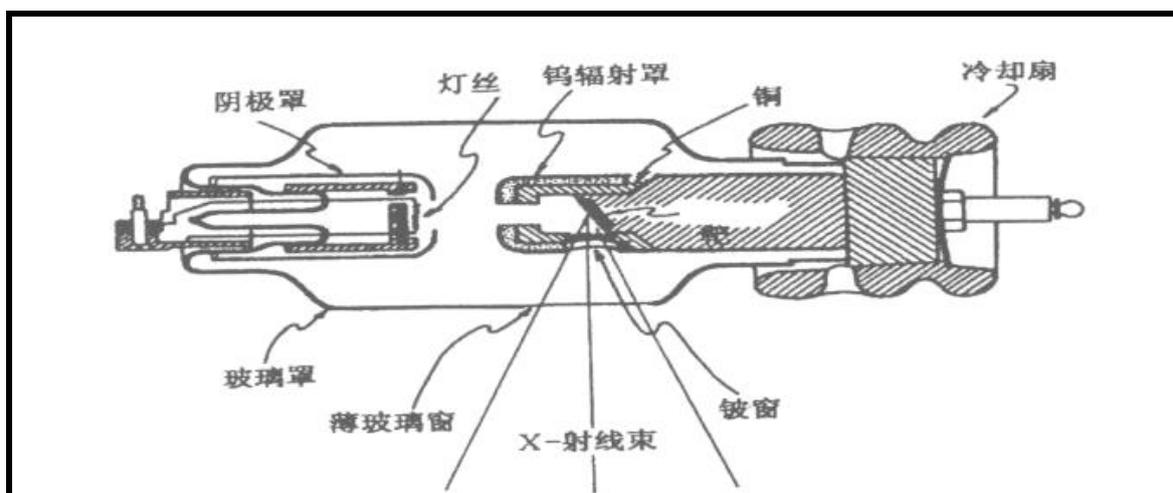


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

X 射线穿透金属材料后被实时成像系统的图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信息转换为可视图像，称为“光电转换”；就信息量的性质而言，可视图像是模拟量，它不能为计算机所识别，如要输入计算机进行处理，则需将模拟量转换为数字量，

进行“模 / 数转换”，再经计算机处理将可视图像转换为数字图像。其方法是用高清晰度电视摄像机摄取可视图像，输入计算机，转换为数字图像，经计算机处理后，在显示器屏幕上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，从而达到材料质量检测的目的。

4、工作流程及产污环节

(1) 无损检测工作流程

- ① 将待测工件送至检测系统的铅房内；使工件处于射线出束口与图像增强器之间。
- ② 确认门机联锁等正常，启动通风装置；确认所有人员撤离，关闭铅房防护门。
- ③ 确认各连接电缆连接正确，接通电源、开机。
- ④ 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。
- ⑤ X 射线探伤机持续产生 X 射线，由控制系统控制工件连续通过射线出束口与图像增强器之间，检测系统显示器实时显示通过工件的检测图像，工作人员根据显示图像判断工件内部是否有缺陷。
- ⑥ 检测结束后，工件由放射工作人员从铅房取出。

(2) 无损检测产污环节

无损检测过程中，X 射线实时成像系统开机工作时会产生 X 射线，同时 X 射线会使空气电离产生少量 O₃、NO_x 等有害气体。X 射线无损检测工作流程及产污环节见图 9-2。

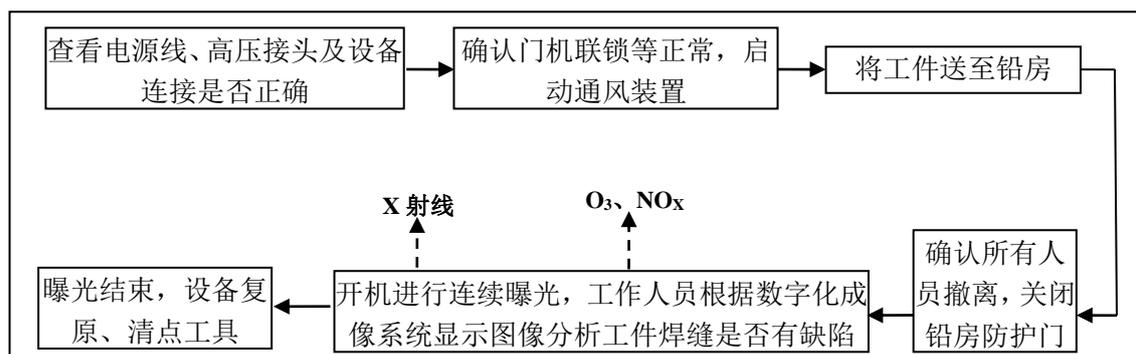


图 9-2 工作流程及产污环节图

5、正常工况的污染途径

射线装置发出的X射线经透射、散射，对作业场所及周围环境产生X射线辐射，穿透铅房屏蔽体的X射线造成铅房周围辐射水平升高，工作人员和公众在此区域活动时对其产生一定的外照射。

6、事故工况的污染途径

本项目在运行过程中可能发生的事故有：开机检测时，门机联锁失效，操作人员或公众误入控制区内造成误照射；或门机联锁失效，防护门未完全关闭的情况下射线装置出束，防护门处泄露X射线对工作人员及公众造成额外照射；仪器出现故障时的不受控出束，对射线装置周围活动人员产生误照射。

污染源项描述

1、X射线

由X射线无损检测的工作原理可知，X射线是随机器的开、关而产生和消失，工作状态下产生X射线，非工作状态下无X射线产生，因此主要污染因子为X射线机工作时产生的X射线。

2、O₃、NO_x

当电压为0.6kV以上时，X射线能使空气电离，本项目X射线实时成像检测系统最大工作电压为450kV，运行时产生的X射线会使空气电离产生少量O₃、NO_x。

3、其他

本项目射线装置为数字化成像检测系统，不使用显定影液，不产生废显（定）影液和废旧胶片等。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区

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。

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) “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, 与墙壁外部相邻区域划为监督区” 要求, 本项目需划定控制区与监督区。根据项目实际布局情况, 屏蔽铅房内所有区域划分为控制区, 所在探伤室除铅房外其他区域及控制室划分为监督区, 辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

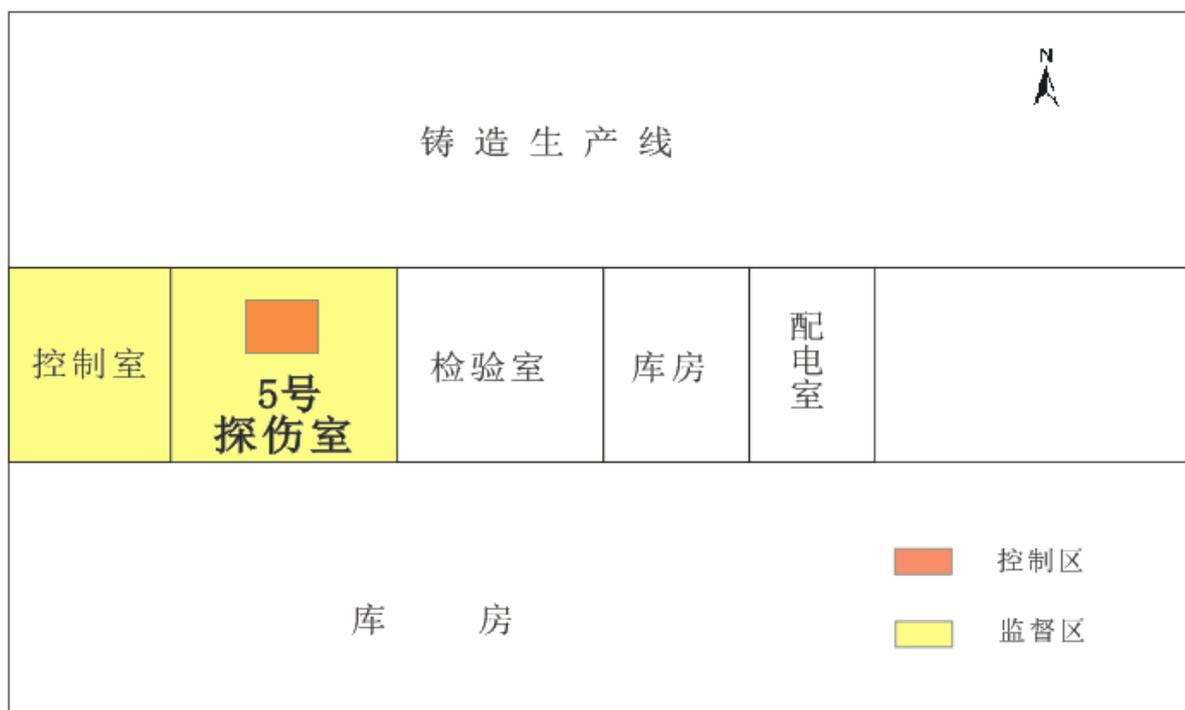


图 10-1 探伤室辐射工作场所分区示意图

2、辐射防护屏蔽设施

本项目 X 射线实时成像检测系统设有屏蔽铅房，根据设计资料，铅房长宽高约 2364mm×2124mm×2388mm，见图 10-1~10-2，四周屏蔽墙、屋顶、防护门防护设计情况详见表 10-1。

表 10-1 铅房辐射屏蔽情况

探伤室	设备参数	出束方向	铅房净尺寸（长×宽×高）	墙体及屋顶/铅房防护设计	
5 号探伤室	X 射线实时成像检测系统：XYD-450 型，最大管电压 450kV，最大管电流 10mA	向西	2364mm×2124mm×2388mm	北	46mmPb
				东	46mmPb
				南	46mmPb
				西	65mmPb
				防护门	46mmPb
				屋顶	46mmPb
				底面	46mmPb

铅房设防护门 1 个，位于铅房南侧，采用双开门电动推拉式，防护门铅当量为 46mm，防护门与墙体设计有搭接，防护门与两侧墙体搭接为 140mm，上、下搭接分别约 160mm、200mm，两扇防护门搭接约 45mm，按照搭接长度须大于 10 倍间隙（门与墙的间隙）的原则，间隙应尽量小。

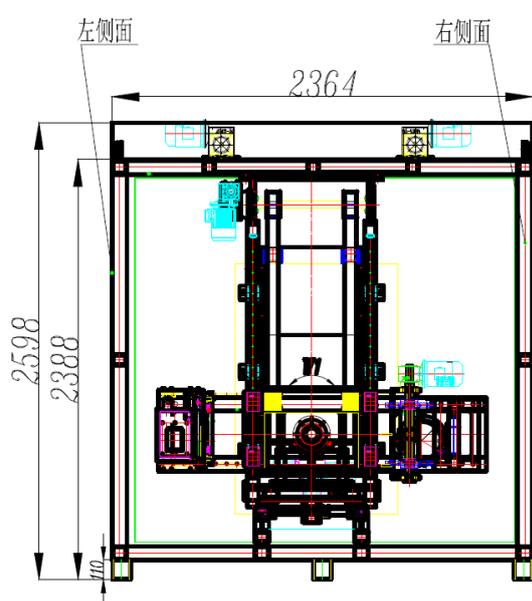


图 10-1 铅房侧视图

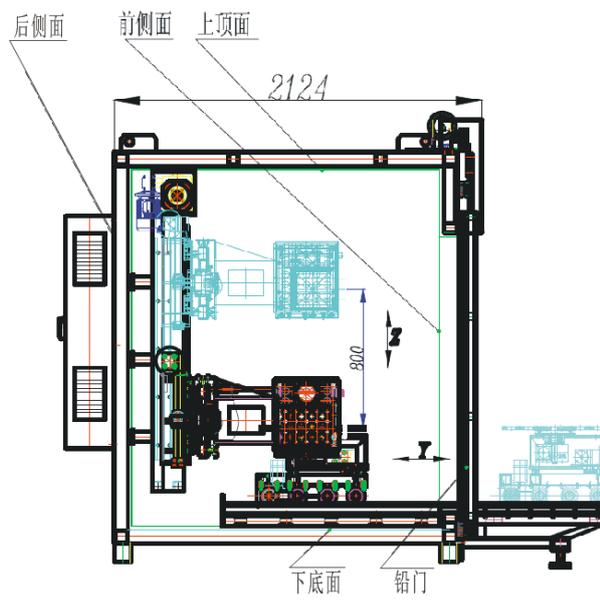


图 10-2 铅房侧视图

3、辐射安全措施

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），该项目应采取的辐射安全措施如下：

(1) 控制台应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

(2) 控制台应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

(3) 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与铅房防护门联锁的接口，当所有能进入铅房的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在铅门开启时能立即切断。

(4) 控制台应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(5) 控制台应设置紧急停机开关。

(6) 控制台应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(7) 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。

(8) 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，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

(9) 铅房应设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后 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-机联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。

(10) 铅房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”信号应持续足够长的时间，以确保铅房内人员安全离开。“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。

(11) 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

(12) 铅房内、外醒目位置应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(13) 铅房防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(14) 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。

(15) 铅房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应不小于 3 次。

(16) 探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开铅房并

迅速切断射线机电源，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。个人剂量计定期送交有资质的检测单位进行测量，并建立个人剂量档案。

4、辐射安全管理措施

为了加强该项目的辐射安全管理工作，规范和强化应对辐射事故的能力，法士特成立了辐射安全与环境保护管理领导小组，安排专人负责辐射安全管理工作，防止辐射污染事故发生，保护环境，保障工作人员、公众身体健康。已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置操作人员培训制度》、《辐射人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射装置维护、检修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射检测仪器使用与检定制度》、《探伤辐射事故应急预案》一系列管理制度，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。

按照《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），使用射线装置的单位，应严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并对档案中出现问题及时采取有效措施妥善处理。

5、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕环办发〔2018〕29 号关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知，对核技术利用单位辐射安全管理标准化建设提出了要求。根据建设单位提供资料，法士特辐射安全管理部分内容建设情况详见表 10-2；辐射安全防护措施部分建设单位应严格按照文件要求进行标准化建设，详见表 10-3。

表 10-2 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	制度建设情况 (有/无)
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	有
		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	有
		明确涉辐部门和岗位的辐射安全职责	有
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障	有
	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	有
		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	有
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	有
	建立辐射环境安全管理档案	有	

续表 10-2 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	制度建设情况 (有/无)
人员管理	辐射防护负责人	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	有
		岗前进行职业健康体检，结果无异常	有
		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	有
		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	有
		熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况后，能有效处理	有
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	有
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	有
		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	有
		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	有
		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	有
		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	有
		建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）	有
		建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案	有
应急管理		结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	有
		应急预案应当包括下列内容：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辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序	有

**表 10-3 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X射线探伤	控制台安全性	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志
		控制台设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置
		控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束
		控制台设有紧急停机开关

续表 10-3 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 X 射线探伤	固定探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区 控制区：探伤室墙围成的内部区域 监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域
		布局	探伤室与操作室分开，并避开有用线束照射的方向
		通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于3次
	标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明	探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁
		探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明	
		辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置 探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法
	监测设备及个人防护用品	X-γ 剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等	

三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，产生的非放射性废物主要包括 O₃、NO_x。

本项目实时成像系统运行时会产生 X 射线，X 射线会使空气电离产生少量的 O₃、NO_x，铅房设计中暂未考虑机械通风装置，本次环评要求铅房设置机械通风装置，以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第 4.1.11 条“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应不小于 3 次”的要求。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目仅在已有建筑内安装设置，施工期环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射防护屏蔽能力分析

本项目新增 1 台实时成像系统，本次评价采用理论估算的方法进行辐射影响分析。

1、辐射防护屏蔽理论估算模式

采用理论估算的方法验证铅房屏蔽防护性能，计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能计算。

(1) 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

① 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按公式(1)计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{公式(1)}$$

式中： H_c 为周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/周}$ ，职业工作人员 $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

U 为探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T 为人员在相应关注点驻留的居留因子；

t 为探伤装置周照射时间，单位为 h/周 。

t 按公式(2)计算：

$$t = W / (60 \cdot I) \quad \text{公式(2)}$$

式中： W —X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ ”值）， $\text{mA} \cdot \text{min/周}$ ；

60—小时与分钟的换算系数；

I —X 射线探伤装置在最大管电压下的常用最大管电流， mA 。

② 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

$$H_{c,max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

③ 关注点剂量率参考控制水平

Hc 为上述①中的 Hc,d 和②中的 Hc,max 二者的较小值。

(2) 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

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内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同公式(1)。

B 除 A 的条件外, 应考虑下列情况:

a 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按(1)的剂量率参考控制水平 Hc 加以控制。

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 100μSv/h。

探伤室屋顶不需要人员到达, 无公众人员, 屋顶的周剂量率参考控制水平取 100μSv/周。

(3) 有用线束屏蔽估算

有用线束屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算:

$$B = H_c \cdot R^2 / (I \cdot H_0) \quad \text{公式(3)}$$

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;

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。

对于估算处的屏蔽透射因子 B, 所需屏蔽物质厚度 X 按下式计算:

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式(4)}$$

式中: TVL—为屏蔽物质的什值层厚度, mm;

B—达到剂量率参考控制水平 H_c 时所需的屏蔽透射因子。

(4) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

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:

$$B = \dot{H}_C \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式(5)}$$

式中： \dot{H}_C 为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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， $\mu\text{Sv/h}$ 。

② 散射辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R_s^2 / (I \cdot H_0) \cdot R_0^2 / (F \cdot a) \quad \text{公式(6)}$$

式中： \dot{H}_C 为剂量率控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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 ；

a 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。本项目 $R_0^2 / (F \cdot a)$ 因子的参考取值为 50。

③ 泄露辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄露辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

(5) 对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的辐射屏蔽投射因子按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式(7)}$$

式中： X 为屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL 为屏蔽物质的什值层厚度， mm 。

(6) 年有效剂量可按下式计算：

$$P_{\text{年}} = H \cdot U \cdot T \cdot t \quad \text{公式(8)}$$

式中： $P_{\text{年}}$ 为年有效剂量， mSv/a ；

t 为年工作时间。

2、理论估算参数

根据建设单位提供资料，XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统工作时间为每周 30h，理论估算时 X 射线机工作时间按 30h/周计。

XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统曝光类型为定向，主射束方向向西，仅西墙为射线出口方向，因此西墙考虑有用线束屏蔽，屋顶、东墙、南墙、北墙及防护门考虑泄露辐射、散射辐射屏蔽。铅房四面墙体及防护门外表面 30cm 处作为关注点，周剂量率控制水平取 100 μ Sv/周。

有用线束估算参数：根据建设单位提供资料，本项目 X 射线实时成像检测系统最大管电压为 450kV，根据《辐射防护手册（第一分册）辐射源与屏蔽》中图 4.4d，恒定电压为 450kV 的 X 射线机距离靶 1m 处的输出量约 4.0R/(mA·min)（按 3mm 铜过滤条件考虑），根据公式 $1R=8.69E-03Gy$ ，计算可得距辐射源点（靶点）1m 处输出量为 34.76mGy·m²/（mA·min）。根据 ICRP Publication 33 第 78 页表 3，500kVX 射线半值层/半值层厚度为 10.3mm/3.1mm，400kVX 射线半值层/半值层厚度为 8.2mm/2.5mm，利用插值法估算 450kVX 射线半值层/半值层厚度为 9.25mm/2.8mm。

泄露辐射、散射辐射估算参数：X 射线实时成像检测系统最大管电压为 450kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率 $5 \times 10^3 \mu$ Sv/h；X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，保守取 400kV，则对应的铅的半值层厚度为 8.2mm。

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），铅房位于厂房一层（仅一层），无地下室，故关注点设在铅房外、铅房屋顶外 30cm 处，铅房屏蔽厚度理论估算参数详见表 11-1。

表 11-1 铅房屏蔽厚度理论估算参数

方向	居留因子 ^①	距离 R (m)	关注点剂量率参考控制水平 (μ Sv/h)	需屏蔽的辐射源
东墙	1	1.2	2.5	泄露辐射、散射辐射
南墙	1	1.0	2.5	泄露辐射、散射辐射
西墙	1	1.8	2.5	有用线束
北墙	1	1.7	2.5	泄露辐射、散射辐射
防护门	1	1.8	2.5	泄露辐射、散射辐射
屋顶	1/16	0.8	2.5	泄露辐射、散射辐射

注：①根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，保守估算，铅房四周按全居留来考虑，居留因子取 1；屋顶无人，按偶然居留考虑，居留因子取 1/16。②关注点剂量率参考控制水平首先按公式(1)进行计算得出 Hc,d，Hc 取 Hc,d 和 Hc,max 二者的较小值。

3、探伤室屏蔽厚度估算结果

根据前述公式及估算参数，铅屏蔽所需屏蔽厚度估算结果见表 11-2：

表 11-2 铅房屏蔽厚度估算结果

位置	铅屏蔽估算厚度				设计防护厚度	符合性
	泄露辐射防护厚度	散射辐射防护厚度	复合结果	有用线束		
东墙	29.1mmPb	41.6mmPb	41.6mmPb	/	46mmPb	符合
南墙	30.6mmPb	42.9mmPb	42.9mmPb	/	46mmPb	符合
西墙	/	/	/	59.4mmPb	65mmPb	符合
北墙	26.3mmPb	39.1mmPb	39.1mmPb	/	46mmPb	符合
屋顶	32.4mmPb	44.5mmPb	44.5mmPb	/	46mmPb	符合
防护门	30.6mmPb	42.9mmPb	42.9mmPb	/	46mmPb	符合

估算结果表明，X 射线实时成像检测系统在最大工作状态下，铅房三面墙体（除西墙外）、防护门、屋顶的估算屏蔽厚度约 39.1mm~44.5mmPb，设计屏蔽厚度均为 46mmPb，估算屏蔽厚度小于设计屏蔽厚度；铅房西墙估算屏蔽厚度约 59.4mmPb，设计屏蔽厚度为 65mmPb，估算屏蔽厚度小于设计屏蔽厚度。由此可见，铅房屏蔽设计厚度可以达到防护要求。

4、工作场所辐射剂量率估算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (4)、公式 (8)、公式 (10) 估算铅房各关注点剂量率，估算结果如下：

表 11-3 关注点剂量率估算结果

关注点	屏蔽设计厚度(mm)	距辐射源点距离(m)	最大管电流(mA)	有用线束剂量率(μSv/h)	泄露剂量率(μSv/h)	散射剂量率(μSv/h)	总剂量率(μSv/h)
东墙外 0.3m 处	46mmPb	1.2	10	/	0.04	0.71	0.75
南墙外 0.3m 处	46mmPb	1.0	10	/	0.053	1.024	1.08
西墙外 0.3m 处	65mmPb	1.8	10	0.61	/	/	0.61
北墙外 0.3m 处	46mmPb	1.7	10	/	0.02	0.35	0.37
屋顶外 0.3m 处	46mmPb	1.8	10	/	0.08	1.60	1.68
防护门外 0.3m 处	46mmPb	0.8	10	/	0.053	1.024	1.08

由表 11-3 可知，X 射线实时成像检测系统在最大工作状态下，铅房四周墙体、防护门各关注点剂量率范围为 0.37~1.08μSv/h，小于 2.5μSv/h；屋顶关注点剂量率范围为 1.68μSv/h，小于 100μSv/h。可见，各关注点剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要

求》(GBZ117-2015)中剂量限值要求。

二、职业人员及公众年有效剂量率估算

本项目铅房位于5号探伤室内,为估算5号探伤室周围公众可能停留或驻留区的辐射剂量率,因此在5号探伤室外设置关注点,各关注点估算参数及结果见表11-4。

表 11-4 关注点剂量率估算结果

关注点	屏蔽设计厚度 (mm)	距辐射源点距离 (m)	最大管电流 (mA)	有用线束率 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄露剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
探伤室东墙外 0.3m 处	46mmPb	2.7	10	/	0.01	0.14	0.15
探伤室南墙外 0.3m 处	46mmPb	3.7	10	/	0.004	0.08	0.08
探伤室北墙外 0.3m 处	46mmPb	2.9	10	/	0.01	0.12	0.13
探伤室屋顶外 0.3m 处	46mmPb	1.8	10	/	0.02	0.32	0.34

由表 11-4 可知,屋顶公众受到的辐射剂量率最大,为 $0.34\mu\text{Sv/h}$,居留因子为 1/16,探伤室东墙外公众所受辐射剂量率次之,为 $0.15\mu\text{Sv/h}$,居留因子为 1;由铅房外关注点剂量率估算结果(见表 11-3)可知,职业人员受到的最大辐射剂量率为 $0.61\mu\text{Sv/h}$;根据公式 8 估算探伤室职业工作人员及公众的年有效剂量率,估算结果见表 11-5。

表 11-5 职业人员及公众年有效剂量率估算结果

对象	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	使用因子 (U)	居留因子 (T)	年工作时间 (h)	年附加有效剂量率 (mSv/a)	标准限值	
职业人员	0.61	1	1	1500	0.91	5mSv/a	
公众	屋顶	0.34	1	1/16	1500	0.03	0.25mSv/a
	东墙	0.15	1	1	1500	0.22	

由表 11-5 可知,XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统在最大工作状态下,周边职业工作人员年累计受照射剂量最大值为 0.91mSv/a ,远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a ;周边公众年累积受照射剂量估算最大值为 0.22mSv/a ,低于剂量控制目标值 0.25mSv/a ,可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中剂量限值要求。

三、非放射性污染物环境影响分析

本项目在探伤过程中会产生少量的 O_3 、 NO_x ,根据建设单位提供资料,铅房设计暂未设计通排风设施,本次评价要求铅房设置机械通排风设施,以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

四、事故影响分析

1、事故分析

本项目射线装置运行期间可能发射的辐射事故包括：安全联锁装置出现故障，铅房屏蔽门未完全关闭就出束，造成门外泄露射线量大大增加，将会对此区域活动人员产生不必要的照射；人员误入工作中的铅房受到的额外照射；人员未撤出铅房即开机进行无损检测，对滞留人员的误照射；设备因短路或其他原因使射线装置处于失控状态，对周围活动人员产生的误照射等。

本次环评假设射线装置出现以上事故从而产生误照射，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。

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \quad \text{公式 (9)}$$

根据公式(9)估算各探伤室距离靶源 1m 处受到 20mSv 和 50mSv 有效剂量的时间，由于人员闯入 X 射线机房，无防护措施，辐射屏蔽透射因子取 1，估算结果见表 11-5。

表 11-5 在射线装置出束口 1m 处受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

设备	距靶 1m 处受到 20mSv 所需时间 (s)	距靶 1m 处受到 50mSv 所需时间 (s)
XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统	3.45	8.63

根据以上估算结果（表11-5），在X射线实时成像检测系统以最大管电压、管电流工作的条件下，误入机房在出束口1m处受到20mSv剂量当量的时间为3.45s，受到50mSv剂量当量的时间为8.63s。因此应加强放射工作人员的管理，防止辐射事故的发生。

2、事故防范措施建议

(1) 操作人员须严格按照操作规程操作设备，如出现设备不能正常运行停止照射时，应立即切断总电源，强制停止照射；

(2) 为防止人员误留辐射工作场所受到误照射，工作人员操作时须携带个人剂量报警仪，并在每次照射前进行巡查；

(3) 定期检查辐射安全管理制度落实情况，发现问题及时纠正；如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施。

(4) 法士特需进一步修改完善《探伤辐射事故应急预案》，并定期组织辐射事故的应急演练。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》，法士特成立了辐射安全管理领导小组，组长为李研，副组长为班礼谦、韩江、田小彤，成员为朱霞、张立军、唐建国、庞晓虎，主要负责射线装置的安全运行和落实各项辐射安全措施。

辐射安全管理领导小组主要职责是：负责射线装置的安全运行和落实各项辐射安全措施。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全管理制度

法士特已制定《辐射防护和安全保卫制度》、《射线装置操作人员培训制度》、《辐射人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》、《辐射装置维护检修制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射检测仪器使用与检定制度》等制度，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。

法士特已有 1 台同型号（XYD-450）X 射线机，位于车间三号探号室，已于 2014 年 11 月取得竣工环境保护验收批复，根据建设单位提供资料，针对已有 XYD-450 型 X 射线机已制定《XYD-450 型 X 射线实时成像系统维护保养制度》、《X 射线机操作人员安全防护制度》、《X 射线机操作人员岗位职责》、《XYD-450 型 X 射线机安全操作规程》等制度。法士特可根据本探伤室的具体情况可再完善相应管理制度，将新建铅房纳入日常管理及辐射事故应急预案中，确保法士特辐射防护工作按规章制度进行。

2、人员管理培训制度

法士特已制定《射线装置操作人员培训制度》，法士特现有辐射工作人员三十余名，均已参加陕西省核安全辐射工作单位人员技术培训，并取得合格证书。本项目操作人员共 4 人，分别为唐建国、任壁印、王晓帅、王辉，工作人员其辐射安全与防护培训合格证书情况见表 12-1 及附件，职业工作人员合格证书过期后应重新组织培训。

表 12-1 本项目工作人员辐射安全与防护培训合格证书情况

序号	姓名	合格证书编号	发证日期
1	唐建国	161291	2016.7.8
2	任壁印	161294	2016.7.8
3	王晓帅	陕 11921077Q	2019.11.18
4	王辉	陕 11909067Q	2019.4.25

人员培训和健康管理

1、人员培训

根据法士特提供的资料，法士特严格按照国家相关规定，所有从事放射工作的人员需参加相关部门的培训，法士特共有辐射工作人员 30 余人（含本项目拟设置的 4 名辐射工作人员），均已参加了陕西省核安全局组织的辐射安全与防护培训，培训均合格，并取得培训合格证书。

2、健康管理

法士特已建立了放射工作人员健康体检档案，2019 年放射工作人员健康体检未见疑似放射病或职业禁忌证。

法士特为每名放射工作人员配备了个人剂量计，建立了放射工作人员个人剂量档案。根据法士特提供的 2019 年 4 月~2020 年 1 月 4 个季度放射工作人员个人剂量监测报告（西安查德威克辐射技术有限公司、陕西新高科辐射技术有限公司出具），个人剂量未见异常。法士特现有的人员培训制度和健康管理制度的完善，本项目放射工作人员均已纳入现有制度管理体系。

辐射监测

1、监测仪器配置

(1) 已配置 2 台 X- γ 剂量率仪监测仪，用于 X 射线机房及其周围环境辐射剂量率的监测；

(2) 每位辐射工作人员需按要求佩戴个人剂量计，并配备个人剂量报警仪，用于监测个人剂量和无损检测过程中人员活动位置辐射水平超出预设报警值时的警示。

2、监测计划

(1) 个人剂量监测

所有辐射工作人员均配备个人剂量计，定期监测，并建立了完善的个人剂量档案，根据法士特提供的最近一年的个人剂量检测结果统计，法士特现有射线装置场所防护效果良好，个人累积剂量均未超过标准限值要求，均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

本项目要求辐射工作人员在工作时必须佩戴个人剂量剂，并将个人剂量结果存入档案；个人剂量监测应委托有个人剂量检测资质的单位进行；每 3 个月监测一次，如发现异常可加密监测频率。

(2) 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号）的相关规定，使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

法士特应严格执行辐射监测计划，定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对辐射工作场所进行年度监测，年度监测数据将作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年 1 月 31 日前上报环保行政主管部门。

2019 年法士特年度监测报告委托西安志诚辐射环境检测有限公司（证书编号：192712050108）对法士特核技术利用项目进行监测，监测结果符合相关标准要求。

(3) 辐射工作场所监测计划

本项目投运后，日常工作中应使用配备的辐射监测剂量仪定期对机房进行工作场所监测，在机房各屏蔽面关注点处进行监测，建立日常监测档案，发现异常立刻排查。同时每年应委托有资质单位对本项目设备工作场所进行监测并出具监测报告。法士特

监测计划如表 12-2 所示。

表 12-2 监测计划

探伤室	监测地点	监测因子	监测频率	限值要求
5 号探伤室	铅房四周、防护门外 30cm 处、屋顶上方	空气比释动能率	本单位自行定期监测，每年由有资质单位监测 1 次	2.5 μ Gy/h
	控制室			

辐射事故应急

1、辐射事故应急响应机构设置及职责

法士特已成立辐射安全管理领导小组，已制定《探伤辐射事故应急预案》，成立了应急领导小组，规定了主要职责、应急响应措施、报告程序等内容。

应急领导小组组长为张军，副组长为马怀枕、韩江，成员为朱霞、张立军。职责主要是研究和部署法士特辐射事件应急工作，领导、组织、协调开展突发辐射事故的应急工作，决定本预案的启动、实施和终止；负责向相关主管部门及时报告事故情况；负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延，防止演变成公共卫生事件。

2、辐射事故应急处理程序

应急领导小组负责辐射事故应急处理组织和实施工作，一旦发生辐射事故，应当立即启动应急方案，迅速采取相应的应急响应措施，并立即向环保、卫生、公安部门报告事故情况。迅速安置受照人员就医，组织辐射事故影响区域内人员撤离，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延。辐射事故处理结束查找事故发生原因，吸取经验教训采取相应措施避免此类事故的再次发生。

3、培训与演习

《探伤辐射事故应急预案》中未明确应急人员的培训情况，法士特应一步在应急预案中明确应急人员培训情况，包括对应急领导小组人员、辐射工作人员、其他工作人员等的培训。根据法士特提供资料，已制定《探伤辐射事故应急演习方案》，并定期组织进行演习。

法士特运行至今，未发生辐射事故。法士特应继续保持严格的管理，后续还需加强辐射事故的应急演练工作，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 653 号）、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度

的通知》（环发〔2006〕145号）、《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第17号）和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项目表》陕环办发〔2018〕29号文件的有关规定，《探伤辐射事故应急预案》中应进一步明确培训与演习计划、应急物资准备、资金保障等相关内容，并根据后续实际工作中发现的问题，不断完善《探伤辐射事故应急预案》，一旦发生放射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。

竣工验收清单

该项目建成运行前，根据《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）的通知要求进行标准化建设，并应严格按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》自主开展环境保护验收。竣工验收清单见表12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收项目	采取措施	效果和环境预期目标
1	辐射防护设施验收	铅房墙体、屋顶、防护门能否达到防护技术要求	在防护门处、屋顶和铅房墙外30cm处的周围剂量当量率不大于2.5 μ Sv/h； 对工作人员、公众所致有效剂量低于相应人员年剂量限值（工作人员5mSv/a，公众0.25mSv/a）
2	安全设施	控制台应设置有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置 控制台应设置有高压接通时的外部报警或指示装置 设置门-机联锁装置 控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束 控制台设有紧急停机开关 探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明 探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁 探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明	满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）、《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号）等要求，避免辐射事故的发生
3	通风设施	机房安装通风设施	确保铅房通风换气次数不小于3次/h

续表 12-3 项目竣工环境保护验收清单

序号	验收项目	采取措施	效果和环境预期目标
4	辐射监测	对项目运行过程中工作人员、公众活动区域辐射水平进行监测；工作人员按要求佩戴个人剂量计	避免对环境造成辐射污染，保护职业人员、公众免受不必要的辐射
5	档案管理	定期对工作场所进行监测；定期对个人剂量进行检测；定期安排工作人员进行体检	建立监测档案、个人剂量档案和健康档案
6	管理机构	已有辐射安全管理机构，需落实相关管理职责	利用已有辐射安全管理机构，落实相关管理职责
7	建立健全规章制度	相关《岗位职责》、《操作规程》、《辐射安全制度》、《辐射事故应急预案》等	不断补充完善相关规章制度和应急预案，并张贴上墙
8	培训及人员配备	制定培训计划，放射工作人员和辐射安全负责人参加辐射安全和防护知识培训	提高放射工作人员的技术水平，持证上岗

表 13 结论与建议

结论

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司拟在铸造车间开展无损检测，新增 1 套 XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统，设有铅房屏蔽体，为 II 类射线装置。

1、辐射安全管理结论

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司辐射安全管理领导小组，制定了一系列辐射安全管理制度、人员培训制度、辐射监测制度及辐射事故应急预案，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。法士特应严格按照规章制度执行，可有效降低人为事故的发生，保证辐射安全。

2、辐射防护分析结论

根据理论预测，XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统在最大工作状态下，铅房四周墙体、屋顶、防护门设计防护厚度能够有效屏蔽其产生的 X 射线；屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率为 0.37~1.68 μ Sv/h，可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“剂量限值”相关要求。

3、环境影响分析结论

XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统在全年正常运行的情况下，职业工作人员年累计受照射剂量最大值为 0.91mSv/a，低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a；公众受照剂量最大值为 0.22mSv/a，低于剂量控制目标值 0.25mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。建成后对工作人员及公众的影响较小。

4、项目环境可行性结论

本项目主要用于工件的无损检测，通过无损检测有助于产品质量及性能把控，从而保障产品质量，项目运行产生的辐射危害远小于企业和社会取得的利益，因此符合《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。

项目在采取满足要求的辐射安全与防护条件下，各屏蔽体外表面 30cm 处的周围剂量当量率可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“剂量限值”相关要求；职业工作人员及公众的年累积受照剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求。

综上所述：陕西法士特汽车传动集团有限责任公司拟新增的 XYD-450 型 X 射线实时成像检测系统进行无损监测，符合辐射防护实践的正当性要求；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则；项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。从辐射环境保护角度，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，法士特新增射线装置核技术利用项目，对环境的影响是可以接受的。

建议与承诺

(1) 加强各射线装置工作场所的管理，加强人员培训，严格遵守辐射防护和环境保护的各项规定；

(2) 加强机房安全联锁系统的检查维护，确保各种安全防护设施的正常使用；

(3) 加强对各辐射工作场所工作人员的个人剂量监测；

(4) 定期送 X- γ 剂量率仪等监测仪器至有资质单位进行检定、校核；

(5) 不定期的对各辐射工作场所进行环境辐射水平监测；

(6) 积极采取有效措施预防事故的发生，如发生事故及时向有关部门报告；

(7) 项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作，不弄虚作假；

(8) 根据陕环办发〔2018〕29 号文件要求进行辐射安全管理标准化建设；

(9) 项目竣工后办理验收手续，验收合格后方可投入使用，如新增其他射线装置或使用其他放射源及时向环保部门申报审批；

(10) 接受环保等其他部门的管理、监督及指导。

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