

核技术利用建设项目  
管路焊缝 X 射线无损检测系统  
环境影响报告表

西安航天发动机有限公司

2020 年 4 月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 管路焊缝 X 射线无损检测系统 环境影响报告表

建设单位名称：西安航天发动机有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路 69 号

邮政编码：710100

联系人：杨巧玲

电子邮箱：1114235282@qq.com

联系电话：13991921181

**表 1 项目概况**

<b>建设项目名称</b>		管路焊缝 X 射线无损检测系统				
<b>建设单位</b>		西安航天发动机有限公司				
<b>法人代表</b>	同立军	<b>联系人</b>	杨巧玲	<b>电话</b>	13991921181	
<b>注册地址</b>		陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路 69 号				
<b>项目建设地点</b>		西安航天发动机有限公司新厂区 A2#厂房内				
<b>立项审批部门</b>		/		<b>批准文号</b>	/	
<b>建设项目总投资 (万元)</b>		545	<b>环保投资 (万元)</b>	54	<b>投资比例</b> 9.9%	
<b>项目性质</b>		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			<b>占地面积 (m<sup>2</sup>)</b>	25.2
<b>应用 类型</b>	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><b>一、项目背景</b></p> <p><b>1、建设单位简介</b></p> <p>西安航天发动机有限公司是我国唯一的大型液体火箭发动机研制生产专业厂家，于 1965 年创建于陕西凤县，1994 年迁至西安市航天基地神舟二路 69 号。西安航天发动机有限公司现有职工 2800 人。建厂 55 年来，西安航天发动机有限公司先后研制生产了长征系列、载人工程等数十种液体火箭发动机，为适应国际航天技术的新发展，研制生产了新型无污染、大推力液体火箭发动机。该公司科研生产硕果累累，业绩辉煌，曾荣获“全国五一劳动奖章”、“全国先进集体”、“省级先进企业”、“部级重大贡献先进单位”等 70 多种荣誉称号。为我国航天事业的发展 and 国防现代化建设做出了杰出贡献。</p> <p>西安航天发动机有限公司新厂区位于陕西省西安市雁塔区航天基地航天南路与雁引路交汇处，地理位置见图 1-1。</p>					



图 1-1 地理位置与交通图

## 2、项目由来

在不损害或不影响发动机管路性能的前提下,为了检测发动机管路焊缝是否存在缺陷或不均匀性,西安航天发动机有限公司拟在新厂区 A2#厂房新增 1 套管路焊缝 X 射线无损检测系统,对产品进行工业探伤。根据《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),该设备属于 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》,本项目需作环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》及其修改单,“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”,本次拟新增的 X 射线无损检测系统为 II 类射线装置,应编制环境影响报告表。

西安航天发动机有限公司于 2019 年 7 月委托我单位对其新增的管路焊缝 X 射线无损检测系统进行环境影响评价。接受委托后，我单位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评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的基本要求，编制了《管路焊缝 X 射线无损检测系统环境影响报告表》本项目的环境影响报告表。

## 二、项目概况

### 1、建设规模

西安航天发动机有限公司拟在新厂区 A2#厂房新建管路焊缝 X 射线无损检测系统。该系统棒阳极 X 射线机选用沃克斯（X-RAY WORX）品牌，型号为 XWT-240-RAC。射线装置探头可选用多种不同的类型，即可作为周向 X 射线机使用（X 射线主照射方向垂直于铅门面），也可作为定向 X 射线机使用（X 射线主照射方向垂直于地面），本次评价按照周向 X 射线机评价。X 射线机技术参数见表 1-1。

表 1-1 本项目使用 X 射线机技术参数表

设备名称	设备型号	类型	数量	最大管电压	最大管电流	最大管电压下的最大电流	位置
管路焊缝 X 射线无损检测系统	XWT-240-RAC	周向	1 台	240kV	3.0mA	1.34mA	A2# 厂房

### 2、总体布置

管路焊缝 X 射线无损检测系统包括工业 X 射线数字成像及监控系统、自动控制系统、铅房系统及 DMS 系统等分系统。本项目由铅房及嵌入式操作台组成。

拟配置设备铅房外观图及内部图见图 1-2 和图 1-3。

### 3、工作制度及劳动定员

根据建设单位提供的资料，检测系统工作制度为一班制，每天工作 4 小时，年工作时长 1008h。每班约 3 名工作人员，总共配备 9 名员工，每 1~3 个月轮班 1 次，均为公司现有辐射工作人员。

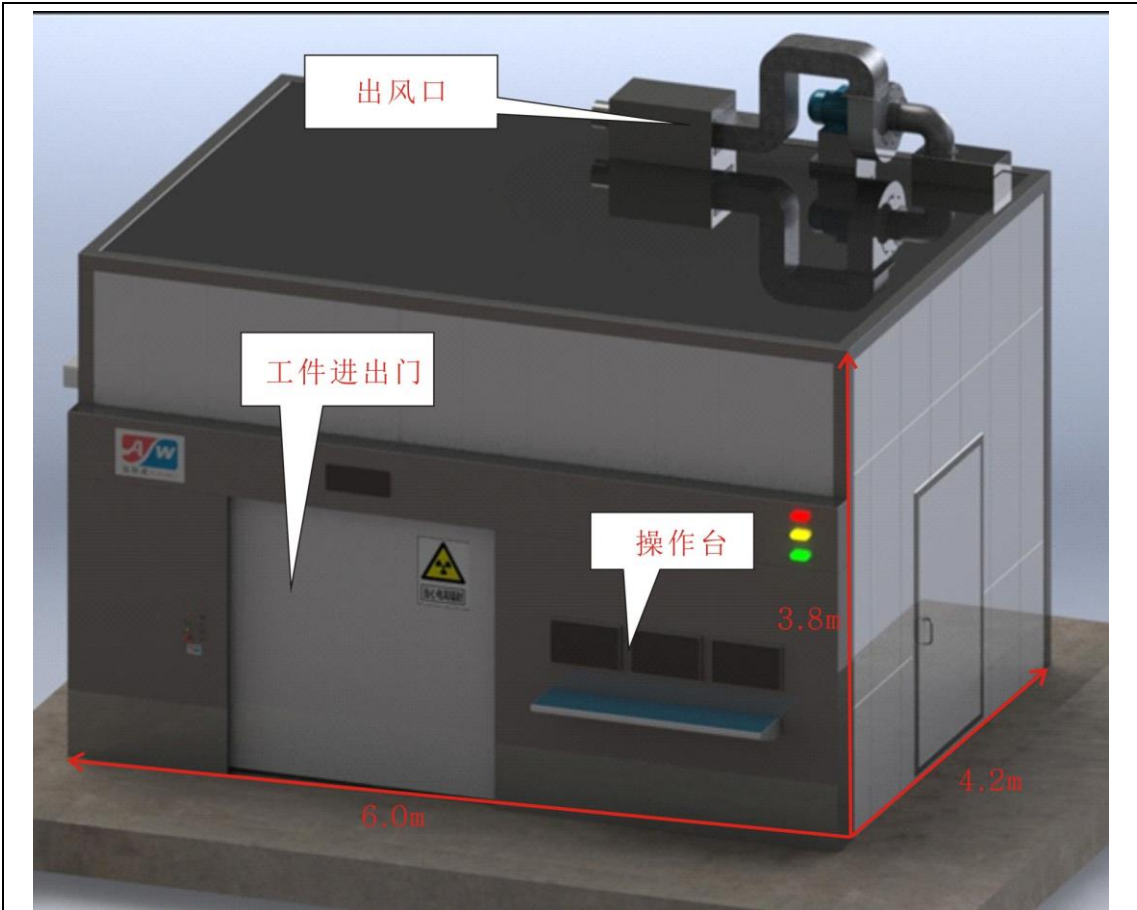


图 1-2 防护铅房外观示意图

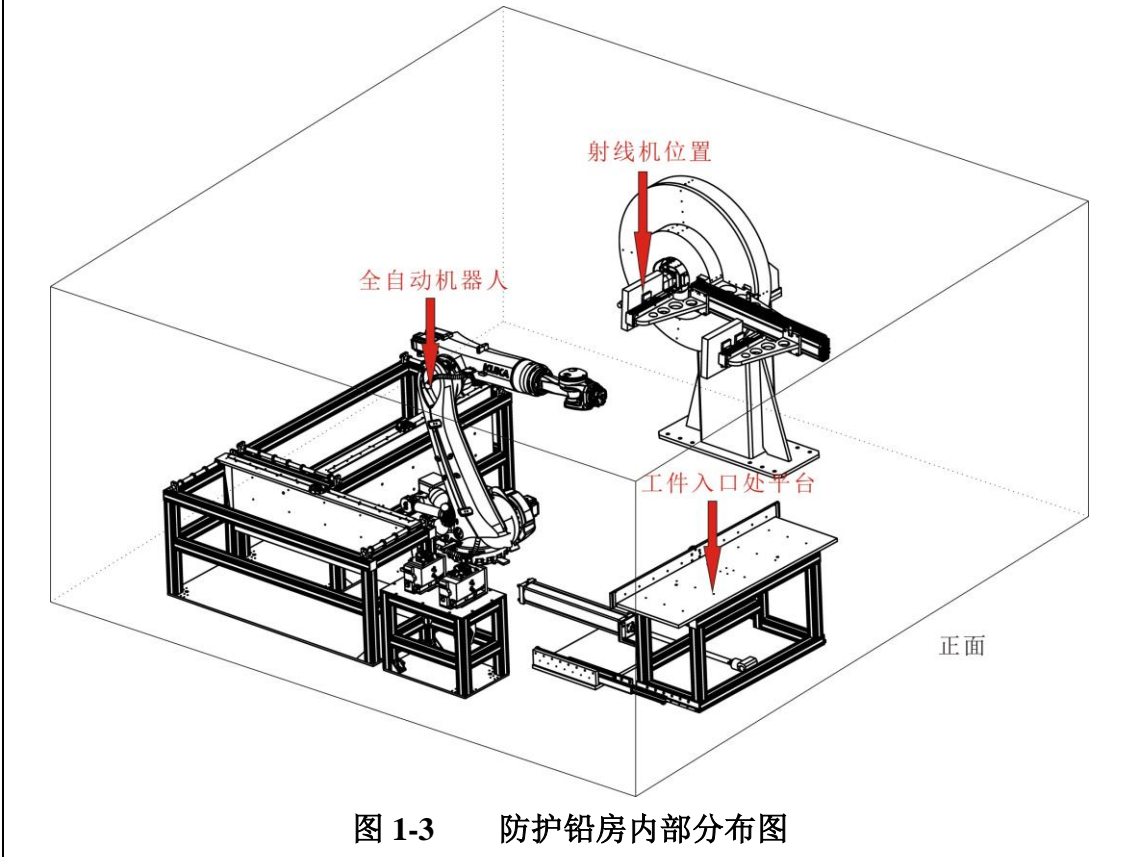


图 1-3 防护铅房内部分布图

### 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、科学研究用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于 3.0 纳米的电子显微镜”，符合国家产业政策。

西安航天发动机有限公司在新厂区 A2#厂房内新增 1 套 X 射线无损检测系统主要用于导管产线工件的无损检测，该项目的开展所带来的利益足以远大于其可能引起的辐射危害，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) 周边环境关系

本项目位于西安航天发动机有限公司新厂区 A2#厂房。厂房西南侧为办公大楼及停车场，北侧为 A4#厂房，东侧及东南侧为空地，东侧为临时施工场地，厂区平面布置见图 1-4。

检测系统位于 A2#厂房中部，西南侧为工件焊接区，西北侧为液气压试验间，东南侧为激光清洗间，东北侧为配套加工区。周边环境关系图见图 1-5。

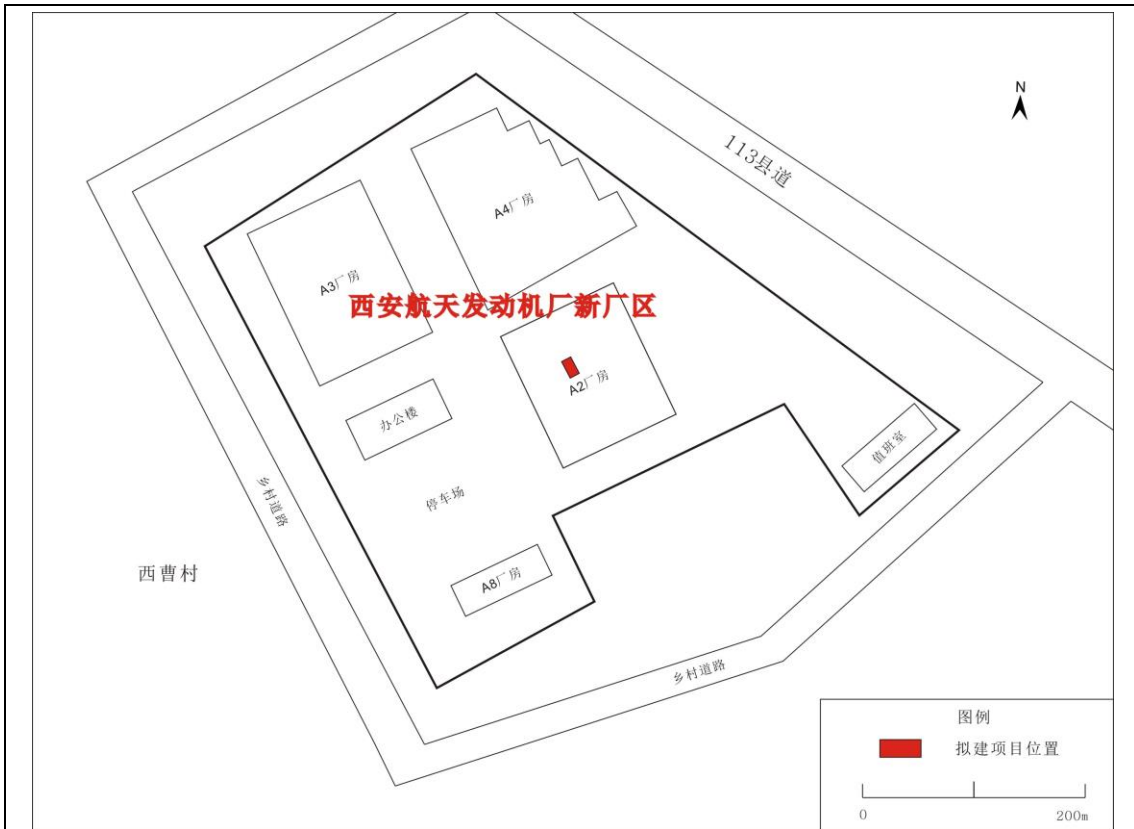


图 1-4 厂区平面布置图

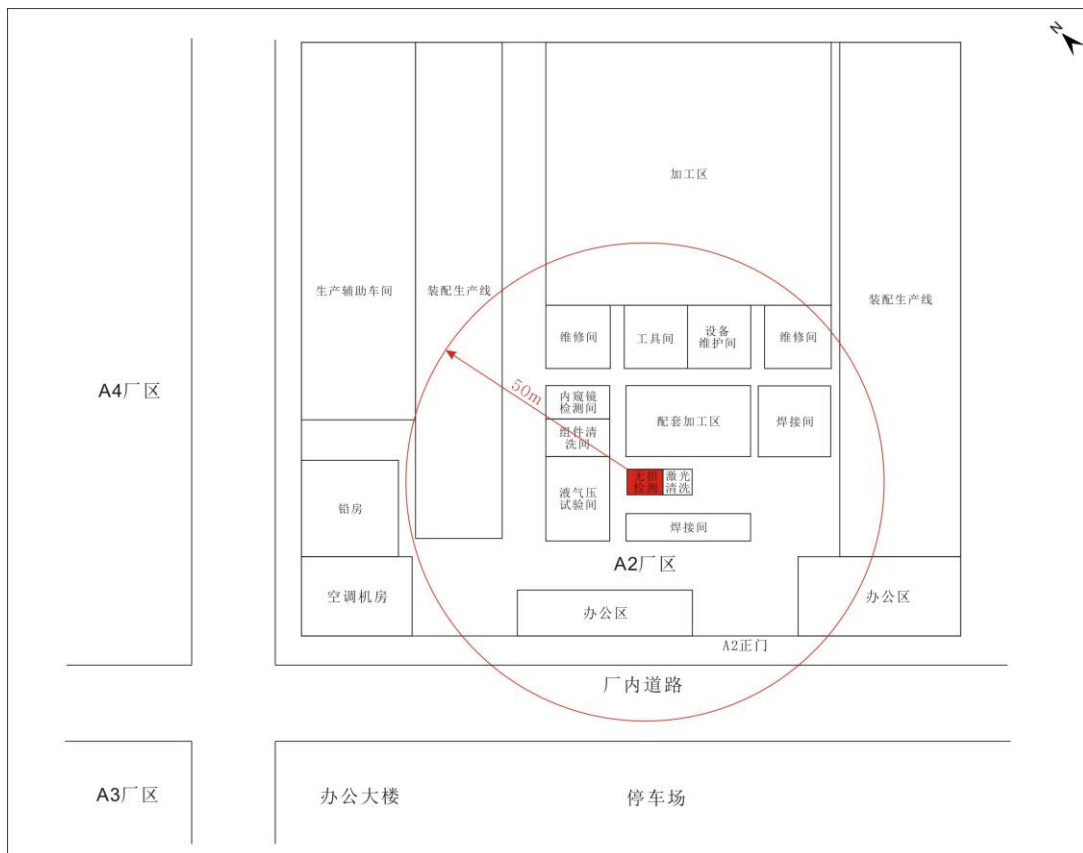


图 1-5 周边环境关系及评价范围图



## 五、现有核技术利用项目情况

### 1、环保手续履行情况

2008 年西安航天发动机有限公司委托陕西椿源辐射咨询服务有限公司对当时运行的 5 台射线装置及 2 间探伤室进行了环境影响评价，同年 6 月取得陕西省生态环境厅的批复（陕环批复〔2008〕361 号）；2013 年 1 月 21 日取得陕西省生态环境厅竣工环境保护验收批复（陕环批复〔2013〕41 号）。

2012 年，西安航天发动机有限公司委托陕西中圣环境科技发展有限公司对其新增的 9 台 X 射线探伤设备及新建的 7 间探伤室进行了环境影响评价，同年取得陕西省生态环境厅的批复（陕环批复〔2012〕554 号）；2014 年 5 月 23 日取得陕西省生态环境厅竣工环境保护验收批复（陕环批复〔2014〕248 号）。

2015 年，西安航天发动机有限公司新增 1 台 X 射线数字实时成像检测系统、2 台 X 射线探伤机，该项目于 2015 年 7 月 16 日取得环评批复（陕环批复〔2015〕318 号）。2018 年 4 月公司委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司承担竣工验收监测工作，2018 年 5 月 3 日该项目完成竣工环境保护自主验收。

2016 年公司新建 8 座探伤室，配备 10 台 X 射线探伤机，该项目于 2016 年 8 月 1 日取得陕西省生态环境厅环评批复（陕环批复〔2016〕387 号）。2018 年 4 月公司委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司承担竣工验收监测工作，2018 年 5 月 3 日该项目完成竣工环境保护自主验收。

2019 年公司新建 1 套总装管路脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统，该项目于 2019 年 7 月 4 日取得环评批复（陕环批复〔2019〕261 号）。2019 年 9 月委托西安志诚辐射环境检测有限公司承担竣工验收监测工作，2019 年 10 月 29 日该项目完成竣工环境保护自主验收。

### 2、辐射安全许可证

2019 年 12 月 23 日，西安航天发动机有限公司取得更换后的辐射安全许可证，许可证编号为陕环辐证〔00093〕，许可证种类和范围为使用 II 类射线装置。有效期至 2024 年 12 月 16 日。

辐射安全许可证台账明细见表 1-2。

表 1-2 西安航天发动机有限公司辐射安全许可证台账明细

序号	装置名称	规格型号	类别	数量	场所	活动种类
1	450kV 工业 CT 检测系统	IPT04104D	II 类	1	101#厂房探伤室	使用
2	XYD1520 型 X 射线探伤机	XYD1520	II 类	1	158#厂房探伤室	使用
3	MG225 型 X 射线探伤机	MG225	II 类	1	158#厂房探伤室	使用
4	E320 射线探伤机	E320	II 类	1	601#厂房东探伤室	使用
5	CERAM235 便携式射线探伤机	CERAM235	II 类	1	601#厂房东探伤室	使用
6	MG325X 射线探伤机	MG325	II 类	1	602#厂房东探伤室	使用
7	XYD-225X 射线探伤机	XYD-225	II 类	1	602#厂房东探伤室	使用
8	E320X 射线探伤机	E320	II 类	1	602#厂房东探伤室	使用
9	MG321 型 X 射线探伤机	MG321	II 类	1	602#厂房西探伤室	使用
10	XYD2251013 型 X 射线探伤机	XYD2251013	II 类	1	605#厂房东探伤室	使用
11	MG325 型 X 射线探伤机	MG325	II 类	1	606#厂房西探伤室	使用
12	MG325 型 X 射线探伤机	MG325	II 类	1	606#厂房中间探伤室	使用
13	4MeV 工业 CT 检测系统	IPT4106-B2	II 类	1	606#厂房东探伤室	使用
14	E450X 射线探伤机	E450	II 类	1	606#厂房中间探伤室	使用
15	实时成像检测	实时成像检测	II 类	1	601#厂房西探伤室	使用
16	MG226X 射线探伤机	MG226	II 类	1	158#厂房探伤室	使用
17	E320X 射线探伤机	E320	II 类	1	605#厂房东探伤室	使用
18	E320X 射线探伤机	E320	II 类	1	605#厂房西探伤室	使用
19	总装管路脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统	MG165	II 类	1	158#厂房探伤室	使用

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	贮存方式及地点	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	贮存方式及地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电力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、分析仪等用途

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	棒阳极 X 射线机	II	1	XWT-240-RAC	240	3.0	无损检测	新厂区 A2#厂房铅房内	最大管电压下的最大电流为 1.34mA
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
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，气态单位为 mg/m<sup>3</sup>；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/m<sup>3</sup>）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) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院 682 号令，2017 年 10 月 1 日）；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》及其修改单，生态环境部第 1 号令，2018 年 4 月 28 日；</p> <p>(6) 《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>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院 449 号令，2005 年 12 月 1 日实行；国务院令 653 号修订，2014 年 7 月 29 日；国务院关于修改部分行政法规的决定 国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日）；</p> <p>(8) 《关于修改&lt;放射性同位素与射线装置安全许可管理办法&gt;的决定》（国家环保总局第 3 号令，2008 年 12 月 6 日）；</p> <p>(9) 《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>(10) 《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>(11) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正），2019 年 11 月 06 日发布；</p> <p>(12) 《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><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》（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><b>其他</b></p>	<p>1 西安航天发动机有限公司管路焊缝 X 射线无损检测系统环境影响评价委托书；</p> <p>2 西安航天发动机有限公司辐射安全许可证；</p> <p>3 西安航天发动机有限公司管路焊缝 X 射线无损检测系统辐射环境现状监测报告，西安志诚辐射检测科技有限公司，2020 年 3 月；</p> <p>4 西安航天发动机有限公司使用射线装置核技术利用项目辐射环境监测报告，陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司，2019 年 5 月；</p> <p>5 西安航天发动机有限公司职业性外照射个人剂量监测报告（2018 年 11 月～2019 年 10 月）；</p> <p>6 西安航天发动机有限公司职业健康检查报告（2018 年度）。</p>



**表 7 保护目标与评价标准**

<b>评价范围</b>					
<p>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以射线装置实体屏蔽铅房为边界，半径 50m 范围内的区域，评价范围见图 1-5。</p>					
<b>保护目标</b>					
<p>本项目环境保护目标主要为 A2#厂房从事管路焊缝 X 射线无损检测系统操作的工作人员、检测系统周围工位工作人员及其他公众人员。本项目环境保护目标见表 7-1，保护目标图见图 1-5。</p>					
<b>表 7-1 主要环境保护目标一览表</b>					
序号	保护对象	人数	相对方位	相对距离 (m)	剂量约束值 (mSv/a)
1	辐射工作人员	2~3 人	检测系统东北侧的操作台及防护门处	2.4m	5
2	其他工作人员及公众人员	约 6 名工作人员、流动人员	检测系统东北侧配套加工区、维修间、工具间、厂内道路	4.4~50m	0.25
		约 5 名工作人员、流动人员	东南侧激光清洗间、装配生产线	3.3~50m	
		6 名工作人员、流动人员	西北侧液气压试验间、组件清洗间、内窥镜检测间、装配生产线	4.8~50m	
		5 名工作人员、流动人员	西南侧焊接间、办公区	4.8~50m	
		流动人员	南侧空地、办公区	6~50m	

## 评价标准

### 1、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关内容

(1) 11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内。

(2) 标准附录 B 剂量限值和表面污染控制水平

① 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）；

② 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）。

### 2、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）相关内容

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。工本标准适用于 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 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 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/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 100μSv/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

2020年3月24日西安航天发动机有限公司委托西安志诚辐射环境检测有限公司对本项目X射线无损检测系统拟建场所及周边环境进行辐射环境现状监测。本项目位于西安航天发动机有限公司A2#厂房拟建场所。

#### 1、项目以及监测点位

(1) 监测因子：X、 $\gamma$  辐射剂量率。

(2) 监测点位：在 A2#厂房管路焊缝 X 射线无损检测系统拟建场所按网格法均匀布点。

2、监测时间：2020年3月24日

3、监测使用仪器及监测方法

监测仪器详情见表 8-1。

表 8-1 X、 $\gamma$  辐射监测仪器

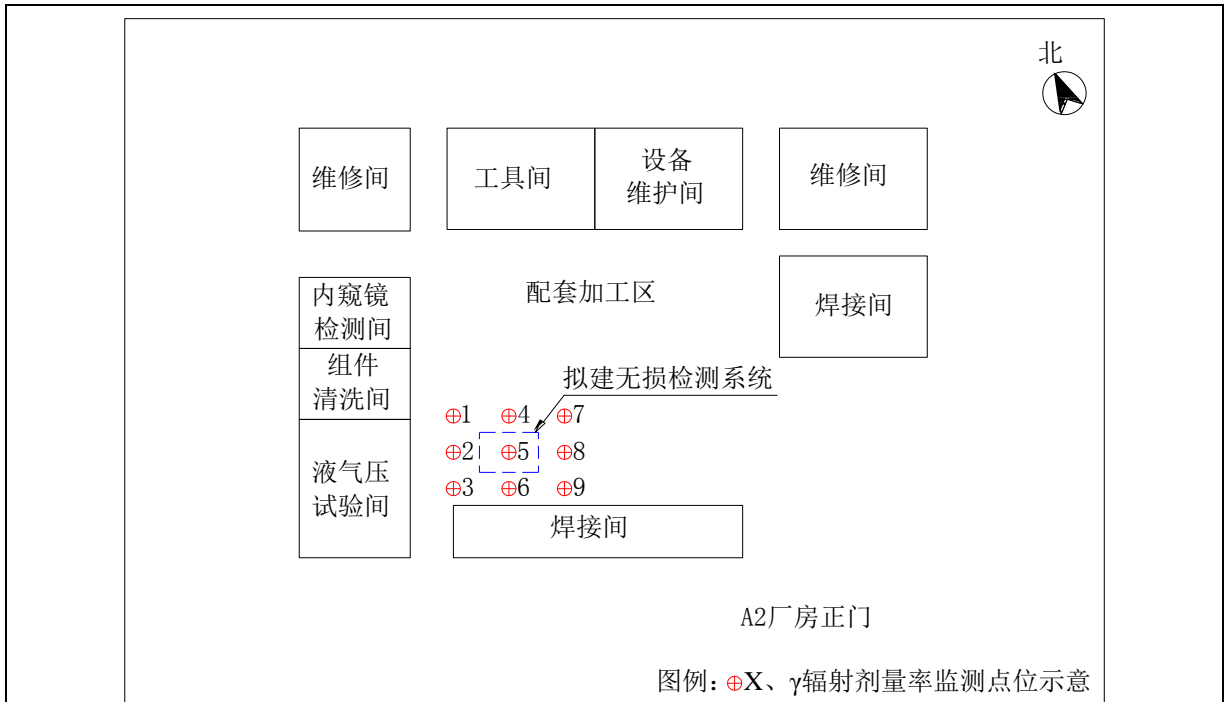
监测仪器	便携式辐射检测仪		
型号规格	AT1123	仪器编号	XAZC-YQ-010
测量范围	50nSv/h~10Sv/h	检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书	2019H21-20-1850659001	检定有效期	2019.6.13~2020.6.12
监测依据	《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001） 《环境地表 $\gamma$ 辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-93） 《环境监测用 X、 $\gamma$ 辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》（EJ/T 984-95）		

#### 4、环境质量现状监测结果及分析

拟建场所 X、 $\gamma$  辐射剂量率现状监测数据见表 8-2，监测布点图见 8-1。

表 8-2 拟建场所 X、 $\gamma$  辐射剂量率监测结果

监测点位	点位描述	X、 $\gamma$ 辐射剂量率（nSv/h）	
		测值范围	均值
1	拟建场所 1#监测点位	108~115	111
2	拟建场所 2#监测点位	113~116	114
3	拟建场所 3#监测点位	108~114	112
4	拟建场所 4#监测点位	118~122	119
5	拟建场所 5#监测点位	113~118	115
6	拟建场所 6#监测点位	124~128	126
7	拟建场所 7#监测点位	121~123	122
8	拟建场所 8#监测点位	125~130	128
9	拟建场所 9#监测点位	130~132	131



**图 8-1 拟建无损检测系统监测点位示意图**

根据监测结果可得，西安航天发动机有限公司 A2#厂房管路焊缝 X 射线无损检测系统拟建场所各监测点位 X、γ 辐射剂量率测量值范围为 (108~132) nSv/h。X、γ 射线在空气中辐射权重因子为 1，吸收剂量率 (Gy/h) 与周围剂量当量率 (Sv/h) 转换后数值一致，参照《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》表 5 中：“西安市道路 γ 辐射剂量率范围为 (52.0~121.0) nGy/h，西安市室内 γ 辐射剂量率范围为 (79.0~130.0) nGy/h”。经比较，本项目拟建场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

**表 9 项目工程分析及源项**

**工程设备和工艺分析**

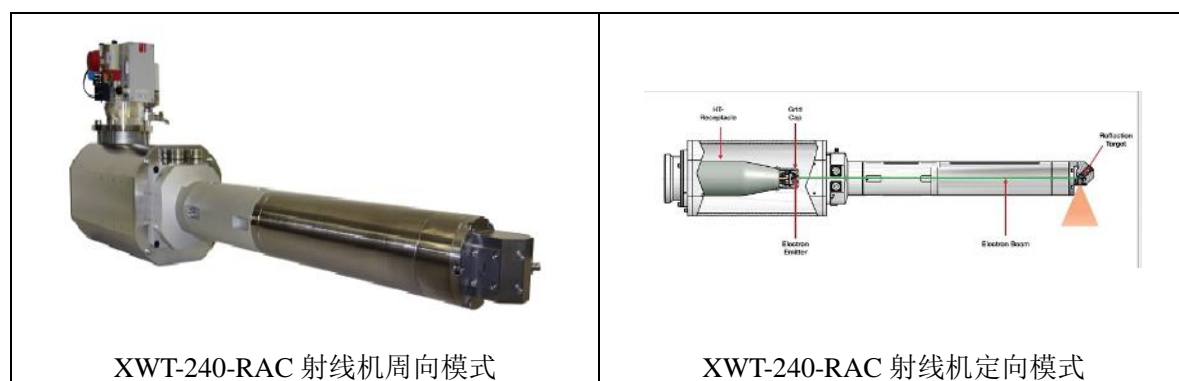
**1、管路焊缝 X 射线无损检测系统主要组成部分**

管路焊缝 X 射线无损检测系统的棒阳极 X 射线机主要组成包括：棒阳极 X 射线管、HV 高压发生器、HV 线缆、免油真空系统、XPU、XCU、XQA。本检测系统具有双极聚焦（即二次聚焦）功能，主要用于发动机精密导管的无损检测。本项目射线源位于阳极棒的顶端，阳极棒可以深入被检零部件内部，检测普通射线源很难达到的区域。

各部分主要功能见表 9-1。

**表 9-1 各分系统功能描述**

序号	分系统名称	主要功能
1	工业 X 射线数字成像及监控系统	① 实现规定的各品种发动机导管 X 射线数字成像要求，具有焊缝检测判断功能与检测系统主控系统数据交互功能； ② 具有全自动检测和人工干预半自动检测两种检测模式； ③ 支持在线监测和历史查看图片信息；
2	自动控制系统	① 满足规定的需要进行 X 射线检测的各品种发动机导管的抓取和移载； ② 实现同品种导管在一定摆放姿态要求下，机器人自动进行识别和抓取； ③ 实现临时型号导管的直接检测要求； ④ 实现 X 射线检测系统自动调焦功能； ⑤ 实现同步带配合传送装置实现开关门功能； ⑥ 实现合格品和不合格品分开存放； ⑦ 实现该检测系统与各分系统之间的数据交互； ⑧ 实现控制系统内部各执行机构之间的数据交互； ⑨ 具有人机交互界面，便于人员操作；
3	铅房系统	① 满足 X 射线防护要求； ② 实现同步开关门功能； ③ 具有维修检修通道；
4	DMS 系统	① 导管摆放位置自动检索查看； ② 历史图片保存及查看。



**图 9-1 管路焊缝 X 射线无损检测射线机示意图**

## 2、检测原理

检测系统属于全自动模式，通过自动控制系统实现工件的抓取和摆放，再通过工业 X 射线数字成像及监控系统进行无损检测，检测完成后自动移出，进行下一个工件的检测工序。检测过程在铅房防护下进行。工作人员位于操作台前，可通过 DMS 系统进行图片的保存及查看。

检测系统的核心是阳极棒可以深入被检零部件内部进行工业 X 射线数字成像及监控系统。其主要是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。检测时，按照射线的吸收规律形成反映工件信息的射线强度分布信号，对此信号进行采集。在信号探测与转换过程中，探测器对此信号进行探测、转换，由单独单元完成数字化采样和量化，形成检测数字图像（灰度图像），图像显示和处理单元接收传送的数字图像，供检测人员进行处理与评定。

## 3、操作流程及产污环节

### (1) 工作流程

① 开机启动：系统联动时进入自动页面，确保机械手回到初始待机位，复位机械手程序，随后在图像处理软件选择所要生产的产品型号，待姿态展示屏显示产品摆放姿态后，点击启动，然后等状态显示栏图号传输完成。

② 进料：通道的铅门打开，将需要检测的导管放入传送机托盘卡槽中，然后在触摸屏输入导管个数，点击工件确认，点击悬臂箱操作硬件启动按钮，系统开始自动运行。

③ 系统自动检测：机械手抓取托盘卡槽内待测导管，抓取导管至 X 射线成像处，检测完成后将导管放置于传送机中，全部导管全部检测完后，将工件放回原传送机，再将原传送机移回进入时的通道。

④ 出料：待机械手将传送机运回通道后，铅门打开，人工按照由内向外、由左向右的顺序取出导管，并在触摸屏输入导管编号点击上传，逐次上传完毕后点击悬臂箱触摸屏手动按钮，结束本轮检测。检测结果在 DMS 系统中查看。

铅房内安装 4 只摄像头，监控画面连接至监视器，监视器位于铅房外正面顶部，方便使用过程中实时了解机房内的状态。

## (2) 产污环节

项目产污环节主要为无损检测过程中产生的 X 射线和 X 射线电离空气产生的 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 等有害气体。

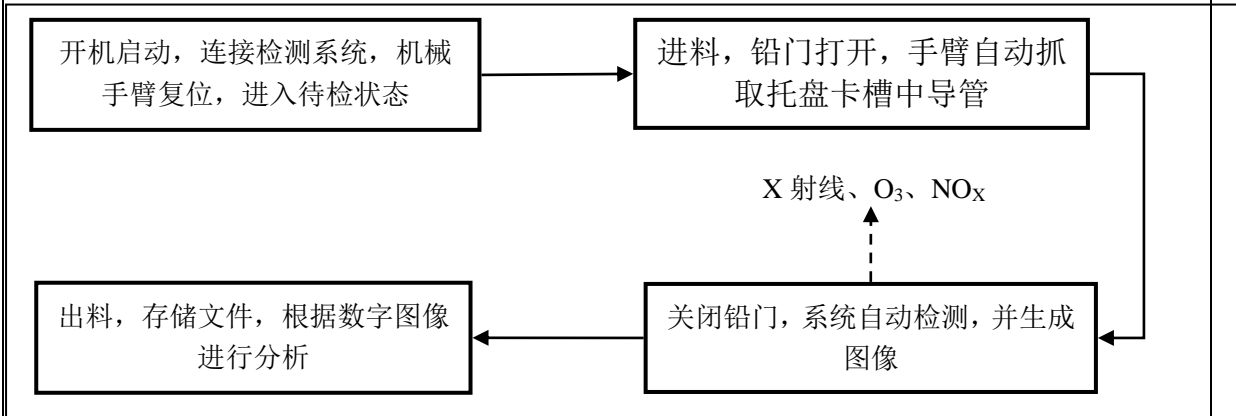


图 9-4 检测系统工作流程及产污环节图

### 污染源项描述

#### 1、X 射线

由 X 射线机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目检测系统使用的 X 射线机只有在开机并处于出射线状态时才会发出 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。

本项目 X 射线机最大管电压为 240kV，最大管电流为 3.0mA。

#### 2、O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>

本次评价的工业 X 射线数字成像及监控系统的最大电压为 240kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此本次评价的 X 射线机运行时产生的 X 射线会使空气电离产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

本项目铅房上方安装风机 1 套，对铅房内部进行换气，并在排风口安装铅罩确保无射线泄露，出风口设置情况见图 1-1。根据建设单位提供的资料，风机抽风量约 300m<sup>3</sup>/h，设备工作期间通风设施同步启动，每小时换风次数不少于 3 次，满足铅房内通排风需求及相关标准要求。



**表 10 辐射安全与防护**

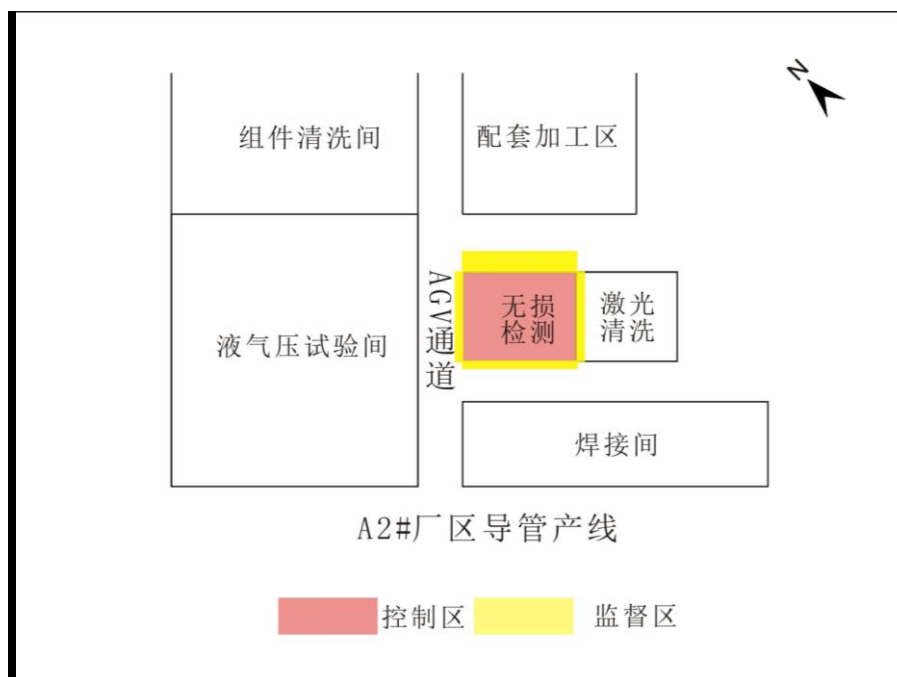
**项目安全设施**

**1、工作场所布局分区情况**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），辐射工作场所应分为控制区及监督区，把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。

本项目位于 A2#厂房，根据检测系统的具体布局，将铅房各屏蔽面内的所有区域划分为控制区；铅房北侧为嵌入式操作台，将 1m 范围内工作人员活动区域划分为监督区，其他各方向将屏蔽体外 0.3m 范围内划分为监督区。辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

建设单位应在控制区（即铅房）的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志。采用适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。定期审查控制区及监督区的实际状况，以确定是否需要采取防护措施和作出安全规定，或是否需要更改边界。



**图 10-1 工作场所分区图**

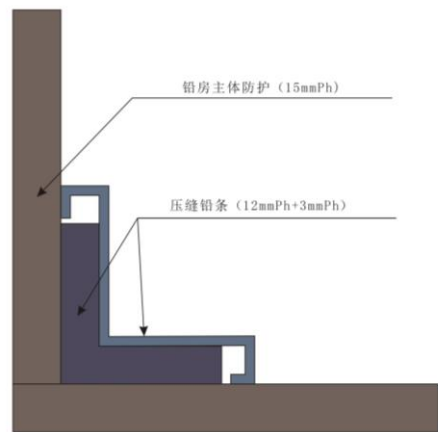
**2、辐射防护屏蔽设施**

本项目铅房外观呈长方体，铅房墙体均为钢框架组合拼装而成，即由多块墙板在现场组装成型，拼接使用 M20 的螺栓连接，拼装位置采用 50mm（宽）×16mm（厚）

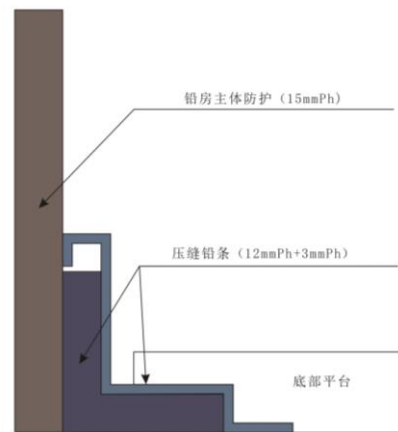
的压缝铅条进行防护，拼接位置搭接示意图见图 10-2；电缆出线口防护情况图见图 10-3。铅房为六面封闭式防护结构，铅房正面开设工件进出门洞并安装电动平移门；侧面开设维修门洞并安装手动平开门，加装门限开关和门锁。铅房上方安装排风系统 1 套，排风口安装铅罩确保射线无泄漏。本项目检测系统射线装置在铅房内拟垂直维修门布置（即 X 射线主照射方向垂直于铅门面）。

表 10-1 防护铅房主要设计参数

位置	尺寸	防护铅当量
防护铅房主体（四周立面和顶部）	外部尺寸：6000mm×4200mm×3800mm	15mmPb
通道防护门	单侧平移门 门体尺寸：2200mm×2160mm； 电动屏蔽门体	15mmPb
设备维修门（日常封闭）	手动平开门 门体尺寸：1300mm×2100mm； 门体加装门限开关和门锁	15mmPb
拼接位置	压缝铅条 尺寸：50mm×16mm	12mmPb+3mmPb
通风	铅房具备抽风送风装置，换气出口安装射线防护罩和空气净化设备。	/
电缆	电缆通过预置铅房里面下端的 2 套 200mm×200mm 的出线孔。	15mmPb

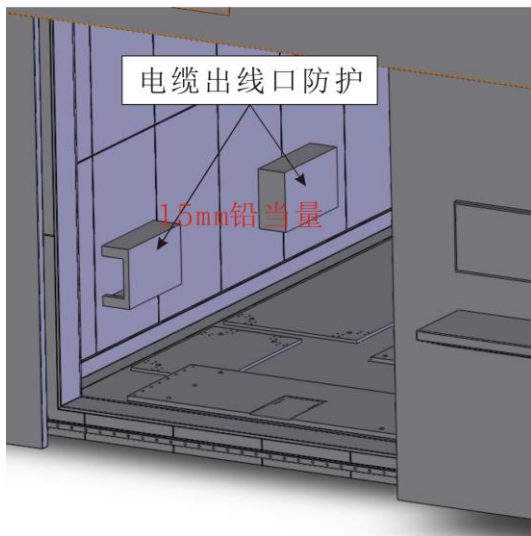


四周立面及顶部之间搭接处连接示意图

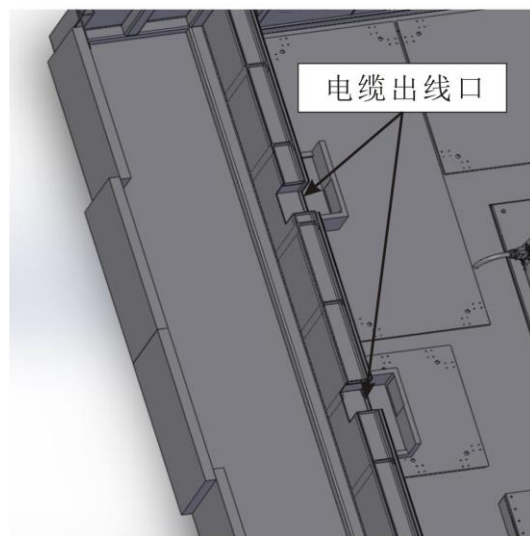


四周立面与底部搭接处连接示意图

图 10-2 搭接处示意图



出线口防护情况示意图



出线口内部防护示意图

图 10-3 电缆出线口防护示意图

### 3、辐射安全措施

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

(1) 门-机联锁：防护门及 X 射线机进行安全联锁，铅房正面右侧三色灯用于指示 X 射线机运行情况，右侧红灯常亮指示 X 射线机运行；绿灯常亮指示维修门打开、射线机断电；黄灯亮指示 X 射线机待机。

(2) 急停按钮：铅房内每面墙安装 1 个急停按钮，操作台上安装 1 个急停按钮，急停按钮与防护门及 X 射线机进行安全联锁，按下后立即切断射线机电源并打开铅门。

(3) 报警指示灯：铅门表面贴有“当心电离辐射”的警示标牌，门上方安装声光报警装置并配备 LED 显示屏，实时显示“预备”“照射”等工作状态。“预备”信号拟设置足够长的时间，以确保铅房内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号设置明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

(4) 显示屏和操作台内嵌于铅房正面，操作台设有钥匙开关，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。

(5) 防护铅房外设置电离辐射警示标志及中文警示说明。

(6) 铅房内四角安装 4 只高清并具备聚焦功能的监控摄像头，摄像头视频通过四

画面分割器接入专用监控显示屏，监视器放置在铅房外正面顶部，方便了解操作过程中铅房内实时情况。

(7) 检测系统设备维修门日常工作上锁封闭，钥匙由专人保管，设备维修门与射线机及急停按钮安全连锁。维修门仅在维护时打开，此时 X 射线检测系统不运行。

(8) 本单位目前拟配备 1 台 X、 $\gamma$  辐射空气比释动能率仪，定期对辐射工作场所进行监测；本项目辐射工作人员从现有人员中调配，辐射工作人员均佩戴个人剂量计，每季度送往陕西高科辐射防护技术有限公司监测 1 次，建立有个人剂量档案。建设单位拟为本项目配备 1 台个人剂量报警仪。

### 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  $O_3$ 、 $NO_x$ 。

本项目 X 射线机产生的 X 射线能量较低，检测过程  $O_3$ 、 $NO_x$  较少， $O_3$  在常温下很快转化成  $O_2$ ，项目防护铅房内配备风机进行排风，根据建设单位提供的资料，每小时通风量为  $300m^3$ ，设备工作期间有效抽风次数不小于 3 次，通风设施同步启动，持续通风，满足铅房内通排风需求及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“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**

本项目管路焊缝 X 射线无损检测系统设置防护铅房为六面封闭式防护结构，铅房墙体由多块墙板在现场组装成型，拼装位置采用压缝铅条进行防护，安装较为便利，不需进行土建，建设期间除安装噪声外，对周边环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

**一、辐射环境影响预测**

本项目设置防护铅房进行屏蔽，铅房所在的 A2#厂房为单层厂房，楼顶及地下无建筑，楼顶一般无人到达。本次评价 X 射线检测系统为周向照射，最大管电压为 240kV，最大管电压下最大管电流为 1.34mA。本次将防护铅房即为探伤室，采用理论计算的方法验证检测系统的屏蔽防护性能。

**1、理论计算模式**

计算模式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），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) 确定铅房各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c d$  ( $\mu\text{Sv/h}$ )。

$$\dot{H}_c d = H_c / (t U T) \quad (1)$$

式中： $H_c$  为周剂量参考控制水平，单位为  $\mu\text{Sv/周}$ ；

$U$  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  $\text{h/周}$ 。

(2) 确定探伤装置周照射时间  $t$ ，单位为  $\text{h/周}$ ，按式 (2) 计算：

$$t = W / (60 \cdot I) \quad (2)$$

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

60 为小时与分钟的换算系数；

$I$  为 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 ( $\text{mA}$ )。

关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  为  $\dot{H}_c d$  和  $\dot{H}_c.\text{max}=2.5\mu\text{Sv/h}$  中的较小值。

(2) 防护铅房顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

A 铅房上方已建、拟建建筑物或铅房旁邻近建筑物在自辐射源点到铅房顶内表面边缘所张立体角区域内时，距铅房顶外表面 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(1)。

B 除 A 的条件外，应考虑下列情况：

a 穿过铅房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  $\dot{H}_C$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 加以控制。

b 对不需要人员到达的铅房顶，铅房顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本次防护铅房顶为工作人员不可到达区域，因此铅房顶部的剂量率参考控制水平保守取  $5\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 对于估算出的屏蔽透视因子 B（按式（3）计算），所需屏蔽物质厚度 X 由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度。

(4) 有用线束屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \frac{\dot{H}_C \times R^2}{H_0 \times I_0} \quad (3)$$

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；

I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA，本项目为 1.34mA；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，本项目取 250kV 管电压—滤过条件 0.5mm 铜—输出量为  $16.5 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

(5) 对于给定的屏蔽物质厚度 X，由附录 B.1 的曲线查出相应的辐射屏蔽透射因子 B，由于附录曲线有限，本次 15mm 铅当量时透射因子保守取铅当量为 13mm 时的透射因子  $1 \times 10^{-6}$ 。关注点的剂量率  $\dot{H}$  ( $\mu\text{Sv/h}$ ) 按式 3 计算：

$$\dot{H} = \frac{I \times H_0 \times B}{R^2} \quad (4)$$

式中：I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA，本项目为 1.34mA；

$H_0$  为距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，本项目

取 250kV 管电压—滤过条件 0.5mm 铜—输出量为  $16.5 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$  ;

B 为屏蔽透射因子;

R 为辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m;

(6) 有效剂量可按下式计算:

$$P = H U T t \quad (5)$$

式中: P 为有效剂量, mSv/a 或;

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 为工作时间, h, 本项目为 1008h。

## 2、防护能力估算

根据建设单位提供资料, 检测工作时间为每周 20h。全居留因子取 1, 部分居留因子取 1/4, 偶然居留因子取 1/16。X 射线探伤室各参数及辐射屏蔽参数见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤室各参数及辐射屏蔽参数

方向	居留因子	距离 R (m)	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	需屏蔽的辐射源
西南面 (公众)	1/4	2.4	1.00	有用线束
西北面 (公众)	1/4	2.3	1.00	有用线束
东北面 (职业)	1	2.4	2.50	有用线束
东南面 (公众)	1	4.3	0.25	有用线束
防护门 (职业)	1	2.4	2.50	有用线束
屋顶	1/16	2.7	5.00	有用线束

本项目 X 射线机最大管电压 240kV, 最大管电压下最大电流为 1.34mA。出于安全保守估计, 选取《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中 250kV 管电压相关参数进行估算。防护铅房四周立面、防护门、屋顶厚度计算结果见表 11-2。

表 11-2 防护铅房计算防护厚度 单位: mmPb

位置	距离 R (m)	透射因子	辐射防护厚度	设计防护厚度	符合性
西南面 (公众)	2.4	4.3E-06	11.0	15	符合
西北面 (公众)	2.3	1.4E-05	9.25	15	符合
东北面 (职业)	2.4	1.1E-05	9.50	15	符合
东南面 (公众)	4.3	3.5E-06	11.5	15	符合
防护门 (职业)	2.4	1.1E-05	9.50	15	符合
屋顶	2.7	2.7E-05	8.50	15	符合

根据估算结果可以看出, 本项目防护铅房四周立面、防护门、屋顶厚度均可以达到防护要求。

### 3、工作场所各关注点辐射剂量率估算

根据公式 4 计算各关注点剂量率，计算结果如下：

表 11-3 各关注点周围剂量当量率估算结果

关注点	屏蔽设计厚度 (mm)	距辐射源点距离 (m)	最大管电流 (mA)	透射因子 B*	剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
西南面外 0.3m 处	15	2.4	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.230	0.25
西南侧焊接间	15	4.8	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.058	0.25
西北面外 0.3m 处	15	2.3	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.251	1.00
西北侧液气压试验间	15	4.8	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.058	0.25
东北面外 0.3m 处	15	2.4	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.230	2.50
东北侧配套加工区	15	4.4	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.068	0.25
东南侧清洗间	15	3.3	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.122	0.25
防护门外 0.3m 处	15	2.4	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.230	2.50
屋顶外 0.3m 处	15	2.7	1.34	$1 \times 10^{-6}$	0.182	5.00

\*对于给定的屏蔽物质厚度 X，由附录 B.1 的曲线查出相应的辐射屏蔽透射因子 B，由于附录曲线有限，本次 15mm 铅当量时透射因子保守取铅当量为 13mm 时的透射因子  $1 \times 10^{-6}$ 。

根据建设单位提供资料，检测系统平均每周工作 20h，全年工作时间为 1008h。

代入公式 (5)，辐射工作人员及公众的年有效剂量率计算结果见表 11-4。

表 11-4 人员附加有效剂量

项目受众	人员停留位置	居留因子	周围剂量当量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	周附加有效剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )	年附加有效剂量 (mSv/a)
辐射工作人员	防护门	1	0.230	4.6	0.232
	东北侧操作台	1	0.230	4.6	0.232
公众	西南侧焊接间	1	0.058	1.16	0.058
	西南侧通道	1/4	0.230	1.15	0.058
	西北侧液气压试验间	1	0.058	1.16	0.058
	西北侧通道	1/4	0.251	1.255	0.063
	东北侧配套加工区	1	0.068	1.36	0.069
	东南侧清洗间	1	0.122	2.44	0.123

由表 11-3 和表 11-4 估算结果可知：在检测系统正常工作状态下，防护铅房四周墙体、防护门外 30cm 处关注点剂量率范围为 0.23~0.251 $\mu\text{Sv/h}$ ，小于 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ；职业人员周剂量率为 4.6 $\mu\text{Sv/周}$ ，小于 100 $\mu\text{Sv/周}$ 。屋顶的剂量率为 0.182 $\mu\text{Sv/h}$ ，小于 5 $\mu\text{Sv/h}$ 。

周边公众关注点剂量率范围为 0.058~0.122 $\mu\text{Sv/h}$ ，小于 0.25 $\mu\text{Sv/h}$ ；公众人员周剂量率为 1.15~2.44 $\mu\text{Sv/周}$ ，小于 5 $\mu\text{Sv/周}$ 。

本项目各关注点剂量率均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)



中剂量率参考控制水平要求。

#### 4、个人年附加有效剂量分析

##### (1) 辐射工作人员年附加有效剂量分析

根据估算结果可以看出，本项目周边职业工作人员年累计受照射剂量为 0.232mSv/a，远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a。

项目工作人员执行一班制，每班 3 人，共 9 名工作人员在本项目处进行轮班操作。则平均每人累计受照射剂量约为 0.077mSv/a 根据该 9 名工作人员 2018 年 11 月~2019 年 10 月个人剂量监测报告（见附件），过去 1 年的个人剂量当量在 0.06~0.41mSv 之间。本项目运行后，该项目工作人员的年附加有效剂量为 0.137~0.487mSv，仍不超过 5mSv/a，满足相关标准要求。

##### (2) 公众年有效剂量分析

由估算结果可知，本项目公众因该项目可能导致年累积受照射剂量为 0.058~0.123mSv/a，低于公众人员剂量控制目标值 0.25mSv/a。本次关注点预测计算过程中，实际运用铅当量为 13mm 的防护作为计算，本项目实际建设中各面铅当量为 15mm，因此本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

## 二、废气环境影响分析

本项目 X 射线机产生的 X 射线能量较低，检测过程 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub> 较少，O<sub>3</sub> 在常温下很快转化成 O<sub>2</sub>，项目防护铅房内配备风机进行排风，根据建设单位提供的资料，每小时通风量约 300m<sup>3</sup>，设备工作期间抽风次数不小于 3 次，通风设施同步启动，持续通风，满足铅房内通排风需求及《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。

## 事故影响分析

### 1、事故工况

本项目中，检测系统运行期间，如安全联锁装置出现故障，防护门未完全关闭就出束，将会对工作人员造成误照射。因而，工作人员在进行操作前，需检查安全联锁装置是否正常。

设备因短路或其他原因造成火灾事故也可能使设备处于失控状态，因而对环境造成不利影响，发生此类事故应立即启动事故应急预案，并及时上报监管部门。

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。

有用线束在距 X 射线焦点 R 米处的剂量率与距离衰减公式为：

$$X=IX_0 (R_0/R)^2$$

式中：X<sub>0</sub> 为距 X 射线管固定距离 R<sub>0</sub> 米处的剂量率，取 16.5×60mSv·m<sup>2</sup>/(mA·h)；

I 为管电流，mA；

R 为距 X 射线管焦点的距离；

X 为距 X 射线管固定距离 R 米处的剂量率。

则在距离靶源 1m 处受到 20mSv 和 50mSv 有效剂量的时间估算如下。

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	距靶 1m 处受到 50mSv 所需时间
无损检测系统 (240kV/1.3mA)	54s	135s

根据以上估算结果，在设备以最大管电压、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 54s，受到 50mSv 剂量当量的时间为 135s。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的情况，应立即切断总电源，强制停止照射；

(2) 为防止人员误留铅房受到误照射，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，确保无人员滞留铅房；

(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。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

西安航天发动机有限公司已成立以企业法人为组长的辐射安全与环境保护领导小组，负责该企业日常辐射安全监管和协调工作。辐射安全与环境保护领导小组办公室设在设备动力处动力环保室。

辐射安全与环境保护领导小组主要职责为：

- (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和检查；
- (2) 对本厂的射线装置工作负总责，保证无射线事故发生；
- (3) 制定本厂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存在的重大问题；
- (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，按职能进行指挥、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。

**辐射安全管理规章制度**

**一、辐射安全管理**

**1、辐射安全管理制度**

西安航天发动机有限公司已制定《全国核技术利用辐射安全系统运行管理制度》、《涉辐部门辐射安全职责》、《质量处辐射安全防护管理规定》、《操作人员岗位职责》、《射线装置人员培训制度》、《射线检测仪器使用管理制度规定》、《辐射工作现场监测制度》、《仪器仪表维护、维修管理制度》、《质量处射线装置事故应急预案》等制度，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。

本项目拟新增的 XWT-240-RAC 型 X 射线探伤机与现有总装管路脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统作用相同，均为管路进行无损检测，为 II 类射线装置，现有辐射安全管理制度对本项目新增设备均适用，企业应制定设备操作规范，并将本项目纳入现有辐射安全管理制度及射线装置事故应急预案中进行管理。

## 2、人员培训及工作人员个人防护

西安航天发动机有限公司现有 55 名辐射工作人员，均参加了陕西省生态环境厅辐射安全与防护培训班学习和考核，并取得了培训合格证。辐射工作人员已进行职业健康体检，并建立了健康档案。企业已配备铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜、铅围脖等个人防护用品，配备 56 枚个人剂量计，现有各探伤室各配备 1 台个人剂量报警仪。现有辐射工作人员个人剂量计定期送检，并建立了较为健全的个人剂量档案。

项目辐射工作人员从现有人员中调配，企业拟为本项目配备 1 台个人剂量报警仪。

## 二、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

西安航天发动机有限公司已取得辐射安全许可证（陕环辐证〔00093〕），根据《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工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）的相关要求，应进行辐射安全管理标准化建设。企业现有辐射安全管理与标准化建设的具体要求对照情况见表 12-1 和表 12-2。

**表 12-1 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	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
		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
	直接从事放射工作的作业人员	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，发生异常情况时，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	

续表 12-1 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	有/无
制度建立与执行	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
	建立环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案	需完善
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
	辐射事故应急预案应报所在地县级环境保护行政主管部门备案。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 12-2 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）—工业 X 射线探伤

项目	要求	本项目情况		
工业 X 射线探伤	控制台安全性能*	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。	控制台设置钥匙开关、紧急停机开关、外部报警或指示装置等安全装置，安全性能符合相关要求	
		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。		
	固定式探伤作业场所*	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	将铅房各屏蔽面内的区域划分为控制区；将铅房北侧为嵌入式操作台1m范围内工作人员活动区域划分为监督区，其他各方向将屏蔽体外0.3m范围内划分为监督区。
			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	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。	拟分开
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。	通风系统每小时有效通风换气次数应不小于3次		

**续表 12-2 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）—工业 X 射线探伤**

项目		要求	本项目情况
工业 X 射线探伤	固定式探伤作业场所*	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。
		标志及指示灯	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。
		标志及指示灯	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。
		辐射安全与连锁	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。

由表 12-1、12-2 可知，西安航天发动机有限公司还应进一步完善环境监测设备使用与检定管理制度。

## 辐射监测

### 1、监测仪器配置

西安航天发动机有限公司已配备如下监测仪器：

(1) 1 台 JB4000 型 X-γ 辐射空气比释动能率仪，用于现有辐射工作场所及其周围环境辐射剂量率的监测；

(2) 已为现有探伤室配备 10 台 X-γ 辐射个人剂量报警仪，探伤工作人员进入探伤室时佩戴个人剂量报警仪。

本项目人员为厂内调配，不新增辐射工作人员，无需新增辐射监测仪器，现有辐射作业人员已全部配备个人剂量计。

### 2、现状监测情况

#### (1) 工作场所监测

西安航天发动机有限公司各辐射工作场所的防护检测目前委托陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司进行，根据 2019 年 5 月的监测报告，现有各辐射工作场所周围剂量当量率符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）和《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）的标准限值要求。

公司定期对现有辐射工作场所进行监测，记录数据并归档。

#### (2) 个人剂量监测

西安航天发动机有限公司现有员工的个人剂量目前委托陕西高科辐射防护技术服务有限公司进行定期监测，每季度 1 次。根据 2018 年 8 月~2019 年 7 月的监测报告，

辐射工作人员个人剂量均未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量约束值。

### 3、本项目监测措施

针对本项目，建设单位拟新增 1 台个人剂量报警仪，运行后将本项目纳入工作场所日常监测制度中，满足相关管理要求。

### 4、竣工环境保护验收内容及要求

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令，2017 年 10 月 1 日起实施），本项目竣工后，建设单位应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

本项目竣工环境保护验收清单（建议）见表 12-3。

表 12-3 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施
1	辐射安全管理	参照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》-辐射安全管理部分，完善相关防护制度及规范。
2	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），本项目公众成员个人年剂量约束值取 0.25mSv/a，职业照射年有效剂量管理约束值取 5mSv/a。验收按照以上标准执行。 根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），铅房外各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。
3	辐射安全防护措施	布局合理，划定控制区及监督区，设置明显的分区标识
		铅房内设置通风系统，抽风量不小于 150m <sup>3</sup> /h，设备工作期间通风设施同步启动，持续通风
		铅房正面设置 2 组报警灯，指示工作状态，并设置清晰地警示等意义说明；防护门及 X 射线机进行门-机联锁
		操作台上设置钥匙开关及紧急停机按钮；铅房内设 4 处急停按钮
		有用线束避开照射门、窗和管线口的位置，不得堆放与设备诊断工作无关的杂物
		铅房四周立面、顶棚、防护门等符合屏蔽防护标准要求 铅房内安装监控摄像头，摄像头视频接入外部监视器
4	监测设备及个人防护	为本项目配备 1 台个人剂量报警仪
		单位已有 1 台 X、 $\gamma$ 辐射空气比释动能率仪，每年检定 1 次，应定期对本项目工作场所进行监测，记录监测数据并归档
		辐射工作人员应参加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；每名工作人员需配备个人剂量计，定期送检并归档

## 辐射事故应急

### 1、辐射事故应急预案

西安航天发动机有限公司已制定《射线装置事故应急预案》，规定了应急组织机构与职责，确定了应急联络、报警及现场指挥程序，提出了事故处理及应急措施，符合《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工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29号）的应急管理要求。

西安航天发动机有限公司射线装置事故应急预案主要包括下列内容：

- (1) 目的；
- (2) 适用范围；
- (3) 应急组织机构和职责：辐射安全管理小组、现场负责人；
- (4) 事故应急处置措施；
- (5) 应急预案的培训；
- (6) 应急预案演练和评审；
- (7) 附表：应急响应电话、事故现场调查表、相关单位联系方式。

发生辐射事故时，事故单位应当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 2h 内填写《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应向当地环境保护部门报告；造成或可能造成人员超剂量照射的，还应向当地卫生行政部门报告；如是人为故意破坏引起的事故应向当地公安部门报告。

### 2、应急预案执行情况

根据现场调查，西安航天发动机有限公司运行至今尚未发生放射性相关事故，未启动过该应急预案。

西安航天发动机有限公司现有《射线装置事故应急预案》可满足本项目应对突发放射性事故应急管理要求，因此本项目运行后，西安航天发动机有限公司应将其纳入现有辐射事故应急预案管理体系，配备必要的辐射事故应急设备，定期进行辐射事故应急演练。演练结束总结演练过程中出现的问题，不断完善辐射事故应急预案。



表 13 结论与建议

## 结论

西安航天发动机有限公司拟在 A2#厂房新增 1 套管路焊缝 X 射线无损检测系统，对产品进行工业探伤。该系统棒阳极 X 射线机选用沃克斯（X-RAY WORX）品牌，型号为 XWT-240-RAC，最大管电压 240kV，最大管电流 3.0mA。检测系统具有二次聚焦功能，射线装置探头可选用多种不同的类型，既可作为周向

X 射线机使用，也可作为定向射线机使用，本次评价按照周向射线机评价。

本项目目的在于检测管路焊缝的效果，以满足火箭发动机的性能需求，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。

### 1、辐射环境影响

(1) 根据理论预测，检测系统防护铅房四周立面、防护门、屋顶设计厚度满足防护要求，能够有效屏蔽 X 射线。

(2) 在检测系统正常工作状态下，防护铅房四周墙体、防护门外 30cm 处关注点剂量率范围为 0.23~0.251 $\mu$ Sv/h，小于 2.5 $\mu$ Sv/h；职业人员周剂量率为 4.6 $\mu$ Sv/周，小于 100 $\mu$ Sv/周。屋顶的剂量率为 0.182 $\mu$ Sv/h，小于 5 $\mu$ Sv/h；周边公众关注点剂量率范围为 0.058~0.122 $\mu$ Sv/h，小于 0.25 $\mu$ Sv/h；公众人员周剂量率为 1.15~2.44 $\mu$ Sv/周，小于 5 $\mu$ Sv/周。本项目各关注点剂量率均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中剂量率参考控制水平要求。

(3) 本项目运行后，该项目工作人员的年附加有效剂量为 0.137~0.487mSv，远低于放射性工作人员剂量控制目标值 5mSv/a。公众人员因该项目可能导致年累积受照射剂量为 0.058~0.123mSv/a，低于公众人员剂量控制目标值 0.25mSv/a。本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

### 2、辐射安全管理

西安航天发动机有限公司已成立了辐射安全与环境保护领导小组，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。公司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。

### 3、可行性分析结论

西安航天发动机有限公司在新厂区 A2#厂房内新增 1 套 X 射线无损检测系统主要用于导管产线工件的无损检测，该项目的开展所带来的利益足以远大于其可能引起的辐射危害。本单位对该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，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，本项目可行。

#### 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) 加强防护铅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) 定期对各放射性工作场所工作人员的个人剂量监测；
- (4) 定期送 X- $\gamma$  剂量率仪等监测仪器至有资质单位进行检定、校核；
- (5) 定期的对各放射性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) 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；
- (8) 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；
- (9) 接受环保等其他部门的管理、监督及指导。

表 14 审批

预审意见:

经办人:

单位公章

年 月 日

下一级环境保护行政主管部门审查意见:

经办人:

单位公章

年 月 日