

表 1 项目基本情况

建设项目名称		发动机零部件复杂内部结构检测系统			
建设单位		西安航天发动机有限公司			
法人代表	同立军	联系人	杨巧玲	联系电话	13384990325
注册地址		陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路 69 号			
项目建设地点		陕西省西安市航天基地神舟二路 69 号西安航天发动机有限公司计量大楼			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	444	项目环保投资 (万元)	6	投资比例 (环保投资/总投资)	1.35%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		占地面积 (m ²)	6
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	/		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		<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		
其他	<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
项目概述					
<p>1、建设单位简介</p> <p>西安航天发动机有限公司于 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，现有职工 2800 人。建厂 50 年来，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。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和国防现代化建设做出了杰出贡献。</p> <p>2、项目由来</p> <p>为满足业务发展需要，西安航天发动机有限公司拟在计量大楼一层测量间新增 1 台发动机零部件复杂内部结构检测系统（以下简称“检测系统”），根据技术协议，该设备采用工业计算机断层扫描技术（CT）和 Werth 多传感器技术，可以对发动机零部件等高密度零件进行三维测量和检测。</p>					

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 类射线装置中的工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》和《中华人民共和国放射性污染防治法》，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》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“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；以上项目的改、扩建（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的）”项目，应编制环境影响报告表。

西安航天发动机有限公司于 2020 年 9 月委托我单位对该项目进行环境影响评价。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，**编制完成**《发动机零部件复杂内部结构检测系统环境影响报告表》。

3、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用 X 射线断层扫描装置进行发动机零部件内部结构的无损检测，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）》，属于“鼓励类”中“三十一、科技服务业—1、工业设计、气象、生物、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”项目，符合国家产业政策。

本项目射线装置主要用于发动机零部件复杂内部结构的无损检测，有利于提升工件质量，推动发动机的专业研发，助力国家航天事业的发展。在综合考虑社会、经济和其他因素之后，X 射线对受照个人或社会所带来的利益远大于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。

4、建设规模

(1) 项目概况

西安航天发动机有限公司拟在计量大楼一层测量间新增 1 台发动机零部件复杂内

部结构检测系统，该设备采用工业计算机断层扫描技术（CT），可以对发动机零部件等高密度零件进行三维测量和检测，属于II类射线装置。

根据建设单位提供的资料，检测系统由X射线源、X射线探测器、精密气浮转台、集成主机、防护铅房及数据分析评定计算机控制台等组成，一体化设计。

检测系统技术参数详见表1-1。

表 1-1 射线装置技术参数表

设备名称	型号规格	生产厂家	具体参数	
发动机零部件复杂内部结构检测系统	TomoScope L 225	德国 Werth Messtechnik GmbH	最大管电压	225kV
			最大管电流	3mA
			额定功率	280W
			射线张角角度	6°
			最大射野面积	300×300mm
			滤片	5种规格，分别为1mmAl，1mmCu，0.5mm、1mm、3mmSn
			曝光类型	定向

(2) 工作制度及劳动定员

根据建设单位提供的资料，本项目拟配备辐射工作人员11人，均为新增人员。

运行期工作制度为一班制，每班2人，根据需要进行轮换，每班工作时间8h。根据建设单位提供的资料，工件检测量较大，需对同一种零部件进行批量检测，此时日最长曝光时间为6h；每周工作5天，周曝光时间为30h；年工作52周，年曝光1560h。

5、项目选址及周边环境关系

(1) 地理位置

西安航天发动机有限公司目前有神舟二路厂区及新区2个厂区，本项目位于西安市航天基地神舟二路厂区，地理位置见图1-1。

(2) 周边环境关系

项目位于西安航天发动机有限公司神舟二路厂区东部的计量大楼，计量大楼北侧为厂内道路、5车间，东侧为厂内道路、厂区东门，南侧为厂内道路、研究发展中心及绿化区，西侧为厂内道路、华阳公司厂房，项目所在厂区平面布置示意图见图1-2。

检测系统拟安装于计量大楼一层东南角的测量间，计量大楼东侧为五层的办公楼，西侧为一层的机加厂房，计量大楼一层局部平面布置示意图见图1-3。测量间北侧为值班室、门厅、管理室、工装库、卫生间等；东侧、南侧为厂内道路；西侧为实验室、机加厂房；楼上为会议室，地下无建筑。测量间剖面布置图见图1-4。



图 1-1 地理位置示意图

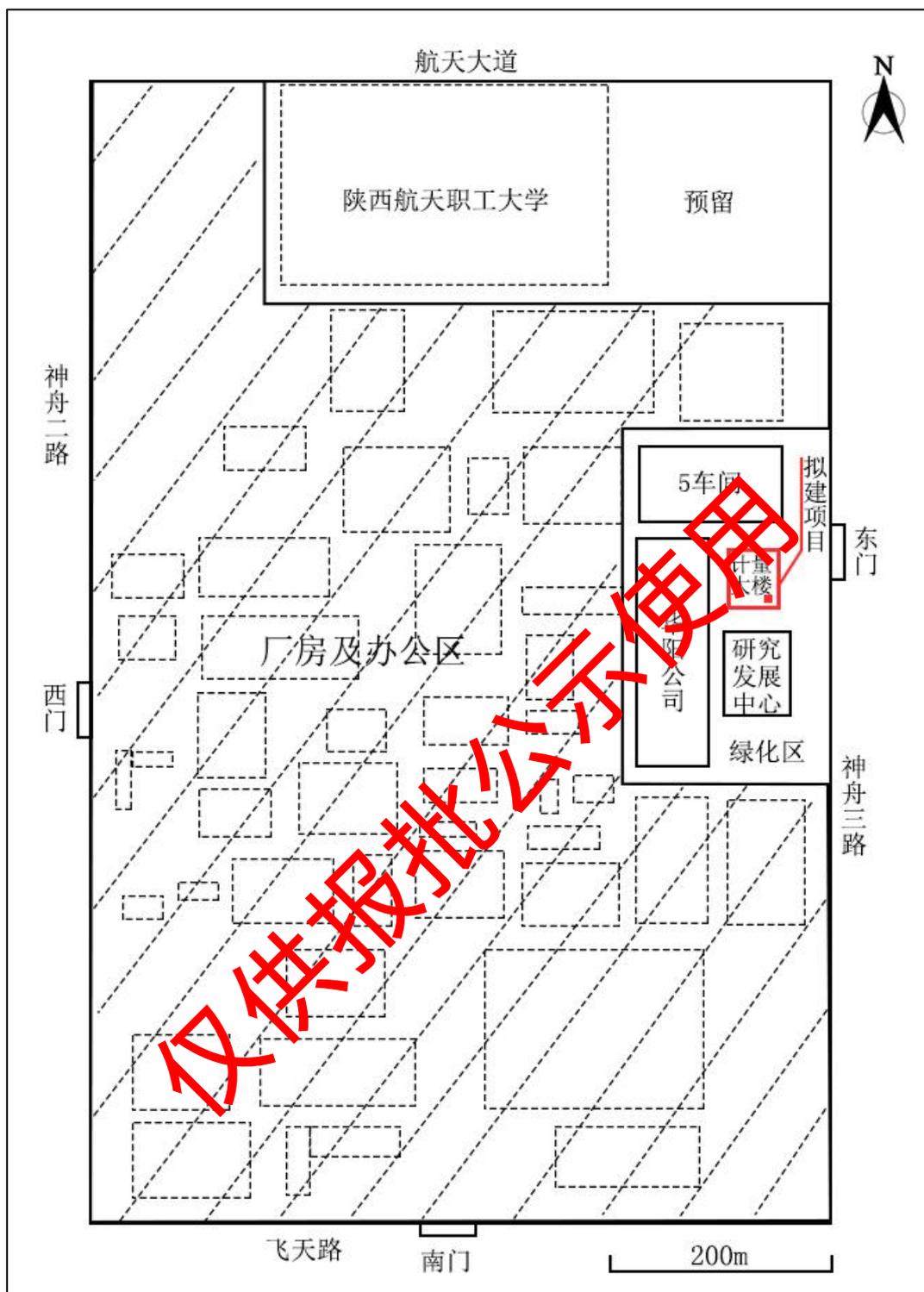


图 1-2 项目所在厂区平面布置图



图 1-3 计量大楼一层局部平面布置示意图



图 1-4 测量间剖面布置图（南向北方向）

检测系统拟安装于测量间东南角，测量间平面布置见图 1-5。检测系统北侧为三坐标测量仪工位、办公位，东侧紧邻墙体，南侧为控制台，西侧为工件摆放区。

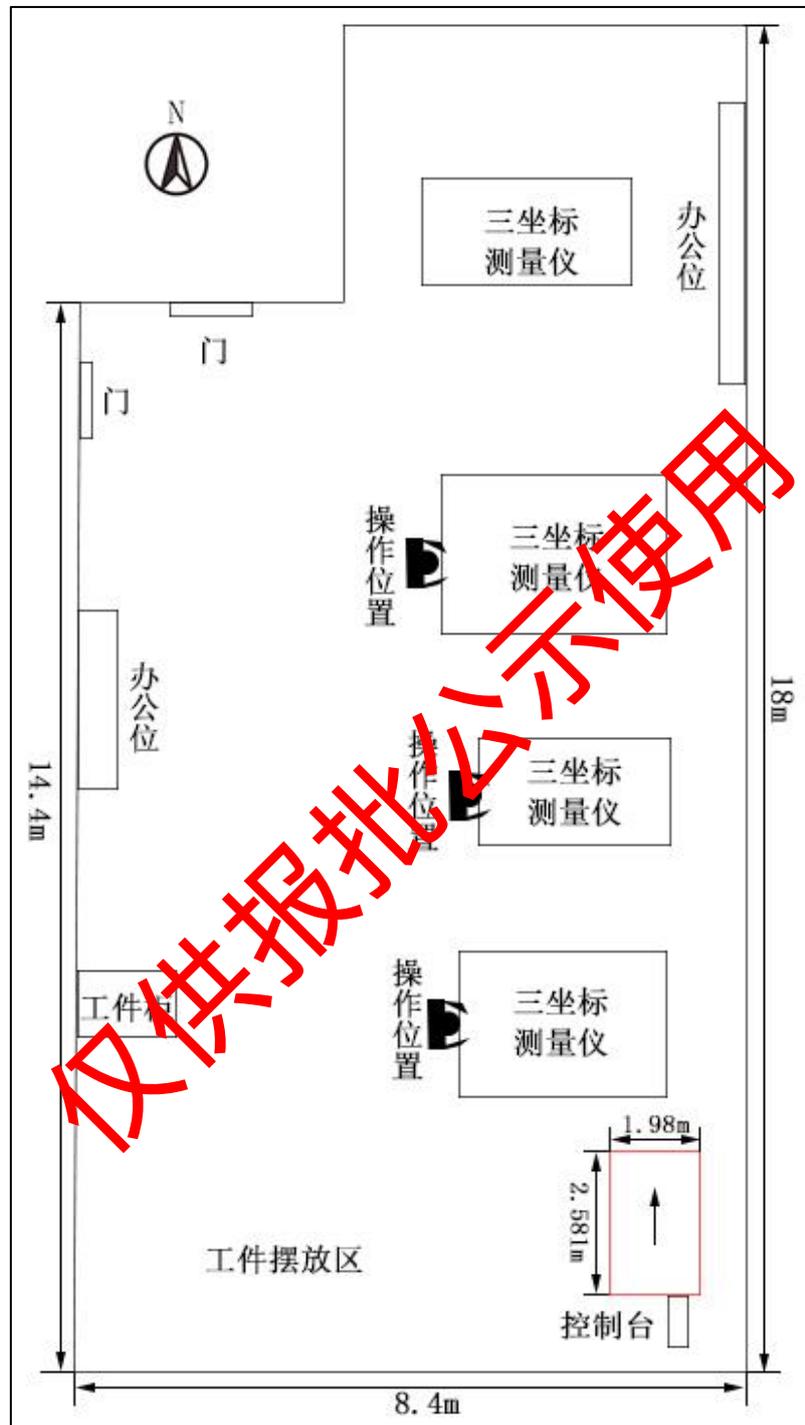


图 1-5 测量间平面布局图

6、现有核技术利用项目情况

(1) 现有核技术利用项目环保手续履行情况

西安航天发动机有限公司现有核技术利用项目环保手续履行情况见表 1-2。

表 1-2 现有核技术利用项目环保手续履行情况一览表

项目编号	项目名称	环评情况		验收情况	
		环评内容	批复情况	验收内容	批复情况
1	西安航天发动机厂 X 射线探伤机应用	5 台 X 射线探伤机	2008 年 6 月 17 日, 陕环批复 (2008) 361 号	与环评一致	2013 年 1 月 21 日, 陕环批复 (2013) 41 号
2	西安航天发动机厂 X 射线探伤核技术应用项目	9 台射线装置	2012 年 8 月 16 日, 陕环批复 (2012) 554 号	7 台 X 射线探伤机	2014 年 5 月 23 日, 陕环批复 (2014) 248 号
				1 台 4MeV 工业 CT 检测系统	2015 年 8 月 7 日, 陕环批复 (2015) 407 号
				1 台设备	未建设
3	西安航天发动机厂 X 射线探伤核技术应用项目	3 台射线装置	2015 年 7 月 16 日, 陕环批复 (2015) 318 号	与环评一致	2018 年 5 月 3 日进行了自主验收
4	西安航天发动机厂新增工业 X 射线探伤核技术应用项目	新建 8 座探伤室、新增 10 台 X 射线探伤机	2016 年 3 月 1 日, 陕环批复 (2016) 387 号	2 座探伤室、2 台 X 射线探伤机	2018 年 5 月 3 日进行了自主验收
				4 座探伤室以及 7 台 X 射线探伤机、1 台实时成像检测系统	2021 年 9 月 27 日进行了自主验收
				其余 2 座探伤室已建成, 未安装设备	
5	9MeV 工业 CT 核技术应用项目	新建 1 座工业 CT 机房, 新增 1 套 9MeV 工业 CT 检测系统	2017 年 8 月 7 日, 陕环批复 (2017) 376 号	与环评一致	2021 年 4 月 23 日进行了自主验收
6	总装导管脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统	1 套总装管路脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统	2019 年 7 月 4 日, 陕环批复 (2019) 261 号	与环评一致	2019 年 10 月 29 日进行了自主验收
7	微焦点 X 射线机数字化成像检测系统	1 台微焦点 X 射线数字化成像检测系统	2019 年 7 月 4 日, 陕环批复 (2019) 260 号	与环评一致	2020 年 6 月 15 日进行了自主验收
8	管路焊缝 X 射线无损检测系统	1 台管路焊缝 X 射线无损检测系统	2020 年 9 月 6 日, 陕环批复 (2020) 236 号	与环评一致	2021 年 4 月 23 日进行了自主验收
9	铸件微焦点	在原 605# 厂房东探伤室 (陕环批复 (2015) 318 号环评批复; 2018 年 5			

	棒阳极 X 射线检测系统 核技术利用 项目	月自主验收) 新增 1 台铸件微焦点棒阳极 X 射线检测系统, 于 2021 年进行了自评价
--	-----------------------------	--

综上, 西安航天发动机有限公司现有核技术利用项目环评、验收及自评价手续较为完备。

(2) 辐射安全许可证

西安航天发动机有限公司于 2019 年 12 月 23 日取得了更新后的辐射安全许可证(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。辐射安全许可证见附件, 台账明细见表 1-3。

表 1-3 辐射安全许可证已许可射线装置台账明细登记

序号	装置名称	规格型号	类别	场所
1	450kV 工业 CT 检测系统	IPT04104D	II 类	601#厂房探伤室
2	XYD1520 型 X 射线探伤机	XYD1520 型		158#厂房探伤室
3	MG225 型 X 射线探伤机	MG225 型		601#厂房东探伤室
4	E320X 射线探伤机	E320		602#厂房东探伤室
5	CERAM235 便捷式射线探伤机	CERAM235		602#厂房东探伤室
6	MG325 型 X 射线探伤机	MG325		602#厂房西探伤室
7	XYD-225X 射线探伤机	XYD-225		605#厂房东探伤室
8	E320X 射线探伤机	E320		606#厂房西探伤室
9	MG321 型 X 射线探伤机	MG321 型		606#厂房中间探伤室
10	XYD2251013 型 X 射线探伤机	XYD2251013 型		606#厂房东探伤室
11	MG325 型 X 射线探伤机	MG325		606#厂房西探伤室
12	MG325 型 X 射线探伤机	MG325 型		606#厂房东探伤室
13	4MeV 工业 CT 检测系统	IPT04106-B2		606#厂房中间探伤室
14	E450X 射线探伤机	E450		601#厂房西探伤室
15	实时成像检测	实时成像检测		158#厂房探伤室
16	MG226 型 X 射线探伤机	MG226		605#厂房东探伤室
17	E320X 射线探伤机	E320		605#厂房西探伤室
18	E320X 射线探伤机	E320		158#厂房
19	总装导管脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统	MG165		

西安航天发动机有限公司正在对已进行环评验收的其余射线装置申请辐射安全许可证的增项, 具体射线装置明细见表 1-4。

表 1-4 正在办理辐射安全许可证增项的设备明细表

序号	装置名称	规格型号	类别	场所
1	微焦点 X 射线数字化成像检测系统	FXE-225.48	II 类	601#厂房
2	铸件微焦点棒阳极 X 射线检测系统	R.DR80-Part		605#厂房东探伤室
3	管路焊缝 X 射线无损检测系统	XWT-240-RAC		A2 厂房

4	9MeV 工业 CT 检测系统	CD-1800BX	工业 CT 机房
5	X 射线探伤机	MXR-320/26	A2 厂房透射间 2
6	X 射线探伤机	ISOVOLT 320 M2/4.5-13	A2 厂房透射间 2
7	X 射线探伤机	MXR-225/22	A2 厂房透射间 2
8	X 射线探伤机	MXR-320/26AX	A4 厂房透射间 1
9	X 射线探伤机	ISOVOLT 320 M2/4.5-13	A4 厂房透射间 1
10	X 射线探伤机	ISOVOLT 225 M2	A4 厂房透射间 2
11	X 射线探伤机	MXR-320/26AX	A4 厂房透射间 2
12	实时成像检测系统	MXR-320HP/11 AX	A4 厂房透射间 3

(3) 辐射安全管理现状

① 辐射防护管理机构

西安航天发动机有限公司已成立以法人为组长的辐射安全与环境保护领导小组（厂设备〔2020〕184号，见附件），负责日常辐射安全监督和协调工作。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。

② 规章制度建设及落实情况

西安航天发动机有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《涉辐部门辐射安全职责》、《质量处辐射安全防护管理规定》、《射线装置人员培训制度》、《射线检测仪器使用管理规定》、《辐射工作现场监测制度》、《仪器仪表维护、维修管理制度》等；已编制并下发了《质量处射线装置事故应急预案》，以确保辐射作业中的安全防护。现有制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。

③ 工作人员培训情况

西安航天发动机有限公司现有 51 名辐射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训班学习和考核，并取得了培训合格证。

④ 个人剂量检测及职业健康检查情况

公司已为现有辐射工作场所配备了 31 台个人剂量报警仪，2 套铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜及铅围脖，用于日常探伤工作中的安全防护。辐射工作人员已配备个人剂量计，每季度委托有资质单位进行 1 次个人剂量检测。根据陕西新高科辐射技术有限公司出具的 2020 年 5 月~2021 年 5 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（第 00028-2003-000804 号、第 00028-2004-001605 号、第 00028-2101-000047 号、第 00028-

2102-000436 号，见附件），现有辐射工作人员的年个人剂量均低于 0.44mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的剂量限值，检测报告已存档。

现有辐射工作人员于 2020 年在核工业四一七医院进行了职业健康体检，体检结果及复查结果显示未发现疑似放射性疾病，可以继续从事辐射工作，体检报告已建立健康档案。

⑤ 工作场所及辐射环境监测情况

公司已配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪，每年检定 1 次，检定报告已归档。公司已制定《辐射工作现场监测制度》，每季度对现有辐射工作场所进行监测，监测结果已存档。

公司已委托有资质单位每年进行 1 次辐射工作场所年度监测。根据陕西秦洲核与辐射安全技术有限公司出具的 2020 年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》（QNJC-202006-E007，见附件），现有射线装置工作场所周围关注点的 X、 γ 辐射剂量率为 0.03~0.22 μ Sv/h，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关标准限值。

西安航天发动机有限公司已按时向陕西省生态环境厅提交了 2020 年度放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

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 (1/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《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	发动机零部件复杂内部结构检测系统	II	1	TomoScope L 225	225	3	无损检测	计量大楼测量间	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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”	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

仅供报批公示使用

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法 规 文 件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订），2015 年 1 月 1 日；</p> <p>(2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；</p> <p>(3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正），2018 年 10 月 29 日；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（修订），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日；</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订），生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(8) 《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；</p> <p>(9) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，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 年修正），2019 年 11 月 6 日；</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。</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 61-2021）；</p> <p>(6) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 发动机零部件复杂内部结构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) 《关于调整辐射安全与环境保护领导小组的通知》（厂设备〔2020〕184 号）及其他现有辐射安全防护管理制度；</p> <p>(4) 2020 年 5 月—2021 年 5 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（第 00028-2003-000804 号、第 00028-2004-001605 号、第 00028-2101-000047 号、第 00028-2102-000436 号）；</p> <p>(5) 《使用射线装置核技术利用项目辐射环境监测报告》（QNJC-202006-E007）；</p> <p>(6) 西安航天发动机有限公司 2020 年辐射安全年度评估报告；</p> <p>(7) 《西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统及发动机零部件复杂内部结构检测系统核技术利用项目辐射环境现状监测》（XAZC-JC-2020-212）。</p>

表 7 保护目标与评价标准

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”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,详见图 7-1。

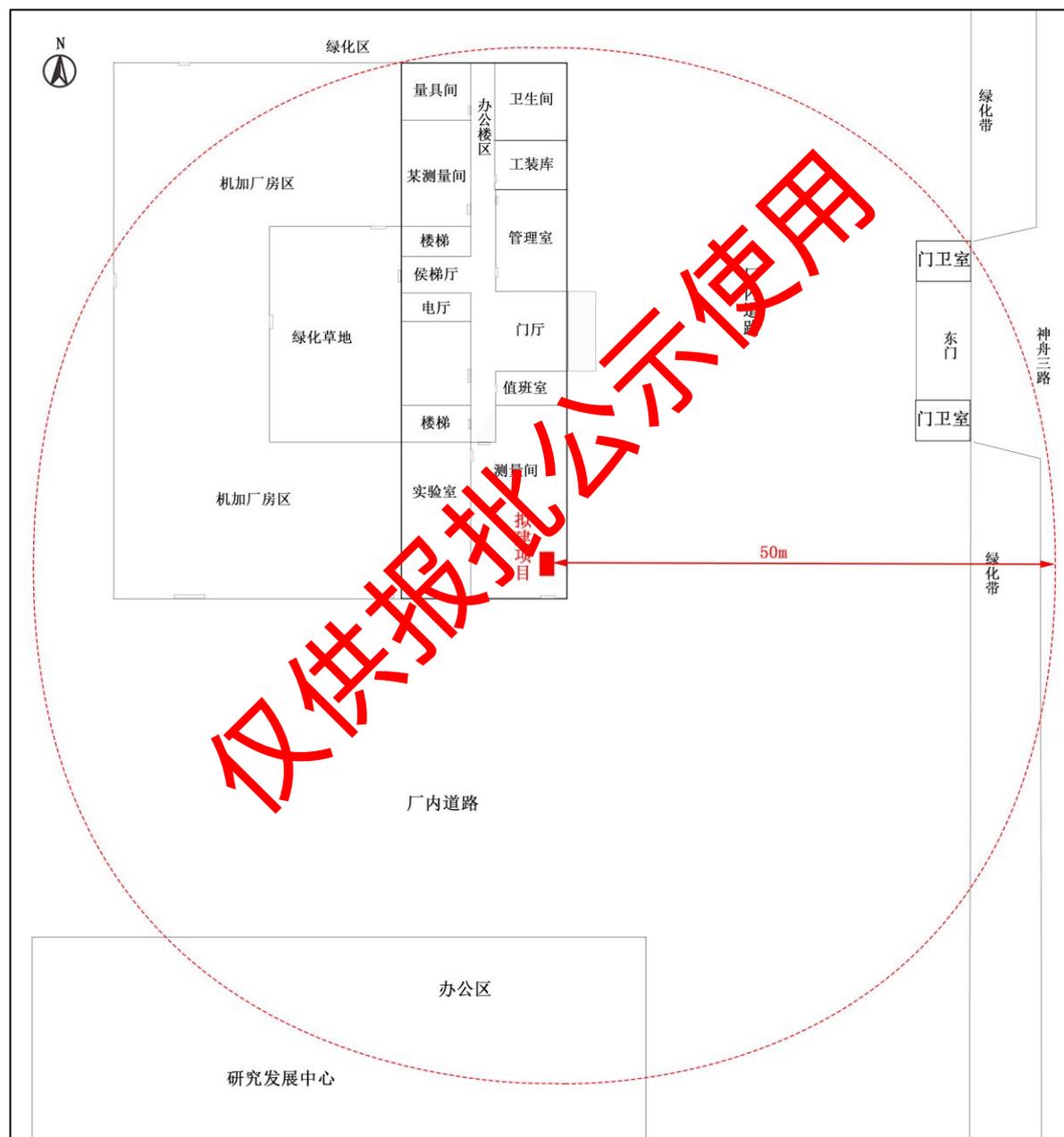


图 7-1 评价范围示意图

保护目标

本项目环境保护目标主要为从事射线装置操作的辐射工作人员及周围区域的公众。环境保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要环境保护目标一览表

序号	保护对象	长居留人员规模	相对方位		与铅房相对最近距离	剂量约束值 (mSv/a)
1	辐射工作人员	11 人	南侧控制台		0.3m	1
2	公众	约 20 人	北侧	测量间办公位、计量大楼其他办公区	约 1.5m	0.1
		2 人	东侧	厂区东门门卫室	约 27m	
		约 10 人	南侧	研究发展中心办公区	约 32m	
		约 15 人	西侧	计量大楼实验室、机加厂房	约 5m	
		/	楼上	会议室	3.124m	
		/	东、南、西侧	厂内道路、绿化区、神东三路流动人员	/	

注：表中“距离”均以铅房屏蔽体作为起点进行计算，一楼层高为 3.1m，铅房高度为 1.976m。

评价标准

一、职业人员和公众的辐射剂量约束值

1、职业照射

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），20mSv。

综合考虑本项目实际使用情况及本次预测结果，本次评价职业照射人员的年受照剂量约束值设定为 1mSv/a。

2、公众照射

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：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下述限值：年有效剂量，1mSv。

综合考虑本项目使用情况并为公司的远期发展预留空间，本次公众照射年有效剂量管理约束值设定为 0.1mSv/a。

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

该标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置）的生产和使用。本项目为工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置，运行期参照执行该标准中相关防护安全要求，实际运行中将防护机房视为探伤室。

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 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

1、项目地理位置和场所位置

陕西省西安市航天基地神舟二路 69 号西安航天发动机有限公司计量大楼，项目地理位置图见图 1-1，周边环境关系见图 1-2。

2、环境质量现状

本次委托西安志诚辐射环境检测有限公司对拟建场所辐射环境现状进行了监测。

(1) 监测因子、点位

监测因子：X、 γ 辐射剂量率；

监测点位：拟建场所按网格法均匀布点，见图 8-1。

(2) 监测时间

2020 年 9 月 25 日。

(3) 监测仪器

表 8-1 监测仪器一览表

监测仪器	环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪		
型号规格	AT1123	仪器编号	XAZC-YQ-010
检出限	50nSv/h~10Sv/h	检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLjl2020-04-172	检定有效期	2020.6.24~2021.6.23

(4) 质量保证措施

① 监测人员持证上岗；

② 严格按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《环境监测用 X、 γ 辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》（EJ/T 984-95）进行监测；

③ 监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

(5) 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目 X、 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	点位描述	X、 γ 辐射剂量率 (μ Sv/h)	
		均值	标准偏差
1	拟建场所 1#监测点位	0.144~0.148	0.146
2	拟建场所 2#监测点位	0.141~0.147	0.144
3	拟建场所 3#监测点位	0.133~0.139	0.135
4	拟建场所 4#监测点位	0.147~0.148	0.148

续表 8-2 项目 X、 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	点位描述	X、 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
		均值	标准偏差
5	拟建场所 5#监测点位	0.147~0.149	0.148
6	拟建场所 6#监测点位	0.143~0.148	0.146
7	拟建场所 7#监测点位	0.147~0.148	0.148
8	拟建场所 8#监测点位	0.146~0.149	0.147
9	拟建场所 9#监测点位	0.145~0.147	0.146
-	拟建场所上方会议室	0.160~0.163	0.162

注：本次监测结果未扣除仪器对宇宙射线响应值。

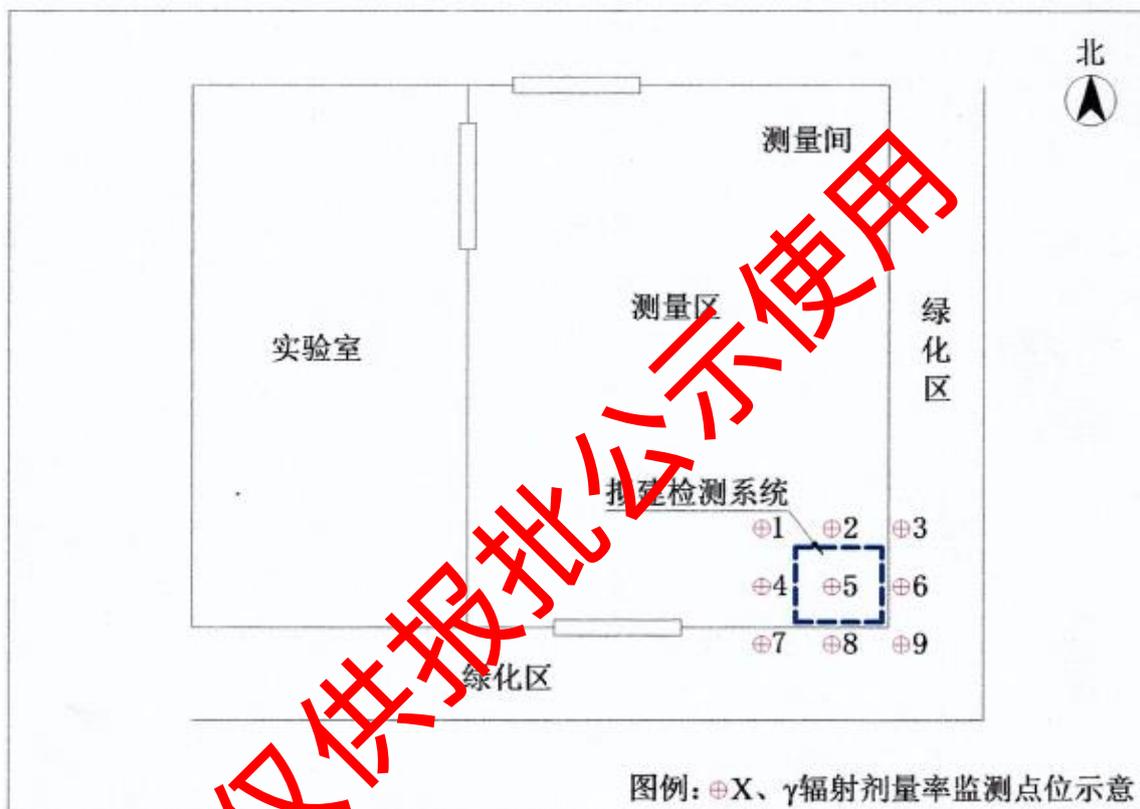


图 8-1 现状监测点位示意图

(6) 监测结论

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)，在测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率时，仪器读数中包含探测器对宇宙射线电离成分的响应值，不同类型探测器的宇宙射线响应值差别较大，在监测结果中应予以扣除，不扣除时应注明。

根据表 8-2，发动机零部件复杂内部结构检测系统拟建场所及周围场所各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 0.133~0.163 $\mu\text{Sv/h}$ ，即 133~163nSv/h，未扣除宇宙射线。

对照《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护，第 14 卷第 4 期，

1994年7月），西安市天然贯穿辐射所致室外剂量率（按点平均）为108.0nGy/h，室内剂量率（按点平均）为143.0nGy/h，经对比，本工程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。

仅供报批公示使用

表 9 项目工程分析及源项

工程设备和工艺分析

1、工程设备

根据技术协议，本项目发动机零部件复杂内部结构检测系统主要用于喷嘴微小孔测量及发动机微小零部件尺寸测量，可以完成零件内外部几何尺寸及形位公差测量、装配评估、内部缺陷无损分析应用要求，工件主要材料为钢铁。

该检测系统由 X 射线源、X 射线探测器、精密气浮转台、集成主机、防护铅房及数据分析评定计算机控制台等组成，一体化设计。设备外观见图 9-1。



图 9-1 检测系统外观示意图

根据技术协议，本项目 X 射线源采用反射型微焦点射线源，最大管功率为 280W，检测能力为钢 $\geq 20\text{mm}$ ，铝 $\geq 100\text{mm}$ ，射线源无法移动。X 射线探测器分辨率为 $1536 \times 1920\text{pixel}^2$ ，像素尺寸大小为 $127 \times 127\mu\text{m}$ ，成像效果清晰。精密气浮转台为放置待检工件的平台，工作台承重 40kg，转台可前后移动 600mm，左右移动 900mm。

2、工作原理

工业用 X 射线计算机断层扫描（CT）装置主要是利用 X 射线成像技术对工件进行无损检测和三维立体成像。在被测工件无损伤状态下，X 射线源发出 X 射线，由移动轴控制扫描装置完成工件全方位扫描方式透射，X 射线探测器采集衰减射线信息，在图象出路系统中运用特定算法以二维灰度图象和三维立体图象形式将工件内部信

息直观地通过专业显示器显示出来。通过对图象的观测分析和软件计算分析，帮助人员正常分辨工件内部结构组成、有无缺陷、材料类别以及装配状况等。

设备 X 射线源主要由 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，本项目靶材为钨。

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。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

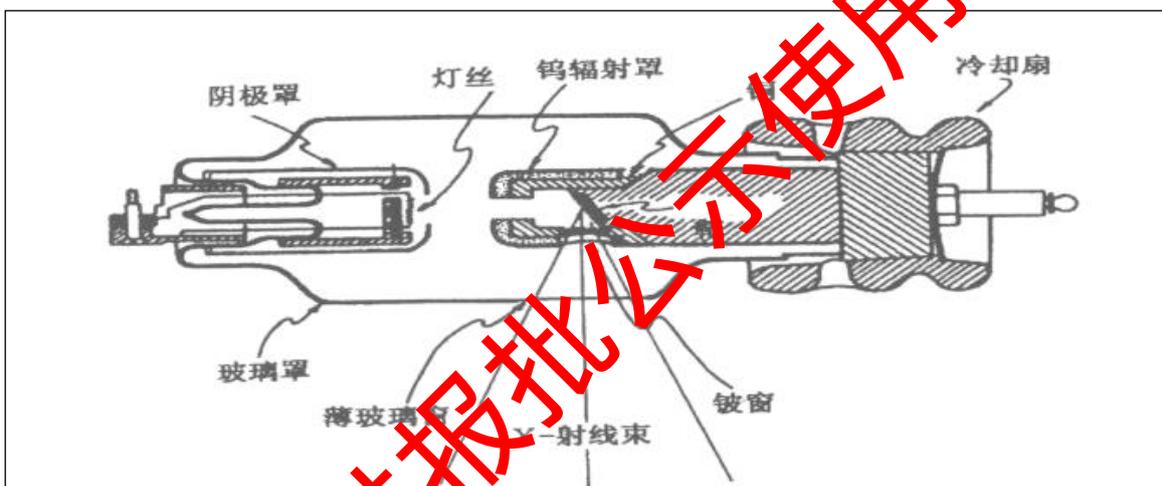


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

3、操作流程及产污环节

(1) 操作流程

① 开机前检查机械设备所有限位、电源电压等是否正常，确认无误后开启设备电源和控制台电源。

② 在控制台操作打开铅门，手动放置工件至转台。

③ 确认放置好后关闭铅门，用控制台手柄调整检测位置，开启高压出束检测。

④ 检测完毕后关闭高压，开启铅门取走工件，准备下一轮检测。

⑤ 检测完毕后关机，工作人员分析检测结果。

(2) 产污环节

射线装置工作流程及产污环节图见图 9-3。

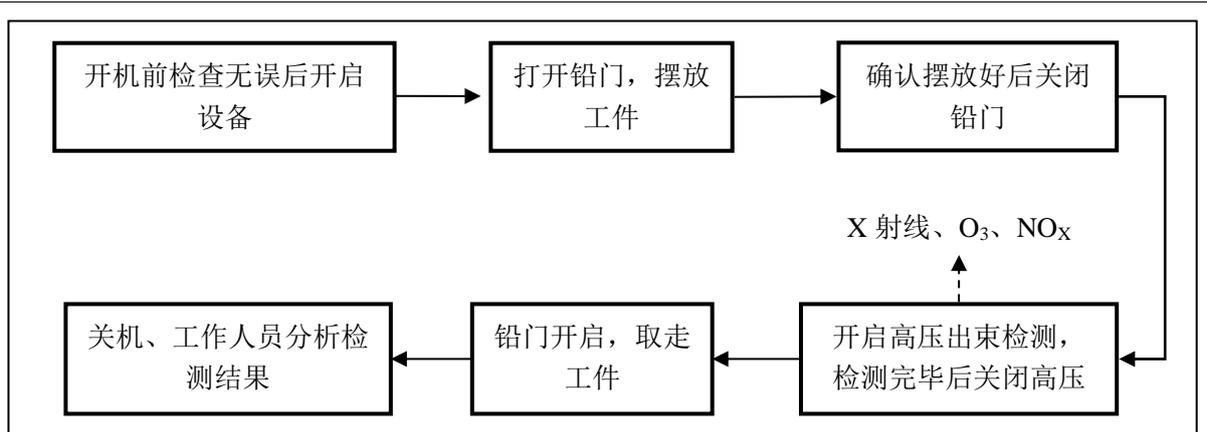


图 9-3 检测系统工作流程及产污环节图

4、正常工况的污染途径

检测系统发出的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，会对工作人员和公众产生一定的外照射。

5、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主要为门机连锁失效导致操作人员或公众在铅门处被误照射。

污染源项描述

运行期主要污染源项为 X 射线、O₃ 和 NO_x 等有害气体等，不产生放射性三废。

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。本项目检测系统只有在开机并处于出射线状态时才会发出 X 射线。因此，在检测期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

X 射线球管出束期间产生的 X 射线能量在零和出束管电压之间，为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤过有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、泄漏射线和散射射线。

(1) 有用线束：直接由 X 射线管产生的电子通过打靶获得 X 射线并通过辐射窗口照射工件。射线能量、强度与 X 射线管靶物质、管电压、管电流有关，靶物质原子序数、加在 X 射线管的管电压、管电流越高，光子束流越强。

(2) 泄漏射线：除了有用辐射束外，从辐射源组装体中泄漏出的任何其他的辐射。

(3) 散射射线：由有用线束及漏射线在各种散射体（检测工件、射线接收装置、地面等）上散射产生的射线。一次散射或多次散射，其强度与 X 射线能量、X 射线机的输出量、散射体性质、散射角度、面积和距离有关。

2、废气

当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，本项目 X 射线机最大管电压为 225kV，运行时将产生少量 O₃、NO_x。

仅供报批公示使用

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 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），辐射工作场所应分为控制区及监督区，将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。参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），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。

本项目自带防护铅房，人员只能伸展手臂放置工件，无法完全进入，根据实际情况，将检测系统屏蔽铅房内的所有区域划分为控制区，检测系统与北侧三坐标测量仪最近距离约 1.5m，因此将北侧、西侧外扩 1m，东侧、南侧至墙体的范围划分为监督区，采用移动式栅栏或地面警戒带进行划分，辐射工作场所分区示意图见图 10-1。



图 10-1 工作场所分区示意图

建设单位应在铅门处设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，在射线装置运行时严禁人员入内；在测量间外设立表明监督区的标识及警示文字。

(2) 布局合理性分析

本项目检测系统拟安装于测量间东南角，测量间平面布局图见图 1-5。有用线束向北照射，控制台位于检测系统南侧，可以避免有用线束照射方向，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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”的要求。

2、辐射防护屏蔽设计

项目防护铅房为六面封闭式结构，铅房西侧开设 1 个防护铅门，主射束向北照射。根据建设单位提供的资料，铅房各面的屏蔽参数见表 10-1。铅房尺寸见图 10-2，防护设计示意图见图 10-3。

表 10-1 防护铅房主要设计参数

序号	位置	设计防护厚度及材料
1	北侧面	20mmPb
2	东侧面	22mmPb
3	南侧面	17mmPb
4	西侧面	17mmPb
5	顶面	17mmPb
6	底部	23mmPb
7	铅门	17mmPb
8	铅房尺寸	外部尺寸：2581mm×1980mm×1976mm

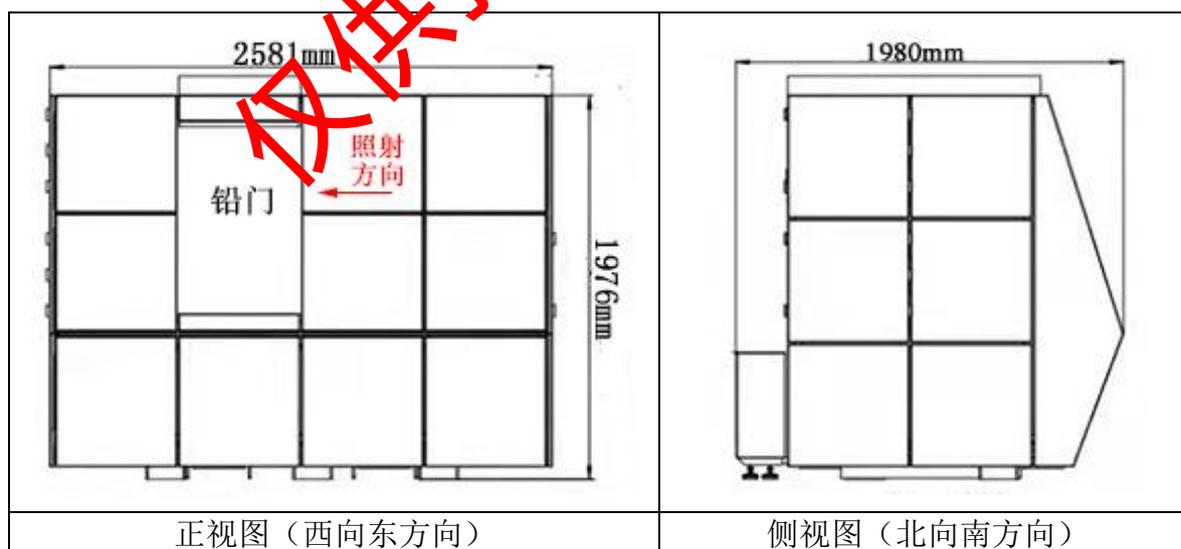


图 10-2 铅房尺寸示意图



图 10-3 铅房防护设计示意图

3、辐射安全设施

本项目铅房为实际探伤作业场所，等同于探伤室，铅房的防护设施参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关规定。本项目铅房除实体屏蔽外，拟采取的其他辐射安全措施如下，防护设施布置见示意图 10-4。



图 10-4 铅房防护设施示意图

(1) 门-机连锁：检测系统铅门与 X 射线源连锁控制，铅门关闭时方可发射射线，一旦打开则射线自动停止或无法开启。

(2) 工作状态指示装置：铅房正前方拟设置工作状态指示灯，射线开启时，红色警示标识亮起，关闭时绿色标识亮起。拟在铅房外及测量间醒目位置张贴指示灯信号意义说明。

(3) 电离辐射警示标识：铅门外张贴电离辐射警示标志及中文警示说明。

(4) 急停按钮：控制台上拟配备 1 个急停开关，并张贴使用方法标签；急停按钮与铅门及 X 射线源进行安全连锁，按下后 X 射线源高压切断不能出束。

(5) 检测系统设置铭牌，标明制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等。

(6) 控制台：检测系统配备独立的控制台，控制台配备设备操作控制盒，控制盒与检测系统连锁，并设置电源开关、转台移动等各类操作按钮，显示器可显示设备工作状态、电源开关状态、高压接通状态及故障报警等；设备上设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束。

(7) 监测仪器及个人防护用品：建设单位已配备 1 台 X-γ 辐射剂量率仪用于工作场所的日常监测，本项目依托现有设备。

本项目拟设置的辐射安全与防护设施与《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》（陕环办发〔2018〕29 号）的相关要求对照情况见表 10-2。

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）—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。	根据建设单位提供资料，设备已设置铭牌，标明制造厂商、型号、出厂编号、额定管电压电流等；控制台设置紧急停机开关，显示器可显示设备工作状态、电源开关状态、高压接通状态及故障报警等；设备上设有钥匙开关，钥匙打开后方能出束；控制台设置电源开关，电源接通时方能操作出束
		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连锁接口。	
		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	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	拟将铅房内区域划分为控制区，检测系统周边一定范围划为监督区
		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。	

伤 作 业 场 所 *	布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向。	符合
	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。	设备测量空间为全防护，未设置通风，铅门打开时自然通风至测量间，测量间设置通风装置，通风次数不小于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。	拟设置
		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。	拟设置
	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。	拟设置
	辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置。	铅门拟设置
		探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标识，标明使用方法。	设备较小，人员无法进入，未设置
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	依托现有X-γ剂量率监测仪，为新增工作人员配备个人剂量计	

综上，本项目辐射安全防护设施基本符合标准化建设要求，运行期应加强相关管理，定期检查并确保防护设施的有效性。

三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要为空气电离产生的 O₃、NO_x。

设备 X 射线出束后检测空间采用全防护设计，无通风口，铅门开关时自然通风至测量间内，测量间设通风装置。项目检测空间较小，人员无法进入，仅能将手臂伸入摆放工件，因此设备内 O₃、NO_x 不会对摆放工件的人员造成较大影响，测量间长 14.4~18m、宽 8.4m、高 5.1m，体积约为 727m³，通风装置通风量为 2500m³/h，通风次数为 3.4 次/h，可以满足《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”要求。测量间排风口拟设置于东墙，东墙外为厂内道路，非人员长居留位置，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区”要求，排风经自然扩散后，对周围环境影响不大。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

项目建设期对环境的影响主要为设备安装过程所产生的噪声以及工人生活废水、生活垃圾。项目施工现场位于计量大楼测量间内，铅房为组合式拼装结构铅房，安装过程较方便，1~2 天即可安装完毕，施工噪声造成的影响不大。生活垃圾和生活废水产生量较小，生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，生活垃圾纳入厂区现有垃圾清运系统。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

运行阶段对环境的影响

运行期主要环境影响为检测系统高压出束时 X 射线对铅房四周屏蔽面、顶面、工件防护门外各关注点形成的外照射。本次采用理论估算的方法分析外照射环境影响，首先核算铅房屏蔽设计是否满足防护需求，再估算运行期铅房各关注点的剂量率及个人年附加有效剂量。

一、理论估算模式

估算模式参考《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估算。

(1) 确定铅房各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}c.d$ ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$\dot{H}c.d = Hc / (t \cdot U \cdot T) \tag{公式 1}$$

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

U 为射线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 为射线装置周照射时间，单位为 h/周 。

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

(2) 铅房顶部的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 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)。

② 除①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铅房外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出铅房屏蔽面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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 有用线束的屏蔽

a. 关注点满足剂量率参考控制水平 H_C 时，所需的屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R^2 / I \cdot H_0 \quad \text{公式 2}$$

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 射线装置在最高管电压下的最大管电流， mA 。本项目取 3mA ；

H_0 为距离辐射源点（靶点） 1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。

b 对于估算出的屏蔽透射因子 B ，所需屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式 3}$$

式中： TVL 为屏蔽物质的什值层厚度， mm ；

B 为达到剂量率参考控制水平 H_C 时所需的屏蔽透射因子。

c 对于给定的屏蔽物质 X 时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B 。关注点的剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按下式计算：

$$\dot{H} = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 4}$$

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 ；

H_0 为距离辐射源点（靶点） 1m 处的输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ ，以 $\text{mSv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

B 为屏蔽透射因子；

R 为辐射源点（靶点）至关注点的距离， m 。

(4) 泄漏辐射的屏蔽

a 泄漏辐射屏蔽物质的透射因子按照以下公式计算：

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

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 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

b 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽因子按公式 6 计算，泄漏辐射的关注点的剂量率 \dot{H} 按公式 7 计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{公式 6}$$

式中：X 为屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL 为屏蔽物质的什值层厚度；

$$\dot{H} = (H_L \cdot B)/R^2 \quad \text{公式 7}$$

式中：B 为屏蔽透射因子；

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 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

(5) 散射辐射的屏蔽

a 关注点达到剂量率参考控制水平时屏蔽设计所需的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_C \cdot R_s^2 / I \cdot H_0 \cdot R_0^2 \cdot F \cdot a \quad \text{公式 8}$$

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；

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。

b X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于 X 射线的最高能量，使用该散射 X 射线最高能量相应的 X 射线的 TVL 计算其在屏蔽物质中的辐射衰减。

对于给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按公式 6 计算，公式中 TVL 为 X 射线 90° 散射辐射的 TVL。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} 按下式计算：

$$\dot{H} = \frac{(I \cdot H_0 \cdot B)}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2} \quad \text{公式 9}$$

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；

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

B 为屏蔽透射因子；

F 为 R_0 处的辐射野面积；
 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；
a 为散射因子。

(6) 泄漏辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄漏辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度或更大时，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)。

(7) 年有效剂量可按式计算：

$$P_{年} = H \cdot U \cdot T \cdot t \quad \text{公式 10}$$

式中：P 年为年有效剂量，mSv/a；

t 为年工作时间，h。

二、屏蔽能力分析

1、关注点设定

本次评价的发动机零部件复杂内部结构检测系统自带屏蔽铅房，铅房外主要关注点为四周屏蔽面外 0.3m 处、防护门外 0.3m 处及顶面外 0.3m 处。根据设备厂家提供的资料，X 射线源不移动。项目关注点示意图见图 11-1。

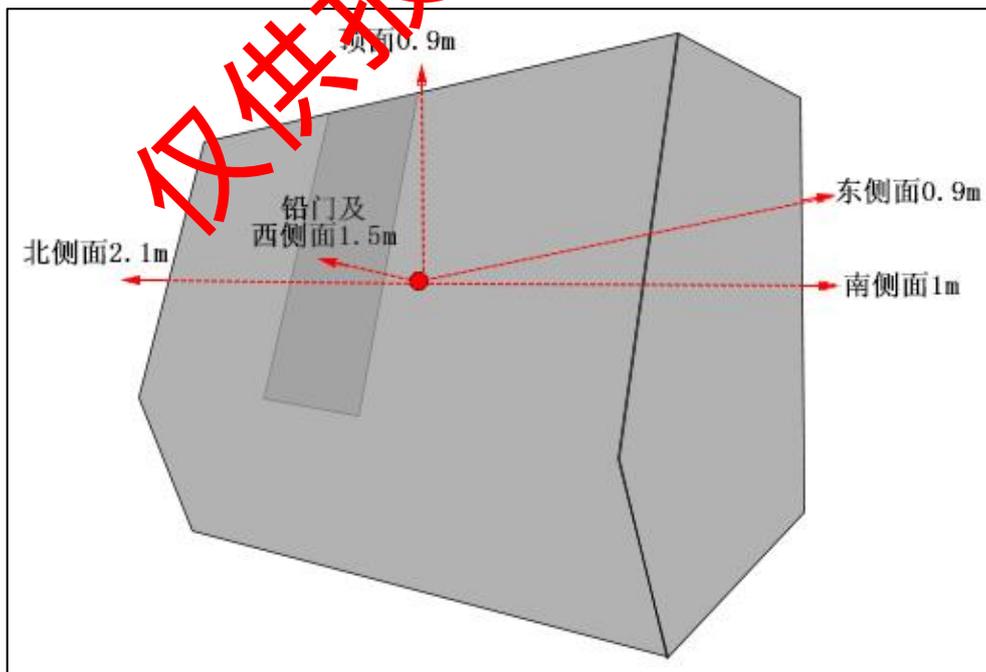


图 11-1 关注点示意图

2、理论估算参数

根据建设单位提供的资料，检测系统的 X 射线有用线束定向向北照射，最大管电压为 225kV，最大功率为 280W，因此最大管电压下的最大管电流取 1.25mA。项目周照射时间为 30h。

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），本次有用线束输出量保守取管电压 250kV、0.5mm 铜过滤条件下的输出量 $16.5\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ；泄漏辐射剂量率取 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；X 射线 90° 散射辐射最高能量对应的 kV 值取 200kV；250kV 管电压下铅的半值层为 0.86mm，什值层为 2.9mm，200kV 管电压下铅的什值层为 1.4mm。

各关注点的居留因子、距离及剂量率参考控制水平估算结果见表 11-1。

表 11-1 铅房外各关注点辐射屏蔽参数

点位描述	居留因子 T	距离 R (m)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射源
北侧面外 0.3m 处	1	2.1	0.17	有用线束
东侧面外 0.3m 处	1/5	0.9	0.83	泄漏辐射、散射辐射
南侧面外 0.3m 处	1	1	2.5	泄漏辐射、散射辐射
西侧面外 0.3m 处	1/2	1.5	0.33	泄漏辐射、散射辐射
铅门外 0.3m 处	1/2	1.5	0.33	泄漏辐射、散射辐射
顶面外 0.3m 处	1/16	0.9	2.5	泄漏辐射、散射辐射

注：1、参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，北侧为三坐标测量仪工位、南侧为控制台，属于全居留，居留因子取 1；东侧为设备与测量间墙体之间预留的空位，仅检修时有人员通过，属于部分居留，居留因子取 1/5；西侧面及铅门外为运送工件位置，属于部分居留，居留因子取屋顶为 1/2；顶面一般无人员到达，属偶然居留，居留因子取 1/16。

2、本项目铅房拟安装于测量间内，测量间楼上为会议室，铅房顶部的剂量率参考控制水平本次保守取 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

3、铅房屏蔽厚度估算结果

根据上文公式估算检测系统工作时各屏蔽面所需屏蔽厚度，估算结果见表 11-2。

表 11-2 铅房防护厚度核算结果

屏蔽面		\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mm)		设计防护厚度	符合性
北侧面	有用	0.17	5.94×10^{-7}	18.06		20mmPb	符合
东侧面	泄漏	0.83	1.35×10^{-4}	11.22	11.22	22mmPb	符合
	散射		2.73×10^{-5}	6.39			
南侧面	泄漏	2.5	1.67×10^{-4}	10.96	10.96	17mmPb	符合
	散射		3.37×10^{-5}	6.26			
西侧面	泄漏	0.33	1.5×10^{-4}	11.09	11.09	17mmPb	符合
	散射		3.03×10^{-5}	6.33			
铅门	泄露	0.33	1.5×10^{-4}	11.09	11.09	17mmPb	符合
	散射		3.03×10^{-5}	6.33			
顶面	泄露	2.5	4.05×10^{-4}	9.84	9.84	17mmPb	符合

	散射		8.18×10^{-5}	5.72		
--	----	--	-----------------------	------	--	--

注：参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值为 50，本项目参考典型值取 50；

综上，发动机零部件复杂内部结构检测系统北侧面所需的铅屏蔽厚度为 18.06mmPb，实际设计厚度为 20mmPb；其余屏蔽面估算所需防护厚度为 9.84~11.22mmPb，实际设计厚度为 17~22mmPb，因此，铅房的设计厚度可以满足防护要求。

三、场所辐射水平

根据上文中相关公式估算铅房外各关注点剂量率，估算结果见表 11-3。

表 11-3 关注点剂量率估算结果

点位描述	屏蔽设计厚度	距射线源距离 (m)	最大管电流 (mA)	剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)			总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
				有用线束	泄露辐射	散射辐射	
北侧面外 0.3m 处	20mmPb	2.1	1.25	0.04	/	/	0.04
东侧面外 0.3m 处	22mmPb	0.9	1.25	/	1.60×10^{-4}	5.90×10^{-12}	1.60×10^{-4}
南侧面外 0.3m 处	17mmPb	1	1.25	/	6.37×10^{-3}	1.78×10^{-8}	0.007
西侧面外 0.3m 处	17mmPb	1.5	1.25	/	3.05×10^{-3}	7.92×10^{-9}	3.05×10^{-3}
铅门外 0.3m 处	17mmPb	1.5	1.25	/	3.05×10^{-3}	7.92×10^{-9}	3.05×10^{-3}
顶面外 0.3m 处	17mmPb	0.9	1.25	/	8.48×10^{-3}	2.20×10^{-8}	8.48×10^{-3}

由估算结果可知，检测系统在最大工况运行时，铅房四周屏蔽体、铅门等关注点的剂量率范围为 $1.60 \times 10^{-4} \sim 0.04 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求和表 11-1 中估算的剂量率参考控制水平。顶面的剂量率为 $8.48 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，满足根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）确定的剂量率参考控制水平 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

四、个人年附加有效剂量分析

根据建设单位提供的资料，项目年最长出束时间为 1560h。根据表 11-3 中检测系统工作时铅房外各关注点的剂量率计算工作人员及公众的年有效剂量，结果见表 11-4。

表 11-4 人员年有效剂量估算结果

人群	人员停留位置	居留因子	时间 t (h)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)
辐射工作人员	铅门外 0.3m 处	1/2	1560	3.05×10^{-3}	0.002	1
	南侧控制台操作位 (0.3m)	1	1560	0.007	0.01	
公众	北侧 0.3m 处	1	1560	0.04	0.06	0.1
	东侧 0.3m 处	1/5	1560	1.60×10^{-4}	4.99×10^{-5}	
	西侧 0.3m 处	1/2	1560	3.05×10^{-3}	0.002	

	楼上会议室	1/4	1560	2.43×10^{-5}	9.47×10^{-6}	
注：楼上会议室为偶然居留，居留因子取 1/4；会议室与射线源距离取距楼板地面 0.5m 处，即 3.624m；楼板采用 120mm 混凝土，根据估算，楼上会议室关注点处的泄漏辐射剂量为 $2.43 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，散射辐射剂量为 $5.46 \times 10^{-11} \mu\text{Sv/h}$ ，总剂量率为 $2.43 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。						

由估算结果可知，本项目所致辐射工作人员年累积受照射剂量为 0.012mSv/a，本项目人员根据需要轮换，以轮换 5 个班次计算，则每名工作人员的年累积受照剂量为 0.0024mSv/a，低于本次设置的辐射工作人员剂量约束值 1mSv/a。

公众因该项目可能导致的年累积受照射剂量为 $9.47 \times 10^{-6} \sim 0.06 \text{mSv/a}$ ，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/a。综上，本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

五、非放射性污染物影响分析

项目开机运行时产生的 X 射线与空气作用会产生少量 O_3 、 NO_x ，设备 X 射线出束后检测空间采用全防护设计，无通风口，铅门开关时自然通风至测量间内，测量间设通风装置。项目检测空间较小，人员无法进入，仅能将手臂伸入摆放工件，因此设备内 O_3 、 NO_x 不会对摆放工件的人员造成较大影响，测量间体积为 727m^3 ，通风装置风量为 $2500 \text{m}^3/\text{h}$ ，通风次数为 3.4 次/h，可以满足《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”要求。测量间排风口拟设置于东墙，东墙外为厂内道路，非人员长居留位置，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区”要求，排风经自然扩散后，对周围环境影响不大。

事故影响分析

1、事故风险分析

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故 4 个等级，详见表 11-5。

表 11-5 辐射事故等级划分表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射源同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡
重大辐射事故	I 类、II 类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾

较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以上（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

本项目运行期可能发生的辐射事故主要为防护门安全联锁发生故障，防护门未关到位的情况下 X 射线机出束，致使操作人员受到不必要的照射，发生以上事故时，可能导致职业人员或公众超剂量照射，属于一般辐射事故。

2、事故风险评价

本次假设防护门失效人员在铅门外受到误照射，有用线束向北照射，工作人员一般在西侧防护门附近活动，在事故状态下主要受到泄漏辐射及散射辐射。根据估算，人员在距 X 射线机不同距离时所受的有效剂量估算结果见表 11-6。

表 11-6 事故工况下人员所受剂量估算结果 单位：mSv

受照时间 与 X 射线机距离 (m)	4s	10s	30s	1min	1.5min	3min
1.2 (工件防护门处)	0.02	0.06	0.17	0.34	0.52	1.03
2	0.01	0.02	0.06	0.12	0.19	0.37

由估算结果可知，在防护门失效的事故状态下，人员在工件防护门处停留 3min 即达到本次设定的工作人员年有效剂量约束值 1mSv。因此应加强辐射工作人员的管理，防止辐射事故的发生。

3、事故防范措施建议

- (1) 辐射工作人员须严格按照操作规程操作，如出现设备不能正常运行或无法停止照射时，应立即切断总电源，强制停止照射；
- (2) 为防止人员误留铅房受到误照射，每次照射前应进行检查，确保铅门关闭；
- (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法人为组长的辐射安全与环境保护领导小组（厂设备〔2020〕184号，见附件），负责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，研究部署解决工业环保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。

本项目建成后，公司应对照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》（陕环办发〔2018〕29号文），进一步完善相关管理要求，详见表 12-1。

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	本项目情况
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。	已按规定执行
		年初工作安排和年终工作总结，应包含辐射环境安全管理工作内容。	
		明确辐射安全管理部门和岗位的辐射安全职责。	
		提供确保辐射安全所需的人力资源及物质保障。	
	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。	已按规定执行
		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。	已按规定执行，项目建成后应纳入管理
		建立健全辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责。	
		建立辐射安全管理档案。	
对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有完善的巡查及整改记录。			

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。	新增人员应按规定执行
	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。	
	了解本岗工作性质，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。	
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发现异常情况后，能有效处理。	
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安全与环境保护管理机构和负责人。	已设置

辐射安全管理规章制度

1、相关制度

西安航天发动机有限公司已针对现有射线装置制定了较为完备的辐射环境管理规章制度，《全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度》、《涉辐部门辐射安全职责》、《质量处辐射安全防护管理规定》、《射线装置人员培训制度》、《射线检测仪器使用管理规定》、《辐射工作现场监测制度》、《仪器仪表维护、维修管理制度》、《操作人员岗位职责》、《CD-1800BX 工业 CT 机操作规程》、《管路焊缝无损检测系统操作规程》、《微焦点 X 射线数字化检测系统安全操作规程》、《铸件棒阳极数字射线检测系统安全操作规程》、《质量处射线装置事故应急预案》等，以确保辐射作业中的安全防护。

公司已制定的安全管理制度与《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）中要求对照情况见表 12-2。

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）—辐射安全管理部分

内容	管理要求	本项目情况
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修，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	已制定相关制度
	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	已制定相关制度
	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	已制定相关制度
	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	已制定相关制度
	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	已制定相关制度
制度建立与执行	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）	已制定相关制度
	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	已制定相关制度

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）—辐射安全管理部分

内容	管理要求	本项目情况
制度建立与执行	建立辐射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	已制定相关制度
应急管理	<p>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</p> <p>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</p>	已制定《质量处射线装置事故应急预案》并定期演练

根据调查，现有制度执行情况较好，运行以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况。本项目建成后，公司应针对新增工作场所完善以上制度，应急预案、操作规程、岗位职责等应张贴上墙，确保辐射防护工作按规章制度进行。

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 51 名辐射工作人员，均参加了辐射安全与防护培训班学习和考核，并取得了培训合格证明。现有辐射工作人员于 2020 年在核工业四一七医院进行了职业健康体检，体检结果及复查结果显示未发现疑似放射性疾病，可以继续从事辐射工作，体检报告已建立健康档案。

公司已为现有辐射工作场所配备了 31 台个人剂量报警仪，2 套铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜及铅围脖，用于日常操作工作中的安全防护，为每名辐射工作人员配备了个人剂量计并定期送检，建立了个人剂量档案。

本项目辐射工作人员为新增人员，上岗前应取得培训合格证明，并进行岗前职业健康体检，上岗后配备个人剂量计并建立个人剂量档案。

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 1 台 X-γ 辐射剂量率仪和 31 台个人剂量报警仪，用于现有辐射工作场所的日常监测和剂量报警，现有 X-γ 辐射剂量率仪每年定期进行检定，能够正常使用，本项目建成后可继续利用。

2、监测计划

(1) 个人剂量监测

本项目全部为新增人员，应按要求配备个人剂量计，建立个人剂量档案，本项目运行后应继续每季度委托进行个人剂量监测。

(2) 年度常规监测

公司已委托有资质单位每年进行 1 次辐射工作场所年度监测，年度监测数据作为本单位辐射安全和防护状况年度评估报告的一部分，于每年 1 月 31 日前上报环保行政主管部门。本项目建成后应纳入年度监测范围。

(3) 辐射工作场所监测计划

本项目投运后，应使用现有的 X-γ 辐射剂量率仪，按照《辐射工作现场监测制度》规定，定期进行工作场所监测并记录监测结果，建立日常监测结果档案，发现异常时应停止运行并立刻排查。

本项目监测计划见表 12-3 所示。

表 12-3 监测计划

工作场所	监测因子	监测点位/对象	监测频次
计量大楼 测量间	X-γ 辐射空气 吸收剂量率	铅房防护门及缝隙外表面 0.3m 处、四周屏蔽面及顶面外 0.3m 处、线缆孔处	年度例行监测：每年由有资质 单位监测 1 次 定期进行日常监测
	个人剂量	本项目辐射工作人员	每季度由有资质单位监测 1 次

3、环保投资

项目总投资为 444 万元，环保投资为 6 万元，占总投资的 1.35%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设，个人防护用品购置等。环保投资见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用	资金来源	责任主体
施工期	固体废物	生活垃圾	统一纳入厂区生活垃圾清运系统	—	建设单位 环保资金	施工单 位
运营期	辐射防 护措施	X 射线	铅房主体	计入工 程投资	建设单位 环保资金	建设单 位
			防护门门-机联锁			
			警示装置			
			急停装置			
			控制台急停按钮等			
			分区标识、电离辐射警示标识	0.5		
	个人防 护用品	X 射线	个人剂量计	3		
环境 管理		本项目纳入现有环境管理制度		—		
环境 监测		工作场所定期监测		2.0		
		个人剂量定期监测		0.5		
总投资（万元）				6	—	

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 12-5。

表 12-5 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	针对新增工作场所进一步完善操作规程、监测制度、应急预案等，使其满足《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
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 0.1mSv/a，职业照射年有效剂量管理约束值取 1mSv/a。验收按照以上标准执行。 参照《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满足相应标准。
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 检测室的建设和布局符合环评报告描述；铅房门机锁、标志及指示灯、紧急停机、监控装置等正常有效、运行良好；铅房外设置工作状态指示装置意义说明
4	辐射监测	使用已有的 1 台 X-γ 剂量率监测仪定期进行监测并建立监测档案，每年委托有资质单位检测不少于 1 次，监测记录存档，辐射工作人员应配备个人剂量计，作业时按要求佩戴，定期进行个人剂量监测，并建立健康档案。
5	人员培训	辐射工作人员应取得辐射安全和防护知识培训合格证后再上岗
6	职业健康体检	辐射工作人员至少每 2 年进行一次职业健康体检，建立职业健康监护档案

辐射事故应急

1、应急管理机构及应急预案

西安航天发动机有限公司已制定了《质量处射线装置事故应急预案》，明确了应急组织机构与职责。应急组织机构包括辐射安全管理小组和现场负责人，辐射安全管理小组由质量处负责人组成，现场负责人由质量处从事射线检测工作的班组长组成。

应急预案中针对现有核技术利用项目可能发生的辐射事故类型，明确了事故应急处置措施、应急预案演练和评审、信息报告流程等内容，并附具了公司内应急响应电话与外部相关机构的联系方式。

发生辐射事故时，事故单位应当立即启动辐射事故应急方案，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。日常运行中，公司每年安排组织一次辐射事故应急演练，2021 年于 6 月 21 日在 602 厂房 X 射线检测机房进行了辐射事故应急处置演练，为提高预防事故应急处理能力奠定了一定基础。

本项目运行后，西安航天发动机有限公司应依据国家相关法律法规、标准，不断对应急预案进行补充修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

仅供报批公示使用

表 13 结论与建议

结论

西安航天发动机有限公司拟在计量大楼一层测量间新增 1 台发动机零部件复杂内部结构检测系统进行无损检测，该设备属于 II 类射线装置，最大管电压为 225kV，最大管电流为 3mA。项目总投资为 444 万元，环保投资为 6 万元，占总投资的 1.35%。

项目主要用于发动机零部件的无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中“鼓励类”项目，符合国家产业政策。项目对西安航天发动机有限公司和社会所带来的利益远大于其可能产生的辐射危害，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。

1、辐射安全与防护结论分析

项目拟配备门-机联锁、工作状态指示灯、急停按钮等安全防护设施。项目拟划分控制区、监督区，并按照国家相关规定进行分区管理，以最大程度减少对工作人员、公众辐射影响。

2、辐射环境影响

(1) 根据核算，发动机零部件复杂内部结构检测系统铅房四周、防护门及顶面的设计厚度均大于估算所需防护厚度，铅房的屏蔽设计可以达到防护要求。

(2) 根据估算，发动机零部件复杂内部结构检测系统在最大工作状态下，铅房四周屏蔽体、铅门各关注点剂量率范围为 $1.60 \times 10^{-4} \sim 0.04 \mu\text{Sv/h}$ ，铅房顶部屏蔽体关注点剂量率范围为 $8.48 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，各关注点剂量率满足剂量约束限值要求。

(3) 根据估算，运行期本项目所致辐射工作人员年有效剂量为辐射工作人员年有效剂量为 0.012mSv/a ，公众的年有效剂量为 $9.47 \times 10^{-6} \sim 0.06 \text{mSv/a}$ ，满足本次环评提出的剂量约束值（职业工作人员 $< 1 \text{mSv/a}$ ，公众 $< 0.1 \text{mSv/a}$ ）。

3、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，本项目建成后应根据《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》（陕环办发〔2018〕29 号）要求进一步完善相关制度。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。

4、可行性分析结论

西安航天发动机有限公司拟在计量大楼一层测量间新增 1 台发动机零部件复杂内部结构检测系统进行无损检测，项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则。建设单位拟对该项目采取有效的辐射防护措施，使辐射影响达到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) 制定操作规范，加强人员培训，运行期严格遵守辐射防护的各项规定；
- (2) 对照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》的通知（陕环办发〔2018〕29号）相关要求，将本次新增场所纳入辐射安全管理制度及辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练；
- (3) 加强各类防护设施的检查维护，确保其正常使用；
- (4) 项目竣工后办理验收手续，验收合格后方可投入使用；
- (5) 每年 1 月 31 日前向发证机关提交本单位上一年度的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

仅供报批公示使用

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

仅供报批公示使用