

表 1 项目基本情况

建设项目名称		602 厂房 1 台 X 射线装置（含铅房）核技术利用项目			
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		西安市航天基地神舟二路西安航天发动机有限公司老厂区 602 厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		400	项目环保投资（万元）	6	投资比例（环保投资/总投资） 1.50%
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 ） 32
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>1、企业简介</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 多项荣誉称号，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目前有 2 个厂区，老厂区位于西安市航天基地神舟二路，新厂区位于航天基地航天南路与天和四路十字东南角。本项目位于老厂区，地理位置见图 1-1。</p>					



图 1-1 地理位置示意图

2、项目由来

为满足业务发展需要，西安航天发动机有限公司拟在老厂区 602 厂房新增 1 套小型推力室零组件自动化检测系统（以下简称“自动化检测系统”）用于无损检测。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）及《放射装置分类中对自屏蔽工业探伤机理解的回复》（2018 年 2 月 12 日原环保部部长信箱），自动化检测系统虽然自带屏蔽铅房，但人员可以进入铅房内部，因此不属于自屏蔽式 X 射线探伤装置，其使用活动应按照 II 类射线装置进行管理。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》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》（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“……使用 II 类射线装置的……”项目，应编制环境影响报告表。

西安航天发动机有限公司于 2022 年 3 月委托我公司对该项目进行环境影响评价。接受委托后，我公司组织有关技术人员对该项目进行了实地踏勘、资料收集、影响预测，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）的要求，编制完成了《602 厂房 1 台 X 射线装置（含铅房）核技术利用项目环境影响报告表》。

3、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用 X 射线进行工件的无损检测，系核技术在工业领域内的运用，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中“鼓励类”的“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相关部件的无损检测，有利于提升工件质量，推动发动机部件的研发，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足以弥补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。

4、建设规模

(1) 项目概况

西安航天发动机有限公司拟在老厂区 602 厂房新增 1 套自动化检测系统进行无损检测，配套建设 1 间评片室。

根据建设单位提供的资料，设备技术参数详见表 1-1。

表 1-1 射线装置技术参数表

序号	设备名称	型号	使用场所	最大管电压	最大管电流	最大管电压下的管电流
1	自动化检测系统	AHS—03	西安航天发动机有限公司老厂区 602 厂房	240kV	3mA	2.2mA

(2) 工作制度及劳动定员

项目拟配备辐射工作人员 2 人，从现有辐射工作人员中调配。

运行期工作制度为：每天最长曝光 3h，每周工作 5 天，周曝光 15h，年工作 50 周，年曝光 750h。

5、平面布置及周边环境关系

(1) 周边环境关系

自动化检测系统位于老厂区 602 厂房，老厂区平面布置图见图 1-2，602 厂房北侧为 606、607 厂房，东侧为东门，南侧为计量大楼、华阳公司厂房，西侧为 601 厂房。

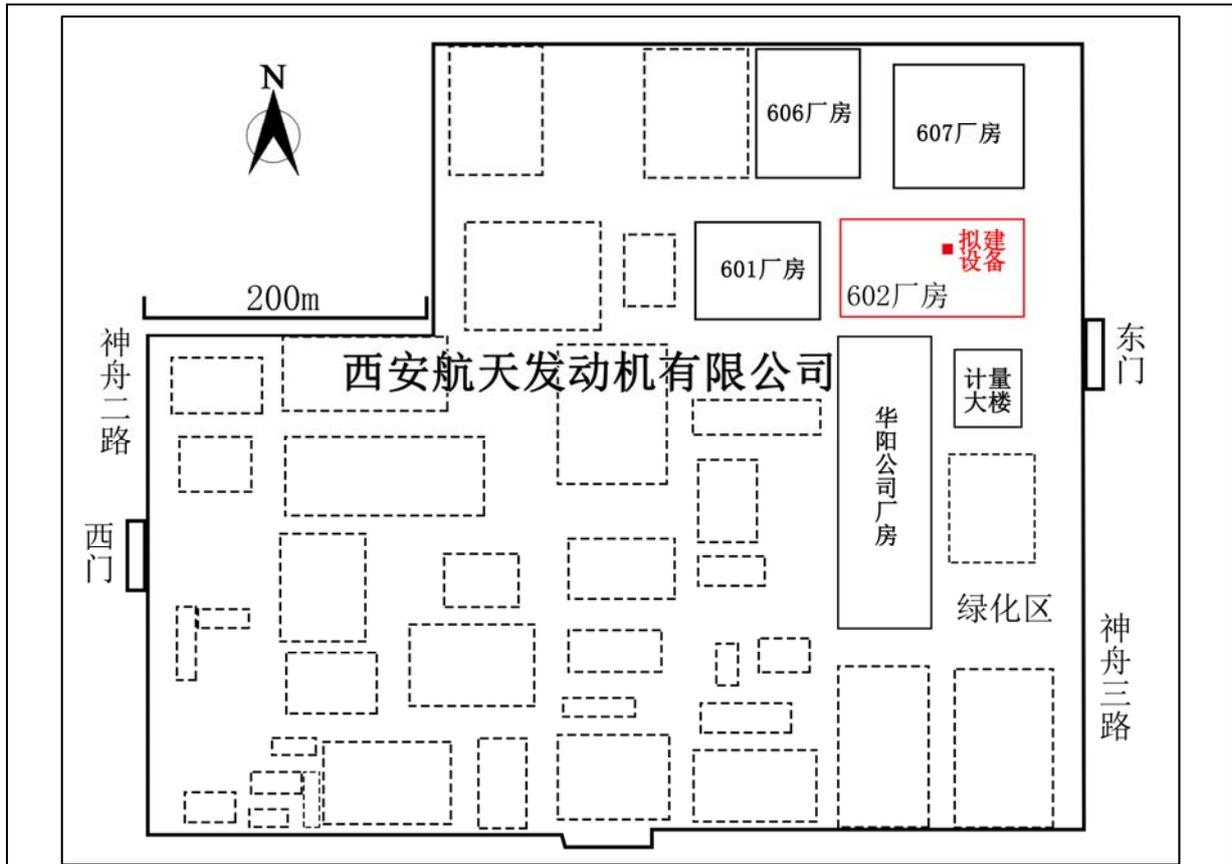


图 1-2 老厂区平面布置示意图

602 厂房平面布置图见图 1-3，本项目自动化检测系统位于 602 厂房中部，该区域北侧隔通道为焊接间、静音间等，东侧为装配区、焊接区、办公楼，南侧为焊接区、加工区等，西侧隔通道为加工区、工件放置区、立体库等。厂房东部为 3F 办公楼，其余区域为一层，地下无建筑。

(2) 平面布置

自动化检测系统平面布置见图 1-4，由图可知，自动化检测系统铅房呈南北布置，射线向北照射，东侧安装防护门 1、防护门 2，北侧安装防护门 3，控制台集成于检测系统上，位于防护门 1、2 之间。东侧建设 1 间评片室，将防护门 1 包在评片室内。日常工作时，辐射工作人员通过防护门 2 运送工件，运送完毕后在控制台操作设备进行检测，随后进入评片室评片，偶尔通过防护门 1 进入铅房观察工件位置。防护门 3 为维修门，一般仅在设备维修时开启。

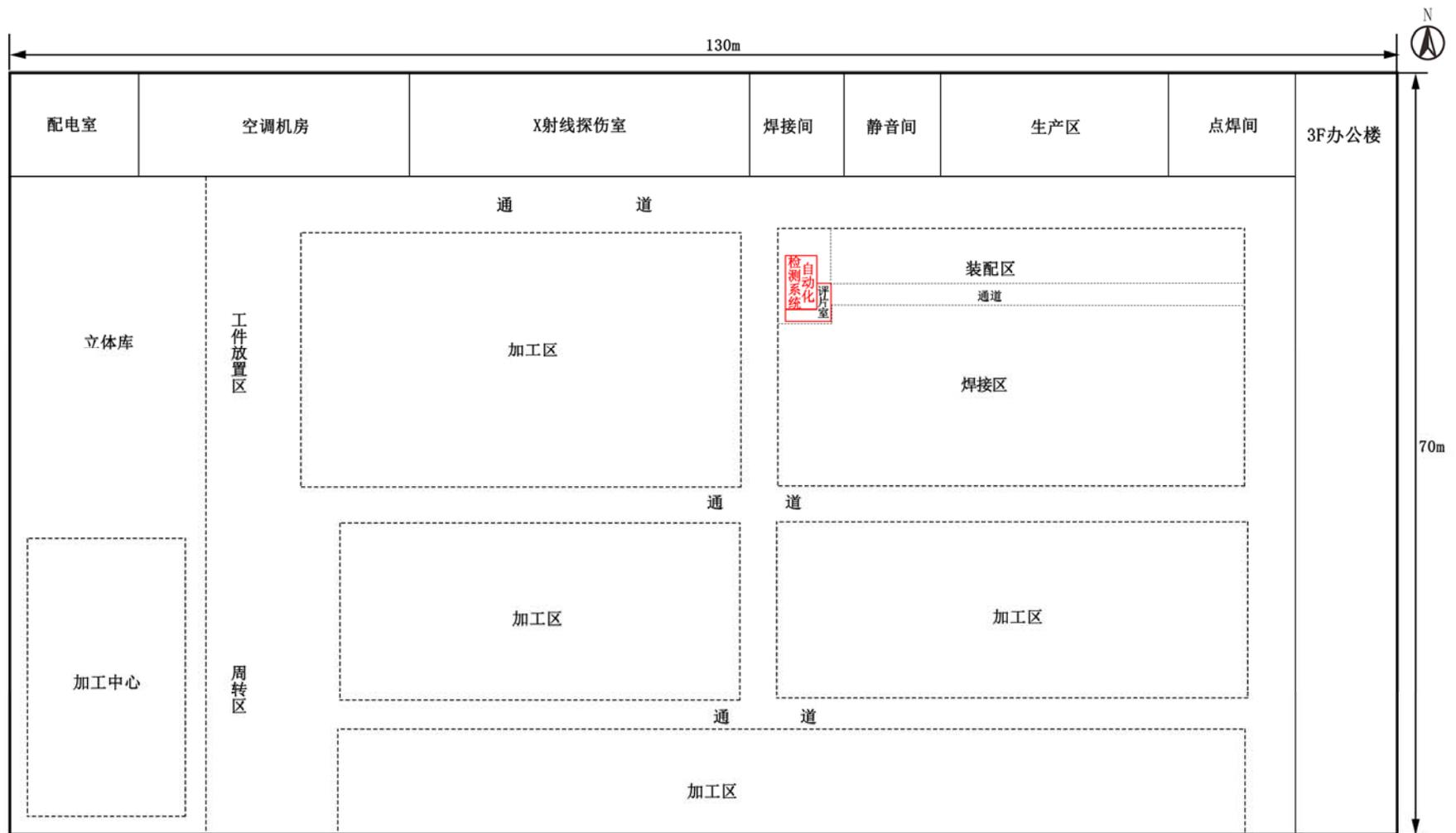


图 1-3 602 厂房局部平面布置示意图

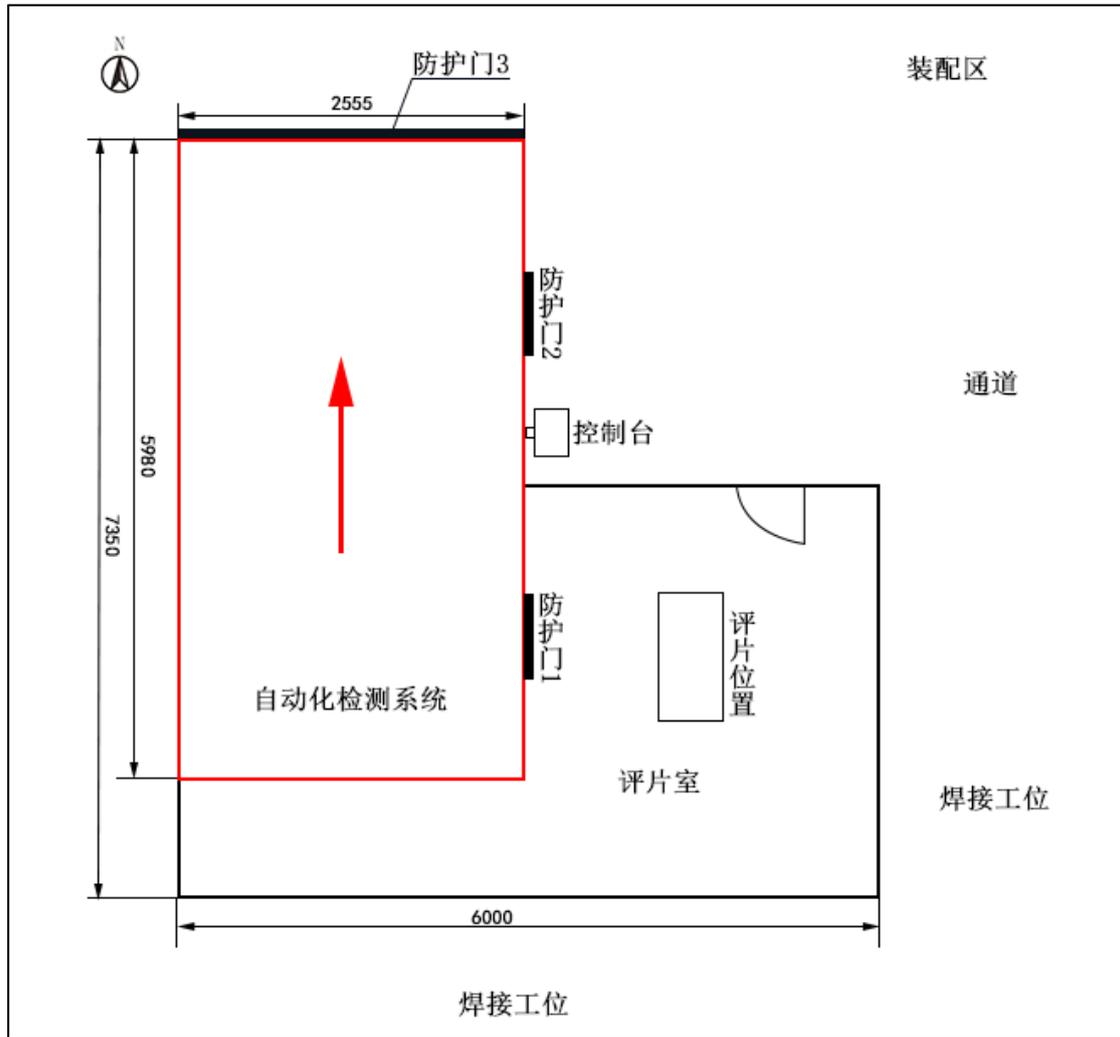


图 1-4 自动化检测系统平面布置示意图

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
				2 台 X 射线装置	2015 年 8 月 7 日, 陕环批复 (2015) 407 号
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 8 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	1 台管路焊缝 X	2020 年 9 月 6	与环评一致	2021 年 4 月 23

	线无损检测系统	射线无损检测系统	日, 陕环批复 (2020) 236 号	日进行了自主验收
9	铸件微焦点棒阳极 X 射线检测系统核技术利用项目	在 605# 厂房东探伤室 (陕环批复 (2015) 318 号环评批复; 2018 年 5 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 年编写了辐射安全自评价分析报告	已变更辐射安全许可证
10	电子束焊缝自动化检测系统核技术利用项目	1 台电子束焊缝自动化检测系统	市环批复 (2021) 53 号	正在建设
11	发动机零部件复杂内部结构检测系统	1 台发动机零部件复杂内部结构检测系统	市环批复 (2022) 30 号	正在建设

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 2022 年 5 月 20 日取得了更新后的辐射安全许可证 (陕环辐证 (00093), 见附件 2), 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 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	101# 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		
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		
7	XYD-225X 射线探伤机	XYD-225		602# 厂房西探伤室
8	E320X 射线探伤机	E320		
9	MG321 型 X 射线探伤机	MG321 型		605# 厂房东探伤室
10	XYD2251013 型 X 射线探伤机	XYD2251013 型		606# 厂房西探伤室
11	MG325 型 X 射线探伤机	MG325		606# 厂房中间探伤室
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		

15	实时成像检测	实时成像检测	601#厂房西探伤室
16	MG226 型 X 射线探伤机	MG226	158# 厂房探伤室
17	E320X 射线探伤机	E320	605#厂房东探伤室
18	E320X 射线探伤机	E320	605#厂房西探伤室
19	总装导管脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统	MG165	158# 厂房
20	微焦点 X 射线数字化成像检测系统	FXE-225.48	601 厂房
21	铸件微焦点棒阳极 X 射线检测系统	R.D880-Part	605 厂房东探伤室
22	管路焊缝 X 射线无损检测系统	XWT-240-RAC	A2 厂房
23	9MeV 工业 CT 检测系统	CD-1800BX	工业 CT 机房
24	X 射线探伤机	MXR-320/26	A2 厂房透射间 2
25	X 射线探伤机	ISOVOLT-320 4.5-10	A2 厂房透射间 2
26	X 射线探伤机	MXR-225/22	A2 厂房透射间 2
27	X 射线探伤机	MXR-320/26AX	A4 厂房透射间 1
28	X 射线探伤机	ISOVOLT-320 4.5-10	A4 厂房透射间 1
29	X 射线探伤机	ISOVOLT-225	A4 厂房透射间 2
30	X 射线探伤机	MXR-320/26AX	A4 厂房透射间 2
31	实时成像检测系统	MXR-320	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3），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。

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 58 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，并取得了考试合格证明（见附件 4）。

④ 个人剂量检测及职业健康检查情况

西安航天发动机有限公司已为现有辐射工作场所配备了 31 台个人剂量报警仪，确

保每个工作场所至少 1 台；配套 2 套铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜及铅围脖，用于紧急情况下的安全防护。

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 2021 年 2 月~2022 年 2 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（第 00028-2102-000436 号、第 00028-2103-000900 号、第 00028-2104-001493 号、第 00028-2201-000061 号，见附件 5），辐射工作人员上一年度附加剂量最大值为 0.52mSv，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（见附件 6）。

综上，西安航天发动机有限公司辐射工作人员的个人剂量均满足《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，体检结果均显示可以继续从事辐射工作。个人剂量检测档案及职业健康体检档案较完善。

⑤ 工作场所及辐射环境监测情况

西安航天发动机有限公司已配备 2 台 X-γ 辐射剂量率仪，每年检定 1 次；已制定《辐射工作现场监测制度》，定期对现有辐射工作场所进行监测，检定报告与监测报告已存档。

西安航天发动机有限公司每年委托有资质单位进行 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 2021 年西安航天发动机有限公司《使用工业探伤装置核技术利用项目辐射环境监测报告》（QNJC-202107-E081，见附件 7），现有射线装置工作场所周围关注点的 X、γ 辐射剂量率为 0.0487~1.34μSv/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辐射安全许可证发证机关提交了 2021 年度放射性同位素与射线装置应用单位辐射安全年度评估报告。

综上，西安航天发动机有限公司现有核技术利用项目的环保手续较完善，辐射安全管理机构及制度健全，工作人员培训情况、个人剂量检测及职业健康体检的管理较完善。

7、评价目的

(1) 通过对区域辐射环境水平的监测，了解项目所在区域辐射环境背景情况。

(2) 通过对西安航天发动机有限公司拟新增射线装置产生的辐射环境影响进行预测、分析，确定其对环境的影响程度与影响范围，分析辐射防护措施的效果，提出减少辐射影响的防护措施。

(3) 对项目运行过程中对周围环境可能产生的不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”。

(4) 满足国家和地方生态环境主管部门对该项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

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	小型推力室零组件自动化检测系统	II类	1套	AHS—03	240	3	无损检测	老厂区 602 厂房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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/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

<p>法 规 文 件</p>	<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 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 16 号，2021 年 1 月 1 日；</p> <p>(6) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改），国家发展和改革委员会令 2021 年第 49 号令，2021 年 12 月 30 日；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订），国务院令 709 号，2019 年 3 月 2 日；</p> <p>(8) 《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 20 号，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(9) 《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 18 号，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(10) 《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>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 23 日；</p> <p>(12) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正），2019 年 11 月 6 日；</p> <p>(13) 《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）； (2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）； (3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）； (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）； (5) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (6) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (7) 其他适用的环境标准及规范。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 602 厂房 1 台 X 射线装置（含铅房）核技术利用项目环境影响评价委托书； (2) 西安航天发动机有限公司及设备厂家提供的技术协议、设备说明书等； (3) 西安航天发动机有限公司辐射安全许可证； (4) 《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； (5) 现有辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩报告单； (6) 2021 年 2 月~2022 年 2 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（第 00028-2102-000436 号、第 00028-2103-000900 号、第 00028-2104-001493 号、第 00028-2201-000061 号）； (7) 现有辐射工作人员职业健康检查报告及复查报告； (8) 《使用工业探伤装置核技术利用项目辐射环境监测报告》（QNJC-202107-E081）； (9) 西安航天发动机有限公司 2021 年度放射性同位素与射线装置应用单位辐射安全年度评估报告； (10) 《西安航天发动机有限公司 602 厂房 1 台 X 射线装置（含铅房）核技术利用项目辐射环境现状监测》（XAZC-JC-2022-0019）； (11) 建设单位提供的其他资料。</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屏蔽铅房为边界,半径 50m 范围内的区域,详见图 7-1。

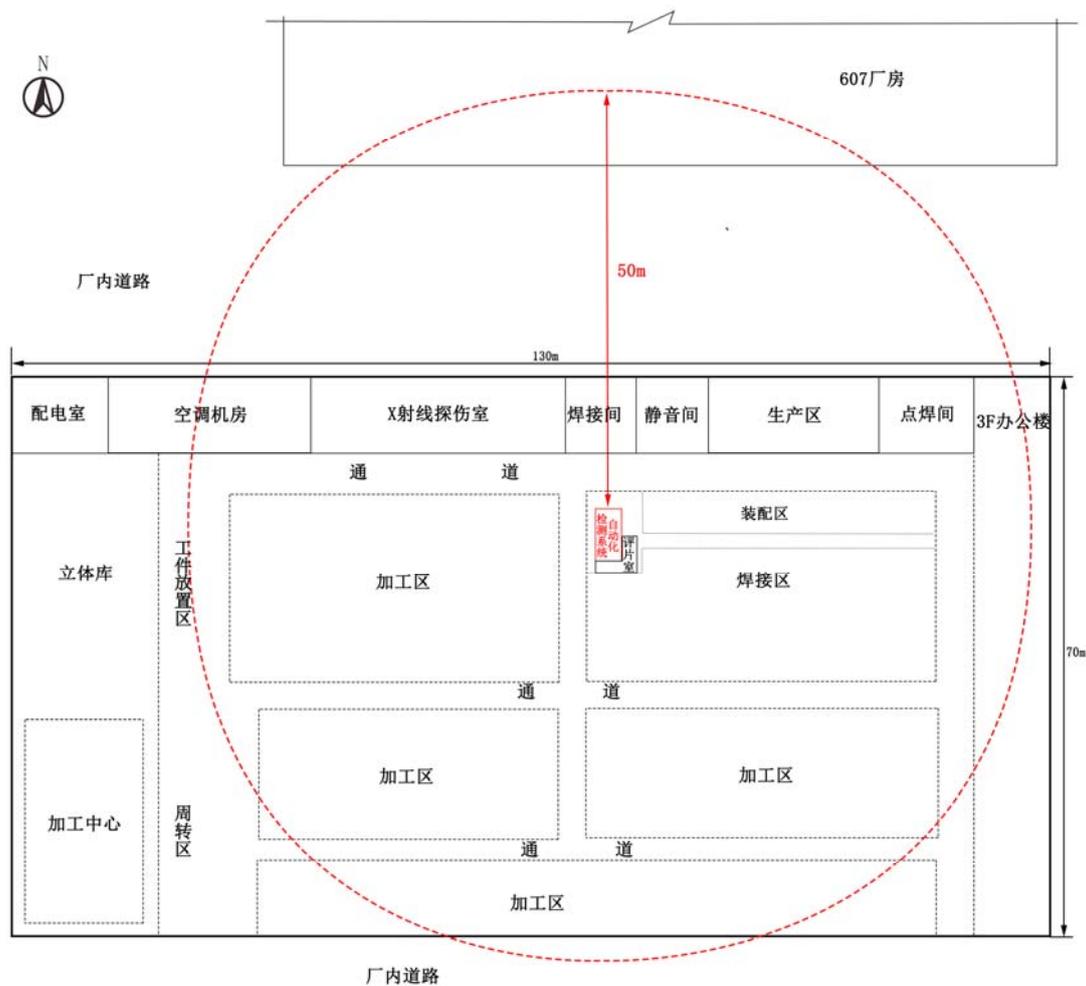


图 7-1 自动化检测系统评价范围示意图

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 50m 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

工作场所	保护对象	相对位置及区域		与铅房距离	居留人员规模	个人年剂量约束值
自动化检测系统	辐射工作人员	东侧评片室		1m	2 人	5mSv
	公众	北侧	焊接间、静音间、607 厂房等	约 4m~50m	约 20 人	0.1mSv
		东侧	装配区、办公楼等	50m 范围内	约 30 人	
		南侧	焊接区、加工区等	50m 范围内	约 20 人	
		西侧	加工区、工件放置区、立体库等	50m 范围内	约 20 人	
		北、西、南侧	厂内道路、空调机房、厂房内通道	/	流动人员	

注：表中距离以铅房屏蔽体作为起点进行估算。

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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.3.1 条“对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）”，综合考虑本项目使用情况并为西安航天发动机有限公司的远期发展预留空间，本次评价职业照射人员的年受照剂量约束值设定为 5mSv。

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。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）第 4.3.3.1 条要求，综合考虑本项目使用情况并为西安航天发动机有限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。

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 射线探伤装置的生产和使用。本项目自动化检测系统可参照执行该标准中相关防护安全要求，将铅房视为探伤室。

3.1.1 X 射线管头组装体

3.1.1.1 移动式或固定式的 X 射线装置管头组装体应能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。

3.1.1.2 X 射线管头应设有限束装置。

3.1.1.3 X 射线管头窗口孔径不得大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

3.1.1.4 X 射线管头应具有如下标志：

- a) 制造厂名称或商标；
- b) 型号及出厂编号；
- c) X 射线管的额定管电压、额定管电流；
- d) 焦点的位置；
- e) 出厂日期；
- f) 电离辐射标志。

3.1.2 控制台

3.1.2.1 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。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

3.1.2.4 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。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 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。

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 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

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

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁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 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

4.2.1 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探伤室，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。

4.2.2 应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

4.2.3 交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

4.2.4 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

4.2.5 在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

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

本项目位于西安市航天基地神舟二路老厂区 602 厂房，地理位置见图 1-1。场所位置详见图 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：拟建场所及其周边，见图 8-1。

(2) 监测时间

2022 年 4 月 22 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	NC-HPIC8000	仪器编号	XAZC-YQ-033
检出限	10nGy/h~100mGy/h	检定单位	国防科技工业电离辐射一级计量站
检定证书编号	GFJGJL1005210002915	检定有效期	2021.5.31~2022.5.30

(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 8-2 602 厂房拟建项目 X、 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测点位描述	X、 γ 辐射剂量率 (μ Gy/h)
1	拟建铅房	0.101
2	拟建评片室	0.100
3	拟建铅房北侧通道	0.100

4	拟建铅房西侧通道	0.101
5	焊接工位 1#	0.100
6	焊接工位 2#	0.101
7	装配工位	0.100

备注：1、监测结果已校准，已扣除仪器对宇宙射线响应值；
2、现状监测时现有 X 射线探伤室正常运行。

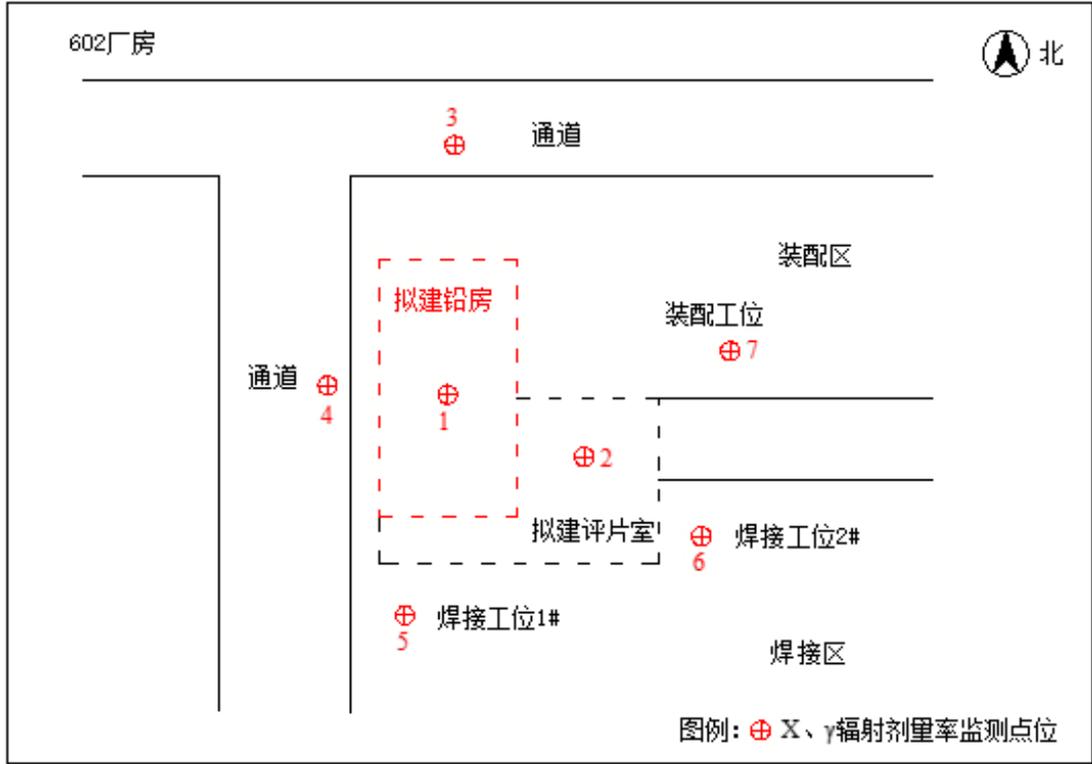


图 8-1 602 厂房拟建设备现状监测点位示意图

(6) 监测结论

根据表 8-2，拟建铅房位置及其周围室内各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 0.100~0.101 $\mu\text{Gy/h}$ ，即 100~101nGy/h。

对照《中国环境天然放射性水平》（2015 年 7 月），西安市室内 γ 辐射剂量率范围为 79.0~130.0nGy/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。

表 9 项目工程分析及源项

工程设备和工艺分析

1、设备组成

根据建设单位提供的技术协议，该自动化检测系统由铅房主体、X 射线机、探测器、机械移动结构、电器结构等组成。具体结构为：铅房内设置 X 射线机、探测器、机械移动结构，铅房左立面为集成电器结构，铅房正面设 2 个防护门和 1 个控制台，右立面设 1 个维修门。防护门 1 为辐射工作人员进出门、防护门 2 为工件进出门，防护门 3 为维修门。设备外观结构示意图见图 9-1。

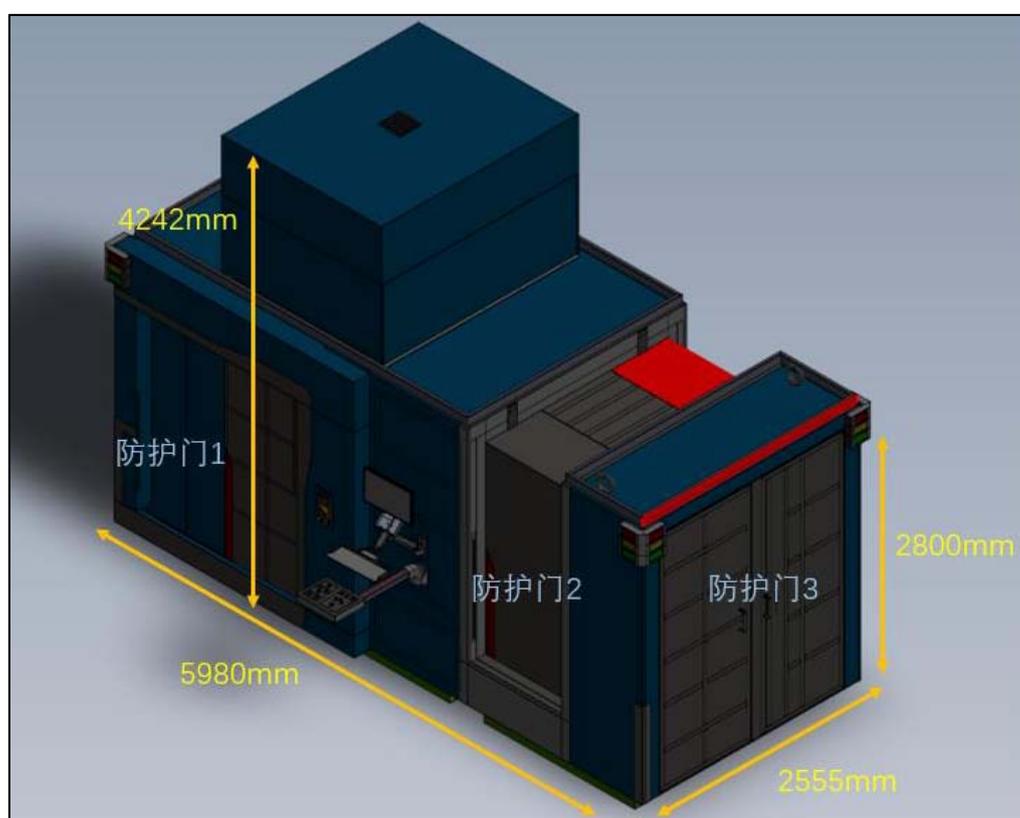


图 9-1 设备外观示意图

系统具备一键自动化检测功能，操作人员输入产品图号后，系统能依据产品类别自动调用工装参数、射线机透照参数、图像处理参数，全自动完成产品检测过程，操作人员仅需等待检测完成后分析检测结果。

根据设备厂家提供的信息，X 射线源的移动范围与有用线束照射范围示意图见图 9-2~9-4。有用线束的照射范围仅为右立面（防护门 3），不包括正立面、背立面和顶面。

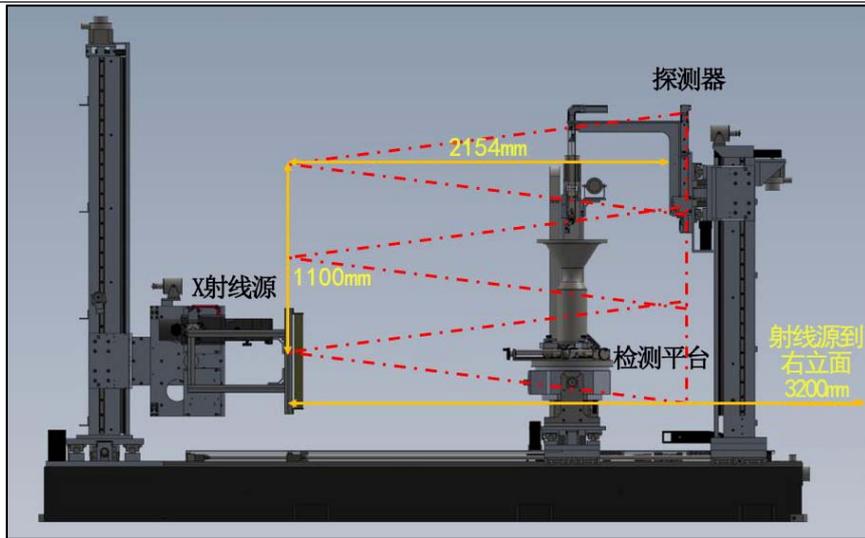


图 9-2 有用线束照射范围示意图（侧视图）

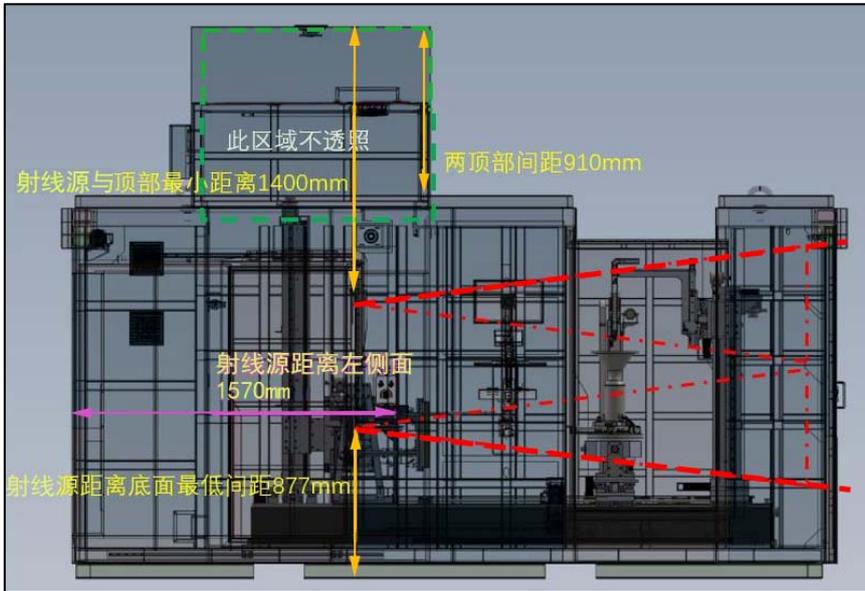


图 9-3 有用线束照射范围示意图（侧视图）

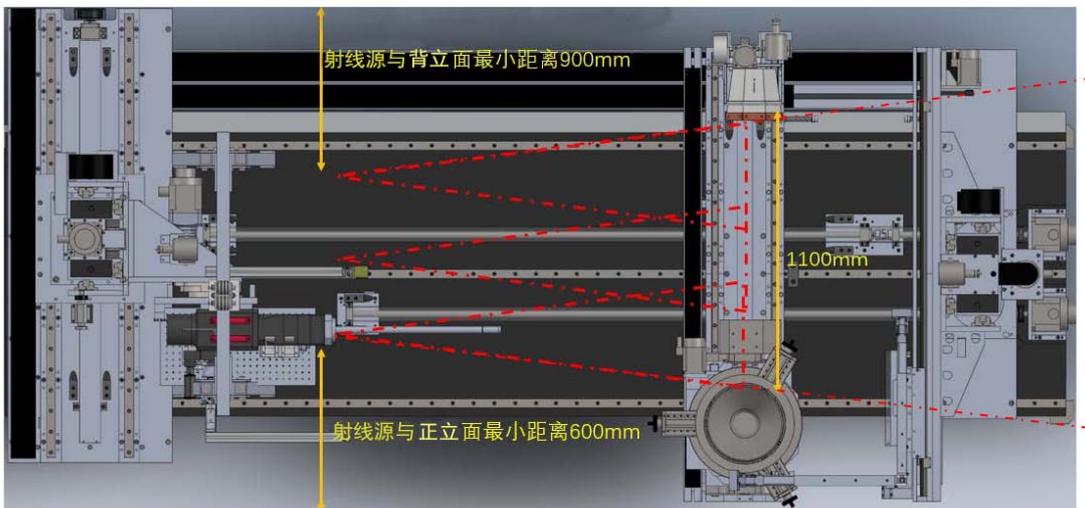


图 9-4 有用线束照射范围示意图（俯视图）

2、工作原理

自动化检测系统是利用 X 射线能够穿透物质和在物质中有衰减的特性来发现物质缺陷的无损探伤设备，核心组件为 X 射线源。

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。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。

自动化检测系统利用平板探测器成像。平板探测器配置在工件背面，能够在曝光过程中采集 X 射线的衰减信息，再在图象出路系统中运用特定算法将工件内部信息直观地显示为图象，最终通过对图象的观测分析和软件计算分析，帮助工作人员分辨工件内部结构组成以及有无缺陷。

3、操作流程及产污环节

自动化检测系统主要操作流程为：

- ① 开机前检查所有限位、电源电压等是否正常，确认无误后开启设备。
- ② 在控制台操作打开防护门 2，将工件运送至检测平台。
- ③ 确认无误后关闭防护门 2，输入工件图号，系统自动调用参数，曝光检测。
- ④ 检测完毕后停止曝光，开启防护门 2，运出工件，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。

该设备工作流程及产污环节图见图 9-5。

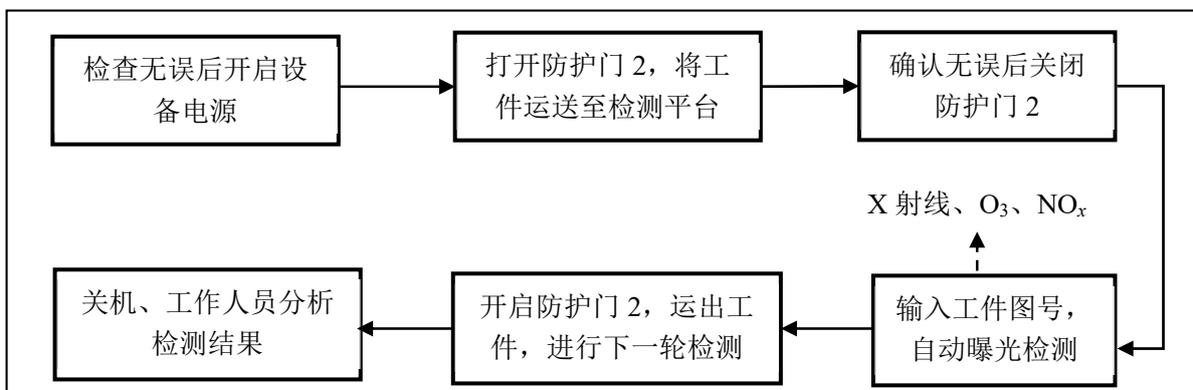


图 9-5 工作流程及产污环节图

污染源项描述

1、正常工况

在正常工况下，项目的主要污染源项为 X 射线以及 O₃ 和 NO_x 等有害气体，不产生放射性“三废”。

(1) X 射线

由工作原理可知，X 射线是随设备的开、关而产生和消失。因此检测期间，X 射线成为主要污染因子。

X 射线管出束期间产生的 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。

正常运行工况下，X 射线经各屏蔽面和防护门屏蔽后在铅房外的剂量率一般低于相关标准值，对周围职业人员及公众的影响较小。

(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 240kV，运行时将产生少量 O₃、NO_x。

2、事故工况

在门-机联锁失效等事故情况下，人员可能受到不经屏蔽的 X 射线照射，此时剂量率较高，可能导致人员所受剂量超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）等标准要求。

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

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。根据《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。

本项目工作场所的分区如下：将自动化检测系统防护铅房内的区域划分为控制区，将评片室、控制台、东侧、北侧和西侧外扩 1m 的范围划分为监督区。防护门外应设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，监督区设立地面警戒线或围栏等标识及警示文字。分区情况见图 10-1。

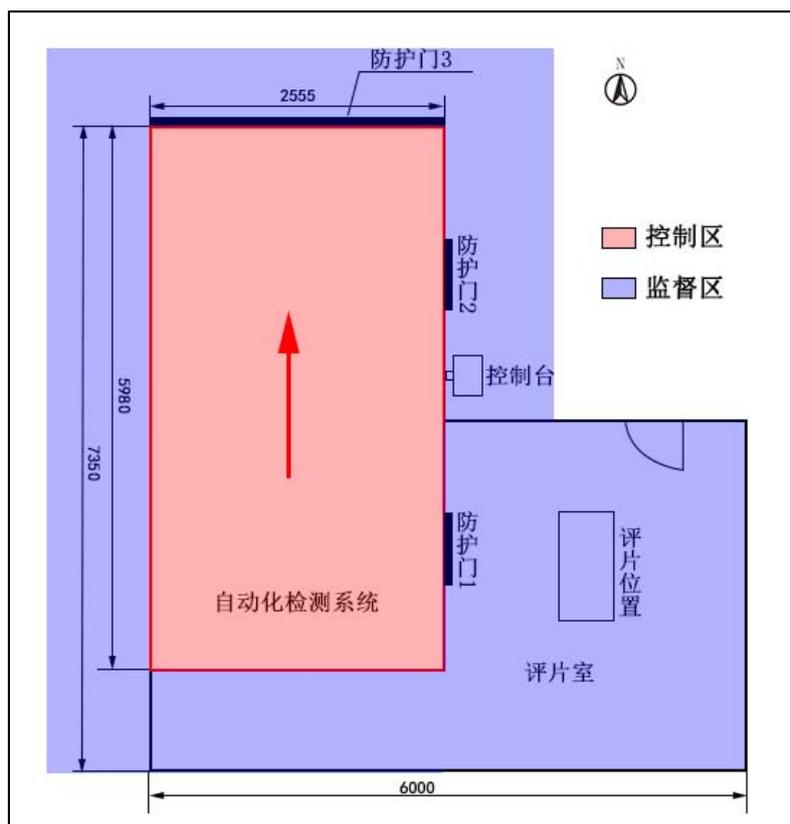


图 10-1 工作场所分区示意图

自动化检测系统的 X 射线向北照射，控制台及评片室位于东侧，可以避开射线照射方向，符合《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免有用线束照射的方

向”的要求。

2、辐射防护设计

(1) 铅房屏蔽设计

该铅房分为铅房主体和铅房顶罩两部分，具体屏蔽设计见表 10-1。

表 10-1 自动化检测系统防护铅房主要设计参数

位置		设计防护厚度及材料
铅房主体	正立面	14mm Pb
	左立面	12mm Pb
	右立面（防护门 3）	16mm Pb
	背立面	14mm Pb
	顶面	14mm Pb
	底面	12mm Pb
	防护门 1	14mm Pb
	防护门 2	14mm Pb
铅房顶罩	正立面	12mm Pb
	左立面	12mm Pb
	右立面	12mm Pb
	背立面	12mm Pb
	顶面	12mm Pb
	通风口铅罩	12mm Pb
铅房尺寸		长 5.98m，宽 2.555m，高 2.8m~4.242m

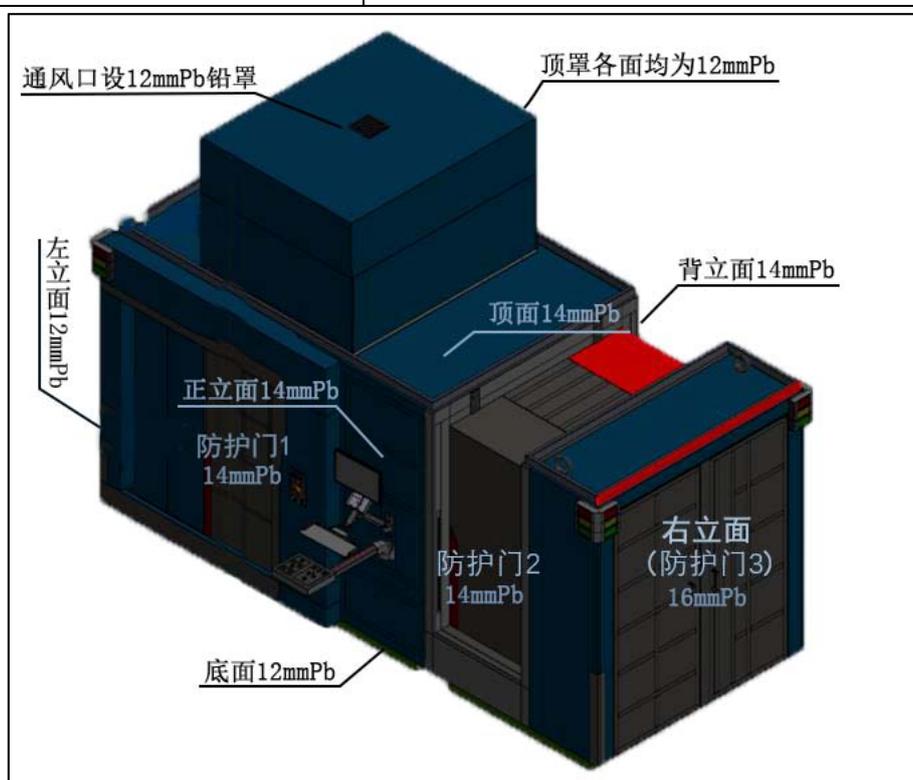


图 10-3 设备屏蔽设计示意图

(2) 辐射防护措施

该设备拟采取的辐射防护措施见图 10-4。

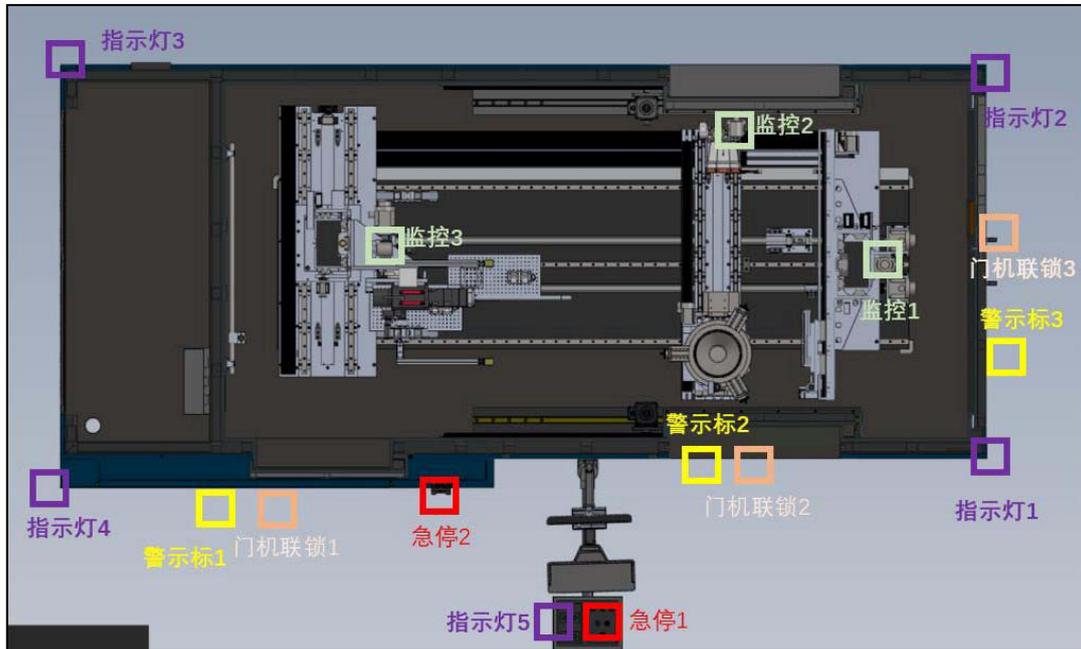


图 10-4 设备辐射防护措施示意图

该设备拟采取的辐射防护措施如下：

- ① 所有防护门外均设置电离辐射警告标识和中文警示说明；
- ② 所有防护门均设置门-机联锁，只有当所有防护门关闭到位时才能曝光，防护门打开时无法曝光。
- ③ 在铅房顶部四角各设置 1 个工作状态指示灯，用不同颜色指示“预备”和“照射”的工作状态，并伴有声音提示；铅房外张贴“预备”和“照射”信号意义说明。
- ④ 铅房内设置 3 个监控摄像头，方便实时关注检测过程。
- ⑤ 防护门 1 外设 1 个急停按钮，设标签标明使用方法，以便工作人员在紧急状态下使用，按下急停按钮后可立即停止出束。
- ⑥ 铅房设置机械通风，通风量不小于 $200\text{m}^3/\text{h}$ ，铅房检测区的体积约为 40m^3 ，每小时有效通风次数不小于 5 次。通风口设于铅房顶部，外部设有 12mm Pb 铅罩，废气排入厂房后通过厂房内的机械通风装置排至屋顶，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“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。
- ⑦ 铅房防护门的搭接长度应不小于门缝间隙的 10 倍，避免门缝处的剂量超标。电缆等管道应设置成“Z”型，同时在外部设与主体屏蔽厚度相同的铅罩进行防护，避

免电缆口的剂量超标。

⑧ X 射线管头带有铭牌，标明厂商、型号、出厂编号、额定管电压电流等信息。

⑨ 设备配有独立的控制台，控制台上设显示器，能够显示高压接通或断开状态，控制台上设有高压接通时的外部报警和指示灯，设有 1 个急停按钮，控制台与 X 射线管、防护门等联锁。

⑩ 监测仪器及个人防护用品：西安航天发动机有限公司已有 2 台 X-γ 辐射剂量率仪，可用于本项目工作场所的日常监测；该设备拟配备 1 台个人剂量报警仪，工作人员操作时需随身携带。

(3) 辐射安全设计与相关标准要求对照分析

本项目属于数字 X 射线检测系统，辐射防护措施参照《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中探伤室的要求进行设计，项目与《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）、《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）的对照分析见表 10-2。

表 10-2 自动化检测系统辐射防护设计对照分析

项目	要求	本项目情况	符合性
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	设备 X 射线管头自带铭牌，标有相关信息	符合
	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	控制台设有高压接通或断开状态的显示装置	符合
	控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置	控制台设有高压接通的外部报警和指示装置	符合
	控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口	控制台及 X 射线管头上设置防护门联锁接口	符合
	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	控制台设有钥匙开关，只有打开开关后方能出束	符合
	控制台设有紧急停机开关	控制台设有急停开关	符合
分区	按标准要求划分控制区、监督区	将铅房内区域划分为控制区，周边相邻区域划分为监督区	符合
	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	控制台与铅房分开，并避开有用线束照射方向	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	铅房内每小时有效通风次数不小于 5 次，通风最终排至屋顶，避开人员密集区	符合
标志及指示灯	探伤室防护门设置电离辐射警示标志和中文警示说明	各防护门外张贴电离辐射警示标志和中文警示	符合

		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	铅房顶部四角各设置1个工作状态指示灯，用不同颜色指示工作状态，并伴有声音提示，指示灯与X射线管联锁	铅房较小，运送工件时无需进入，防护门1、3主要用于维修或工作人员进入观察，此时无法曝光，因此内部不设置工作状态指示灯基本可行
	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	铅房外张贴“预备”和“照射”信号意义说明	符合
辐射安全与联锁	探伤室设置门-机联锁装置	防护门均设置门-机联锁	符合
	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	防护门1外设置1个急停按钮，设标签标明使用方法	铅房较小，运送工件时无需进入，防护门1、3主要用于维修或工作人员进入观察，此时无法曝光，因此内部不设置急停按钮基本可行
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	厂区已有2台X-γ辐射剂量率仪；辐射工作人员已配备个人剂量计；拟配备1台个人剂量报警仪	符合

综上，自动化检测系统的辐射防护设计基本满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）、《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）中相关要求。

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。

本项目自动化检测系统铅房的通风量不小于 200m³/h，每小时有效通风次数不小于 5 次，废气排入厂房后通过厂房内的机械通风装置排至室外。

以上措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“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。项目产生的 O₃、NO_x 较少，O₃ 在一定时间后可分解为氧气，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

建设期间主要环境影响为铅房吊装、安装等过程产生的噪声以及施工人员生活污水、生活垃圾。项目施工现场位于厂房内，铅房为组合式拼装结构铅房，安装过程较方便，施工噪声造成的影响不大。生活垃圾和生活污水产生量较小，生活污水依托西安航天发动机有限公司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的影响较小。

运行阶段对环境的影响

运行期主要环境影响为自动化检测系统高压出束时 X 射线对铅房四周屏蔽面、顶面、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，首先核算屏蔽设计是否满足防护需求，再估算运行期各关注点的剂量率及个人年有效剂量。

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）。将本项目铅房视为探伤室进行计算。

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

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

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 \dot{H}_C 时, 所需的屏蔽物质的透射因子 B 按公式 2 计算, 然后由公式 3 计算出所需的屏蔽物质厚度 X :

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

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;

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 。

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

式中: X 为屏蔽物质厚度, mm;

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 \dot{H}_C 时所需的屏蔽透射因子。

b 对于给定的屏蔽物质 X , 由公式 4 求出对应的屏蔽透射因子 B 。再按照公式 5 计算关注点的剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)。

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式 4}$$

$$H = (I \cdot H_0 \cdot B) / R^2 \quad \text{公式 5}$$

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 泄漏辐射屏蔽物质所需的透射因子按照公式 6 计算, 然后按照公式 3 计算所需的屏蔽物质厚度:

$$B = \dot{H}_C \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式 6}$$

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 4 计算，泄漏辐射的关注点的剂量率 \dot{H} 按公式 7 计算：

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

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：

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

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。用公式 8 计算出屏蔽透射因子后再用 90° 散射辐射的 TVL 代入公式 3 计算所需的屏蔽物质厚度 X 。

c 对于给定的屏蔽物质厚度 X ，相应的屏蔽透射因子 B 按公式 4 计算，公式中 TVL 为 X 射线 90° 散射辐射的 TVL。再按照以下公式计算关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ：

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

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 ）。

(7) 年有效剂量可按式计算：

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

式中： $P_{\text{年}}$ 为年有效剂量，mSv/a；

t 为年工作时间，h。

二、防护能力估算

1、理论估算参数

根据设备厂家提供的资料，自动化检测系统 X 射线源不在顶罩区域曝光，该区域仅用于工件搬运时让位调整，因此将顶罩作为顶部的一部分，仅考虑泄漏和散射辐射。

自动化检测系统的最大管电压为 240kV，最大管电压下的管电流为 2.2mA，每周曝光时间为 15h。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；利用插值法计算可知，240kV 管电压下铅的半值层为 0.772mm，什值层为 2.6mm。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 自动化检测系统外各关注点辐射屏蔽参数

点位描述	居留因子 T	距离 R (m)	导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c.d$ ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射源	
铅房主体	正立面外 0.3m 处	1	0.90	6.67	2.50	泄漏、散射辐射
	左立面外 0.3m 处	1	1.87	6.67	2.50	泄漏、散射辐射
	右立面（防护门 3）外 0.3m 处	1/2	3.50	0.67	0.67	有用线束
	背立面外 0.3m 处	1/2	1.20	0.67	0.67	泄漏、散射辐射
	顶面外 0.3m 处	1/16	0.79	/	100	泄漏、散射辐射
	防护门 1 外 0.3m 处	1	0.90	6.67	2.50	泄漏、散射辐射
	防护门 2 外 0.3m 处	1	0.90	6.67	2.50	泄漏、散射辐射
铅房顶罩	正立面外 0.3m 处	1/16	1.07	/	100	泄漏、散射辐射
	左立面外 0.3m 处	1/16	1.75	/	100	泄漏、散射辐射
	右立面外 0.3m 处	1/16	1.27	/	100	泄漏、散射辐射
	背立面外 0.3m 处	1/16	1.32	/	100	泄漏、散射辐射
	顶面外 0.3m 处	1/16	1.70	/	100	泄漏、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，铅房主体正立面、防护门 1、防护门 2 外为辐射工作人员活动区域，属于全居留，居留因子取 1；左立面外为评片室及焊接工位，属于全居留，居留因子取 1；背立面为人员通道，属于部分居留，居留因子取 1/2；右立面（防护门 3）外为通道，属于部分居留，居留因子取 1/2；铅房顶面及顶罩区域高度为 2.8m~4.242m，一般不会有人员到达，因此居留因子取 1/16。
2、顶面和铅房顶罩一般无人到达，剂量率参考控制水平取 100 $\mu\text{Sv/h}$ 。

2、铅房屏蔽能力估算

根据公式 2、3、6、8，估算自动化检测系统工作时各屏蔽面所需的屏蔽厚度，估算结果见表 11-2。

表 11-2 自动化检测系统防护厚度核算结果

屏蔽面		\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	距离 (m)	屏蔽透射因子 B	估算所需防护厚度		设计防护厚度	符合性	
铅房主体	正立面	泄漏 散射	2.50	0.90	4.05E-04	8.8	9.6mm Pb	14mm Pb	符合
					3.41E-05	6.3			
	左立面	泄漏 散射	2.50	1.87	1.75E-03	7.2	8.0mm Pb	12mm Pb	符合
					1.47E-04	5.4			
	右立面（防护门 3）	有用	0.67	3.50	3.75E-06	14mm Pb		16mm Pb	符合
	背立面	泄漏 散射	0.67	1.20	1.92E-04	9.7	9.7mm Pb	14mm Pb	符合
					1.62E-05	6.7			
顶面	泄漏 散射	100	0.79	1.25E-02	4.9	5.7mm Pb	12mm Pb	符合	
				1.05E-03	4.2				
防护门	泄漏	2.50	0.90	4.05E-04	8.8	9.6mm Pb	14mm Pb	符合	

	1	散射			3.41E-05	6.3				
	防护门	泄漏	2.50	0.90	4.05E-04	8.8	9.6mm Pb	14mm Pb	符合	
2	散射	3.41E-05			6.3					
铅房顶罩	正立面	泄漏	100	1.07	2.29E-02	4.3	5.1mm Pb	12mm Pb	符合	
		散射			1.93E-03	3.8				
	左立面	泄漏	100	1.75	6.13E-02	3.2	4.0mm Pb	12mm Pb	符合	
		散射			5.16E-03	3.2				
	右立面	泄漏	100	1.27	3.23E-02	3.9	4.7mm Pb	12mm Pb	符合	
		散射			2.72E-03	3.6				
	背立面	泄漏	100	1.32	3.48E-02	3.8	4.6mm Pb	12mm Pb	符合	
		散射			2.93E-03	3.5				
	顶面	泄漏	100	1.70	5.78E-02	3.2	4.0mm Pb	12mm Pb	符合	
		散射			4.87E-03	3.2				
	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/Fa 因子的值为 50，本项目参考典型值取 50。									

由估算结果可知，自动化检测系统铅房主体右立面（防护门 3）所需的屏蔽厚度为 14mm Pb，设计厚度为 16mm Pb；正立面、背立面、防护门 1、防护门 2 所需的屏蔽厚度为 9.6~9.7mm Pb，设计厚度为 14mm Pb；左立面所需的屏蔽厚度为 8.0mm Pb，设计厚度为 12mm Pb；主体顶面和铅房顶罩所需的屏蔽厚度为 4.0~5.7mmPb，设计厚度为 12mmPb。铅房的设计厚度可以满足防护要求。

3、场所辐射水平

根据公式 4、5、7、9，估算自动化检测系统工作时各关注点的剂量率，估算结果见表 11-3。

表 11-3 自动化检测系统外关注点剂量率估算结果

点位描述		屏蔽设计厚度	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽透射因子		剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
铅房主体	正立面外 0.3m 处	14mm Pb	990000	泄漏	4.12E-06	2.55E-02	0.025
				散射	1.00E-10	5.38E-06	
	左立面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	3.47E-02	0.035
				散射	2.68E-09	3.34E-05	
	右立面（防护门 3）外 0.3m 处	16mm Pb	990000	有用	7.02E-07	0.125	
	背立面外 0.3m 处	14mm Pb	990000	泄漏	4.12E-06	1.43E-02	0.014
				散射	1.00E-10	3.03E-06	
	顶面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	1.94E-01	0.194
				散射	2.68E-09	1.87E-04	
	防护门 1 外 0.3m 处	14mm Pb	990000	泄漏	4.12E-06	2.55E-02	0.025
				散射	1.00E-10	5.38E-06	
	防护门 2 外 0.3m	14mm Pb	990000	泄漏	4.12E-06	2.55E-02	0.025

	处			散射	1.00E-10	5.38E-06	
铅房顶罩	正立面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	1.06E-01	0.106
				散射	2.68E-09	1.02E-04	
	左立面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	3.96E-02	0.040
				散射	2.68E-09	3.82E-05	
	右立面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	7.52E-02	0.075
				散射	2.68E-09	7.25E-05	
	背立面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	6.96E-02	0.070
				散射	2.68E-09	6.71E-05	
	顶面外 0.3m 处	12mm Pb	990000	泄漏	2.42E-05	4.19E-02	0.042
				散射	2.68E-09	4.04E-05	

由估算结果可知，自动化检测系统在最大工况运行时，铅房主体四周屏蔽面及防护门外等关注点的剂量率范围为 0.014~0.125 μ 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 μ Sv/h”的要求和表 11-1 中估算的剂量率参考控制水平。铅房主体顶面和铅房顶罩各屏蔽面外的剂量率为 0.04~0.194 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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 μ Sv/h”要求。

三、个人年有效剂量

自动化检测系统年曝光时间为 750h。根据表 11-3 中各关注点的剂量率计算辐射工作人员及公众的年有效剂量，结果见表 11-4。

表 11-4 自动化检测系统个人年有效剂量贡献值估算结果

人群	人员停留位置	居留因子	时间 t (h)	周围剂量当量率 (μ Sv/h)	年有效剂量 (mSv)
辐射工作人员	控制台（正立面外 1m 处）	1	750	0.008	0.006
	防护门 1 外 0.3m 处	1	750	0.025	0.019
	防护门 2 外 0.3m 处	1	750	0.025	0.019
	评片工位（正立面外 1m）	1	750	0.008	0.006
公众	焊接工位（左立面 1.67m 处）	1	750	0.012	0.009
	通道（右立面 1m 处）	1/2	750	0.087	0.032
	通道（背立面 1m 处）	1/2	750	0.006	0.002

注：控制台、评片工位位于正立面外 1m 处，该点的剂量率根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）进行估算，估算结果为 0.008 μ Sv/h。焊接工位位于左立面外 1.67m 处，该点的剂量率估算结果为 0.012 μ Sv/h。右立面及背立面外通道以 1m 处进行估算，剂量率估算结果分别为 0.087 μ Sv/h 和 0.006 μ Sv/h。

(1) 辐射工作人员

由估算结果可知，自动化检测系统运行期所致辐射工作人员的年有效剂量最大为 0.019mSv，再叠加现有工作人员上一年度个人最大年有效剂量 0.52mSv 后为

0.539mSv，低于本次设置的辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a。

(2) 公众

本项目所致的公众的个人年有效剂量为 0.009~0.032mSv，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/a。

四、非放射性污染物影响分析

本项目射线装置运行时将产生少量的 O₃、NO_x，根据设计单位提供的资料，自动化检测系统铅房的通风量不低于 200m³/h，每小时有效通风次数不低于 5 次，废气排入厂房后通过机械通风装置排至屋顶。

以上措施满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“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。项目产生的 O₃、NO_x 较少，O₃ 在一定时间后可分解为氧气，经自然扩散后，对周围环境影响不大。

事故影响分析

1、事故工况

项目运行期可能发生的辐射事故主要为门-机连锁失效，人员在铅房内受到不经屏蔽的X射线，这种辐射事故发生的可能性极低，但西安航天发动机有限公司也应积极采取辐射事故预防措施，防范于未然。

2、事故风险评价

本次假设门-机连锁失效，人员在防护门2运送工件时防护门未关闭射线机误启动曝光，使人员受到泄漏及散射辐射；以及在设备维修时人员误操作，导致维修人员在防护门3处受到有用线束的误照射。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：

$$X=X_0 (R_0/R)^2$$

式中：X₀为距X射线管固定距离R₀米处的剂量率；

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。

人员受到20mSv和50mSv有效剂量的时间估算见表11-9。

表 11-9 事故状态下人员受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

受照时间 工作场所	受到 20mSv 所需时间	受到 50mSv 所需时间
防护门 2 处（泄漏及散射辐射）	20.02min	50.04min
防护门 3 处（有用线束）	33.06s	82.64s

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，人员在防护门 2 处受到 20mSv 剂量当量的时间为 20.02min，受到 50mSv 剂量当量的时间为 50.04min；当人员在防护门 3 处时，受到 20mSv 剂量当量的时间为 33.06s，受到 50mSv 剂量当量的时间为 82.64s，此时个人剂量报警仪可及时提示工作人员停止工作，避免受到更大影响。运行期应加强防范，避免辐射事故的发生。

2、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，工作时按规定佩戴个人剂量报警仪，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) 为防止人员误留在铅房内受到误照射，每次照射前应进行检查，确保无人员滞留后方可关闭防护门；

(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。西安航天发动机有限公司已设置1名辐射安全与防护管理机构主要负责人，由设备技安部副部长担任；设专职辐射安全与防护管理人员1名，由动力环保室环保技术员担任，以上人员专职负责公司的辐射安全与环境保护。

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) 对本公司的射线装置工作负总责，保证无射线事故发生；

(3) 制定本公司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。

西安航天发动机有限公司辐射安全管理与《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）相关管理要求的对照情况见表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	企业情况
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	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

人	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。	已按规定执行
	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

本项目建成后，应纳入现有辐射安全管理体系内。

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。

西安航天发动机有限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	企业情况
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护，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，保证个人剂量监测档案的连续有效性	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
	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	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	已制定《质量处射线装置事故应急预案》并定期演练
	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	

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。现有制度主要针对II类射线装置制定，本项目新增设备属于II类射线装置，现有射线装置管理制度、辐射安全防护设施的维护与维修制度、应急预案等同样适用于本项目，此外，需针对新增设备制定岗位职责及操作规程，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58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。

西安航天发动机有限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，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现有人员，项目建成后应按照相关制度继续进行个人剂量检测和健康体检。

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2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。

本项目建成后，拟依托现有 X-γ 辐射剂量率仪进行工作场所的日常监测，为自动化检测系统配备 1 台个人剂量报警仪，用于该设备的个人剂量报警。

2、监测计划

(1) 个人剂量监测

本项目全部为现有人员，已经按要求配备了个人剂量计，建立了个人剂量档案，本项目运行后应继续委托每季度进行 1 次个人剂量监测。

(2) 年度常规监测

西安航天发动机有限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 日前上报生态环境主管部门。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，应定期用 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
自动化检测系统	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、通风口、线缆孔处、控制台、评片工位	年度例行监测：每年由有资质单位监测 1 次 每季度进行 1 次日常监测
	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（依托现有监测计划）

3、环保投资

项目总投资为 400 万元，环保投资为 6 万元，占总投资的 1.50%，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（万元）
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	—
	废水	生活污水	统一纳入厂区生活污水处理系统	—
运营期	辐射防护措施	X 射线	自动化检测系统铅房主体、门-机联锁、自带的工作状态指示灯、急停装置、控制台等	计入工程投资

			工作场所分区标识、电离辐射警示标识等	1.2
	检测仪器	X 射线	1 台个人剂量报警仪	0.3
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			4.5
	个人剂量定期监测			—
总投资（万元）				6.0

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，公司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。验收合格并变更辐射安全许可证后，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	针对新增设备制定操作规程、岗位职责等，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，辐射工作人员年有效剂量管理约束值取 5mSv。铅房外各关注点最高周围剂量当量率应满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）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 铅房设置门-机联锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、紧急停机按钮、监控装置等防护设施，各设施正常有效、运行良好
4	辐射监测	新增设备应定期进行自主监测并建立监测档案，每年委托有资质单位进行 1 次年度检测，监测记录存档；辐射工作人员应配备个人剂量计，每季度进行个人剂量监测，并建立健康档案；配备 1 台个人剂量报警仪，探伤作业时按要求佩戴
5	人员培训	辐射工作人员辐射安全和防护知识培训合格证到期前应及时培训，合格后再上岗
6	职业健康体检	辐射工作人员至少每 2 年进行 1 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。

现有应急预案主要针对无损检测过程中发生的辐射事故，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。应急预案的现有内容及处置措施同样适用于本项目。

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，应向当地生态环境主管部门报告；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 厂房现有 X 射线探伤室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。

西安航天发动机有限公司应依据国家相关法律法规、标准，及时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。

表 13 结论与建议

结论

西安航天发动机有限公司拟在老厂区 602 厂房新增 1 套自动化检测系统进行无损检测，新增设备属于 II 类射线装置。项目总投资为 400 万元，环保投资为 6 万元，占总投资的 1.50%。

项目主要用于工件的无损检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中“鼓励类”项目，符合国家产业政策。项目对受照人员或社会所带来的利益足以弥补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。

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、监控设施、通风系统等安全防护设施。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、公众的辐射影响。根据分析，项目拟设置的辐射安全与防护设施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相关要求。

2、辐射环境影响

(1) 根据核算，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，自动化检测系统在最大工况运行时，铅房主体四周屏蔽面及防护门外等关注点的剂量率范围为 0.014~0.125 μ Sv/h，铅房主体顶面和铅房顶罩各屏蔽面外的剂量率为 0.04~0.194 μ Sv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中标准要求及本次确定的剂量率参考控制水平。

(3) 根据估算，运行所致的辐射工作人员年最大有效剂量为 0.019mSv/a，叠加现有工作人员目前个人年有效剂量 0.52mSv 后为 0.539mSv，低于本次设置的辐射工作人员剂量约束值 5mSv/a。根据分析，本项目运行所致的公众的年有效剂量为 0.009~0.032mSv/a，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/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。建设单位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 602 厂房 1 台 X 射线装置（含铅房）核技术利用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) 项目竣工后办理验收手续，验收合格并变更辐射安全许可证后方可正式投入使用；

(2) 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应用单位辐射安全年度评估报告。

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