

表 1 项目基本情况

建设项目名称		西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统 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		陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路 69 号西安航天发动机有限公司研究发展中心厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	328	项目环保投资 (万元)	6.4	投资比例 (环保投资/总投资)	1.95%
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 <sup>2</sup> )	/
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><b>项目概述</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><b>2、项目由来</b></p> <p>为满足业务发展需要，西安航天发动机有限公司拟在研究发展中心厂房新增 1 台电子束焊缝自动化检测系统（以下简称“检测系统”）进行 X 射线探伤，该检测系统自带屏蔽铅房，但工作人员可进入铅房内放置工件。根据《射线装置分类》（环境保</p>					

护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），该检测系统属于 II 类射线装置—工业用 X 射线探伤装置；根据生态环境部部长信箱《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），自屏蔽式 X 射线探伤装置需同时满足三个特征，其中之一是：“在任何工作模式下，人体无法进入和滞留在 X 射线探伤装置屏蔽体内”，本项目检测系统具备人员进入内部的条件，不属于自屏蔽式 X 射线探伤装置，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》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），“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—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”，需编制环境影响报告表。本项目使用 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 2020 年 9 月委托我单位对电子束焊缝自动化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，编制完成了《西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化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）》，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。

项目建成后可提升西安航天发动机有限公司的工件焊缝无损检测技术水准，提高整体装备水平和工件质量。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) 射线装置概况

根据建设单位提供的技术协议，电子束焊缝自动化检测系统（以下简称“检测系统”）由恒压高频小焦点射线系统、微焦点射线系统、平板探测器、机械运动系统、控制系统、图像采集处理软件、工艺参数设计验证软件、冷却水系统、电气系统和屏蔽铅房组成。射线系统、控制系统等与铅房一体化设计。设备拟安装于研究发展中心厂房中部。

拟建检测系统包含 1 套恒压高频小焦点射线系统和 1 套微焦点射线系统，根据需要进行转换，2 套射线系统不同时使用，技术参数详见表 1-1。

表 1-1 本项目使用 X 射线机技术参数表

设备名称	射线系统	具体参数	
电子束焊缝自动化检测系统	恒压高频小焦点射线系统 (瑞士 COMET)	最大管电压	225kV
		最大管电流	15mA
		EN12543 标准下焦点尺寸	小焦点 0.4mm, 大焦点 1.0mm
		最大管电压下的管电流	大焦点 8mA, 小焦点 3.5mA
	微焦点射线系统(L14351-01)	曝光类型	定向
		最大功率	90W
		最大高压	180kV
		最小焦点尺寸	20 $\mu$ m
	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 2 人，均为现有人员，已取得辐射安全培训合格证，进行了职业健康体检，建立了个人剂量监测档案。

项目建成后，预计每天出束 5h，每周工作 5 天，年工作 250 天，年出束时长 1250h。

#### 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 2 个厂区，本项目位于西安市雁塔区航天基地神二路 69 号厂区，地理位置见图 1-1。



图 1-1 地理位置示意图

(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 69 号厂区研究发展中心厂房，厂房北侧为厂内道路、绿化带、计量大楼，东侧为厂内道路，南侧为厂内道路、绿化区，西侧为厂内道路、华阳公司厂房。

研究发展中心东部的办公区为 3 层建筑，其余区域均为一层厂房，地下无建筑。电子束焊缝自动化检测系统拟安装于研究发展中心一层厂房中部，北侧为过道、电子束焊区及机械加工区；东侧为货架及 3F 办公区；南侧为货架、钳工区、穿孔区、烧结车间等；西侧为控制台、办公位、过道、慢走丝及电火花区。周边环境关系图见图 1-2。

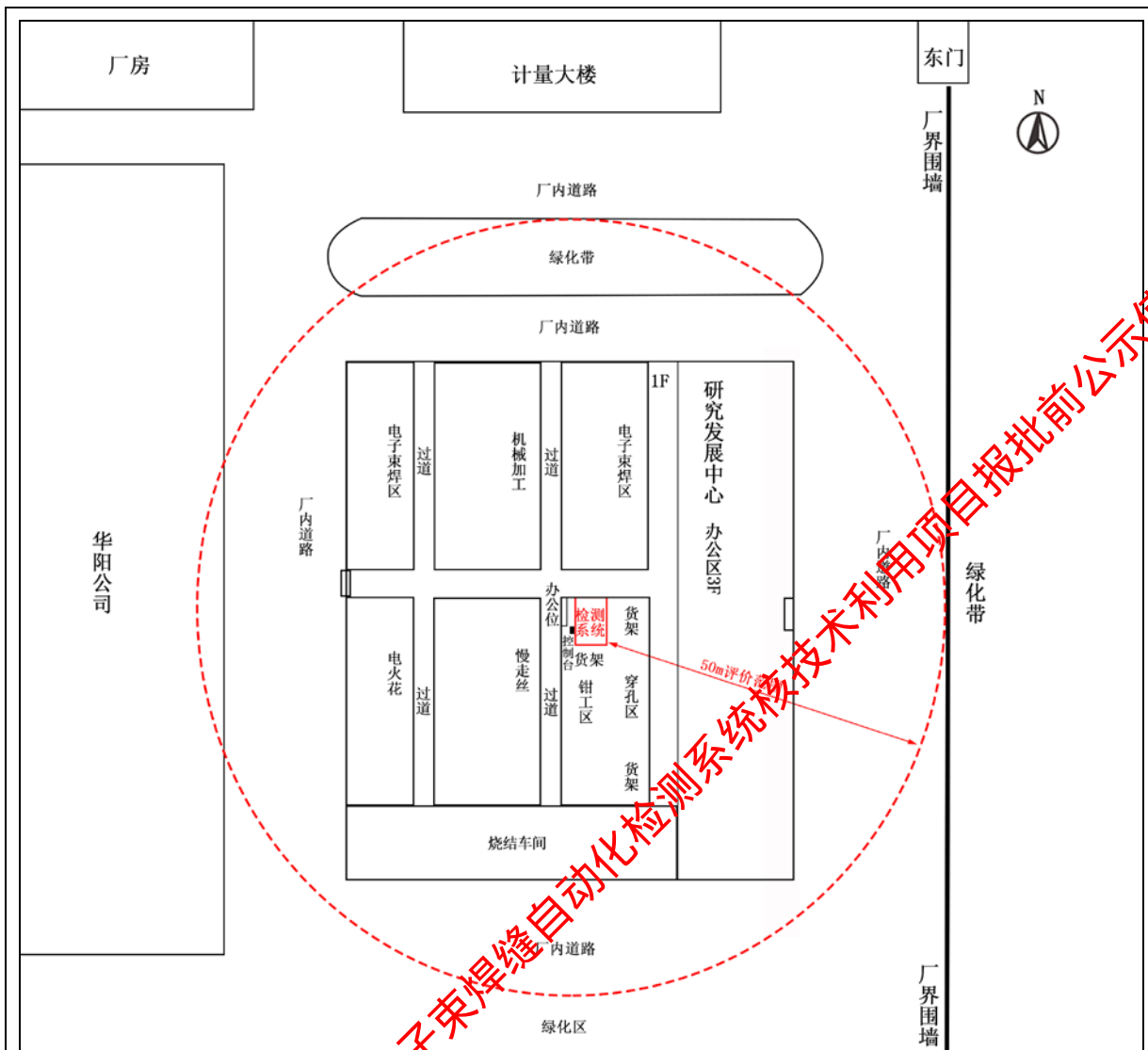


图 1-2 周边环境关系图

## 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

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 5 台 X 射线探伤机进行了环评，同年 6 月取得陕西省生态环境厅的批复（陕环批复〔2008〕364 号）；2013 年 1 月 21 日该项目取得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新增 9 台射线装置，该项目于 2012 年 8 月 16 日取得环评批复（陕环批复〔2012〕554 号）；其中 7 台 X 射线探伤机设备于 2014 年 5 月进行了竣工环境保护验收并取得批复（陕环批复〔2014〕248 号），1 台 4MeV 工业 CT 检测系统于 2015 年 8 月进行了验收并取得批复（陕环批复〔2015〕407 号），

另外 1 台设备未建。

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，于 2015 年 7 月 16 日取得环评批复（陕环批复〔2015〕318 号），2018 年 5 月 3 日进行了竣工环境保护自主验收。

2016 年，西安航天发动机有限公司新建 8 座探伤室，新增 10 台 X 射线探伤机，于 2016 年 8 月 1 日取得环评批复（陕环批复〔2016〕387 号）；其中 2 台 X 射线探伤机于 2018 年 5 月 3 日进行了竣工环境保护自主验收，其余设备正在建设。

2019 年，西安航天发动机有限公司新增 1 套总装管路脉冲焊缝 X 射线数字化检测系统，于 2019 年 7 月 4 日取得环评批复（陕环批复〔2019〕261 号），2019 年 10 月 29 日进行了竣工环境保护自主验收。

2020 年，西安航天发动机有限公司新增 1 台微焦点 X 射线数字化成像检测系统，于 2019 年 7 月 4 日取得环评批复（陕环批复〔2019〕260 号），目前正在验收；2020 年 6 月新增 1 台管路焊缝 X 射线无损检测系统，于 2019 年 7 月取得环评批复（陕环批复〔2019〕261 号），目前正在验收。2020 年在原 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，目前正在自评。

综上，西安航天发动机有限公司现有核技术利用项目均履行了相应的环保手续。

#### (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。设备台账包括已验收的 19 台 II 类射线装置，其余 3 台射线装置正在办理相应手续。辐射安全许可证见附件，台账明细见表 1-2。

表 1-2 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		
6	MG325 型 X 射线探伤机	MG325		602# 厂房东探伤室
7	XYD-225X 射线探伤机	XYD-225		
8	E320X 射线探伤机	E320		602# 厂房西探伤室
9	MG321 型 X 射线探伤机	MG321 型		

续表 1-2 台账明细登记

序号	装置名称	规格型号	类别	场所
10	XYD2251013 型 X 射线探伤机	XYD2251013 型		605#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#厂房中间探伤室
13	4MeV 工业 CT 检测系统	IPT04106-B2		606#厂房东探伤室
14	E450X 射线探伤机	E450		606#厂房中间探伤室
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

### (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，包括辐射设备操作规程、辐射防护管理制度等；已编制并下发了《射线装置事故应急预案》，确保辐射作业中的安全防护。

#### ③ 工作人员培训情况

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。

#### 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为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量检测工作，每季度检测 1 次。根据陕西新高科辐射技术有限公司出具的 2020 年 2 月~2021 年 2 月 4 个季度职业性外照射个人剂量监测报告（见附件），现有辐射工作人员的年个人剂量在 0.12~0.55mSv 之间，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 2019 年在核工业四一七医院进行了职业健康体检，体检结果

显示未发现疑似放射性疾病，其中 3 人发现与职业因素相关的异常，已进行了复查，复查结果无异常，体检结果已建立健康档案。

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现有 1 台 X- $\gamma$  辐射巡测仪，并制定了《辐射工作现场监测制度》，委托有资质单位对辐射工作场所每年进行 1 次定期监测。

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》（见附件），现有探伤室周围及其关注点的 X、 $\gamma$  辐射剂量率为 0.03~0.22 $\mu$ Sv/h，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）。

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 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。

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统核技术利用项目报批前公示使用



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 (G/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	电子束焊缝自动化检测系统	II	1	/	25	15	无损检测	研究发展中心厂房	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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/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），2015 年 1 月 1 日；                  (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日；                  (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》（修正），2018 年 10 月 29 日；                  (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；                  (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；                  (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；                  (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（修改），生态环境部令 第 7 号，2019 年 8 月 22 日；                  (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；                  (9) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;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；                  (10) 《陕西省放射性污染防治条例》（2019 年修正），2019 年 11 月 6 日；                  (11) 《陕西省生态环境厅办公室关于印发&lt;陕西省生态环境厅辐射类建设项目行政许可事项办理指南&gt;的通知》（陕环办发〔2020〕29 号）；                  (12) 《关于印发新修订的&lt;陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表&gt;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/T 61-2001）。</p>
<p>其 他</p>	<p>(1) 西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统环境影响评价委托书；                  (2) 电子束焊缝自动化检测系统技术协议。</p>

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统核技术利用项目报批前公示使用

表 7 保护目标与评价标准

<p><b>评价范围</b></p> <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”要求，确定本项目评价范围为以电子束焊缝自动化检测系统实体屏蔽铅房为边界，半径 50m 范围内的区域。</p>						
<p><b>保护目标</b></p> <p>项目环境保护目标主要为从事电子束焊缝自动化检测系统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，保护目标图见图 1-2。</p>						
<p>表 7-1 主要环境保护目标一览表</p>						
序号	保护对象	规模	相对方位		与屏蔽体相对最近距离 (m)	剂量约束值 (mSv/a)
1	辐射工作人员	2 人	西侧检测系统控制位		0.3m	5
2	公众	约 13 人	北侧	电子束焊区及机械加工区	约 3m	0.25
		约 40 人	东侧	办公区	约 12m	
		约 10 人	南侧	钳工区、穿孔区、烧结车间	约 1m	
		约 15 人	西侧	磨走丝及电火花区	约 3m	
		约 5 人		华阳公司厂房	约 47m	
		流动人员	北侧	西侧过道，东侧、南侧货架区		
北侧、东侧、南侧、西侧厂内道路区			约 25m			

## 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。

本项目职业照射年有效剂量管理约束值按标准剂量限值的 1/4 执行，即 5mSv/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。

本项目公众照射年有效剂量管理约束值按标准限值的 1/4 执行，即 0.25mSv/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。本项目运行期铅房等同于探伤室，应满足标准中探伤室的防护要求。

#### 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 $\mu$ Sv/周，对公众不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 探伤室应设置机械通风装置，排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

**表 8 环境质量和辐射现状**

**环境质量和辐射现状**

**1、项目地理位置和场所位置**

本项目位于陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路 69 号西安航天发动机有限公司研究发展中心厂房，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电子束焊缝自动化检测系统拟建场所辐射环境现状进行监测。

(1) 监测因子、点位

监测因子：X、 $\gamma$  辐射剂量率；

监测点位：电子束焊缝自动化检测系统拟建场所按网格法均匀布点。

(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、 $\gamma$ 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~10 $\mu$ Sv/h	检定单位	中国计量科学研究院
检定证书编号	DLjl2020-01472	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/T 61-2001）、《环境地表  $\gamma$  辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-93）、《环境监测用 X、 $\gamma$  辐射测量仪 第一部分 剂量率仪型》（HJ/T 984-95）进行监测；

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、 $\gamma$  辐射剂量率监测结果**

监测点位	点位描述	X、 $\gamma$ 辐射剂量率 ( $\mu$ Sv/h)	
		测值范围	均值
1	拟建场所 1#监测点位	0.114~0.116	0.115
2	拟建场所 2#监测点位	0.113~0.116	0.114



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 (μSv/h)	
		测值范围	均值
3	拟建场所 3#监测点位	0.114~0.117	0.115
4	拟建场所 4#监测点位	0.115~0.117	0.116
5	拟建场所 5#监测点位	0.116~0.118	0.117
6	拟建场所 6#监测点位	0.118~0.121	0.119
7	拟建场所 7#监测点位	0.119~0.121	0.119
8	拟建场所 8#监测点位	0.119~0.121	0.120
9	拟建场所 9#监测点位	0.119~0.121	0.120

注：本报告仅对本次监测结果负责，未扣除仪器对宇宙射线响应值。

根据表 8-2，电子束焊缝自动化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 0.113~0.121μSv/h。

参照《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室内剂量率按网格点平均的均值为 143.0nGy/h。经比较，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。

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统核评本项目报批前公示使用

表 9 项目工程分析及源项

工程设备和工艺分析

1、电子束焊缝自动化检测系统简介

根据技术协议，本项目电子束焊缝自动化检测系统由恒压高频小焦点射线系统、微焦点射线系统、平板探测器、机械运动系统、控制系统、图像采集处理软件、工艺参数设计验证软件、冷却水系统、电气系统和屏蔽铅房组成，采用一体化设计。

设备外观尺寸见图 9-1、9-2，内部机械系统示意图见图 9-3。

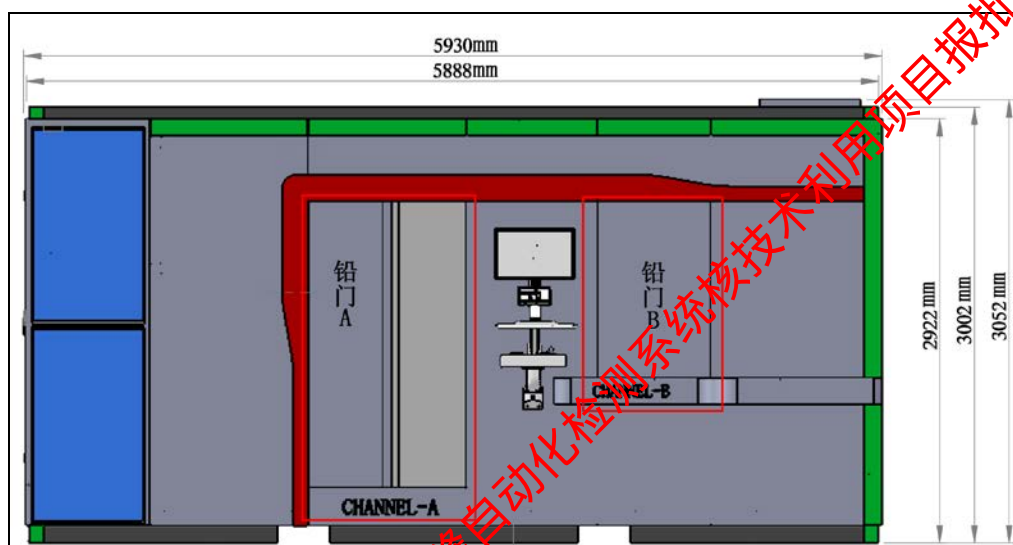


图 9-1 电子束焊缝自动化检测系统正视图

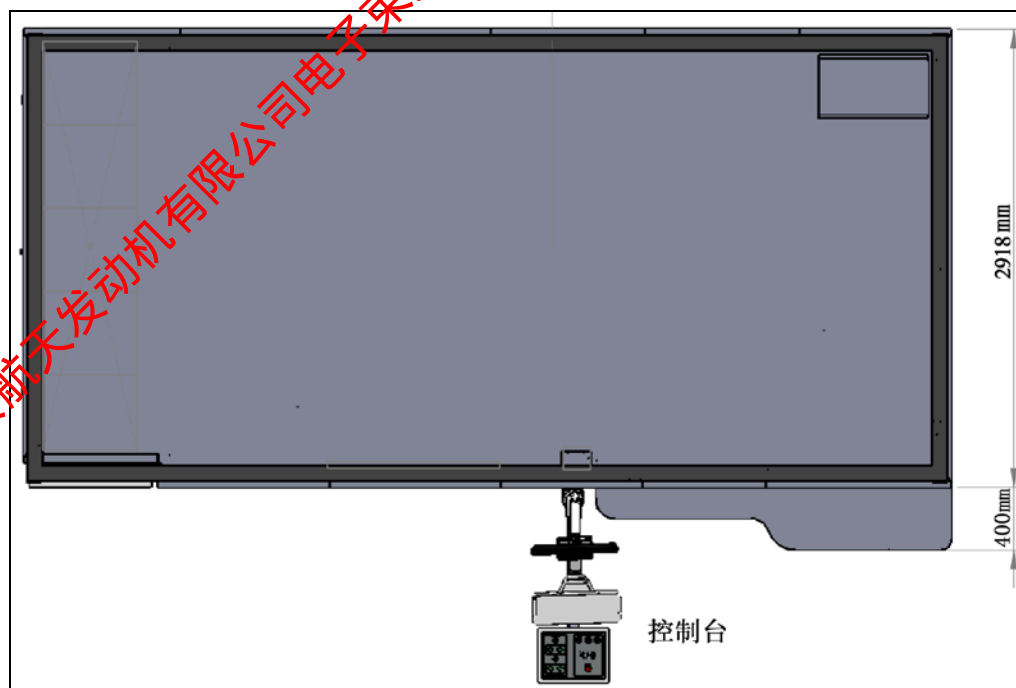


图 9-2 电子束焊缝自动化检测系统俯视图

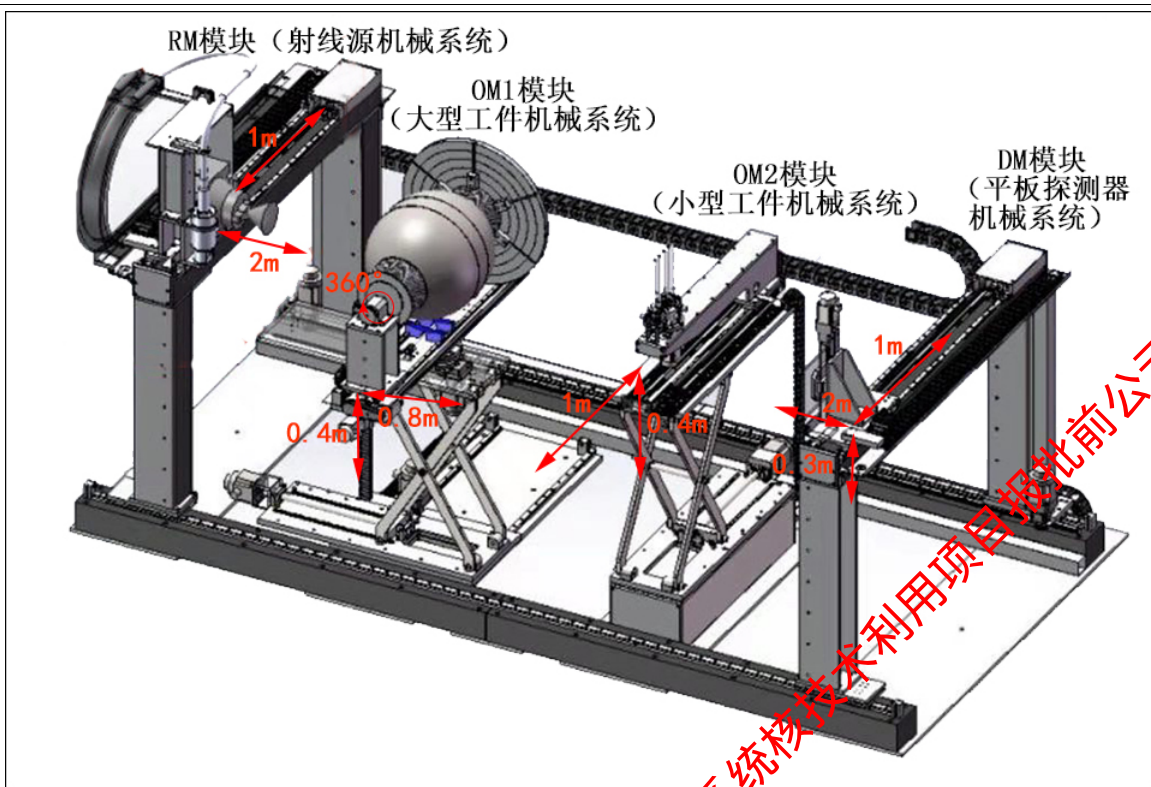


图 9-3 内部机械运动系统示意图

(1) 射线系统

根据技术协议，电子束焊缝自动化检测系统包括 1 套恒压高频小焦点射线系统、1 套微焦点射线系统，集成于同一个射线发生器上，射线管头具备快速拆卸的可调节光栅，光栅上预留 2 组滤波板的安装卡槽。

(2) 机械运动系统

机械运动系统包括 4 部分，分别是 RM 模块（射线源机械系统）、OM1 模块（大型工件机械系统）、OM2 模块（小型工件机械系统）、DM 模块（平板探测器机械系统）。

射线源机械系统主要完成射线机部分的运动，沿光路方向运动轴的最大行程为 2m，垂直光路方向运动轴的最大行程为 1m；大型工件机械系统完成大型工件姿态和角度调整，其中模块整体升降的行程为 0.4m，工件定位夹紧轴行程为 0.8m，旋转轴可运动  $\pm 360^\circ$ ；小型工件机械系统完成小型工件姿态和角度调整，旋转轴可连续旋转，工件进出铅房轴行程为 1m，整体升降轴行程为 0.4m；平板探测器机械主要完成成像面板的运动，系统沿光路方向运动轴行程为 2m，垂直光路方向轴行程为 1m，竖直方向调整行程为 0.3m。

### (3) 图像采集处理系统

图像采集处理系统主要包括计算机系统、显示器、监视系统、工艺参数设计验证软件等，其中监视系统采用海康威视 4 路 CCD 监视系统（含摄像头、视屏分割器、监视器），主要用于对工作状态及检测过程的实时监控。

## 2、检测原理

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，随后进行信号的探测与转换，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。典型的检测系统构成示意图见图 9-4。

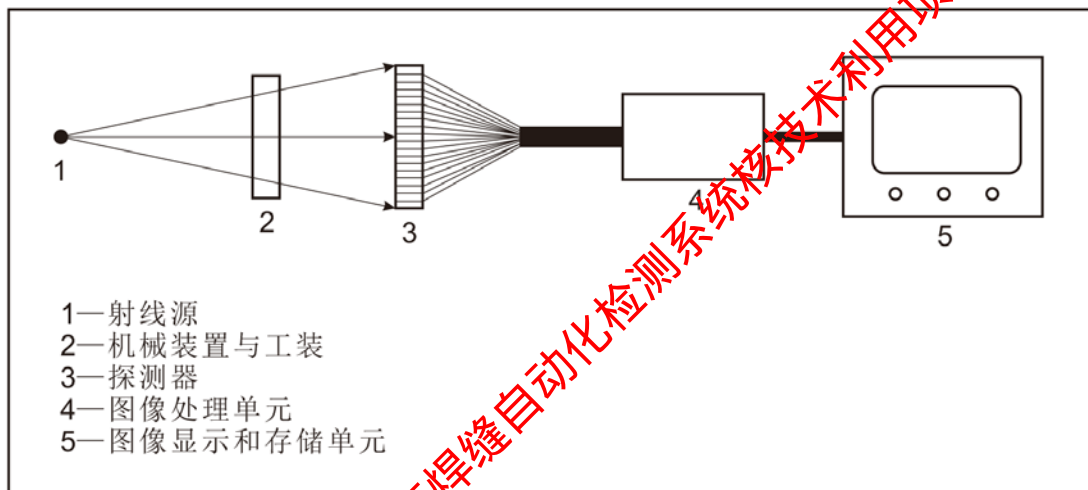


图 9-4 检测系统典型构成示意图

## 3、操作流程及产污环节

### (1) 操作流程

① 建立检测程序：对不同类型工件的焊缝进行检测程序的指定，并形成检测工艺；检测系统验证完成后，以工件图号为特征存储在计算机上，后续检测时可直接调用；

② 上料：选择检测工件对应的装夹工具，大型工件由操作人员进入铅房进行摆放，上料后人员退出。批量上料的小型工件可不进入铅房，由伸出铅房的机械转台进行上料。上料结束后铅门关闭。

③ 设置检测程序：操作人员在采集计算机上调用工件的检测程序，输入工件类别、编号，可实现批量检测的工件输入全部编号或起始编号及数量；

④ 检测：一键启动检测程序，按程序设置自动在相应目录按设置的命名格式生

成图像；

⑤ 评片：评片人员在评片计算机上实时进行图像评定。

(2) 产污环节

检测系统工作流程及产污环节图见图 9-5。

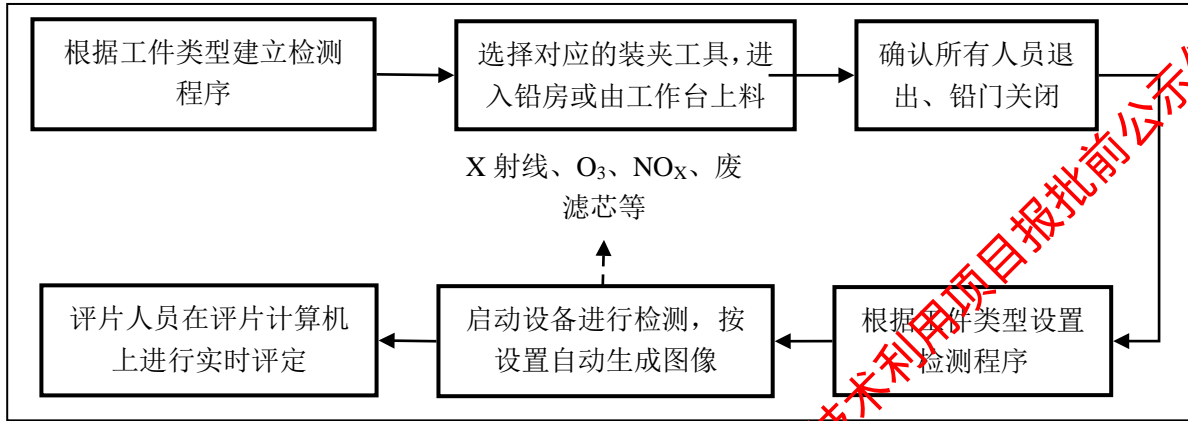


图 9-5 检测系统工作流程及产污环节图

## 污染源项描述

运行期不产生放射性三废，主要污染源项为 X 射线、O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 臭氧等有害气体，臭氧过滤系统滤芯等。

### 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。电子束焊缝自动化检测系统使用的 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，在检测期间，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 225kV，最大管电流为 15mA。

### 2、非放射性污染物

#### (1) O<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub>

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 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。

电子束焊缝自动化检测系统铅房内安装机械通风系统及臭氧过滤系统，通风口位于右上角，铅房内每小时有效通风次数不小于 5 次。

#### (2) 冷却循环水

本项目采用循环水进行冷却，循环水不外排。

(3) 臭氧过滤系统的滤芯

臭氧过滤系统的滤芯一般 3 年更换一次，废滤芯由西安航天发动机有限公司按一般固体废物回收处理。

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统核技术应用项目报批前公示使用

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) 布局合理性分析

电子束焊缝自动化检测系统位于研究发展中心厂房中部，邻近区域北侧为过道，东侧为货架，南侧为货架，西侧为控制位、过道。地下为土层，二层无建筑。平面布局图见图 10-1。设备安装位置相对独立，射线系统向南照射，控制台及办公位位于西侧，布局较为合理，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2002）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。

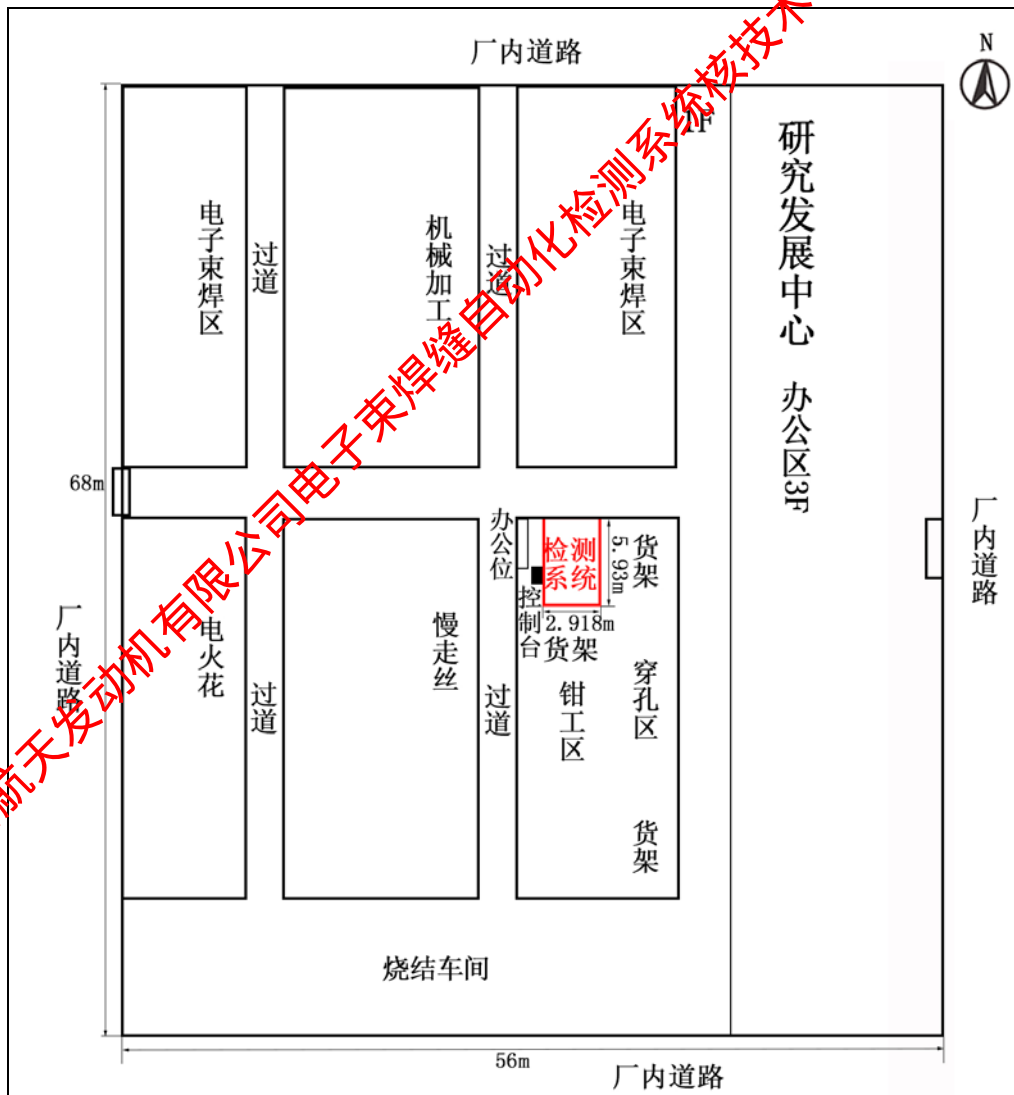


图 10-1 工作场所平面布置图

(2) 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，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。

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。

本项目位于研究发展中心厂房中部，将射线装置屏蔽铅房内的所有区域划分为控制区，铅房周边的控制台、办公位及北侧、东侧、南侧 1m 内的区域划分为监督区，辐射工作场所分区示意图见图 10-2。

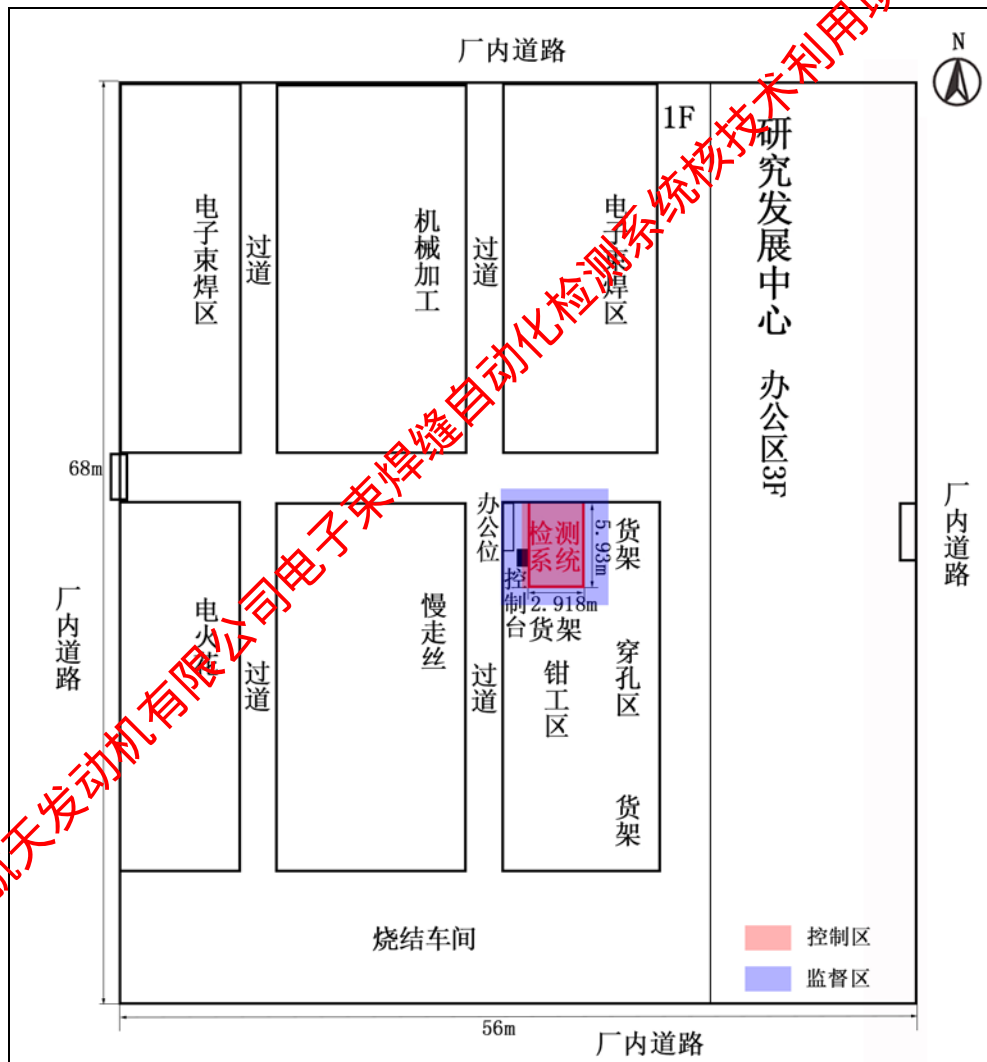


图 10-2 工作场所分区示意图

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，在射线装置运行时严禁人员入内。



采用地面警戒线等适当的手段划出监督区的边界，设立表明监督区的标识。设备工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员应尽量远离监督区。

## 2、辐射防护屏蔽设计

本项目自带铅房屏蔽，铅房外观呈长方体，整体为六面封闭式防护结构，铅房西侧开设 2 个防护铅门，主射束向南侧面照射。

铅房各屏蔽面的参数见表 10-1。铅房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	12mmPb
2	东侧面	14mmPb
3	南侧面	16mmPb
4	西侧面	14mmPb
5	顶面	10mmPb
6	底面	12mmPb
7	铅门 A、B	14mmPb
8	铅房主体	外部尺寸：5930mm×2918mm×3052mm

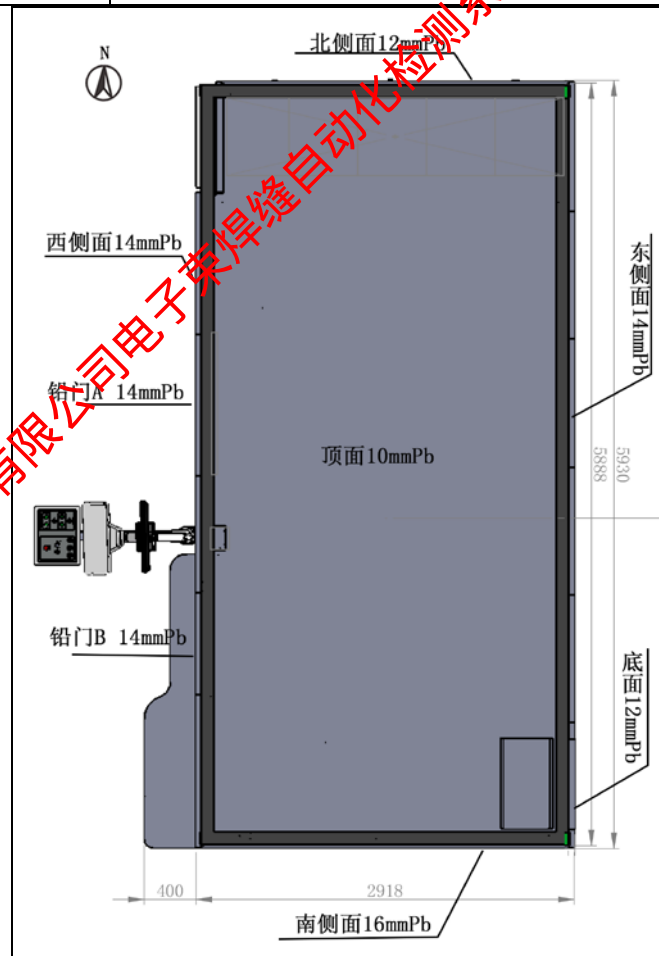


图 10-3 铅房防护设计示意图

### 3、辐射安全设施

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），电子束焊缝自动化检测系统拟采取的辐射安全措施如下：

(1) 门-机联锁：屏蔽铅房各铅门与 X 射线系统进行连锁控制，铅门关闭时方可发射射线，一旦铅门打开射线自动停止或无法开启。

(2) 工作状态指示装置：铅房门口及内部设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，指示装置与 X 射线系统联锁，并张贴“预备”和“照射”信号意义的说明。

(3) 电离辐射警示标识：铅房外设置电离辐射警示标志及中文警示说明。

(4) 急停按钮：铅房内四面墙体均安装急停按钮，急停按钮带有标签标明使用方法；急停按钮与铅门及 X 射线系统进行安全联锁，按下后射线机高压切断不能出束。

(5) 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；设置辐射警告、出束指示的警告等标识，控制台上安装急停按钮。

(6) 监控设备：配备海康威视 4 路 CCD 监视系统，包含摄像头、视屏分割器及监视器，摄像头安装于铅房内，方便了解操作过程中铅房内实时情况。

(7) 通风装置：安装机械通风系统及臭氧过滤系统，铅房内每小时有效通风次数不小于 5 次。排风管道外口向上，避开人员活动密集区。

(8) 拟配备 1 台个人剂量报警仪。2 名辐射工作人员已配备个人剂量计，每季度送往有资质单位监测 1 次，建立有个人剂量档案。西安航天发动机有限公司目前已配备 1 台 X-γ 辐射空气比释动能率仪，定期对辐射工作场所进行监测。

### 三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，非放射性废物主要包括 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>，臭氧过滤系统的滤芯。

项目 X 射线能量较低，检测过程中产生少量 O<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>。铅房内安装机械排风装置和臭氧过滤系统 1 套，每小时有效通风次数不小于 5 次，排风口位于右上角，避开人员密集的方向，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）“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”要求。

臭氧过滤系统的滤芯一般 3 年更换一次，废滤芯由西安航天发动机有限公司按一般固体废物处理。

表 11 环境影响分析

<p><b>建设阶段对环境的影响</b></p> <p>本次电子束焊缝自动化检测系统自带屏蔽铅房，铅房为全框架结构，安装较为便利，不需进行土建，建设期间主要产生噪声及包装废料。项目安装较简单，施工期较短，设备本身安装于研究发展中心厂房，周边无居民点等敏感目标，噪声对周边环境影响较小；少量包装废物可依托厂区现有设施进行收集处理。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。</p>
<p><b>运行阶段对环境的影响</b></p> <p>电子束焊缝自动化检测系统自带屏蔽铅房，铅房所在的研究发展中心厂房为单层厂房，厂房顶部及地下均无建筑，厂房顶部一般无人到达。设备为定向照射，主照射面为南侧。设备包含 2 套 X 射线系统，根据需要进行转换，2 套射线系统不同时使用，因此本次以管电压、管电流较大的恒压高频小焦点射线系统（最大管电压 225kV，最大管电流 15mA，最大管电压下的管电流 8mA）进行分析，当铅房满足该系统的屏蔽需求时，也能够满足微焦点射线系统的屏蔽（450kV/90W）。</p> <p>本次将铅房视为探伤室，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），出于安全保守考虑，选取 250kV 管电压的相关参数进行估算。</p> <p><b>一、理论计算模式</b></p> <p>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。</p> <p>(1) 确定铅房各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}c.d</math> (<math>\mu\text{Sv/h}</math>)。</p> $\dot{H}c.d = Hc / (t \cdot U \cdot T) \quad 1$ <p>式中：<math>Hc</math> 为周剂量参考控制水平，单位为 <math>\mu\text{Sv/周}</math>；  <math>U</math> 为探伤装置向关注点方向照射的使用因子；  <math>T</math> 为人员在相应关注点驻留的居留因子；  <math>t</math> 为探伤装置周照射时间，单位为 <math>\text{h/周}</math>，本项目为 25h。</p> <p>关注点剂量率参考控制水平 <math>\dot{H}c</math> 为 <math>\dot{H}c.d</math> 和 <math>\dot{H}c.max=2.5\mu\text{Sv/h}</math> 中的较小值。</p> <p>(2) 防护铅房顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：</p> <p>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</p>

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  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目铅房拟安装于厂房中部，铅房高 3.052m，与 3F 办公区的距离约 12m，经估算，办公区不在自辐射源点到铅房顶内表面边缘所张立体角区域内（立体角约 1.62Sr，厂房高度约 12m，立体角所张最大区域为距屏蔽铅房中心 9m 范围），且人员不需要到达铅房顶部，因此铅房顶部的剂量率参考控制水平取  $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 有用线束的屏蔽

关注点达到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 按下式计算，对估算出的屏蔽透射因子 B，查附录 B.1（见图 11-1）的曲线得出相应的屏蔽物质厚度 X：

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

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 8mA；

$H_0$  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  $6\times 10^4$ ，本项目参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.1，250kV 管电压下 0.5mmCu 滤过条件，取  $16.5\times 6\times 10^4\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2 / (\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

对给定的屏蔽物质厚度 X，由附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B。关注点的剂量率按公式 3 计算：

$$\dot{H} = I \cdot H_0 \cdot B / R^2 \quad 3$$

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；

R 为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

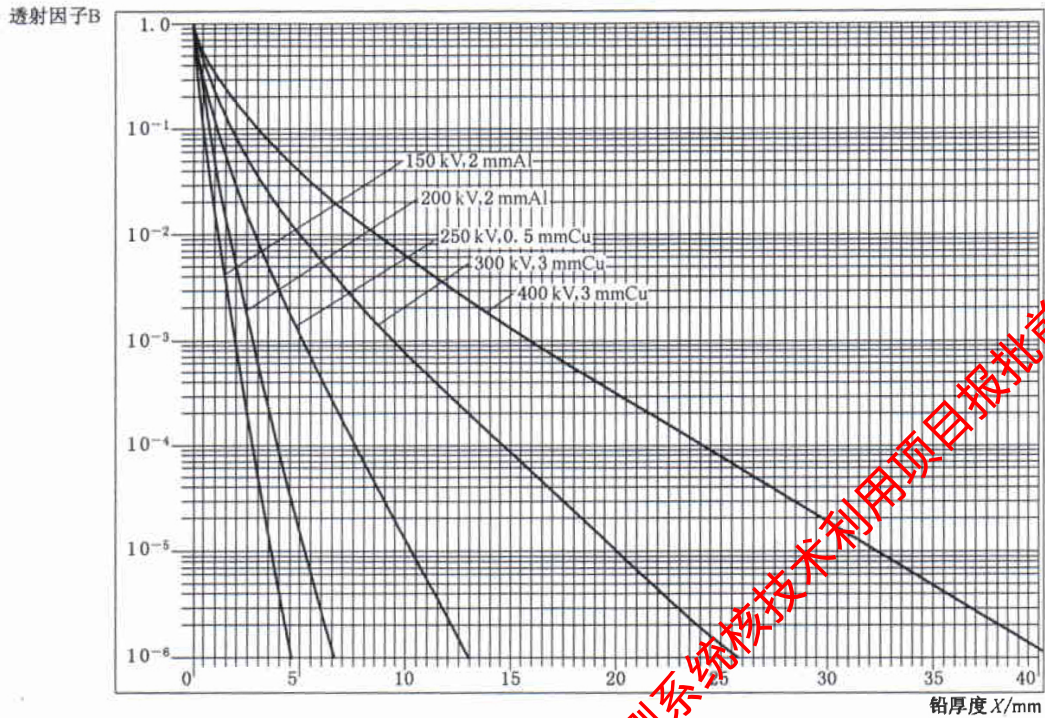


图 11-1 X 射线穿过铅的透射曲线

(4) 屏蔽厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相互计算

对于估算出的屏蔽透射因子 B，所需的屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad 4$$

式中：TVL 为屏蔽物质的什值层厚度，mm，本项目参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)附录 B 表 B.2，铅在 250kV 管电压下的 TVL 为 2.9mm。在 200kV 管电压下（90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值）的 TVL 为 1.4mm。

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子按下式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad 5$$

式中：X 为屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL 为屏蔽物质的什值层厚度，mm。

(5) 泄露辐射屏蔽物质的透射因子 B

$$B = \dot{H}_c \cdot R^2 / H_1 \quad 6$$

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；

$H_1$  为距离辐射源点(靶点)1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，

本项目取  $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

(6) 散射辐射屏蔽物质的透射因子 B

X 射线  $90^\circ$  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。本项目散射辐射 X 射线最高能量为 200kV。对应的 TVL 值为 1.4mm。

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：

$$B = H_C \cdot R_s^2 / I \cdot H_0 \cdot R_0^2 / F \cdot a \quad 7$$

式中： $H_C$  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，本项目取 8mA；

$H_0$  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， $\text{m}^2$ ；

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。

当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为  $20^\circ$  时， $R_0^2 / F a$  因子的值为 50（200kV~400kV）。本项目参考典型值取 50。

(7) 泄露辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄露辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个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），铅在 250kV 管电压下的半值层厚度为 0.86mm（《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.2）。

(8) 年有效剂量可按下式计算：

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

式中：P 年为年有效剂量，mSv/a；

t 为年工作时间，h，本项目为 1250h。

## 二、防护厚度核算

根据建设单位提供资料，电子束焊缝自动化检测系统周工作时间为 25h。对屏蔽铅房各侧面的防护厚度进行估算，辐射屏蔽参数见表 11-1。

由于技术协议中射线源与各屏蔽面的距离未明确，本次评价时根据射线源机械系统的最大行程保守取值，根据建设单位提供的资料，射线源使用时一般位于东西方向的中轴，因此与东侧面、西侧面的最近距离取 0.959m；与北侧面的最近距离取 0.75m，与南侧面的最近距离取 3.18m，设备有 2 个工件进出铅门，本次以与射线源最近的铅门 A 进行估算，与铅门 A 的最近距离取 0.959m。根据设备厂家提供的资料，射线源与地面距离为 1m，则与顶面的距离为 2.052m。关注点位置为各屏蔽面外 0.3m 处。

表 11-1 铅房外各关注点辐射屏蔽参数

方向	关注点	居留因子 T	距离 R (m)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	需屏蔽的辐射源
北侧面	A	1/4	1.050	0.8	泄露辐射、散射辐射
东侧面	B	1/4	1.259	0.8	泄露辐射、散射辐射
南侧面	C	1/4	3.480	0.8	有用线束
西侧面	D	1	1.259	2.5	泄露辐射、散射辐射
铅门	E	1	1.259	2.5	泄露辐射、散射辐射
顶面	F	1/16	2.352	10	泄露辐射、散射辐射

注：1、根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 A，西侧操作台、铅门外属于全居留，居留因子取 1；北侧为走道，东侧、南侧为货架，以上区域属于部分居留，居留因子取 1/4；屋顶为偶然居留，居留因子取 1/16；

根据估算，电子束焊缝自动化检测系统屏蔽铅房四周立面、铅门、顶面所需的屏蔽厚度计算结果见表 11-2。

表 11-2 屏蔽厚度估算结果 单位：mmPb

方向	关注点	有用线束估算所需防护厚度			设计防护厚度	符合性
南侧面	C	13			16	符合
		其余屏蔽面估算所需防护厚度			设计防护厚度	符合性
方向	关注点	泄露辐射防护厚度	散射辐射防护厚度	复合		
北侧面	A	10.89	7.36	10.89	12	符合
东侧面	B	10.43	7.14	10.43	14	符合
西侧面	D	8.99	6.44	9.85	14	符合
铅门	E	8.99	6.44	9.85	14	符合
顶面	F	2.77	3.44	4.30	10	符合

注：有用线束方向屏蔽透射因子为  $1.22 \times 10^{-6}$ ，屏蔽物质厚度查图 11-1 保守取 13mmPb。

综上，电子束焊缝自动化检测系统南侧面所需的铅屏蔽厚度为 13mmPb，实际设计厚度为 16mmPb；其余屏蔽面估算所需防护厚度为 4.30~10.89mmPb，实际设计厚度为 10~14mmPb，铅房四周立面、铅门、顶面的厚度均可以达到防护要求。以上估算未考虑工件及设备其他屏蔽设置，结果是偏保守的。

### 三、工作场所各关注点辐射剂量率估算

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

方向	关注点	屏蔽设计厚度 (mm)	距辐射源点距离 (m)	最大管电流 (mA)	主照射方向剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		
南侧面	C	16	3.480	8	0.654		
方向	关注点	屏蔽设计厚度 (mm)	距辐射源距离 (m)	最大管电流 (mA)	泄露剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	散射剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	总剂量率 ( $\mu\text{Sv/h}$ )
北侧面	A	12	1.050	8	0.330	$3.854 \times 10^{-4}$	0.331
东侧面	B	14	1.259	8	0.047	$9.993 \times 10^{-6}$	0.047
西侧面	D	14	1.259	8	0.047	$9.993 \times 10^{-6}$	0.047
铅门	E	14	1.259	8	0.047	$9.993 \times 10^{-6}$	0.047
顶面	F	10	2.352	8	0.322	$2.061 \times 10^{-3}$	0.324

注：根据图 11-1，屏蔽厚度为 16mmPb 时，对应的透射因子保守取  $1 \times 10^{-6}$ 。

由表 11-3 估算结果可知：在电子束焊缝自动化检测系统工作状态下，防护铅房四周墙体、铅门等各关注点剂量率范围为  $0.047 \sim 0.654 \mu\text{Sv/h}$ ，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。顶面的剂量率为  $0.324 \mu\text{Sv/h}$ ，小于  $100 \mu\text{Sv/h}$ ，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  $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

以上结果未考虑工件及设备其他构件的屏蔽作用，预测结果是偏保守的，实际运行过程中，各屏蔽面外的剂量率将更小。

### 四、个人有效剂量分析

根据建设单位提供资料，电子束焊缝自动化检测系统全年工作时间为 1250h。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 人员年有效剂量

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)	有效剂量限值 (mSv/a)
辐射工作人员	西侧面	1	1250	0.047	0.059	5
公众	北侧面	1/4	1250	0.331	0.103	0.25
	东侧面	1/4	1250	0.047	0.015	
	南侧面	1/4	1250	0.654	0.204	
	铅门	1	1250	0.047	0.059	
	顶面	1/16	1250	0.324	0.025	



(1) 辐射工作人员年有效剂量

根据估算结果可以看出，西侧辐射工作人员年累计受照射剂量为  $0.059\text{mSv/a}$ ，低于辐射工作人员剂量控制目标值  $5\text{mSv/a}$ 。

本项目 2 名辐射工作人员从现有人员中调配，考虑其同时从事厂区现有其他核技术利用项目的操作，根据西安航天发动机有限公司 2020 年 2 月~2021 年 2 月个人剂量监测报告（见附件），辐射工作人员的年个人剂量当量在  $0.12\sim 0.55\text{mSv}$  之间。本项目运行后，该 2 名辐射工作人员的年有效剂量最大为  $0.609\text{mSv/a}$ ，仍不超过  $5\text{mSv/a}$ ，满足相关标准要求。

(2) 公众年有效剂量

公众人员因该项目可能导致年累积受照射剂量为  $0.015\sim 0.204\text{mSv/a}$ ，低于公众人员剂量控制目标值  $0.25\text{mSv/a}$ 。以上估算未考虑工件及设备其他构件的屏蔽效果，预测结果是偏保守的，实际运行过程中，各屏蔽面外的剂量率将更小，且通过划定监督区，南侧面外  $1\text{m}$  内公众逗留的几率极小，公众与检测系统的距离更远，实际年有效剂量将远小于估算值。

综上，本项目建成运行后对工作人员及公众的影响较小。

## 事故影响分析

### 1、事故工况

电子束焊缝自动化检测系统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，导致在防护门未关到位的情况下射线发生器出束，使操作人员受到不必要的照射，这种辐射事故发生的可能性极低，但建设单位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

本次假设射线装置出现以上事故从而对误入铅房的工作人员产生误照射，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：

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

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 单位:s

设备	距靶 1m 处受到 20mSv 所需时间	距靶 1m 处受到 50mSv 所需时间
检测系统	9.09	22.73

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 9.09s，受到 50mSv 剂量当量的时间为 22.73s。因此应加强辐射工作人员的管理，防止辐射事故的发生。

### 2 事故防范措施建议

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

(2) 为防止人员误留辐射工作场所受到误照射，工作人员操作时必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

<p><b>辐射安全与环境保护管理机构的设置</b></p> <p>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。</p> <p>辐射安全与环境保护领导小组主要职责为：</p> <p>(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；</p> <p>(2) 对本厂的射线装置工作负总责，保证无射线事故发生；</p> <p>(3) 制定本厂的射线装置管理规定；</p> <p>(4) 研究审查新建、扩建、改建射线装置及其防护工作；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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。</p>
<p><b>辐射安全管理规章制度</b></p> <p>一、辐射安全管理现状</p> <p><b>1、辐射安全管理制度</b></p> <p>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》、《辐射安全防护管理规定》、《射线检测仪器使用管理规定》、《射线装置安全操作规程》、《射线装置人员培训管理制度》、《射线装置事故应急预案》、《射线装置操作人员岗位职责》、《仪器仪表维护、维修管理制度》、《辐射工作现场监测制度》等制度，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。</p> <p>西安航天发动机有限公司应针对本项目补充制定电子束焊缝自动化检测系统操作规范、岗位职责，并将设备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。</p> <p><b>2、人员培训及工作人员个人防护</b></p> <p>西安航天发动机有限公司现有 55 名辐射工作人员，均已参加辐射安全与防护培训</p>

班学习和考核，并取得培训合格证。辐射工作人员于 2019 年在核工业四一七医院进行了职业健康体检，并建立了健康档案。公司已配备铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜、铅围脖等个人防护用品，每名辐射工作人员均配备了个人剂量计并定期送检，建立了个人剂量档案。各射线装置工作场所已配备个人剂量报警仪。

本项目辐射工作人员从现有人员中调配，已配备个人剂量计并建立了个人剂量档案。本项目拟配备 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。公司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中，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	
	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	

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
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）	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	有
应急管理	结合本单位实际制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	有
	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	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射线管电压的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*	按标准要求划分控制区、监督区。	拟将铅房各屏蔽面内的区域划分为控制区；将铅房西侧控制位及其他方位 1m 内区域划分为监督区	
	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。	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。	铅房内设置机械通风设施，通风次数不少于 5 次/h
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	

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。	拟设置
			探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法。	拟设置
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	个人剂量计、监测仪已配备，个人剂量报警仪拟配备	

### 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 9 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。

(3) 辐射作业人员已全部配备个人剂量计。

本项目建成后，拟配备 1 台 X-γ 辐射个人剂量报警仪。

#### 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 2020 年度的监测报告，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）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 2020 年 2 月~2021 年 2 月 4 个季度的监测报告，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、本项目监测计划

本项目投产后，应定期对射线装置工作场所进行监测，监测要求如下：

辐射工作场所环境监测：(1) 委托有资质单位每年进行 1 次设备周围环境的监测，监测结果应记录并存档。(2) 利用已有的辐射监测仪器定期对设备周围环境进行监测，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。(3) 将设备周围环境的检测结果纳入本单位辐射安全和防护状况评估报告，在每年的 1 月 31 日前上报当地环保主管部门。

个人剂量监测：(1) 本项目辐射工作人员从已有人员中调配，已配置个人剂量计，应委托有资质单位定期对辐射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案。(2) 在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。运行期监测计划见表 12-3。

表 12-3 监测计划

监测项目	监测地点		监测周期
X、γ 辐射空气吸收剂量率	工作场所监测点	设备铅房外四周及顶部 0.3m 处工作人员控制位、电缆线管道孔及通风口等位置	建设单位定期进行自主监测；每年委托有资质单位监测 1 次
	周边环境监测点	周围人员活动较频繁的区域如钳工区等	

### 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 12-4。

表 12-4 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	补充电子束焊缝自动化检测系统操作规程、将其纳入应急预案管理
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
		铅房内设置机械通风系统，每小时有效通风次数不小于 5 次
		铅房外设置工作状态指示装置，并设置清晰地警示等意义说明；铅门及 X 射线机进行门-机联锁
		控制台上设置钥匙开关及紧急停机按钮；铅房内设急停按钮
		有用线束避开照射控制台的位置，不得堆放与设备诊断工作无关的杂物

续表 12-4 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收内容	防护措施
3	辐射安全防护措施	铅房四周立面、顶面、铅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，应每年检定 1 次，定期对本项目工作场所进行监测，记录监测数据并归档
		辐射工作人员已取得辐射安全和防护知识培训合格证，合格证过期后应及时重新培训；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

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以下内容：

- (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 2 小时内填写《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。

### 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。

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研究发展中心厂房新增 1 台电子束焊缝自动化检测系统用于工件的无损检测。该设备属于 II 类射线装置，最大管电压 225kV，最大管电流 15mA。项目总投资为 328 万元，环保投资为 6.4 万元，占总投资的 1.95%。

项目主要用于焊缝的无损检测，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、辐射环境影响

(1) 根据理论预测，检测系统防护铅房四周立面、铅门、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、铅门外各关注点剂量率范围为 0.047~0.654 $\mu$ Sv/h，小于 2.5 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h”的要求。顶面的剂量率为 0.324 $\mu$ Sv/h，小于 100 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h”要求。

(3) 在检测系统正常工作状态下，辐射工作人员年累计受照射剂量为 0.059mSv/a，低于辐射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 0.015~0.204mSv/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拟购置 1 台电子束焊缝自动化检测系统对工件进行无损检测。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) 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) 定期对辐射工作人员的个人剂量及工作场所环境辐射水平进行监测；
- (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) 进一步完善辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练；
- (6) 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；
- (7) 每年 1 月 31 日前向陕西省生态环境厅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。

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统技术利用项目报批前公示使用

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

仅供西安航天发动机有限公司电子束焊缝自动化检测系统技术利用项目报批前公示使用