

表 1 项目基本情况

建设项目名称		A7 厂房 5 座探伤室 15 台 X 射线探伤设备核技术利用项目			
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		西安市航天基地航天南路与天和四路十字东南角西安航天发动机有限公司新厂区 A7 厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		325	项目环保投资 (万元)	42	投资比例 (环保投资/总投资)
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)	1000
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		
		<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 多种荣誉称号，为我国航天事业的发展 and 国防现代化建设做出了杰出贡献。</p> <p>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。本项目位于新厂区，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新厂区 A7 厂房新建 5 座探伤室，新增 15 台 X 射线探伤机进行无损检测。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），X 射线探伤机属于 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》，本项目需进行环境影响评价。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 2021 年 11 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、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《A7 厂房 5 座探伤室 15 台 X 射线探伤设备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新厂区 A7 厂房新建 5 座 X 射线探伤机房（以下简称“X 机房”），每座机房安装 3 台 X 射线探伤机，总共新增 15 台 X 射线探伤机进行无损检测。机房北侧配套新建评片室、暗室等辅助用房。

根据公司提供的资料，本项目射线装置技术参数详见表 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
1	X 射线探伤机	未定	新厂区 A7 厂房 X 机房 1	225kV	20mA
2	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
3	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
4	X 射线探伤机	未定	新厂区 A7 厂房 X 机房 2	225kV	20mA
5	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
6	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
7	X 射线探伤机	未定	新厂区 A7 厂房 X 机房 3	225kV	20mA
8	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
9	X 射线探伤机	未定		225kV	20mA
10	X 射线探伤机	未定	新厂区 A7 厂房 X 机房 4	320kV	20mA
11	X 射线探伤机	未定		320kV	20mA
12	X 射线探伤机	未定		320kV	20mA
13	X 射线探伤机	未定	新厂区 A7 厂房 X 机房 5	320kV	20mA
14	X 射线探伤机	未定		320kV	20mA
15	X 射线探伤机	未定		320kV	20mA

(2) 工作制度及劳动定员

根据公司提供的资料，每个工作场所拟配备辐射工作人员 3 人，5 个场所共配备

15人，从现有辐射工作人员中调配。

运行期工作制度如下：X 机房 1~5 每次仅 1 台探伤机工作，每台设备每天最多曝光 3h，3 台设备每天最多曝光 9h；每周工作 5 天，每个机房每周最多曝光 45h；年工作 50 周，每个机房每年最多曝光 2250h。

5、平面布置及周边环境关系

(1) 周边环境关系

新厂区平面布置图见图 1-2，本项目位于新厂区 A7 厂房，该厂房西北侧为 A2 厂房、A9 厂房和绿化区，东北侧为在建厂房、临时项目部，东南侧为车棚、篮球场、西安航天城第八学校（在建）和安置小区（在建），西南侧为 A8 厂房和预留地。

A7 厂房局部平面布置图见图 1-3，X 机房 1~5 位于 A7 厂房西南角，机房东北侧隔通道为配套暗室、评片室、底片复查暂存间及机械加工区，东北侧为预留数字 X 射线机安装区、机械加工区，东南侧为厂房外绿化带，西北侧为 2F 办公室、卫生间等辅助用房区，机房为一层，地下无建筑。



图 1-2 新厂区平面布置示意图

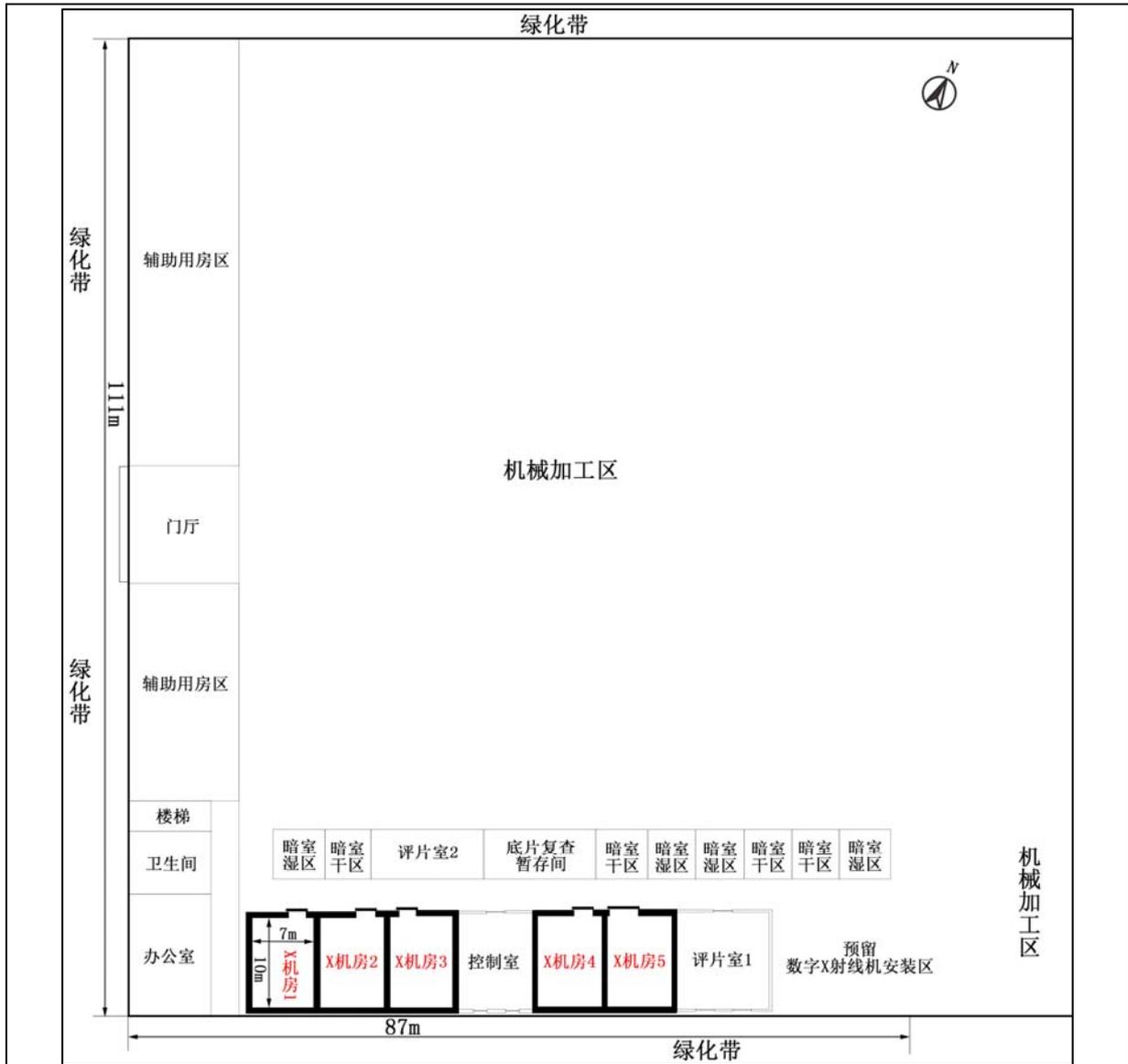


图 1-3 A7 厂房局部平面布置示意图

(2) 平面布置

各机房平面布置见图 1-4。从西到东依次为 X 机房 1~3、控制室、X 机房 4~5、评片室 1。X 机房 1、2、4 的探伤机靠西墙布置，射线向东照射；X 机房 3、5 的探伤机靠东墙布设，射线向西照射。

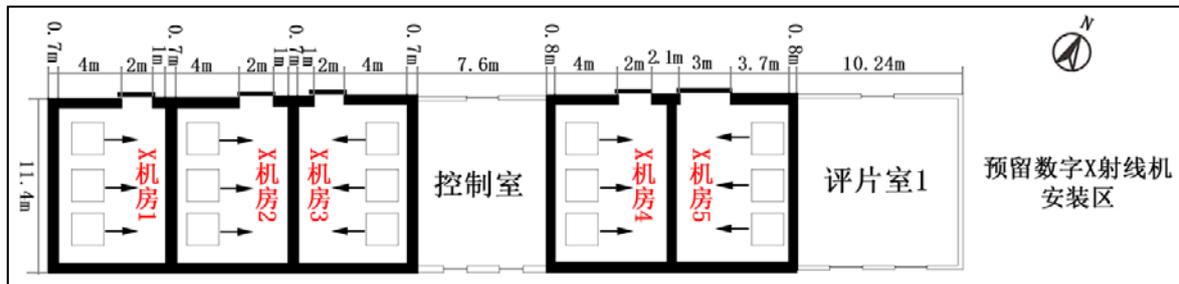


图 1-4 各机房平面布置示意图

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 套总装导管脉冲焊缝 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	铸件微焦点棒阳极 X 射线检测系统核技术利用项目	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，于 2021 年进行了自评价			
10	电子束焊缝自动化检测系统核技术利用项目	已取得西安市生态环境局的批复（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	已取得西安市生态环境局的环评批复（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# 厂房东探伤室
2	XYD1520 型 X 射线探伤机	XYD1520 型		158# 厂房东探伤室
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		
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
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，均已参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训，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

公司现有 19 处辐射工作场所，主要为工业 X 射线探伤机房、工业 CT 机房及各类数字 X 射线检测系统铅房，公司已为现有辐射工作场所配备了 31 台个人剂量报警仪，每个工作场所至少 1 台。公司已配套 2 套铅衣、铅手套、铅围裙、铅眼镜及铅围脖，用于紧急状况下的安全防护。

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，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

公司已配备 2 台 X-γ 辐射剂量率仪，每年检定 1 次。公司已制定《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。

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 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基础资料的收集、分析，了解项目所在区域辐射环境背景情况。

(2) 通过对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) 满足国家和地方环境保护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	X 射线探伤机	II类	3台	未定	225kV	20mA	无损检测	新厂区 A7 厂房 X 机房 1	/
2	X 射线探伤机	II类	3台	未定	225kV	20mA	无损检测	新厂区 A7 厂房 X 机房 2	/
3	X 射线探伤机	II类	3台	未定	225kV	20mA	无损检测	新厂区 A7 厂房 X 机房 3	/
4	X 射线探伤机	II类	3台	未定	320kV	20mA	无损检测	新厂区 A7 厂房 X 机房 4	/
5	X 射线探伤机	II类	3台	未定	320kV	20mA	无损检测	新厂区 A7 厂房 X 机房 5	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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
废显（定）影液	液态	/	/	/	5t	/	专用容器收集后暂存于厂区危废库	定期交由陕西新天地固体废物综合处置有限公司处置
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

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) 《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），国务院令第 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），生态环境部令第 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》，环境保护部令第 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) A7 厂房 5 座探伤室 15 台 X 射线探伤设备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辐射安全许可证； (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； (4) 现有辐射工作人员辐射安全与防护考核成绩报告单； (5) 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）； (6) 现有辐射工作人员职业健康检查报告及复查报告； (7) 《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）； (8) 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； (9) 《西安航天发动机有限公司 2 台 X 射线探伤设备（含铅房）及 A7 厂房 5 座探伤室 15 台 X 射线探伤设备核技术利用项目辐射环境现状监测》（XAZC-JC-2022-0019）； (10) 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探伤室实体屏蔽墙为边界,半径 50m 范围的区域,详见图 7-1、7-2。



图 7-1 项目评价范围示意图

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		与机房距离	长居留人员规模	个人年剂量约束值
新厂区 X 机房 1	辐射工作人员	东北侧控制室		15.4m	3 人	5mSv
		东北侧配套暗室及评片室 2 及底片复查暂存间		3.4m~19m		
	公众	西北侧	A7 厂房机械加工区、办公区	约 8.4m~50m	约 20 人	0.1mSv
		东北侧	X 机房 2~5、评片室 1、数字射线安装区、其余暗室、A7 厂房机械加工区	50m 范围内	约 35 人	
		西南侧	A7 厂房办公室	3.4m~12.4m	5 人	
西南、东南侧	厂内道路、篮球场、车棚	50m 范围内	流动人员			
新厂区 X 机房 2	辐射工作人员	东北侧控制室		7.7m	3 人	5mSv
		东北侧配套暗室及评片室 2 及底片复查暂存间		3.4m~21m		
	公众	西北侧	A7 厂房机械加工区、办公区	约 8.4m~50m	约 20 人	0.1mSv
		东北侧	X 机房 3~5、评片室 1、数字射线安装区、其余暗室、A7 厂房机械加工区	50m 范围内	约 35 人	
		西南侧	X 机房 1、A7 厂房办公室	紧邻~20m	8 人	
西南、东南侧	厂内道路、篮球场、车棚	/	流动人员			
新厂区 X 机房 3	辐射工作人员	东北侧控制室		紧邻	3 人	5mSv
		东北侧配套暗室及评片室 2 及底片复查暂存间		3.4m~21m		
	公众	西北侧	A7 厂房机械加工区、办公区	约 8.4m~50m	约 20 人	0.1mSv
		东北侧	X 机房 4~5、评片室 1、数字射线安装区、A7 厂房机械加工区	7.6m~50m	约 35 人	
		西南侧	X 机房 1~2、A7 厂房办公室	紧邻~27m	11 人	
西南、东南侧	厂内道路、篮球场、车棚	/	流动人员			
新厂区 X 机房 4	辐射工作人员	西南侧控制室		紧邻	3 人	5mSv
		东北侧配套暗室及底片复查暂存间		3.4m~14m		
		东侧评片室 1		7.7m~17m		
	公众	西北侧	A7 厂房机械加工区、办公	约 8.4m~50m	约 20 人	0.1mSv

			区、评片室 2、暗室			
		东北侧	X 机房 5、评片室 1、数字射线安装区、A7 厂房机械加工区、其他暗室	50m 范围内	约 35 人	
		西南侧	X 机房 1~3、A7 厂房办公室	7.6m~34m	14 人	
		西南、东南侧	厂内道路、篮球场、车棚	/	流动人员	
新厂区 X 机房 5	辐射工作人员	西南侧控制室		7.7m	3 人	5mSv
		东北侧配套暗室及底片复查暂存间		3.4m~14m		
		东侧评片室 1		紧邻		
	公众	西北侧	A7 厂房机械加工区、办公区、评片室 2、其他暗室	约 8.4m~50m	约 20 人	0.1mSv
		东北侧	数字射线安装区、A7 厂房机械加工区、暗室	约 10m~50m	约 35 人	
		西南侧	X 机房 1~4、A7 厂房办公室	紧邻~50m	17 人	
		西南、东南侧	厂内道路、篮球场、车棚	/	流动人员	

注：表中距离以各 X 机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）

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。

三、《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关内容

所有危险废物产生者和危险废物经营者应建造专用的危险废物贮存设施，也可利用原有构筑物改建成危险废物贮存设施。在常温常压下不水解的、不挥发的固体危险废物可在贮存设施内分别堆放，必须将危险废物装入容器内。禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。装载液体、半固体危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。盛装危险废物的容器上必须粘贴符合本标准所示的标签。应当使用符合标准的容器盛装危险废物。装载危险废物的容器及材质要满足相应的强度要求。装载危险废物的容器必须完好无损。盛装危险废物的容器材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）。危险废物堆放场所基础必须防渗，防渗层为至少 1m 厚粘土层（渗透系数 $\leq 10^{-7}$ cm/s），或 2mm 厚高密度聚乙烯，或至少 2mm 厚的其他人工材料，渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s。

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

项目位于航天基地航天南路与天和四路十字东南角的西安航天发动机有限公司新厂区，地理位置图见图 1-1。拟建探伤室位于新厂区 A7 厂房，场所位置见图 1-2、1-3。

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： 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

2021 年 12 月 6 日、2022 年 2 月 9 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、8-3。

表 8-2 A7 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		周围剂量当量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）	
			均值	标准偏差
1	X 机房 1 西侧通道	南侧	0.131	0.001
2		中部	0.130	0.001

3		北侧	0.129	0.001
4	X 机房 1	南侧	0.128	0.001
5		北侧	0.128	0.001
6		北侧通道	0.125	0.001
7	X 机房 2	南侧	0.132	0.001
8		北侧	0.133	0.001
9		北侧通道	0.131	0.001
10	X 机房 3	南侧	0.131	0.001
11		北侧	0.131	0.001
12		北侧通道	0.132	0.001
13	控制室	南侧	0.130	0.001
14		北侧	0.130	0.001
15		北侧通道	0.127	0.001
16	X 机房 4	南侧	0.127	0.001
17		北侧	0.127	0.001
18		北侧通道	0.127	0.001
19	X 机房 5	南侧	0.128	0.001
20		北侧	0.129	0.001
21		北侧通道	0.128	0.002
22	评片室 1	南侧	0.127	0.001
23		北侧	0.129	0.002
24		北侧通道	0.130	0.002
25	暗室湿区 1		0.131	0.001
26	暗室干区 1		0.131	0.001
27	评片室 2	西侧	0.132	0.001
28		东侧	0.131	0.002
29	底片复查暂存间	西侧	0.129	0.001
30		东侧	0.131	0.001
31	暗室干区 2		0.127	0.001
32	暗室湿区 2		0.129	0.002
33	暗室湿区 3		0.125	0.001
34	暗室干区 3		0.125	0.001
35	暗室干区 4		0.125	0.001
36	暗室湿区 4		0.125	0.001
37	胶片检测周转区		0.123	0.001
38	数字射线控制周转区 北侧通道	西侧	0.124	0.001
39		中部	0.124	0.001
40		东侧	0.124	0.001
41	数字射线控制周转区	西侧	0.124	0.001
42		中部	0.124	0.001
43		东侧	0.123	0.001
44	拟建铅房位置 ^①		0.125	0.001
45	预留数字射线机房 2		0.124	0.001

46	预留数字射线机房3	0.124	0.001
47	厂房南墙外绿化带	0.095	0.001

备注：① 为“西安航天发动机有限公司2台X射线探伤设备（含铅房）核技术利用项目”焊接棒阳极射线数字成像检测系统铅房，非本项目建设内容；
② 监测结果已校准，未扣除仪器对宇宙射线响应值（39nGy/h）。

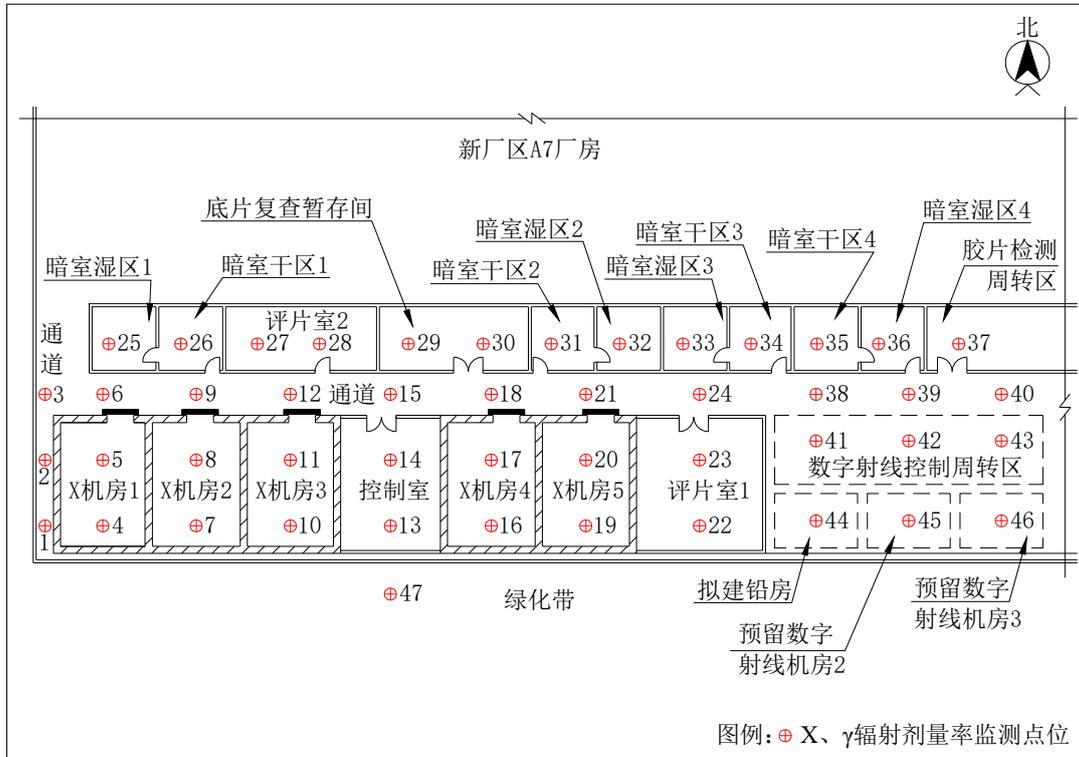


图 8-1 新厂区 A7 厂房现状监测点位示意图

(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、8-3，项目新厂区 A7 厂房室内各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 0.123~0.133 μ Gy/h，厂房南墙外绿化带 X、 γ 辐射剂量率测量值为 0.095 μ Gy/h。

扣除宇宙射线响应值后，A7 厂房室内各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 0.084~0.094 μ Gy/h，厂房南墙外绿化带 X、 γ 辐射剂量率测量值为 0.056 μ Gy/h。

对照《中国环境天然放射性水平》（2015 年 7 月），西安市原野 γ 辐射剂量率范围为 50.0~117.0nGy/h，道路 γ 辐射剂量率范围为 52.0~121.0nGy/h，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

工业 X 射线探伤机一般由 X 射线管头组装体、载物台、控制箱及连接电缆等组成。按照 X 射线发射的方向可分为定向式和周向式，按安装形式可分为固定式和移动式。X 射线管头组装体为 X 射线源发生装置，载物台为工件摆放及检测位置，控制箱及连接电缆为探伤机的动力驱动装置，通过控制系统的操作，使 X 射线源发射或停止，从而对工件进行检测。

根据公司提供的资料，本项目使用定向探伤机，详见图 9-1。

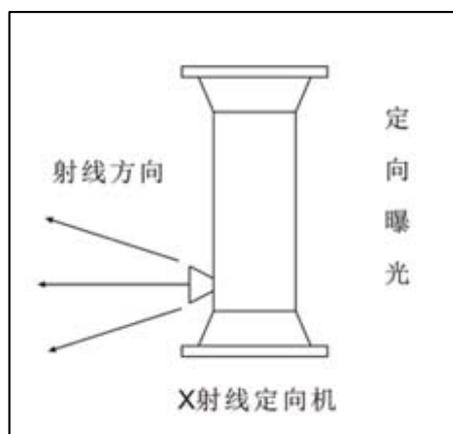


图 9-1 定向探伤机

2、工作原理

X 射线探伤机是利用 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。典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

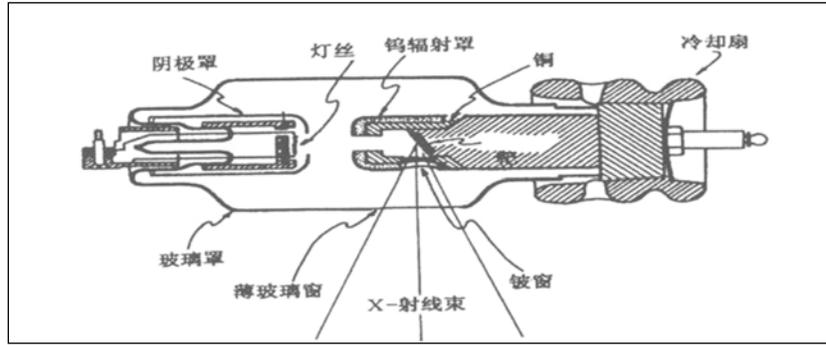


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

X 射线探伤机一般将胶片张贴在工件背面，X 射线穿透工件到达胶片上后，与普通光线一样，能使胶片感光，接收射线越多的部位颜色越深，这个作用叫做射线的照相作用。根据底片上有缺陷部位与无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

3、操作流程及产污环节

X 射线探伤机的操作流程及产污环节如下：

- ① 首先打开探伤室防护门，将工件运入探伤室，摆放至检测平台，在工件的另一侧贴上胶片；
- ② 人员全部退出探伤室，关闭防护门；
- ③ 确认 X 射线探伤机各电缆连接正确，接通电源开机，设定参数，曝光检测；
- ④ 检测结束，停止曝光，打开防护门，取回工件及胶片，洗片、评片。

探伤机工作流程及产污环节图见图 9-3。

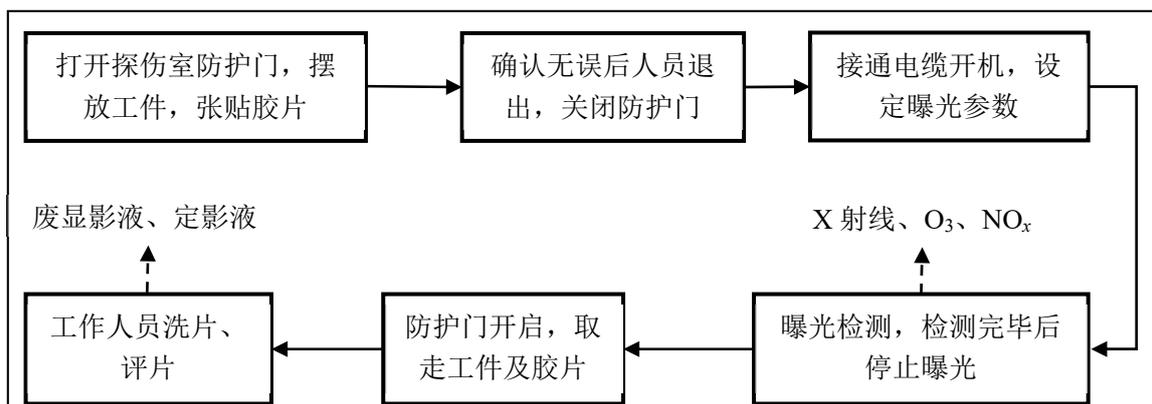


图 9-3 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

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、O₃ 和 NO_x 等有害气体以及废显（定）影液等，不产生放射性“三废”。

(1) X 射线

由工作原理可知，X 射线是随机器的开、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 射线经各屏蔽面后在机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 射线机最大管电压范围为 225~320kV，运行时将产生少量 O₃、NO_x。

(3) 废显（定）影液

项目使用胶片成像，所有胶片均存档，不产生废胶片。洗片过程产生的废显（定）影液属于《国家危险废物名录》（2021 年版）中的“HW16 感光材料废物”，年产生量约 5t，使用专用容器收集后暂存于厂区危废库，定期送交陕西新天地固体废物综合处置有限公司处置，处置协议见附件 8。

2、事故工况

在门-机连锁失效等事故情况下，人员在探伤室内可能受到不经屏蔽的 X 射线，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

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。

根据实际布局情况，将 A7 厂房 X 机房 1~5 墙壁及防护门以内的区域划分为控制区，将控制室、评片室 1、北侧走廊、X 机房 1 西侧走廊、厂房南墙外 1m 的区域划分为监督区。控制区各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等标识及警示文字。

分区示意图见图 10-1。

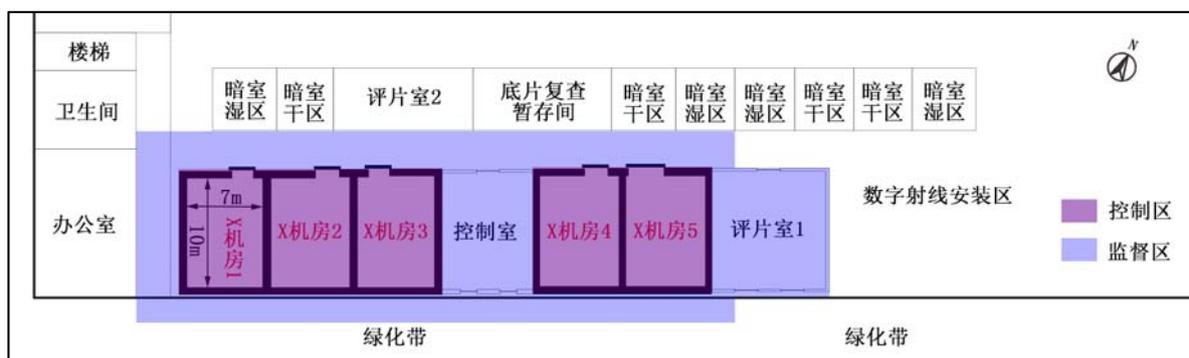


图 10-1 工作场所分区示意图

2、布局合理性分析

由图 1-4 可知，X 机房 1、2、4 的探伤机向东照射，X 机房 3、5 的探伤机向西照射，均避开了控制室的方向，也能够避开评片室 1、评片室 2、暗室等工作区，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开有用线束照射的方向”的要求。

3、辐射防护设计

(1) 机房屏蔽设计

根据公司提供的资料，X 机房 1~5 的设计参数见表 10-1、图 10-3、10-4。

表 10-1 X 机房 1~3 屏蔽设计参数

探伤室	位置	设计防护厚度及材料
X 机房 1~3	北墙	700mm 混凝土
	东墙	700mm 混凝土
	南墙	700mm 混凝土
	西墙	700mm 混凝土
	屋顶	600mm 混凝土
	防护门	25mm Pb
	机房净尺寸	长 10m×宽 7m×高 7.7m
	防护门尺寸	宽 2.03m×高 3m
X 机房 4、5	北墙	800mm 混凝土
	东墙	800mm 混凝土
	南墙	800mm 混凝土
	西墙	800mm 混凝土
	屋顶	600mm 混凝土
	防护门	38mm Pb
	机房净尺寸	长 10m×宽 7m×高 7.7m
	防护门尺寸	X 机房 4 为宽 2.03m×高 3m；X 机房 5 为宽 3.04m×高 3m

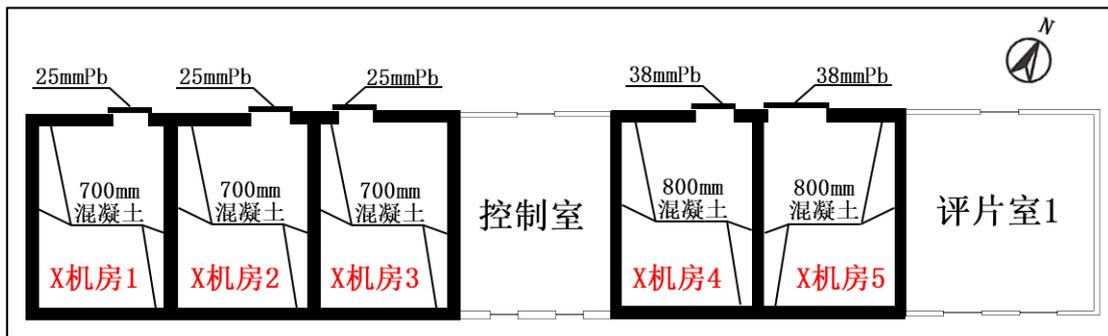


图 10-3 X 机房 1~5 屏蔽设计示意图-平面图

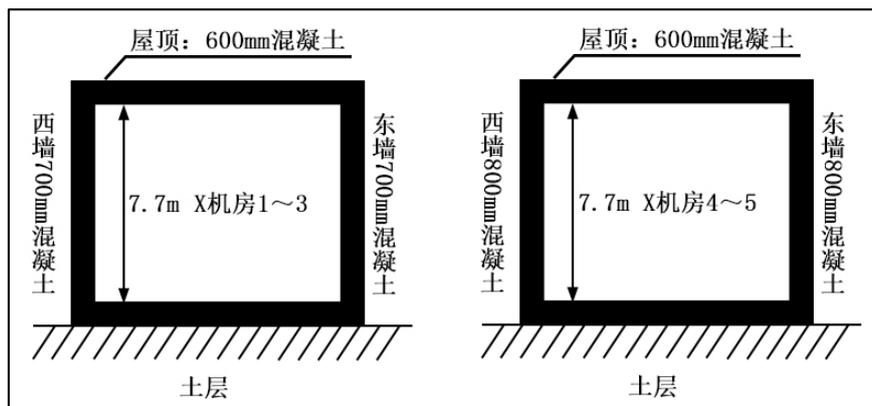


图 10-4 X 机房 1~5 屏蔽设计示意图-剖面图

② 辐射防护设施

X 机房 1~5 拟采取的辐射防护设施见图 10-5。

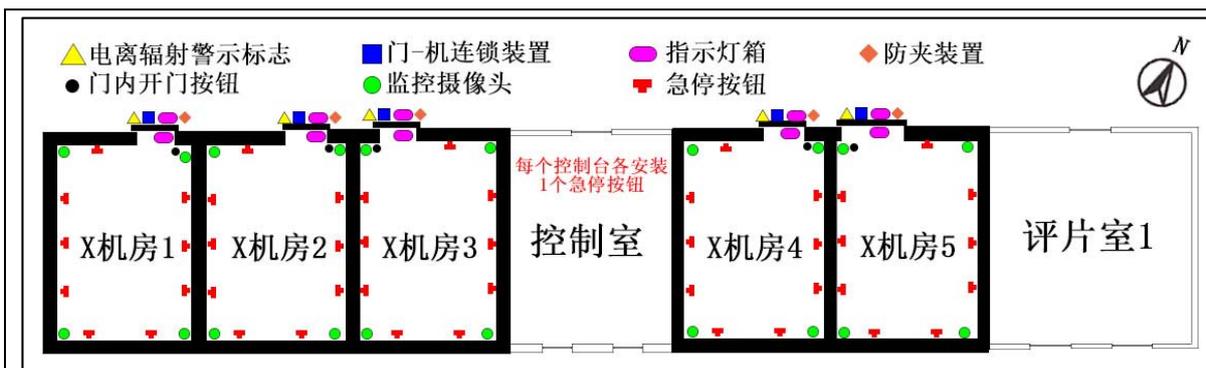


图 10-5 X 机房 1~5 辐射防护设施示意图

由图可知，X 机房 1~5 拟采取的防护措施有：

- A 每个机房防护门外张贴电离辐射警告标志和中文警示说明；
- B 每个机房设置门-机连锁装置，只有防护门关闭后方能出射线，门打开则停止照射；
- C 每个机房门口和内部设置指示灯箱和声音提示装置，灯箱与探伤机连锁，灯箱用不同颜色和文字指示“预备”和“照射”的工作状态，并伴随声音提示，预备状态较长，足够探伤室内人员安全离开；机房内外墙上张贴“预备”和“照射”信号意义的说明；
- D 每个机房防护门设置防夹装置，当关门过程中检测到有人靠近或通过时将停止关门，以防人员夹伤；
- E 每个机房门内门口处设置 1 个开门按钮，按下后即可从内部打开防护门，同时停止曝光，便于紧急状态下工作人员从内部开门；
- F 每个机房内四角各设 1 个监控摄像头并带语音提示，监测到无关人员进入时会报警，同时能够实时观察工作人员进出和工件检测的状态；
- G 每个机房四面墙体共设置 9 个急停按钮，设标签标明使用方法，便于紧急状态下工作人员就近按动按钮停止曝光。
- H 每个机房内设置机械通风，通风量为 $5350\text{m}^3/\text{h}$ ，机房体积为 539m^3 ，每小时有效通风次数约为 10 次。通风管道连接至厂房总通风管道，最终从楼顶排出，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”要求。
- I 每台探伤机 X 射线管头均带有铭牌，标明制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压管电流等；

J 每台探伤机配备独立的控制台，每个控制台均设有显示器，能够显示高压接通或断开状态，设有高压接通时的外部报警和指示装置，控制台与探伤机联锁，设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后方能曝光出束。每个控制台均设有急停按钮。

K 监测仪器及个人防护用品：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；为每个 X 机房配备 1 台个人剂量报警仪，用于工作人员进出探伤室时随身携带。

③ 辐射安全设计与相关标准要求对照分析

项目拟采取的辐射安全设计与《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)的符合性分析见表 10-2。

表 10-2 X 机房 1~5 辐射防护设计对照分析

项目	要求	本项目情况	是否符合
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	X 机房 1~5 防护门围成的区域划分为控制区，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	控制室与机房分开，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	X 机房 1~5 设有机械通风，每小时有效通风次数约为 10 次，排风口设置于楼顶，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	防护门外张贴电离辐射警告标识和中文警示说明	符合
	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	机房门口和内部设置指示灯箱和声音提示装置，灯箱用不同颜色和文字指示工作状态，并伴随声音提示	符合

	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	机房内外张贴“预备”和“照射”信号意义说明	符合
辐射安全与连锁	探伤室设置门-机连锁装置	X 机房 1~5 防护门均设置门-机连锁，防护门设置防夹装置，门口设内部开门按钮	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	每个机房的四面墙体共设置 9 个急停按钮，设标签标明使用方法	符合
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	依托现有监测仪；辐射工作人员均为现有人员，已配备个人剂量计；各机房配备1台个人剂量报警仪	符合

综上，X 机房 1~5 的辐射防护设计满足《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 以及废显（定）影液等。

(1) O₃、NO_x

本项目各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，X 机房 1~5 拟设置机械通风装置，通风量为 5350m³/h，每小时有效通风次数约为 10 次，机房排风管道连接至厂房总通风管道，最终从楼顶排出。

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。

(2) 废显（定）影液

本项目 X 射线探伤机使用胶片成像，洗片时将产生废显（定）影液，年产生量约为 5t。废显（定）影液属于《国家危险废物名录》（2021 年版）中的“HW16 感光材料废物”，建设单位拟采用专用容器收集后暂存于危废库，定期送交陕西新天地固体废物综合处置有限公司处置，处置协议见附件。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

建设期主要环境影响为施工扬尘、噪声、建筑垃圾及施工人员生活污水、生活垃圾。项目施工现场位于A7厂房内，经厂房围挡和隔声，施工扬尘和噪声影响较小。施工人员生活污水可依托厂区现有污水处理设施处理，生活垃圾依托现有设施收集后纳入现有运输处理系统，建筑垃圾由公司施工结束后统一运至建筑垃圾填埋场。

通过以上措施，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 X 射线探伤机高压出束时 X 射线对机房四周屏蔽面、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，首先核算各辐射工作场所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）。

(1) 确定探伤室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： $\dot{H}c$ 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) 探伤室顶部的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，距探伤室顶外表面 30cm 处和（或）在该立体角内的高层建筑物中人员驻留处，辐射屏蔽的剂量参考控制水平同(1)。

② 除①的条件外，应考虑下列情况：

a 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(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 按下式计算，然后由《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 。

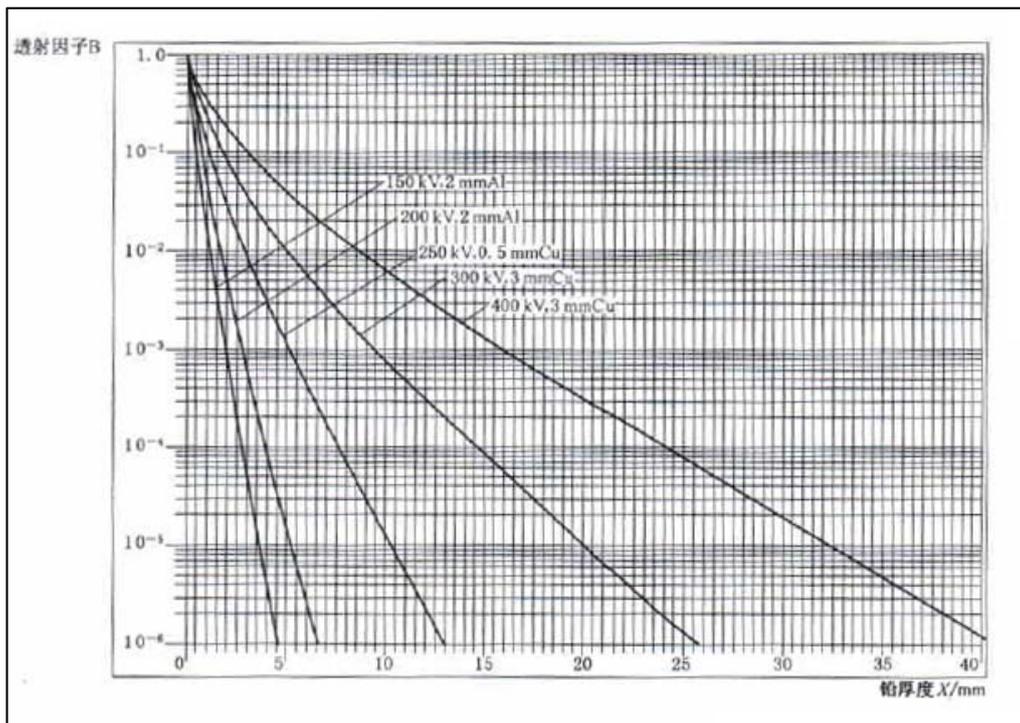


图 11-1 X 射线穿过铅的透射

b 对于给定的屏蔽物质 X ，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 ，或由公式 3 求出对应的屏蔽透射因子 B 。再按照公式 4 计算关注点的剂量 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)。

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

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 \dot{H}_C 时所需的屏蔽透射因子。

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

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

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

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：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad \text{公式 6}$$

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：

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

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 6 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) 年有效剂量可按下式计算:

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

式中: $P_{\text{年}}$ 为年有效剂量, mSv/a;

t 为年工作时间, h。

二、估算情形设定及相关参数

根据建设单位提供的资料, X 机房 1~3 的各屏蔽面厚度、探伤机参数相同, 运行

工况相同，每个机房每次仅 1 台探伤机工作，因此本次以 X 机房 3 为代表进行估算，当该机房的屏蔽能力与场所辐射水平满足要求时，说明 X 机房 1~2 也可以满足要求。同理，X 机房 4 与 X 机房 5 的各屏蔽面厚度、探伤机参数相同，照射方向对称，每间机房每次仅 1 台探伤机工作，以 X 机房 4 为代表进行估算，当该机房的屏蔽能力与场所辐射水平满足要求时，说明 X 机房 5 也可以满足要求。在估算个人剂量时，根据关注点的位置，综合考虑多个探伤室的叠加影响。

项目探伤机的型号未定，保守以全部为便携式探伤机，照射方向固定，射线源与四周墙体与防护门最近距离为 1m（根据建设单位提供的资料），与屋顶内表面的最近距离为 6.5m 进行估算。机房外主要关注点为四周屏蔽面外 0.3m 处、防护门外 0.3m 处及屋顶外 0.3m 处。关注点示意图见图 11-2~11-4。

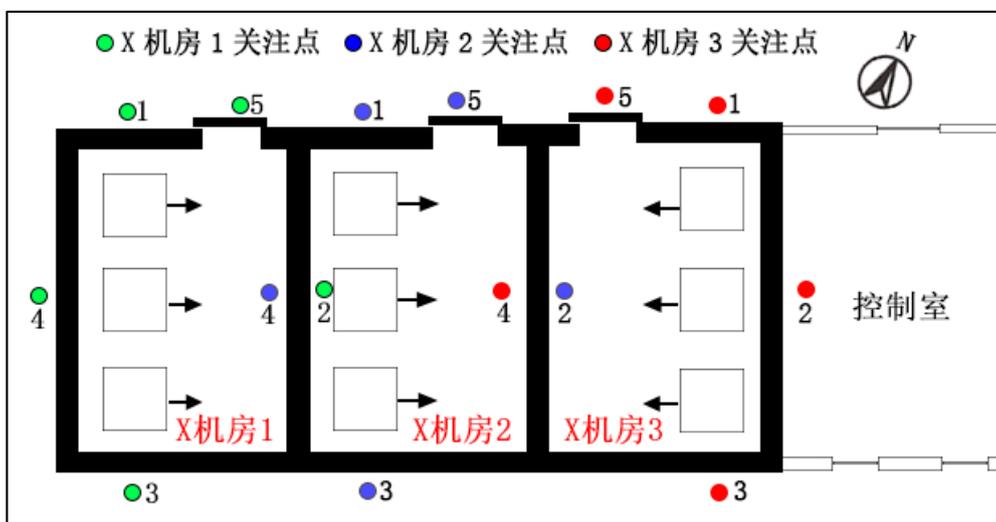


图 11-2 X 机房 1~3 平面关注点示意图

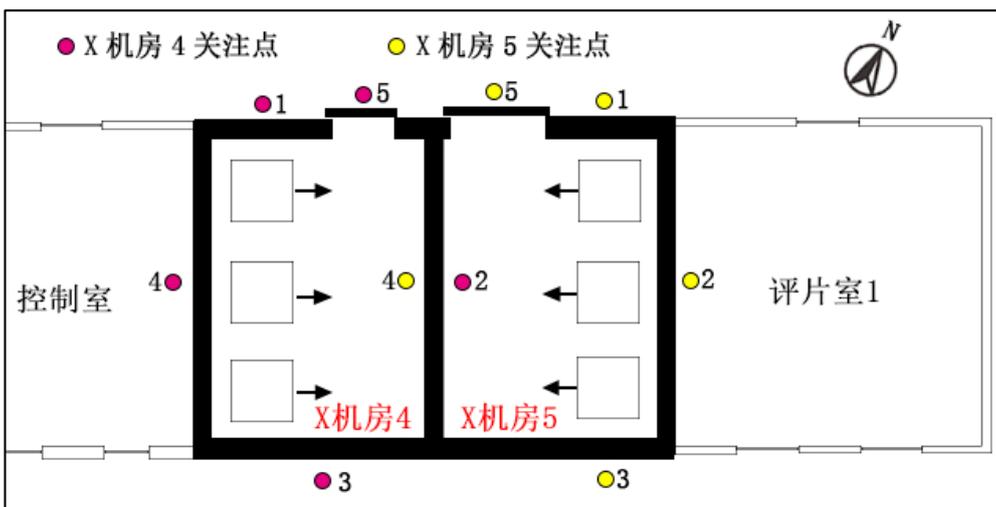


图 11-3 X 机房 4、5 平面关注点示意图

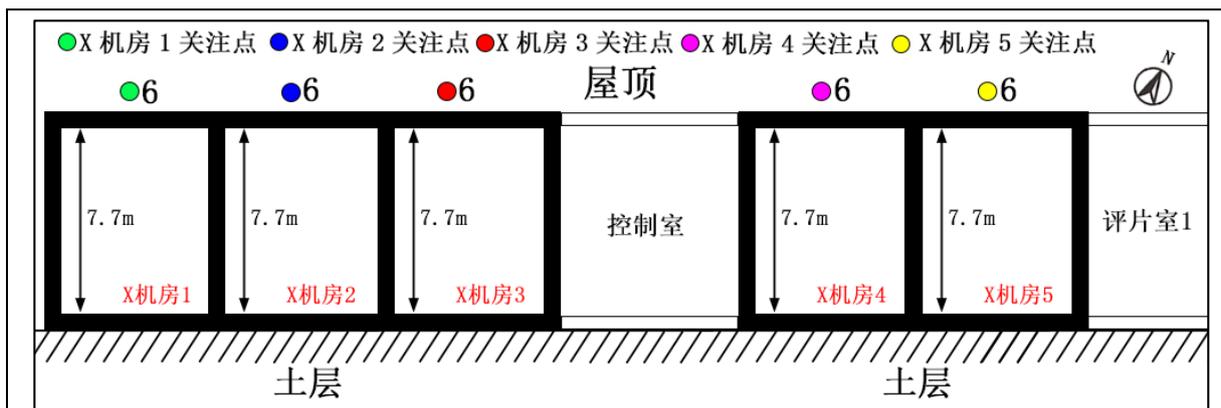


图 11-4 X 机房 1~5 剖面关注点示意图

X 机房 1~3 的各关注点中北墙、防护门、南墙和屋顶外的周边环境相同，估算结果相同；X 机房 3 东墙外为控制室，居留因子取 1，X 机房 1、2 东墙外为相邻探伤室，居留因子取 1/2，因此 X 机房 3 东墙外的估算结果偏保守；X 机房 2、3 西墙外为相邻探伤室，居留因子取 1/2，X 机房 1 西墙外为走廊，居留因子取 1/4，X 机房 3 西墙外的估算结果偏保守。综上，X 机房 3 的估算结果可以说明 X 机房 1、2 的防护能力和场所辐射水平。

X 机房 4、5 的各关注点中北墙、防护门、南墙和屋顶外的周边环境相同，估算结果相同；X 机房 4 东西墙外的环境与 X 机房 5 的相似，估算结果相似。综上，X 机房 4 的估算结果可以说明 X 机房 5 的防护能力和场所辐射水平。

1、X 机房 1~3 估算参数

X 机房 1~3 的探伤机最大管电压为 225kV，最大管电流为 20mA，每个机房的周曝光时间为 45h。

根据《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；采用线性内插法计算可得，225kV 管电压下对应铅的什值层/半值层厚度为 2.15mm/0.64mm，混凝土的什值层/半值层厚度为 88mm/27mm，200kV 管电压下铅的什值层为 1.4mm，混凝土的什值层为 86mm。

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 X 机房 3 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
北墙外 0.3m 处	1/2	2	0.2	泄漏辐射、散射辐射

东墙外 0.3m 处	1	2	2.2	泄漏辐射、散射辐射
南墙外 0.3m 处	1/8	2	0.9	泄漏辐射、散射辐射
西墙外 0.3m 处	1/2	2	0.2	有用线束
防护门外 0.3m 处	1/2	1.3	0.2	泄漏辐射、散射辐射
屋顶外 0.3m 处	1/16	7.4	2.5	泄漏辐射、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，北墙及防护门外为运送工件位置，居留因子取 1/2；东墙外为控制室，属于全居留，居留因子取 1；南墙外为绿化区及人行道，偶尔有人员通过，居留因子取 1/8；西墙外为相邻的 X 机房 2，居留因子取 1/2；屋顶一般无人员到达，属偶然居留，居留因子取 1/16；

2、由于机房西侧办公区为 2F，保守考虑，X 机房 3 屋顶的剂量率参考控制水平取 2.5 μ Sv/h。

2、X 机房 4~5 估算参数

X 机房 4~5 的探伤机最大管电压为 320kV，最大管电流为 20mA，每个机房的周照射时间为 45h。

根据《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 400kV、3mm 铜过滤条件下的输出量 23.5mGy·m²/(mA·min)；泄漏辐射剂量率取 5×10³ μ Sv/h；X 射线 90°散射辐射最高能量对应的 kV 值取 250kV；采用线性内插法计算可得，320kV 管电压下铅的什值层/半值层厚度为 6.2mm/1.86mm，混凝土的什值层/半值层厚度为 100mm/30mm。250kV 管电压下铅的什值层为 2.9mm，混凝土的什值层为 90mm。

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 11-2。

表 11-2 X 机房 4 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 (μ Sv/h)	需屏蔽的辐射源
北墙外 0.3m 处	1/2	2.1	0.2	泄漏辐射、散射辐射
东墙外 0.3m 处	1/2	2.1	0.2	有用线束
南墙外 0.3m 处	1/8	2.1	0.9	泄漏辐射、散射辐射
西墙外 0.3m 处	1	2.1	2.2	泄漏辐射、散射辐射
防护门外 0.3m 处	1/2	1.3	0.2	泄漏辐射、散射辐射
屋顶外 0.3m 处	1/16	7.4	2.5	泄漏辐射、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，北墙及防护门外为运送工件位置，居留因子取 1/2；东墙外为相邻的 X 机房 5，居留因子取 1/2；南墙外为绿化区及厂外道路，偶尔有人员通过，居留因子取 1/8；西墙外为控制室，属于全居留，居留因子取 1；屋顶一般无人员到达，属偶然居留，居留因子取 1/16；

2、由于机房西侧办公区为 2F，保守考虑，X 机房 4 屋顶的剂量率参考控制水平取 2.5 μ Sv/h。

三、机房屏蔽能力估算

根据公式 2、3、5、8，估算 X 机房 3、4 工作时各屏蔽面所需的屏蔽厚度，估算结果见表 11-3、11-4。

表 11-3 X 机房 3 防护厚度核算结果

屏蔽面		H _c (μSv/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
北墙	泄漏	0.2	2	1.78E-04	330.0	485.8mm 混凝土	700mm 混凝土	符合
	散射			2.24E-06	485.8			
东墙	泄漏	2.2	2	1.78E-03	242.0	399.8mm 混凝土	700mm 混凝土	符合
	散射			2.24E-05	399.8			
南墙	泄漏	0.9	2	7.11E-04	277.0	434.0mm 混凝土	700mm 混凝土	符合
	散射			8.98E-06	434.0			
西墙	有用	0.2	2	4.49E-08	646.6mm 混凝土		700mm 混凝土	符合
防护 门	泄露	0.2	1.3	7.51E-05	8.9	9.5mm Pb	25mm Pb	符合
	散射			9.48E-07	8.4			
屋顶	泄露	2.5	7.4	2.74E-02	137.5	297.7mm 混凝土	600mm 混凝土	符合
	散射			3.46E-04	297.7			

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。

由估算结果可知，X 机房 3 西墙所需的混凝土屏蔽厚度为 646.6mm，实际设计厚度为 700mm；其余北、东、南墙估算所需的混凝土防护厚度为 399.8~485.8mm，实际设计厚度为 700mm；防护门所需的防护厚度为 9.5mmPb，实际设计厚度为 25mmPb；屋顶估算所需的混凝土防护厚度为 297.7mm，实际设计厚度为 600mm；因此，X 机房 3 的设计厚度可以满足防护要求，可以推断，X 机房 1、2 的设计厚度也可以满足防护要求。

表 11-4 X 机房 4 防护厚度核算结果

屏蔽面		H _c (μSv/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
北墙	泄漏	0.2	2.1	1.96E-04	371	518mm 混凝土	800mm 混凝土	符合
	散射			1.74E-06	518			
东墙	有用	0.2	2.1	3.48E-08	746mm 混凝土		800mm 混凝土	符合
南墙	泄漏	0.9	2.1	7.84E-04	311	464mm 混凝土	800mm 混凝土	符合
	散射			6.95E-06	464			
西墙	泄漏	2.2	2.1	1.96E-03	271	428mm 混凝土	800mm 混凝土	符合
	散射			1.74E-05	428			
防护 门	泄露	0.2	1.3	7.51E-05	26	26mm Pb	38mm Pb	符合
	散射			6.66E-07	18			
屋顶	泄露	2.5	7.4	2.74E-02	156	325mm 混凝土	600mm 混凝土	符合
	散射			2.43E-04	325			

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。

由估算结果可知，X 机房 4 东墙所需的混凝土屏蔽厚度为 746mm，实际设计厚度

为 800mm；其余北、南、西墙估算所需的混凝土防护厚度为 428~518mm，实际设计厚度为 800mm；防护门所需的防护厚度为 26mm Pb，实际设计厚度为 38mm Pb；屋顶估算所需的混凝土防护厚度为 325mm，实际设计厚度为 600mm；因此，X 机房 4 的设计厚度可以满足防护要求，可以推断，X 机房 5 的设计厚度也可以满足防护要求。

四、场所辐射水平

1、X 机房 1~3

根据公式 4、6、7、9 估算 X 机房 3 工作时各关注点的剂量率，结果见表 11-5。

表 11-5 X 机房 3 外关注点剂量率估算结果

点位描述	屏蔽设计厚度	H ₀ (μSv/h)	距离 (m)	屏蔽透射因子		剂量率 (μSv/h)	总剂量率 (μSv/h)
北墙外 0.3m 处	700mm 混凝土	990000	2	泄漏	1.11E-08	1.39E-05	7.32E-04
				散射	7.25E-09	7.18E-04	
东墙外 0.3m 处	700mm 混凝土	990000	2	泄漏	1.11E-08	1.39E-05	7.32E-04
				散射	7.25E-09	7.18E-04	
南墙外 0.3m 处	700mm 混凝土	990000	2	泄漏	1.11E-08	1.39E-05	7.32E-04
				散射	7.25E-09	7.18E-04	
西墙外 0.3m 处	700mm 混凝土	990000	2	1.11E-08		5.50E-02	
防护门外 0.3m 处	25mm Pb	990000	1.3	泄漏	2.36E-12	6.97E-09	6.97E-09
				散射	1.39E-18	3.26E-13	
屋顶外 0.3m 处	600mm 混凝土	990000	7.4	泄漏	1.52E-07	1.39E-05	7.77E-04
				散射	1.06E-07	7.63E-04	

由估算结果可知，X 机房 3 在最不利工况运行时，机房四周屏蔽墙、防护门外等关注点的剂量率范围为 6.97E-09~5.50E-02μSv/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 2.5μSv/h”的要求和表 11-1 中估算的剂量率参考控制水平。屋顶的剂量率为 7.77E-04μSv/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。

由此可以推断，X 机房 1、2 在最不利工况运行时，各关注点剂量率也可以满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关标准要求及本次确定的剂量率参考控制水平。

此外，考虑到相邻机房对南北墙外机房连接处关注点（见图 11-5）均产生影响，保守将南北墙外的剂量率进行叠加，则北 1、北 2、南 1、南 2 关注点的叠加剂量为 1.46E-03μSv/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。

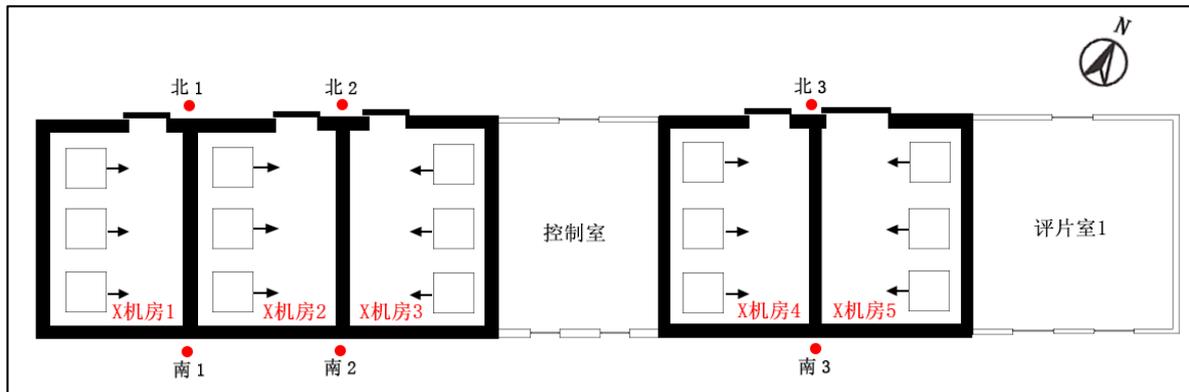


图 11-5 受到叠加影响的关注点示意图

2、X 机房 4~5

根据公式 4、6、7、9，估算 X 机房 4 工作时各关注点的剂量率，结果见表 11-6。

表 11-6 X 机房 4 外关注点剂量率估算结果

点位描述	屏蔽设计厚度	H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	距离 (m)	屏蔽透射因子		剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
				泄漏	散射		
北墙外 0.3m 处	800mm 混凝土	1410000	2.1	泄漏	$1.00\text{E-}08$	$1.13\text{E-}05$	$1.77\text{E-}04$
				散射	$1.29\text{E-}09$	$1.65\text{E-}04$	
东墙外 0.3m 处	800mm 混凝土	1410000	2.1	$1.00\text{E-}08$		$6.39\text{E-}02$	
南墙外 0.3m 处	800mm 混凝土	1410000	2.1	泄漏	$1.00\text{E-}08$	$1.13\text{E-}05$	$1.77\text{E-}04$
				散射	$1.29\text{E-}09$	$1.65\text{E-}04$	
西墙外 0.3m 处	800mm 混凝土	1410000	2.1	泄漏	$1.00\text{E-}08$	$1.13\text{E-}05$	$1.77\text{E-}04$
				散射	$1.29\text{E-}09$	$1.65\text{E-}04$	
防护门外 0.3m 处	38mm Pb	1410000	1.3	泄漏	$7.43\text{E-}07$	$2.20\text{E-}03$	$2.20\text{E-}03$
				散射	$7.88\text{E-}14$	$2.63\text{E-}08$	
屋顶外 0.3m 处	600mm 混凝土	1410000	7.4	泄漏	$1.00\text{E-}06$	$9.13\text{E-}05$	$2.31\text{E-}03$
				散射	$2.15\text{E-}07$	$2.22\text{E-}03$	

由估算结果可知，X 机房 4 在最不利工况运行时，机房四周屏蔽墙、防护门等关注点的剂量率范围为 $1.77\text{E-}04\sim 6.39\text{E-}02\mu\text{Sv/h}$ ，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 11-2 中估算的剂量率参考控制水平。屋顶的剂量率为 $2.31\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，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。

由此可以推断，X 机房 5 在最不利工况运行时，各关注点剂量率也可以满足《工

业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中相关标准要求及本次确定的剂量率参考控制水平。

此外，考虑到相邻机房对南北墙外机房连接处关注点（见图 11-5）均产生影响，保守将南北墙外的剂量率进行叠加，则北 3、南 3 关注点的叠加剂量为 $3.53E-04\mu\text{Sv/h}$ ，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 11-2 中估算的剂量率参考控制水平。

五、个人年有效剂量

根据公司提供的资料，X 机房 1~5 每次仅 1 台设备工作，每台设备的年曝光时间为 750h，每间机房年曝光时间为 2250h。根据表 11-5、11-6 估算 X 机房 3、X 机房 4 运行时所致的辐射工作人员及公众的年有效剂量，结果见表 11-7、11-8。

表 11-7 X 机房 3 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)
辐射工作人员	东墙外 0.3m 处（控制室）	1	2250	7.32E-04	1.65E-03
公众	北墙外 0.3m 处（走廊）	1/2	2250	1.46E-03	1.65E-03
	南墙外 0.3m 处（走廊）	1/8	2250	1.46E-03	4.12E-04
	西墙外 0.3m 处（相邻探伤室）	1/2	2250	5.50E-02	6.18E-02
	防护门外 0.3m 处（走廊）	1/2	2250	6.97E-09	7.84E-09

注：南北墙外公众年附加有效剂量以受到相邻探伤室的叠加影响进行估算。

表 11-8 X 机房 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)
辐射工作人员	西墙外 0.3m 处（控制室）	1	2250	1.77E-04	3.97E-04
公众	北墙外 0.3m 处（走廊）	1/2	2250	3.53E-04	3.97E-04
	东墙外 0.3m 处（相邻探伤室）	1/2	2250	6.39E-02	7.19E-02
	南墙外 0.3m 处（走廊）	1/8	2250	3.53E-04	9.93E-05
	防护门外 0.3m 处（走廊）	1/2	2250	2.20E-03	2.47E-03

注：南北墙外公众年附加有效剂量以受到相邻探伤室的叠加影响进行估算。

本项目 X 机房 1~5 共用 1 个控制室，该控制室紧邻 X 机房 3 和 X 机房 4，其余机房距离较远，经多层墙体屏蔽后剂量率较低，因此控制室辐射工作人员的年有效剂量主要受 X 机房 3 和 X 机房 4 的共同影响。由估算结果可知，X 机房 3 运行期所致辐射工作人员年有效剂量为 $1.65E-03\text{mSv}$ ，X 机房 4 运行期所致辐射工作人员年有效剂量为 $3.97E-04\text{mSv}$ ，叠加后为 $2.05E-03\text{mSv}$ ，低于本次设置的剂量约束值，考虑本项目工作人员均为现有，叠加现有个人年有效剂量最大值 0.52mSv 后为 0.522mSv ，仍低于

本次设置的辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv，可以推断，X 机房 1~5 的辐射工作人员年有效剂量均满足本次设定的剂量约束值。

由估算结果可知，X 机房 3 运行时周边公众的年有效剂量为 7.84E-09~6.18E-02mSv，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv/a，可以推断，X 机房 1、2 的公众的个人年有效剂量也能够满足本次设定的剂量约束值。X 机房 4 运行时周边公众的年有效剂量为 9.93E-05~7.19E-02mSv，低于本次设置的公众人员年有效剂量约束值 0.1mSv，可以推断，X 机房 5 的辐射工作人员和公众的个人年有效剂量也能够满足本次设定的剂量约束值。

六、非放射性污染物影响分析

1、O₃、NO_x

本项目各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，X 机房 1~5 拟设置机械通风装置，通风量为 5350m³/h，每小时有效通风次数约为 10 次，机房排风管道连接至厂房总通风管道，最终从楼顶排出。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。

2、废显（定）影液

本项目 X 射线探伤机使用胶片成像，洗片时将产生废显（定）影液，年产生量约为 5t。废显（定）影液属于《国家危险废物名录》（2021 年版）中的“HW16 感光材料废物”，采用专用容器收集后暂存于厂区危废库，定期送交陕西新天地固体废物综合处置有限公司处置，处置协议见附件。

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，人员在探伤室内受到不经屏蔽的 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

本次假设人员进入 X 机房 1~5，距离射线源 1m 时射线曝光，致使人员受到有用线

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。

各工作场所在距离靶源1m处受到20mSv和50mSv有效剂量的时间估算见表11-17。

表 11-17 在各射线装置出束口 1m 处受到 20mSv、50mSv 剂量当量的时间

工作场所	受照时间	距射线源 1m 处受到 20mSv 所需时间 (s)	距射线源 1m 处受到 50mSv 所需时间 (s)
X 机房 1~3		3.64	9.09
X 机房 4~5		2.55	6.38

根据以上估算结果，在各设备以最大管电压、管电流工作的条件下，误入探伤室在出束口 1m 处受到 20mSv 剂量当量的时间为 2.55~3.64s，受到 50mSv 剂量当量的时间为 6.38~9.09s。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，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) 为防止人员误留在探伤室遭受误照射，每次照射前应进行检查，确保无人员滞留后方可关闭防护铅门；

(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。

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。

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。	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

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），并建立维护与维修工作记录档案（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	结合本单位实际，制定具有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 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	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，公司应将新增射线装置、工作场所纳入射线装置管理制度、辐射安全防护设施的维护与维修制度、工作场所检测等制度中，制定新增场所的岗位职责、操作规程，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 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。

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 X 机

房 1~5 各配备 1 台个人剂量报警仪便于人员进出探伤室时携带。

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

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
X 机房 1~5	X- γ 辐射空气吸收剂量率	机房防护门及缝隙外表面 0.3m 处、四周屏蔽墙及屋顶外 0.3m 处、线缆孔处、控制室人员操作位	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 325 万元，环保投资为 42 万元，占总投资的 12.9%，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）	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	—	公司环保资金	施工单位
运营期	辐射防护措施	X 射线	X 机房 1~5、控制室	计入工程投资	公司环保资金	公司
			防护门、门-机连锁	25.0		
			急停装置、门内开门按钮	2.5		
			监控装置	2.5		
			工作状态指示灯	0.5		
通风系统	5.0					

			所有工作场所分区标识、电离辐射警示标识	0.5	
	检测仪器	X 射线	5 台个人剂量报警仪	1.0	
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			4.0	
	个人剂量定期监测			1.0	
总投资（万元）				42	—

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、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，辐射工作人员照射年有效剂量管理约束值取 5mSv。机房外各关注点最高周围剂量当量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中相应标准
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 机房设置门-机连锁、电离辐射警示标志、工作状态指示灯、紧急停机、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	所有新增工作场所应定期进行巡测并建立监测档案，每年委托有资质单位进行 1 次年度检测，监测记录存档；辐射工作人员定期进行个人剂量监测，并建立健康档案；为新增工作场所共配备 5 台个人剂量报警仪，探伤作业时应按要求佩戴个人剂量报警仪
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。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，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新厂区 A7 厂房新建 5 座 X 射线探伤室，新增 15 台 X 射线探伤机进行无损检测，新增设备属于 II 类射线装置。项目总投资为 325 万元，环保投资为 42 万元，占总投资的 12.9%。

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

项目各工作场所拟配备门-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，各探伤室四周、防护门及顶面的设计厚度均大于估算所需防护厚度，探伤室的屏蔽设计可以达到防护要求；

(2) 根据估算，X 机房 1~3 在最不利工况运行时，机房四周屏蔽墙、防护门外等关注点的剂量率范围为 $6.97E-09\sim 5.50E-02\mu\text{Sv/h}$ ，屋顶的剂量率为 $7.77E-04\mu\text{Sv/h}$ ；X 机房 4~5 在最不利工况运行时，机房四周屏蔽墙、防护门等关注点的剂量率范围为 $1.77E-04\sim 6.39E-02\mu\text{Sv/h}$ ，屋顶的剂量率为 $2.31E-03\mu\text{Sv/h}$ ，各关注点剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中标准要求及本次确定的剂量率参考控制水平。

(3) 本项目 X 机房 1~5 共用 1 个控制室，辐射工作人员的年有效剂量主要受 X 机房 3 和 X 机房 4 的共同影响，叠加后为 $2.05E-03\text{mSv}$ ，再叠加现有个人年有效剂量最大值 0.52mSv 后为 0.522mSv ，仍低于本次设置的辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv ，可以推断，X 机房 1~5 的辐射工作人员年有效剂量均满足本次设定的剂量约束值。

由估算结果可知，X 机房 3 运行时周边公众的年有效剂量为 $7.84\text{E}-09\sim 6.18\text{E}-02\text{mSv}$ ，低于本次设置的公众人员剂量约束值 0.1mSv ，可以推断，X 机房 1、2 的公众的个人年有效剂量也能够满足本次设定的剂量约束值。X 机房 4 运行时周边公众的年有效剂量为 $9.93\text{E}-05\sim 7.19\text{E}-02\text{mSv}$ ，低于本次设置的公众人员年有效剂量约束值 0.1mSv ，可以推断，X 机房 5 的辐射工作人员和公众的个人年有效剂量也能够满足本次设定的剂量约束值。

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 A7 厂房 5 座探伤室 15 台 X 射线探伤设备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。公司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) 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，针对新增场所进一步完善辐射安全管理制度；及时修订辐射事故应急预案，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，验收合格后方可正式投入使用；
- (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