

核技术利用建设项目

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司
工业 X 射线探伤核技术利用建设项目

环境影响报告表

建设单位：陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司

编制单位：核工业二〇三研究所

编制日期：二〇二四年一月

目录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	14
表 3 非密封放射性物质	15
表 4 射线装置	16
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	17
表 6 评价依据	18
表 7 保护目标与评价标准	20
表 8 环境质量和辐射现状	28
表 9 项目工程分析与源项	31
表 10 辐射安全与防护	37
表 11 辐射环境影响分析	45
表 12 辐射安全管理	66
表 13 结论与建议	74

附件：

- 附件 1 委托书
- 附件 2 辐射安全许可证
- 附件 3 依托工程环评批复以及原有辐射项目环评手续
- 附件 4 辐射工作人员体检结果
- 附件 5 2022 年四季度，2023 年一、二、三季度个人剂量检测报告
- 附件 6 辐射工作人员国家核技术利用辐射安全与防护培训平台成绩报告单
- 附件 7 2022 年度辐射工作场所监测报告
- 附件 8 辐射安全与环境管理组织机构
- 附件 9 现状监测报告
- 附件 10 建设项目环境影响评价信息公开说明
- 附件 11 市场主体环境信用承诺书
- 附件 12 公示截图
- 附件 13 执行标准申请文

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目			
建设单位		陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司			
法人代表	南渭林	联系人	季增宝	联系电话	██████████
注册地址		陕西省西安市长安区航天基地吉泰路 268 号甲 1 号			
项目建设地点		陕西省西安市长安区航天六院产业园飞天路 289 号特种装备总装厂房			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		200	项目环保投资 (万元)	24.3	投资比例 (环保投资/总投资) 12.15%
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)	67.5
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>1.项目概述</p> <p>1.1 公司概况</p> <p>陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司 (简称机电环境院) 是航天科技集团公司一六五所 (西安航天动力试验技术研究所) 直属子公司, 成立于 1993 年, 注册资本 1.1 亿元。公司现有员工 228 人, 建立了面向市场的研发队伍和产业化发展平台, 在流体控制系统业务方面, 先后承担了海南、西昌、太原和酒泉卫星发射中心多个国家重点建设项目, 已发展成为集设计、生产、销售和服务于一体的高新技术企业。具备压力管道特种设备阀门类产品制造许可证, 取得截止阀、弯壳机、废气处理车等产品专利 50 余项。公司依托一六五所人才、技术以及液体火箭发动机试验技术优势, 形成了流体控制、智能装备、节能环保三大支柱产业, 产品质量稳定可靠, 在相关领域具有较高的品牌效应。</p>					

1.2 核技术应用目的

为了保证产品质量，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟在陕西省西安市长安区航天六院产业园特种装备总装厂房内建设 1 间探伤室，配套建设相关设施，并在探伤室内放置 1 台型号为 XXG3005D 的定向 X 射线探伤机用于对不锈钢管、板、型材等焊缝进行探伤检测（特种装备总装厂房已取得环评批复（市环批复[2022]140 号），目前正在建设中，详见附件 3）。本项目主要利用工业 X 射线探伤机产生的 X 射线对需要进行检测的不锈钢管、板、型材等工件焊缝进行拍片，得到工件焊缝拍片影像资料，通过对影像资料进行分析，判断工件质量是否满足相关要求。

1.3 项目由来

根据《射线装置分类》（国家环境保护部、国家卫生和计划生育委员会总局 2017 年第 66 号公告）相关要求，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟配备的 1 台工业 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保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》以及《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目为“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目—使用 II 类射线装置”，故应编制环境影响报告表。

2023 年 7 月，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司委托核工业二〇三研究所对工业 X 射线探伤项目进行环境影响评价工作。接受委托后，核工业二〇三研究所组织专业技术人员对项目场地及周围环境进行实地调查，收集相关基础资料，根据国家、省市的有关环保法规和《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》（HJ10.1-2016），编制了该项目环境影响报告表。

1.4 编制目的

①通过对陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司进行资料收集、调查分析，并对厂区项目拟建地周边辐射环境进行监测，查明是否存在辐射环境问题。

②通过对本项目工业 X 射线探伤机运行过程中辐射环境影响进行理论估算，确定其对周边环境的影响范围、影响程度，分析公司拟采取辐射防护措施的有效性，并提出合理的意见与建议。

③满足国家和地方生态环境保护部门对建设项目环境管理规定要求，为生态环

境主管部门和公司的辐射环境管理提供科学依据。

1.5 核技术应用项目环保手续履行情况及管理现状

1.5.1 原有核技术利用项目环保手续履行情况

根据建设单位提供的资料，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司自成立以来，共开展了 1 个核技术利用项目，履行了环保审批手续。2017 年 8 月，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司委托核工业二四 0 研究所对建设单位新增的 2 台 X 射线探伤机（II 类射线装置）进行环境影响评价，编制了《陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目环境影响报告表》，2018 年 1 月，原陕西省环保厅对该报告表进行了审批(批复文号：陕环批复(2018) 4 号，详见附件 3)。2019 年 3 月，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司组织专家对该项目进行了环境保护竣工验收，并验收通过（竣工环境保护验收意见详见附件 3）。2022 年 11 月，本项目探伤室所依托的特种装备总装厂房已取得西安市生态环境局出具的环评批复（批复文号：陕环批复(2022)140 号，详见附件 3）。

根据建设单位提供的资料，建设单位现持有辐射安全许可证为陕环辐证[00529]，许可种类为：使用 II 类射线装置，许可证有效期至 2024 年 05 月 07 日。建设单位已根据辐射安全许可证上许可射线装置配备探伤机，建设单位现有射线装置明细表见表 1-1。

表 1-1 建设单位现有射线装置明细表

序号	设备名称	型号	最大管电压/kV	最大管电流/mA	数量/台	装置类型	使用场所
1	工业 X 射线探伤机	XXQ-3005T	300	5	1	II	装配车间探伤室
2		SITE-XD3605	360	5	1	II	野外流动作业

1.5.2 辐射安全管理现状

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司严格遵守《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《陕西省放射性污染防治条例》等相关法律法规要求，配合各级生态环境主管部门监督和指导，辐射防护设施运行、维护、检测工作良好，在辐射安全和防护制度建立、落实以及档案管理等方面运行良好。

1.5.2.1 辐射规章制度

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司已根据陕西省生态环境厅核技术利

用单位辐射安全管理标准化建设相关要求，成立了辐射安全与环境保护管理机构，明确了小组成员以及职责，并已安排专人专职负责公司辐射安全管理工作；公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《X射线防护铅房安全操作规程》、《X射线机生产安全事故应急处置与救援预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射人员岗位职责》、《检验人员培训考核管理规则》、《设备维护、维修制度》、《射线防护操作安全制度》、《射线探伤安全作业指导书》等，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。

1.5.2.2 辐射工作人员培训情况

公司现有从事辐射工作人员共6人，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成绩报告单（见附件6）。

1.5.2.3 职业健康体检情况及个人剂量检测情况

公司已委托核工业四一七医院对现有6名辐射工作人员进行职业健康体检（详见附件4），完成职业人员健康档案记录，根据职业健康检查结果，现有辐射工作人员均可从事放射性作业岗位。

根据建设单位提供资料，公司已按要求给辐射工作人员配备个人剂量计，并委托有资质单位对辐射工作人员每个季度个人剂量计进行检测，并出具职业性外照射个人剂量检测报告，根据建设单位提供的2022年4季度和2023年1、2、3季度的辐射工作人员个人剂量检测报告（见附件5，其中，岳弘毅为登记员，于2023年1月调入设备科，只负责登记、台账管理等非放射性工作，未纳入辐射工作人员管理，故只做个人剂量检测，未进行职业健康体检，未进行辐射安全培训。韩荣海因未取得国家核技术利用辐射安全与防护培训平台的培训成绩报告单，已调离辐射工作岗位），陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司辐射工作人员近1年年度年有效剂量最大值为1.29mSv/a，小于辐射工作人员年附加有效剂量基本限值20mSv（连续5年的年平均有效剂量）及剂量管理目标值5mSv；建设单位已根据国家相关法律规定，每季度对辐射工作人员进行个人剂量检测，并建立完整的个人剂量档案。

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。

1.5.2.4 日常监测

公司目前已制定《辐射工作场所监测制度》，定期委托有资质单位对公司现有辐射工作场所进行监测。2022年8月23日陕西新高科辐射技术有限公司对陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司现有探伤机房进行了辐射监测。本次检测时射线装置的运行工况见下表1-2。

表 1-2 射线装置运行工况

序号	设备名称	型号	管电压 /kV	管电流 /mA	出束时间/S	装置类型	使用场所
1	工业 X 射线探伤机	XXQ-3005T	290	5	2.4	II	装配车间探伤室

监测结果表明，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司探伤机房四周的周围剂量当量率监测值范围为 0.144~1.05 μ Sv/h，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）限值要求。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司辐射场所2022年度辐射检测报告见附件7。

1.5.2.5 现有射线装置存放管理措施

XXQ-3005T 型探伤机：XXQ-3005T 型探伤机放置在陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司现有探伤室（现有探伤室位于陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司科研生产区装配车间），探伤室设置有电离辐射警告标志、门-机连锁装置、防夹装置、监控装置、机械通风装置等辐射防护措施。建立有探伤机使用登记台账、辐射环境监测制度、辐射安全防护设施的维护与维修制度等规章制度以保证 XXQ-3005T 型探伤机的安全运行。XXQ-3005T 型探伤机探伤检测过程中产生的胶片在暗室中进行洗片，在洗片过程中产生的废显、定影液、废胶片集中收集在陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司现有的危险废物贮存库中，已安排专人看管，并委托有资质单位（陕西新天地固体废物综合处置有限公司）处置。

SITE-XD3605 型探伤机：根据建设单位提供资料，SITE-XD3605 型探伤机因使用时间久远，结构老化，技术陈旧，目前已经暂停使用，存放于陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司的一间库房内，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司正在办理报废手续，将此设备报废。

综上所述，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司原有核技术利用项目环保手续齐全；辐射环境管理规章制度制定较完善；辐射工作人员培训、职业健康体检、个人剂量检测工作到位；辐射防护设施运行、维护、检测工作良好。现有的两台探伤机自开始使用以来未发生辐射事故或人员剂量超标情况，运行状况良好。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司目前不存在环保问题。

环评建议：本项目建成后，应及时将本项目纳入建设单位现有辐射安全管理体系，并根据本次环评内容对现有辐射规章制度以及辐射应急预案进行修订，保证原有以及本次新增辐射工作场所正常运行。

1.6 实践正当性评价

项目利用 X 射线进行探伤检测，通过探伤检测有助于产品质量及性能把控，从而保障其质量，具有明显的社会效益。通过加强对项目的辐射安全管理，合理控制对周围环境的影响，项目运行产生的辐射危害远小于企业和社会取得的利益，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。

1.7 产业政策符合性

项目利用X射线进行探伤检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用，属于中华人民共和国国家发展和改革委员会令第29号《产业结构调整指导目录（2019年）》（2021年第49号令修改）鼓励类中“十四、机械-6、……工业CT、三维超声波探伤仪等探伤检测设备……”，符合国家产业政策。

1.8 项目概述

1.8.1 项目概况

项目名称：陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤核技术利用建设项目

建设单位：陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司

建设地点：陕西省西安市长安区航天六院产业园特种装备总装厂房内

建设内容：建设探伤室 1 座，新增 1 台工业 X 射线探伤机（定向）

建设性质：扩建

1.8.2 交通地理位置

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司项目拟建地位于陕西省西安市长安区航天六院产业园特种装备总装厂房内。项目所在地地理位置优越，路网发达，厂区北侧为陕西省西安市长安区航天六院产业园研发楼，东侧为神舟三路，西侧为陕西省西安市长安区航天六院产业园流动过程与力学环境研究实验厂房，南侧为飞天路。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司地理位置图见图 1-1。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司项目探伤室拟建地地理位置图见图 1-2。



图 1-1 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司地理位置图



图 1-2 项目拟建地地理位置图

1.8.3 项目建设内容和规模

1.8.3.1 本项目射线装置应用情况

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟在陕西省西安市长安区航天六院产业园特种装备总装厂房内建设 1 间探伤室，配套建设相关设施，并安装 1 台型号为 XXG3005D 的定向 X 射线探伤机，用于对不锈钢管、板、型材等焊缝进行探伤检测。

本项目使用的 XXG3005D 型工业 X 射线探伤机最大管电压为 300kV、最大管电流为 5mA，为 II 类射线装置，本次环评新增的射线装置相关技术参数见表 1-3。

表 1-3 射线装置技术参数

序号	名称	型号	技术指标		类别	数量 (台)	照射方向	安装位置
			最大管电压	最大管电流				
1	工业 X 射线机	XXG3005D	300kV	5mA	II	1	定向	探伤室内

1.8.3.2 射线装置工作场所四邻关系

特种装备总装厂房西侧为流动过程与力学环境研究实验厂房，南侧为飞天路，东侧为神舟三路，北侧为空地，探伤室顶棚为工具间、危险废物贮存库，底部为地基无地下室，东侧为操作间、暗室，西侧为空压机间，南侧为压力试验区。

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司特种装备总装厂房，为一层厂房，高 14.1m，四邻关系图见图 1-3，本次拟建探伤室位于特种装备总装厂房内北侧建设的一座二层楼（底部为地基无地下室）的地面一层，在探伤室所在楼二层建设 1 间危险废物贮存库，用于存放本项目投入运行后产生的废显、定影液、废胶片，探伤室所在楼高 9.0m。探伤室四邻关系图见图 1-4，探伤室平面布置图见图 1-5。探伤室所在楼一层平面布置图见图 1-6，探伤室所在楼二层平面布置图见图 1-7。

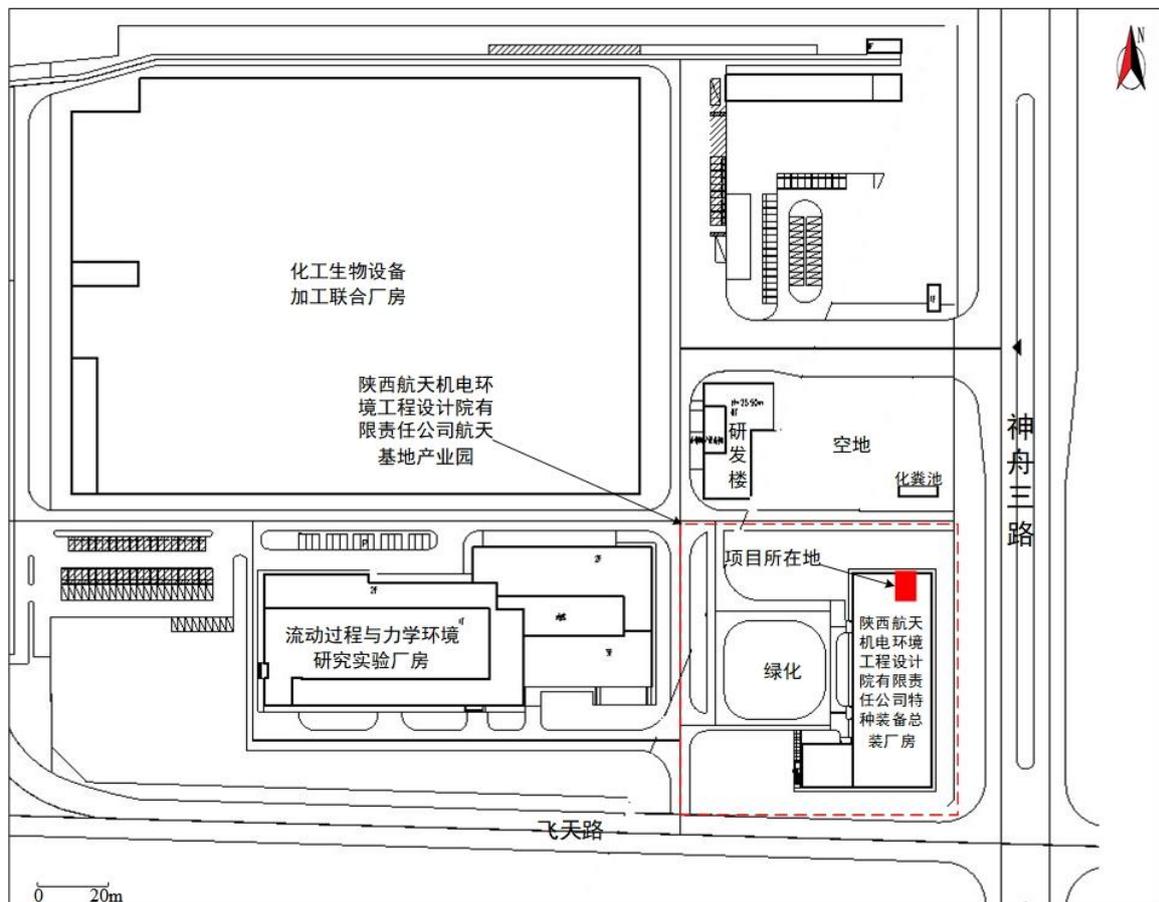


图 1-3 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司特种装备总装厂房四邻关系图

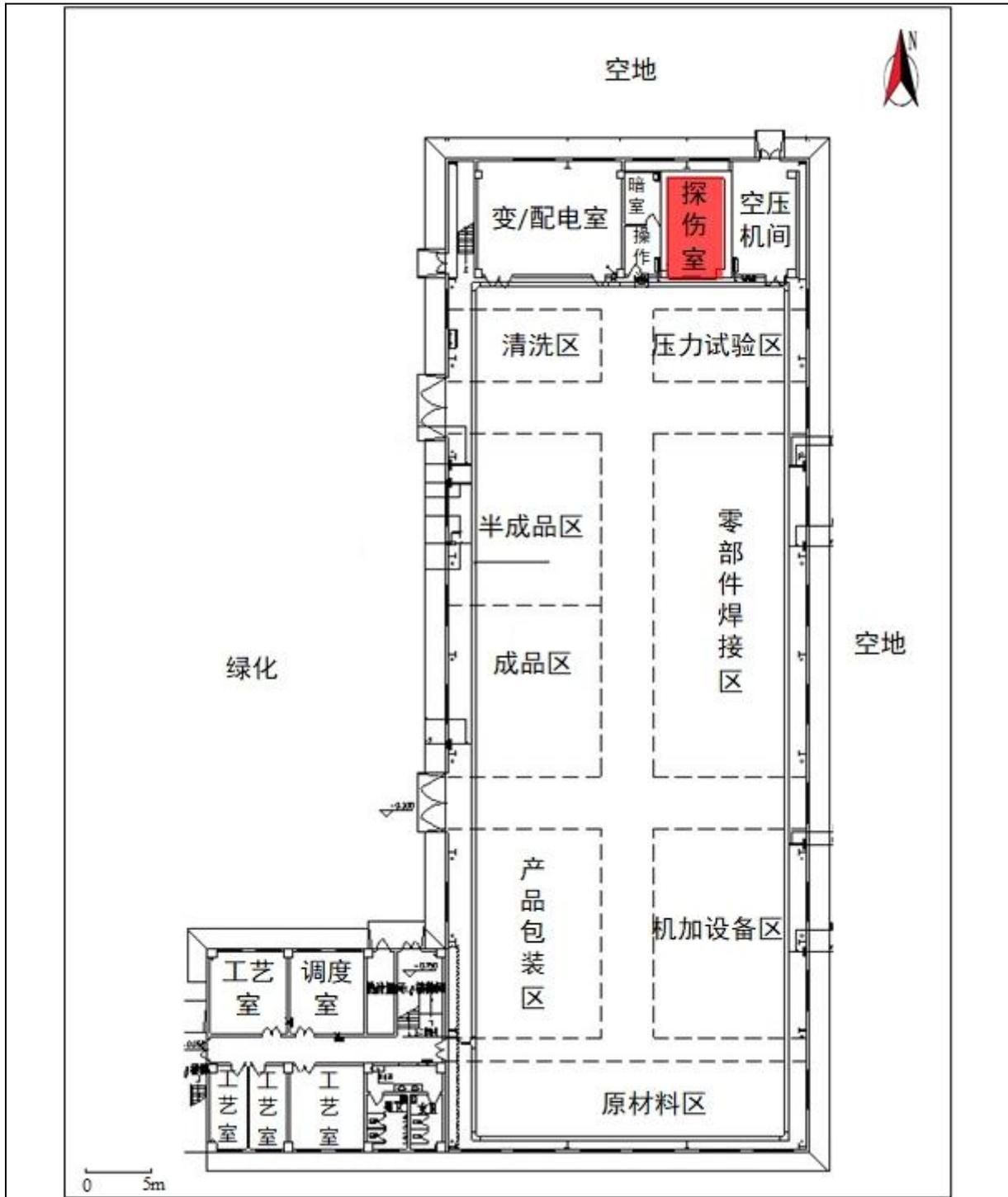


图 1-4 探伤室四邻关系图

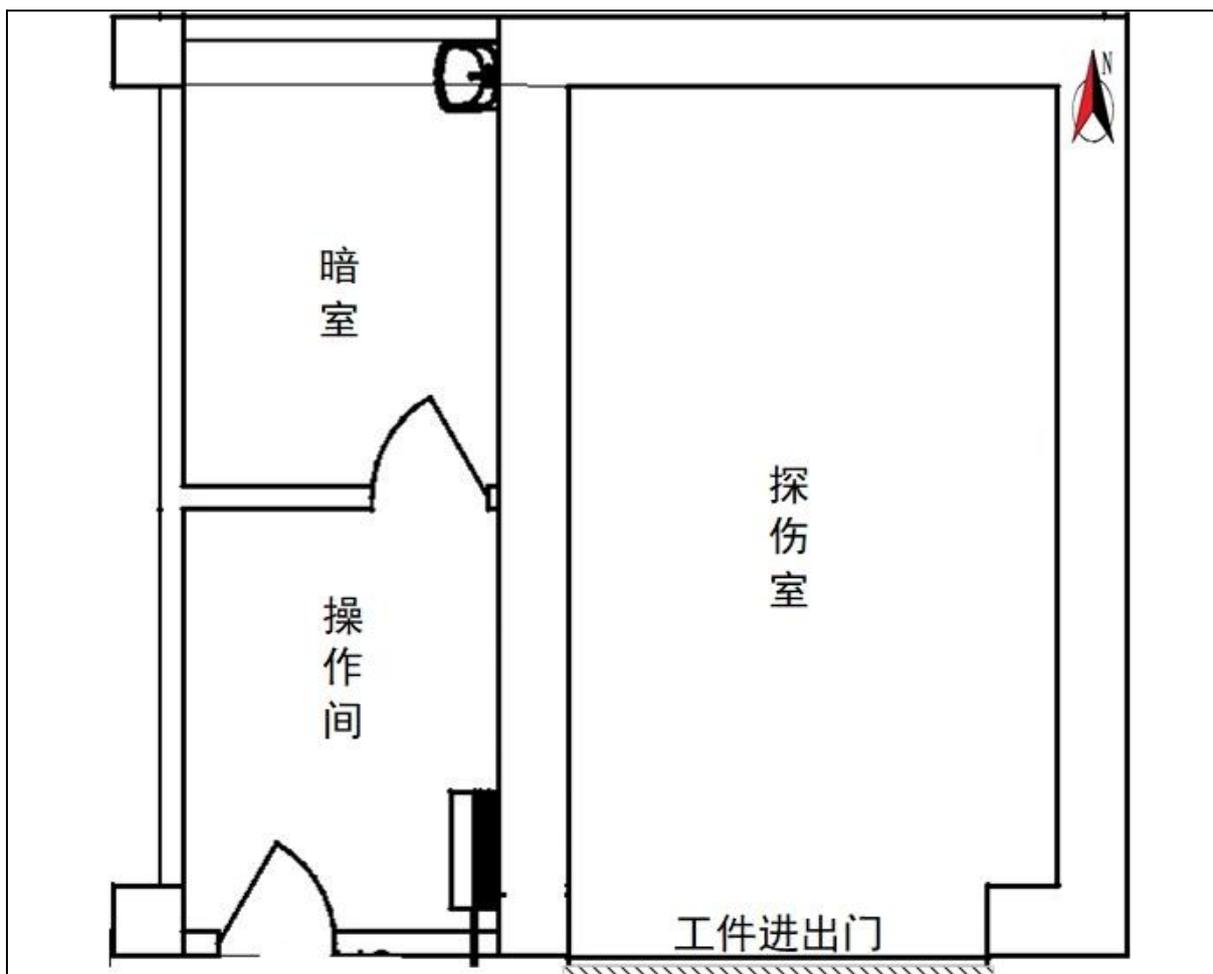


图 1-5 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司探伤室平面布置图

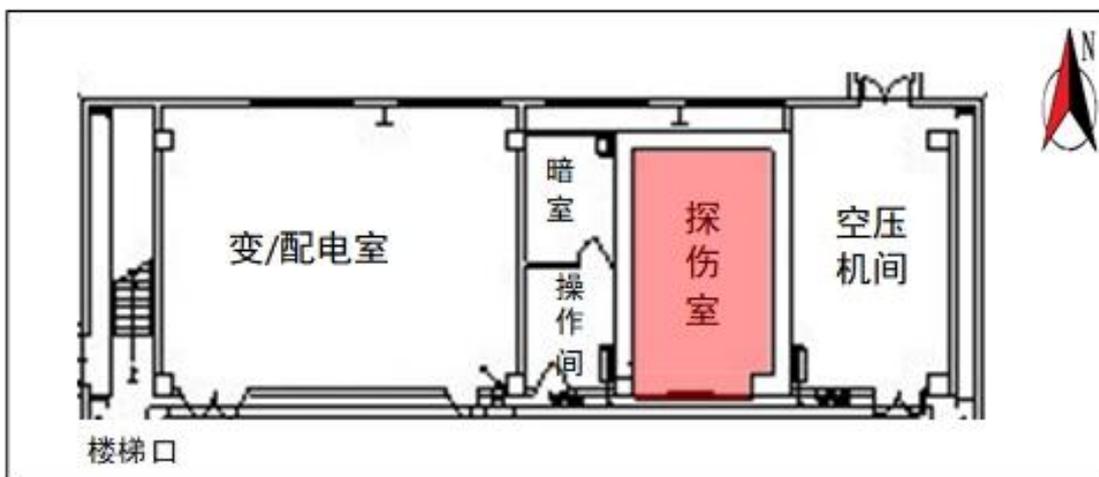


图 1-6 探伤室所在楼一层平面布置图

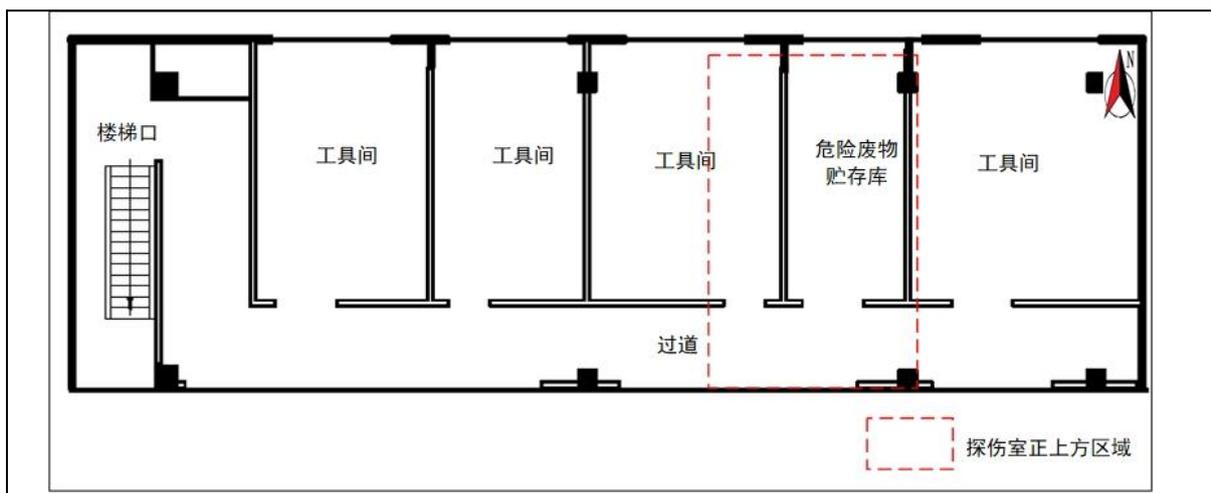


图 1-7 探伤室所在楼二层平面布置图

1.8.3.3 项目平面布局

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司探伤室位于操作间东侧，暗室位于操作间北侧，方便工作人员进行洗片、评片操作。本项目进行探伤作业时，将工业 X 射线探伤机置于探伤室内，进行定向照射，辐射工作人员隔室操作，对工件实施探伤检测。每次探伤检测后，由辐射工作人员将影片资料送至暗室，洗片过程中产生的洗片废液、废胶片经统一收集后，由工作人员运送至探伤室所在楼二楼的危险废物贮存库中集中暂存，委托具有相关废物处置资质的单位进行处置。

1.8.3.4 人员编制及工作制度

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟为探伤室配备 2 名辐射工作人员（从现有的 6 名持证辐射工作人员中调配），本项目建成后，只从事本项目探伤检测工作，不再参与陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司现有探伤检测工作（工作地点由陕西省西安市长安区航天基地吉泰路 268 号甲 1 号陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司科研生产区装配车间变更为陕西省西安市长安区陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司航天基地产业园特种装备总装厂房）。探伤室工作人员每周工作 6 天，每天检测工件约 20 件，一年工作 50 周，则年检测工件约 6000 件。每件工件曝光时间约 6 分钟，则探伤机周曝光时间为 12h，年曝光时间约为 600h。每次评片后将一定数量的胶片存档，其余为废胶片，每年产生废胶片约为 1200 张。

1.9 项目组成

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目主体工程主要由探伤室及配套操作间、暗室、危险废物贮存库组成，项目涉及的工程内容详见表

1-4, 主要原辅材料及能耗情况见表 1-5。

表 1-4 项目工程内容一览表

序号	类别	工程名称	主要内容	备注	
1	主体工程	探伤室	探伤室四周屏蔽体为 600mm 钢筋混凝土防护墙，内部尺寸长 6.9m、宽 4.2m、高 3.3m，建筑面积 28.98m ² ，顶部为 600mm 钢筋混凝土防护墙，工件进出防护门为 24mm 铅电动推拉防护门，3000mm×高 3000mm。	新建	
		探伤机	1 台 XXG3005D 型定向 X 射线探伤机。	新购	
2	辅助工程	操作室	位于探伤室西侧。	新建	
		暗室	位于操作间西北侧。	新建	
3	公用工程	供电	依托特种装备总装厂房供配电系统。	依托	
		供水	依托特种装备总装厂房供水系统。	依托	
		生活污水	辐射工作人员生活污水依托陕西省西安市长安区航天六院产业园化粪池处理，处理后排入市政污水管网。	依托	
		生活垃圾	工作人员生活垃圾依托陕西省西安市长安区航天六院产业园生活垃圾分类收集箱收集后交由环卫部门统一处理。	依托	
4	环保工程	/	安全措施	状态指示灯、安全连锁、警示标识、急停按钮，视频监控等。	新增
		废气处置	机械通风装置	探伤室内设置机械通风装置，排风口位于探伤室东南角，距地面高度 30cm，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体经由通风管道抽排出探伤室，排风管道采用 U 型管埋地设置，通过空压机间经厂房北侧墙体穿出，室外排风口距地面高度约 3.3m，未朝向人口密集区域。	新建
		危险废物处置	危险废物贮存库	项目拟在探伤室上方新建一间危险废物贮存库，占地面积约 19.3m ² ，将废显（定）影液、废胶片等危险废物现场收集后，暂存于危险废物贮存库，定期委托有资质单位处置。	新建

表 1-5 项目原辅材料消耗表

类别	名称	年消耗量	来源	主要成分
主（辅）料	显影液	125kg	外购	N-甲基-对氨基苯酚硫酸盐、菲尼酮、对苯二酚、无水硫酸钠、碳酸
	定影液	125kg	外购	溴化银、硫代硫酸钠、醋酸、对苯二酚、无水碳酸钠、溴化钾等
	胶片	12000 张	外购	溴化银和涤纶等

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	工业 X 射线探伤机	II 类	1	XXG3005D	300	5.0	探伤检测	特种装备总装厂房探伤室内	定向

(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 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日施行；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修订）》，2018年12月29日起施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起施行；</p> <p>(4) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2020年9月1日起施行；</p> <p>(5) 《国家危险废物名录》（2021版），2021年1月1日起施行；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第682号修改，2017年10月1日施行；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第709号第二次修订，2019年3月2日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环保部令第18号，2011年5月1日起施行；</p> <p>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（修订）》，生态环境部令第20号第四次修改，2021年1月4日；</p> <p>(10) 《放射工作人员职业健康管理辦法》，中华人民共和国卫生部令第55号，2007年11月1日施行；</p> <p>(11) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），2021年1月1日起施行；</p> <p>(12) 《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日起施行；</p> <p>(13) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日起施行；</p> <p>(14) 《陕西省放射性污染防治条例（2019年修正）》，陕西省人大，2019年7月1日起施行；</p> <p>(15) 陕西省环境保护厅关于印发新修订《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知（陕环办发〔2018〕29号），2018年6月6日起施行；</p>
------------------	---

	<p>(16) 《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录(2019年本)>的决定》(第49号令), 2021年12月30日起施行;</p> <p>(17) 《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), 自2020年1月1日起施行。</p>
技术标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022);</p> <p>(3) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》及第1号修订单(GBZ/T 250-2014);</p> <p>(4) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016);</p> <p>(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021);</p> <p>(6) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023);</p> <p>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(9) 《危险废物识别标志设置技术规范》(HJ1276-2022);</p> <p>(10) 《危险废物转移管理办法》。</p>
其他	<p>(1) 环境影响评价委托书;</p> <p>(2) 建设单位提供的其它相关资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目涉及射线装置的内容与规模，考虑射线装置的类型、能量，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报告文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）规定，结合项目能量流污染特征与距离相关关系，确定评价范围为探伤室屏蔽体外 50m 的区域。

本项目评价范围见图 7-1。

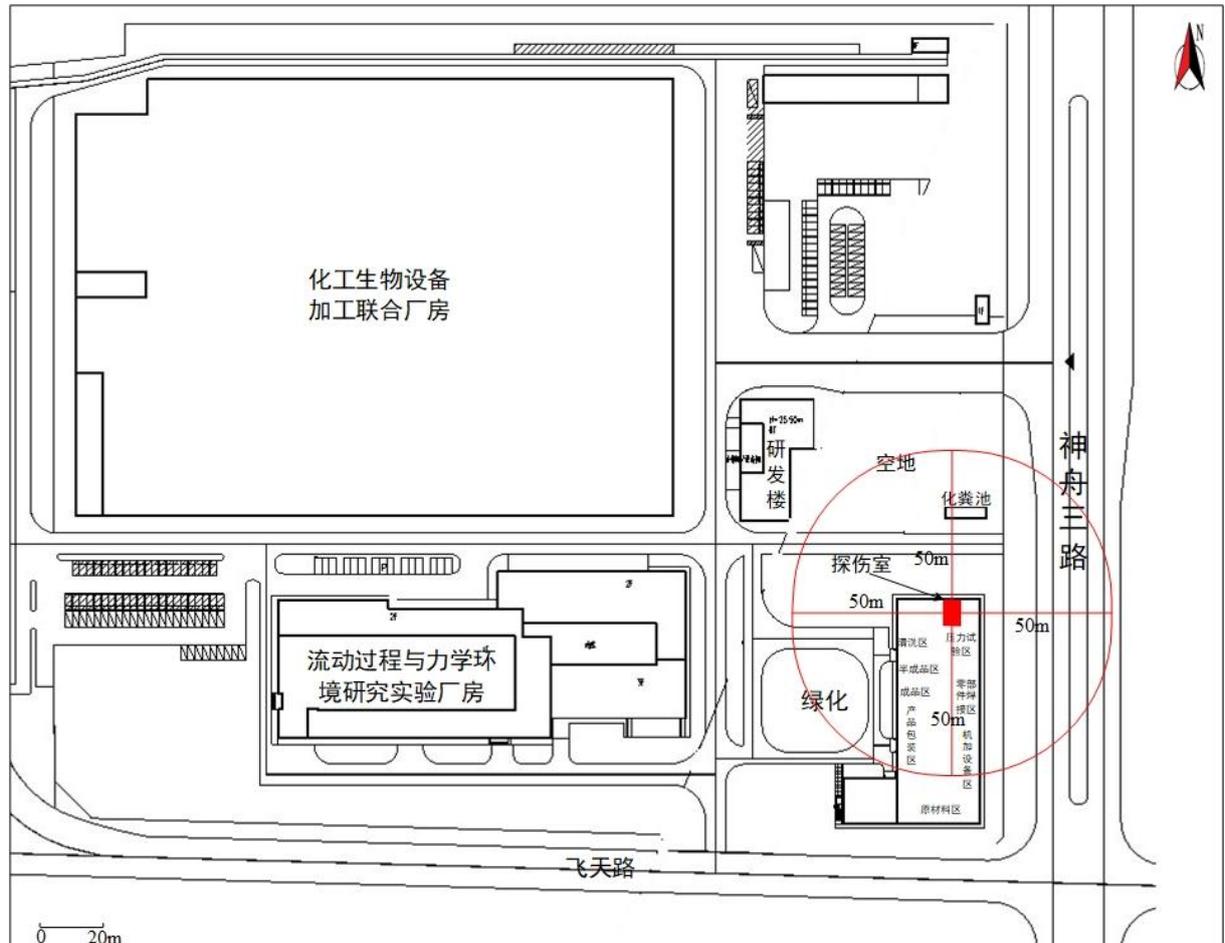


图 7-1 项目评价范围图

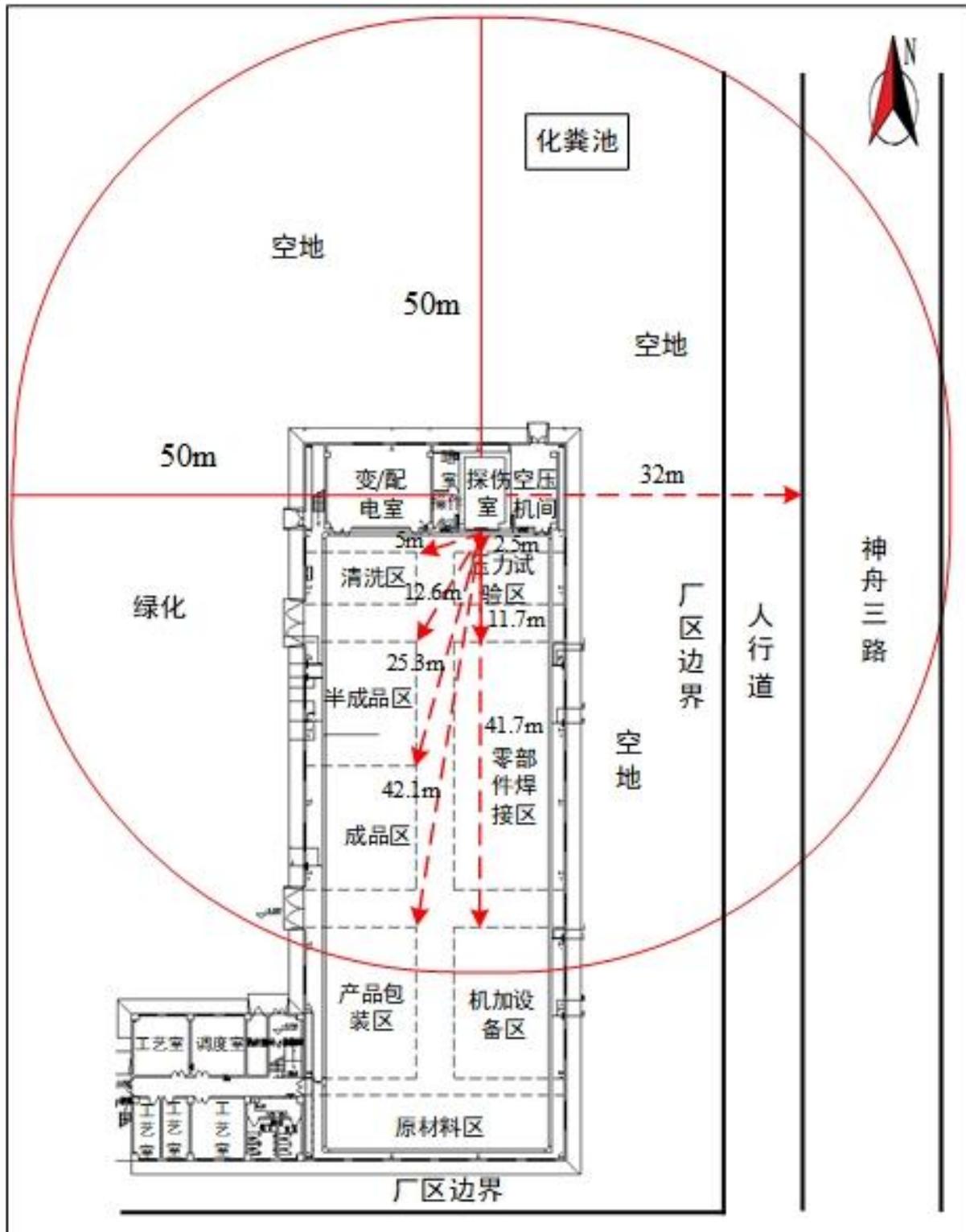
7.2 环境保护目标

7.2.1 保护目标

根据陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司为本项目工业 X 射线装置配套建设的探伤室位置以及周围建筑物、人群分布情况，结合工业 X 射线探伤原理，考虑根据能量流的传播与距离相关的特性，确定本项目环境保护目标为射线装置操作人员以

及附近停留的其他人员，使其所接受的剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871 - 2002）规定的剂量限值和评价提出的剂量约束值。

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目环境保护目标一



览表见表 7-1。本项目环境保护目标分布图见图 7-2。

图 7-2 环境保护目标分布图

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	人员类型	保护目标	人口规模	相对位置关系		年有效剂量控制水平	
				方位	最近距离(m)		
1	辐射工作人员	射线装置操作人员	2 人	W	0.3	≤5mSv	
2	公众人员	清洗区工作人员	约 2 人	SW	5.0	≤0.1mSv	
3		压力试验区工作人员	约 3 人	S	2.5		
4		半成品区偶然停留人员	流动人员	SW	12.6		
5		成品区偶然停留人员	流动人员	SW	25.3		
6		零部件焊接区工作人员	约 2 人	S	11.7		
7		产品包装区工作人员	约 2 人	SW	42.1		
8		机加设备区工作人员	约 4 人	S	41.7		
9		神舟三路偶然停留人员	流动人员	E	32.0		
10		探伤室楼顶工具间、危险废物贮存库偶然停留人员	流动人员	/	0.3		
11		探伤室 50m 评价范围内周边短时间滞留的其它人员					

备注：表中“距离”均以探伤室屏蔽墙体作为起点进行计算，人员最近停留位置从屏蔽墙体外表面 30cm 处算起。

7.3 评价标准

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

根据标准附录 B1.1 职业照射和 B1.2 公众照射，对人员受照剂量限值规定如下：

“B1.1.1.1 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv；

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

B1.2.1 实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a)年有效剂量，1mSv；

b)特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

环评要求年剂量约束值及控制水平：

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“4.3.3防护与安全的最优化”、“4.3.4剂量约束和潜在照射危险约束”中规定“个人受照剂量的大小与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”，同时结合本次预测结果，本次评价对职业照射和公众照射的年受照剂量约束值如下：

(1) 放射工作人员的年受照剂量约束值：5mSv/a；

(2) 周围公众的年受照剂量约束值：0.1mSv/a。”

7.3.2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关内容

“本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的探伤检测参考使用。

根据标准中第6项固定式探伤的放射防护要求，对项目探伤室要求如下：

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB 18871的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；

b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h。

6.1.4 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，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100 μ Sv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB 18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 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。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式X- γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员

应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，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。

6.2.4 交接班或当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X- γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 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。

6.2.6 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。

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第7.1条～第7.4条的要求。”

7.3.3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

“本标准规定了工业 X 射线探伤室辐射屏蔽要求。

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

根据标准中第 3 项规定，对项目探伤室辐射屏蔽及设计作出如下要求：

3 探伤室屏蔽要求

3.1 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

3.1.1 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率（以下简称剂量率）和每周周围剂量当量（以下简称周剂量）应满足下列要求：

a) 周剂量参考控制水平（ H_c ）和导出剂量率参考控制水平（ $\dot{H}_{c,d}$ ）：

1) 人员在关注点的周围剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式（1）计算：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (1)$$

式中：

Hc ——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）；

U ——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t ——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

t 按式（2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (2)$$

式中：

W ——X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60 ——小时与分钟的换算关系；

I ——X 射线探伤装置在最高管电压下常用的最大管电流，单位为毫安（mA）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c-\max}$ ：

$$\dot{H}_{c-\max} = 2.5\mu\text{Sv/h}$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ：

\dot{H}_c 为上述 a) 中的 \dot{H}_{c-d} 和 b) 中的 $\dot{H}_{c-\max}$ 二者的较小值

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a) 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）在该立体角区域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 3.1.1。

b) 除 3.1.2a) 的条件外，应考虑下列情况：

1) 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的透射辐射在相应关注点的剂量率总和应按

3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

2) 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（TVL）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）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门，对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门，探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。”

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

为掌握项目拟安装场所辐射环境质量现状，2023年9月21日，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心对工业 X 射线探伤项目拟建地及周边环境进行了 X- γ 辐射剂量率监测，监测内容如下：

监测项目：

X- γ 辐射剂量率；

监测仪器：

本次监测使用的监测仪器为便携式 X- γ 剂量率仪，该仪器测量参数以及检定情况见表 8-1。

表 8-1 γ 辐射剂量率监测仪器、测量范围、监测方法及检定情况

项目	监测方法	仪器名称及型号，设备编号	测量范围	检定单位	检定证书编号	检定证书有效期
X- γ 辐射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)、《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	便携式 X- γ 剂量率仪 (FH40G-10 主机 +FHZ672E-10 探头)；主机编号：FHP003-2018，探头编号：FHP004-2018	1nSv/h~100 μ Sv/h	中国计量科学研究院	DLj12023-11685	2023.9.7 ~ 2024.9.6

监测布点图：

X 射线探伤机拟安装场所及周边环境 X- γ 辐射剂量率监测点位示意图见图 8-1。

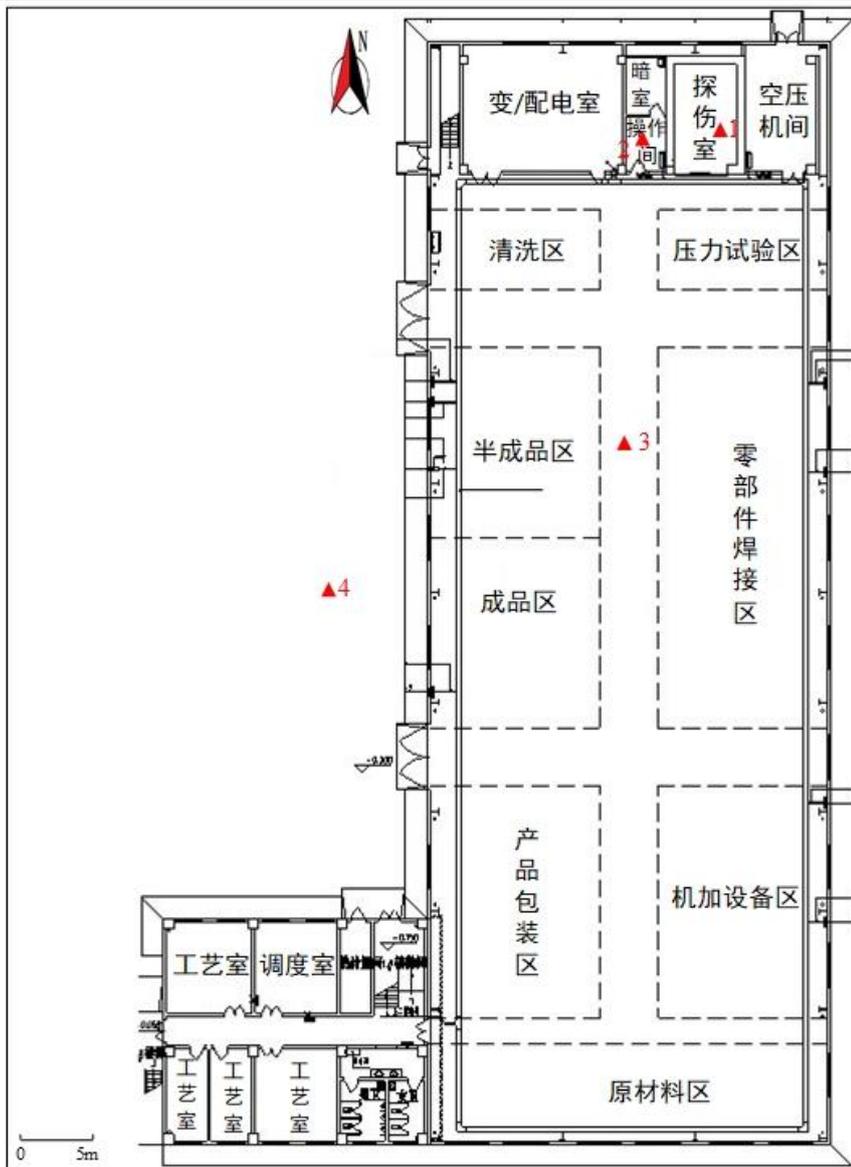


图 8-1 X 射线探伤机拟安装场所及周边环境 X-γ 辐射剂量率监测点位示意图

查询《中国环境天然放射性水平》，（中国原子能出版社，2015 年）得西安市 γ 辐射剂量率见表 8-2。

表 8-2 西安市原野、道路及室内 γ 辐射剂量率调查结果（nGy/h）

对象	西安市		
	原野	道路	室内
范围值	50.0~117.0	52.0~121.0	79.0~130.0
均值	71.0	76.0	111.0
标准差	17.0	20.0	19.0

备注：表中数据出自：《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）。

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目拟安装场所及周

边环境 X-γ辐射剂量率监测结果见表 8-3

表 8-3 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司 X 射线探伤机拟安装场所以及周边环境 X-γ辐射剂量率监测结果

序号	监测点位描述	X-γ辐射剂量率 (nGy/h)	备注
		均值±标准偏差	
1	拟建探伤室地面	89.0±2.8	巡测
2	拟建操作间地面	88.0±2.1	
3	特种装备总装厂房拟建地	91.7±2.6	
4	特种装备总装厂房室外空地	87.1±2.7	
5	拟建探伤室东侧神舟三路地面	86.2±2.1	

说明：1、Sv 与 Gy 间的转换依据 HJ 1157—2021，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数为 1.20Sv/Gy，本报告内监测数据均为进行换算后的数据；

2、监测时，仪器探头距离地面高度为 1m；

3、表中监测结果已扣除宇宙辐射响应值。

由表 8-3 监测结果表明，本项目探伤室拟建地 X-γ 辐射剂量率监测值均值为 89.0nGy/h，室外环境 X-γ 辐射剂量率监测值均值在 86.2~91.7nGy/h 之间。本项目拟建地室内外 X-γ 辐射剂量率监测值与西安市 γ 辐射剂量率调查结果（见表 8-2，数据来源：《中国环境天然放射性水平》（中国原子能出版社，2015 年）中“西安市 γ 辐射剂量率调查结果（室外：50.0~121.0nGy/h，室内：79.0~130.0 nGy/h）”处于同一范围内，表明项目所在地周边辐射环境质量现状良好，无异常现象。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工业 X 射线探伤机工作原理

工业X射线探伤机是利用X射线进行透射拍片的检测装置。其工作原理为：利用工业X射线探伤机 X 射线管产生的 X 射线对不同厚度材料或工件进行照射，通过不同材料、厚度对 X 射线吸收程度的差异，进行 X 射线透视摄片，获得照射后的胶片，将胶片进行冲洗后，可直接从胶片上显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。依据胶片上影像资料缺陷的形状、大小和部位来评定材料或工件的质量。

工业X射线探伤机主要由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，由不同材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（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，直接向嵌在金属阳极中的靶体进行射击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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达到很高的速度，这些高速电子到达靶面，被靶所阻挡从而产生X射线。典型 X 射线管结构见图 9-1。

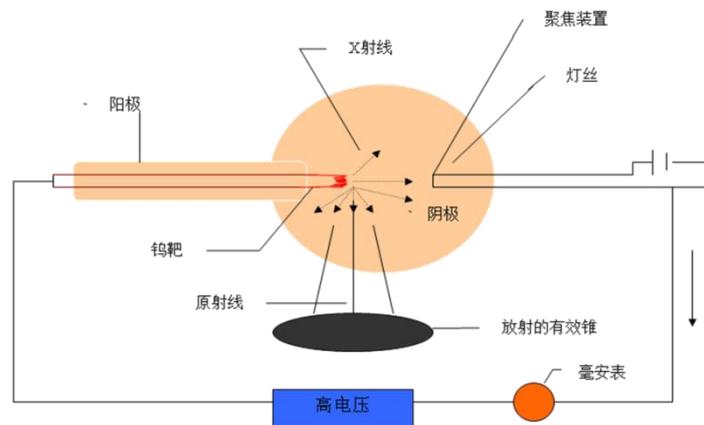


图 9-1 典型 X 射线管结构图

9.2 X射线探伤操作流程

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目作业流程为：待检测的工件摆放准备完毕后，由最后一个走出探伤室的工作人员负责关闭工件大门，此时门灯连锁、门机连锁、紧急制动装置启动，工作状态指示装置开启，操作人员在操作室内对 X 射线机进行隔室操作。

本项目是利用 X 射线对工件进行探伤检测，检测工件的焊缝。其具体的检测流程如下：

①根据检测任务安排，探伤作业前，工人将待测工件运至探伤工作区内，辐射工作人员将需要进行检测的工件运至探伤室内；

②将控制器与 X 射线发生器用连接电缆连接好，确认各连接电缆连接正确，接通电源；

③根据探伤工件的不同，调整焦距，在探伤部位贴置胶片，并调整使X光机出射窗口对准被检工件待检部位。工件摆放完毕后，探伤室内的工作人员撤离，确认探伤室内无人员滞留，关闭防护门；

④确认门机联锁装置等正常，启动通风装置和警示标志；

⑤工作人员进入操作间根据待检测工件的材料厚度设定曝光参数（曝光所要使用的管电压值和曝光时间值）；

⑥打开X射线机，接通电源按下高压按钮，缓慢调节高压旋钮至所需管电压，达到预定的照射时间后，关闭电源；

⑦待曝光结束后关闭X射线机，辐射工作人员进入探伤室取下已感光的胶片，如探伤工件需做多次曝光摄片的，则可按上述方法进行下一次操作；

⑧待全部曝光摄片完成后，清理工件，把工件推出探伤室，然后对感光胶片在暗室进行冲洗。感光胶片在暗室用自动洗片机处理后进行评片，评定合格后，出具产品探伤检测合格报告，完成一次探伤作业。

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤操作流程见图 9-2，自动洗片机工艺流程图见图 9-3。

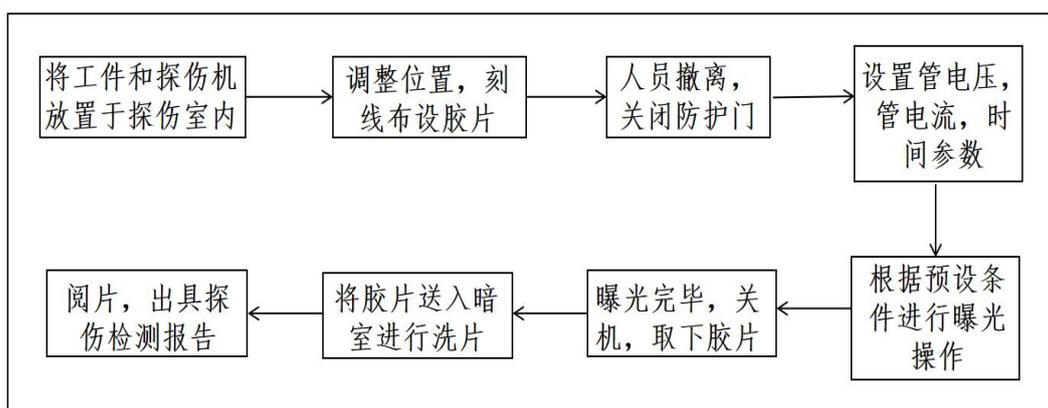


图 9-2 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤工作流程图

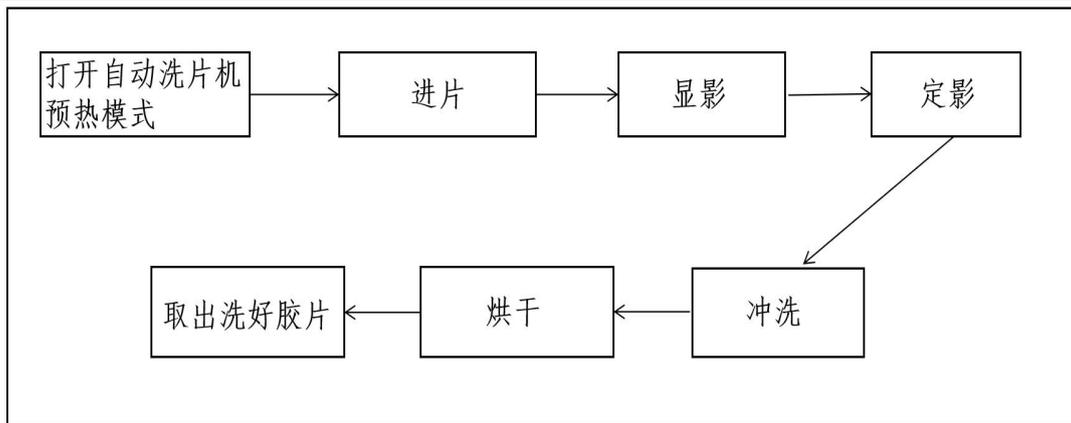


图 9-3 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司自动洗片机工艺流程图

9.3 源项分析与污染途径

9.3.1 源项分析

根据工艺流程可知，项目运行期产生的污染物主要有 X 射线探伤机曝光时的电离辐射影响、废气（臭氧、氮氧化物）、噪声、废显影液、废定影液、洗片时产生的废水及废胶片。

9.3.1.1 电离辐射

由 X 射线探伤机工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失，本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机状态，并且其 X 射线探伤机组件处于出束状态时才会发出 X 射线，因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

根据项目 X 射线探伤工作流程，X 射线探伤机与电离辐射危害有关的辐射安全环节主要为 X 射线球管出束照射工件期间，它产生的 X 射线能量为连续能谱分布，其穿透能力与 X 射线管的管电压和出口滤片有关。辐射场中的 X 射线包括有用线束、漏射线和散射线。

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用来照射工件，形成工件探伤检测的射线。其射线能量、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漏射线：由 X 射线管发射的透过 X 射线管组装体的射线。

③散射线：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、墙壁等）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。

9.3.1.2 臭氧和氮氧化物

本项目使用的 X 射线探伤装置工作时的最大电压为 300kV，当电压为 0.6kV 以上时，X 射线能使空气电离，因此其运行时产生的 X 射线会使探伤室内空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。但是产生量较少，可以通过机械排风排入外环境中。

项目在探伤室内设置机械通风装置，送风机额定通风量650m³/h，排风机额定通风量830m³/h，每小时有效通风换气次数约8次/h，可满足机房通风换气要求。排风口位于探伤室地面的东南角，室内产生的臭氧、氮氧化物等少量有害气体经排风口由地底铺设的U型通风管道接至特种装备总装厂房东侧墙面排出，满足探伤室内通排风需求及相关标准要求。

9.3.1.3 危险废物

本项目在探伤室上方新建 1 间危险废物贮存库，用于存放本项目产生的危险废物。

本项目产生的废显（定）影液、洗片废水（含重金属 Ag⁺）以及废旧胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16（废物代码 900-019-16）。

a、废显（定）影液：曝光产生的胶片在暗室进行冲洗。洗片液由显影液和定影液组成，主要成分为苯二酚、亚硫酸钠，并含重金属银。本项目一次配置的显影液和定影液各约 10L，可冲洗约 1200 张胶片，本项目每年最多拍片约 12000 张，更换显影液和定影液约 10 次/a，约 5 周更换一次，显影液和定影液的密度约为 1.25kg/L，该项目产生废显影液和废定影液共 200L/a，产生量为 250kg/a。

b、洗片废水：洗片过程中显影和定影后需要用清水进行浸洗，清洗水反复使用，主要含对苯二甲酸和微量的银，污染物浓度较小。根据建设单位提供的资料，本项目拟采取自动洗片方式，胶片冲洗水用量约300kg。

c、废旧胶片：废旧胶片包括曝光时产生的废片和存档到期的胶片，属于国家危险废物名录中感光材料废物 HW16（废物代码 900-019-16），无放射性。本项目每年胶片产生量约 12000 张，年报废率最大约 10%，即每年废胶片产生量最多为 1200 张。

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤过程产污环节见图 9-4。

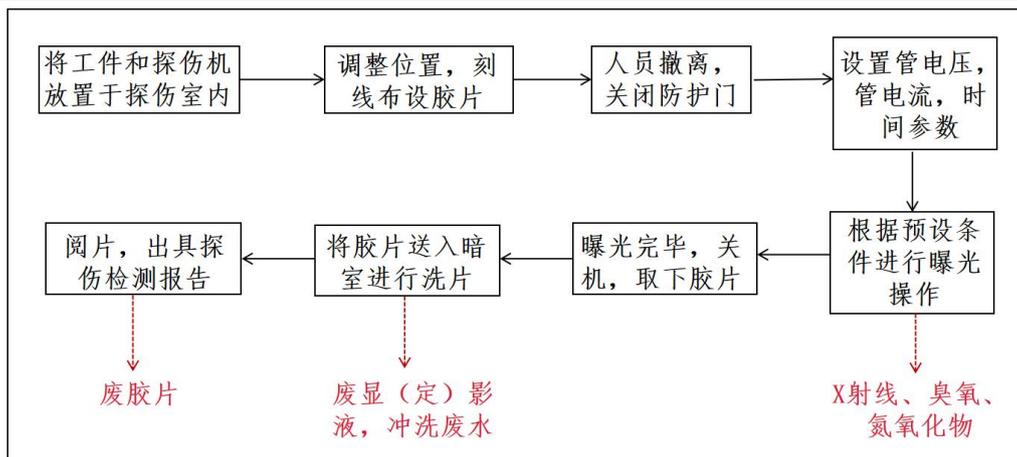


图 9-4 陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目产污环节图

9.3.1.4 噪声

探伤室内设置一台轴流风机，风机工作时将产生一定的噪声，建设单位拟采用低噪声风机，噪声值约 65dB（A），降低风机噪声对周边环境的影响。

9.3.1.5 生活垃圾

本项目拟配备 2 名辐射工作人员（从原有辐射工作人员中调配），工作人员日常工作期间产生的生活垃圾，按照每人每天产生约 0.5kg 计算，工作时间为 300d/a，项目年产生生活垃圾量约 300kg/a，该部分废物依托陕西省西安市长安区航天六院产业园园区环卫部门定期清运，不会对环境产生危害。

9.3.1.6 生活污水

本项目废水主要为辐射工作人员产生的少量生活污水。本项目辐射工作人员为 2 人，工作时间为 300d/a。根据陕西省《行业用水定额》（DB61/T943-2020）行政办公人员用水定额 $10\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{a})$ ，本项目生活用水量为 $20\text{m}^3/\text{a}$ ，废水产生系数按 0.8 计，则生活污水产生量为 $16\text{m}^3/\text{a}$ （ $0.16\text{m}^3/\text{d}$ ）；生活污水依托陕西省西安市长安区航天六院产业园化粪池处理，再由园区污水处理站处理后排入市政污水管网。

9.3.2 污染途径

本项目探伤室位于陕西省西安市长安区航天六院产业园特种装备总装厂房内，探伤室的屏蔽墙体采用混凝土进行防护，防护门采用铅防护门。曝光时，辐射工作人员隔室进行操作。探伤作业前，探伤工作人员根据待测工件实际情况，设置相应探伤机管电压、管电流、曝光时间，严格按照规程操作，完成室内探伤作业；本项目探伤机室内探伤时，其污染物主要为射线装置工作时所产生的 X 射线，污染途径主要为由于探伤室的屏蔽墙和防护门的屏蔽缺陷而导致 X 射线外泄，从而对周边人群、环境产生辐射影

响。对于 X 射线室内探伤产生的少量臭氧和氮氧化物，通过在探伤室内设置机械通风装置，将臭氧和氮氧化物抽出至外环境，经空气稀释、自然分解后，基本上不会周边环境产生较大的影响。

本项目在洗片、阅片过程中所产生的废显（定）影液、冲洗废水及废胶片属于国家危险废物名录中光材料废物（HW16 废物编号：900-019-16），但无放射性。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟对探伤过程中产生的废显（定）影液、冲洗废水和废胶片进行集中收集，暂存在公司危险废物贮存库内，定期交有资质单位进行处置。

根据建设单位提供材料，探伤室上方拟建设危险废物贮存库。危险废物贮存库长 6.55m，宽 2.95m，面积为 19.32m²。地面应具备防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐的相关功能，相关危废实行分区管理。本项目拟购置两个耐酸耐碱的塑料桶，用来存放本项目产生的废显影液、废定影液、冲洗废水。项目产生的废胶片拟用密封袋包装，暂存在危险废物贮存库。废胶片可采用密封袋袋进行包装后，装袋完毕、封口严实，贴上标签，暂存在废胶片暂存柜内。本项目产生的危险废物暂存期最长不超过 1 年，应定期交由具有危险废物处置资质的单位进行处置，并填写危险废物转移联单。危险废物贮存库容量可满足本项目危废贮存需求。

本项目危废产生量及处理措施见下表 9-1。

表 9-1 危险废物产生量及处理处置措施

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	年产生量	产生工序	形态	主要成分	危险特性	污染防治措施
1	废显影液	感光材料危险废物	HW16(900-019-16)	125kg	洗片工序	液态	硫酸甲基对氨基苯酚、对苯二酚等	T（毒性）	暂存废液桶，定期交由有资质的单位处置
2	废定影液	感光材料危险废物		125g	洗片工序	液态	硫代硫酸钠、钾矾、铬矾等	T（毒性）	暂存废液桶，定期交由有资质的单位处置
3	冲洗废水	感光材料危险废物		300kg	洗片工序	液态	硫酸甲基对氨基苯酚、对苯二酚、硫代硫酸钠、钾矾、铬矾等	T（毒性）	暂存废液桶，定期交由有资质的单位处置
4	废胶片	感光材料危险废物		1200张	评片工序	固态	溴化银等	T（毒性）	废胶片暂存柜，定期交由有资质的单位处置

表 10 辐射安全与防护

10.1 工作场所布局

本项目探伤室位于特种装备总装厂房北侧，探伤室周围 50m 内无居民住宅等敏感目标。项目工作场所布局基本满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中“6 探伤室探伤操作的放射防护要求……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”和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3 探伤室屏蔽要求……探伤室人员门宜采用迷路形式，探伤装置的控制室应置于探伤室外”的要求。综上，项目工作场所布局合理。

10.2 辐射防护屏蔽设施

①本项目使用的工业 X 射线探伤机产生的射线为 X 射线，针对射线设置所使用的最大工作状态（最大管电压、最大管电流），陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司已对探伤室中的探伤室进行辐射防护屏蔽设计，相关设计参数如下：

本项目设计的 X 射线探伤室内部尺寸为长 6.9m、宽 4.2m、高 3.3m，建筑面积 28.98m²；探伤室四周墙体 600mm 混凝土，顶棚厚度 600mm 混凝土。工件出入防护门为 24mm 铅电动推拉防护门。探伤室为上方为危险废物贮存库和工具间，探伤室下方为实土层，故不考虑地板设计屏蔽情况。

探伤室屏蔽防护设计汇总如表 10-1 所示。

表 10-1 探伤室屏蔽设计汇总表

项目	设计屏蔽措施
内尺寸（长×宽×高）	6.9m×4.2m×3.3m，面积为 28.98m ²
四周屏蔽体厚度	600mm 混凝土
顶棚屏蔽体厚度	600mm 混凝土
工件出入防护门	24mm 铅电动推拉防护门

②探伤室与操作室之间的电缆管道为 U 型埋地设置，可确保穿墙的电缆管道不破坏探伤室墙体的屏蔽效果。防护门设计尺寸大于门洞，防护门安装后与门洞两侧墙壁、顶部、底部均重合，并尽量减少防护门与墙壁之间的缝隙，确保缝隙小于 1cm，有效避免 X 射线由防护门门缝处的泄露。电缆管道穿墙剖视图见图 10-1。

③探伤室内设置机械通排风装置，探伤室室内送风口位于探伤室西北角，距地

面高度 3.3m，送风管道尺寸为 250×160mm，送风量为 650m³/h。送风管道为 U 型埋地设置，送风管道从地下穿出探伤室，从空压机间地面穿出后，引至空压机间上方管道夹层后引至风机处，送风管道与空压机间地面连接处，采用 10mm 铅皮包裹送风管道，包裹长度为 1m，可确保穿墙的送风管道不破坏探伤室墙体的屏蔽效果，防止射线泄露，送风管道路径剖面图见图 10-2。探伤室室内排风口位于探伤室东南角，距地面高度 30cm，排风管道直尺寸为 250×160mm，排风量为 830m³/h，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体经由排风管道抽排出探伤室，排风管道采用 U 型埋地设置，排风管道走向与辐射防护补偿设计与送风管道类似，可确保穿墙的排风管道不破坏探伤室墙体的屏蔽效果，防止射线泄露，室外排风口距地面高度约 3.3m，未朝向人口密集区域。探伤检测期间通风装置同步启动，持续通风，满足探伤室内通排风需求及相关标准要求。探伤室通排风管道路径图见图 10-3。

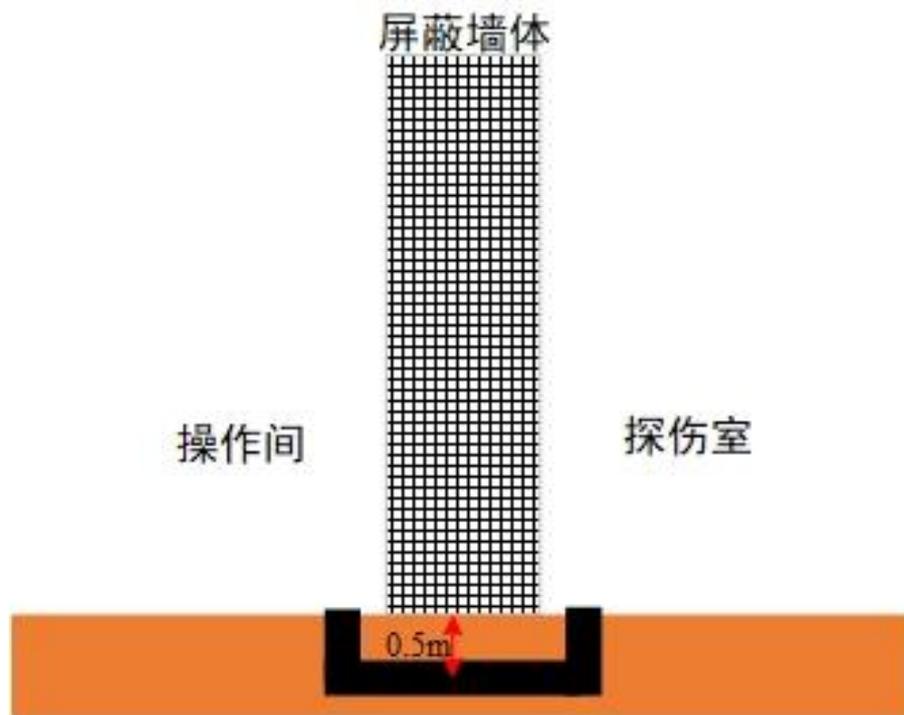


图 10-1 电缆管道穿墙剖视图

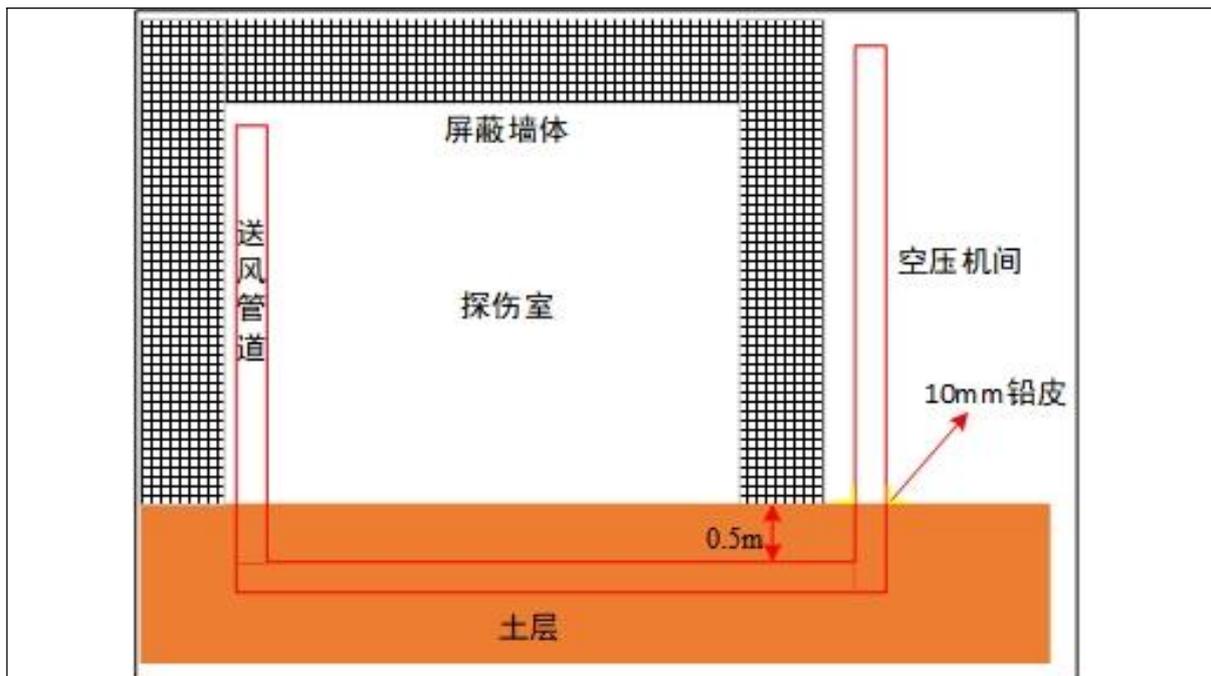


图 10-2 探伤机房送风管道路径剖面图



图 10-3 探伤机房送风管道路径剖面图

10.3 工作场所分区管理

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，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：把需要或可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但要经常对职业照射条件进行监督和评价。

根据项目工作场所布局，将探伤室屏蔽体内所有区域划分为辐射控制区，在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的电离辐射警告标志，防护门上方安装工作状态警示灯，探伤机正常工作时，警示灯亮，告诫无关人员远离探伤室。将操作室等与探伤室相邻其他区域划分为监督区，采取适当的手段划出监督区的边界，项目北侧区域为空地，可在日常管理过程中通过划区监管，防止无关人员在此停留。定期审查控制区及监督区的实际状况，以确定是否需要采取防护措施和作出安全规定，或是否需要更改边界。

项目工作场所分区管理示意图详见图 10-4，探伤室楼上场所监督区划分情况见图 10-5，项目工作场所分区剖面图见图 10-6。

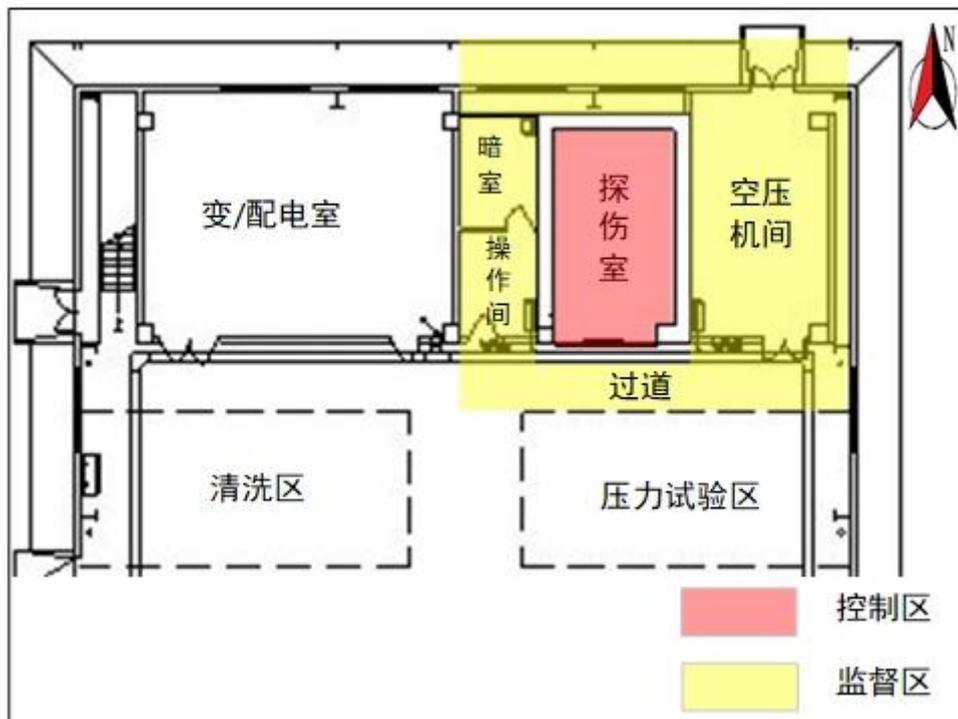


图 10-4 辐射工作场所分区图

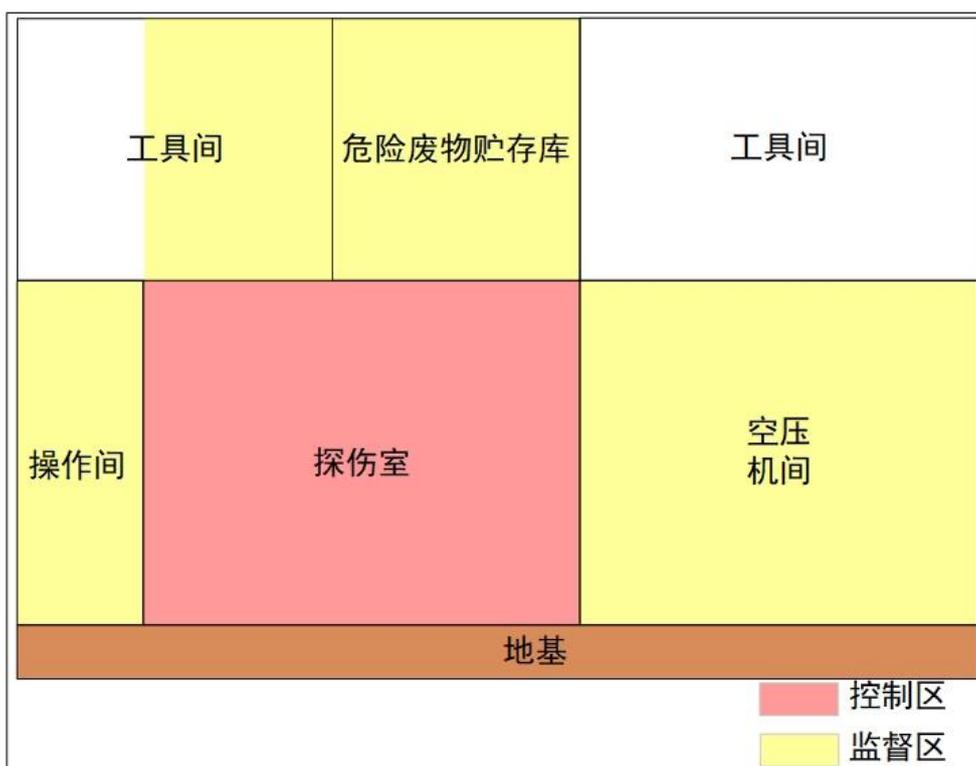
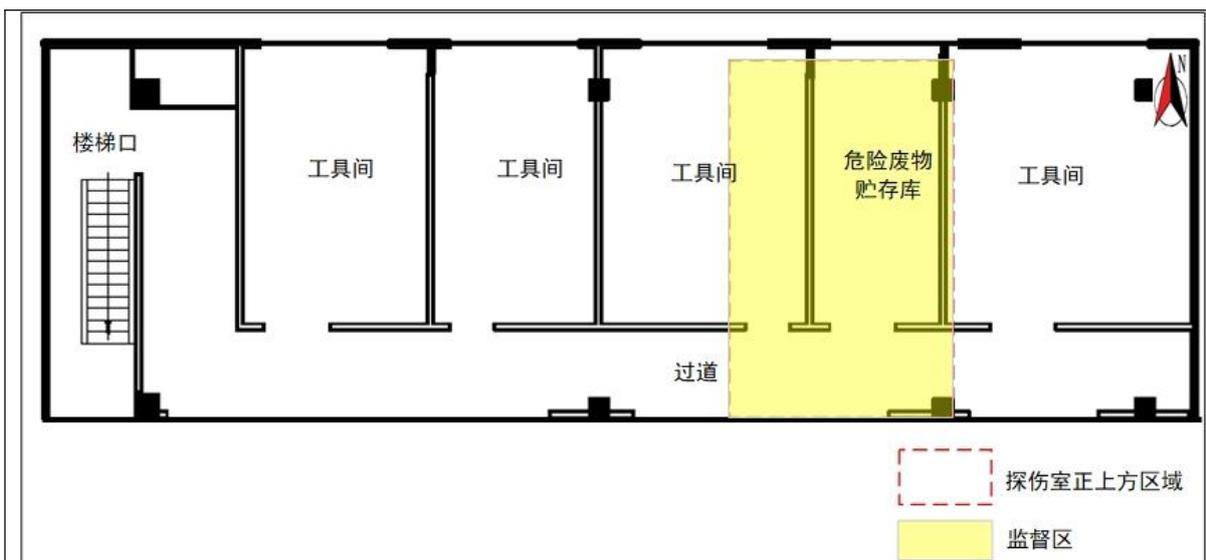


图 10-5 辐射工作场所楼上场所分区图

图 10-6 辐射工作场所分区剖面图

根据上述分区，建设单位须采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：探伤室内部，以防护门和探伤室屏蔽墙为界。针对控制区，建设单位拟采取一系列的放射防护与安全措施，设置门-灯-机联锁装置、工作状态指示灯及电离辐射警示标志等设施，严格限制人员随意进入控制区。

②监督区：操作间、暗室和空压机间和探伤室墙体间的空隙 1m 处为工作人员操

作探伤机时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。在操作间门、探伤室屏蔽门设置电离辐射警示标识，警告无关人员远离该区域。对该区不采取专门的防护手段安全措施，但要定期检查其辐射剂量率。

③在监督区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

10.4 拟采取辐射安全与防护措施

除上述探伤室实体屏蔽外，项目拟采取以下辐射安全措施。辐射安全防护措施见图 10-5。

①门-机联锁装置：探伤室防护门预留有联锁接口，与探伤机实现安全联锁，保证防护门不关闭或未关闭完全，射线机不能出束，只有防护门关闭后，射线机才能具备出束条件，如果意外防护门打开，则射线机中断出束。

②操作台安全性能：操作台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线探伤机才能出束，钥匙只有在停机或者待机状态时才能拔出，钥匙由专人进行保管。操作台设有 X 射线探伤机高压接通或断开状态的显示装置。

③急停按钮：探伤室内东西两侧墙体及操作台上均设置急停按钮，急停按钮与防护门及 X 射线探伤机进行安全联锁，按下后立即切断射线机电源并打开防护门。

④报警装置：探伤室门口和内部同时安装有实时显示“预备”、“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号设置足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号设置明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。照射状态指示装置与 X 射线探伤机联锁。探伤室内、外醒目位置处有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

⑤此外，工作人员进入探伤室时拟配备个人剂量报警仪。

⑥监视系统：探伤室内及防护门外各安装 1 只高清并具备聚焦功能的监控摄像头，摄像头视频接入专用监控显示屏，显示屏放置在操作室，方便放射工作人员了解探伤室内实时情况。

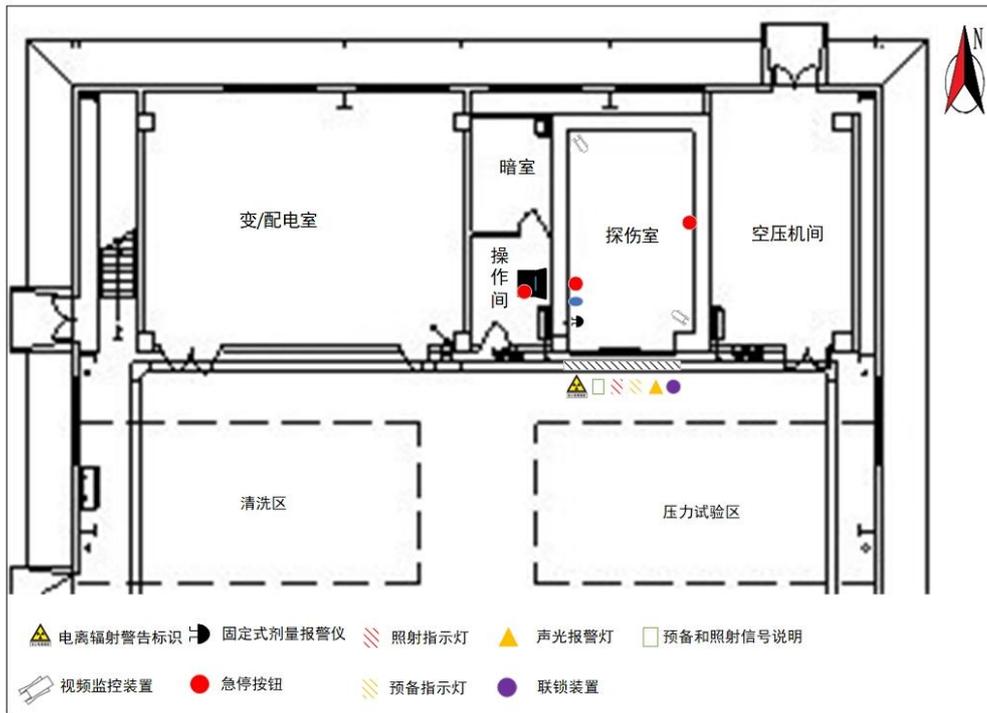
⑦探伤室内安装一台固定式剂量报警装置。

⑧探伤室外墙及防护门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明。

⑨各项规章制度、应急预案等要上墙，做好工作记录。定期对探伤室内辐射安全防护设施进行检查，确保其安全防护性能。

⑩拟配备 1 台 X、 γ 辐射防护仪，定期对项目辐射工作场所及周边环境进行监

测，建立监测档案。



本项目辐射安全设施布局图见图 10-7。

图 10-7 辐射安全设施布局图

10.5 需采取的安全管理措施

①对铅室防护门、门-机联锁装置、声光报警装置等安全设施进行经常性的检查、维护，防止设备带故障运行；

②利用已配备的便携式 X- γ 辐射剂量率监测仪器，定期按照监测计划对铅室外表面 30cm 处、工作人员操作位置处进行周围剂量当量率监测，监测记录存档备查；

③X 射线实时分析系统操作人员均配备个人剂量计，定期送有资质单位进行检测（每季度送检一次），随时掌握受照剂量，使作业人员接受到的年附加有效剂量能满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相关要求；

④每次射线装置出束曝光时，操作人员应佩戴个人剂量报警仪。当辐射水平超过设定的报警水平时，个人剂量报警仪报警，工作人员应迅速切断电源或按下急停开关，终止射线装置出束，并立即向单位辐射防护负责人报告。

10.6 其他辐射安全管理措施

①为落实辐射安全防护措施、确保射线装置安全操作，保证操作人员个人剂量低于限值要求，应按照国家标准和法律法规要求，制定相关管理制度。

②确保所有辐射工作人员均进行了体检、个人剂量检测和辐射培训工作，未取

得国家核技术利用辐射安全于防护培训平台成绩合格报告单的人员不得从事辐射工
辐射工作。

③项目建成投运后对本单位的射线装置进行年度评估，并于每年1月31日前向
发证机关提交上一年度的辐射安全年度评估报告。

④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），对照拟采
取的辐射安全防护措施情况，见表10-2。

表 10-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）-工业 X 射线探伤

项目		要求	本项目情况	
工业 X 射线探伤	控制台安全性能*	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志。	X射线管头已设置铭牌标明相关参数；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	
		设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。		
		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。		
		控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口。		
		控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束。		
		控制台设有紧急停机开关。		
	固定式探伤作业场所*	分区	按标准要求划分控制区、监督区。	已划分控制区和监督区
			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。	符合
		标志及指示灯	探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明。	拟设置
			探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁。	拟设置
	标志及指示灯	探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明。	拟设置	
辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置。	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	已配备X-γ剂量率监测仪、个人剂量报警仪，个人剂量计		

--

表 11 辐射环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

项目建设阶段对环境的影响主要是探伤室及配套建设的操作室、暗室等在施工过程中产生的扬尘、噪声、建筑垃圾以及施工人员生活污水、生活垃圾等。

11.1.1 废水环境影响分析

本项目施工期污水、废水主要为施工人员生活污水、施工场地废水等，废水依托陕西省西安市长安区航天六院产业园管网排入污水处理厂。

11.1.2 废气环境影响分析

本项目施工期废气主要为施工扬尘等。本项目主要是探伤室建设和室内施工，工程量小时间短，施工过程中产生的粉尘量小，通过洒水抑尘及大气扩散，对周围环境影响较小。

11.1.3 噪声环境影响分析

根据工程分析可知，施工期噪声源主要为动力设备、施工机械及运输车辆，本项目在厂区内施工，且施工期较短，对厂区内外影响较小。

11.1.4 固体废弃物环境影响分析

本项目施工期的固体废弃物主要为生活垃圾，运往环卫部门指定地点处置。

综上，本项目工程量较小，施工期短，施工人员少，合理安排施工秩序，施工时间，本项目对周围环境的影响在可接受的范围内。随着施工期的结束，这些影响也随即结束。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 辐射环境影响分析

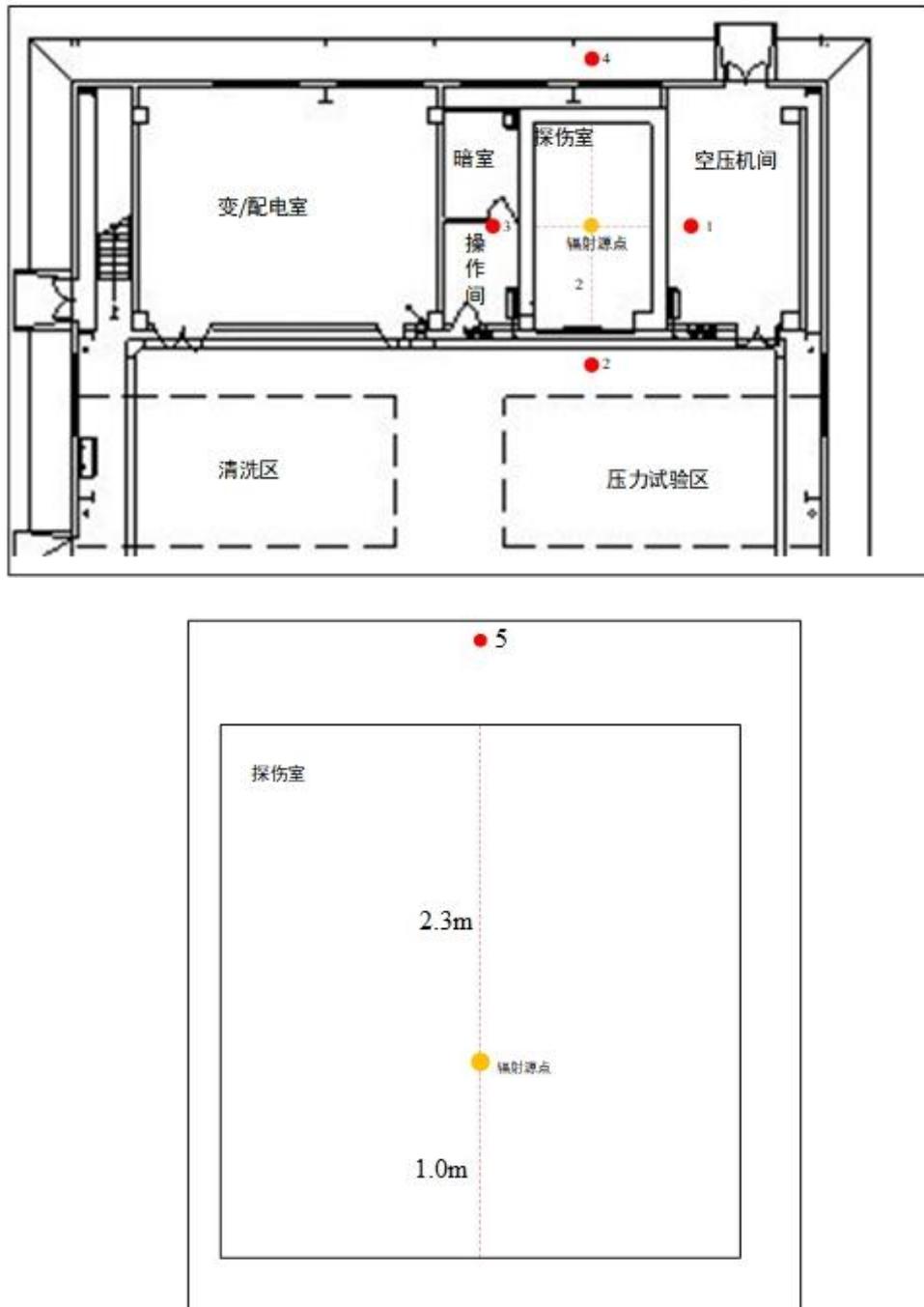
陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目运行期间主要产生的放射性污染物为 X 射线。本项目探伤室内尺寸长 6.9m，宽 4.2m，高 3.3m，位于地上一层，地下无建筑，底部为混凝土，因此不对地面进行屏蔽计算。

根据建设单位提供，本项目使用探伤机一般置于探伤室中央，照射方向朝下。项目探伤机安装在室内距地高度范围为 0.1~1m 处。特殊情况下工件为大型结构件，有多处焊缝，需要水平移动探伤机，探伤机与东、西、北侧墙壁或者铅门之间最近距离为 1m，探伤工作人员在操作台进行隔室操作。由于本项目工件较薄，因此本次

评价不考虑工件屏蔽。本次主要通过理论估算说明其运行期辐射环境影响。

关注点的选取:

本项目探伤机一般位于探伤机房中央位置，可上下移动，机头与地面距离范围为0.1~1.0m，与墙壁或者铅门之间最近距离为1m，照射方向为向下照射。关注点（选取探伤室外表面30cm处，人员受照剂量当量可能最大的位置作为关注点）的选取主要考虑可能对辐射工作人员或公众产生影响的区域，项目探伤室各关注点分布



示意图见图 11-1、图 11-2。

图 11-1 探伤室四周屏蔽体外关注点分布示意图（平面）

图 11-2 探伤室顶部关注点分布示意图（剖面）

11.2.2 理论计算模式

计算模式依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，该标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室防护性能计算。

(1) 确定探伤室各方向外关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$)：

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad (11-1)$$

式中： H_c ——为周剂量参考控制水平，职业工作人员： $H_c \leq 100 \mu\text{Sv/周}$ ；公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv/周}$ ；

U ——为探伤装置向关注点方向照射的使用因子；本项目探伤机关注点方向使用因子取值见表11-3；

T ——为人员在相应关注点驻留的居留因子；本项目探伤机时人员在关注点方向居留因子取值见表11-3；

t ——为探伤装置周照射时间，单位为h/周；本项目探伤机周照射时间为12h/周。

(2) 确定探伤装置周照射时间 t ，单位为h/周，按式（11-2）计算：

$$t = \frac{W}{60 \cdot I} \quad (11-2)$$

式中： W ——为X射线探伤装置的周工作负荷（平均每周X射线探伤照射的累计“mA·min”值），mA·min/周；本项目探伤机周工作负荷为3600mA·min/周；

60——小时与分钟的换算系数；

I ——为X射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为mA，本项目探伤机最大管电压下最大管电流为5mA。

关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,\max} = 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 二者的较小值。

(3) 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

a、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顶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）。

b、除a的条件外，应考虑下列情况：

①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墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和，应按（1）的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。

②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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

本项目探伤室四周屏蔽体、探伤室顶及防护门外表面30cm处关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 取 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,\max}=2.5\mu\text{Sv/h}$ 二者的较小值。

（4）屏蔽物质厚度与屏蔽透射因子 B 的相应关系

a.对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-3)$$

式中：

X——屏蔽物质的厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL——屏蔽物质的什值层厚度，见附录 B 表 B.2。

（5）非有用线束辐射剂量率估算方法如下：

非主射束方向主要考虑漏射线和散射线。

①泄漏辐射屏蔽估算

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按式（11-3）计算，然后按式（11-5）计算泄漏辐射在关注点的剂量率 \dot{H} ，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (11-5)$$

式中：

B ——屏蔽透射因子；

R ——辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

\dot{H}_L ——距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），本项目 300kV 下取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

②散射辐射屏蔽估算

X 射线 90° 散射辐射的最高能量低于入射 X 射线的最高能量，本项目所使用的

探伤机的最高能量为 300kV，参考 GBZ/T250-2014 中 4.2.3 散射辐射屏蔽中表 2：原始 X 射线能量大于 200kV 且小于等于 300kV 时，X 射线 90° 散射辐射最高的能量相应为 200kV 的散射辐射，因此，本项目探伤机散射的最高能量为 200kV，此管电压下产生的 X 射线对应的混凝土半值层厚度 HVL=26mm，混凝土什值层厚度 TVL=86mm，铅的半值层厚度 HVL=0.42mm，铅的什值层厚度 TVL=1.4mm。

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B，按表 2 并查附录 B 表 B.1 的相应值，确定 90° 散射辐射的 TVL，然后按式 (11-3) 计算。关注点的散射辐射剂量率 \dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$) 按式 (11-6) 计算：

$$\dot{H} = \frac{B \cdot I \cdot H_0}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (11-6)$$

式中：

I —— X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 (mA)，本项目为 5mA；

H_0 —— 距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；。根据建设单位提供资料，查 GBZ/T250-2014 附表 B.1，200kV 管电压：3mm 铝过滤条件下输出量为 $8.9 \times 6 \times 10^4 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，则 H_0 取值为 $5.34 \times 10^5 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$

B —— 屏蔽透射因子；

F —— R_0 处的辐射野面积，单位为平方米 (m^2)；

α —— 散射因子，入射辐射被单位面积 (1m^2) 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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3。

R_0 —— 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米 (m)；

R_s —— 散射体至关注点的距离，单位为米 (m)。

$\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ —— 根据 GBZ/T250-2014 附录，B.4.2 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， $\frac{R_0^2}{F \cdot \alpha}$ 因子的值为：60 (150kV)，50 (200kV~400kV)

(6) 辐射剂量估算公式

X 射线产生的外照射人均年有效当量剂量按式 (11-7) 计算:

$$H_{Er} = H_{(10)} \times T \times t \times 10^{-3} \quad (11-7)$$

式中:

H_{Er} ——X 射线外照射人均年有效剂量当量, 单位为毫希 (mSv);

$H_{(10)}$ ——X 射线周围剂量当量率, 单位为微希每小时 ($\mu\text{Sv/h}$);

T ——人员在相应关注点驻留的居留因子;

t ——X 射线照射时间, 单位为小时 (h)。

11.2.3 防护能力估算

11.2.3.1 探伤机主要技术参数及工作负荷

X 射线探伤机主要技术参数及工作负荷见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤装置技术参数及工作负荷

设备型号	最大管电压 kV	最大管电流 mA	单次曝光时间	周最大照射时间
XXG3005D	300	5.0	6min/次	20h/周

11.2.3.2 核算距离、方向

根据建设单位提供的资料, 本项目新增的 1 台 X 射线探伤机最大管电压为 300kV, 最大管电流为 5mA。本项目探伤机位置不固定, 照射方向为向下照射, 且建筑下方为土层, 没有地下建筑。故对探伤机向下照射时进行预测。因此本项目选取 5 个位置分别进行预测 (1、2、3、4 分别为工件靠墙, 探伤机距墙 1m 为最不利情况进行预测, 5 为探伤机在水平高度 1m 处进行探伤作业时的预测点位), 预测位置如图 11-1、11-2 所示。

探伤机曝光时, 屏蔽核算时各方向距离见表 11-2。

表 11-2 探伤机出束时各方向距离一览表

计算点			距离 m
东侧	探伤室东侧墙体外 30cm 处	泄漏辐射、散射辐射	1.9
西侧	探伤室西侧墙体外 30cm 处	泄漏辐射、散射辐射	1.9
南侧	探伤室南侧工件进出防护门外 30cm 处	泄漏辐射、散射辐射	1.3
北侧	探伤室北侧墙体外 30cm 处	泄漏辐射、散射辐射	1.9
顶部	顶部墙体外 30cm 处	泄漏辐射、散射辐射	3.2

11.2.3.3 剂量率参考控制水平的确定

表 11-3 剂量率参考控制水平核算表

方向	U	T	周剂量参考控制水平 Hc (μSv/周)	$\dot{H}_{c,d}$ (μSv/h)	关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$ ($\frac{\mu\text{Sv}}{\text{h}}$)	剂量率参考控制水平 Hc (μSv/h)
探伤室东侧墙体 外 30cm 处	1	1	100	8.33	2.5	2.5
探伤室西侧墙体 外 30cm 处	1	1	100	8.33	2.5	2.5
探伤室南侧工件 进出防护门外 30cm 处	1	1/5	100	41.67	2.5	2.5
探伤室北侧墙体 外 30cm 处	1	1/8	5	3.33	2.5	2.5
顶部墙体外 30cm 处	1/5	1/5	5	10.42	2.5	2.5

根据表 11-3 可知，探伤室东侧墙体外 30cm 处、探伤室南侧工件出入防护门外 30cm 处、探伤室西侧墙体外 30cm 处、探伤室北侧墙体外 30cm 处、探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平为 2.5μSv/h。

11.2.3.4 探伤室屏蔽防护效能核实原则

墙体厚度确定原则：当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射、散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽厚度，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）。探伤室防护厚度核算结果见表 11-4。

表 11-4 探伤室防护厚度核算结果

屏蔽面		\dot{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
东墙	泄漏	2.5	1.9	1.81E-03	274.35	350.4mm 混凝土	600mm 混 凝土	符合
	散射			1.69E-04	324.40			
西墙	泄漏	2.5	1.9	1.81E-03	274.35	350.4mm 混凝土	600mm 混 凝土	符合
	散射			1.69E-04	324.40			
防护 门	泄漏	2.5	1.3	8.44E-04	17.52	17.52mm 铅	24mm 铅	符合
	散射			7.92E-05	5.74			
北墙	泄露	2.5	1.9	1.81E-03	274.35	350.4mm 混凝土	600mm 混 凝土	符合
	散射			1.69E-04	324.40			
屋顶	泄露	2.5	3.2	5.12E-03	229.07	311.46	600mm 混	符

	散射		4.79E-03	285.46		凝土	合
--	----	--	----------	--------	--	----	---

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。

根据表 11-4 计算结果可知，探伤机工作时，探伤室的四周屏蔽墙体、顶棚以及防护门的辐射防护屏蔽效果相对较好，设计厚度均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）屏蔽防护的相关要求。

11.2.4 工作场所各关注点辐射剂量率估算

本项目定向（300kV）探伤机主束方向固定向下（地面），因此运行过程中主要考虑漏射线和散射线对探伤室四周环境的辐射影响。非有用线束泄漏辐射关注点剂量率计算参数见表 11-5，散射辐射关注点剂量率计算参数见表 11-6。

表 11-5 非有用线束泄漏辐射关注点辐射剂量率计算参数

型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	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 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	铅的什值层厚度 (mm) TVL	混凝土的什值层厚度 (mm) TVL
XXG3005D	300	5	5000	5.7	100

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 表 B.2 查得 300kV 下铅的什值层厚度为 5.7mm，混凝土的什值层厚度为 100mm。

表 11-6 非有用线束散射辐射关注点辐射剂量率计算参数

型号	管电压 (kV)	管电流 (mA)	散射辐射能量对应的铅 TVL	散射辐射能量对应的混凝土 TVL	输出量 H_0 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$)	$F \cdot a / R_0^2$
XXG3005D	300	5	1.4 ^①	86 ^①	5.34×10^5	0.02 ^②

注：①根据工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范（GBZ/T250-2014）表 2 中 300kV 对应的散射辐射最高能量为 200kV，根据附录 B 表 B.2 查得 200kV 下铅的什值层厚度为 1.4mm，混凝土的什值层厚度为 86mm。

②项目定向探伤机 X 射线束圆锥角为 40°，因此圆锥束中心和圆锥边界的夹角为 20°。根据《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和圆锥边界的夹角为 20° 时， $R_0^2/F \cdot a$ 因子的值为 50（200~400kV）。本项目参考典型值取 50。

根据公式（11-5）、公式（11-6）计算探伤室各关注点的剂量率，估算结果见表 11-7~表 11-9。

表 11-7 探伤室各关注点泄漏周围剂量当量率估算结果（300kV、定向）

关注点	距辐射源点的距离 R (m)	距辐射源点 1m 处输出量 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	最大管电流 (mA)	透射因子 B ₍₁₎	泄漏周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
探伤室东侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.00E-06	1.39E-03	2.5
探伤室西侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.00E-06	1.39E-03	2.5
探伤室南侧工件进出防护门外 30cm 处	1.3	5.34×10^5	5	6.16E-05	1.82E-01	2.5
探伤室北侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.00E-06	1.39E-03	2.5
探伤室屋顶外 30cm 处	3.2	5.34×10^5	5	1.00E-06	4.88E-04	2.5
南侧清洗区	6.0	5.34×10^5	5	6.16E-05	8.55E-03	2.5
南侧压力试验区	3.5	5.34×10^5	5	6.16E-05	2.51E-02	2.5
南侧半成品区	13.6	5.34×10^5	5	6.16E-05	1.66E-03	2.5
南侧成品区	26.3	5.34×10^5	5	6.16E-05	4.45E-04	2.5
南侧零部件焊接区	12.7	5.34×10^5	5	6.16E-05	1.91E-03	2.5
南侧产品包装区	43.1	5.34×10^5	5	6.16E-05	1.66E-04	2.5
南侧机加设备区	42.7	5.34×10^5	5	6.16E-05	1.69E-04	2.5

东侧神舟三路	33.6	5.34×10^5	5	1.00E-06	4.43E-06	2.5
--------	------	--------------------	---	----------	----------	-----

注：透射因子 B 按式 (11-3) 计算得出；

表 11-8 探伤室各关注点散射周围剂量当量率估算结果 (300kV、定向)

关注点	距辐射源点的距离 R (m)	距辐射源点 1m 处输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	最大管电流 (mA)	透射因子 B _(P)	散射周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 $\mu\text{Sv/h}$
探伤室东侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.06E-07	1.56E-03	2.5
探伤室西侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.06E-07	1.56E-03	2.5
探伤室南侧工件进出防护门外 30cm 处	1.3	5.34×10^5	5	7.20E-18	2.27E-13	2.5
探伤室北侧墙体外 30cm 处	1.9	5.34×10^5	5	1.06E-07	1.56E-03	2.5
探伤室屋顶外 30cm 处	3.2	5.34×10^5	5	1.06E-07	5.50E-04	2.5
南侧清洗区	6.0	5.34×10^5	5	7.20E-18	1.07E-14	2.5
南侧压力试验区	3.5	5.34×10^5	5	7.20E-18	3.14E-14	2.5
南侧半成品区	13.6	5.34×10^5	5	7.20E-18	2.08E-15	2.5
南侧成品区	26.3	5.34×10^5	5	7.20E-18	5.56E-16	2.5
南侧零部件焊接区	12.7	5.34×10^5	5	7.20E-18	2.38E-15	2.5
南侧产品包装区	43.1	5.34×10^5	5	7.20E-18	2.07E-16	2.5
南侧机加设备区	42.7	5.34×10^5	5	7.20E-18	2.11E-16	2.5

东侧神舟三路	33.6	5.34×10^5	5	1.06E-07	4.99E-06	2.5
--------	------	--------------------	---	----------	----------	-----

注：透射因子 B 按式（11-3）计算得出；

表 11-9 探伤室各关注点总周围剂量当量率计算结果一览表

关注点	泄漏辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
探伤室东侧墙体外 30cm 处	1.39E-03	1.56E-03	2.95E-03
探伤室西侧墙体外 30cm 处	1.39E-03	1.56E-03	2.95E-03
探伤室南侧工件进出防护门外 30cm 处	1.82E-01	2.27E-13	1.82E-01
探伤室北侧墙体外 30cm 处	1.39E-03	1.56E-03	2.95E-03
探伤室屋顶外 30cm 处	4.88E-04	5.50E-04	1.04E-03
南侧清洗区	8.55E-03	1.07E-14	8.55E-03
南侧压力试验区	2.51E-02	3.14E-14	2.51E-02
南侧半成品区	1.66E-03	2.08E-15	1.66E-03
南侧成品区	4.45E-04	5.56E-16	4.45E-04
南侧零部件焊接区	1.91E-03	2.38E-15	1.91E-03
南侧产品包装区	1.66E-04	2.07E-16	1.66E-04
南侧机加设备区	1.69E-04	2.11E-16	1.69E-04
东侧神舟三路	4.43E-06	4.99E-06	9.42E-06

根据表 11-9 可知，项目探伤室四周墙体、防护门外、屋顶 0.3m 处辐射剂量率为最大 $0.182\mu\text{Sv/h}$ ，小于上述各关注点剂量率参考控制水平，因此，探伤室的辐射防护满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关要求。

11.2.5 职业人员及公众剂量分析

11.2.5.1 辐射工作人员

表 11-10 项目所致辐射工作人员年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点瞬时剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
------	---------------------------------------	----------------	------	------------------

探伤室西侧操作位	2.95E-03	600	1	1.77E-03
----------	----------	-----	---	----------

由表 11-10 可得出，辐射工作人员所受的最大年有效剂量为 $1.77 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，远低于本次评价剂量约束值 5mSv/a 。

11.2.5.2 公众人员

工业X射线装置探伤期间，对公众的辐射影响对象主要考虑 50 米评价范围内包含清洗区、压力试验区、零部件焊接区、产品包装区、机加设备区工作人员，半成品区、成品区、工具间、神舟三路偶然停留人员以及探伤室 50m 评价范围内周边短时间滞留的其它人员。

表 11-11 项目所致公众年附加有效剂量计算结果

关注人员	探伤机出束时预测点瞬时剂量($\mu\text{Sv/h}$)	年最大曝光时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
清洗区工作人员	8.55E-03	600	1	5.15E-03
压力试验区工作人员	2.51E-02		1	1.51E-02
半成品区偶然停留人员	1.66E-03		1/5	1.99E-04
成品区偶然停留人员	4.45E-04		1/5	5.34E-05
零部件焊接区工作人员	1.91E-03		1	1.15E-03
产品包装区工作人员	1.66E-04		1	9.95E-05
机加设备区工作人员	1.69E-04		1	1.02E-04
空压机间偶然停留人员	2.95E-03		1/5	3.54E-04
神舟三路偶然停留人员	9.42E-06		1/40	1.42E-07
工具间偶然停留人员（探伤室上方）	1.04E-03		1/5	1.25E-04

由表 11-11 可得，公众人员附加年有效剂量范围值在 $1.42 \times 10^{-7} \sim 1.51 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ 之间，小于项目公众的年受照剂量约束值 (0.1mSv/a)。综上，项目运行期间，辐射工作人员及周边公众所受年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中职业人员的控制限值 (20mSv/a) 和公众的剂量限值 (1mSv/a)

及本次评价提出的剂量约束值（放射工作人员 $\leq 5\text{mSv/a}$ 、公众 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ）。

11.2.6 废气对环境的影响分析

项目 X 射线探伤机产生的 X 射线能量较低，探伤作业过程中 X 射线与空气发生电离作用产生的 O_3 、 NO_x 极少。探伤室内尺寸长 6.9m、宽 4.2m、3.3m，通过在探伤室设置机械通风装置，探伤机运行时室内持续通排风，每小时换气次数约为 8 次，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准中每小时有效通风换气次数 3 次以上及排风口未朝向人员密集区域的要求。为了保证辐射屏蔽防护效果，探伤室排风管和送风管均采用“U”型方式设计。

11.2.7 废水对环境的影响分析

辐射工作人员产生的生活污水排入陕西省西安市长安区航天六院产业园管网。

11.2.8 显（定）影液、废胶片环境影响分析

项目洗片产生的废显（定）影液、废胶片为危险废物（废物代码 900-019-16），属于《国家危险废物名录》中“HW16 感光材料废物”。

项目 X 射线探伤机为建设单位新购置装置，投入使用后，预计废显（定）影液、洗片废水产生量约为 550kg/a，废胶片产生量约为 1200 张/a。废显（定）影液、废胶片等危险废物现场收集后，暂存于探伤室上方的危险废物贮存库内，定期委托有资质单位处置。

危险废物贮存库应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）要求进行建设：

采取防风、防晒、防雨、防漏、防渗、防腐等措施，危险废物贮存库内地面、墙面裙脚、堵截泄漏的围堰、接触危险废物的隔板和墙体等应采用坚固的材料建造，表面无裂缝；地面与裙脚应采取表面防渗措施；表面防渗材料应与所接触的物料或污染物相容，可采用抗渗混凝土、高密度聚乙烯膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料。本项目废显影液、废定影液设置一个暂存区，洗片废水设置一个暂存区，废胶片设置一个暂存区，各类危废分类收集、分区存放，并设置分区标志、危废标签等识别标志，暂存废液和废水的储存容器下方拟设置防渗漏托盘，收集事故泄漏的废液，防止泄漏物渗入土壤、地下水，防渗漏托盘的容积应不小于废显影液、废定影液、洗片废水专用收集桶的最大容积。

废显影液、废定影液、洗片废水分类收集，暂存于专用收集桶内，定期交由有

资质的危废处理单位进行转运、处理。建设单位应按照《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》（HJ1259-2022）相关要求，制定危废管理计划和管理台账，设专职人员进行管理，记录危废产生量、处置量及去向，并按照危险废物五联单制度进行管理。

废旧胶片为曝光时产生的废片，属于国家危险废物名录中感光材料废物HW16，无放射性，作为危废暂存在危险废物贮存库收纳箱内，定期由有资质的危废处理单位收集处理，对环境影响较小。

贮存危险废物的贮存容器应注意：

7.1 容器和包装物材质、内衬应与盛装的危险废物相容。

7.2 针对不同类别、形态、物理化学性质的危险废物，其容器和包装物应满足相应的防渗、防漏、防腐和强度等要求。

7.3 硬质容器和包装物及其支护结构堆叠码放时不应有明显变形，无破损泄漏。

7.4 柔性容器和包装物堆叠码放时应封口严密，无破损泄漏。

7.5 使用容器盛装液态、半固态危险废物时，容器内部应留有适当的空间，以适应因温度变化等可能引发的收缩和膨胀，防止其导致容器渗漏或永久变形。

落实以上措施后，项目产生的废显（定）影液、废胶片在危险废物贮存库暂存，并定期委托有资质单位处置，对环境影响很小。

此外，建设单位贮存设施或场所、容器和包装物应按 HJ1276 要求设置危险废物贮存设施或场所标志、危险废物贮存分区标志和危险废物标签等危险废物识别标志。危险废物贮存设施标志见图 11-3，危险废物标签样式见图 11-4。



图 11-3 危险废物贮存设施标志

危险废物	
废物名称:	危险特性
废物类别:	
废物代码:	
废物形态:	
主要成分:	
有害成分:	
注意事项:	
数字识别码:	
产生/收集单位:	
联系人和联系方式:	
产生日期:	
废物重量:	
备注:	

图 11-4 危险废物标签样式

建设单位应按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）相关要求，在危险废物的贮存和管理过程中应注意以下问题：

表 11-12 建设项目危险废物贮存设施运行环境管理要求

标准	条目	贮存设施运行环境管理要求
《危险废物贮存污染控制标准》 (GB18597-2023)	8.2.1	危险废物存入贮存设施前应对危险废物类别和特性与危险废物标签等危险废物识别标志的一致性进行核验，不一致的或类别、特性不明的不应存入。
	8.2.2	应定期检查危险废物的贮存状况，及时清理贮存设施地面，更换破损泄漏的危险废物贮存容器和包装物，保证堆存危险废物的防雨、防风、防扬尘等设施功能完好。
	8.2.3	作业设备及车辆等结束作业离开贮存设施时，应对其残留的危险废物进行清理，清理的废物或清洗废水应收集处理。
	8.2.4	贮存设施运行期间，应按国家有关标准和规定建立危险废物管理台账并保存。
	8.2.5	贮存设施所有者或运营者应建立贮存设施环境管理制度、管理人员岗位职责制度、设施运行操作制度、人员岗位培训制度等。

根据《陕西省固体废物污染环境防治条例》（2021年修订）和《陕西省危险废物转移电子联单管理办法（试行）》相关要求，建设单位须做好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的运输应交由具有资质的危废处置单位统一运输、处置，在项目建成试运行前应签订危险废物处置合同。

根据建设单位提供资料，本项目运行产生的废显（定）影液、洗片废水、废胶

片暂存于探伤室上方的新建的危险废物贮存库内，定期委托有资质单位处置。建设单位将严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）的要求进行设计建设危险废物贮存库。探伤室上方为工具间和危险废物贮存库，根据表 11-9 预测结果可知，危险废物贮存库地面 30cm 处周围剂量当量率为 $1.04 \times 10^{-3} \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）限值要求。本项目建成后，探伤室所在楼二层无长时间停留工作人员，根据表 11-11 预测结果可知，工具间偶然停留人员受到的年附加有效剂量为 $1.25 \times 10^{-4} \text{mSv/a}$ ，远小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中公众的剂量限值（ 1mSv/a ）及本次评价提出的剂量约束值（公众 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），故危险废物贮存库设置合理。

11.2.9 项目选址、布局合理及实践正当性分析

11.2.9.1 选址合理性分析

本项目工业 X 射线设备射线装置评价范围内无常住居民点及环境制约因素，射线装置运行期间基本不会对厂界环境保护目标产生影响，排风口位于厂房东侧墙面，距地 3.3m，人员不可到达。项目采取有效的辐射防护屏蔽措施后，对周围环境影响较小，项目选址基本合理。

11.2.9.2 平面布置合理性分析

本项目 X 射线装置在专用的探伤室内进行探伤，探伤室所在位置其选址有效避免人员聚集区域，厂房其他区域工作人员在探伤室周边常驻人数较少，经采取有效的辐射防护屏蔽措施后，对周围环境的辐射影响较小，其平面布置基本合理。

11.2.9.3 实践正当性分析

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司使用 X 射线探伤的目的是开展工件无损质量检验，确保工件使用安全，该项目建设有利于发展社会经济，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价。因此，该公司工业 X 射线探伤项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的要求，故该项目是正当可行的。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事故风险类型识别

项目 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，根据其探伤检测过程中实际情况分析，项目事故风险类别主要为探伤机出束时的意外放射事故，包括安全装置失灵，X 射线泄

漏；安全装置失灵，人员误入探伤室内，探伤机开始曝光使人员受到超剂量照射事故；设备检修或待检工件安装完毕后，其他人员误入或工作人员未及时撤出探伤室，探伤机开始曝光使人员受到超剂量照射事故。

可能发生的事故主要有以下几种情况：

①门-机联锁装置出现故障，防护门关闭不严，开机曝光进行探伤检测时造成防护门外大量射线泄露，人员在此区域活动受到不必要照射；

②门-机联锁装置出现故障，防护门未关闭，人员误入正在进行探伤检测的探伤室内或未及时撤出探伤室，对探伤室内停留人员造成大剂量X射线照射；

③设备检修或待检工件安装时，操作人员误操作，开启探伤机进行探伤检测，对探伤室内停留人员造成误照射；

④操作台安全性能或急停按钮等故障，设备因短路或其他原因使其处于失控状态，探伤机关机但未断电，探伤机仍继续工作，对误入探伤室内人员造成大剂量X射线照射。

针对以上可能发生的事故，可采取以下措施进行预防：

①安装门-机联锁装置，并定期检查确保其正常工作。当防护门未关闭或关闭不严时，联锁装置启动使探伤机无法开机，从而避免大量射线泄露或人员误入探伤室造成大剂量X射线照射的辐射事故发生。

②为防止人员误留探伤室受到误照射，工作人员应在每次照射前进行巡查，确保无人员滞留探伤室；

③定期对设备进行维护保养，避免其带“病”进行探伤检测，从而避免探伤机关机后仍进行工作的事件发生。

④工作人员进入探伤室须按照要求佩戴个人剂量报警仪，一旦超过设定阈值，剂量仪报警，提醒人员迅速撤离，可有效降低人员受照剂量；

⑤制定相关操作规程和制度，加强工作人员的辐射安全培训和管理，使工作人员详细了解辐射事故的危害性，从而避免人为事故的发生。

11.3.2 事故风险分析

项目X射线探伤机属于II类射线装置，为中危险射线装置，其工作产生的X射线可使长时间受照人员受到严重损伤。X射线探伤机的电压越大产生的X射线的穿透性越强，项目保守按探伤机最大管电压、最大管电流进行风险评价。项目发生最大概

率风险事故为工作进出防护门未关闭，X射线探伤机出束照射过程中人员误入探伤室内造成大剂量X射线照射。

本次评价提出的职业工作人员剂量约束值为5mSv/a，公众剂量约束值为0.1mSv/a。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，职业工作人员连续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；公众年有效剂量不应超过1mSv，特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

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如下：

$$X = \frac{I \cdot X_0}{R^2} \quad (11-8)$$

式中：X₀——为距X射线管固定距离1米处的输出量，项目300kV下取1.254 × 10⁶μSv · m²/(mA · h)；

I——为最大管电流，mA，本项目，本项目取5mA；

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。

根据式（11-8），工业X射线装置在300kV下不同距离、不同接触时间的有效剂量结果如表11-13。

表 11-13 工业 X 射线装置在 300kV 下不同距离、不同接触时间的有效剂量（mSv）

距离(m) 时间(min)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
0.5	52.25	23.22	13.06	8.36	5.81	4.27	3.27
1	104.50	46.44	26.13	16.72	11.61	8.53	6.53
2	209.00	92.89	52.25	33.44	23.22	17.06	13.06
3	313.50	139.33	78.38	50.16	34.83	25.59	19.59
4	418.00	185.78	104.50	66.88	46.44	34.12	26.13

由表 11-13 所接受的剂量估算结果可以看出，当工业 X 射线装置处于工作状态，门-灯-机联锁失效并且人员滞留探伤室内情况下时，探伤室周边人员将会接受大剂量辐射照射，可能产生辐射损伤情形。故在射线装置在工作期间，应加强射线装

置的安全维护，保证门-机联锁处于良好的工作状态，防止人员误入以减小对人员产生的辐射影响。另外，探伤室内设置有视频监控，在操作时可实时观察探伤室内的情况，探伤室内外均设置急停按钮，误入探伤室的人员及控制室内工作人员发现误照射后，可通过急停按钮紧急停机。

11.3.3 辐射事故防范措施

①检修、调试应由专业技术人员进行。工作人员按要求佩戴个人剂量报警仪，不得擅自改变、削弱、或破坏 X 射线探伤室的屏蔽体和铅防护门。

②撤离探伤室时应清点人数，辐射工作人员应确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留探伤室内，控制室人员、探伤室滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

③定期检查探伤室的门-灯-机联锁、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施的各机构及电控系统，制定有定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

④配置便携式 X- γ 辐射剂量率仪，定期巡查(每周)探伤室屏蔽体的屏蔽效能，发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

⑤定期认真对本单位 X 射线装置的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故发生。

⑥本项目使用的定向 X 射线探伤机只能在探伤室内使用并且不从事室外探伤作业。

另外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照要求进行探伤工作。

11.3.4 辐射应急措施

一旦发生辐射事故，处理的原则为：

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间断开电源，停止 X 射线的产生。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。

④在事故处理过程中，要在可合理做到的条件下，尽可能减少人员照射。

⑤事故处理后应累计资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录，包括事故发生的时间和地点，涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；对任何可能受到照射的人员所做的任何医学检查及结果；采取的任何纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

⑥对可能发生的辐射事故，应及时采取措施，妥善处理，以减少和控制事故的危害影响，并上报生态环境等相关行政部门，接受监督部门的处理。



表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006年1月18日国家环境保护总局令第31号公布，2019年8月22日生态环境部令第7号修改，第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司已根据陕西省生态环境厅核技术利用单位辐射安全管理标准化建设相关要求，成立了辐射安全与环境保护管理机构，明确了小组成员以及职责，并已安排专人专职负责公司辐射安全管理工作。

环评要求：辐射安全管理机构应根据陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化相关规定明确相应职责，具体应该包含以下内容：

- ①认真贯彻落实国家法律法规的有关规定；
- ②对公司使用的射线装置的安全和防护工作负责，并依法对其造成的放射性危害承担责任；
- ③组织制定并落实辐射防护相关管理制度；
- ④按照国家有关规定，定期组织对射线装置工作场所和设备进行辐射防护监测和年度评估，发现安全隐患的及时进行整改，确保设备正常使用、安全有效；
- ⑤组织对放射性操作人员进行辐射与安全防护培训，进行个人剂量检查、职业健康检查，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案；
- ⑥制定辐射事故应急预案并定期组织演练。
- ⑦记录单位发生的放射事故并及时报告卫生行政部门、生态环境主管部门。

12.1.2 辐射工作人员配置

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第十六条第二款的要求，从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第二十八条的要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当对直接从事生产、销售、使用、活动的职业人员进行安全和防护知识教育培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。拟为本项目配备2名辐射工作人员（从现有持证辐射工作人员中调

配)，本次评价要求在验收前相关辐射工作人员应：

①根据《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》（公告2019年第57号）要求，参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习报名并取得辐射防护培训合格证明；

②进行岗前体检，确认没有职业禁忌症。

本项目在验收前辐射工作人员应完成上述条件后方可上岗。

12.1.3 辐射安全管理标准化建设

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），对核技术利用单位辐射安全管理和辐射安全防护的标准化建设提出了要求，见表12-1。

表 12-1 陕西省核技术利用单位机构建设、人员管理内容具体要求

管理内容		管理要求	单位情况
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时，应包含辐射环境安全管理工作内容	
		明确涉辐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，本项目建成后应纳入管理
		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	
		建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责	
		建立辐射环境安全管理档案	
	直接从事放射工作的作业人员	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	已按规定执行，本项目辐射工作人员已纳入管理
		岗前进行职业健康体检，结果无异常	
		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	
制度建立与执行	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	需补充制定相应的管理制度	
	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		已设置辐射安全与环境管理领导小组
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	需补充制定相应的管理制度	
	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	已制定射线装置台账	

	素、射线装置台账	
	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《射线装置操作规程》
	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《工作人员培训制度》
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	已制定《个人剂量监测和健康检查制度》
	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）	需补充完善
	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《辐射工作场所监测制度》
	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	需补充制定
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《辐射事故应急预案》；应完善单位现有的辐射事故应急预案
	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	

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司已制定了较为完善的辐射安全管理制度和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，确保射线装置的安全使用。陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括《X射线防护铅房安全操作规程》、《X射线机生产安全事故应急处置与救援预案》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作场所监测制度》、《辐射人员岗位职责》、《检验人员培训考核管理规则》、《设备维护、维修制度》、《射线防护操作安全制度》、《射线探伤安全作业指导书》以及个人培训档案、监测档案等，单位现有的辐射环境管理规章制度适用于本次项目，应针对本项目应用的探伤机，严格按照规程操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案。

12.2 人员培训及档案管理

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“营运管理”要求、《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) 相关规定要求, 单位必须培植和保持良好的安全文化素养, 彻底杜绝辐射事故的发生。放射性工作人员在上岗之前, 需参加单位组织的辐射安全与防护培训学习及相关辐射防护基础知识及操作技能的培训学习, 并通过核技术利用辐射安全与防护考核并取得合格单, 具备从事放射性工作能力。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011年5月1日实行)第二十三条规定: 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位, 应当安排专人负责个人剂量监测管理, 建立辐射工作人员个人剂量档案。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。

环评要求: 应按照相关法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准, 对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测; 发现个人剂量监测结果异常的, 应当立即核实和调查, 并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。应建立放射工作人员个人剂量档案, 包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料, 并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查, 两次检查的时间间隔应不超过2年。

12.3 辐射监测

12.3.1 常规监测及检查

①委托有资质的监测单位对公司射线装置工作场所及其周边环境进行常规监测, 每年监测一次。

②放射性操作人员必须佩戴个人剂量计, 并定期由有资质单位检测, 每季度检测一次, 建立个人剂量档案。

③公司应配备辐射剂量率的监测仪器, 定期对各射线装置工作场所以及周边环境进行监测, 做好辐射的日常监测工作, 并将监测数据记录存档保存。

④对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估, 安全评估报告对存在的安全隐患及时提出整改方案, 并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

12.3.2 特殊监测

①变更监测: 当射线装置设备的结构、屏蔽设施、位置发生变更时, 及时委托有资质的监测单位进行监测和重新评价。进行监测合格和重新评价后, 方可继续使用。

②异常监测：当个人剂量超过年剂量限值、辐射工作场所出现异常情况时，应进行监测，查明原因。发生意外事故，应按辐射事故管理规定，及时监测和处理。

12.3.3 现场监测

项目运行前，委托有资质的监测单位对辐射工作场所和防护设施进行全面的验收监测，监测合格后方可投入使用。监测计划见表 12-2。

表 12-2 辐射监测计划一览表（建议）

监测项目	监测地点	监测周期
辐射剂量率	射线装置辐射工作人员操作位置	自主监测每季度至少进行一次；委托有资质单位每年监测一次
	射线装置探伤室屏蔽墙体外表面 30cm 处、防护门及缝隙表面 30cm 处，管线口位置处	
	探伤室周边人群停留位置	
	射线装置周围环境	
个人剂量计	辐射工作人员佩戴的剂量计	每 3 个月送有资质检测机构检测 1 次
职业健康检查	所有涉及放射性的工作人员	岗前进行一次；岗中至少每两年一次

环评要求：公司应配备辐射剂量率监测仪器，定期进行检定，确保仪器处于有效的范围之内。对探伤室屏蔽墙体及防护门表面、操作位置及周边环境进行日常监测，将监测结果与参考控制水平进行比较，做好日常监测记录，存档备查。当测量值高于参考控制水平时，终止工作并向辐射防护负责人报告。

12.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性核素与射线装置安全许可管理办法》等相关法律法规规定，单位已制定《辐射事故应急预案》，本项目运行后，单位应对现有的辐射事故应急预案进行修订，将本项目可能发生的辐射事故纳入应急预案，修订后的辐射事故应急预案应符合《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项目表>的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）的应急管理要求。

一旦发生辐射事故，现场当事人应立即切断射线装置电源，并报告单位启动应急预案，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》，由单位辐射事故应急小组上报当地生态环境主管部门及省级生态环境主管部门，造成或

可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。并及时组织专业技术人员排除事故。配合各相关部门做好辐射事故调查工作。

项目正式运行后，还应做好以下工作：

①单位每年应组织人员进行应急演练，并记录；

②根据国家最新法律法规，结合单位实际情况，及时对应急预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

12.5 项目环保投资及竣工环境保护验收清单

12.5.1 环保投资

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤项目总投资 200 万元，核技术项目环保投资额为 24.3 万元，占核技术项目投资的 12.15%，核技术项目环保投资比例适宜。环保投资主要用于辐射安全防护设施的建设，包括个人剂量报警仪等个人防护用品、安全联锁装置、固定式辐射报警装置、警示标识、个剂监测及工作场所监测等建设费用。项目环保投资估算详见表 12-3。

表 12-3 环保投资估算表

实施时段	类别	污染源或污染物	污染防治措施或设施	建设费用
施工期	废气	施工扬尘等	及时清扫施工场地	0.2
	废水	少量生活污水	依托厂区自有污水处理系统	—
	固体废物	生活垃圾	集中收集后，由环卫部门处理	0.1
运行期	X 射线	防护设施	安装 1 套固定式辐射报警装置	2.0
			配备 1 套工作状态指示灯、声光报警装置	0.4
			安装 1 套视频监控装置	0.8
			若干电离警示标志	0.1
			配备 2 枚个人剂量计	0.2
			安装 1 套门机联锁装置	0.5
	废气	O ₃ 和 NO _x	安装 1 套机械排风装置	2.8
	废水	生活污水	依托自有污水处理系统	—
	固废	生活垃圾	生活垃圾进行分类收集后，统一纳入当地垃圾清运系统	0.2
环境管理与监测	详见环境管理与监测计划小节			3.0
危废处置	危险废物贮存库建设、危废收集设施、危废委托处置			6.0
咨询、环评和验收技术服务				8.0
总投资				24.3

12.5.2 项目竣工环境保护验收

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），工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使

用的“三同时”制度。建设单位应根据“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项目表》的通知”（陕环办发〔2018〕29号），对本项目进行竣工环保验收。

建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收，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见表 12-4。

表 12-4 项目竣工环境保护验收清单

验收项目	验收内容		验收指标
电离辐射	剂量管理限值	辐射工作人员 5 mSv/a； 公众人员 0.1mSv/a。	防护门缝隙及表面、探伤室外表面 30cm 处，线缆口以及工作人员操作位处 X- γ 辐射剂量率满足 GBZ117-2022 标准要求。
	探伤室外环境剂量率	探伤室屏蔽体外 30cm、防护门表面及缝隙、工作人员操作位置处及探伤室周边人群容易到达位置处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h，探伤室顶棚外表面 30cm 处周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	
环保手续	项目建设的环评评价文件、环评批复、有资质单位出具的验收监测报告等齐全。		环保手续齐全。
环保管理规章及制度	辐射安全与环境保护领导机构及职责、辐射安全与防护制度、操作规程、辐射设备维护与维修制度、辐射工作人员职业健康体检制度、培训制度等管理制度是否完备。		各项辐射环境管理制度依据项目实际情况进行制定，可操作性强、能够较好地贯彻落实。
探伤室防护措施	室内安装紧急停机按钮，防护门安装门-机联锁装置，防护门上方和探伤室内安装工作状态灯和声音报警装置正常运行，防护门表面张贴电离辐射警示标志，探伤室内安装机械排风系统，探伤室内和操作台上均设置急停按钮，安装固定式场所辐射探测报警装置。		安装门机联锁装置 1 套、急停开关 3 个（探伤室东西墙、控制台上各 1 个）、声光报警器以及工作状态指示灯 1 套、安装 1 套固定式辐射报警装置、视频监控 1 套、通排风装置 1 套，配备警示标识若干等。各安全设施能够正常有效运行，且具备 GBZ117-2022 标准要求的功能。
个人防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式辐射剂量率监测仪。		个人剂量计根据操作人员数进行配备、个人剂量报警仪大于等于 2 台，辐射监测仪大于等于 1 台。
人员培训	辐射工作人员、直接辐射管理人员。		取得辐射防护和安全考核成绩合格单，持证上岗。
辐射安全与环境保护机构	机构是否完整、职责是否明确。		机构完整、人员配备到位、职责分明。
辐射环境保护档案	是否建立档案管理制度。		辐射环境保护各项档案是否完整。

废胶片、废显(定)影液、冲洗废水	废胶片存放在密封袋内，废显影液、废定影液、冲洗废水由单独的废液收集桶收集后在危险废物贮存库暂存，定期交有资质单位处理，并为之签订收集处理协议。废液不混合暂存，废液收集桶应有明显的标示，标示内容应符合要求；建立废液的台账管理制度；废液的处理按照相关要求进行联单管理，联单存档。	查阅危险废物转移联单、台账，确保所有危险废物得到合理有效的处置。
监测计划	监测项目、频次、监测点位依据表 12-2 中进行制定。	监测仪器在有效期范围内，按照监测计划对工作场所及周边环境进行监测。
分区管理	控制区、监督区划分范围。	按照 GBZ117-2022 标准进行划分控制区、监督区。
应急预案	制定辐射事故应急预案，明确应急领导机构和人员职责，明确人员组织与培训、物资准备、应急响应程序、辐射事故报告和处理程序等内容。	应急预案符合项目实际情况，应急预案切实可行，具备可操作性。
辐射安全管理标准化	是否进行辐射安全管理标准化建设。	按照陕环办发[2018]29 号文要求进行验收。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司是一家集设计、生产、销售和服务于一体的高新技术企业。基于公司产品的质量提升和未来发展需求，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟在陕西省西安市长安区航天六院产业园飞天路 289 号特种装备总装厂房内建设 1 间探伤室，并安装 1 台型号为 XXG3005D 的定向 X 射线探伤机，用于对不锈钢管、板、型材等工件焊缝进行探伤检测。

13.1.2 产业政策符合性

项目主要是配置 X 射线探伤机用于对工件探伤检测，属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订）“第一类 鼓励类”中“十四 机械”中的第 6 条“工业 CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备”。因此，项目符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性

项目利用 X 射线进行探伤检测，通过探伤检测有助于产品质量及性能把控，从而保障其质量，具有明显的社会效益。通过加强对项目的辐射安全管理，合理控制对周围环境的影响，项目运行产生的辐射危害远小于企业和社会取得的利益，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。

13.1.4 辐射环境质量现状

2023 年 9 月 17 日，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司委托核工业二〇三研究所分析测试中心对工业 X 射线探伤项目拟建地及周边环境进行了 X- γ 辐射剂量率监测。监测结果表明，本项目探伤室拟建地地面 X- γ 辐射剂量率监测值为 89.0nGy/h，与西安市 γ 辐射剂量率处于同一水平，项目所在区域辐射环境现状质量好。

13.1.5 选址可行性及布局合理性

本项目拟建的探伤室位于特种装备总装厂房内，探伤室位于厂区北侧。探伤室北侧为绿化，南侧为厂房压力试验区，东侧为空压机间，探伤室顶棚为工具间和危险废物贮存库，平时无人停留。这些区域内员工活动较少，无长期滞留人员；探伤室与操作间分开设置，人员隔室操作，房间布置紧凑，方便探伤工作操作及后续洗片、评片工作进行。项目选址、平面布局合理可行。

13.1.6 辐射防护与安全措施

陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司拟建成的探伤室四周屏蔽墙体均为 600mm 混凝土墙，探伤室南侧工件进出防护门具备 24mm 铅防护能力。根据理论估算表明，公司新增的工业 X 射线机在其配套的探伤室内进行探伤检测，其开机曝光状态下，建设的探伤室能够有效屏蔽 X 射线，探伤室屏蔽墙体表面以及周边环境辐射剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中屏蔽防护的相关要求。

本项目探伤室内安装紧急停机按钮，设置门-灯-机联锁装置、声光警示装置、固定式场所辐射探测报警装置，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，探伤室设计有机械排风系统，具有良好的通风。

13.1.7 环境影响分析结论

根据对各关注点辐射年辐射剂量率计算，本项目工业 X 射线装置所致职业人员产生的最大个人年附加有效剂量为 $1.77 \times 10^{-3} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的年有效剂量基本限值 20mSv 和本次项目评价 5mSv 剂量约束值要求。本项目工业 X 射线装置运行所致公众附加年有效剂量为 $1.42 \times 10^{-7} \sim 1.51 \times 10^{-2} \text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量 1mSv 基本限值和本次评价公众 0.1mSv 剂量约束值要求。

在洗片、阅片过程中所产生的废显（定）影液、冲洗废水及废胶片属于国家危险废物名录中感光材料废物，进行集中收集，暂存在危险废物贮存库内，定期交有资质单位进行处置。

综上所述，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤应用项目，利用 X 射线进行探伤检测，以提高产品质量，项目开展具有积极的意义，符合辐射防护实践正当性原则；项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，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，该项目在严格落实各项辐射防护措施情况下，陕西航天机电环境工程设计院有限责任公司工业 X 射线探伤核技术应用项目对环境的影响是可以接受的。

13.2 建议

①按照国家相关要求进行标准化建设，该 X 射线探伤装置安装到位投入运行前，应委托有资质的监测单位对探伤室的辐射防护设施进行全面的验收监测，监测合格并办理辐射安全许可证后方可开展探伤工作。

②定期对探伤室及其周围辐射水平进行监测；辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪，并进行岗前职业健康检查工作。

③辐射工作人员必须取得辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训合格证或成绩合格单后才能上岗，严禁无证上岗。辐射工作人员，应定期进行再教育。

④培养并提高辐射工作人员的辐射防护安全意识，严格按照 X 射线探伤检测操作规程操作，每次探伤检测作业前，应仔细检查门-灯-机联锁装置、急停开关、声光报警装置的性能，确保其处于正常的工作状态。

⑤不断完善各项辐射安全管理规章制度和对事故的预防、处理等措施，定期开展辐射事故应急演练，并总结演练过程中出现的问题，不断细化和完善辐射事故应急预案，确保其具有较好的适用性和可操作性。

⑥每年对射线装置以及探伤室的安全性和防护状况编制相应的评估报告，于每年 1 月 31 日前向发证机关及当地生态环境主管部门报送辐射环境年度评估报告。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日