

目 录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 6 -
表 3 非密封放射性物质	- 6 -
表 4 射线装置	- 7 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 8 -
表 6 评价依据	- 9 -
表 7 保护目标和评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 16 -
表 9 项目工程分析与源项	- 19 -
表 10 辐射安全与防护	- 24 -
表 11 环境影响分析	- 32 -
表 12 辐射安全管理	- 45 -
表 13 结论与建议	- 52 -
表 14 审批	- 54 -

附件

附件 1 委托书

附件 2 辐射环境质量现状监测报告（陕源检字[2022]第 035 号）

附件 3 西安市环境保护局高陵分局关于陕西长羽航空装备有限公司航空航天关键金属零部件加工生产线项目环境影响报告表的批复（市环高批复[2017]8 号）

附件 4 西安市环境保护局高陵分局关于航空航天关键金属零部件加工生产线改扩建项目环境影响报告表的批复（市环高批复[2018]114 号）

附件 5 其他相关资料

附图

附图 1 陕西长羽航空装备有限公司 5#、6#车间平面布置图

附图 2 陕西长羽航空装备有限公司 7#、8#、9#车间平面布置图

附表

附表 1 建设项目环评审批基础信息表

表 1 项目基本情况

建设项目名称		陕西长羽航空装备有限公司工业探伤 X 射线装置核技术利用项目			
建设单位		陕西长羽航空装备有限公司			
法人代表	王世超	联系人	江红	联系电话	15195808865
注册地址		陕西省西安市莲湖区陕西省生产资料第一交易市场交易楼 210 室			
项目建设地点		西安市高陵区泾河工业园陕西长羽航空装备有限公司 9 号车间内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项总投资 (万元)	180	项目环保投 资 (万元)	20	投资比例(环保 投资/总投资)	11.11%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	36
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封 放射性 物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线 装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他	/			
	<p>项目概述</p> <p>一、项目背景</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>陕西长羽航空装备有限公司（以下简称“长羽公司”）成立于 2007 年，位于西安市高陵区泾河工业园泾园七路 8 号，占地面积约 12800 平方米，现有员工 260 余人，年销售额逾 2 亿元，是一家以加工生产航空航天关键金属零部件为主的民营企业。</p> <p>2、项目由来</p> <p>为保证公司的生产需求和产品质量，长羽公司拟购买一台工业 X 射线探伤机对生产的</p>				

零部件进行无损检测。

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》以及《中华人民共和国放射性污染防治法》，本项目需进行环境影响评价。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，项目 X 射线探伤机属于 II 类射线装置，且不属于“自屏蔽式 X 射线探伤装置”；根据《建设项目环境保护分类管理名录（2021 年版）》，项目属于“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”核技术应用项目，应编制环境影响报告表。

2022 年 4 月，长羽公司委托我公司对该项目进行环境影响评价，接受委托后，我公司组织相关技术人员进行了实地踏勘、资料收集等工作，并按照《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）的基本要求，编制了《陕西长羽航空装备有限公司工业探伤 X 射线装置核技术利用项目环境影响报告表》。

3、产业政策符合性分析

项目主要用于对生产的零部件进行无损检测，属于《产业结构调整指导目录》(2019 年修正)“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”，符合国家产业政策。

4、实践正当性分析

项目的建设有利于提高公司产品质量，在采取辐射防护措施，合理控制其对周围环境的影响后，本项目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）“实践正当性”原则。

二、项目概况

1、建设项目规模

本项目拟在 9 号车间内新建 1 间探伤室，用于存放新购置的 1 台 TITAN Neo 160 型工业 X 射线探伤机，探伤室长 4m×宽 3m×高 3m，为五面封闭式铅板结构（不做底面），并在探伤室以东依次配套建设 1 间控制室和 1 间暗室。探伤机主要技术参数见表 1-1，项目涉及的工程内容详见表 1-2。

表 1-1 X 射线探伤机主要技术参数

设备名称	设备型号	装置分类	数量	最大管电压	最大管电流	射线种类	用途	场所
X 射线探伤机	TITAN Neo 160	II 类	1 台	160kV	6mA	周向	无损检测	探伤室内

表 1-2 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	探伤机	1 台 TITAN Neo 160 周向型 X 射线探伤机。	新建
		探伤室	1 间探伤室，位于 9 号车间内；探伤室长 4m、宽 3m、高 3m，占地面积约 12m ² ，体积约 36m ³ ；四周墙体和顶面屏蔽防护：2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板；工件进出门屏蔽防护：采用电动平移防护铅门，材料与墙体和室顶一致，为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板。	新建
2	辅助工程	控制室	位于探伤室外东侧，长 4m、宽 3.18m，占地面积约 12.72m ² 。	新建
		暗室	位于控制室外东侧，长 4m、宽 2.58m，占地面积约 10.32m ² 。	新建
3	公用工程	供电	依托公司内部供配电系统。	依托
4	环保工程	废气 通风装置	探伤室内设置通风装置；本项目拟在探伤室顶面西北角（距地面 3m）安装 1 台交流散热风机，风机额定风量为 459m ³ /h，每小时有效通风换气次数 3 次以上；风机外接排风管道，排风管道外口位于 9 号车间北墙，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体通过排风管道排出 9 号车间。	新建
		危险废物 危废暂存间	依托原有的危废暂存间；原有危废间位于 6、7 号车间之间的过道北侧，占地面积约 4m ² ，目前主要用于存放废切削油、废煤油、废机油、废润滑油等危险废物；原有危废间在采取本评价提出的整改意见后，建设基本符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单的要求，可供本项目依托。本项目洗片产生的废胶片、废显（定）影液等危险废物均采用专用容器分类收集，当日暂存于暗室内危废暂存区，每天派专人转移至公司现有危废暂存间，定期交由相应资质的单位处置。	依托

2、计划工作量

项目正常运行期间预计平均每天拍片约 40 张，每次拍片曝光时间平均为 3min；每周工作 5 天，周曝光时间约 10h；年工作 48 周，年曝光时间年拍片约 480h。

3、劳动定员

项目拟配备 3 名辐射工作人员，全部从公司内部岗位进行调配。

本评价要求：辐射工作人员必须参加辐射安全与防护培训，并通过考核取得合格证后持证上岗。在进行无损检测时应正确佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪等，公司应给辐射工作人员进行岗前健康体检并存档备案，体检合格者后方可进行探伤工作。

三、项目选址及周边环境关系

1、项目地理位置

长羽公司位于西安市高陵区泾河工业园泾园七路 8 号，项目位于长羽公司 9 号车间内。项目地理位置见图 1-1。



图 1-1 项目地理位置图

2、周边环境关系及平面布置

长羽公司 9 号车间为反“L”型车间，其北侧依次为空地、箱变、其他车间；南侧为过道；东侧依次为消防通道、门业公司；西北侧从南到北依次为 8 号车间、7 号车间、过道、6 号车间等；项目探伤室位于 9 号车间的西北角，紧邻探伤室北侧为空地、南侧为 9 号车间空置区、西侧为 7 号车间、东侧为控制室。项目周边环境关系图见图 1-2，项目平面布置图见图 1-3，公司各车间平面布置图见附图 1 和附图 2。

项目选址尽可能考虑了探伤作业的特殊性，选在周围人员流动量较小的 9 号车间内。该车间为单层建筑且四邻关系简单，探伤室顶部一般人员无法到达，探伤室无地下室；同时拟建探伤室周边 50m 范围内无居民点、学校等环境敏感目标。

综上，项目选址较为合理。

四、原有核技术利用项目情况

本次是长羽公司首次开展核技术利用项目，属于新建，无原有核技术利用项目许可情况。

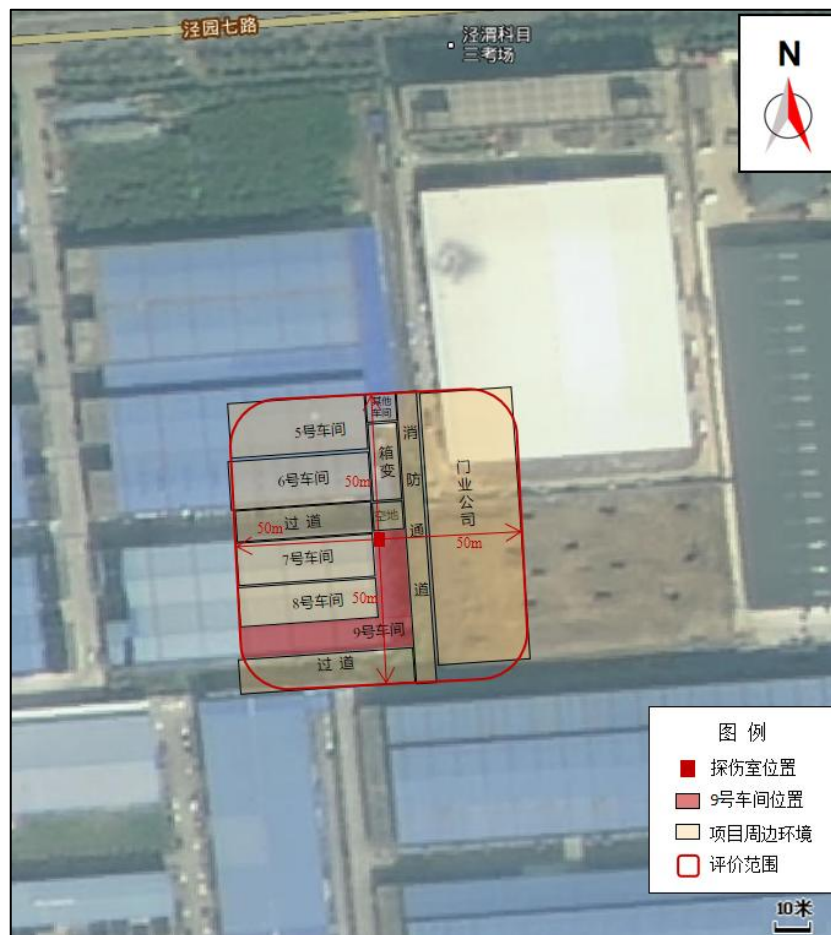


图 1-2 项目周边环境关系图

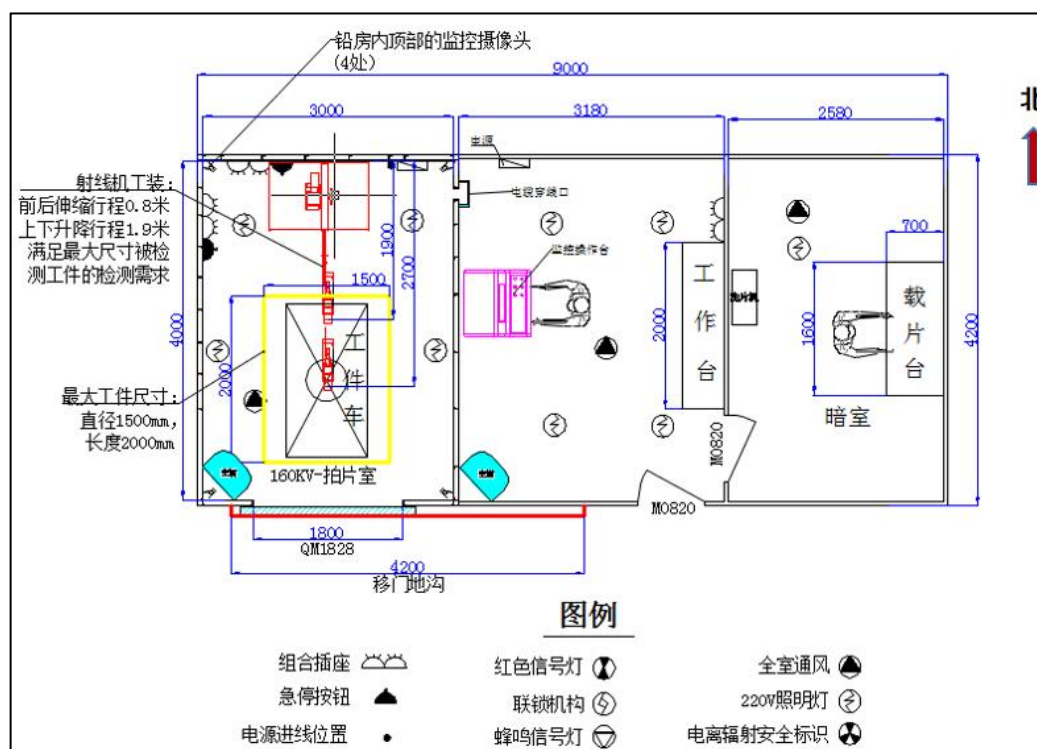


图 1-3 项目平面布置图

表 2 放射源

序号	核素名称	放射性活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动类别	用途	使用场所	贮存方式与地点	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生产的中子流强度（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	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日最大等效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	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	工业探伤机	II	1 台	TITAN Neo 160	160	6	无损检测	9 号车间西北角专 用探伤室内	周向探伤机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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 (mA)	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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	/	通过探伤室内通风装置排出 9 号车间外，经周围环境空气分解和稀释后对周边环境的影响较小
废显（定）影液	液态	/	/	/	约 0.3t	/	采用专用容器分类收集，先暂存于暗室内危废暂存区，每天派专人转移至公司现有危废暂存间	定期委托有资质单位处置
废胶片	固态	/	/	/	约 0.5t	/		

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，气态单位为 mg/kg；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) 《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 日施行；</p> <p>(4) 《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>(5) 《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>(6) 《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>(7) 《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 号修改，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《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>(9) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号第四次修订，2021 年 1 月 4 日；</p> <p>(10) 《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>(11) 《陕西省放射性污染防治条例(2019 年修正)》，陕西省人大，2019 年 11 月 6 日起施行；</p> <p>(12) 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>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)；</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015)；</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)；</p>

<p>技术标准</p>	<p>(4) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改单;</p> <p>(5) 《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素》(GBZ2.1-2019);</p> <p>(6) 《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>(7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(8) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书;</p> <p>(2) 辐射环境质量现状监测报告。</p>

表 7 保护目标和评价标准

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》（HJ10.1-2016）中“放射源和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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 范围）”要求，确定本项目环境影响评价范围为以 X 射线探伤机的实体屏蔽墙体（即探伤室防护屏蔽）外 50m 的区域。

项目环境影响评价范围见图 1-2。

保护目标

项目主要环境保护目标为从事 X 射线探伤机操作的辐射工作人员及评价范围内（探伤室防护屏蔽外 50m 的范围内）的其他工作人员及公众。项目主要环境保护目标情况见表 7-1。

表 7-1 本项目主要环境保护目标

保护对象	相对方位	位置	相对射线装置最近距离（m）	人数（人）	控制目标
辐射工作人员	东侧	控制室	1.8	3	年有效剂量 \leq 5mSv/a
	东侧	暗室	5		
公众	东侧	消防通道	9.3	流动人员	年有效剂量 \leq 0.1mSv/a
	东侧	门业公司	14.3	5	
	西侧	7 号车间	1.8	3	
	西南侧	8 号车间	15	3	
	南侧	9 号车间	1.6	3	
	南侧	过道	40	流动人员	
	北侧	空地	2.2	流动人员	
	北侧	箱变及其北侧其他车间	16	3	
	西北侧	过道	2.5	流动人员	
	西北侧	6 号车间	16	3	
	西北侧	5 号车间	35	3	

评价标准

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

根据标准附录 B1.1 职业照射中 B1.1.1.1 条规定：“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。”

根据标准附录 B1.2 公众照射中 B1.2.1 规定：“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。”

在环境评价中，出于“防护与安全的最优化”原则，对于某单一项目的剂量控制，可以取这个限值的 10%~30%进行管理（引自本标准中的 11.4.3.2 条款“剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%(即 0.1mSv/a~0.3mSv/a)的范围之内。但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限”），综合考虑，本项目对职业人员的剂量约束值取最小限值的 25%，公众人员的剂量约束值取最小限值的 10%，具体见表 7-2。

表 7-2 本项目剂量约束值

序号	受照射人员类别	年剂量最小限值	本项目年剂量约束值
1	职业人员	20mSv/a	5mSv/a
2	公众	1mSv/a	0.1mSv/a

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业X射线探伤室探伤、工业X射线CT探伤与工业X射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用500kV以下的工业X射线探伤装置（以下简称X射线装置或探伤机）进行探伤的工作。

4 工业 X 射线探伤室探伤的防护要求

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，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，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“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 安全操作要求

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、《危废废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及修改单（2013.6.8发布实施）

本标准适用于所有危险废物（尾矿除外）贮存的污染控制及监督管理，适用于危险废物的产生者、经营者和管理者。

4 一般要求

4.1 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。

4.2 在常温常压下易爆、易燃及排出有毒气态的危险废物必须进行预处理，使之稳定后贮存，否则，按易爆、易燃危险品贮存。

4.3 在常温常压下不水解、不挥发的固体危险废物可在贮存设施内分别堆放。

4.4 除 4.3 规定外，必须将危险废物装入容器内。

4.5 禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。

4.6 无法装入常用容器的危险废物可用防漏胶袋等盛装。

4.7 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。

4.9. 盛装危险废物的容器上必须粘贴符合本标准附录 A 所示的标签。

5 危险废物贮存容器

5.1 应当使用符合标准的容器盛装危险废物。

5.2 装载危险废物的容器及材质要满足相应的强度要求。

5.3 装载危险废物的容器必须完好无损。

5.4 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）。

5.5 液体危险废物可注入开孔直径不超过 70mm 并有放气孔的桶中。

8 危险废物贮存设施的安全防护与监测

8.1 安全防护

8.1.1 危险废物贮存设施都必须按 GB15562.2 的规定设置警示标志。

8.1.2 危险废物贮存设施周围应设置围墙或其它防护栅栏。

8.1.3 危险废物贮存设施应配备通讯设备、照明设施、安全防护服装及工具，并设有应急防护设施。

8.1.4 危险废物贮存设施内清理出来的泄漏物，一律按危险废物处理。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

1、项目地理位置

项目地理位置见图 1-1。

2、项目场所位置

项目周边环境关系图见图 1-2，项目平面位置图见图 1-3。

二、辐射环境质量现状监测

1、监测方案

为了解项目所在场所环境 γ 辐射本底水平，陕西长羽航空装备有限公司于 2022 年 3 月 11 日委托陕西源平环保科技有限公司对本项目工作场所及周边环境的 γ 辐射水平进行了监测。按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关规定，并结合本项目的实际情况，本项目 γ 辐射剂量率环境现状监测点位示意图见图 8-1，具体监测方案见表 8-1。

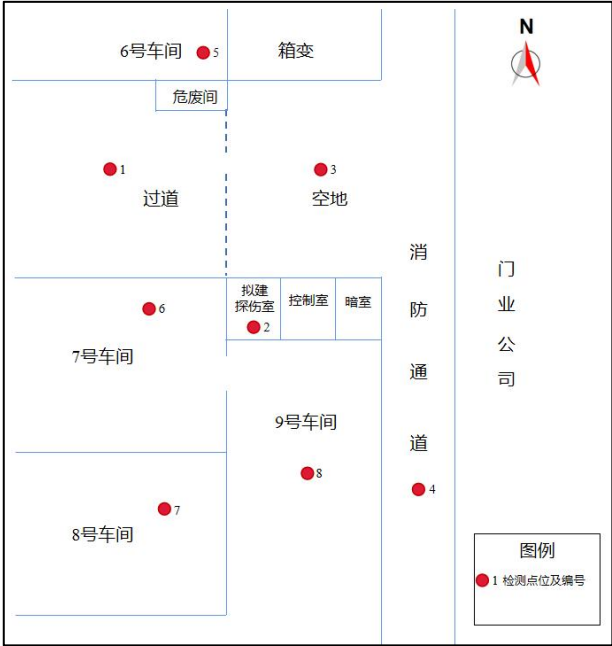


图 8-1 现状监测点位布设示意图

表 8-1 辐射环境质量现状监测方案

监测因子	监测点位	监测时间
γ 辐射剂量率	过道、拟建探伤室、空地、消防通道、6 号车间、7 号车间、8 号车间、9 号车间	2022 年 3 月 11 日

2、监测仪器

监测仪器相关参数见表 8-2。

表 8-2 检测仪器相关参数一览表

检测仪器名称/ 型号	测量范围	检定单位	检定证书编号	证书有效期
环境监测用 X、 γ 辐射空气比 释动能率仪 /JB4000	10nGy/h~60 μ Gy/h (剂 量率)	上海市计量测试 技术研究院华东 国家计量测试中 心	2021H21-20-338 9173001	2021.7.7~2022.7.6

3、质量保证措施

严格按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)的相关测量要求,实施监测全过程质量控制;所用监测仪器满足国家要求,并经过专业计量部门(上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心)检定且合格,使用时间在有效期内;监测人员持证上岗;监测数据根据监测单位质量管理体系的要求执行三级审核制度。

4、监测结果

项目辐射环境质量现状监测结果见表 8-3,监测报告见附件 2。

表 8-3 辐射环境质量现状监测结果一览表

序号	监测点位	X- γ 辐射剂量率 (μGy/h)	
		范围值	平均值
1	过道	0.082~0.089	0.088
2	拟建探伤室	0.086~0.096	0.090
3	空地	0.088~0.096	0.091
4	消防通道	0.088~0.096	0.091
5	6 号车间	0.088~0.095	0.091
6	7 号车间	0.089~0.095	0.091
7	8 号车间	0.088~0.095	0.092
8	9 号车间	0.088~0.095	0.091

备注:该监测结果未扣除宇宙射线响应值。

三、辐射环境现状评价

根据《辐射防护》(第 14 卷第 4 期,1994 年 7 月)中“陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究”,陕西省西安 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平见表 8-4。

表 8-4 西安市 γ 辐射(空气吸收)剂量率调查结果(nGy/h)

位置	原野	道路	室内
范围	50.0~117.0	52.0~121.0	79.0~130.0

根据表 8-3,项目周边 γ 辐射剂量率在未扣除宇宙射线响应值时的范围值为 0.082~0.096 μGy/h,即 82~96 nGy/h,在西安市环境天然 γ 辐射剂量率范围内,在扣除宇宙射

线响应值后，项目周边 γ 辐射剂量率必然不会高于这个测量结果值，因此，项目周边的辐射环境属于天然辐射环境的本地波动水平，无异常。

综上所述，项目所在地辐射剂量率处于正常环境本底水平，辐射环境质量现状无异常，项目所在区域辐射环境质量现状良好。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、设备组成及工作方式

1、设备组成

项目工业 X 射线探伤机主要由主体 X 射线机及其附属产品组成。其中 X 射线机包括微处理器控制单元、160kV 高稳定性恒电位高压发生器及电源供应器、周向金属陶瓷 X 射线管、高压电缆、水冷却系统及水管等；附属产品包括：X 射线机机架、工件运动小车、防护铅房、控制室、暗室、自动洗片机及附件等。

2、工作方式

项目工业 X 射线探伤机为固定式周向型（型号：TITAN Neo 160），射线管周向出束，射线束角度为 $40^{\circ} \times 360^{\circ}$ ；X 射线机身固定安装在机架上，机架底座紧贴探伤室北墙中部固定安装。虽然机架底座固定，但是装有 X 射线管的机架臂可以在一定范围内上下和前后移动，探伤机安装后，X 射线管探头可以在距北墙以南 1.9m~2.7m 范围内前后伸缩（前后伸缩行程为 0.8m），以及在离地面 0.5m~2.4m 范围内上下升降（上下升降行程为 1.9m）；探伤机最大检测工件尺寸为直径 1.5m，长度 2m。探伤机安装位置见图 9-1。

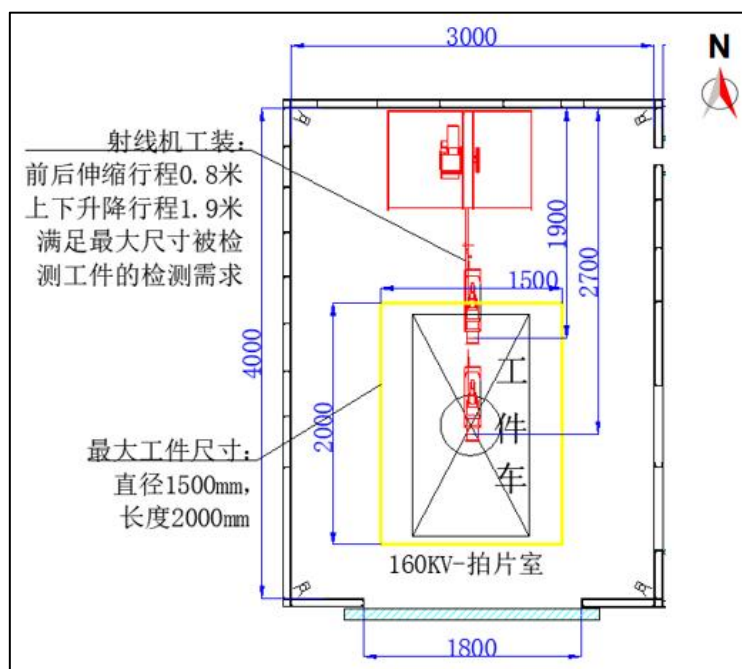


图 9-1 探伤机安装位置图

二、工作原理及工艺流程

1、工作原理

X 射线探伤机为利用 X 射线能穿透金属材料从而使贴在金属表面的胶片感光而显像的原理来进行工件内部缺陷的无损检测。由于工件的缺陷部位和其他部位对射线减弱的程度不同，胶片感光不一样，使胶片处理后得到的底片上会形成黑度不同的影像，据此来判断材料内部缺陷情况，工作原理见图 9-1。

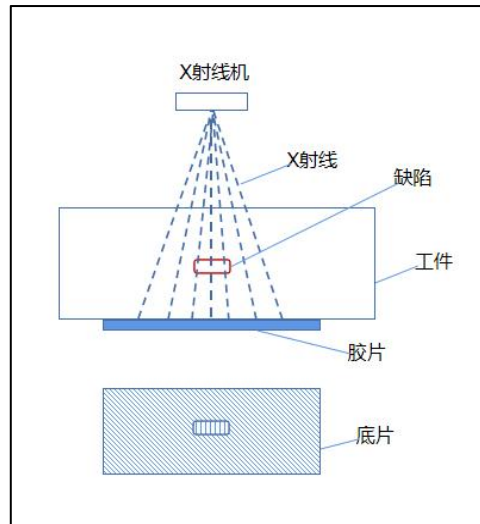


图 9-1 X 射线探伤机工作原理图

产生 X 射线的装置主要由 X 射线管和高压电源组成，其中 X 射线管由安装在高真空的玻璃或陶瓷外壳中的阴极和阳极组成。阴极是一个发热灯丝，用于发射电子，通常是钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的耐高温材料制成各种形状，一般用高原子序数的金属（如钨、铂、金等）制成。工作时，阴极灯丝通电加热产生电子，电子在聚焦杯中聚集成束，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体，其动能转化为阳极原子的激发能，从而产生 X 射线。

典型 X 射线管结构见图 9-2。

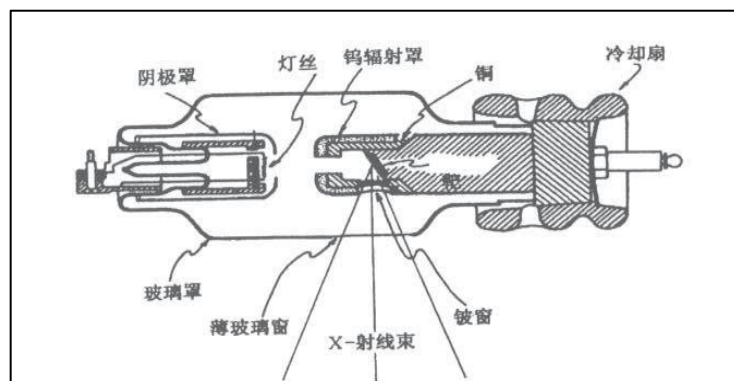


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

按结构形式 X 射线探伤机分为携带式、移动式、固定式；按射线束的辐射方向，X 射线探伤机分为定向辐射和周向辐射。

项目涉及的 TITAN Neo 160 型 X 射线探伤机按结构形式分类属于固定式，按射线束辐射方向分类属于周向辐射。项目拟使用的探伤机实图见图 9-3。



图 9-3 TITAN Neo 160 型探伤机实图

2、工艺流程

(1) 打开工件进出防护门，将需要进行无损检测的工件由工件运动小车运至探伤室内；

(2) 调整工件和 X 射线发生器位置，使工件待检部位在 X 射线束照射范围内；

(3) 在工件待检部位外部贴上胶片；

(4) 确认各连接电缆连接正确，确认门机联锁装置等正常，启动通风装置；

(5) 确认探伤室内无人员滞留，关闭工件进出防护门；

(6) 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），开启X射线探伤机进行曝光；

(7) 待曝光结束后关闭X射线探伤机，放射工作人员佩戴个人剂量计及携带个人剂量报警仪进入探伤室取下已感光的胶片，并将感光胶片在暗室进行冲洗。放射工作人员观察胶片，判断工件是否存在缺陷；

(8) 在完成一个探伤任务后，设备复原、清点工具，进入下一次无损检测。

三、产污环节和污染途径

1、产污环节

项目X射线探伤机在进行工件探伤时的工作流程及产污环节见图9-4。

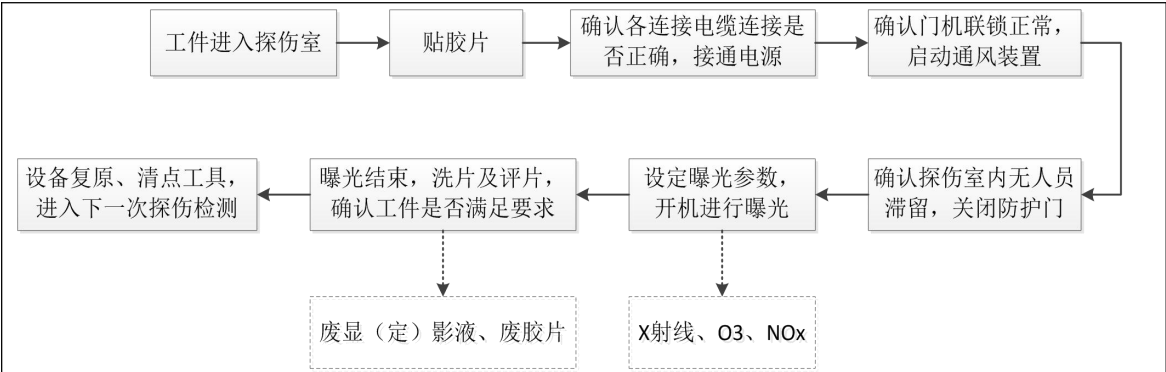


图 9-4 项目工作流程及产污环节示意图

2、正常工况下污染途径

X 射线探伤机发出的 X 射线经透射、散射，对工作场所及周围环境产生 X 射线辐射，穿透探伤室屏蔽体（四周墙体或顶棚、防护门）的 X 射线造成探伤室外周围辐射水平升高，放射工作人员和公众在此区域活动时对其产生一定的外照射。

X 射线能使空气电离产生臭氧和氮氧化物等有害气体,可能对探伤室内外环境产生影响。

本项目使用的 X 射线探伤机采用胶片成像方式，无损检测过程产生的废胶片、废显（定）影液均属于《国家危险废物名录（2021 年版）》中“HW16 感光材料废物”，如果不妥善处理，会对周围造成环境污染。

本项目的辐射工作人员日常工作也会产生一些生活废水和生活垃圾，如果未得到妥善处理，也会造成一定程度的环境污染。

3、事故工况下污染途径

（1）门-机联锁装置故障，防护门关闭不严，开机曝光进行无损检测时造成防护门外大量射线泄漏，人员在此区域活动受到不必要照射；

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

（3）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。

污染源项描述

本项目产生的污染因子包括无损检测工作时产生的X射线、X射线电离空气产生的有害废气和废胶片、废显（定）影液等危险废物；也包括辐射工作人员日常

生活产生的生活污水和办公生活垃圾等。

一、X射线

本项目X射线探伤机开机工作时,通过高压发生器和X射线管产生高速电子束,电子束撞击靶体,释放出X射线;X射线是一种能量很大的电磁波,会对生物产生很大的电离辐射影响,是本项目最主要的污染因子。

根据X射线探伤机的工作原理可知,项目使用的X射线探伤机只有在开机并处以出束状态才会发出X射线。

二、废气(O_3 和 NO_x)

本项目主要的废气来源为X射线电离周围空气而产生的 O_3 和 NO_x 等有害废气,根据《X射线工作场所臭氧氮氧化物浓度监测》(郝海鹰、刘容、王玉海编著)及《X射线工作场所空气中臭氧氮氧化物浓度调查》(张大薇编著)资料显示,探伤室射线装置工作场所 O_3 浓度范围为 $0.026\sim0.090\text{mg}/\text{m}^3$, NO_x 浓度范围为 $0.019\sim0.061\text{mg}/\text{m}^3$,均低于国家卫生标准限值(O_3 : $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 和 NO_x : $5\text{mg}/\text{m}^3$)。在良好的通风环境下, O_3 和 NO_x 排出探伤室外被环境空气稀释,不会发生累积,臭氧在50min后自动分解,对周围环境影响较小。因此本项目不对臭氧和氮氧化物进行定量分析,只分析本项目探伤室通风系统是否满足相关标准要求。

三、废水

本项目的废水主要是辐射工作人员在日常工作中产生的生活污水。本项目拟配备3名辐射工作人员,均为公司内部原非辐射工作人员调配而来,因此本项目不新增生活污水。

四、固体废物

1、胶片和废显(定)影液

本项目使用的X射线探伤机采用胶片成像方式,将产生废胶片约 $0.5\text{t}/\text{a}$ 、废显(定)影液约 $0.3\text{t}/\text{a}$,均属于《国家危险废物名录(2021年版)》中“HW16感光材料废物”,危废代码为900-019-16。

2、办公生活垃圾

本项目除了洗片过程中产生危险废物外,固体废物还包括辐射工作人员在日常工作中产生的办公生活垃圾。本项目拟配备3名辐射工作人员,均为公司内部非辐射工作人员调配,因此本项目运行期间不新增办公生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、工作场所布局 and 区域划分

1、工作场所布局

项目探伤室位于长羽公司9号车间西北角，探伤室东侧依次为配套的控制室和暗室，暗室以东为约5m宽的消防通道；探伤室西侧为7号车间；西南侧为8号车间；北侧依次为空地、箱变等；西北侧依次为过道、6号车间等；南侧依次为9号车间其余空置场所和过道。项目平面布置图见图1-3。探伤室周围主要是停留人员较少的车间、消防通道等，位置的选取尽量避开人员流通大的区域，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关于探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全的要求。探伤室为一座单独的全封闭铅房，操作室在其东侧，与探伤室以防护铅板墙相隔分开，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中操作室与探伤室分开设置的要求。

综上，项目工作场所布局合理。

2、工作场所区域划分

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4 条款：“应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。”“注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，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。”“注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。”

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1 和 5.1 条款：“一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。”

本项目根据控制区和监督区的定义及要求，并结合项目辐射防护和环境情况特点，将专用独立探伤室划为控制区，独立探伤室外相邻的控制室、暗室、9 号车间 7 号车间及探伤室北侧的过道划为监督区，具体辐射工作场所分区示意图见图 10-1。

为保证 X 射线现场探伤的安全，在相应的边界设置警示标识。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；采取适当的手段划出监督区的边界，在监督区入口处适当地点设立表明监督区的标牌。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。

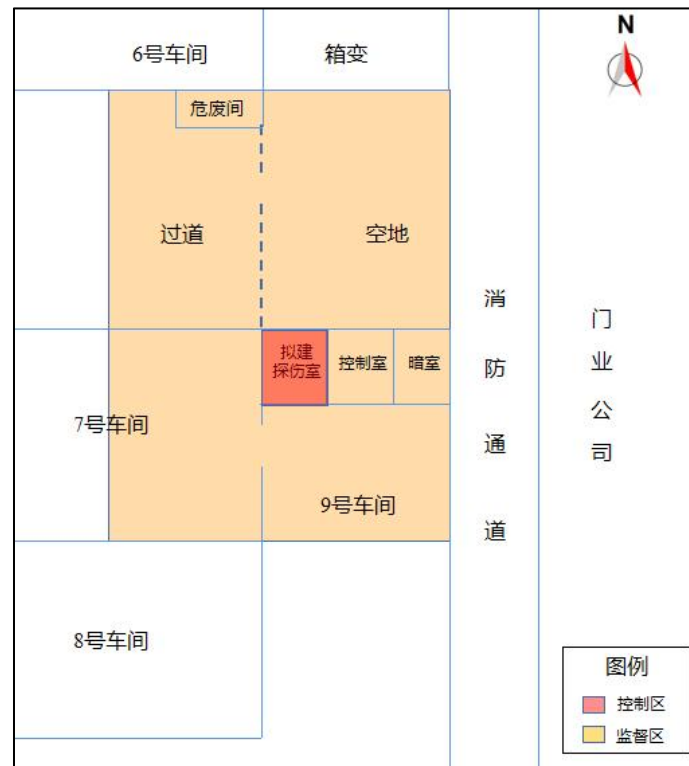


图 10-1 工作场所分区管理示意图

二、工作场所辐射安全与防护

1、辐射防护屏蔽设计

项目探伤室辐射防护材料主要为铅板，铅板房为五面封闭式结构（不做底面），根据项目探伤室防护公司提供的图纸，铅房尺寸为 4m（长）×3m（宽）×3m（高），四周墙体和顶面以及防护门的材料均为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板。

本项目屏蔽防护设计详见表 10-1。

表 10-1 本项目探伤室屏蔽防护设计一览表

位置	屏蔽设计	等效铅当量
四周立面	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	8mmPb
顶面	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	8mmPb
电动平移防护门	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	8mmPb
注：本项目忽略铅板两侧的钢板对辐射的屏蔽作用，屏蔽材料铅当量以 8mmPb 计。		

整个铅房从防护门到立墙与地面的连接以及排风口、电缆口均有相应的辐射屏

蔽设计，以下具体阐述。

(1) 防护门：探伤室南墙面开一个宽 1.8m、高 2.5m 的洞口，并安装电动平移防护门（工件进出门），防护门材料为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板；防护门上贴电离辐射标志，门洞上方设预备、照射、LED 语音提示灯箱；为了防止辐射泄漏，门下导轨深入地面 15cm，探伤室正视图、右侧视图和门体与地面防护示意图见图 10-2、图 10-3、图 10-4。

(2) 立墙与地面连接：由于铅房不做底面，考虑到四周立墙与地面接触部分的辐射安全问题，本次在其连接部位设计了 3mm 厚的 L 型铅板，L 型铅板与地面重合 100mm，可以有效防止铅房内辐射通过底部缝隙泄漏而对周围环境造成影响。具体的示意图见图 10-5，

(3) 电缆口和排风口：为了给铅房内设备供电，需要从外部引入电缆，为了给密闭的铅房排风，需要给铅房设置排风口；以上都不可避免地要在完整的铅板上开洞口，为了防止 X 射线探伤机工作时 X 射线辐射通过这些洞口泄漏，从而危害到附近人员的健康安全，需要对这些洞口做专门的屏蔽防护设计。本次采用厚 8mm 的铅板做成专门的电缆孔防护罩和排风孔防护罩，安装于洞口外部，做到严密的辐射屏蔽防护。电缆口铅板防护罩做成 L 型，可以做到不影响电缆线穿过和室内排风的同时，有效防止 X 射线泄漏。具体设计示意图和洞口防护罩示意图见图 10-6、图 10-7、图 10-8。

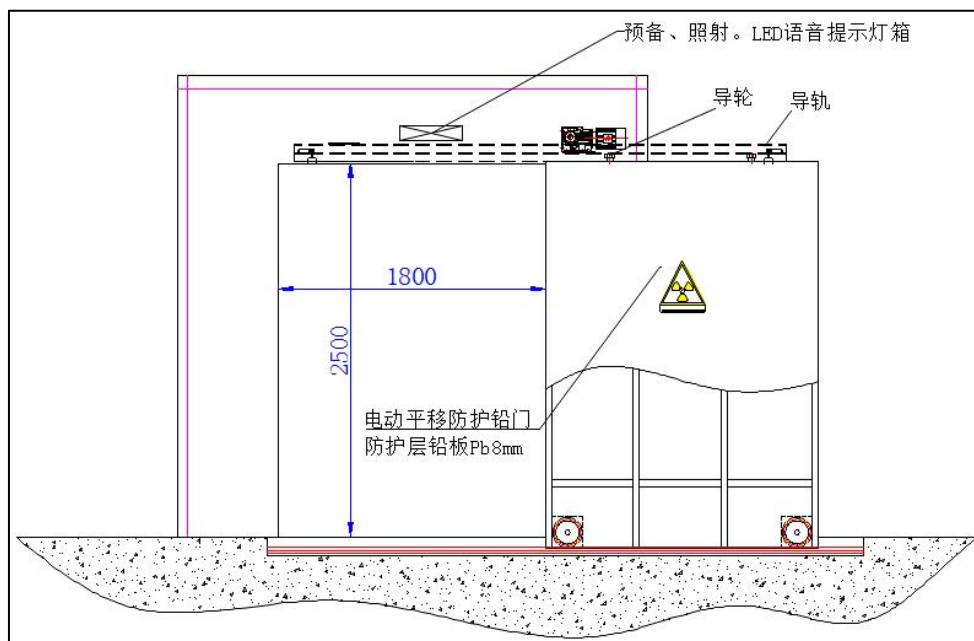


图 10-2 探伤室正视图

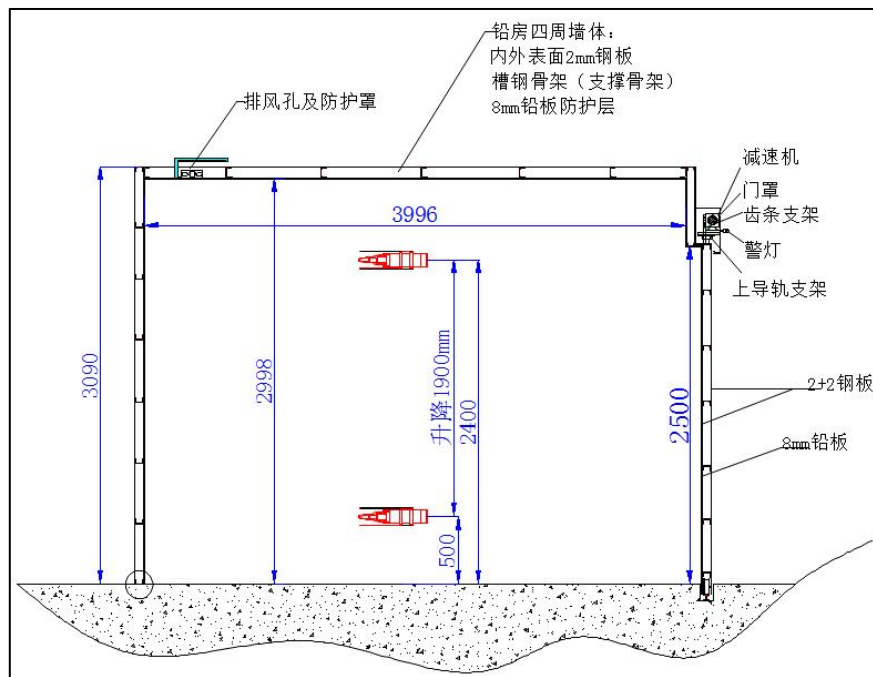


图 10-3 探伤室右视图

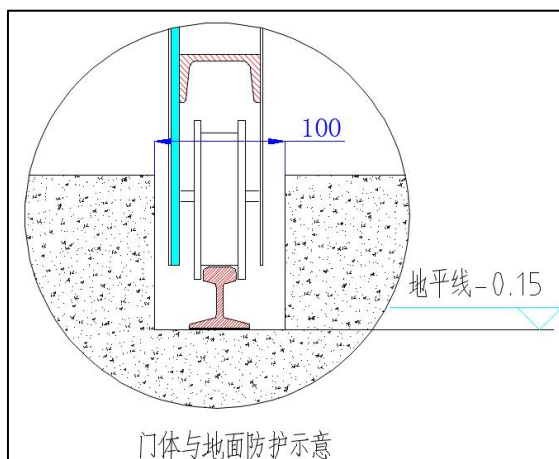


图 10-4 门体与地面防护示意图

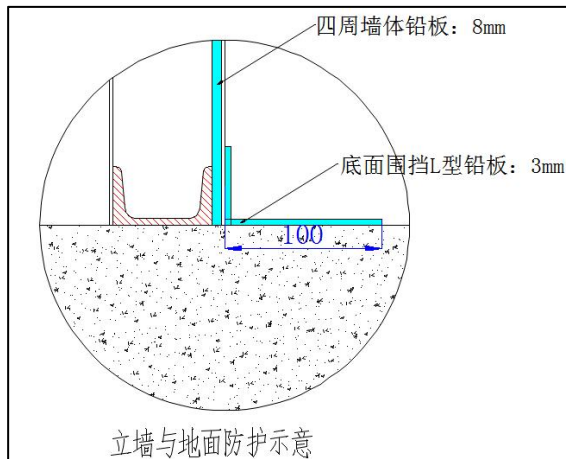


图 10-5 立墙与地面连接示意图

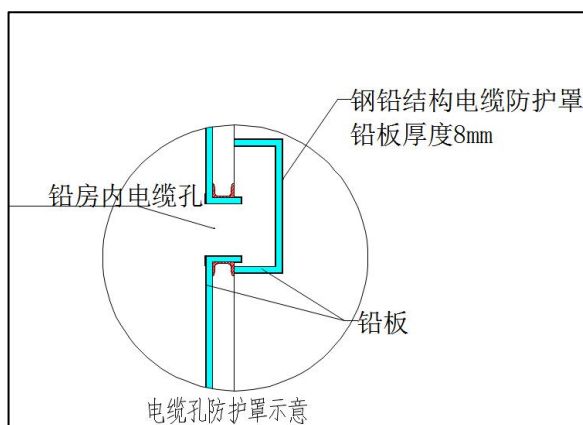


图 10-6 电缆孔防护罩示意图

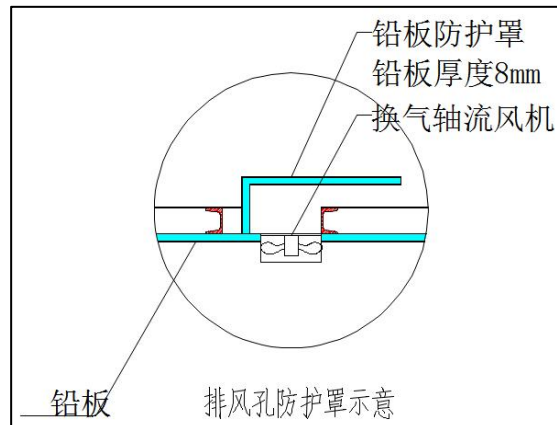


图 10-7 排风孔防护罩示意图

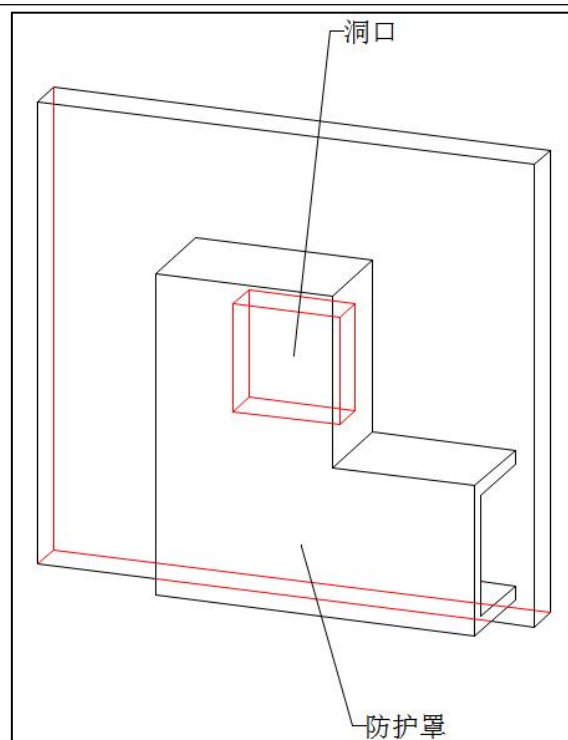


图 10-8 电缆洞口防护罩示意图

2、辐射安全措施

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），本项目拟采取的其他辐射安全措施如下，防护设施位置见示意图 10-9。

（1）门-机连锁装置：铅房防护门设置门-机连锁装置，并保证在铅门关闭后 X 射线才能出束。门打开时 X 射线机电源立即切断且关上门不能自动开始 X 射线照射。

（2）急停装置：本项目拟在探伤室内安装两个紧急停机按钮，分别设置在探伤室东西两面墙上，遇到紧急情况时，该位置能方便被困人员迅速按停装置。并且按钮带有标签，清楚标明使用方法。

（3）声光警示装置：在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，并且照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁，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）警示标志：防护门上张贴电离辐射警告标识和中文警示说明。

（5）机械通风装置：本项目拟在探伤室顶面西北角安装 1 台交流散热风机，风机额定风量为 $459\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数 3 次以上，风机外接排风管道至 9 号车间北墙，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体通过排风管道排出 9 号车间。

（6）监控系统：探伤室内四角各安装 1 只高清监控摄像头，摄像头视频接入

专用显示器，显示器放置在控制室，方便放射工作人员了解探伤室内实时情况。

(7) 控制台：本项目控制台位于探伤室东侧屏蔽墙外的控制室内，控制台按要求与射线装置连锁，并设置有相关显示装置、报警装置、紧急停机开关、相关警告标识等，也配备有专门的钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束且钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(8) 监测设备和个人防护用品：公司为所有辐射工作人员均配备个人剂量计和个人剂量报警仪，本次新配备 1 台 X-γ辐射剂量率仪用于工作场所的日常监测。

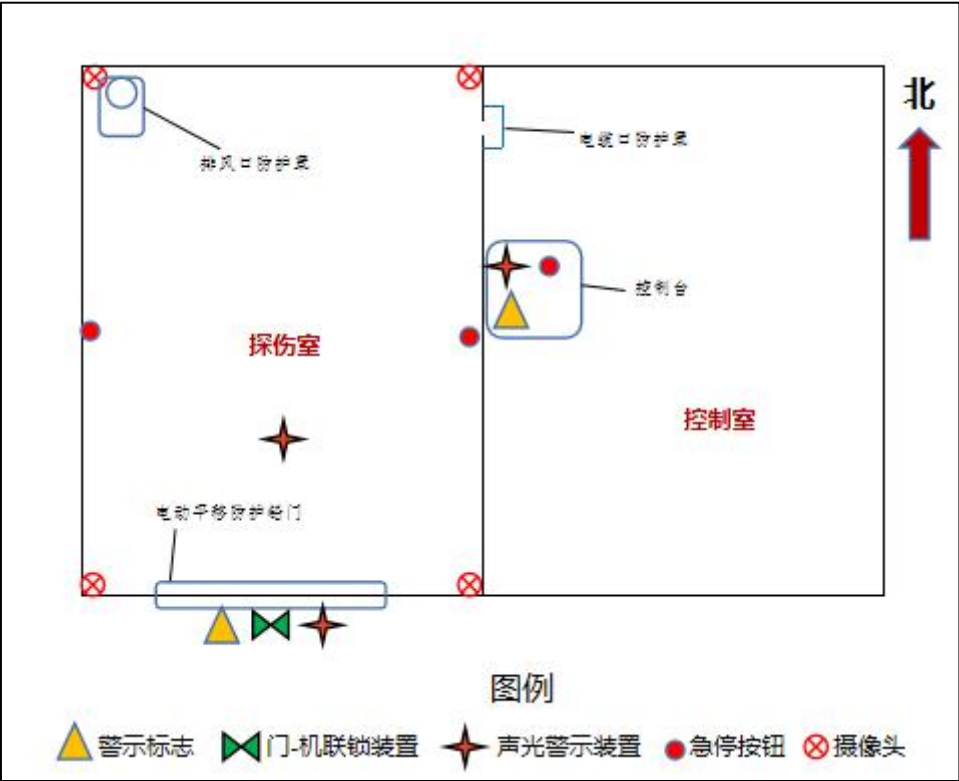


图 10-9 防护设施位置示意图

三、核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕西省环境保护厅《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，对核技术利用单位辐射安全管理标准化建设提出了要求，工业探伤类辐射安全防护措施部分详见表 10-3。

表 10-3 辐射安全管理标准化建设项目表—辐射安全防护措施（工业 X 射线探伤）	
项目	具体要求
*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。
	控制台设有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置。

		控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置。
		控制台或 X 射线管头组装体上设置探伤室门联锁接口。
		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。
		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	操作室与探伤分开，并避开有用线束照射的方向。
	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。
	标志及指示灯	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。
		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。
	辐射安全与联锁	探伤室设置门-机联锁装置。
		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。
※监测设备及个人防护用品		X-γ辐射剂量率仪、个人剂量计、个人剂量报警仪、个人防护用品等

建设单位应严格按上述辐射安全管理要求对本项目进行标准化建设，严格落实控制台安全性能和固定式探伤作业场所设置，配备监测设备及个人防护用品。

三废的治理

一、辐射治理措施

本项目只有在射线装置开机并处于出线状态时才会发出 X 射线，X 射线是随机器的开、关而产生和消失的，探伤室四周墙体、顶棚及防护门均采取了辐射屏蔽防护措施，辐射影响较小。

二、废气治理措施

本项目产生的X射线与空气作用会产生臭氧和氮氧化物等有害气体，拟在探伤室顶面西北角安装1台交流散热风机，额定风量459m³/h，探伤室体积约36m³，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于3次”要求。风机外接排风管道，排风管道外口位于9号车间北墙，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体通过排风管道排出9号车间，经分解和稀释后对周边环境影响较小。

三、废水治理措施

本项目拟配备的 3 名辐射工作人员，均为公司内部非辐射工作人员调配，因此不新增生活污水。

四、固（液）体废物治理措施

1、废胶片、废显（定）影液

项目洗片产生的废显（定）影液、废胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中“HW16 感光材料废物”，建设单位拟采用专用容器分类收集，暂存于暗室内危废暂存区，每天派专人转移至厂区现有危险废物暂存间，定期交有资质的单位委托处置。

2、办公生活垃圾

本项目拟配备的 3 名辐射工作人员，均为公司内部非辐射工作人员调配，因此不新增办公生活垃圾。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目属于购置设备在厂房内安装，拟装铅房为组合式拼装结构铅房，安装过程较方便，不需要进行土建，所以整个建设期间对环境的影响主要为安装设备过程产生的噪声以及安装工人的生活废水和生活垃圾。

铅房为组合拼装式，安装过程快捷方便，施工噪声不大且持续时间不长，整个安装过程的噪声对周围造成的影响不大。生活垃圾和生活废水产生量较小，生活污水依托公司现有污水处理设施处理，生活垃圾纳入厂区现有垃圾清运系统。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目运行阶段对环境的影响主要包括：X 射线探伤机工作时产生的 X 射线辐射、有害废气（O₃、NO_x）、废水（工作人员生活污水）、洗片过程中产生的危险废物（废胶片、废显（定）影液）及工作人员办公生活垃圾等。

一、辐射环境影响分析

本项目为新建核技术利用项目，新增一台 TITAN Neo 160 周向型 X 射线探伤机，设备最大管电压为 160kV，最大管电流为 6mA。

探伤机安装于专用独立探伤室内，探伤室位于公司 9 号车间的西北角，车间仅地上一层且无地下室，探伤室顶部和车间顶部为无人到达区域。探伤室为长 4m、宽 3m、高 3m 的五面封闭式结构（不做底面），其四周墙体、顶面以及防护门的材料均为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板，忽略铅板两侧的钢板的屏蔽作用，四周墙体、顶面以及防护门的等效铅当量以 8mmPb 计。

本项目 X 射线探伤机管周向出束，射线束角度为 40°×360°，由于探伤室所在车间无地下室，所以辐射影响不考虑地面，主束方向为探伤室东侧、西侧和顶面；探伤室北侧和南侧考虑泄漏辐射、散射辐射；本项目 X 射线管探头可以在距北墙以南 1.9m~2.7m 范围内前后伸缩（前后伸缩行程为 0.8m），以及在离地面 0.5m~2.4m 范围内上下升降（上下升降行程为 1.9m）。项目 X 射线束方向及 X 射线管探头可移动范围见图 11-1。

本次采用理论估算的方法对项目进行辐射环境影响的分析。理论估算方法参照《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辐射屏蔽要求。

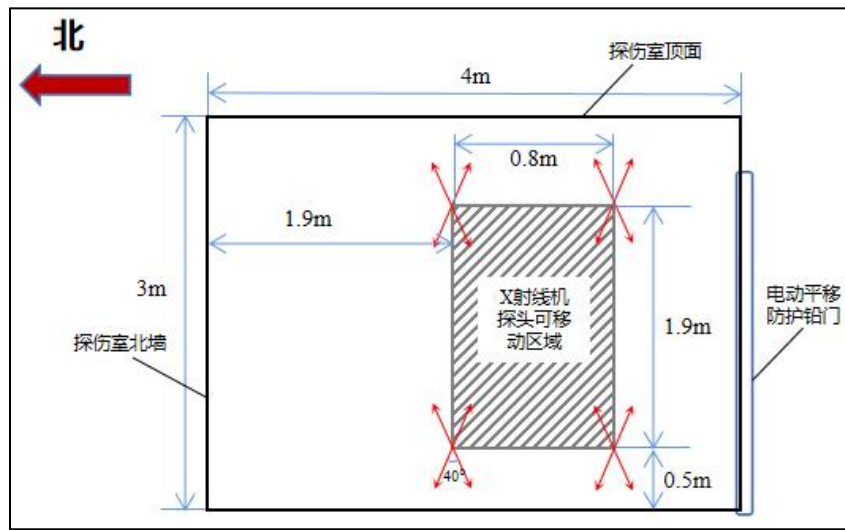


图 11-1 项目 X 射线探头可移动范围示意图（探伤室右视）

1、确定关注点剂量率参考控制水平

(1) 估算公式

1) 确定探伤室墙外周围关注点的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ，按式（1）计算：

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

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

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 h/周。

2) 确定探伤室墙外周围关注点剂量率参考控制水平 \dot{H}_c ： \dot{H}_c 为 $\dot{H}_{c,d}$ 和 $\dot{H}_{c,max}$ 中较小值，其中 $\dot{H}_{c,max} = 2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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上文 1) 和 2)。

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，应按上文 2) 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 $\mu\text{Sv/h}$ 。

(2)估算结果

关注点剂量率参考控制水平见表 11-1。

表 11-1 本项目剂量率参考水平取值结果

敏感目标	关注点	周剂量参考控制水平 ($\mu\text{Sv/周}$)	周照射时间 t(h/周)	使用因子 U	居留因子 T	导出剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	需屏蔽的辐射
辐射工作人员	探伤室东侧控制室	100	10	1/4	1	40.0	2.5	有用线束
	控制室东侧暗室	100	10	1/4	1	40.0	2.5	有用线束
公众人员	暗室东侧消防通道	5	10	1/4	1/5	10.0	2.5	有用线束
	探伤室西侧 7 号车间	5	10	1/4	1/4	8.0	2.5	有用线束
	探伤室南侧 9 号车间	5	10	1	1/4	2.0	2.0	泄漏辐射 散射辐射
	探伤室北侧空地	5	10	1	1/5	2.5	2.5	泄漏辐射 散射辐射
	探伤室西北侧 6 号车间	5	10	1	1/4	2.0	2.0	泄漏辐射 散射辐射
探伤室顶部		/	/	/	/	/	100	有用线束

注：1、根据建设单位提供的资料，项目运行期间预计平均每天拍片约 40 张，每次拍片曝光时间约为 3min；每周工作 5 天，周曝光时间约 10h，即 $t=10\text{h/周}$ ；

2、本项目探伤装置向关注点方向照射的使用因子 U 的取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 C；；

3、人员在相应关注点的居留因子 T 的取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 A 表 A.1 和附录 C；

4、项目探伤室顶为人员不可到达区域，项目所在厂房仅地上一层，屋顶无建筑物且一般无人达到，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）第 3.1.2 条款，本项目探伤室顶部的剂量率参考控制水平取 100 $\mu\text{Sv/h}$ 。

2、关注点辐射剂量率估算

(1)估算公式

1) 有用线束

在给定屏蔽物质厚度 X 时，由《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B.1 曲线查出相应的屏蔽透射因子 B，关注点的剂量率 H（μSv/h）按（2）式计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：I—X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

H₀—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv·m²/（mA·h）；

B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2) 泄漏辐射

对于给定屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按（3）式计算：

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

式中：X—屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL—什值层厚度，取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 中 B.2。

在给定屏蔽物质厚度 X 时，相应的屏蔽透射因子 B 按（3）式计算，然后泄漏辐射在关注点的剂量率 H（μSv/h）按（4）式计算：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：B—屏蔽透射因子；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L—距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h，项目取 2.5×10³μSv/h。

3) 散射辐射

对于给定屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（3）计算：

其中，TVL 为 90°散射辐射的什值层厚度，散射辐射的电压取值见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中表 2，相应的 TVL 取值见该标准中附

录 B 中 B.2。

然后关注点的散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$) 按 (5) 式计算:

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中: I —X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA ;

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

B —屏蔽透射因子;

F — R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α —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。与散射物质有关, 在未获得相应物质的 α 值时, 以水散射体的 α 值保守估计, 见《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 B 表 B.3;

R_0 —辐射源点(靶点)至探伤工件的距离, m ;

R_s —散射体至关注点的距离, m 。

(2)估算结果

依据上述理论公式, 对关注点分别进行有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射的剂量率估算, 相应的估算结果见表 11-2~表 11-4, 估算结果的汇总叠加结果见表 11-5。

根据表 11-5 可知, 本项目 X 射线探伤机在最大工作状态下, 铅房四周屏蔽体外各关注点剂量率范围为 $0.0012\sim 2.259\mu\text{Sv/h}$, 最大值位于探伤室的东侧和西侧墙外 30cm 处(分别为控制室和 7 号车间), 其值为 $2.259\mu\text{Sv/h}$, 小于相应的剂量率参考控制水平(均为 $2.5\mu\text{Sv/h}$); 南侧和北侧墙外 30cm 处(分别为 9 号车间和空地)的剂量率分别为 $0.004\mu\text{Sv/h}$ 、 $0.0012\mu\text{Sv/h}$, 小于相应的剂量率参考控制水平(分别为 $2\mu\text{Sv/h}$ 和 $2.5\mu\text{Sv/h}$); 探伤室顶部外 30cm 处剂量率为 $7.320\mu\text{Sv/h}$, 远小于 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

事实上, 上述估算结果偏保守, 本次估算过程中忽略了 X 射线管滤过条件中 0.5mmTi 和 2mm 水的作用, 忽略了探伤室铅板两侧钢板的屏蔽作用, 以及屏蔽透射因子 B 选取 200kV , 2mmAl 条件下穿过 8mmPb 的保守值。因此, 项目在正常运行时, 周围实际剂量率小于上述理论估算结果。

综上，在探伤室 8mm 铅板的屏蔽作用下，探伤室外 30cm 处的剂量率均小于该点处剂量率参考控制水平，本项目探伤室满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

表 11-2 有用线束方向关注点处剂量率计算结果

关注点位置	距辐射靶点距离 R (m)	最大管电流 (mA)	距辐射源点 1m 处输出量 H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	透射因子 B	有用线束辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)
东侧墙外 30cm 处（控制室）	1.8	6	1.22×10^6	1×10^{-6}	2.259
西侧墙外 30cm 处（7 号车间）	1.8	6	1.22×10^6	1×10^{-6}	2.259
顶棚外 30cm 处	1.0	6	1.22×10^6	1×10^{-6}	7.320

注：1、根据探伤机厂商提供的资料（见附件 5），本项目 X 射线距辐射源点 1m 处输出量 H_0 为 $1.22\times 10^6\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

2、本项目 X 射线探伤机最大管电压 160kV；滤过条件为 0.5mmTi + 2mmAl + 2mmH₂O，Ti 和 H₂O 的过滤效果忽略不计，本项目滤过条件以 2mmAl 计；探伤室的屏蔽材料为 2mm 钢板+8mmPb +2mm 钢板，本项目忽略探伤室的钢板屏蔽作用和各生产车间墙体的屏蔽作用，屏蔽估算时仅以 8mmPb 的屏蔽效果计；

3、屏蔽透射因子 B 的取值依据标准 GBZ/T250-2014 附录 B 中图 B.1。由于图上没有 160kv，2mmAl 条件下的 X 射线穿过 Pb 的投射因子变化曲线，本项目保守选取 200kv，2mmAl 条件下的曲线，可知该曲线在穿过 6.5mmPb 时投射因子已经为 1×10^{-6} ，则穿过 8mmPb 时的投射因子必然比这个值小，因此本项目 160kv，2mmAl 条件下 X 射线穿过 8mm 铅的投射因子取保守值 $B=1\times 10^{-6}$ 。

表 11-3 泄漏辐射方向关注点处剂量率计算结果

关注点位置	距辐射靶点距离 R (m)	距靶点 1m 处 X 射线管的泄漏辐射剂量率 H_L ($\mu\text{Sv/h}$)	铅当量 TVL (mm)	透射因子 B	泄漏辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)
南侧墙外 30cm 处（9 号车间）	1.6	2.5×10^3	1.4	1.93×10^{-6}	0.002
北侧墙外 30cm 处（空地）	2.2	2.5×10^3	1.4	1.93×10^{-6}	0.001

注：1、 H_L 取值依据标准 GBZ/T250-2014 表 1，本项目 X 射线管电压为 160kV，距靶点 1m 处泄漏辐射剂量率 H_L 为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ ；

2、TVL 取值为标准 GBZ/T250-2014 附录 B，表 B.2；本项目 X 射线管电压为 160kV，保守取 200kV 时的铅当量厚度，为 1.4mm。

表 11-4 散射辐射方向关注点处剂量率计算结果

关注点位置	距散射体距离 R_s (m)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	铅当量 TVL (mm)	透射因子 B	$F\cdot\alpha/R_0^2$	散射辐射剂量率 H ($\mu\text{Sv/h}$)
-------	------------------	--	--------------	--------	----------------------	--------------------------------

南侧墙外 30cm 处（9 号车间）	0.6	1.22×10^6	0.96	4.64×10^{-9}	1/50	0.002
北侧墙外 30cm 处（空地）	1.9	1.22×10^6	0.96	4.64×10^{-9}	1/50	0.0002

注：1、关注点至散射体的距离 R_s 的取值为保守估计值，为关注点至探伤机能够检测的最大工件尺寸（直径 1.5m，长度 2m）的最近距离；

2、TVL 取值为标准 GBZ/T250-2014 附录 B，表 B.2；其中 X 射线管电压选取散射辐射管电压，根据标准中表 2，本项目原始 X 射线最高管电压为 160kV，查表得到其散射辐射电压为 150kV；再查表 B.2 得到 TVL 为 0.96mmPb。

3、 $F \cdot \alpha / R_0^2$ 取值依据标准 GBZ/T250-2014 附录 B.4.2 条款：“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，4.2.3 式（9）的 $R_0^2 / F \cdot \alpha$ 因子的值为：60（150kV）和 50（200kV~400kV）。”本项目原始 X 射线最高管电压为 160kV，散射辐射的电压为 150kV， $R_0^2 / F \cdot \alpha$ 选取保守值 50。

表 11-5 关注点处剂量率叠加计算结果

关注点位置	关注点处剂量率计算值 H ($\mu\text{Sv/h}$)				剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$)
	有用线束辐射	泄漏辐射	散射辐射	合计	
东侧墙外 30cm 处（控制室）	2.259	/	/	2.259	2.5
西侧墙外 30cm 处（7 号车间）	2.259	/	/	2.259	2.5
南侧墙外 30cm 处（9 号车间）	/	0.002	0.002	0.004	2.0
北侧墙外 30cm 处（空地）	/	0.001	0.0002	0.0012	2.5
顶棚外 30cm 处	7.320	/	/	7.320	100

3、个人年有效剂量估算

(1)估算公式

年有效剂量可按（6）式计算：

$$P = H \cdot U \cdot T \cdot t \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots (6)$$

式中：P—年有效剂量，mSv/a；

H—关注点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

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—年工作时间，h。

(2)估算结果

根据理论公式（6），利用计算出的关注点处剂量率估算该处年有效剂量，估算结果见表 11-6。

表 11-6 关注点处年有效剂量估算结果

停留人员	关注点	关注点处剂量率 H (μSv/h)	年照射时间 t (h/a)	使用因子 U	居留因子 T	年受照剂量 P (mSv/a)	年剂量约束值 (mSv/a)
辐射工作人员	探伤室东侧控制室	2.259	480	1/4	1	0.271	5
	控制室东侧暗室	0.293	480	1/4	1	0.035	
公众	暗室东侧消防通道	0.085	480	1/4	1/5	0.002	0.1
	探伤室西侧 7 号车间	2.259	480	1/4	1/4	0.068	
	探伤室南侧 9 号车间	0.004	480	1	1/4	0.0005	
	探伤室北侧空地	0.0012	480	1	1/5	0.0001	
	探伤室西北侧 6 号车间	0.0008	480	1	1/4	0.0001	

注：1、根据建设单位提供的资料，项目运行期间预计平均每天拍片约 40 张，每次拍片曝光时间约为 3min；每周工作 5 天，年工作 48 周，年曝光时间约 480h，即 $t=480h/a$ ；

2、使用因子 U 的取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 C；

3、居留因子 T 的取值参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中附录 A 表 A.1 和附录 C。

根据表 11-6 可知，设备正常工作时，屏蔽体外辐射工作人员可能受到的最大年有效剂量为 0.271mSv/a，低于本项目放射工作人员的年受照剂量约束值（5mSv/a）；项目周边公众可能受到的最大年有效剂量为 0.068mSv/a，低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，放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<5mSv/a、公众<0.1mSv/a）。

二、大气环境影响分析

项目 X 射线探伤机在探伤作业过程中产生的 X 射线与空气发生电离作用会产生少量有害气体 O₃、NO_x，经通风装置排出室外，经分解和稀释后对周边环境影

响较小。

本项目拟在探伤室顶面西北角处（距地面 3m）安装 1 台交流散热风机，风机额定风量为 459m³/h，探伤室长 4m、宽 3m、高 3m，体积约 36m³，每小时有效通风换气次数 3 次以上，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”要求；风机外接排风管道，排风管道外口位于 9 号车间北墙，室内产生的臭氧、氮氧化物等有害气体通过排风管道排出 9 号车间北侧的空地。

经现场踏勘，该处空地在公司消防铁门外，与西侧的消防通道贯通，消防通道作为特殊交通用道，平常少有人和车辆通过，综上，该处人流量稀少，将项目排风口外口朝向该处，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“排风管道外口避免朝向人员活动密集区”的要求。

三、固体废物环境影响分析

根据建设单位估计，本项目 X 射线探伤机将产生废胶片约 0.5t/a、废显（定）影液约 0.3t/a。废胶片、废显（定）影液为危险废物，均属于《国家危险废物名录（2021 年版）》中“HW16 感光材料废物”，危废代码为 900-019-16。建设单位拟采用专用容器分类收集，暂存于暗室内危废暂存区，每天派专人转移至公司现有危废间，定期交有资质的单位委托处置。

本项目拟在暗室内设一个危废暂存区（占地面积约 1m²），用于暂存每天产生的废胶片和废显（定）影液，待每天工作结束后再将当天的危废转移至公司现有危废间内。废胶片和废显（定）影液用专用容器桶分类收集，容器桶上按要求粘贴相应的危废标签，且单独设置储漏盘用于存放危废专用储存容器，周边设置相关的标识标牌及张贴暂存制度。

长羽公司于 2017 年 10 月取得西安市环境保护局高陵分局关于航空航天关键金属零部件加工生产线项目的环境影响报告表的批复（市环高批复[2017]8 号），主要内容为年产 500t 的航空航天关键金属零部件生产线；2018 年 12 月取得西安市环境保护局高陵分局关于航空航天关键金属零部件加工生产线改扩建项目的环境影响报告表的批复（市环高批复[2018]114 号），改扩建内容为新增生产设备。公司现有危废间主要用于存放生产和加工金属零部件过程中产生的废切削油、废煤油、废机油、废润滑油等危险废物。现有危废间在 7 号车间与 6 号车间之间的

过道北侧，占地面积约 4m²，经现场踏勘，发现现有危废间存在一些问题：地面已做混凝土防渗，但有少量裂缝；裙脚未采取防渗措施；室内无安全照明设施；危废间全封闭但无观察窗口。根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单，提出以下危废贮存要求：

- （1）地面与裙脚要用坚固、防渗的材料建造，且表面无裂缝；
- （2）危废间要有安全照明设施和观察窗口；
- （3）危险废物分类贮存且盛装的容器上必须粘贴符合标准的危废标签；
- （4）平常做好危废情况的台账记录，记录上须标明危废名称、来源、数量、入库日期等；
- （5）定期对危废间的防渗地面、裙脚、照明设施等进行检查，发现裂缝、照明设施不亮等情况，及时采取措施补修和更换；
- （6）定期对危险废物的包装、容器进行检查，发现破损，应及时采取措施清理更换。

此外，本评价要求建设单位应严格按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020 年修订）、《陕西省固体废物污染环境防治条例》、《危险废物转移联单管理办法》（国家环保总局 5 号令）、《陕西省危险废物转移电子联单管理办法（试行）》等相关要求加强管理，根据实际情况进一步完善厂区现有危废管理制度及责任制度，指派专人负责管理本项目的危险废物贮存、转移和处置，设置危险废物管理台账，落实好转移联单，严格按照国家和地方的相关规定对危险废物进行全过程管理。

原有危废间在采取本评价提出的整改意见后，建设基本符合《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单的要求，可供本项目依托。综上，项目产生的废胶片、废显（定）影液等危险废物全部能得到妥善处置，对环境影响很小。

事故影响分析

一、事故风险类别识别

本项目X射线探伤机属于II类射线装置，根据其无损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现故障而意外出束导致周围人员受到超过年剂量限值的照射事故，探伤机意外出束主要有以下几种情况：

(1) 门-机联锁装置故障，防护门关闭不严，开机曝光进行无损检测时造成防护门外大量射线泄漏，人员在此区域活动受到不必要照射；

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

(3) 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漏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，发现设备问题及时修理，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。

二、事故风险评价

项目X射线探伤机工作时产生的X射线是一种频率极高，波长极短、能量很大的电磁波，人体吸收达到一定剂量后，会让体内细胞、组织、体液等物质的原子或分子电离，使人体机能直接或间接遭到损害，引起辐射损伤。因为X射线对人体的伤害巨大，国家规定了职业人员和公众人员对其吸收的有效剂量的限值。《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业工作人员连续5年的年平均有效剂量不超过20mSv且任何一年接受有效剂量不超过50mSv；公众年平均有效剂量不超过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。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。

本项目事故风险类别主要为探伤机工作时防护门未关而导致周围人员受到超过年剂量限值的照射事故，为了更加直观地了解未关闭防护门时工作中的X射线探伤机对周围人员的受照剂量的影响，以下通过忽略探伤室防护门的屏蔽效果，对本项目X射线探伤机进行风险评价。

本项目的X探伤机为周向型，如果防护门未关闭，人员受到辐射伤害最大的应该是有用线束照射的直接照射，忽略屏蔽作用（即屏蔽投射因子B取值为1），将公式（2）进行变形，得到如下公式（8）：

$$t = \frac{J \cdot R^2}{I \cdot H_0} \times 3600 \times 1000 \dots\dots\dots (7)$$

- 式中：t—距 X 射线源点不同距离处达到所受剂量的时间， s；
- J—所受剂量， mSv；
- R—距离辐射源点（靶点）的距离， m
- I—X 射线装置在最高管电压下的常用最大管电流， mA；
- H₀—距辐射源点（靶点） 1m 处输出量， μSv·m²/（mA·h）。

根据公式（7），对距X射线源点不同距离处达到相应剂量的时间进行估算，选取的剂量值为不同要求下的年有效剂量限值，估算结果见表11-6。

表11-6 在距源点R米处受到0.1mSv、1mSv、5mSv、20mSv和50mSv的照射时间

所 受 剂 量J	距离R(m) 时 间 t	1m	2m	3m	4m
0.1mSv		0.05s	0.2s	0.44s	0.79s
1mSv		0.49s	1.97s	4.43s	7.87s
5mSv		2.46s	9.84s	22.13s	39.34s
20mSv		9.84s	39.34s	88.52s	2.62min
50mSv		24.59s	98.36s	3.69min	6.56min

根据表11-6可知，在X射线探伤机管电压160kV、管电流6mA的工作条件下，在没有屏蔽作用时，在距X射线探伤机源点1m处仅停留0.05s，所接受的有效剂量就达到本项目规定的公众年有效剂量；仅在此处停留24.59s，所接受的有效剂量就能达到规定的职业人员一年的最大有效限值，即50mSv。

由此可见，在没有防护门的屏蔽防护时，在很短的时间内周围人员都会受到超过年剂量限值的照射。因此，使用单位应定期检查门-机联锁装置，确保其正常工作；定期对设备进行维护保养；加强放射工作人员管理，严格按照相关规程操作，防止辐射事故发生。

三、辐射事故应急措施

针对以上突发事故，本次环评提出以下处理原则：

（1）操作人员须严格按照操作规程操作探伤机，如出现不能正常运行的情况，应第一时间切断总电源，强制停止照射；

（2）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；

（3）一旦发生辐射事故，应第一时间切断总电源，强制停止照射。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。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。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。事故处理后应收集资料，及时总结、报告。对于辐射事故的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；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。

（4）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

辐射安全与环境保护管理机构的设置

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定：使用 I 类、II 类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 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。

为了加强公司的辐射安全工作管理，陕西长羽航空装备有限公司拟成立以法定代表人为负责人的辐射安全与环境保护管理机构，负责公司日常辐射安全监管和协调工作，并明确管理机构相关成员，规定各成员的职责，做到分工明确、职责分明，并安排专业技术人员，专职或兼职负责该公司辐射安全和环境保护管理工作。

辐射安全与环境保护管理机构主要职责应如下：

- (1) 组织制定并落实辐射防护等相关管理制度；
- (2) 定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护检测、监测和检查；
- (3) 组织本机构辐射工作人员接受专业技术、防护知识及相关规定的培训；
- (4) 协调解决重大辐射安全环境管理隐患的整改；
- (5) 组织编制公司辐射安全环境管理事故应急预案，并组织开展预案培训及演练；
- (6) 及时按要求上报辐射安全环境事故；
- (7) 对辐射安全环境管理重大事项进行协调。

辐射安全管理规章制度

一、辐射安全管理制度和辐射安全管理标准化建设

本项目为 X 射线工业探伤机，属于 II 类射线装置，公司应根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修正版）》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（国家环境保护部第 31 号令）等相关法律、法规要求，结合所使用的 X 射线装置情况，制定辐射安全管理制度、岗位职责和操作规程，通过不断完善相关的辐射安全管理制度，加强对辐射工作，人员的培训，确保射线装置的安全使用。

建设单位应针对本项目，制定并完善以下制度：

- (1) 《辐射安全与环境保护领导机构及工作职责》

- (2) 《辐射防护和安全保卫制度》
- (3) 《射线装置及防护设施定期维护、维修制度》
- (4) 《辐射工作场所及外环境监测制度》
- (5) 《辐射工作人员以及管理人员培训制度》
- (6) 《辐射工作人员个人剂量管理制度》
- (7) 《辐射工作人员个人健康检查制度》
- (8) 《辐射事故应急预案》

同时,根据陕西省环境保护厅《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,核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设,辐射安全管理的标准化建设内容见表12-1。公司应根据标准化内容不断对制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案加以完善,使其具有更强的针对性和可操作性。

表 12-1 辐射安全管理标准化建设项目表—辐射安全管理部分

管理内容		管理要求
*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。
		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,向员工和公众宣传辐射安全相关知识。
		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。
		建立辐射环境安全管理档案。
		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。
		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。
		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。

*机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人。
*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。
	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。
	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。
	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。
	建立辐射工作人员个人剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员分析原因并及时报告相关部门，保证个人剂量监测档案的连续有效性。
	建立辐射工作人员职业健康体检管理制度，定期对辐射工作人员进行职业健康体检，对体检异常人员及时复查，保证职业人员健康监护档案的连续有效性。
	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），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）。
	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。
*应急管理	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。
	结合单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行应急演练。
*应急管理	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。
注：表中“*”内容为关键项，为强制性规范要求。	

二、人员培训和健康管理

人员培训：建立人员培训制度，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。同时公司从事辐射工作人员需全部参加由生态环境部组织的国家核技术利用辐射安全与防护培训，学习相关知识。通过生态环境部培训平台报名并参加考核，并经考核合格并取得相应合格证书后才能上岗。

健康管理：建立健康管理制度，明确管理的要求。公司严格按照国家关于健康管理的规定，为工作人员配备个人剂量计，同时按《放射工作人员职业健康管理办

法》的要求，辐射工作人员至少每二年进行一次体检。具体还应做好以下几个方面：对新上岗工作人员，做好上岗前的健康体检，合格者才能上岗；同时，公司应为辐

射工作人员终生保存个人剂量监测档案和职业健康监护档案;在本公司从事过辐射工作的人员在离岗前,也将进行职业健康体检。

辐射监测

为保证辐射工作人员及公众的人身安全,项目建成投产后,公司应定期对探伤室周边的辐射环境和辐射工作人员进行监测,包括:

一、辐射工作场所及周围环境监测

(1) 委托有资质的监测单位对公司放射性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,监测报告存档备查。

(2) 公司应配备X- γ 辐射空气吸收剂量率的监测仪器,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。

(3) 对射线装置的安全和防护状况每年进行一次安全评估,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。

二、个人剂量监测

(1) 每名辐射工作人员需佩戴个人剂量计,并定期由有资质的单位检测,每季度检测一次;

(2) 应安排专人负责个人剂量检测管理,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,剂量检测结果等材料。

(3) 在每年的辐射安全和防护状况评估报告中,应包含放射工作人员个人剂量检测数据及安全评估的内容。

三、辐射监测计划

项目辐射监测计划见表12-3。

表 12-3 辐射监测计划

序号	监测对象	监测因子	监测地点	监测周期
1	辐射防护效果	X- γ 辐射剂量率	铅房屏蔽墙体周围30cm处;防护门门缝处;操作台人员位置;铅房开孔处(包括电缆线孔和排风孔等)	每月自行监测一次;委托有资质单位每年监测一次
2	周围环境监测	X- γ 辐射剂量率	探伤室周围	每月自行监测一次;委托有资质单位每年监测一次
3	个人剂量监测	个人辐射剂量计	/	每季度送有资质的检测机构检测1次

辐射事故应急

一、辐射事故应急响应机构的设置

公司应成立辐射事故应急处理领导小组，组长由法人代表担任。应急处理领导小组负责制定辐射事故应急处理预案和组织协调辐射事故应急处理工作。

二、辐射事故应急预案

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709号）第四十条规定以及陕西省环境保护厅《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，公司应结合实际情况和本报告表的事态工况分析，建立辐射事故应急预案，一旦发生事故及时启动应急预案，使事故能得到及时有效的处理，事故应急预案应包括以下内容：

- （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质准备；
- （4）辐射事故应急响应措施；
- （5）辐射事故报告和处理程序。

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并向相关主管部门报告。

为了确保在发生事故时，能及时启动应急预案，故公司应不定期组织相关部门开展辐射事故应急演练，总结演练中存在的问题，及时修订事故应急预案，确保应急预案能及时、有效得到应用。

环境保护投资与“三同时”环保验收一览表

一、项目环保投资

本项目总投资 180 万元，其中环保投资 20 万元，占总投资的 11.1%。项目环保投资主要用于辐射安全防护设施、个人防护用品和辐射监测仪器购置以及工作人员岗前培训费用和岗前体检等，其投资估算见表 12-3。

表 12-3 项目环保投资一览表

序号	类别	项目	费用（万元）
1	辐射安全防护设施	门-机联锁装置、警示标识、急停按钮、工作状态指示灯和声音提示装置、监视系统、	15

		电离辐射警告标志及中文警示说明、机械通风装置等	
2	个人防护用品	个人剂量计、个人剂量报警仪等	2
3	辐射监测仪器	1 台辐射监测仪器	2
4	岗前工作人员培训	辐射安全和防护知识培训	0.6
5	岗前工作人员体检	岗前体检	0.4
费用合计（万元）			20

二、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）以及《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定，本项目竣工后，建设单位应按照国家环境保护行政主管部门规定的标准和程序，及时对本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。验收合格后申领辐射安全许可证，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

序号	验收内容	相关要求	
1	辐射安全管理	参照《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表-辐射安全管理部分》，完善相关防护制度及规范。	
2	辐射安全防护措施	分区	布局合理，划定控制区及监督区，设置明显的分区标识。
		控制台安全性能防护措施	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；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；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。
		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，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，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。
		联锁装置	探伤室设置门-机联锁装置。
		紧急按钮	探伤室内设置紧急停机按钮，并带有标签，标明使用方法。
		通风装置	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。
3	防护用品	配备足量的个人剂量报警仪、个人剂量计。	
4	环境监测仪器	配备一台X-γ 辐射剂量率仪，应定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，	

		详细记录监测数据并归档，并且应定期交由有资质的单位进行检定。
5	岗前培训	辐射工作人员应定期参加辐射安全和防护知识培训，经考核合格并取得相应资格证后方可上岗。
6	剂量管理限值	项目公众年有效剂量约束值取0.1mSv，职业工作人员年有效剂量约束值取5mSv，验收按照以上标准执行。根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），探伤室外各关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h，探伤室顶外最高剂量率参考控制水平取100μSv/h。
7	废胶片、废显（定）影液	设置危险废物专用收集容器，规范设置危废暂存间，危废交有资质单位处置，建立危险废物管理台账和转移联单，在危废处置协议有效期内收集处理危废。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概况

为了保证公司的生产需求和产品质量，长羽公司拟在公司9号车间西北角新建一间探伤室，并购置1台TITAN Neo 160型工业X射线探伤机，用于对生产的零部件进行无损检测，同时配套建设1间控制室和1间暗室。

项目总投资180万元，环保投资20万元。

二、项目所在区域环境质量和辐射现状

根据监测结果，本项目拟建地及周边环境 γ 辐射剂量率监测值为82~96nGy/h，与《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护，第14卷第4期，1994年7月）中西安市的天然贯穿辐射调查结果处于同一水平涨落范围内，未见明显异常。

三、辐射环境影响分析结论

根据计算结果可知，在探伤室8mm铅板的屏蔽作用下，项目探伤室四周墙体和防护门外0.3m处剂量率范围为0.0012~2.259 μ Sv/h，均小于相应的剂量率参考控制水平；探伤室顶部外30cm处剂量率为7.320 μ Sv/h，远小于该处的剂量率参考控制水平100 μ Sv/h，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求。

项目运行后，项目辐射工作人员的年附加有效剂量最大为0.271mSv/a，周边公众年累计受照射剂量最大为0.068mSv/a，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<5mSv/a、公众<0.1mSv/a）。

综上，本项目运行后对工作人员及公众的影响较小。

四、可行性分析结论

长羽公司拟新增1台工业X射线探伤机对工件进行无损检测，项目符合国家产业政策以及辐射防护实践正当性原则。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。经分析，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分析，本项目建设可行。

建议和承诺

(1) 项目竣工后办理验收手续，验收合格后方可投入使用，如新增其他射线装置或使用其他放射源及时向环保部门申报审批；

(2) 按照监测计划对工作场所环境辐射水平进行监测；

(3) 辐射工作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，考核合格并取得相应资格上岗证后才能上岗，严禁无证上岗。

(4) 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；

(5) 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 射线无损检测操作规程操作，每次无损检测作业前，应仔细检查门—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。

(6) 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。

(7) 每年对射线装置的安全性和防护状况编制相应的评估报告，并于每年1月31日前向发证机关提交本单位上一年度的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。。

(8) 根据陕环办发〔2018〕29号文件要求进行辐射安全管理标准化建设。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：	
经办人	公 章 年 月 日

审批意见：	
经办人	公 章 年 月 日