

核技术利用建设项目
民用飞机零部件生产线检测改造项目
(辐射专题)
环境影响报告表
(公示本)

中航工业南京机电科技有限公司(公章)

2025年4月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

民用飞机零部件生产线检测改造项目 (辐射专题)

环境影响报告表

(公示本)

建设单位名称： 中航工业南京机电科技有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）： _____

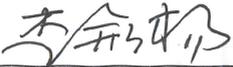
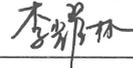
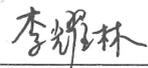
通讯地址： 江苏省南京市江宁经济技术开发区国华路9号

邮政编码： 211100 联系人： ***

电子邮箱： / 联系电话： *****



编制单位和编制人员情况表

项目编号	059obi		
建设项目名称	民用飞机零部件生产线检测改造项目（辐射专题）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	中航工业南京机电科技有限公司		
统一社会信用代码	91320115MA1N0N9J53		
法定代表人（签章）	聂进方		
主要负责人（签字）	李舒杨 		
直接负责的主管人员（签字）	俞梦倩 		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李耀林	2014035320352013449914000422	BH020117	
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李耀林	全本	BH020117	

编制主持人和主要编制人员信息

编制主持人证书



江苏省社会保险权益记录单

(参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏睿源环境科技有限公司

现参保地：鼓楼区

统一社会信用代码：91320106MA20BXME57

查询时间：202501-202504

共1页，第1页

单位参保险种	养老保险	工伤保险	失业保险	
缴费总人数	28	28	28	
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)	缴费起止年月	缴费月数
1	李耀林		202501 - 202503	3

说明：

- 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
- 本权益单为打印时参保情况。
- 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
- 本权益单记录单出具后有效期内（6个月），如需核对真伪，请使用江苏智慧人社APP，扫描右上方二维码进行验证（可多次验证）。

(盖章)

打印时间：2025年4月8日

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 保护目标与评价标准	12
表 8 环境质量和辐射现状	15
表 9 项目工程分析与源项	20
表 10 辐射安全与防护	27
表 11 环境影响分析	33
表 12 辐射安全管理	43
表 13 结论与建议	47
表 14 审批	51
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	52

附图：

附图1 项目地理位置图

附图2 项目厂区平面布置及周围环境图

附图3 项目厂房平面布置图

附图4 项目与生态空间管控区域相对位置关系图

附图5 项目 X 射线实时成像检测装置屏蔽设计图

附图6 项目工程师踏勘现场照片

附件：

附件1 委托书

附件2 承诺书

附件3 营业执照

附件4 租赁合同及不动产权证

附件5 江苏省投资项目备案证

附件6 大厂区项目环评批复及验收材料

附件7 设备技术说明

附件8 现状检测报告及检测资质

附件9 涉密声明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		民用飞机零部件生产线检测改造项目（辐射专题）			
建设单位		中航工业南京机电科技有限公司			
法人代表	聂进方	联系人	***	联系电话	*****
注册地址		南京市江宁区国华路 9 号（江宁开发区）			
建设项目地点		南京市江宁区国华路 9 号（江宁开发区）			
立项审批部门		南京江宁经济技术开发区 管理委员会行政审批局	批准文号	宁经管委行审备 （2024）331 号	
建设项目总投资 （万元）	238.79	项目环保投资 （万元）	19	投资比例（环保投 资/总投资）	7.96%
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 ）	68
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				

项目概述：

1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况

中航工业南京机电科技有限公司成立于2016年11月21日，注册地位于江苏省南京市江宁区国华路9号，法定代表人为聂进方。经营范围包括飞机操纵与控制系统、环境控制系统、燃油系统、液压附件的研发、生产、组装、测试、维修、销售、技术服务，民用飞机机电液压工程研究，自营和代理各类商品和技术的进出口业务(国家限定公司

经营或禁止进出口的商品和技术除外)。

中航工业南京机电科技有限公司租赁中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心厂房用于《中航工业南京机电科技有限公司民机机电系统零部件生产项目》生产经营，租赁合同见附件4。项目于2018年4月取得环评批复，并于2022年8月进行了竣工环保验收，项目配套一台磁力探伤设备（无辐射），磁力探伤设备无法探伤的工件委外检测。相关环保手续见附件6。

为了满足公司生产的零部件质量检测需求，中航工业南京机电科技有限公司拟购置1台NDR900型X射线实时成像检测装置（最大管电压320kV，最大管电流15mA，最大功率1800W），在公司厂房内无损检测室（现为空房间）开展无损检测，该项目主要用于检测公司生产的零部件，零部件直径 ϕ 40mm~400mm，长度为35mm~410mm，壁厚2.5mm~25.5mm，本项目于2024年8月取得备案，项目完成后，产能不变，不新增原辅材料，无需进行一般项目环评，备案文件见附件5。

中航工业南京机电科技有限公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，其中1人兼任辐射防护负责人。本项目X射线实时成像检测装置预计每周曝光时间最大约为20h，年工作50周，年曝光时间最大约为1000h。

本项目为中航工业南京机电科技有限公司首次开展核技术利用项目。公司核技术利用项目详见表1-1：

表 1-1 中航工业南京机电科技有限公司核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	NDR900 型 X 射线实时成像检测装置	1	320	15	II	厂房内无损检测室	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率1800W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为使用X射线实时成像检测装置，属于“172核技术利用建设项目”中的“使用II类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受中航工业南京机电科技有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过

资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

中航工业南京机电科技有限公司位于江苏省南京市江宁区国华路9号，公司东北侧隔厂区道路为国华路，东南侧、南侧隔厂区道路分别为中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心903厂房、902厂房，西南侧隔厂区道路及停车位为南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧隔厂区道路为苍穹路，本项目地理位置见附图1。

本项目拟建址位于中航工业南京机电科技有限公司厂房内无损检测室（现为空房间），拟建址四周均为无损检测室内空间。无损检测室东北侧依次为操作室、车间过道、加工区，东南侧为物料室，西南侧依次为厂房围墙、厂区道路及停车位、南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧依次为车间过道及货架、工具室、加工区。本项目所在房间为一层建筑，上方为厂房屋顶，下方为土层。本项目厂区平面布置及周围环境图见附图2。

对照《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图4。根据《江苏省2023年度生态环境分区管控动态更新成果公告》，通过江苏省生态环境分区管控综合服务在线查询结果，本项目所选区域不涉及优先保护单元，项目位于重点管控单元“南京江宁经济技术开发区”，环境管控编码为“ZH32011520199”。



4、与产业政策的相符性

本项目使用 X 射线实时成像检测装置对公司生产的零部件进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类，本项目的建设符合国家现行产业政策。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	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产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(二) X 射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X 射线实时成像检测 装置	II	1	NDR900	320	15	无损检测	厂房内无损检测室	最大功率 1800W

(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 (μ A)	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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	经装置顶部风机及开关工件门，再经无损检测室排风扇及门窗排入大气，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由公司统一收集后，交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m ³	28.8m ³	/	不暂存	经厂区污水管网接管至江宁区空港污水处理厂处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/l，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/l 或 Bq/kg 或 Bq/m³)和活度 (Bq)。

表 6 评价依据

法规 文件	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日起施行； 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行； 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行； 4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行； 5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5月1日起施行； 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行； 7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行； 8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行； 9) 《射线装置分类》，中华人民共和国原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行； 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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行； 11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行； 12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行； 13) 《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》，中华
----------	---

	<p>人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；</p> <p>15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；</p> <p>16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>18) 《江苏省2023年度生态环境分区管控动态更新成果》；</p> <p>19) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，江苏省生态环境厅办公室，2021年5月31日印发；</p> <p>20) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第七号），自2024年2月1日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>2) 《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>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p> <p>9) 《无损检测仪器1MV以下X射线设备的辐射防护规则 第3部分：450kV以下X射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)</p>

<p>其他</p>	<p>附图：</p> <p>附图 1 项目地理位置图</p> <p>附图 2 项目厂区平面布置及周围环境图</p> <p>附图 3 项目厂房平面布置图</p> <p>附图 4 项目与生态空间管控区域相对位置关系图</p> <p>附图 5 项目 X 射线实时成像检测装置屏蔽设计图</p> <p>附图 6 项目工程师踏勘现场照片</p> <p>附件：</p> <p>附件1 委托书</p> <p>附件2 承诺书</p> <p>附件3 营业执照</p> <p>附件4 租赁合同及不动产权证</p> <p>附件5 江苏省投资项目备案证</p> <p>附件6 大厂区项目环评批复及验收材料</p> <p>附件7 设备技术说明</p> <p>附件8 现状检测报告及检测资质</p> <p>附件9 涉密声明</p>
-----------	---

表 7 保护目标与评价标准

<p>评价范围</p> <p>本项目为使用1台NDR900型X射线实时成像检测装置，X射线实时成像检测装置为工业用X射线探伤装置，属于II类射线装置。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”相关规定，确定本项目评价范围为本项目X射线实时成像检测装置屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>
<p>保护目标</p> <p>本项目拟建址位于中航工业南京机电科技有限公司厂房内无损检测室（现为空房间），项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感区。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线实时成像检测装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。</p> <p>对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域。</p> <p>本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。</p> <p>本项目的建设符合江苏省及南京市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、操作X射线实时成像检测装置的辐射工作人员； 2、X射线实时成像检测装置项目周围公众。

表7-1 本项目保护目标情况一览表

装置名称	保护目标	方位	最近距离	规模	保护目标类型	目标管理值($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	年剂量约束值($\text{mSv}/\text{年}$)	
NDR900型X射线实时成像检测装置	无损检测室	四周	紧邻	2人	辐射工作人员	100	5.0	
	操作室	东北侧	5m					
	中航工业南京机电科技有限公司	物料室	东南侧	1.6m	流动人员	公众	5	0.1
		车间过道及货架	西北侧、东北侧	1.6m	流动人员			
		工具室	西北侧	14m	流动人员			
		加工区	东北侧、西北侧	23m	30人			
		厂区道路及停车位	西南侧	0.7m	流动人员			
	中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心 905 厂房	西南侧	38m	约2人				
南京航鹏航空系统装备有限公司	西南侧	约20m	约5人					

评价标准

1) 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中个人剂量限值,如下表:

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

类别	剂量限值
职业照射剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ①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; ②任何一年中的有效剂量, 50mSv。
公众照射剂量限值	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: ①年有效剂量, 1mSv; ②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。

2) 剂量约束值:

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)“11.4.3.2 剂量约

束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%(即0.1mSv~0.3mSv)的范围之内。”的要求，职业人员按年剂量限值1/4取值，公众按照其年剂量限值的1/10取值，确定本项目剂量约束值如下：

职业照射的年剂量约束值不超过5mSv/a；

公众照射的年剂量约束值不超过0.1mSv/a。

3) 职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“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100 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于5 μ Sv/周”的要求，确定本项目职业人员和公众每周的周围剂量当量参考控制水平如下：

职业人员每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 100 μ Sv/周；

公众每周的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于 5 μ Sv/周。

4) 本项目周围剂量当量率控制水平

本项目周围剂量当量率控制水平参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)评价标准。

本项目X射线实时成像检测装置四周30cm处及底部地面处周围剂量当量率不超过2.5 μ Sv/h。同时考虑本项目装置高度较低，顶部周围剂量当量率限值保守与其余侧剂量率限值一致，即顶部表面外30cm处周围剂量当量率不超过2.5 μ Sv/h。

5) 辐射环境质量现状检测评价参考值

《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》(辐射防护 第13卷第2期，1993年3月)，江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

6) 参考资料

《辐射防护导论》，方杰主编。

《国际放射防护委员会第33号出版物 医用外照射源的辐射防护》(ICRP33)。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1. 项目地理和场所位置

中航工业南京机电科技有限公司位于江苏省南京市江宁区国华路9号，公司东北侧隔厂区道路为国华路，东南侧、南侧隔厂区道路分别为中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心903厂房、902厂房，西南侧隔厂区道路及停车位为南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧隔厂区道路为苍穹路。

本项目拟建址位于中航工业南京机电科技有限公司厂房内无损检测室（现为空房间），拟建址四周均为无损检测室内空间。无损检测室东北侧依次为操作室、车间过道、加工区，东南侧为物料室，西南侧依次为厂房围墙、厂区道路及停车位、南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧依次为车间过道及货架、工具室、加工区。本项目所在房间为一层建筑，上方为厂房屋顶，下方为土层。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感区。本项目50m范围内涉及本公司厂房、厂区道路及停车位，南京航鹏航空系统装备有限公司，中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线实时成像检测装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。

本项目X射线实时成像检测装置拟建址周围环境照片见图8-1。

项目拟建址	本项目拟建址东北侧
-------	-----------



图 8-1 本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围环境现状

2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围辐射环境。

监测因子：本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

监测点位：在 X 射线实时成像检测装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于 X 射线实时成像检测装置拟建址及周围，共计 11 个监测点位。

3. 监测方案、质量保证措施

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在 X 射线实时成像检测装置拟建址及周围布设监测点位，测量 X 射线实时成像检测装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率。

质量保证措施：检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

监测仪器：BG9512P 型 X-γ辐射监测仪（仪器编号：RY-J018）

测量范围：10nGy/h~200μGy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

检定有效日期：2024.2.23-2025.2.22

检定单位：上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

检定证书编号：2024H21-20-5105948002

监测日期：2024 年 12 月 3 日

环境条件：天气：阴；温度：17℃；相对湿度：57%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然γ辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围现状环境γ辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 8），监测点位示意图见图 8-2。

数据记录及处理：仪器读数稳定后，以约 10s 的间隔读取 10 个数据，记录在原始记录表，同时记录海拔、经纬度。根据《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）中公式进行修正并扣除宇宙射线响应值，同时处理出标准偏差。

表 8-1 本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围环境γ辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	距装置最近距离(m)	备注
1	装置拟建址中部	71	/	室内、平房
2	装置拟建址东北侧	70	/	室内、平房
3	装置拟建址东南侧	71	/	室内、平房
4	装置拟建址西南侧	70	/	室内、平房
5	装置拟建址西北侧	71	/	室内、平房
6	公司厂房南部	68	24	室内、平房
7	公司厂房中部	71	38	室内、平房
8	公司厂房西北部	69	26	室内、平房
9	厂区道路	71	6	道路
10	中国航空工业集团公司金城南京机电 液压工程研究中心 905 厂房北侧	73	30	道路
11	南京航鹏航空系统装备有限公司 东北侧	71	32	道路

*X-γ辐射监测仪检定使用 ^{137}Cs 辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取

值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1，上述结果为已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为 11nGy/h）并进行了建筑物屏蔽修正后的结果。

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围环境 γ 辐射剂量率为（68~73）nGy/h，其中室内环境 γ 辐射剂量率在（68~71）nGy/h 范围内，道路环境 γ 辐射剂量率为（71~73）nGy/h，均处于江苏省全省环境天然 γ 辐射剂量率测值范围内。

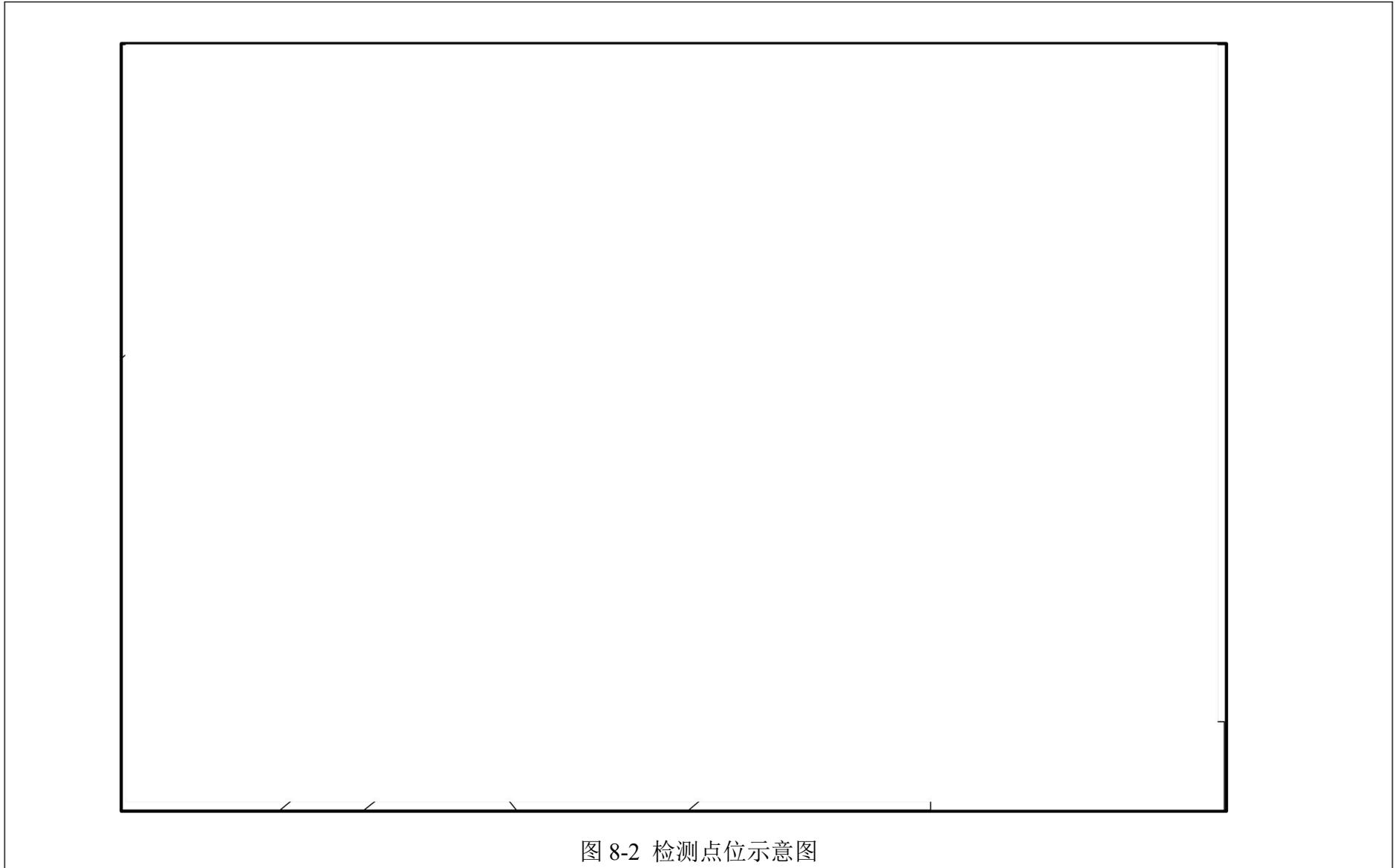


图 8-2 检测点位示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 工程设备情况

本项目为使用 1 台 NDR900 型 X 射线实时成像检测装置，装置由新巍拓（苏州）科技有限公司生产，主要由 X 射线系统、X 射线成像面板、数字图像处理及信息管理系统、机械运动系统、电气控制系统、射线防护铅房等组成，其中 X 射线系统、平板探测器采用进口设备，装置整体国产化率约 60%。该装置由曝光室及操作台组成，曝光室内仅设有 1 个 X 射线管。装置尺寸为 2239mm（长）×2212mm（宽）×2453mm（高），曝光室采用钢-铅-钢结构对 X 射线进行屏蔽。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室工件门朝向东北侧，曝光室各面屏蔽情况如下：东南侧（有用线束方向）为 6mm 钢+32mm 铅+6mm 钢，西北侧、东北侧（含工件门）、西南侧均为 6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢，顶部和底部采用 6mm 钢+20mm 铅+6mm 钢；装置不设检修门。装置最大功率：800W（小焦点）/1800W（大焦点），最大管电压为 320kV（最大管电压下管电流为 2.5mA（小焦点）/5.625mA（大焦点）），最大管电流为 15mA，射线管滤过为 4mmBe，附加滤过 2mmCu，有用线束方向朝东南，射线管出束角度 30°×30°。项目详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线实时成像检测装置参数一览表

设备型号	NDR900 型
最大管电压	320kV
最大管电流	15mA
最大功率	1800W
滤过条件	4mmBe+2mmCu
出束角度	30°×30°

本项目定义装置工件门为装置前侧，X 射线管仅可上下垂直移动，移动范围 900mm，不可左右、前后移动，当射线管到达中间位置时，可沿射线管长轴中心顺时针逆时针旋转（±15°），其余位置不可旋转。检测装置见图 9-1，根据图 9-1 可知，有用线束只照射装置左侧（东南侧），不会照射到其它方向。

辐射工作人员可通过打开工件门将工件放至曝光室内进行探伤检测。工件转台可以 360° 旋转，左右、前后移动，装置一次检测一个工件。

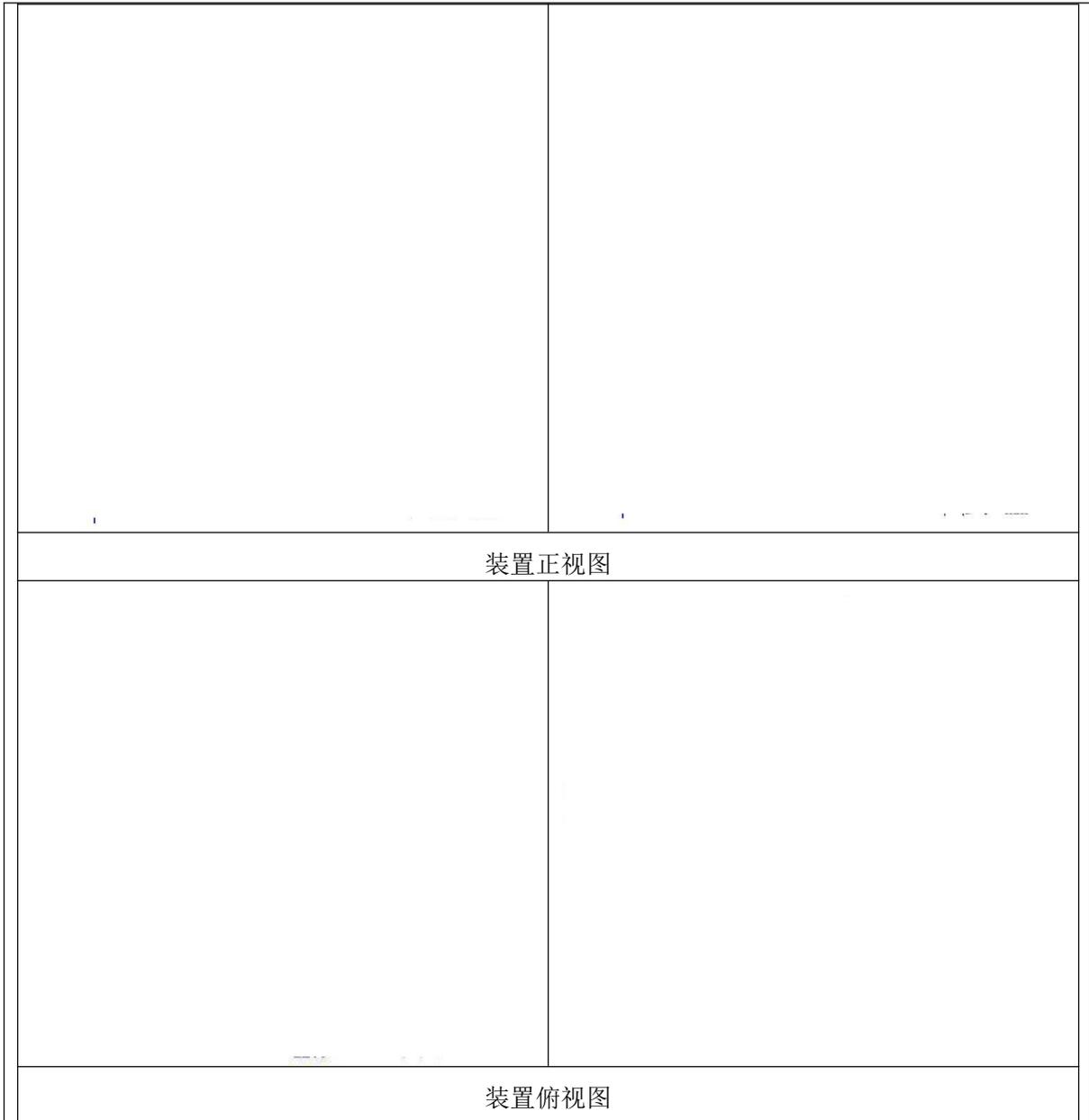


图 9-1 NDR900 型 X 射线数字成像检测装置结构图（单位 mm）

2. X 射线实时成像检测装置工作原理

X 射线机主要由 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，阳极靶则根据需要，可由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钽等）制成，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，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突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为 0.001~10nm。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程

中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

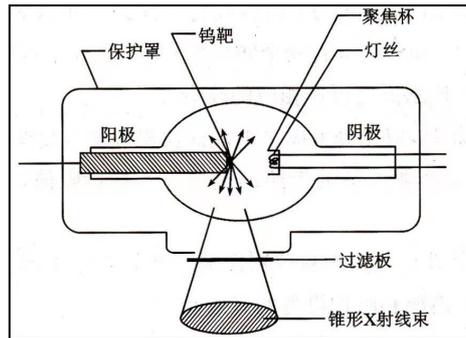


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

X 射线实时成像检测装置由 X 射线系统、数字平板探测器、X 射线数字成像工作站、工件运动机械结构和电控操作系统以及射线防护系统等部分组成。其结构工作原理如图 9-3。X 射线源提供系统扫描成像的能量线束用以穿透工件，根据 X 射线在工件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征的计算机扫描图像重建。工件运动机械结构实现计算机扫描时工件的旋转或平移，以及射线源-工件-探测器空间位置的调整；数字平板探测器用来测量穿过工件的射线信号，经放大和模数转换后送入计算机进行图像重建。X 射线数字成像工作站用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。射线防护系统用于射线安全防护。

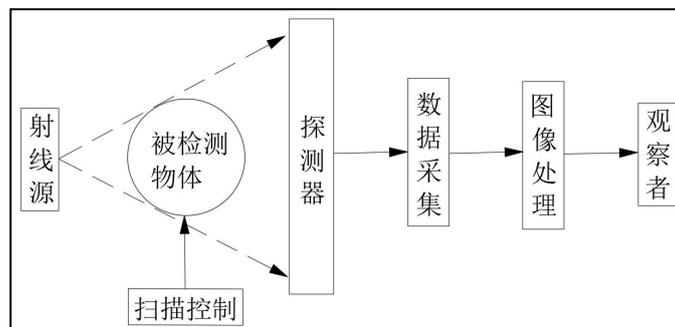


图 9-3 X 射线实时成像检测装置结构工作原理简图

3. 工艺流程及产污环节分析

X 射线实时成像检测装置工作时，被检测工件放于装置内，辐射工作人员在操作

台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测。

本项目工作流程如下：

- 1) 辐射工作人员检查各辐射安全装置的有效性；
- 2) 确定所有辐射安全措施有效后，辐射工作人员到达操作台，启动主电源开关，启动检测系统控制界面；
- 3) 打开工件门，辐射工作人员将被测工件放置在工件转台上；
- 4) 关闭工件门，辐射工作人员在操作台处控制，将工件转台、射线管调整到合适位置，然后开启装置进行检测；开机曝光时会发出X射线，并产生少量臭氧及氮氧化物；
- 5) 通过显像器对被测工件的缺损状况进行辨别，出具检验报告；
- 6) 曝光结束，开启工件门，辐射工作人员取出检测工件。

日常辐射工作人员会产生一定量生活污水及生活垃圾，本项目工作流程及产污环节如下图所示：

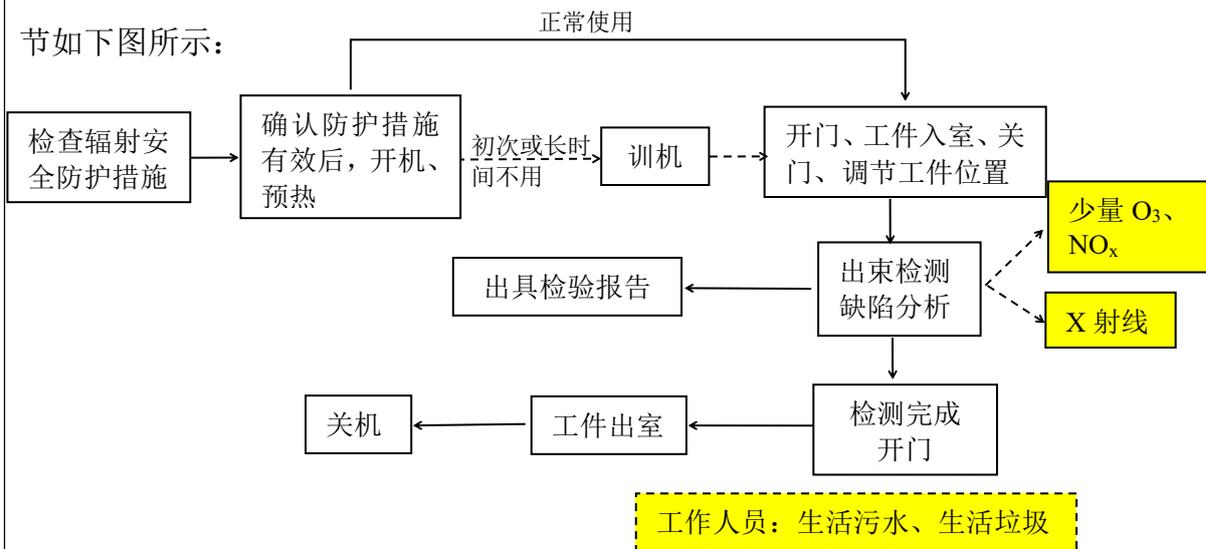


图 9-4 X 射线实时成像检测装置工作流程及产污环节

此外，若X射线实时成像检测装置长时间不用或初次使用需要先进行训机，训机过程也产生X射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。本项目训机均在曝光室内进行，装置训机曝光时间包含在年最大曝光时间1000h内。

4. 工件信息

本项目X射线实时成像检测装置检测的工件为民用飞机零部件，直径 ϕ 40mm~400mm，长度为35mm~410mm，壁厚2.5mm~25.5mm。

5. 人员配置及工作制度

中航工业南京机电科技有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼任辐射防护负责人，2 人为一班制。本项目 X 射线实时成像检测装置预计周曝光时间 20h，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 1000h，本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

污染源项描述

1. 辐射污染源分析

由 X 射线实时成像检测装置工作原理可知，X 射线实时成像检测装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对设备外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此 X 射线实时成像检测装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。本项目运行后不会产生放射性固体废物及放射性废水。

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

本项目 X 射线实时成像检测装置最大功率：800W（小焦点）/1800W（大焦点），最大管电压为 320kV，最大管电压下管电流为 2.5mA（小焦点）/5.625mA（大焦点）。装置最大功率 1800W，最大管电压下管电流为 5.625mA，最大管电流下管电压为 120kV，根据厂家提供资料（见附件 7），本项目 X 射线实时成像检测装置射线管固有滤波片为 4mm 铍，射线管附加滤过 2mm 铜，根据 ICRP33 号出版物 p55 图 2、p56 图 3（见图 9-5）可知：在 120kV、320kV 管电压下，0.5mm 铜的过滤条件下（保守取 0.5mm 铜），距靶 1m 处的发射率、距辐射源点输出剂量率见表 9-2，因 320kV 下距靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率更大，本项目取 320kV，5.625mA 下靶 1m 处 X 射线周围剂量当量率为有用线束源强。根据附件 7 泄漏射线源强泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

表 9-2 距靶 1m 处射线周围剂量当量率核算

管电压 kV	管电流 mA	有用线束		
		有用线束辐射输出量 $\text{mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	距靶 1m 处 X 射线输出量 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	距靶 1m 处 X 射线周围剂量当 量率 $\mu\text{Sv/h}$
320（最大）	5.625			
120	15（最大）			

散射辐射能量根据《辐射防护手册》第一分册（p448）中的 X 射线散射公式进

行计算。

$$E = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0(1 - \cos\theta)}{0.511}} \quad \text{----- (1)}$$

式中：E₀：散射前电压，kV，320kV；

θ为散射角度，取90°。

本项目 X 射线实时成像检测装置输出量参数汇总见表 9-3。

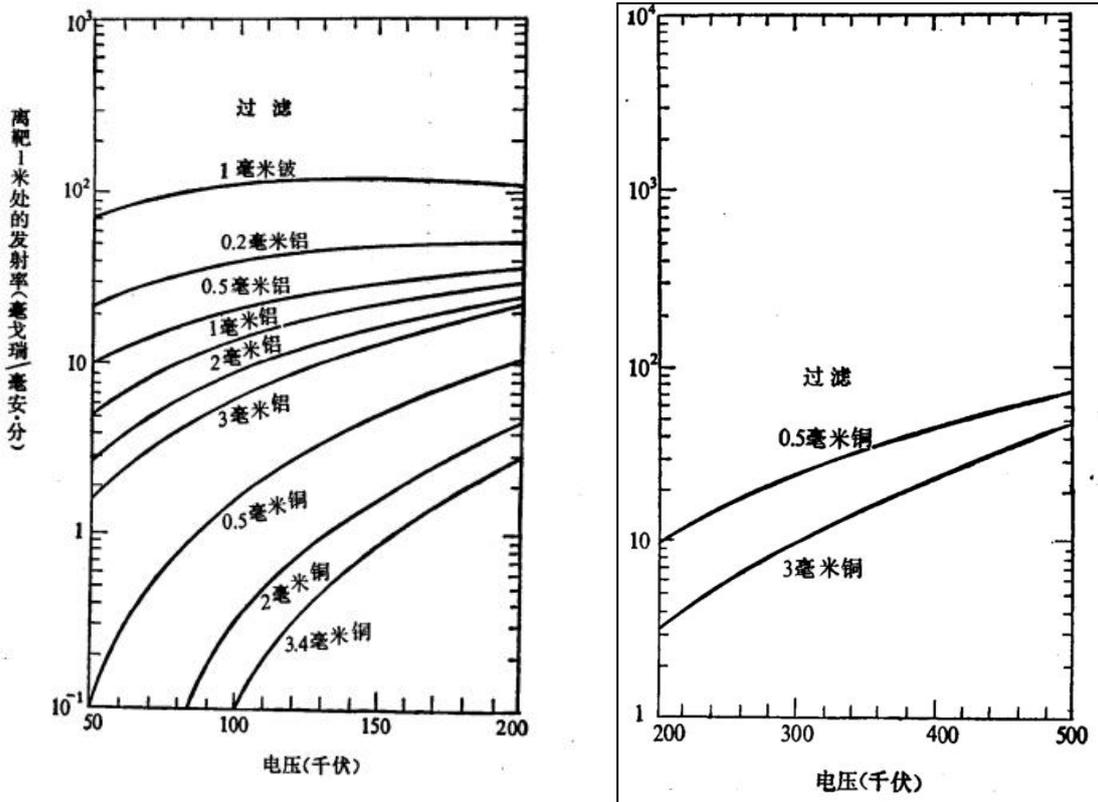


图9-5 在不同线束过滤情况下恒电位X线发生器在离靶1米处的发射率

表9-3 本项目X射线实时成像检测装置输出量参数

射线装置	型号	有用线束辐射输出量 mGy·m ² /(mA·min)	有用线束辐射 输出剂量率 μSv·m ² /(mA·h)	泄漏辐射 1m处输出量 (μSv/h)	散射辐射 能量 (kV)
X射线实时成像 检测装置	NDR900型				

2. 非辐射污染源分析

2.1 固体废物

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。

2.2 废水

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m^3 ，年排放量为 28.8m^3 。

2.3 气体废物

X 射线实时成像检测装置在工作状态时，会使屏蔽体内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1. 工作场所布局及分区

本项目 X 射线实时成像检测装置设计有操作台与曝光室，操作台与曝光室分开独立设置，操作台位于装置东北侧操作室内，X 射线管有用线束朝东南侧照射，本项目 X 射线实时成像检测装置布局满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开的要求。另外，无损检测室东南侧为物料室，物料室用于存放润滑油、油封油等，无长期居留人员，因此本项目 X 射线实时成像检测装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将 X 射线实时成像检测装置曝光室作为控制区；拟将无损检测室内除曝光室以外的区域和操作室作为监督区，操作室入口粘贴监督区标牌。无损检测室和操作室均有实体墙，且均只有一个门，因此无关人员不会误入。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。本项目 X 射线实时成像检测装置监督区及控制区示意图见图 10-1。

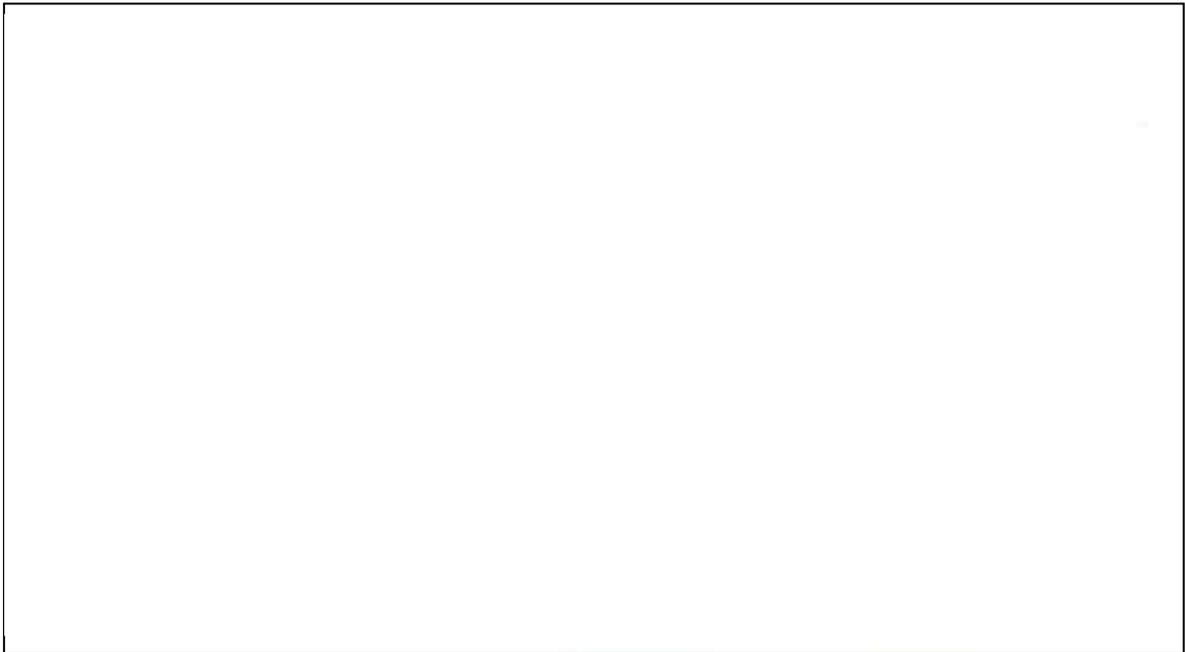


图 10-1 本项目 X 射线实时成像检测装置监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	X 射线实时成像检测装置曝光室	无损检测室（除曝光室以外的区域）、操作室
划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1“注册者或者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”。 6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制，X 射线实时成像装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到不必要的照射，并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	X 射线实时成像检测装置表面外拟粘贴电离辐射警告标识。	操作室入口粘贴监督区标牌。

2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目 X 射线实时成像检测装置由曝光室和操作台组成。

本项目 X 射线实时成像检测装置尺寸为 2239mm（长）×2212mm（宽）×2453mm（高），内部净尺寸 1953mm（长）×1756mm（宽）×2002mm（高）。曝光室采用钢-铅-钢结构对 X 射线进行屏蔽，工件门朝东北侧摆放。曝光室东北侧（含工件门）、西南侧、西北侧采用 6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢，东南侧采用 6mm 钢+32mm 铅+6mm 钢，顶部、底部采用 6mm 钢+20mm 铅+6mm 钢。

本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 50mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 3mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。本项目在曝光室的西北侧屏蔽体下方设置电缆孔，孔洞直径约为 180mm，并在电缆孔处设置 20mm 铅迷宫进行防护。本项目在曝光室顶部屏蔽体西北角设置通风孔，孔洞直径约为 120mm，并在通风孔设置 20mm 铅迷宫进行防护。

本项目装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 X 射线实时成像检测装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位	屏蔽体材料及材料厚度	折合铅当量
NDR900 型 X 射线实时 成像检 测装置	曝光室西北侧屏蔽	6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢	22.6mm
	曝光室东北侧屏蔽 体（含工件门）	6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢	22.6mm
	曝光室西南侧屏蔽	6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢	22.6mm
	曝光室东南侧屏蔽	6mm 钢+32mm 铅+6mm 钢	32.6mm
	曝光室底部屏蔽体	6mm 钢+20mm 铅+6mm 钢	20.6mm
	曝光室顶部屏蔽体	6mm 钢+20mm 铅+6mm 钢	20.6mm
	电缆孔	20mm 铅屏蔽补偿	/
	通风孔	20mm 铅屏蔽补偿	/

注：根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)P8 表 4 不同屏蔽材料的厚度，管电压 400kV 下 11mm 钢板相当于 0.6mm 铅当量，本项目装置最大管电压 320kV，12mm 钢板保守取 0.6mm 铅当量。

3. 工作场所辐射安全和防护措施

建设单位参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表10-3 本项目拟设置的辐射安全措施一览表

序号	措施	标准原文	措施及位置	是否满足要求
1	曝光室与操作室分开	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。	本项目 X 射线实时成像检测装置设计有操作台与曝光室，操作台与曝光室分开独立设置，操作台位于装置东北侧操作室，X 射线管有用线束朝东南照射，操作台已避开有用线束照射方向。	是
2	两区划分	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。	本项目拟将 X 射线实时成像检测装置曝光室作为控制区；无损检测室内除曝光室以外的区域、操作室作为监督区，操作室入口粘贴监督区标牌。	是
3	门机联锁	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。	本项目 X 射线实时成像检测装置工件门设有门机联锁装置，只有在工件门完全关闭时 X 射线实时成像检测装置才能出束照射，工件门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射。	是
4	指示灯和声音提示装置	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	本项目 X 射线实时成像装置顶部设有三色报警灯及 LED 语音灯箱，绿灯亮代表“通电”，黄灯代表“预备”，红灯代表“照射”，建设单位将张贴信号意义指示牌。故无需另外安装显示“预备”“照射”字样的	是

		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。	指示灯，该三色灯与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。	
5	视频监控	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。	本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室内设有摄像装置，通过电脑控制系统能清楚看见曝光室内情况，避免误照射情况发生。	是
6	电离辐射警告标志	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	本项目 X 射线实时成像检测装置表面外拟设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明。	是
7	急停按钮	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。	本项目 X 射线实时成像检测装置共设 4 个急停按钮，装置内工件门两侧各 1 个、装置外左侧 1 个、操作台 1 个，确保出现紧急事故或人员误入的情况下，能够通过按下急停按钮停止出束，避免发生误照射事件。	是
8	通风	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。	本项目 X 射线实时成像检测装置内采取工件门自然进风，顶部屏蔽体设置轴流风机，出风口设有 20mm 铅迷宫防护，最大程度上避免射线泄漏；曝光室内部体积约为 7m ³ ，装置配置一个 105m ³ /h 的轴流风机进行排风，能够满足每小时有效换气次数不小于 3 次的通风需求。	是
9	固定式剂量率仪	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	本项目 X 射线实时成像检测装置工作、工件摆放及工件位置调节时，辐射工作人员无需进入曝光室内，仅在曝光室外操作；设备检修时，检修人员在断电情况下检修，检修完成在曝光室外调试，故无需安装固定式场所辐射探测报警装置。	是
10	其他	/	①钥匙开关：本项目操作台位于操作室内，操作台上设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后 X 射线实时成像检测装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出； ②门缝搭接：本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 50mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 3mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍； ③电缆孔防护：本项目 X 射线实时成像检测装置线缆管道位于检测室西北侧屏蔽体下方，采用 20mm 铅屏蔽补偿，避免 X 射线直接照射线缆管道口，利用散射降低线缆管道口的辐射水平。	是

11	规章制度	4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。 4.6 应制定辐射事故应急预案。	公司拟成立辐射防护管理机构，拟制定相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，检测过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。	是
12	监测设备	4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ98 的要求进行职业健康监护。 4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。	公司拟为本项目配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪及 2 台 X-γ 个人剂量报警仪，用于对 X 射线实时成像检测装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录；并委托有资质单位对 2 名辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是

本项目辐射安全设施平面布置示意图见图 10-2。

综上所述，以上辐射安全措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。

图 10-2 本项目辐射安全设施平面布置示意图

三废的治理

1. 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，由公司统一收集后，交给环卫部门清运。

2. 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，经厂区污水管网接管至江宁区空港污水处理厂处理。

3. 气体废物

X 射线实时成像检测装置在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室内采取开关工件门自然进风，顶部屏蔽体西北角设置轴流风机，出风口设有 20mm 铅迷宫防护。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室内部体积约为 7m³，装置配置轴流风机进行排风，风机通风量为 105m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时 X 射线实时成像检测装置所在房间有门窗进行自然通风换气，自然通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

6. 探伤设施的退役

本项目 X 射线实时成像检测装置不再使用时，应根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.3 要求实施退役。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线实时成像检测装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

①噪声

X 射线实时成像检测装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目位于公司厂房内部，设备安装组装噪声远远小于厂房内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

②固体废物

X 射线实时成像检测装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂房现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

③液体废物

X 射线实时成像检测装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水，经厂区污水管网接管至江宁区空港污水处理厂处理，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

本项目 X 射线实时成像检测装置通过含铅板的曝光室对 X 射线进行防护，根据中航工业南京机电科技有限公司提供的数据，本项目运行后 X 射线实时成像检测装置年曝光时间最大约为 1000h。本项目 X 射线实时成像检测装置装置最大功率：800W（小焦点）/1800W（大焦点），最大管电压为 320kV，最大管电压下管电流为 2.5mA（小焦点）/5.625mA（大焦点），本报告保守取 5.625mA 进行预测。本项目实时成像装置出束工作时，照射方向为东南侧，因此东南侧为有用线束方向，西南、西北、东北侧、顶部、底部为非有用线束方向。

本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。

1. 有用线束屏蔽估算

装置有用线束照射方向预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

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

式中： \dot{H} ：关注点处周围当量剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值见表 9-3；

B ：屏蔽透射因子，根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》（GBZ 41476.3-2022）P3 表 2 不同屏蔽材料的厚度，320kV 下铅的半值层为 1.5mm，再根据 $B=2^{-X/\text{HVL}}$ 计算得到 B 值，式中： X ：屏蔽物质厚度，与 HVL 取相同的单位；HVL：屏蔽材料的半值层厚度；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

2. 非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： \dot{H} ：关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

\dot{H}_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，根据附件 7，距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

B ：屏蔽透射因子，计算方法同上；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： \dot{H} ：关注点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，取值见表 9-3；

B ：屏蔽透射因子，根据《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分：450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)P3 表 2 中没有 197kV 下铅的半值层，本项目保守取 225kV 下铅的半值层 0.7mm，再根据 $B=2^{-X/\text{HVL}}$ 计算得到 B 值；

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（ 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，可以用水的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B 表 B.3；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

R_0 ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，m。

3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： H_c ：参考点每周的周围剂量当量/年有效剂量， $\mu\text{Sv/周}$ 、 $\mu\text{Sv/年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：探伤装置周照射时间，h/周、h/年；

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。

4. 参考点处周围当量剂量率理论计算结果

本项目实时成像装置进行无损检测时，射线管距离屏蔽体距离见图 11-1，取装置表面外 30cm 为关注点(装置底部距离地面 16.1cm，因此取装置底部 16.1cm 处为关注点)，有用线束方向屏蔽效果预测表见表 11-1，非有用线束方向屏蔽效果预测表见表 11-2。

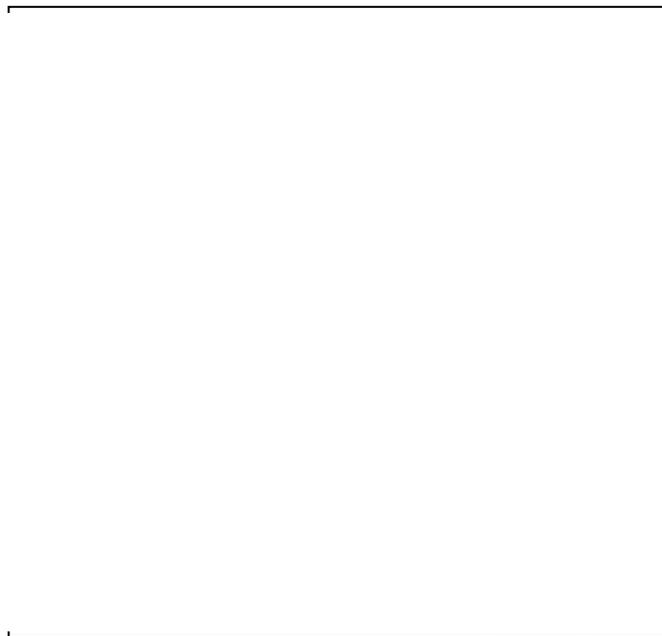


图 11-1 X 射线实时成像检测系统各关注点位示意图（1）

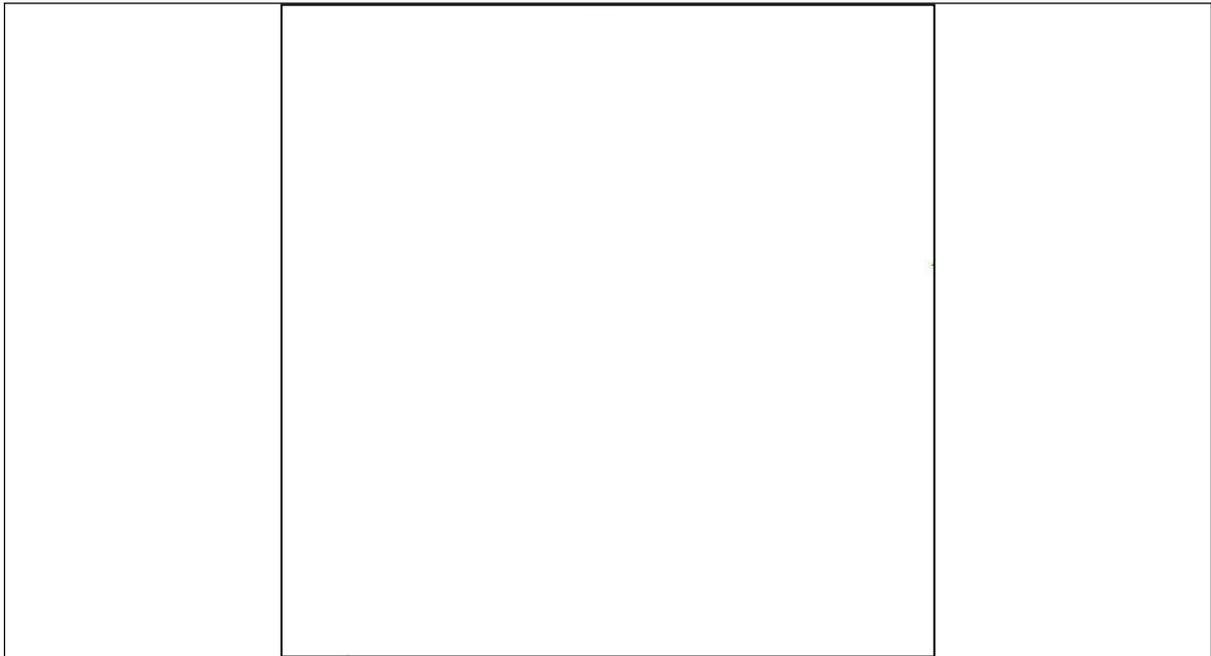


图 11-1 X 射线实时成像检测系统各关注点位示意图（2）

表 11-1 X 射线实时成像检测系统有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	铅当量厚度 (mm)	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	B	R (m)	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)	剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)	评价
东南侧①	32.6						2.5	满足

表 11-2 X 射线实时成像检测系统非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点					
	西南侧②	西北侧③	东北侧（含工件门）④	顶部⑤	底部⑥	
铅当量厚度 (mm)	22.6	22.6	22.6			
泄漏辐射	B_1					
	\dot{H}_L ($\mu\text{Sv/h}$)					
	R (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
散射辐射	散射线能量(kV)					
	B_2					
	I (mA)					
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	$F * \alpha / R_0$	0.02 (取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)B.4.2)				
	R_s (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv/h}$)					
泄漏辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)						
剂量率参考控制水平	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	

($\mu\text{Sv/h}$)					
评价	满足	满足	满足	满足	满足

根据表 11-1、11-2 中预测结果，当本项目 X 射线实时成像检测装置满功率运行时，装置表面外 30cm（底部为 16.1cm）处周围剂量当量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

5. 反散射辐射影响分析

5.1 天空反散射

根据表 11-2，本项目 X 射线实时成像检测系统顶部外 30cm 处辐射周围剂量当量率为 $3.26\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $3.26\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，预计对装置四周辐射贡献较小。

5.2 底部地面反散射

根据表 11-2，本项目 X 射线实时成像检测系统底部地面处辐射剂量率为 $5.86\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，经地面散射后辐射剂量率远小于 $5.86\text{E-}01 \mu\text{Sv/h}$ ，预计对装置四周辐射贡献较小。

6. 电缆孔、通风孔辐射影响分析

本项目 X 射线实时成像检测装置电缆孔、通风孔采用铅迷宫防护，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆孔、通风孔，X 射线进入电缆孔后散射示意图如图 11-2，进入通风孔后散射示意图如图 11-3。X 射线均需至少经过三次散射才能到达电缆孔及通风孔管道口。根据《辐射防护导论》P193 “一般经三次以上散射后 γ 射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目 X 射线实时成像检测装置电缆孔、通风孔设计能够满足辐射防护要求。

图 11-2 电缆孔散射示意图

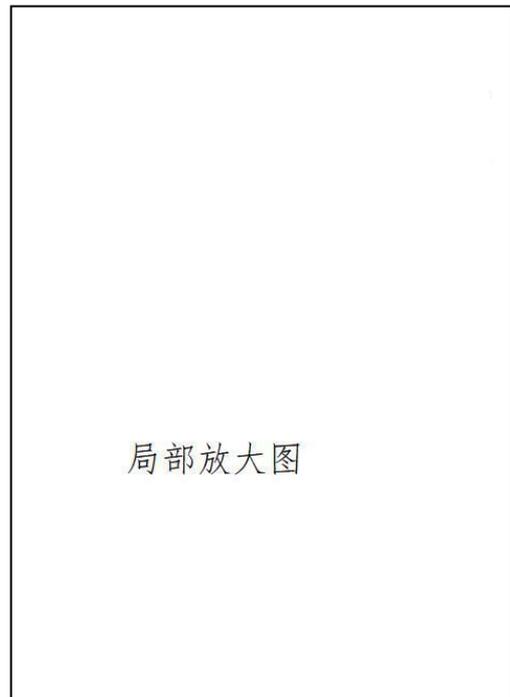


图 11-3 通风孔散射示意图

7.保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员正常工作时位于装置东北侧操作室内，装置距操作室5m，因此保守按照操作室最大周围剂量当量率来估算辐射工作人员有效剂量。拟配备的2名辐射工作人员为1班，本项目X射线实时成像装置预计周最大曝光时间为20h，年曝光时间最大约为1000h，根据公式3、4获得保护目标最大的参考点周围剂量当量率，最后通过公式5计算辐射工作人员每周的周围剂量当量及年有效剂量：

表 11-3 辐射工作人员有效剂量估算结果

位置	使用因子 U	居留因子 T	关注点方位及最近距离	距射线管最近距离 (m)	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	周围剂量当量率控制水平 ($\mu\text{Sv/h}$)	每周的周围剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年剂量估算值 (mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)	结论
操作室	1	1	东北侧 5m			2.5		100 (工作人员)		5 (工作人员)	满足

通过表 7-1 中距离加上出束点距离屏蔽体最近距离作为公式 2、3、4 中距离，根据公式 2、3、4 获得保护目标最大的参考点周围剂量当量率，最后通过公式 5 计算公众每周的周围剂量当量及年有效剂量，计算结果见表 11-4。

表 11-4 周围公众及保护目标有效剂量估算结果

序号	关注点	关注点方位及最近距离	距射线管最近距离 (m)	使用因子 U	居留因子	保护目标周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	每周的周围剂量当量 ($\mu\text{Sv/周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv/周}$)	年有效受照剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/年)
1	中航工业南京机电科技有限公司	物料室	东南侧 1.6m					5		0.1
		车间过道及货架	西北侧 1.6m							
		工具室	西北侧 14m							
		加工区	东北侧 23m							
		厂区道路及停车位	西南侧 0.7m							
2	中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心 905 厂房	西南侧约 38m								
3	南京航鹏航空系统装备有限公司	西南侧约 20m								

注：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 A.1，本项目物料室、工具室、车间过道及货架区居留因子保守取 1/4，厂区道路及停车位居留因子保守取 1/8。

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可以看出，本项目实时成像装置满功率运行时，辐射工作人员所受每周的周围剂量当量最大为 $7.54\text{E-}02\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $3.77\text{E-}03\text{mSv}$ ；周围公众所受每周的周围剂量当量最大为 $1.37\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为 $6.85\text{E-}02\text{mSv}$ 。根据理论计算结果，本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量能够满足

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100 μ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 μ Sv）。

事故影响分析

1) 主要事故风险

- ①X 射线实时成像检测装置门机联锁失效,设备工件门未关闭就对工件进行曝光,致使人员受到意外照射;
- ②X 射线实时成像检测装置进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射。

2) 事故处理方法及预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出处理方法或者预防措施:

- ①应加强管理,加强对辐射工作人员的培训,严格执行安全操作规程;
- ②定期检查门机联锁装置,确保无损检测工作正常进行;
- ③X 射线实时成像检测装置工作时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检,发现异常情况应立即停止出束,并检查排除异常,并做好记录;
- ④发生事故时应按下急停开关切断电源,确保装置停止出束;
- ⑤对人员造成额外照射,发现个人剂量监测结果异常的,应当立即核实与调查,并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关;
- ⑥厂家专业人员维修严禁自行拆装维修。

中航工业南京机电科技有限公司在日常工作中应加强辐射安全管理,定期对 X 射线实时成像检测装置进行检查、维护,发现问题及时维修;严格要求辐射工作人员按照操作规程进行 X 射线实时成像检测装置操作,每次操作前检查 X 射线实时成像检测装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性,定期检测 X 射线实时成像检测装置的周围辐射水平,确保安全措施有效运行;同时针对可能发生的辐射安全事故,制定辐射事故应急预案,以能够有序应对事故。此外,公司应按照计划进行应急演练,配备应急物品,通过演练确定应急措施是否可行,并形成记录。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度,提高制度的可操作性。

当发生或发现辐射事故时,公司应当立即启动事故应急方案,采取必要防范措施在事故发生后 1 小时内向所在地生态环境和公安部门报告,并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》,造成或者可能造成人员超剂量照射的,还应当同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用II类射线装置的单位应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；直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。管理人员考核类型为“辐射安全管理”，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

中航工业南京机电科技有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责；中航工业南京机电科技有限公司拟配备 2 名辐射工作人员，其中 1 人兼任辐射防护负责人。本项目辐射工作人员应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识。通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，通过考核后才能进行上岗作业。此外，担任本项目辐射防护负责人的辐射工作人员需再通过“辐射安全管理”类别的辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的考核。

辐射安全管理规章制度

本项目为使用 1 台 NDR900 型 X 射线实时成像检测装置，中航工业南京机电科技有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定一系列的辐射安全管理制度，包括操作规程、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、事故应急制度等。公司在日后实际工作中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善制度的可操作性，本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

- **岗位职责：**明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。
- **操作规程：**明确本项目 X 射线实时成像检测装置辐射人员的资质条件要求、X 射线实时成像检测装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确 X 射线实时成像检测装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。建设单位应严格执行操作规程。
- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制

度，重点是 X 射线实时成像检测装置的运行和维修时辐射安全管理。建设单位应严格执行辐射防护和安全保卫制度。

- **设备检修维护制度：**明确 X 射线实时成像检测装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保 X 射线实时成像检测装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况制定，重点是射线装置使用状况的记录。
- **人员培训计划：**制定人员培训计划，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。
- **监测方案：**方案中应明确监测频次和监测项目，委托有资质单位开展的监测结果应定期上报生态环境行政主管部门。
- **事故应急预案：**依据《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）制定事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。
- **监测异常报告制度：**如果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。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

中航工业南京机电科技有限公司应严格按照制度执行，日常维护保养、运行、定期安全检查须形成记录，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

辐射监测

1.监测方案

- 1) 委托有资质单位定期对 X 射线实时成像检测装置周围环境辐射剂量率进行检

测，每年 1~2 次；

2) X 射线实时成像检测装置进行检测作业时公司辐射安全管理人员对 X 射线实时成像检测装置周围的辐射水平进行监测（每月一次），并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

3) 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，拟委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测及职业健康体检，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案及职业健康监护档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

本项目辐射监测方案具体见表 12-1。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
X 射线实时成像检测装置	验收监测	X-γ周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②X 射线实时成像检测装置表面外 30cm 处，工件门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

2.监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等要求，使用II类射线装置的单位应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器；中航工业南京机电科技有限公司拟配备1台X-γ辐射剂量巡测仪和2台X-γ个人剂量报警仪，项目运行后应定期对X射线实时成像检测装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

辐射事故应急

中航工业南京机电科技有限公司拟设置辐射事故应急小组，并制定《辐射事故应急预案》，公司应根据本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- （3）应急演习计划；
- （4）辐射事故分级与应急响应措施；
- （5）辐射事故调查、报告和处理程序。

中航工业南京机电科技有限公司应依据《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。

事故发生后应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

中航工业南京机电科技有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目X射线实时成像检测装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

结论**1. 实践正当性**

中航工业南京机电科技有限公司因产品质量检测需要，拟购置 1 台 X 射线实时成像检测装置对生产的零部件质量进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业产品检测需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，实时成像检测装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

2. 与产业政策的相符性

本项目使用 X 射线实时成像检测装置对公司生产的零部件进行无损检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目不属于限制类、淘汰类，本项目的建设符合国家现行产业政策。

3. 辐射安全与防护分析结论**1) 选址、布局合理性**

中航工业南京机电科技有限公司位于江苏省南京市江宁区国华路9号，公司东北侧隔厂区道路为国华路，东南侧、南侧隔厂区道路分别为中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心903厂房、902厂房，西南侧隔厂区道路及停车位为南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧隔厂区道路为苍穹路。

本项目拟建址位于中航工业南京机电科技有限公司厂房内无损检测室（现为空房间），拟建址四周均为无损检测室内空间。无损检测室东北侧依次为操作室、车间过道、加工区，东南侧为物料室，西南侧依次为厂房围墙、厂区道路及停车位、南京航鹏航空系统装备有限公司及中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房，西北侧依次为车间过道、工具室、加工区。本项目所在房间为一层建筑，上方为厂房屋顶，下方为土层。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及本公司厂房、厂区道路及停车位，南京航鹏航空系统装备有限公司，中国航空工业集团公司金城南京机电液压工程研究中心905厂房。本项目周围环境保护目标主要为从事X射线实时成像检测装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。

2) 辐射防护措施

本项目 X 射线实时成像检测装置尺寸为 2239mm（长）×2212mm（宽）×2453mm（高），内部净尺寸 1953mm（长）×1756mm（宽）×2002mm（高），曝光室采用钢-铅-钢结构对 X 射线进行屏蔽。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室工件门朝向东北侧，曝光室各面屏蔽材料厚度如下：东南侧（有用线束方向）为 6mm 钢+32mm 铅+6mm 钢，西北侧、东北侧（含工件门）、西南侧均为 6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢，顶部和底部采用 6mm 钢+20mm 铅 6mm 钢板。本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 50mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 3mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。本项目在曝光室的西北侧屏蔽体下方设置电缆孔，孔洞直径约为 180mm，并在电缆孔处设置 20mm 铅屏蔽补偿。本项目在曝光室的顶部屏蔽体西北角设置通风孔，孔洞直径约为 120mm，并在通风孔设置 20mm 铅屏蔽补偿。

3) 辐射安全措施

本项目X射线实时成像检测装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置顶部设有三色报警灯及LED语音灯箱，并与X射线管联锁；定期检查门-机联锁装置、三色报警灯及LED语音灯箱，确保有效；设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目X射线实时成像检测装置内、外侧及操作台均拟设计安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。操作台上拟设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后X射线实时成像检测装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。曝光室内拟设置视频监控。公司拟配备1台辐射剂量巡测仪2台个人剂量报警仪，用于对X射线实时成像检测装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

本项目X射线实时成像检测装置曝光室边界作为本项目的控制区边界，装置表面拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明，将无损检测室内除曝光室以

外的区域、操作室作为本项目监督区，操作室入口粘贴监督区标牌。

4) 通风措施评价

X 射线实时成像检测装置在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入装置内。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室内采取开关工件门自然进风，顶部屏蔽体西北角设置轴流风机，出风口设有 20mm 铅迷宫防护。本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室内部体积为 7m³，装置配置 1 个轴流风机进行排风，通风量为 105m³/h，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时 X 射线实时成像检测装置所在房间有门窗、排风扇进行通风换气，通风效果较好，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

4. 辐射环境影响分析结论

本项目 X 射线实时成像检测装置通过钢-铅-钢结构对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目 X 射线实时成像检测装置以最大功率运行时装置表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目辐射工作人员及周围公众每周的周围剂量当量、年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100μSv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5μSv）。

5. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 拟为本项目配置 1 台辐射巡测仪及 2 台 X-γ 个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，建设单位拟委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，并定期按时送检。建设单位拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案并长期保存。
- 4) 在项目运行前安排 2 名辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

5) 中航工业南京机电科技有限公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前制定辐射安全管理制度；本项目拟配备 2 名辐射工作人员；项目投运后，若新增辐射工作人员，上岗前应报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业。

综上所述，民用飞机零部件生产线检测改造项目（辐射专题）项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

建议和承诺

1) 该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2) 各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建设单位在本项目建设完成，且取得辐射安全许可证后，应当对本项目进行竣工环保验收。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评，自评报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

附表

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
辐射防护措施	本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室采用钢-铅-钢结构对 X 射线进行屏蔽，工件门朝向东北侧，曝光室各面屏蔽材料厚度如下：东南侧(有用线束方向)为 6mm 钢+32mm 铅+6mm 钢，西北侧、东北侧(含工件门)、西南侧均为 6mm 钢+22mm 铅+6mm 钢，顶部和底部采用 6mm 钢+20mm 铅+6mm 钢板，电缆孔、通风孔设置 20mm 铅屏蔽补偿。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的剂量率限值要求。 辐射工作人员周/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)及本项目剂量管理目标(职业人员年有效剂量不超过 5mSv, 周有效剂量不超过 100 μ Sv; 公众年有效剂量不超过 0.1mSv, 周有效剂量不超过 5 μ Sv)。	15
辐射安全措施	本项目 X 射线实时成像检测装置工件门与装置设置门-机安全联锁装置，装置顶部设有三色报警灯及 LED 语音灯箱，并与 X 射线管联锁；定期检查门-机联锁装置和三色报警灯及 LED 语音灯箱，确保有效；设备外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目 X 射线实时成像装置内、外侧及操作台均拟设计安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。操作台上拟设有钥匙开关，只有打开操作台钥匙开关后 X 射线实时成像检测装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。曝光室内拟设置视频监控。 本项目 X 射线实时成像检测装置曝光室边界作为本项目的控制区边界，装置表面拟设置“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及警示说明；将无损检测室内除曝光室以外的区域、操作室作为本项目监督区，在操作室入口张贴监督区标牌。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求。	3
	岗位职责及操作规程等工作制度在合适的墙上张贴。标明控制区、监督区边界。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定各项规章制度。	0.2
	拟配置 1 台 X- γ 辐射剂量巡测仪及 2 台 X- γ 个人剂量报警仪。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测，满足工作场所日常监测要求。	0.8
污染防治措	废气：本项目通过装置顶部轴流风机、开关装置工件门进行通风换气，能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求。同时通过房间门窗、排风扇进行排风换气，将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外。臭氧在常温常压下稳定性较差，可自行分解	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/

施	为氧气。臭氧和氮氧化物对周围环境空气影响较小。		
	废水：本项目产生的生活污水经厂区污水管网接管至空港污水处理厂处理。	本项目产生的生活污水及生活垃圾能够妥善处理，对周围环境影响较小。	/
	一般固废：本项目产生的生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运。		/
辐射安全管理	制定辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责。	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定安全管理机构。	/
	管理制度：制定操作规程、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、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备2名辐射工作人员，通过辐射安全与防护考核（每5年重新参加考核）。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》，辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂量监测（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年）。	根据《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）辐射工作人员正常开展个人剂量检测，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。	每年投入
	职业健康体检：定期组织职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案（两次检查的时间间隔不应超过2年，必要时可增加临时性检查。）	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于健康管理的规定，对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查，建立职业健康监护档案。	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。