

核技术利用建设项目

江苏深蓝航天有限公司
新建 1 台 X 射线数字成像检测装置项目
环境影响报告表

江苏深蓝航天有限公司（盖章）

2026 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏深蓝航天有限公司 新建 1 台 X 射线数字成像检测装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：江苏深蓝航天有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：无锡市新吴区城南路 235 号

邮政编码：214000

联系人：

电子邮箱：/

联系电话：

目 录

表 1 项目基本概况	- 1 -
表 2 放射源	- 5 -
表 3 非密封放射性物质	- 5 -
表 4 射线装置	- 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
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	- 32 -
表 12 辐射安全管理	- 44 -
表 13 结论与建议	- 49 -
表 14 审批	- 54 -
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	- 55 -

附图：

附图 1 本项目地理位置图

附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境示意图

附图 3-1 本项目所在厂房平面布置图

附图 3-2 本项目所在车间平面布置图

附图 4 本项目 X 射线数字成像检测装置屏蔽设计图

附图 5 本项目与生态空间保护区域相对位置关系图

附图 6 本项目与生态环境重点管控单元相对位置关系图

附件：

附件 1 委托书

附件 2 射线装置使用承诺书

附件 3 X 射线检测设备设计参数说明

附件 4 营业执照

附件 5 厂房租赁合同

附件 6 江苏省投资项目备案证

附件 7 辐射环境现状检测报告及资质

附件 8 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书

表 1 项目基本概况

建设项目名称		新建 1 台 X 射线数字成像检测装置项目			
建设单位		江苏深蓝航天有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		无锡市新吴区龙山路 2-28-1403			
项目建设地点		无锡市新吴区城南路 235 号			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		120	项目环保投资（万元）	10	投资比例（环保投资/总投资） 8.3%
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（迁建）		占地面积（m ² ）	35
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	/				

1.项目概述

1.1 建设单位基本情况

江苏深蓝航天有限公司成立于 2016 年，注册地址位于无锡市新吴区龙山路 2-28-1403。公司主要经营范围包括许可项目：航天器及运载火箭制造；火箭发动机研发与制造；火箭发射设备研发和制造；航天设备制造；技术进出口（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准）。一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；卫星通信服务；卫星导航服务；通信设备制造；卫星移动通信终端销售（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

1.2 项目规模及任务由来

江苏深蓝航天有限公司现租赁无锡市高新产业地产有限公司位于无锡市新吴区城南路 235 号的厂房建设“江苏深蓝星云年产 3 发火箭、30 台火箭发动机项目”，厂房租赁合同见附件 5。公司已于 2025 年 3 月 26 日在无锡高新区（新吴区）数据局进行立项备案，备案证号为锡新数投备〔2025〕347 号，江苏省投资项目备案证见附件 6。

公司主要从事火箭发动机生产，火箭发动机在生产制造、质量检测环节对管路焊缝及内部缺陷、装配状态、清洁度等具有高精度、高可靠性的无损检测需求，为满足航天产品严苛质量标准、保障发动机管路在极端工况下安全可靠运行，江苏深蓝航天有限公司拟在 4 号车间新建 1 间 X 射线检测室，并拟购置 1 台 X 射线数字成像检测装置对发动机管路进行无损检测，发动机管路材质主要为不锈钢，工件重量约 0.1—1kg。本项目 X 射线数字成像检测装置型号为 UND160 型，采用分体式双焦点射线管，最大管电压为 160kV。该装置具备大小两个焦点，可根据工件特性按需选用：小焦点最大管电流为 5mA，对应最大功率 800W；大焦点最大管电流为 11.25mA，对应最大功率 1800W。公司拟将装置防护门朝向西南侧摆放在 X 射线检测室内，主射线朝东南侧照射，操作台拟设置于装置西侧。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人，本项目拟采取一班制工作制。本项目日检测 96 批次，每周检测 5 天，周检测 480 批次，每次检测曝光时间约 5min，则 X 射线数字成像检测装置周开机曝光时间约 40 小时，年工作 52 周，年开机曝光时间约 2080h。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1。

表 1-1 江苏深蓝航天有限公司本次评价核技术应用情况一览表

序号	射线装置名称、型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	环评情况	许可情况	备注
1	UND160 型 X 射线数字成像检测装置	1	160	5/11.25	II	X 射线检测室	本次环评	未许可	主射线朝东南照射；采用分体式双焦点射线管；功率为 800W/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》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》

等法律法规的规定，本项目使用 X 射线数字成像检测装置进行无损检测，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”，本项目应当编制环境影响报告表。受江苏深蓝航天有限公司委托，无锡市希悦林霞环保科技有限公司承担该项目的环评工作。无锡市希悦林霞环保科技有限公司通过资料调研、现场踏勘和评价分析，编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置使用承诺书见附件 2。

2. 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏深蓝航天有限公司位于无锡市新吴区城南路 235 号，本项目地理位置图见附图 1。公司东北侧为城南路，东南侧为雪梅路，西南侧依次为空地、京杭运河，西北侧为运广路。本项目厂区平面布置及周围环境示意图见附图 2。

本项目所在厂区内建设有一栋厂房，从东至西依次分隔为 1 号车间、2 号车间、3 号车间、4 号车间、5 号车间，厂房四周为厂区道路。本项目所在厂房平面布置图见附图 3-1。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建于 4 号车间北侧 X 射线检测室内，4 号车间为一层建筑。本项目拟建地所在 X 射线检测室东北侧依次为 3 号车间、2 号车间、1 号车间、厂区道路，东南侧依次为 4 号车间、厂区道路，西南侧依次为 4 号车间、5 号车间、厂区道路，西北侧依次为 4 号车间、厂区道路，上方无建筑，下方为土层。本项目所在车间平面布置图见附图 3-2。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目 X 射线数字成像检测装置 50m 范围内涉及 2 号车间（总装工位区）、3 号车间（走道、总装工位区）、4 号车间（清洗间、打磨间、走道、通道、筒段操作平台、真空干燥区）、5 号车间（液流库房区、车加工区、焊接/液压区、试验区、机加工区）、厂区道路。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测装置拟建地周围评价范围内的公众。

3. 实践正当性分析

本次 X 射线数字成像检测装置的建设将满足企业提供产品质量的需求，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，X 射线数字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，本项目 X 射线数字成像检测装置以最大功率运行时铅房四周、顶部、底部屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ

117-2022)的剂量率限值要求,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》(GB 18871-2002)“实践的正当性”的原则与要求。

4.原有核技术利用项目许可情况

本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

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)	年最大用 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 射线数字成像检测装置	II	1	UND160	160	5/11.25	工业探伤	X 射线检测室	主射线朝东南照射；采用分体式双焦点射线管；功率为 800W/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 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	通过通风孔排入 X 射线检测室，依托 X 射线检测室内通风系统排入 4 号车间，再通过车间内排风系统排入外环境。臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。
生活垃圾	固态	/	/	18kg	216kg	/	暂存	由公司统一收集后，交由城市环卫部门处理。
生活污水	液态	/	/	1.44m ³	17.28m ³	/	不暂存	进入城市污水管网。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》（2014 年修订版），国家主席令第 9 号公布，自 2015 年 1 月 1 日起施行</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正），中华人民共和国主席令第 24 号公布，自 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》，国家主席令第 6 号公布，自 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 年修订版），中华人民共和国 2020 年主席令第 43 号，2020 年 4 月 29 日修订，自 2020 年 9 月 1 日起施行</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修订版），国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订版），国务院令第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修订，国务院令第 709 号，自 2019 年 3 月 2 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，自 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，自 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》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行</p> <p>(10) 《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，自 2011 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(11) 《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，自 2006 年 9 月 26 日起施行</p> <p>(12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(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》，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) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(15) 《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》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行</p> <p>(16) 《江苏省辐射污染防治条例》(2018 年修订版)，江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，自 2018 年 5 月 1 日起施行</p> <p>(17) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日</p> <p>(18) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日</p> <p>(19) 《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》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日</p> <p>(20) 《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，2021 年 11 月 9 日</p> <p>(21) 《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域管理办法的通知》，苏政办规〔2026〕1 号，自 2026 年 3 月 1 日起施行</p> <p>(22) 《关于进一步加强生态保护红线监督管理的通知》，苏自然资函〔2023〕880 号，自 2023 年 10 月 10 日起施行</p> <p>(23) 《放射工作人员职业健康管理办法》，卫生部令第 55 号，自 2007 年 11 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) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022)</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)</p> <p>(5) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)</p> <p>(6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>(7) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)</p>

	<p>(8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》 (GBZ/T 250-2014) 及修改单</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ 128-2019)</p> <p>(10) 《放射工作人员健康要求及监护规范》 (GBZ 98-2020)</p>
其他	<p>附图：</p> <p>附图 1 本项目地理位置图</p> <p>附图 2 本项目厂区平面布置及周围环境示意图</p> <p>附图 3-1 本项目所在厂房平面布置图</p> <p>附图 3-2 本项目所在车间平面布置图</p> <p>附图 4 本项目 X 射线数字成像检测装置屏蔽设计图</p> <p>附图 5 本项目与生态空间保护区域相对位置关系图</p> <p>附图 6 本项目与生态环境重点管控单元相对位置关系图</p> <p>附件：</p> <p>附件 1 委托书</p> <p>附件 2 射线装置使用承诺书</p> <p>附件 3 X 射线检测设备设计参数说明</p> <p>附件 4 营业执照</p> <p>附件 5 厂房租赁合同</p> <p>附件 6 江苏省投资项目备案证</p> <p>附件 7 辐射环境现状检测报告及资质</p> <p>附件 8 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）中“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 X 射线数字成像检测装置铅房边界外 50m 区域，见附图 2。

保护目标

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》（苏政发〔2018〕74 号）和《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》（苏政发〔2020〕1 号），本项目评价范围内不涉及国家级生态保护红线区域、生态空间管控区域，本项目与生态空间保护区域相对位置关系图见附图 5。对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。根据江苏省生态环境分区管控综合查询报告书，本项目地块涉及重点管控单元无锡市新吴区旺庄街道工业集中区，项目选址符合生态环境分区管控的要求。

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。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目 X 射线数字成像检测装置 50m 范围内涉及 2 号车间（总装工位区）、3 号车间（走道、总装工位区）、4 号车间（清洗间、打磨间、走道、通道、筒段操作平台、真空干燥区）、5 号车间（液流库房区、车加工区、焊接/液压区、试验区、机加工区）、厂区道路。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测装置拟建地周围评价范围内的公众。

表 7-1 本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地评价范围内保护目标情况一览表

保护目标类型	保护目标	方位	最近距离	规模	年剂量约束值 (mSv/a)
辐射工作人员					
公众					

--	--

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》（GB 18871-2002）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	实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： 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

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“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/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。”的要求，确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB

18871-2002) 中职业人员年剂量限值的 1/4, 即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv/a;

(2) 公众年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 中公众照射剂量限值的 10%, 即公众年剂量约束值不大于 0.1mSv/a。

3. 辐射剂量率控制水平

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;

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

确定本项目关注点剂量率参考控制水平:

(1) 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。

(2) 本项目 X 射线数字成像检测装置铅房屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

(3) 本项目 X 射线数字成像检测装置铅房顶部外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平取 100 μ Sv/h (铅房顶部无人员到达, 未有建筑物处于自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内)。

4. 辐射环境质量现状检测评价参考值

参考《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) 确定本项目拟建地的辐射环境质量现状检测评价参考值如下:

表 7-3 江苏省环境天然 γ 辐射水平 (单位: nGy/h)

/	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
---------	-----	------	------

注：[1]测量值已扣除宇宙射线响应值。宇宙射线响应的扣除方法采用文献（全国环境天然放射性水平调查总结报告编写小组（支仲骥执笔）。全国环境天然贯穿辐射水平调查研究（1983—1990年）。辐射防护，1992.12（2）：96）中的方法。

[2]现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。

5.参考资料

- (1)《辐射防护导论》，方杰主编，辐射防护导论[M].北京：原子能出版社，1991。

表 8 环境质量和辐射现状

1.项目地理和场所位置

江苏深蓝航天有限公司位于无锡市新吴区城南路 235 号，本项目地理位置图见附图 1。公司东北侧为城南路，东南侧为雪梅路，西南侧依次为空地、京杭运河，西北侧为运广路。本项目厂区平面布置及周围环境示意图见附图 2。

本项目所在厂区内建设有一栋厂房，从东至西依次分隔为 1 号车间、2 号车间、3 号车间、4 号车间、5 号车间，厂房四周为厂区道路。本项目所在厂房平面布置图见附图 3-1。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建于 4 号车间北侧 X 射线检测室内，4 号车间为一层建筑。本项目拟建地所在 X 射线检测室东北侧依次为 3 号车间、2 号车间、1 号车间、厂区道路，东南侧依次为 4 号车间、厂区道路，西南侧依次为 4 号车间、5 号车间、厂区道路，西北侧依次为 4 号车间、厂区道路，上方无建筑，下方为土层。本项目所在车间平面布置图见附图 3-2。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目 X 射线数字成像检测装置 50m 范围内涉及 2 号车间（总装工位区）、3 号车间（走道、总装工位区）、4 号车间（清洗间、打磨间、走道、通道、筒段操作平台、真空干燥区）、5 号车间（液流库房区、车加工区、焊接/液压区、试验区、机加工区）、厂区道路。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线数字成像检测装置拟建地周围评价范围内的公众。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围环境现状见图 8-1。



图 8-1 本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围环境现状照片

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 射线数字成像检测装置拟建地及周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在 X 射线数字成像检测装置拟建地及周围布置监测点位，共计 5 个监测点位

3.监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 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》（HJ 1157-2021）在 X 射线数字成像检测装置拟建地及周围布设监测点位，测量 X 射线数字成像检测装置拟建地周围环境 γ 辐射剂量率。

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司

检测仪器：FH40G/FHZ672E-10 型X- γ 剂量率仪（仪器编号：1026，检定有效期：2025.10.28~2026.10.27，检测范围：1nSv/h-100 μ Sv/h）

检测环境：天气：晴，T：18.8 $^{\circ}$ C，RH：48.2%

检测项目：X- γ 周围剂量当量率

检测布点：在 X 射线数字成像检测装置拟建地及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2026 年 3 月 20 日

检测方法：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 10s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021），本项目空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 HJ 1157-2021 中 5.5，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy。

3.2 质量保证措施

检测单位：常州环宇信科环境检测有限公司，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；

检测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点；

检测过程质量控制质量保证：本项目检测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；

检测人员、检测仪器及检测结果质量保证：检测人员均经过考核并持有检测上岗证，检测仪器经过计量部门检定，并在有效期内，检测报告实行三级审核。

3.3 监测结果

评价方法：对照江苏省环境天然 γ 辐射水平调查结果进行评价，检测结果见表 8-1，检测报告见附件 7。

表 8-1 本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围 γ 辐射水平测量结果

测点编号	测点位置描述	检测结果 (nGy/h)	备注
1	本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地	49.1	室内(平房)
2	本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地东北侧 3 号车间走道	50.8	室内(平房)
3	本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地东南侧 4 号车间通道	50.4	室内(平房)
4	本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地西南侧 4 号车间走道	52.0	室内(平房)
5	本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地西北侧 4 号车间清洗间	57.7	室内(平房)

注：1.测量数据已扣除检测仪器对宇宙射线辐射的响应值（仪器的宇宙响应值为 10.4nGy/h）；
2.建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子（平房）为 0.9。

图 8-2 本项目拟建地周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

4.环境现状调查结果评价

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目拟建地周围环境 γ 辐射水平监测点位 1、监测点位 3 环境 γ 辐射剂量率在（49.1~50.4）nGy/h 范围内，因车间内空间布局较为空旷开阔、地面光滑、设备未进场等原因测值微微低于江苏省室内天然 γ 辐射水平；监测点位 2、监测点位 4~5 环境 γ 辐射剂量率在（50.8~57.7）nGy/h 范围内，处于江苏省室内天然 γ 辐射剂量率水平测量范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备与工艺分析

1.工程设备

江苏深蓝航天有限公司拟在 4 号车间新建 1 间 X 射线检测室，并拟购置 1 台 X 射线数字成像检测装置对发动机管路进行无损检测，发动机管路材质主要为不锈钢，工件重量约 0.1—1kg。本项目 X 射线数字成像检测装置型号为 UND160 型，采用分体式双焦点射线管，最大管电压为 160kV。该装置具备大小两个焦点，可根据工件特性按需选用：小焦点最大管电流为 5mA，对应最大功率 800W；大焦点最大管电流为 11.25mA，对应最大功率 1800W。

本项目 X 射线数字成像检测装置主要由检测铅房、操作台、X 射线管、高压发生器、平板探测器、便携式检测驾车、检测工装、旋转载物台等组成，其中装置外壳尺寸为 4003mm（长）×3400mm（宽）×3400mm（高），检测铅房内净尺寸为 3796mm（长）×3042mm（宽）×3105mm（高），铅房采用钢—铅—钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽。铅房四周、顶部、底部屏蔽体为 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板；防护门位于西南侧，防护门为 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板，防护门为电动双开门，辐射工作人员可通过打开防护门进入铅房内部进行工件摆放。公司拟将装置防护门朝向西南侧摆放在 X 射线检测室内，主射线朝东南侧照射，操作台拟设置于装置西侧。

本项目 UND160 型 X 射线数字成像检测装置 X 射线管出束角度为 20°，X 射线管可在水平和垂直方向移动，X 射线管及平板探测器可在垂直方向同步进行±15°偏转。本项目 X 射线管距离东北侧（后面）屏蔽体外表面最近为 600mm，距离东南侧（右侧）屏蔽体外表面最近为 1835mm，距离西南侧（前面）屏蔽体外表面最近为 720mm，距离西北侧（左侧）屏蔽体外表面最近为 1240mm，距离顶部屏蔽体外表面最近为 1293mm，距离底部屏蔽体外表面最近为 462mm。

本项目 X 射线数字成像检测装置结构图见图 9-1。

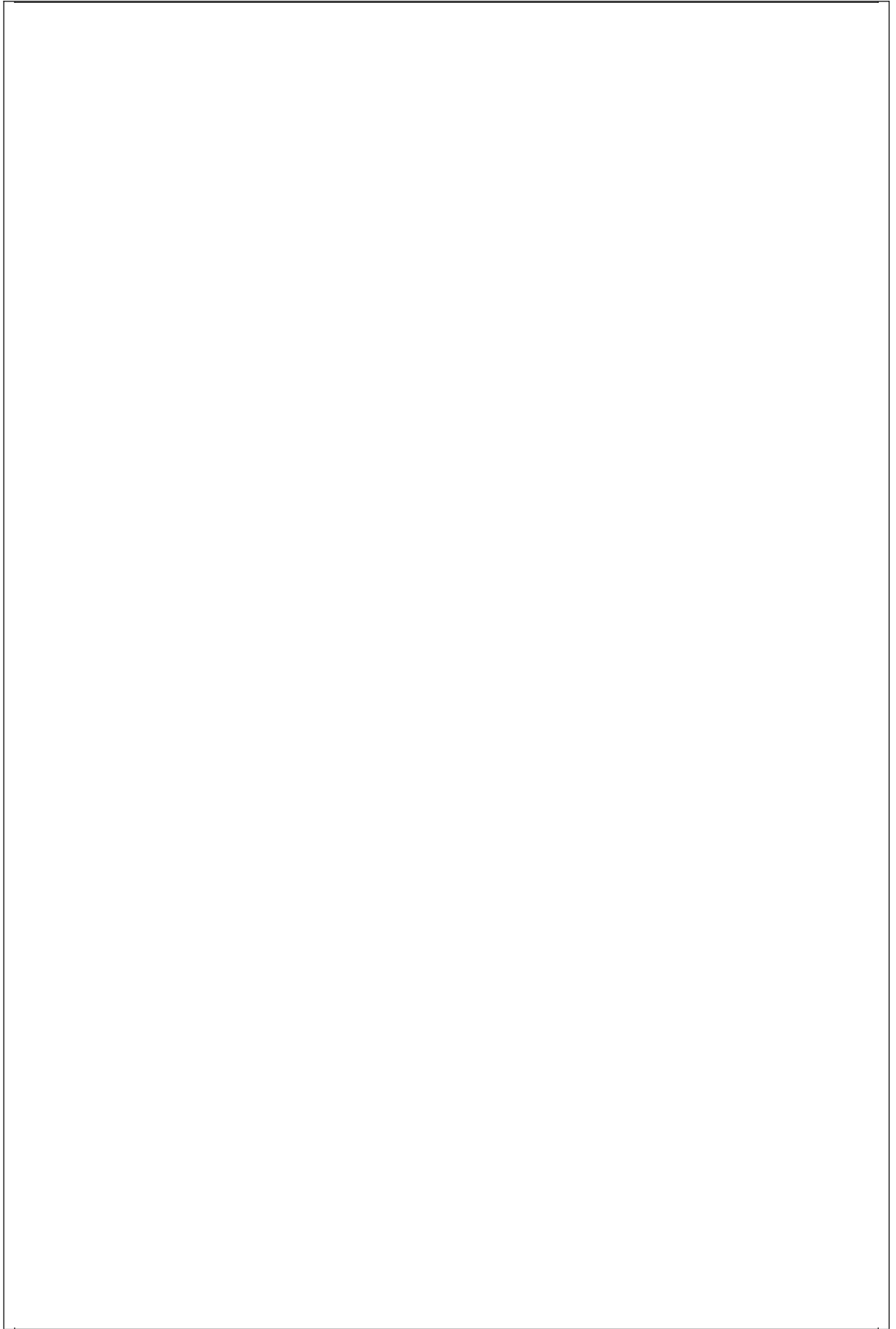


图 9-1 本项目 X 射线数字成像检测装置结构图

2.工作原理

2.1X 射线产生原理

X 射线数字成像检测装置核心部件是 X 射线管。它是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生 X 射线。常见典型的 X 射线管结构图见图 9-2。

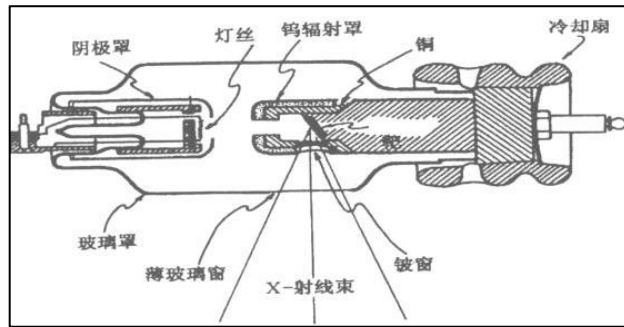


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

2.2X 射线数字成像检测装置工作原理

X 射线数字成像基本原理是 X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿透金属材料后被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信号转换为光学图像；用高清晰度电视摄像机摄取光学图像，输入计算机进行 A/D 转换，转换为数字图像，经计算机处理后，还原在显示器屏幕上显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，再根据图像的灰度对检测结果进行缺陷等级评定，从而达到检测的目的。X 射线数字成像检测设备工作原理示意图见图 9-3。

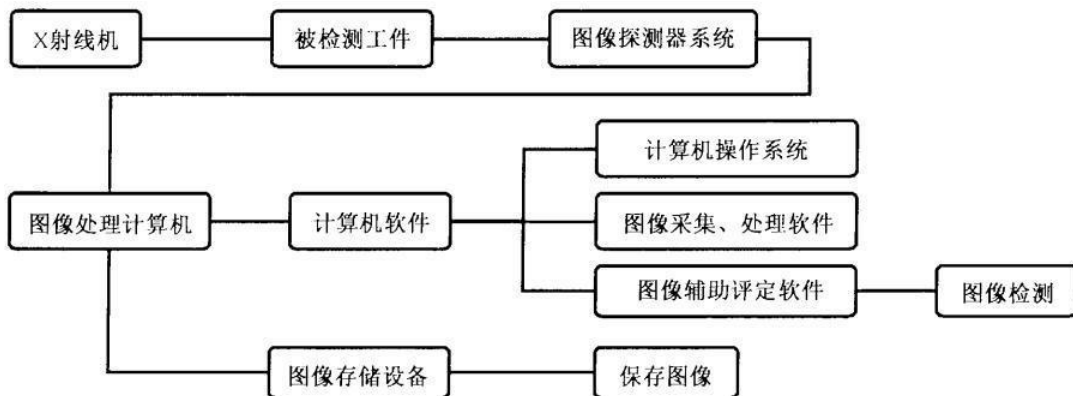


图 9-3 X 射线数字成像检测装置工作原理图

3.工艺流程及产污环节

本项目 X 射线数字成像检测装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置铅房内，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，其工作流程如下：

- (1) 辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；
- (2) 确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员启动检测系统，控制 X 射线数字成像检测装置，打开防护门；

(3) 辐射工作人员将工件送入铅房内检测工装或旋转载物台上（辐射工作人员仅需要通过手臂将工件摆放至旋转载物台上，将工件手动固定在检测工装上时辐射工作人员身体需完全进入铅房内部），将工件和便携式驾车调整到合适位置；

(4) 确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭防护门；

(5) 辐射工作人员在操作台处控制检测系统，根据工件特性按需选取大小焦点；

分体式双焦点射线管工作原理：该射线管阴极、阳极组件采用物理分离、独立密闭封装结构，阴极内部设置两组独立灯丝及双聚焦调控系统，不可同时出束，可通过电控系统快速切换大小两种工作焦点。小焦点模式功率较低、成像分辨率高，适用于工件微小精密缺陷检测，大焦点模式输出功率大、射线穿透能力强，可满足厚壁工件批量检测需求。该类型射线管为定向窄束出束，本体自带局部屏蔽，侧向散射线与漏射线产出量更低、辐射源发散范围更小。

(6) 加高压、打开 X 射线出束开关，开始检测；装置利用便携式驾车调整射线管的位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受 X 射线照射后的图像。检测期间 X 射线管发出 X 射线，X 射线电离铅房中的空气产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

(7) 曝光结束，关闭 X 射线；

(8) 辐射工作人员开启防护门，移出工件，关闭防护门；

(9) 辐射工作人员通过操作台处的显像器对图像进行分析，判断工件质量、缺陷等；

(10) 装置关机。

本项目 X 射线数字成像检测装置工作流程及产污环节如下图所示：

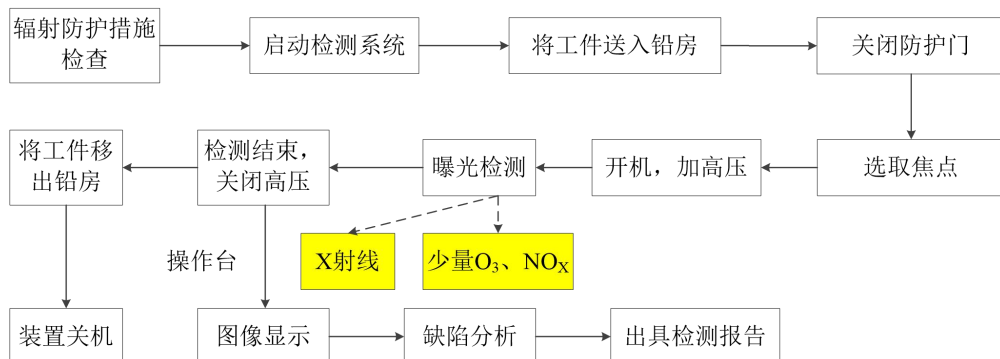


图 9-4 X 射线数字成像检测装置工作流程及产污环节示意图

4.工件信息

本项目 X 射线数字成像检测装置检测的工件主要为发动机管路，工件材质主要为不锈钢，工件重量约 0.1—1kg。本项目工件示意图见图 9-5。

图 9-5 本项目工件示意图

5.人员配置及工作制度

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人，本项目拟采取一班制工作制。本项目装置周开机曝光时间约 40 小时，年工作 52 周，年开机曝光时间约 2080h。

污染源项描述

1.放射性污染源分析

由 X 射线数字成像检测装置的工作原理可知，X 射线是随装置的开、关而产生和消失。因此，正常工况时，在开机曝光期间，放射性污染物为 X 射线及其散射线、漏射线。本项目无损检测期间 X 射线是主要污染物。本项目 X 射线辐射类型主要分为以下三类：

有用线束辐射：X 射线管发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。本项目配备的 X 射线数字成像检测装置的最大管电压为 160kV，滤过条件 2mm 铝，根据本项目设备厂家提供的设备参数说明（详见附件 3），距射线辐射源点（靶点）1m 处的有用线束辐射输出量为 $20.38\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ 。

漏射线辐射：由辐射源点在各个方向上从屏蔽装置中泄漏出来的射线称为漏射线。本项目配备的 X 射线数字成像检测装置的最大管电压为 160kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1， $150\text{kV}\leq\text{X 射线管电压}\leq 200\text{kV}$ 的 X 射线管辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $2.5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），X 射线经检测工件 90° 散射后，散射线能量和辐射剂量率远小于主射线能量和辐射剂量率。本项目 160kV 的 X 射线 90° 散射辐射最高能量相应的 kV 值为 150kV。

详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线数字成像检测装置参数一览表

2.非放射性污染源分析

X 射线数字成像检测装置在开展无损检测时，X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，本项目 X 射线数字成像检测装置位于 4 号车间 X 射线检测室内，铅房设有通风装置，打开换气装置可将铅房内的少量废气通过通风孔排放至大气环境中，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中会产生生活污水和生活垃圾。

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 射线数字成像检测装置设计有铅房、操作台、高压小车、电控柜，操作台与铅房分开独立设置，操作台位于装置铅房西侧，X 射线管主射线固定朝东南侧照射，主射线照射范围为东南侧、底部（靠东南侧 745mm 范围）、东北侧（靠东南侧 473mm 范围）、西南侧（靠东南侧 190mm 范围）屏蔽体，操作台已避开主射线照射范围，本项目 X 射线数字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。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地位于 4 号车间拟新建的 X 射线检测室内，X 射线检测室拟设有门禁系统，除本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他人员不得擅自靠近或进入 X 射线检测室。本项目 X 射线数字成像检测装置工作场所布局设计基本合理。

本项目拟将 X 射线数字成像检测装置铅房边界作为本项目的控制区边界，在装置防护门上明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将 X 射线检测室边界作为本项目的监督区边界，在 X 射线检测室外墙设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，X 射线检测室入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及监督区标牌，仅辐射工作人员能够进入。本项目 X 射线数字成像检测装置控制区和监督区划分示意图见图 10-1。本项目辐射防护分区的划分符合《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。

图 10-1 本项目 X 射线数字成像检测装置控制区和监督区划分示意图

2.工作场所辐射屏蔽设计

本项目 UN160 型 X 射线数字成像检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽，装置外壳尺寸为 4003mm(长)×3400mm(宽)×3400mm(高)，检测铅房内净尺寸为 3796mm(长)×3042mm(宽)×3105mm(高)，铅房采用钢—铅—钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽。铅房四周、顶部、底部屏蔽体均为 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板；防护门所在面为西南侧，防护门为 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板，防护门为电动双开门。

本项目防护门尺寸为 1641mm(宽)×2607mm(高)，门洞尺寸为 1500mm(宽)×2500mm(高)，左右搭接 70.5mm，上下搭接 53.5mm，防护门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，防护门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目在铅房左后侧(西北侧)面板下方设置线缆孔，并在线缆孔处设置 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板结构铅防护罩进行屏蔽。

本项目在铅房顶后部设置 2 个Φ155mm 的通风孔，配有轴流风机，其风量为 330m³/h，并在通风孔洞口处设置 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板结构铅防护罩进行屏蔽。

本项目 X 射线数字成像检测装置屏蔽设计参数见表 10-1，设计图见附图 4。

表 10-1 本项目 X 射线数字成像检测装置屏蔽设计参数一览表

3.工作场所辐射安全和防护措施

为确保辐射安全，保障 X 射线数字成像检测装置安全运行，公司拟根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)设计相应的辐射安全装置和防护措施。

3.1 辐射防护措施

(1) X 射线数字成像检测装置的铅房防护门拟设置门—机联锁装置，只有当防护门完全关闭后 X 射线才能出束，意外打开时立即停止 X 射线照射，关上门不能自

动开始 X 射线照射。操作台处设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(2) X 射线数字成像检测装置的铅房内顶部及铅房外拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，并与 X 射线管联锁。X 射线数字成像检测装置工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号拟设置有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。

(3) 本项目 X 射线数字成像检测装置铅房内及铅房出入口均拟设置视频监控装置，控制室的操作台拟配备专用监视器，可监视铅房内情况。

(4) X 射线数字成像检测装置防护门上明显位置拟设置“当心电离辐射”的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逗留。

(5) 拟在操作台及铅房防护门处均设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。

(6) 铅房顶部后侧拟设置机械通风装置，排风口朝向 X 射线检测室顶部，非人员活动密集区。

(7) X 射线数字成像检测装置的铅房内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。

图 10-2 本项目 X 射线数字成像检测装置辐射安全与防护示意图

3.2 操作防护措施

(1) 辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中 5.1.2 要求对本项目 X 射线数字成像检测装置进行检查, 重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等防护安全措施是否运行正常。

(2) 辐射工作人员在进入铅房时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还拟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, 辐射工作人员立即退出铅房, 同时防止其他人进入铅房, 并立即向辐射防护负责人报告。

(3) 辐射工作人员拟定期测量 X 射线数字成像检测装置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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。

(4) 当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。

(5) 辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。

(6) 在每一次照射前，操作人员都应确认铅房内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，才能开始检测工作。

(5) 公司拟对使用的 X 射线数字成像检测装置维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。

3.3 探伤设备退役措施

本项目射线装置不再使用时，拟根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)

6.3 要求实施退役：

(1) X 射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

(2) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

(3) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

(4) 对退役场所及相关物品进行全面的辐射监测，以确认现场没有留下放射源，并确认污染状况。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废治理

本项目的 X 射线数字成像检测装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)，少量臭氧和氮氧化物可通过通风孔排入 X 射线检测室，依托 X 射线检测室内通风系统排入 4 号车间，再通过车间内排风系统排入外环境。本项目装置铅房体积约为 $36m^3$ ，通风装置的通风量设置为 $330m^3/h$ ，可对铅房内进行换气约 9 次/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线数字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区内部，设备安装组装噪声远远小于厂区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区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

(3) 废水：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，进入公司污水管道，最终进入城市污水管网，对周围环境影响较小。

该单位在施工及设备安装阶段计划采取上述污染防治措施，将建设阶段的影响控制在公司局部区域，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

辐射环境影响分析

本项目 X 射线数字成像检测装置型号为 UND160 型，采用分体式双焦点射线管，最大管电压为 160kV。该装置具备大小两个焦点，可根据工件特性按需选用：小焦点最大管电流为 5mA，对应最大功率 800W；大焦点最大管电流为 11.25mA，对应最大功率 1800W。本次评价选取装置在最大管电压（160kV）且满功率运行时的工况，即采用大焦点、管电流 11.25mA 的状态进行保守预测。

公司拟将装置防护门朝向西南侧摆放在 X 射线检测室内，主射线朝东南侧照射，操作台拟设置于装置西侧，主射线能够照射到检测铅房东南侧、底部（靠东南侧 745mm 范围）、东北侧（靠东南侧 473mm 范围）、西南侧（靠东南侧 190mm 范围）屏蔽体，故计算时保守将检测铅房东南侧（右侧）、东北侧（后面）、西南侧（前面，含防护门）、底部屏蔽体按照有用线束照射进行预测计算，将检测铅房西北侧（左侧，含线缆孔）、顶部（含通风孔）屏蔽体按照非有用线束照射进行预测计算。本项目 X 射线数字成像检测装置投入运行后周开机曝光时间约 40 小时，年工作 52 周，年开机曝光

时间约 2080h。

本项目 UND160 型 X 射线数字成像检测装置 X 射线管出束角度为 20° ，X 射线管可在水平和垂直方向移动，X 射线管及平板探测器可在垂直方向同步进行 $\pm 15^{\circ}$ 偏转。本项目保守以移动至距离铅房四周、顶部、底部最近的位置估算四周、顶部、底部屏蔽体外剂量率，其中 X 射线管距离东北侧（后面）屏蔽体外表面最近为 600mm，距离东南侧（右侧）屏蔽体外表面最近为 1835mm，距离西南侧（前面）屏蔽体外表面最近为 720mm，距离西北侧（左侧）屏蔽体外表面最近为 1240mm，距离顶部屏蔽体外表面最近为 1293mm，距离底部屏蔽体外表面最近为 462mm。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。计算示意图见图 11-1、图 11-2。

图 11-1 本项目 X 射线数字成像检测装置计算示意图（单位：mm）

图 11-2 本项目 X 线数字成像检测装置计算示意图

1.理论预测公式

1.1 有用线束方向屏蔽效果预测公式

有用线束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：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots \dots \dots (11-1)$$

式中： \dot{H} ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I ：X 射线探伤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（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T

250-2014) 附录 B 中表 B.2, 得出对应的 TVL 值, 然后按公式 (11-2) 计算得出:

$$B=10^{-X/TVL}\dots\dots\dots (11-2)$$

式中: X : 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位;

TVL : 屏蔽材料的什值层厚度。

1.2 非有用线束屏蔽效果预测公式

非有用线束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) 中非有用线束屏蔽估算的计算公式:

① 泄漏辐射

$$\dot{H}=\frac{H_L \cdot B}{R^2}\dots\dots\dots (11-3)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

H_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的表 1;

R : 辐射源点(靶点)至关注点的距离, m;

B : 屏蔽透射因子, 取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 附录 B 中表 B.2, 得出对应的 TVL 值, 然后按公式 (11-2) 计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H}=\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}\dots\dots\dots (11-4)$$

式中: \dot{H} : 关注点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I : X 射线探伤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(靶点) 1m 处输出量, $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$;

B : 屏蔽透射因子, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中表 2 确定 90° 散射辐射的射线能量, 按公式 (11-2) 计算得出;

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。

1.3 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \cdots \cdots (11-5)$$

式中: H_c : 参考点的年剂量水平, mSv/a;

$\dot{H}_{c,d}$: 参考点处剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t : 探伤装置年照射时间, h/a;

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。

2. 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

本项目 UND160 型 X 射线数字成像检测装置有用线束方向屏蔽效果计算结果见下表。

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

本项目 UND160 型 X 射线数字成像检测装置非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测见下表。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，本项目 X 射线数字成像检测装置达到最大管电压且满功率运行时，铅房四周、顶部、底部屏蔽体外 30cm 处的最大辐射剂量率约为

0.551 μ Sv/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2022）的剂量率限值要求。

2.2 反散射辐射影响分析

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中 3.1.2b) 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。由 11-2 计算得出，铅房顶部屏蔽体外 30cm 处的最大辐射剂量率最大为 6.85E-05 μ Sv/h，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 6.85E-05 μ Sv/h；由 11-1 计算得出，铅房底部屏蔽体外 30cm 处的最大辐射剂量率最大为 0.551 μ Sv/h，经地面反散射到达装置表面外辐射剂量率远小于 0.551 μ Sv/h；二者保守叠加四周屏蔽体外的最大剂量率 0.395 μ Sv/h 后为 0.946 μ Sv/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

2.3 通风孔、线缆孔辐射防护评价

本项目 X 射线数字成像检测装置线缆孔、通风孔均采用外置迷宫铅防护罩，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射线缆孔、通风孔，X 射线进入线缆孔后散射示意图如图 11-3，进入通风孔后散射示意图如图 11-4。X 射线进入线缆孔及通风孔均需至少经过三次散射才能到达管道口。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 射线数字成像检测装置线缆孔、通风孔设计能够满足辐射防护要求。

图 11-3 线缆孔散射示意图

图 11-4 通风孔散射示意图

2.4 防护门缝隙处辐射防护评价

本项目防护门尺寸为 1641mm（宽）×2607mm（高），门洞尺寸为 1500mm（宽）×2500mm（高），上下搭接 53.5mm，左右搭接 70.5mm，防护门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，防护门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.5 有效剂量估算

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 X 射线数字成像检测装置铅房周围 50m 范围内其他人员。根据表 11-1、表 11-2 结果代入公式（11-5），对各参考点处最大辐射剂量率值进行周剂量估算及年剂量估算。

表 11-3 本项目 X 射线数字成像检测装置周围人员周受照有效剂量结果评价

从表 11-3 中预测结果可以看出，本项目 X 射线数字成像检测装置铅房周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 $12.296\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为 $1.599\mu\text{Sv}$ ，均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员周有效剂量不超过 $100\mu\text{Sv}$ ，公众周有效剂量不超过 $5\mu\text{Sv}$ 。

表 11-4 本项目 X 射线数字成像检测装置周围人员年受照有效剂量结果评价

从表 11-4 中预测结果可以看出，本项目 X 射线数字成像检测装置铅房周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.639mSv；公众年有效剂量最大值为 0.083mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目剂量约束值的要求：职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。

3.三废治理评价

本项目的 X 射线数字成像检测装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），少量臭氧和氮氧化物可通过通风孔排入 X 射线检测室，

依托 X 射线检测室内通风系统排入 4 号车间，再通过车间内排风系统排入外环境。本项目装置铅房体积约为 36m³，通风装置的通风量设置为 330m³/h，可对铅房内换气约 9 次/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

事故影响分析

1.潜在事故分析

本项目 X 射线数字成像检测装置为 II 类射线装置，II 类射线装置为中危险射线装置，发生辐射事故会使受照人员产生较严重的放射损伤。本项目主要事故风险为：

（1）由于铅房门机联锁失灵，在防护门未关闭的情况下即进行曝光操作，或在检测过程中，防护门被意外打开时，不能立刻停止出束，可能对工作人员和周围活动的人员造成不必要的照射。

（2）当工作人员开展 X 射线检测工作时，违反操作规程或误操作等，造成超剂量照射。

（3）由于防护门漏射线造成不必要的照射。

2.辐射事故预防措施

江苏深蓝航天有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识以及辐射安全意识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

（1）定期进行辐射防护设施的检测与维修，杜绝因设施问题造成人员误照射；

（2）严格按照相应规章制度与操作规范，在检测工作时，安排工作人员巡场；

（3）加强人员培训，定期组织工作人员内部学习与考核，强化人员素质，明确操作流程，尽可能降低因人员操作失误产生事故的可能性；

（4）定期对铅房周围环境进行监测，保证铅房周围环境辐射水平处于正常范围之内；

（5）辐射工作人员在工作时，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；

(6) 定期对防护门的防护效果、机械性能等进行检查，防止因防护门损坏造成射线泄漏。

3.辐射事故处置方法

本项目拟使用的 X 射线数字成像检测装置属于 II 类射线装置，其风险因子为 X 射线，按照《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》第四十条关于事故的分级原则现将本项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表 11-5 中。

表 11-5 射线装置的风险因子辐射伤害程度与事故分级

环境风险因子	潜在危害	事故等级
X 射线	射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射	一般辐射事故
	射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾	较大辐射事故
	射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾	重大辐射事故
	射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡	特别重大辐射事故

根据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 辐射工作人员应第一时间关停射线装置的高电压，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

(2) 立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

(3) 对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

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

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为 X 射线数字成像检测装置，属II类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，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 名具有本科及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，并以文件形式明确管理人员职责。辐射工作人员均应通过生态环境部组织的“X 射线探伤”类、辐射防护负责人应通过生态环境部组织的“辐射安全管理”类考核，通过考核后方可上岗。

江苏深蓝航天有限公司暂未成立辐射安全与环境保护管理机构，拟成立辐射防护管理领导小组，并拟指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作。公司拟根据本项目制定相关文件，明确与本项目相关的辐射安全与环境保护管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入公司的安全管理工作之中。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人，辐射工作人员和辐射防护负责人均拟通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射工作人员考核专业类别为“X 射线探伤”，辐射防护负责人考核专业类别为“辐射安全管理”，考核合格后方可上岗。

公司拟对辐射工作人员开展职业健康监护并建立职业健康档案，岗前职业健康体检合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

江苏深蓝航天有限公司首次开展核技术利用项目，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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用射线装置的单位要“有健全操作规程、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、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。

公司拟根据本项目的特点及以下内容建立相关制度。

1) 辐射安全管理机构：设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科及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，并以文件形式明确管理人员职责。

2) 操作规程：明确本项目辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具

体防护措施及步骤，重点是明确 X 射线数字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。

3) 岗位职责：明确管理人员、操作人员、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。

4) 辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定相应的辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线数字成像检测装置的运行和维修时辐射安全管理。定期检查辐射安全装置及检测仪器，确保辐射安全连锁装置、个人剂量报警仪、环境辐射剂量监测仪保持良好工作状态及有效性。

5) 设备检修维护制度：明确本项目 X 射线数字成像检测装置、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，并做好记录。确保 X 射线数字成像检测装置、辐射监测设备、报警装置及急停按钮、联动装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施保持良好工作状态。

6) 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。

7) 人员培训计划和健康管理制：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。公司拟对辐射工作人员开展职业健康监护，定期安排其在有相应资质单位进行职业健康体检，并建立职业健康档案。

8) 监测方案：为了确保II类射线装置的辐射安全，公司应制定监测方案，内容包括：

①明确监测项目和频次；

②明确选用的个人剂量报警仪及辐射环境巡测仪需按规定进行定期检定/校准，取得相应证书；使用前，应对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏、调零、电池、仪器对射线的响应等，以确保仪器的使用是有效的；

③辐射工作人员个人剂量监测数据应建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，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；

④对发生辐射事故处理进行全程监测；

⑤定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的单位进行监测，发现异常情况的，应当立即采取措施，并在1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；

⑥委托有资质监测单位对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度检测，每年1月31日前将年度评估报告上传至国家核技术利用申报系统，年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

9) 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》（环发〔2006〕145号文）、《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）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。

江苏深蓝航天有限公司应严格按照制度执行，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本项目 X 射线数字成像检测装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年 1 次；

2) 委托有资质单位对辐射工作人员开展个人剂量监测，个人剂量计定期（不超过 3 个月）送检，并建立个人剂量档案；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。

3) 本项目 X 射线数字成像检测装置在铅房内进行探伤作业时，公司辐射安全管理人员对铅房周围的辐射水平进行监测，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。

4) 拟为本项目配备辐射工作人员定期组织职业健康体检，并为辐射工作人员建

立职业健康监护档案。

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	监测方式	监测周期	监测点位
X 射线数字成像检测装置	周围剂量当量率	验收监测，委托有资质的单位进行	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 射线数字成像检测装置防护门表面外 30cm 离地面高度为 1m 处，左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； ③X 射线数字成像检测装置表面外 30cm 离地面高度为 1m 处，每面至少测 3 个点； ④人员经常活动的位置； ⑤每次出束结束后，检查 X 射线数字成像检测装置防护门口，以确保射线装置已经停止工作； ⑥其他保护目标处。
		工作场所年度监测，委托有资质的单位进行	每年一次	
		定期自行开展辐射监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量	委托有资质的单位进行	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》（GBZ 117-2022）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；公司拟配备 1 台便携式 X-γ 剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪，拟定期对辐射监测仪器开展检定/校准工作。项目运行后公司应定期对 X 射线数字成像检测装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

辐射事故应急

江苏深蓝航天有限公司应依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求制定辐射事故应急预案，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。

江苏深蓝航天有限公司应依据《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》（环发〔2006〕145号文）、《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。

江苏深蓝航天有限公司在项目运行后应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目X射线数字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 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

江苏深蓝航天有限公司位于无锡市新吴区城南路 235 号。公司东北侧为城南路，东南侧为雪梅路，西南侧依次为空地、京杭运河，西北侧为运广路。

本项目所在厂区内建设有一栋厂房，从东至西依次分隔为 1 号车间、2 号车间、3 号车间、4 号车间、5 号车间，厂房四周为厂区道路。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建于 4 号车间北侧 X 射线检测室内，4 号车间为一层建筑。本项目拟建地所在 X 射线检测室东北侧依次为 3 号车间、2 号车间、1 号车间、厂区道路，东南侧依次为 4 号车间、厂区道路，西南侧依次为 4 号车间、5 号车间、厂区道路，西北侧依次为 4 号车间、厂区道路，上方无建筑，下方为土层。

本项目 X 射线数字成像检测装置拟建地周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将 X 射线数字成像检测装置铅房边界作为本项目的控制区边界，在装置防护门上明显位置设置电离辐射警告标志及中文警示说明，工作时任何人不得进入；拟将 X 射线检测室边界作为本项目的监督区边界，在 X 射线检测室外墙设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，X 射线检测室入口悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及监督区标牌，仅辐射工作人员能够进入。本项目辐射防护分区的划分符合《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。

1.3 实践正当性

本次 X 射线数字成像检测装置的建设将满足企业提供产品质量的需求，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，X 射线数字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，本项目 X 射线数字成像检测装置以最大功率运行时铅房四周、顶部、底部屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的剂量

率限值要求，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）“实践的正当性”的原则与要求。

1.4辐射安全措施

本项目X射线数字成像检测装置的铅房防护门拟设置门—机联锁装置，只有当防护门完全关闭后X射线才能出束，意外打开时立即停止X射线照射，关上门不能自动开始X射线照射。操作台处设置钥匙开关，只有在打开操作台钥匙开关后，X射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。X射线数字成像检测装置的铅房内顶部及铅房外拟设置工作状态指示灯和声音提示装置，并与X射线管联锁。X射线数字成像检测装置工作时，警示灯开启，警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号拟设置有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。本项目X射线数字成像检测装置铅房内及铅房出入口均拟设置视频监控装置，控制室的操作台拟配备专用监视器，可监视铅房内情况。X射线数字成像检测装置防护门上明显位置拟设置“当心电离辐射”的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逗留。拟在操作台及铅房防护门处均设置急停按钮，按钮带有标签，标明使用方法。铅房顶部后侧拟设置机械通风装置，排风口朝向X射线检测室顶部，非人员活动密集区。X射线数字成像检测装置的铅房内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中5.1.2要求对本项目X射线数字成像检测装置进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等防护安全措施是否运行正常。辐射工作人员在进入铅房时，除佩戴常规个人剂量计外，还拟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，辐射工作人员立即退出铅房，同时防止其他人进入铅房，并立即向辐射防护负责人报告。辐射工作人员拟定期测量X射线数字成像检测装置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，应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。当班使用便携式X- γ 剂量率仪前，拟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，则不应开始检测工作。辐射工作人员拟正

确使用配备的辐射防护装置，把潜在的辐射降到最低。在每一次照射前，操作人员都应确认铅房内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，才能开始检测工作。公司拟对使用的X射线数字成像检测装置维护负责，每年至少维护一次，设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行，并做好设备维护记录。本项目射线装置不再使用时，拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）6.3要求实施退役。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

1.5辐射安全管理

江苏深蓝航天有限公司暂未成立辐射安全与环境保护管理机构，拟成立辐射防护管理领导小组，并拟指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作。公司拟根据本项目制定相关文件，明确与本项目相关的辐射安全与环境保护管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入公司的安全管理工作之中。

公司拟为本项目配备2名辐射工作人员和1名辐射防护负责人，辐射工作人员和辐射防护负责人均拟通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，辐射工作人员考核专业类别为“X射线探伤”，辐射防护负责人考核专业类别为“辐射安全管理”，考核合格后方可上岗。

公司拟对辐射工作人员开展职业健康监护并建立职业健康档案，岗前职业健康体检合格后方可上岗。

公司拟配备1台便携式X- γ 剂量率仪和2台个人剂量报警仪，拟定期对辐射监测仪器开展检定/校准工作，能够满足审管部门关于仪器配备的要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

2辐射环境影响分析结论

2.1辐射防护影响预测

本项目UND160型X射线数字成像检测装置采用铅房对X射线进行屏蔽。根据理论预测结果，本项目X射线数字成像检测装置达到最大管电压且满功率运行时铅房四周、顶部、底部屏蔽体外30cm处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的剂量率限值要求。

2.2保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目X射线数字成像检测装置达到最大管电压且满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和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》（GBZ 117-2022）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）。

2.3三废处理处置

本项目无放射性三废产生。本项目的 X 射线数字成像检测装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），少量臭氧和氮氧化物可通过通风孔排入 X 射线检测室，依托 X 射线检测室内通风系统排入 4 号车间，再通过车间内排风系统排入外环境。本项目装置铅房体积约为 36m³，通风装置的通风量设置为 330m³/h，可对铅房内进行换气约 9 次/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2022）中探伤室每小时有效通风换气次数不小于 3 次的要求。臭氧常温下 50min 可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水将进入城市污水管网，一般生活垃圾收集后将交由城市环卫部门处理，对周围环境影响较小。

3可行性分析

综上所述，江苏深蓝航天有限公司新建1台X射线数字成像检测装置项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，该公司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，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

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，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项目建成后根据《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。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

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》编制自评估报告，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估，自评估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

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	投资 (万元)
辐射安全管理	公司暂未成立辐射安全与环境保护管理机构,拟成立辐射防护管理领导小组,并拟指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作。公司拟根据本项目制定相关文件,明确与本项目相关的辐射安全与环境保护管理人员及其职责,将该项目辐射安全管理纳入公司的安全管理工作之中。	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》成立安全管理机构。	/
	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、射线装置使用登记、台账管理制度、人员培训计划和健康管理制、监测方案、事故应急预案等。		/
	2名辐射工作人员和1名辐射防护负责人上岗前应通过辐射安全与防护知识考核。	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》,公司内2名辐射工作人员和1名辐射防护负责人应持有考核合格证。	定期投入 (每5年)
	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。个人剂量档案终生保存)。	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《放射工作人员职业健康管理办法》,个人剂量档案应长期保存。	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《放射工作人员职业健康管理办法》公司应定期组织职业健康体检并建立辐射工作人员职业健康监护档案。	每年投入
辐射安全和防护措施	<p>本项目UND160型X射线数字成像检测装置采用铅房对X射线进行屏蔽,装置外壳尺寸为4003mm(长)×3400mm(宽)×3400mm(高),检测铅房内净尺寸为3796mm(长)×3042mm(宽)×3105mm(高),铅房采用钢-铅-钢的防护设计对X射线进行屏蔽。铅房四周、顶部、底部屏蔽体均为3mm钢板+8mmPb+3mm钢板;防护门所在面为西南侧,防护门为3mm钢板+8mmPb+3mm钢板,防护门为电动双开门。</p> <p>本项目防护门尺寸为1641mm(宽)×2607mm(高),门洞尺寸为1500mm(宽)×2500mm(高),左右搭接70.5mm,上下搭接53.5mm,防护门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过2mm,防护门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的10倍。</p>	X射线数字成像检测装置四周的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”要求。	5

<p>本项目在铅房左后侧(西北侧)面板下方设置线缆孔,并在线缆孔处设置 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板结构铅防护罩进行屏蔽。</p> <p>本项目在铅房顶后部设置 2 个Φ155mm 的通风孔,配有轴流风机,其风量为 330m³/h,并在通风孔洞口处设置 3mm 钢板+8mmPb+3mm 钢板结构铅防护罩进行屏蔽。</p>		
<p>公司拟配备 1 台便携式 X-γ剂量率仪和 2 台个人剂量报警仪,拟定期对辐射监测仪器开展检定/校准工作。</p>	<p>根据《辐射环境监测技术规范》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》满足工作场所日常监测要求。</p>	<p>1</p>
<p>本项目 X 射线数字成像检测装置的铅房防护门拟设置门—机联锁装置,只有当防护门完全关闭后 X 射线才能出束,意外打开时立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。操作台处设置钥匙开关,只有在打开操作台钥匙开关后,X 射线管才能出束;钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。X 射线数字成像检测装置的铅房内顶部及铅房外拟设置工作状态指示灯和声音提示装置,并与 X 射线管联锁。X 射线数字成像检测装置工作时,警示灯开启,警告无关人员勿靠近装置或在装置附近做不必要的逗留。“预备”信号和“照射”信号拟设置有明显的区别,并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目位置拟设置对“照射”和“预备”信号意义的说明。本项目 X 射线数字成像检测装置铅房内及铅房出入口均拟设置视频监控装置,控制室的操作台拟配备专用监视器,可监视铅房内情况。X 射线数字成像检测装置防护门上明显位置拟设置“当心电离辐射”的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逗留。拟在操作台及铅房防护门处均设置急停按钮,按钮带有标签,标明使用方法。铅房顶部后侧拟设置机械通风装置,排风口朝向 X 射线检测室顶部,非人员活动密集区。X 射线数字成像检测装置的铅房内拟配置固定式场所辐射探测报警装置。辐射工作人员在开展检测工作前拟按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中 5.1.2 要求对本项目 X 射线数字成像检测装置进行检查,重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等防护安全措施是否运行正常。辐射工作人员在进入铅房时,除佩戴常规个人剂量计外,还拟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</p>	<p>满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的相关要求。</p>	<p>4</p>

<p>时, 辐射工作人员立即退出铅房, 同时防止其他人进入铅房, 并立即向辐射防护负责人报告。辐射工作人员拟定期测量 X 射线数字成像检测装置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, 应终止检测工作并向辐射防护负责人报告。当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前, 拟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, 则不应开始检测工作。辐射工作人员拟正确使用配备的辐射防护装置, 把潜在的辐射降到最低。在每一次照射前, 操作人员都应确认铅房内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, 才能开始检测工作。公司拟对使用的 X 射线数字成像检测装置维护负责, 每年至少维护一次, 设备维护拟由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行, 并做好设备维护记录。本项目射线装置不再使用时, 拟根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 6.3 要求实施退役。</p>		
--	--	--

以上措施必须在项目运行前落实。