

核技术利用建设项目

无锡锦绣轮毂有限公司
迁建 2 台 X 射线实时成像检测装置项目
(重新报批)
环境影响报告表

无锡锦绣轮毂有限公司 (盖章)

2026 年 3 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

无锡锦绣轮毂有限公司
迁建 2 台 X 射线实时成像检测装置项目
(重新报批)
环境影响报告表

建设单位名称：无锡锦绣轮毂有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：江苏省无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号

邮政编码：214183

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	- 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	- 16 -
表 9 项目工程分析与源项	- 22 -
表 10 辐射安全与防护	- 31 -
表 11 环境影响分析	- 39 -
表 12 辐射安全管理	- 60 -
表 13 结论与建议	- 66 -
表 14 审批	- 70 -
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表	- 71 -

附图：

- 附图 1 本项目地理位置图
- 附图 2 本项目周围环境示意图及厂区平面布置图
- 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 射线实时成像检测装置辐射安全与防护示意图
- 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 本项目与生态环境分区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 营业执照
- 附件 4 厂房租赁协议
- 附件 5 辐射安全许可证正副本
- 附件 6 辐射工作人员成绩报告单、个人剂量监测报告及职业健康体检报告
- 附件 7 原有核技术利用项目环保及验收手续
- 附件 8 本项目射线装置屏蔽参数说明
- 附件 9 本项目拟建地及周围环境辐射水平检测报告及资质
- 附件 10 辐射安全许可证台账维护情况说明
- 附件 11 建设单位关于辐射安全与环境保护管理机构的决定文件
- 附件 12 公司 2024 年度防护检测报告及资质
- 附件 13 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		迁建 2 台 X 射线实时成像检测装置项目（重新报批）			
建设单位		无锡锦绣轮毂有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号			
项目建设地点		无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		20	项目环保投资（万元）	2.5	投资比例（环保投资/总投资）
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他（迁建）		占地面积（m ² ）	47
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其他	/				
<p>1.项目概述</p> <p>1.1 建设单位基本情况</p> <p>无锡锦绣轮毂有限公司成立于 1993 年 6 月 14 日，注册地位于无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号，法定代表人为张林生。公司租赁江苏锦绣铝业有限公司的闲置厂房进行生产，经营范围包括生产汽车轮毂及摩托车轮毂；自营和代理各类商品及技术的进出口业务（国家限定企业经营或禁止进出口的商品和技术除外）。</p> <p>1.2 项目规模及任务由来</p> <p>公司现有 2 台 X 射线实时成像检测装置分别于 2012 年 8 月 14 日和 2016 年 10 月 7 日取得环境影响报告表批复；2 台装置于 2016 年 12 月 15 日进行了验收（原有核技</p>					

术利用项目环保及验收手续见附件 7)。建设单位已取得辐射安全许可证,发证机关为无锡市生态环境局,证书编号为苏环辐证[B0631],种类和范围为“使用II类射线装置”,有效期至 2029 年 9 月 29 日,辐射安全许可证见附件 5。

因生产业务发展需要,无锡锦绣轮毂有限公司已于 2025 年 8 月从无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 1 号整体搬迁至无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号。公司现有 2 台 X 射线实时成像检测装置已随迁,原计划放置于新址热工车间,该项目已于 2025 年 6 月 19 日取得无锡市数据局出具的环境影响报告表批复(批复文号:锡数投许〔2025〕127 号,见附件 7)。

现因新址车间布局调整,该 2 台 X 射线实时成像检测装置由原计划迁建至热工车间并列摆放调整为分开摆放,2 台 X 射线实时成像检测装置计划分别摆放在热工车间的北侧和中间,距离约为 43 米,调整后评价范围内新增了环境保护目标。依据《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单(试行)>的通知》(环办辐射函〔2025〕313 号)相关规定中“调整辐射工作场所位置(含总平面布置变化)导致调整后评价范围内出现新的环境保护目标”的情形,属于核技术利用建设项目重大变动。根据《建设项目环境保护管理条例》,建设项目环境影响报告表经批准后,建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的,建设单位应当重新报批建设项目环境影响报告表。现 2 台 X 射线实时成像检测装置就地封存,待批复后使用。

公司现有 2 台 X 射线实时成像检测装置主要用于铝合金材质的轮毂无损检测,工件尺寸范围:直径 250mm~560mm,长度(高度)200mm~330mm,厚度 8mm~80mm。

公司配置 4 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人。因人员变动,现有 2 名探伤操作人员离职,公司新增 2 名操作人员,其中一名新补入人员李令江已完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格,另一名新补入人员须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后,方可正式上岗。在新补入人员考核合格并上岗前,为保障作业安全,两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行,须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。

每台 X 射线实时成像检测装置预计日曝光时间 4h,每周最大曝光不超过 24h,年工作 50 周,年曝光时间最大约为 1200h。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1。

表 1-1 无锡锦绣轮毂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	活动种类	备注
1	HS-XYD-160型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II	热工车间	使用	最大功率640W
2	HS-XYD-225型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II	热工车间	使用	最大功率640W

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 射线实时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”，本项目应编制环境影响报告表。受无锡锦绣轮毂有限公司委托，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、现场监测和评价分析，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

无锡锦绣轮毂有限公司位于无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号，本项目地理位置图见附图 1。本项目所在厂区东侧为前巷河；南侧为沪蓉高速；西侧为无锡天宝电机有限公司；北侧为锦祁路。本项目厂区平面布置及周围环境示意图见附图 2。

本项目所在厂房东侧隔厂区道路为江苏麟龙新材料股份有限公司、无锡豪鹰特种车辆有限公司；南侧隔厂区道路为建设单位库房；西侧隔厂区道路为无锡天宝电机有限公司；北侧为江苏锦绣铝业有限公司车间。

本项目迁建的 2 台 X 射线实时成像检测装置拟建址均位于热工车间内，热工车间为一层建筑。HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置拟建址东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方为土层。HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置拟建址位于架空二层平台，东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方仅管道检修时方会通人。本项目所在厂房及车间平面布置图见附图 3。

本项目 X 射线实时成像检测装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置 50m 范围内涉及无锡锦绣轮毂有限公

司（热工车间、机加车间）、厂区道路、江苏锦绣铝业有限公司、江苏麟龙新材料股份有限公司、无锡豪鹰特种车辆有限公司、无锡天宝电机有限公司；本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置 50m 范围内涉及无锡锦绣轮毂有限公司（热工车间、机加车间）、厂区道路、无锡豪鹰特种车辆有限公司、无锡天宝电机有限公司。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周围公众。

3.实践正当性分析

无锡锦绣轮毂有限公司使用 X 射线实时成像检测装置对公司生产的轮毂进行无损检测以控制产品质量。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，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，可将上述辐射影响尽可能降低。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。

4.原有核技术利用项目许可情况

4.1 辐射安全许可情况

无锡锦绣轮毂有限公司现已开展核技术利用项目，已取得辐射安全许可证（见附件 5），证书编号为苏环辐证[B0631]，种类和范围为“使用II类射线装置”，有效期至 2029 年 9 月 29 日，发证机关为无锡市生态环境局。原有核技术利用项目已履行相关环保手续（见附件 7）。公司原有核技术利用项目情况见表 1-2。

表 1-2 无锡锦绣轮毂有限公司原有核技术利用项目一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	场所名称	活动种类	环评情况及审批时间	许可情况	验收情况
1	HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II	铸造车间	使用	已取得环评批复 2012.8.14	已许可	已验收

2	HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II	铸造车间	使用	已取得环评批复 2016.10.7	已许可	已验收
3	HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II	拟迁至热工车间	使用	已取得环评批复 2025.6.19	未许可	未验收
4	HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置	1	160	4	II		使用		未许可	未验收

注：2024 年 11 月 2 日建设单位原 XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置射线管与高压发生器损坏，已返回厂家更换新的射线管和高压发生器，更换为最大管电压为 160kV，最大管电流为 4mA，并已进行台账维护，现该实时成像检测装置型号为 HS-XYD-225 型，最大管电压为 160kV，最大管电流为 4mA。情况说明见附件 10。

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 射线实时成像检测装置	II	1	HS-XYD-160 型	160	4	无损检测	热工车间	最大功率 640W
2	X 射线实时成像检测装置	II	1	HS-XYD-225 型	160	4	无损检测	热工车间	最大功率 640W

(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	直接排入大气，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	进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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

<p>法规 文件</p>	<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>(22) 《江苏省自然资源厅关于无锡市惠山区生态空间管控区域调整方案的复函》，苏自然资函〔2024〕905 号</p> <p>(21) 《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>(22) 《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>(23) 《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>(24) 《关于印发<核技术利用建设项目重大变动清单(试行)>的通知》，环办辐射函〔2025〕313 号</p> <p>(25) 《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 本项目周围环境示意图及厂区平面布置图</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 射线实时成像检测装置辐射安全与防护示意图</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 本项目与生态环境分区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 营业执照</p> <p>附件 4 厂房租赁协议</p> <p>附件 5 辐射安全许可证正副本</p> <p>附件 6 辐射工作人员成绩报告单、个人剂量监测报告及职业健康体检报告</p> <p>附件 7 原有核技术利用项目环保及验收手续</p> <p>附件 8 本项目射线装置屏蔽参数说明</p> <p>附件 9 本项目拟建地及周围环境辐射水平检测报告及资质</p> <p>附件 10 辐射安全许可证台账维护情况说明</p> <p>附件 11 建设单位关于辐射安全与环境保护管理机构的决定文件</p> <p>附件 12 公司 2024 年度防护检测报告及资质</p> <p>附件 13 江苏省生态环境分区管控综合查询报告</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目为迁建 2 台 X 射线实时成像检测装置项目，X 射线实时成像检测装置属于 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》（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。

保护目标

本项目位于无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号无锡锦绣轮毂有限公司厂房内，本项目迁建的 2 台 X 射线实时成像检测装置 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置、HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置拟建址均位于热工车间内。

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）、《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）和《江苏省自然资源厅关于无锡市惠山区生态空间管控区域调整方案的复函》（苏自然资函〔2024〕905 号），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 5。

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。

本项目利用 X 射线进行无损检测，占用资源少，不会降低评价范围内的水、气、土壤的环境功能类别和环境质量，符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单）相关要求。本项目 X 射线实时成像检测装置周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

- 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周围公众。

表 7-1 本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址评价范围内敏感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	年剂量约束值 (mSv/a)	
HS-XY D-160 型 X 射线实时成像检测装置	操作台	北侧	紧邻	2 人	辐射工作人员	5 (职业人员)	
	热工车间通道	东侧	约 1m	流动人员	公众	0.1 (公众)	
	热工车间其余区域		约 5m	约 5 人			
	厂区道路		约 25m	流动人员			
	无锡豪鹰特种车辆有限公司		约 40m	约 10 人			
	热工车间通道	南侧	约 1m	流动人员			
	热工车间其余区域		约 5m	约 5 人			
	厂区道路		约 46m	流动人员			
	热工车间通道	西侧	约 1m	流动人员			
	热工车间其余区域		约 5m	约 5 人			
	厂区道路		约 32m	流动人员			
	无锡天宝电机有限公司		约 40m	约 10 人			
	热工车间通道	北侧	约 1m	流动人员			
	热工车间其余区域		约 5m	约 5 人			
	机加车间		约 11m	约 10 人			
	HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置下方	下方	约 1m	2 人			
HS-XY D-225 型 X 射线实时成像检测装置	操作台	西南侧	紧邻	2 人			辐射工作人员
	热工车间通道	东侧	约 1m	流动人员	公众	0.1 (公众)	
	机加车间		约 2m	约 5 人			
	厂区道路		约 33m	流动人员			
	江苏麟龙新材料股份有限公司		约 47m	约 10 人			
	无锡豪鹰特种车辆有限公司		约 47m	约 10 人			
	热工车间通道	南侧	约 1m	流动人员			
	机加车间		约 2m	约 5 人			
	热工车间其余区域		约 33m	约 3 人			
	热工车间通道	西侧	约 1m	流动人员			
	热工车间其余区域		约 2m	约 2 人			
	机加车间		约 13m	约 2 人			

	厂区道路		约 26m	流动人员		
	无锡天宝电机有限公司		约 34m	约 10 人		
	热工车间通道	北侧	约 1m	流动人员		
	热工车间其余区域		约 2m	约 5 人		
	机加车间		约 6m	约 10 人		
	江苏锦绣铝业有限公司		约 37m	约 10 人		

注：①HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置下方仅管道检修时方会通人。

②HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置与 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置距离约为 43 米。

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》（GB18871-2002）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》（GB18871-2002）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》（GB18871-2002）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. 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；

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射线实时成像检测装置表面外（含顶部和底部）30cm处周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5 μ Sv/h。

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）确定本项目拟建址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

无锡锦绣轮毂有限公司位于无锡市惠山区玉祁街道锦祁路 19 号，本项目地理位置图见附图 1。本项目所在厂区东侧为前巷河；南侧为沪蓉高速；西侧为无锡天宝电机有限公司；北侧为锦祁路。本项目厂区平面布置及周围环境示意图见附图 2。

本项目所在厂房东侧隔厂区道路为江苏麟龙新材料股份有限公司、无锡豪鹰特种车辆有限公司；南侧隔厂区道路为建设单位库房；西侧隔厂区道路为无锡天宝电机有限公司；北侧为江苏锦绣铝业有限公司车间。

本项目迁建的 2 台 X 射线实时成像检测装置拟建址均位于热工车间内，热工车间为一层建筑。HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置拟建址东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方为土层。HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置拟建址位于架空二层平台，东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方仅管道检修时方会通人。本项目所在厂房及车间平面布置图见附图 3。本项目 X 射线实时成像检测装置周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标，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周围公众。

本项目 X 射线实时成像检测装置周围现状见图 8-1。

HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置



X 射线实时成像检测装置拟建址东侧热工车间



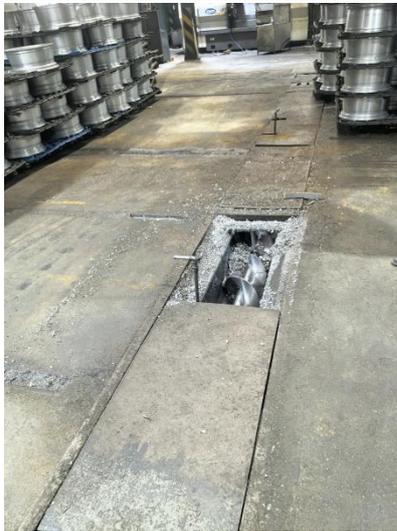
X 射线实时成像检测装置拟建址南侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址西侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址北侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址处（热工车间）

HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置



X 射线实时成像检测装置拟建址东侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址南侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址西侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址北侧热工车间



X 射线实时成像检测装置拟建址处（热工车间）

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 射线实时成像检测装置拟建址及周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在 2 座 X 射线实时成像检测装置拟建址及周围布置监测点位，共计 15 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。

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）

检测时间和环境：2026 年 1 月 15 日天气：晴，T：16.0°C，RH：43.6%

2026 年 3 月 11 日天气：晴，T：13.7°C，RH：42.1%

检测项目：X- γ 周围剂量当量率

检测布点：在 X 射线实时成像检测装置拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2 和图 8-3

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 和表 8-2，检测报告见附件 9。

表 8-1 本项目 X 射线实时成像检测装置拟建址周围 γ 辐射水平测量结果

序号	检测点位		检测结果（nGy/h）	备注
1	HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测	拟建地	21.4	室内（平房）
2		拟建地东侧	20.1	室内（平房）

3	装置	拟建地南侧	19.9	室内（平房）
4		拟建地西侧	22.7	室内（平房）
5		拟建地北侧	20.3	室内（平房）
6		拟建地下方	38.8	室内（平房）
7	HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测 装置	拟建地	32.8	室内（平房）
8		拟建地东侧	32.9	室内（平房）
9		拟建地南侧	27.0	室内（平房）
10		拟建地西侧	28.1	室内（平房）
11		拟建地北侧	22.5	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 11nGy/h）。

2.建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子：楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

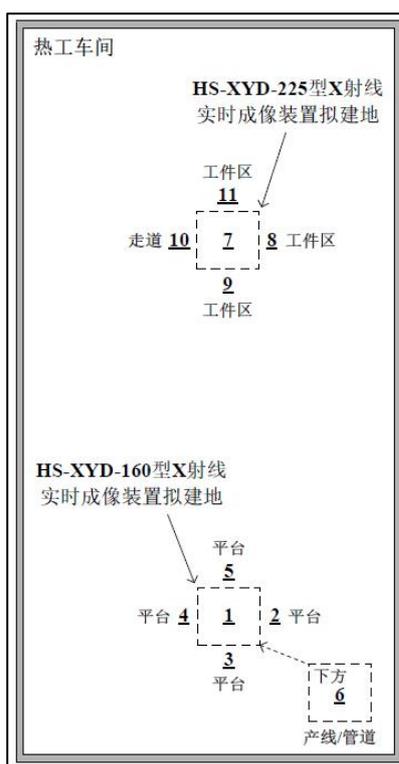


图 8-2 本项目拟建址周围环境 γ 辐射水平监测点位示意图

表 8-2 本项目 X 射线实时成像检测装置周围关注点 γ 辐射水平测量结果

序号	检测点位	检测结果 (nGy/h)	备注
1	无锡豪鹰特种车辆有限公司	52.8	室内（平房）
2	无锡天宝电机有限公司	70.8	道路

3	江苏锦绣铝业有限公司	23.6	室内（平房）
4	江苏麟龙新材料股份有限公司	78.9	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 11nGy/h）。

2.建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子：楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1。

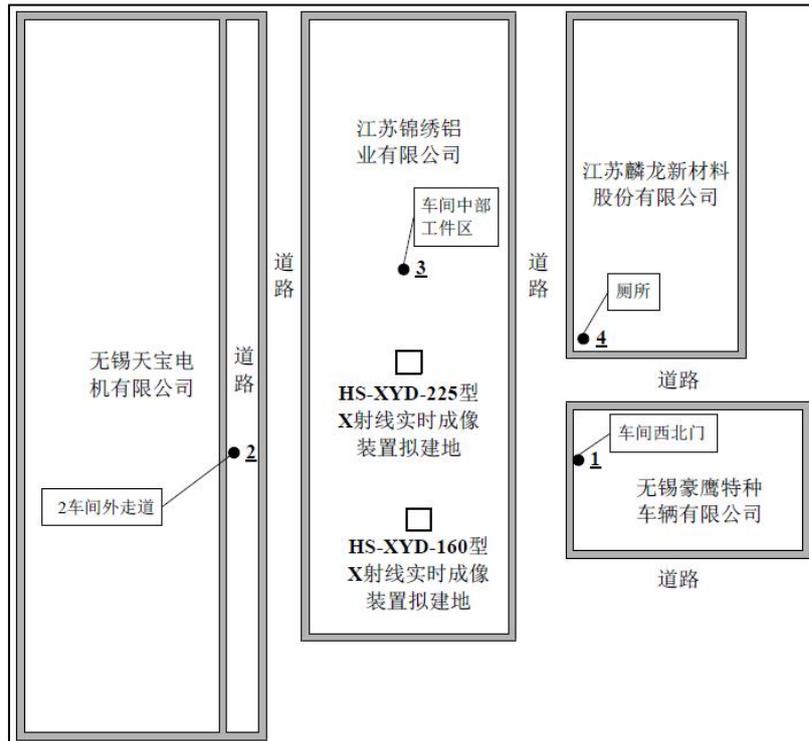


图 8-3 本项目拟建址周围关注点环境γ辐射水平监测点位示意图

4.环境现状调查结果评价

根据表 8-1 的监测结果可知，本项目拟建址 X 射线实时成像检测装置周围环境γ辐射剂量率在（19.9~38.8）nGy/h 范围内，因室内材质多为钢制材料等原因低于江苏省室内天然γ辐射剂量率水平。

根据表 8-2 的监测结果可知，本项目 X 射线实时成像检测装置周围关注点中测点 1 位于室内，环境γ辐射剂量率为 23.6nGy/h，因与本项目位于同一栋厂房且室内材质多为钢制材料等原因低于江苏省室内天然γ辐射剂量率水平；测点 3~4 位于室内，环境γ辐射剂量率在（52.8~78.9）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；测点 2 位于室外道路，环境γ辐射剂量率为 70.8nGy/h，处于江苏省道路天然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

本项目 2 台 X 射线实时成像检测装置，其中 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置由铅房及操作台组成，最大管电压为 160KV，最大管电流为 4mA。装置尺寸为 1967mm（长）×1820mm（宽）×2056mm（高），铅房采用钢—铅—钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽。铅房南侧屏蔽体为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板；东侧、西侧、北侧、顶部、底部屏蔽体为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板；工件门位于东侧，工件门为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板，工件门为双开电动门；观察窗位于北侧，采用 5mm 铅当量的铅玻璃；射线管出束角度为 40°，辐射工作人员可通过打开工件门进行工件摆放。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置射线管可以上下移动，移动范围为 530mm，主射线固定朝南侧照射，照射范围只涉及南侧屏蔽体。HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置结构图见图 9-1。

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置由铅房、操作台和耳房组成，铅房设计为一体式铅房外加回旋辊道及两个耳房，最大管电压为 160kV，最大管电流为 4mA。铅房尺寸为 1920mm（长）×1450mm（宽）×1920mm（高，不含底部支柱的高度），铅房东西两侧各设一个耳房，耳房尺寸为 2140mm（长）×830mm（宽）×1240mm（高）。铅房东西两侧设回转辊道，利用运输小车将工件从西侧耳房运输至铅房内，工件检测完从东侧耳房通过运输小车运出；耳房用于辊道上运输小车内的工作出入，人员无法进入。检修门所在面为南侧，检修门上设有观察窗。装置北侧、南侧、底部屏蔽体为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板；东侧、西侧除门洞外的屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板；顶部屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板；南侧检修门为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板、观察窗设计采用 8mmPb；装置两侧的耳房各侧屏蔽体（除门洞外）、充当防护门的运输小车南北侧（前后侧）箱体均设计采用 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板。X 射线机安装于 C 型臂机的上侧，射线管出束角度为 40°，C 型臂机位于铅房中央，C 型臂能够在垂直面内进行-15°~50°旋转，即 C 型臂可以往东侧旋转 15°，往西侧旋转 50°，C 型臂机其余方向均不能移动。本项目 X 射线实时成像检测装置主射线朝顶部或东上侧照射，照射范围涉及顶部屏蔽体和东侧屏蔽体。HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置结构图见图 9-2。

图 9-1 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置结构图

图 9-2 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置结构图

2.工作原理

2.1X 射线产生工作原理

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、钼等）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陷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，从而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。典型的 X 射线管结构图见图 9-3。

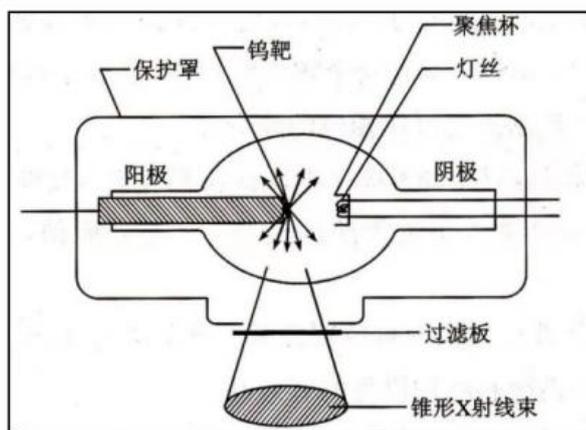


图 9-3 典型的 X 射线管结构图

2.2X 射线实时成像系统原理

X 射线实时成像检测装置由整机控制器系统、X 射线系统、图像重建系统、机械传动系统、防护机柜、冷却系统、监视器等几部分组成。其结构工作原理如图 9-4。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。机械传动系统实现计算机扫描时

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；探测器系统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。图像重建系统用于扫描过程控制、参数调整，完成图像重建、显示及处理等。防护机柜用于射线安全防护。

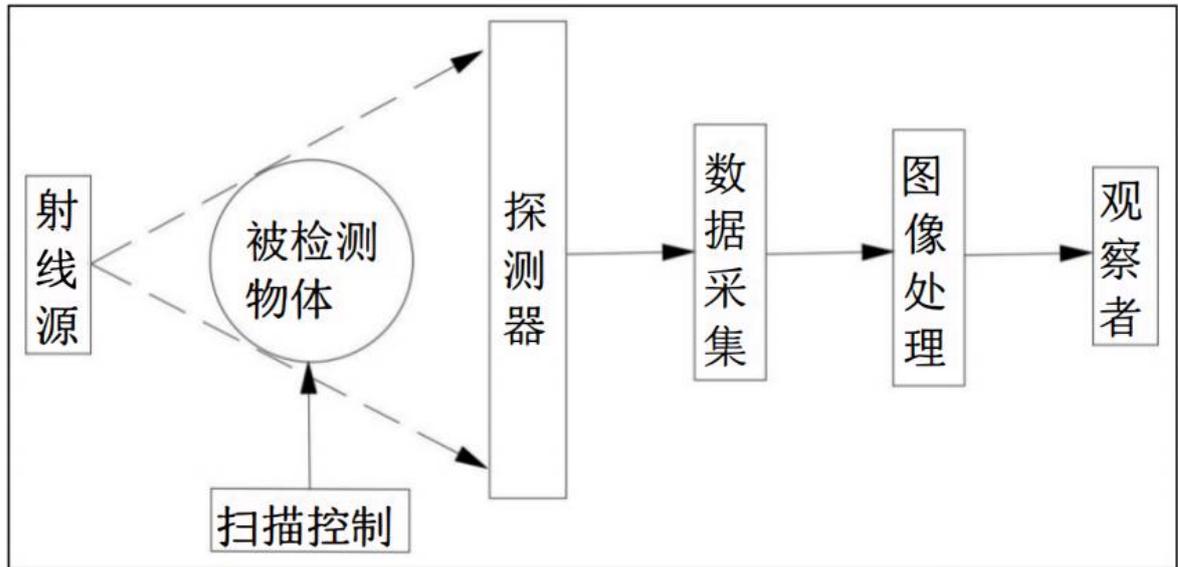


图 9-4 X 射线实时成像检测装置结构工作原理简图

3.工艺流程及产污环节

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时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，辐射工作人员在装置北侧操作台处进行操作，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，辐射工作人员将工件运送至平台；
- (3) 辐射工作人员启动检测系统，控制 X 射线实时成像检测装置，打开工件门；
- (4) 辐射工作人员将工件送入铅房内载物台上；
- (5) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭工件门；
- (6) 辐射工作人员在操作台处控制检测系统，将载物台调整到合适位置；
- (7) 加高压、打开 X 射线出束开关，开始检测；通过射线管上下移动调节照射角度，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（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）；
- (8) 曝光结束，关闭 X 射线；

(9) 辐射工作人员开启工件门，移出工件，关闭工件门；

(10) 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；

(11) 装置关机。

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置工作流程如下图所示：

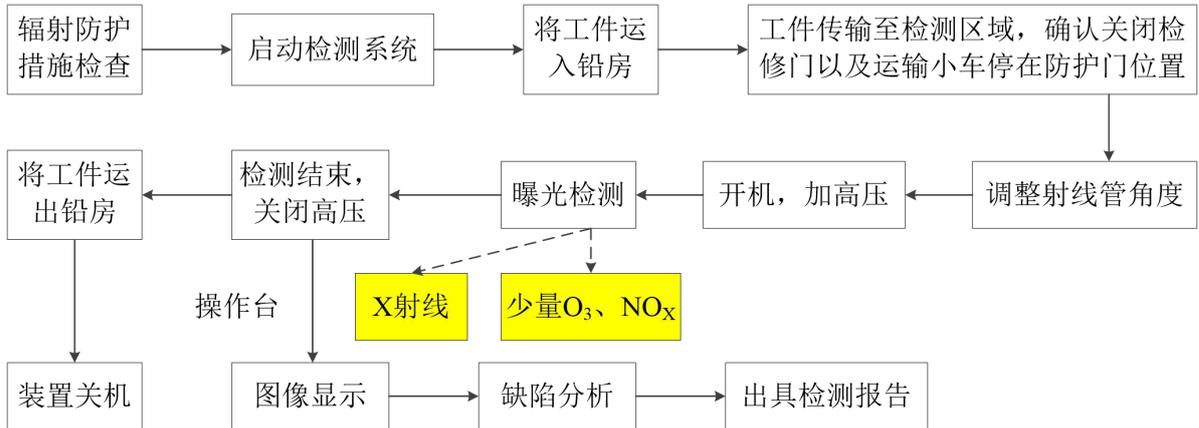


图 9-5 本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置工作流程及产污环节

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置工作时，工件通过回转辊道利用运输小车进入铅房内，辐射工作人员在装置西南侧操作台处进行操作，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，启动检测系统，控制 X 射线实时成像检测装置，辐射工作人员通过回转辊道将工件运输至西侧耳房入口内部的运输小车上，再将运输小车传输至西侧耳房出口处，利用回转辊道将工件从西侧耳房出口处运输至铅房内检测工作位，运输小车停在耳房内部充当防护门；

(3) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后，并确认检修门处于关闭状态以及两侧耳房运输小车位置停留在充当防护门位置；

(4) 辐射工作人员在操作台处控制检测系统，加高压、打开 X 射线出束开关，开始检测；调节射线管照射角度，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）；

(5) 曝光结束，关闭 X 射线；

(6) 辐射工作人员利用回转辊道将工件运输至铅房东侧耳房内运输小车上，再将

运输小车从东侧耳房出口处运出；

(7) 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；

(8) 装置关机。

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置工作流程如下图所示：

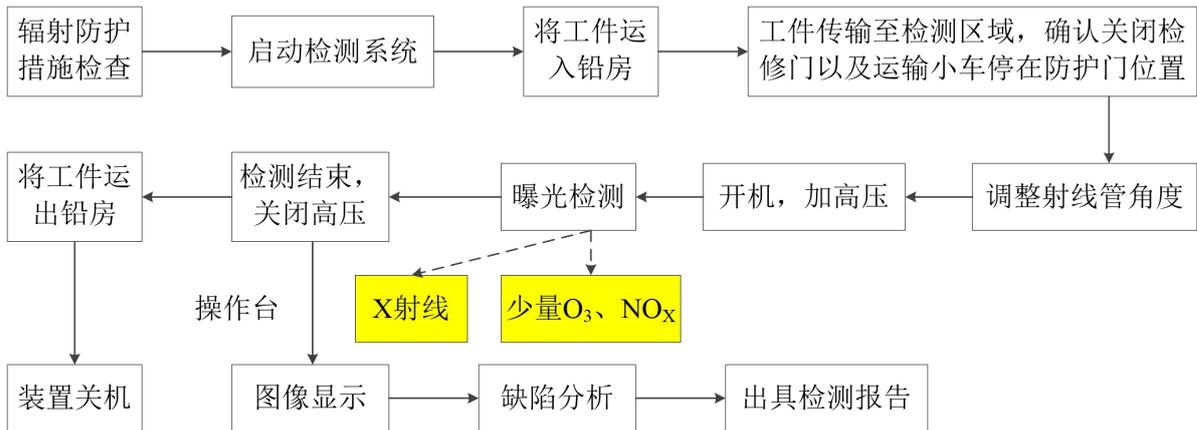


图 9-6 本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置工作流程及产污环节

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轮毂，工件材质为铝，工件尺寸范围：直径 250mm~560mm，长度（高度）200mm~330mm，厚度 8mm~80mm。本项目工件示意图见图 9-7。



图 9-7 本项目工件示意图

5.人员配置及工作制度

无锡锦绣轮毂有限公司配置 4 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人。每台 X 射线实时成像检测装置预计日曝光时间 4h，每周最大曝光不超过 24h，年工作 50 周，年曝光时间最大约为 1200h。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。

6.原有工艺不足和改进情况

建设单位原许可的辐射工作场所均有完善的环评、辐射安全许可证手续。

建设单位已建立一套完善的辐射安全与防护相关规章制度，且各辐射工作场所辐射安全与防护措施配备到位。

辐射防护负责人未进行个人剂量监测和职业健康体检，建设单位应及时对辐射防护负责人进行个人剂量监测和职业健康体检，并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。

建设单位提供的辐射工作人员个人剂量监测报告中，（2025）常环字检（剂）字第（1375）号、（2025）常环字检（剂）字第（2404）号、（2025）常环字检（剂）字第（5134）号和（2025）常环字检（剂）字第（5580）号四份报告不符合《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在1个月内出具检测/检验报告”的规定，该检测结果无效。建设单位应对检测单位提出要求，及时检测，避免出具无效报告。

污染源项描述

1.放射性污染源分析

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。经与生产厂家核实，本项目2台装置射线管相同，滤过均为3mmAl，本项目X射线实时成像检测装置最大管电压为160kV，最大管电流为4mA，根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表B.1中160kV管电压3mm铝滤过条件下的输出量（根据150KV管电压3mm铝与200kV管电压3mm铝滤过条件下的输出量参数内插法求得），输出量为 $5.94\text{mGy}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即距辐射源点输出剂量率为 $3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，为主射线源强。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表1中取得距靶点1m处的泄漏辐射剂量率为 $2500\mu\text{Sv}/\text{h}$ ，即泄漏射线源强。根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T

250-2014)表2中取得90°散射辐射最高能量为150KV,为散射线源强。汇总见表9-1。

表9-1 本项目X射线探伤机输出量参数

序号	射线装置	型号	有用线束辐射输出量 mGy·m ² / (mA·min)	泄漏辐射输出量(μSv/h)	散射辐射能量(kV)
1	X射线实时成像检测装置	HS-XYD-160型	5.94(保守取200kV与150kV3mmAl下内插值)	2500	150
2	X射线实时成像检测装置	HS-XYD-225型	5.94(保守取200kV与150kV3mmAl下内插值)	2500	150

2.非放射性污染源分析

2.1 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,预计月排放量为30kg,年排放量为360kg。

2.2 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,预计月排放量为2.4m³,年排放量为28.8m³。

2.3 气体废物

本项目X射线实时成像检测装置在工作状态时,会使装置铅房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

本项目两台 X 射线实时成像检测装置均设置有操作台和铅房，操作台与铅房分开独立设置。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝装置南侧照射，操作台位于装置北侧；HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝装置顶部或东上侧照射，操作台位于装置西南侧；本项目 X 射线实时成像检测装置主射线方向均避开操作台，本项目布局满足《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。

本项目拟将 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置铅房、HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房和两侧耳房实体边界作为本项目的控制区边界，在 X 射线实时成像检测装置表面外均已粘贴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。本项目拟将 X 射线实时成像检测装置外东侧、南侧、西侧、北侧各 1m 的范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区，监督区边界拟设置地面警戒线，边界处竖立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得靠近。

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。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 10-1，两区划分情况表见表 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	将 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置铅房、HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房和两侧耳房实体边界作为本项目的控制区边界。	将 X 射线实时成像检测装置外东侧、南侧、西侧、北侧各 1m 的范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区。

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。 6.4.2.2a) 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 射线实时成像检测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》（GB18871-2002）6.4.1.4c) 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》（GB18871-2002）6.4.2.2b) 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均已粘贴电离辐射警告标志及中文警示说明。	监督区边界拟设置地面警戒线，边界处竖立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语。

2.工作场所辐射屏蔽设计

2.1HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽，装置尺寸为 1967mm（长）×1820mm（宽）×2056mm（高）。工件门所在面为东侧，铅房南侧屏蔽体为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板；东侧、西侧、北侧、顶部、底部屏蔽体为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板；工件门为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板，工件门为双开电动门；观察窗位于铅房北侧，采用 5mm 铅当量的铅玻璃。

本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 100mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目在铅房的西侧面板下方设置电缆孔，孔洞长宽约为 30mm×30mm，并在电缆孔处设置 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽。

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置内未设计通风结构，依靠开关工件门进行装置通风。

表 10-2 HS-XYD-160 型 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
HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置	南侧	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板
	东侧	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
	观察窗（北侧）	5mm 铅当量
	工件门（东侧）	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
	西侧	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板

	北侧	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
	顶部	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板
	底部	2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板

2.2HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽，铅房外尺寸为 1920mm（长）×1450mm（宽）×1920mm（高，不含底部支柱的高度），铅房东西两侧各设一个耳房，单个耳房尺寸为 2140mm（长）×830mm（宽）×1240mm（高）。检修门所在面为南侧，装置南侧、北侧、底部屏蔽体为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板；东侧、西侧除门洞外的屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板；顶部屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板；南侧检修门为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板、观察窗设计采用 8mmPb；装置两侧的耳房各侧屏蔽体（除门洞外）、充当防护门的运输小车南北侧（前后侧）箱体均设计采用 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板。铅房各侧面板屏蔽参数见表 10-3。

本项目检修门与四周搭接宽度约为 100mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；铅房两侧的耳房内与运输小车四周设有搭接，搭接重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍。

本项目在铅房的南侧面板设置电缆孔，孔洞直径约为 80mm，并在电缆孔处设置 8mm 铅板结构防护罩进行屏蔽。

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置内未设计通风结构，依靠装置两侧耳房进行通风。

表 10-3 HS-XYD-225 型 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	
HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置	铅房	南侧	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板
		检修门（南侧）	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板
		观察窗（南侧）	8mm 铅当量
		北侧	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板
		东侧（除门洞外）	2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板
		西侧（除门洞外）	2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板
		顶部	2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板
		底部	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板
	耳房各侧屏蔽体（除门洞外）	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板	
	运输小车南北侧（前后侧）箱体	2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板	

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》（GBZ 117-2022）将设置如下辐射安全措施：

表 10-4 本项目拟/已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与探伤室分开。	本项目两台 X 射线实时成像检测装置均设置有操作台和铅房，操作台与铅房分开独立设置，HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置操作台位于装置北侧，HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置操作台位于装置西南侧，HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝南侧照射，HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝顶部或东上侧照射，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 GB18871 的要求。	本项目拟将 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置铅房、HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房和两侧耳房实体边界作为本项目的控制区边界，将 X 射线实时成像检测装置外东侧、南侧、西侧、北侧各 1m 的范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区，仅辐射工作人员能够进入。	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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置工件门设计有门机联锁装置；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，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。本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置检修门设计有门机联锁装置，两侧耳房内部运输小车均已设置联锁装置，只有在检修门和两侧耳房内部运输小车均完全关闭时 X 射线实时成像检测装置才能出束照射，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。	本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置顶部设有“预备”和“照射”工作状态指示灯，已设置声音提示装置；HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置顶部设有“预备和照射”工作状态指示灯，已设置声音提示装置；装置表面外已张贴对	是

		“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	“预备和照射”信号意义的说明，且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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房内均设有摄像装置，通过电脑控制系统能清楚看见铅房内情况，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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置表面、HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置表面及检修门外均已设置“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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置操作台及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置操作台上均设计安装有紧急停机按钮，HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置内部已设置紧急停机按钮，拟在 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置内部设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。装置急停按钮旁已（拟）设置相应中文标识，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。	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 2 台装置工作时产生的臭氧及氮氧化物主要通过开关工件门或开关装置两侧耳房内部防护门进行通风换气，同时利用厂房门窗进行换气。	是
9	其他	/	①钥匙开关：本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置操作台及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置操作台上均设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后 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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 100mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外	是

			壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置检修门与四周搭接宽度约为 100mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；铅房两侧的耳房内与运输小车四周设有搭接，搭接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 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置在铅房的北侧面板下方设置电缆孔，孔洞长宽约为 30mm×30mm，并在电缆孔处设置 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板结构防护罩进行屏蔽。本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置在铅房的南侧面板设置电缆孔，孔洞直径约为 80mm，并在电缆孔处设置 8mm 铅板结构防护罩进行屏蔽。	
10	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。	公司已成立辐射防护管理机构，拟完善相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，在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
11	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 GBZ 98 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。	公司现已配备 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪，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。已委托有资质单位对辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康体检。	是

三废治理

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，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。本项目产生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，预计月排放量为 2.4m³，年排放量为 288m³；本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理。

3.气体废物

X 射线实时成像检测装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入铅房内。本项目两台 X 射线实时成像检测装置内均未设计通风结构，依靠开关工件门或开关装置两侧耳房内部防护门进行通风换气，同时利用厂房门窗进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常压的空气中臭氧分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

4.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搬迁设备，在设备搬迁及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搬迁及安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目评价范围大部分位于公司厂区内部，部分为其他公司，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，最终进入污水处理站处理，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 射线实时成像检测装置采用铅板的防护设计对 X 射线进行防护，本项目运行后主要的环境影响是 X 射线实时成像检测装置工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。

本次评价时选取 X 射线实时成像系统满功率运行时的工况进行预测，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.理论预测公式

1.1 有用线束屏蔽效果预测公式

装置主射线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：

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

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值见表 9-1；

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）附录 B 中表 B.2 取得 160kV 下铅的什值层为 1.048mm（通过 150kV 与 200kV 内插得到），再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 B 值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离， m 。

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

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

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

\dot{H}_L ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，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；

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）附录 B 中表 B.2 取得 160kV 下铅的什值层为 1.048mm（通过 150kV 与 200kV 内插得到），再根据 $B=10^{-X/\text{TVL}}$ 计算得到 B 值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离， m 。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

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， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录表 B.1，单位换算系数取 1；

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）表 2 取得 90° 散射辐射最高为 150kV，在给定屏蔽物质厚度 X

时，再根据《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 取得 150kV 下铅的半值层为 0.96mm，再根据 $B=10^{-X/TVL}$ 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。

1.3 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

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

(1) HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置，该装置以最大管电压 160kV，最大管电流 4mA，最大功率 640W，以此来进行预测计算。本项目装置射线管出束角度为 40° ，主射线固定朝南侧照射，射线管可在垂直方向上下移动，移动范围为 530mm，根据图 11-1 可知，本项目装置主射线范围只涉及装置南侧屏蔽体。因此，南侧为有用线束照射方向，其余面均为泄漏及散射线照射方向，关注点位示意图见图 11-1。

图 11-1 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置各关注点位示意图

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置有用线束方向屏蔽效果计算结果见表 11-1。

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

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

注：① $H_0=5.94\times 6\times 10^4=3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

②射线管源点距南侧屏蔽体为 1.6m，取装置表面外 30cm 为关注点， $R=1.6+0.3=1.9\text{m}$ ；

③ B 值，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2 取得 160kV 下铅的半值层为 1.048mm（通过 150kV 与 200kV 内插得到）， $B=10^{(-6/1.048)}=1.88\text{E}-06$ 。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

参数	关注点					
	东侧(包括工件门)②	观察窗③(北侧)	北侧④	西侧⑤	顶部⑥	底部⑦
铅板厚度 (mm)	5mm	5mm 铅当量	5mm	5mm	5mm	5mm
泄漏辐射	B_1					
	H_L ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)					
	R (m)					
	\dot{H} ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)					

散射辐射	散射线能量 (kV)						
	B_2						
	I (mA)						
	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ (mA·h))						
	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$						
	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 ($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：① R 值根据图 11-1 取值，加上装置表面外 30cm 为关注点，HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置所在平台高度约为 2m，平台层地板为花纹钢板，底脚支撑为方管，整个为钢架结构，底部加上装置表面外 30cm 为关注点；

② B_1 以射线能量为 160kV 值取， B_2 以射线能量为 150kV 值取。

③ B_2 以射线能量为 150KV 值取，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 B.2，150kV 下铅的半值层为 0.96mm。

根据表 11-1、表 11-2 中预测结果，HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置满功率运行时，装置表面外 30cm 处及底部表面辐射剂量率最大为 0.742 $\mu\text{S/h}$ ，装置表面外 30cm 处及底部表面辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

(2) HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置，最大管电压 160kV，最大管电流 4mA，最大功率 640W，以此来进行预测计算。本项目主射线照射朝顶部或东上侧照射，受到出束角度的影响。铅房东侧和顶部为有用线束照射方向，其余面均为泄漏及散射线照射方向，关注点示意图见图 11-2。

图 11-2 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置各关注点位示意图

表 11-3 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	铅板厚度 (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
顶部①							2.5	满足
铅房东侧②							2.5	满足

注：① $H_0=5.94\times 60\times 1000=3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

② R 值根据图 11-2 取值，加上装置表面外 30cm 为关注点；

③ B 值，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 B.2 取得 160kV 下铅的半值层为 1.048mm（通过 150kV 与 200kV 内插得到）， $B=10^{(-14/1.048)}=4.38\text{E}-14$ 。

表 11-4 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点					
	耳房东侧③	底部④	耳房西侧⑤	铅房西侧⑥	南侧、检修门、观察窗⑦	铅房北侧⑧
铅板厚度 (mm)	8mm	8mm	8mm	14mm	8mm	8mm
泄漏辐射	B_l					
	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 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)					
	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$					
	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 ($\mu\text{Sv/h}$)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：① R 值根据图 11-2 取值，加上装置表面外 30cm 为关注点，底部取装置表面外关注点 $R=0.145\text{m}$ ；

② B_l 以射线能量为 160kV 值取， B_2 以射线能量为 150kV 值取。

③ B_2 以射线能量为 150KV 值取，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 B.2，150kV 下铅的半值层为 0.96mm。

根据表 11-3、表 11-4 中预测结果，HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置表面外 30cm 处及底部表面辐射剂量率最大为 $9.05E-03\mu\text{Sv/h}$ ，装置表面外 30cm 处及底部表面辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

2.2 年度防护检测结果

根据江苏宁大卫防检测技术有限公司 2024 年 7 月 26 日出具的防护检测报告（检测编号：FJ2407055），检测结果见下表。

表 11-5 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置防护检测结果

检测点编号	检测点位置	X、 γ 射线辐射剂量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
1	操作位	0.123
2	距观察窗表面 30cm 处（中）	0.126
3	距观察窗表面 30cm 处（上）	0.126
4	距观察窗表面 30cm 处（下）	0.126
5	距观察窗表面 30cm 处（左）	0.127
6	距观察窗表面 30cm 处（右）	0.126
7	屏蔽工作门表面 30cm 处（中）	0.124
8	屏蔽工作门表面 30cm 处（左）	0.127
9	屏蔽工作门表面 30cm 处（右）	0.126
10	屏蔽工作门表面 30cm 处（上）	0.123
11	屏蔽工作门表面 30cm 处（下）	0.126
12	东侧防护体表面 30cm 处（左）	0.127
13	东侧防护体表面 30cm 处（右）	0.126
14	南侧防护体表面 30cm 处（左）	0.127
15	南侧防护体表面 30cm 处（中）	0.126
16	南侧防护体表面 30cm 处（右）	0.124
17	西侧防护体表面 30cm 处（左）	0.126
18	西侧防护体表面 30cm 处（中）	0.127
19	西侧防护体表面 30cm 处（右）	0.127
20	北侧防护体表面 30cm 处（左）	0.127
21	北侧防护体表面 30cm 处（中）	0.124
22	北侧防护体表面 30cm 处（右）	0.126
23	公众区	0.122

/	本底值	103-106nSv/h
表 11-6 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置防护检测结果		
检测点编号	检测点位置	X、 γ 射线辐射剂量率 (μ Sv/h)
1	操作位	0.114
2	距观察窗表面 30cm 处 (中)	0.117
3	距观察窗表面 30cm 处 (上)	0.116
4	距观察窗表面 30cm 处 (下)	0.119
5	距观察窗表面 30cm 处 (左)	0.117
6	距观察窗表面 30cm 处 (右)	0.119
7	屏蔽工作门表面 30cm 处 (中)	0.117
8	屏蔽工作门表面 30cm 处 (左)	0.116
9	屏蔽工作门表面 30cm 处 (右)	0.117
10	屏蔽工作门表面 30cm 处 (上)	0.119
11	屏蔽工作门表面 30cm 处 (下)	0.119
12	东侧防护体表面 30cm 处 (左)	0.119
13	东侧防护体表面 30cm 处 (右)	0.117
14	南侧防护体表面 30cm 处 (左)	0.119
15	南侧防护体表面 30cm 处 (中)	0.120
16	南侧防护体表面 30cm 处 (右)	0.119
17	西侧防护体表面 30cm 处 (左)	0.117
18	西侧防护体表面 30cm 处 (中)	0.119
19	西侧防护体表面 30cm 处 (右)	0.116
20	北侧防护体表面 30cm 处 (左)	0.119
21	北侧防护体表面 30cm 处 (中)	0.117
22	北侧防护体表面 30cm 处 (右)	0.116
23	公众区	0.114
/	本底值	103-106nSv/h

从表 11-5、11-6 中检测结果可知，本项目 X 射线实时成像装置实际运行时，X 射线实时成像装置曝光室四周屏蔽体、屏蔽工作门 30cm 处的最大辐射剂量率为 0.127 μ Sv/h，能够满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h”的要求。

2.3 天空反散射影响分析

(1) 天空反散射

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。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c）的剂量率参考控制水平 \dot{H}_c （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。”

根据表 11-2，本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置顶部外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $0.2081\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $0.2081\mu\text{Sv/h}$ ；根据表 11-1，本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置屏蔽体四周外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $0.742\mu\text{Sv/h}$ ；将二者叠加后关注点总剂量率最大约为 $0.9501\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

根据表 11-3，本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置顶部外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $1.45\text{E-}08\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 $1.45\text{E-}08\mu\text{Sv/h}$ ；根据表 11-4，本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置屏蔽体四周外 30cm 处辐射剂量率最大约为 $2.46\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ；将二者叠加后关注点总剂量率最大约为 $2.46\text{E-}04\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(2) 底部反散射

由于 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝南侧照射，漏射线通过底部屏蔽体和主射线经工件散射后通过底部屏蔽体到达地面，再次经地面散射从装置底部与地面的缝隙到达装置四周关注点。根据表 11-2 计算结果，到达底部剂量率为 $0.2183\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $0.2183\mu\text{Sv/h}$ ，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）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

由于 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置主射线朝顶部或东上侧照射，漏射线通过底部屏蔽体和主射线经工件散射后通过底部屏蔽体到达地面，再次经地面散射从装置底部与地面的缝隙到达装置四周关注点。根据表 11-4 计算结果，到达底部剂量率为 $9.05\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率远小于 $9.05\text{E-}03\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中探伤室辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

2.4 电缆口、通风口、防护门缝隙处辐射影响分析

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置西侧设有电器柜，未破坏 X 射线实时成像检测装置内部主体屏蔽。X 射线实时成像检测装置工作时通过开关工件门进行换气，工件门内含 5mm 铅板，本项目工件门尺寸为：宽 900mm×高 1780mm；门洞尺寸为：宽 700mm×高 1580mm；本项目工件门与装置外壳搭接处重叠宽度为 100mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度为 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置电缆管道位于装置西侧下方，装置射线出束方向为固定朝南侧照射，避免 X 射线直接照射电缆管道口，开口尺寸 30mm×30mm，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为 5mm，电缆呈“Z”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-3。X 射线进入电缆管道需至少经过三次散射才能到达管道口。根据《辐射防护导论》P189“如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷宫，是能保证迷宫口工作人员的安全。这时，迷宫口也只需采用普通门”，本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置电缆管道设计能够满足辐射防护要求。

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房内未设置通风装置，X 射线实时成像检测装置通过装置两侧耳房进行换气；装置南侧检修门内含 8mm 铅板，本项目检修门尺寸为：宽 1060mm×高 1680mm；门洞尺寸为：宽 860mm×高 1480mm；本项目检修门与装置外壳搭接处重叠宽度约为 100mm，检修门与装置外壳之间的缝隙宽度不超过 2mm，检修门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍，缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置电缆管道位于铅房的北侧面板，装置射线出束方向朝顶部或东上侧照射，避免 X 射线直接照射电缆管道口，孔洞直径约为 80mm，其防护补偿结构为在开孔位置内侧覆盖防护铅板结构，防护补偿铅板厚度为 8mm，电缆呈“L”字型布线，利用散射降低电缆管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆口，X 射线进入电缆管道后散射示意图如图 11-4。本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置射线管出束角度为 40°，电缆口采用“L”型设计，利用散射降低电缆口处的辐射水平，以 X 射线朝装置顶部照射，装置运行时有用线束经工件

散射至电缆口，电缆口防护罩内 3 次散射到达电缆防护罩出口，有用线束路径为 O→A，有用线束路径为 A→B→C→D→E，电缆防护罩防护补偿铅板厚度为 8mm。散射公式见

(5) (美国辐射防护委员会 NCRP51 号报告)。

$$H_S = \frac{D_0 \cdot \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \dots \alpha_n \cdot K_1 K_2 \dots K_n}{r_1^2 \cdot r_2^2 r_3^2 \dots r_n^2} \quad (5)$$

其中： H_S ：电缆口散射线贡献的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

D_0 ：入射源强， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\text{h}$ ，有用线束为 $3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\text{h}$ ；

α ：散射系数，参考 GBZ/T 250-2014 取自附录 B 表 B.3；

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_n \cdot 10000/400 = 1.90 \times 10^{-3} \times 10000/400 = 4.75\text{E}-02;$$

r_{OA} ：入射距离； r_{AB} 、 r_{BC} 、 r_{CD} 、 r_{DE} ：散射距离；

K ：为散射面积；

图 11-4 本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置电缆管道散射示意图

表 11-7 本项目 X 射线实时成像检测装置电缆管道辐射剂量率

型号	D_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\text{h}$)	$\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3$ $=\alpha_4$	K_1 (m^2)	K_2 (m^2)	K_3 (m^2)	K_4 (m^2)
HS-XYD-225 型						
HS-XYD-160 型						
型号	r_{OA} (m)	r_{AB} (m)	r_{BC} (m)	r_{CD} (m)	r_{DE} (m)	H_s ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
HS-XYD-225 型						
HS-XYD-160 型						

注：由于 α 根据能量递减，散射能量也和散射次数反比，保守按照第一次取 α 。

根据表 11-7, HS-XYD-225 型实时成像检测装置散射后至电缆管道外 30cm 处 E 点辐射剂量率为 $1.28\text{E}-03\mu\text{Sv}/\text{h}$, 铅房北侧关注点⑧的剂量率为 $1.39\text{E}-04\mu\text{Sv}/\text{h}$, 二者叠加后剂量率为 $1.42\text{E}-03\mu\text{Sv}/\text{h}$; HS-XYD-160 型实时成像检测装置散射后至电缆管道外 30cm 处 E 点辐射剂量率为 $1.63\text{E}-03\mu\text{Sv}/\text{h}$, 铅房西侧关注点⑤的剂量率为 $0.1519\mu\text{Sv}/\text{h}$, 二者叠加后剂量率为 $0.15353\mu\text{Sv}/\text{h}$; 本项目 2 台 X 射线实时成像检测装置电缆管道处的辐射剂量率能够满足标准要求。

3.剂量率叠加

本项目迁建的 2 台 X 射线实时成像检测装置计划分别摆放在热工车间的北侧和中间，距离约为 43 米，相距距离较远，经距离的进一步衰减后，2 台 X 射线实时成像检测装置的叠加影响可忽略不计。

4.保护目标剂量评价

本项目辐射工作人员为射线装置操作人员，公众主要为 X 射线实时成像检测装置屏蔽体外 50m 范围内其他人员。根据表 11-1~表 11-4 估算结果代入公式 (4)，分别选取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 11-8 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置周围人员周受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 (U)	居留因子 (T)	距离 R (m)	剂量率值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	周剂量估算值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	目标管理值 ($\mu\text{Sv}/\text{周}$)	评价
东侧 (热工车间通道)						5 (公众)	满足
东侧 (热工车间其余区域)						5 (公众)	满足

东侧 (厂区道路)	5 (公众)	满足
东侧 (无锡豪鹰特种 车辆有限公司)	5 (公众)	满足
南侧 (热工车间通道)	5 (公众)	满足
南侧 (热工车间其余 区域)	5 (公众)	满足
南侧 (厂区道路)	5 (公众)	满足
西侧 (热工车间通道)	5 (公众)	满足
西侧 (热工车间其余 区域)	5 (公众)	满足
西侧 (厂区道路)	5 (公众)	满足
西侧 (无锡天宝电机 有限公司)	5 (公众)	满足
北侧 (操作台)	100(职业人 员)	满足
北侧 (热工车间通道)	5 (公众)	满足
北侧 (热工车间其余 区域)	5 (公众)	满足
北侧 (机加车间)	5 (公众)	满足
HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检 测装置下方	5 (公众)	满足

注：①东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行周剂量估算。

②本项目 X 射线实时成像检测装置周曝光时间约为 24h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1200h/a。

从表 11-8 中预测结果可以看出，本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置曝光室周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 11.808 μ Sv，周围公众成员周有效剂量最大为 1.477 μ 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 μ Sv，公众周有效剂量不超过

5 μ Sv。

表 11-9 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 (U)	居留因子 (T)	距离 R (m)	关注点剂量率 (μ Sv/h)	年剂量估算值 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价
东侧 (热工车间通道)						0.1 (公众)	满足
东侧 (热工车间其余区域)						0.1 (公众)	满足
东侧 (厂区道路)						0.1 (公众)	满足
东侧 (无锡豪鹰特种车辆有限公司)						0.1 (公众)	满足
南侧 (热工车间通道)						0.1 (公众)	满足
南侧 (热工车间其余区域)						0.1 (公众)	满足
南侧 (厂区道路)						0.1 (公众)	满足
西侧 (热工车间通道)						0.1 (公众)	满足
西侧 (热工车间其余区域)						0.1 (公众)	满足
西侧 (厂区道路)						0.1 (公众)	满足
西侧 (无锡天宝电机有限公司)						0.1 (公众)	满足
北侧 (操作台)						5 (职业人员)	满足
北侧 (热工车间通道)						0.1 (公众)	满足
北侧 (热工车间其余区域)						0.1 (公众)	满足

北侧 (机加车间)	0.1 (公众)	满足
HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检 测装置下方	0.1 (公众)	满足

注：①东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行年剂量估算。

②本项目 X 射线实时成像检测装置周曝光时间约为 24h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1200h/a。

从表 11-9 中预测结果可以看出，本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置曝光室周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.5904mSv，周围公众成员年有效剂量最大值为 0.0738mSv，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。

表 11-10 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置周围人员周受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 (U)	居留因子 (T)	距离 R (m)	剂量率值 (μ Sv/h)	周剂量估算值 (μ Sv/周)	目标管理值 (μ Sv/周)	评价
东侧 (热工车间通道)						5 (公众)	满足
东侧 (机加车间)						5 (公众)	满足
东侧 (厂区道路)						5 (公众)	满足
东侧 (江苏麟龙新材料股份有限公司)						5 (公众)	满足
东侧 (无锡豪鹰特种车辆有限公司)						5 (公众)	满足
西南侧 (操作台)						100(职业人员)	满足
南侧 (热工车间通道)						5 (公众)	满足
南侧 (机加车间)						5 (公众)	满足
南侧 (热工车间其余区域)						5 (公众)	满足
西侧 (热工车间通道)						5 (公众)	满足

西侧 (热工车间其余区域)	5 (公众)	满足
西侧 (机加车间)	5 (公众)	满足
西侧 (厂区道路)	5 (公众)	满足
西侧 (无锡天宝电机有限公司)	5 (公众)	满足
北侧 (热工车间通道)	5 (公众)	满足
北侧 (热工车间其余区域)	5 (公众)	满足
北侧 (机加车间)	5 (公众)	满足
北侧 (江苏锦绣铝业有限公司)	5 (公众)	满足

注：①东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行周剂量估算。

②本项目 X 射线实时成像检测装置周曝光时间约为 24h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1200h/a。

从表 11-10 中预测结果可以看出，本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置曝光室周围辐射工作人员周有效剂量最大值为 $5.90E-03\mu\text{Sv}$ ，周围公众成员周有效剂量最大为 $6.86E-04\mu\text{Sv}$ ，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 11-11 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 (U)	居留因子 (T)	距离 R (m)	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年剂量估算值 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价
东侧 (热工车间通道)						0.1 (公众)	满足
东侧 (机加车间)						0.1 (公众)	满足
东侧 (厂区道路)						0.1 (公众)	满足
东侧 (江苏麟龙新材)						0.1 (公众)	满足

料股份有限公司)			
东侧 (无锡豪鹰特种 车辆有限公司)		0.1 (公众)	满足
西南侧 (操作台)		5 (职业人 员)	满足
南侧 (热工车间通道)		0.1 (公众)	满足
南侧 (机加车间)		0.1 (公众)	满足
南侧 (热工车间其余 区域)		0.1 (公众)	满足
西侧 (热工车间通道)		0.1 (公众)	满足
西侧 (热工车间其余 区域)		0.1 (公众)	满足
西侧 (机加车间)		0.1 (公众)	满足
西侧 (厂区道路)		0.1 (公众)	满足
西侧 (无锡天宝电机 有限公司)		0.1 (公众)	满足
北侧 (热工车间通道)		0.1 (公众)	满足
北侧 (热工车间其余 区域)		0.1 (公众)	满足
北侧 (机加车间)		0.1 (公众)	满足
北侧 (江苏锦绣铝业 有限公司)		0.1 (公众)	满足

注：①东、南、西、北侧关注点均以实际最近边缘处剂量率进行年剂量估算。

②本项目 X 射线实时成像检测装置周曝光时间约为 24h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间约为 1200h/a。

从表 11-11 中预测结果可以看出，本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置曝光室周围辐射工作人员年有效剂量最大值为 $2.95E-04mSv$ ，周围公众成员年有效剂量最大值为 $3.43E-05mSv$ ，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。

5.三废治理评价

本项目 X 射线实时成像检测装置在工作状态时，会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不进入铅房内。本项目 2 台 X 射线实时成像检测装置铅房内均未设置单独设置通风设施，HS-XYD-160 型装置可通过开关工件门进行通风换气，HS-XYD-225 型装置可通过开关装置两侧耳房内部防护门进行通风换气，同时利用厂房门窗进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外，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分解半衰期为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

本项目产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理，生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运，对周围环境影响较小。

采取上述措施后本项目的废物处置方式能够满足当前生态环境保护管理的要求。

事故影响分析

1.潜在事故分析

本项目 X 射线实时成像系统只有在开机出束时曝光时才产生 X 射线，因此，本项目事故多为开机误照事故，主要有：

(1) 由于安全联锁装置失灵，导致工件门及检修门未关闭时人员开机工作受到误照射。

(2) 机器调试、检修时误照射。X 射线系统在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

2.辐射事故预防措施

无锡锦绣轮毂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) 公司内部加强辐射安全管理，管理人员定期开展监督检查，营造持续改进的辐射安全文化。

(2) 严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在 X 射线实时成像系统开机前，检查确认各项安全措施的有效性，严禁在安全设施故障的情况下开机检测。

(3) 辐射工作人员工作时注意佩戴好个人剂量计、个人剂量报警仪等监测仪器，当个人剂量报警仪发出报警时，辐射工作人员应采取应对措施，必要时可远程控制停止出束。

3.最大可能性事故后果计算

针对最大可能性事故，对事故工况下人员的受照剂量进行估算，分析事故造成的影响与危害。

假定在事故情况下，人员误入和误靠近本项目 X 射线实时成像检测装置，X 射线直接射到人员，由于单个工件检测一次最长出束时间为 30s，因此 30s 为一次事故下的持续照射时间。则计算结果见表 11-12。

表 11-12 事故情况下人员受到的累计剂量结果

人员与 X 射线实时成像检测装置 距离 (m)	各事持续时段的射线所致辐射剂量 (Gy)		
	10s	20s	30s
主射线方向 0.5	1.58E-02	3.17E-02	4.75E-02
主射线方向 1.0	3.96E-03	7.92E-03	1.19E-02
主射线方向 1.5	1.76E-03	3.52E-03	5.28E-03
总结	<p>通过计算结果表明，人员在位于出束点 0.5m 位置持续受照 30s 所受到的剂量为 4.75E-02Gy，超过年剂量限值，但不会引起轻度骨髓型急性放射病（受照剂量范围参考值：1.0Gy~2.0Gy），因此会发生一般辐射事故。</p> <p>在实际工作中，HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置人总结员无法进入装置内部，周围公众更难以直接进入装置内部；HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置内部设置有急停按钮，若发生事故，可立即按下，装置即可停止出束。辐射工作人员在工作时，做好场所监管工作，防止人员靠近或误入 X 射线实时成像装置。</p>		

综上所述，对于本项目来说，最大可信事故为一般辐射事故。针对一般辐射事故，建设单位需进行超标原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后上报发证机关。

4.辐射事故处置方法

本项目所用 X 射线实时成像装置属于 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 11-13 中。

表 11-13 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

本项目拟搬迁的 X 射线实时成像检测装置，属Ⅱ类射线装置。根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年 1 月 4 日修正）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。

无锡锦绣轮毂有限公司已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（附件 11），负责公司辐射安全与环境保护管理工作。

公司配置 4 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人。因人员变动，现有 2 名探伤操作人员离职，公司新增 2 名操作人员，其中一名新补入人员李令江已完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格，另一名新补入人员须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后，方可正式上岗。在新补入人员考核合格并上岗前，为保障作业安全，两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行，须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。公司辐射工作人员相关信息详见表 1-4（核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单见附件 6）。辐射工作人员考核成绩到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗。

表 12-1 现有辐射相关工作人员一览表

序号	姓名	岗位	证书编号	有效期	有效情况	备注
1	刘福军	工业探伤	FS23JS1202456	2023.10.26-2028.10.26	有效	辐射工作人员
2	魏大奇	工业探伤	FS23JS1200439	2023.3.8-2028.3.8	有效	
3	李令江	工业探伤	FS21JS1201570	2021.11.29-2026.11.29	有效	
4	吴铭	辐射安全管理	FS23JS2200141	2023.3.8-2028.3.8	有效	辐射防护负责人

辐射安全管理规章制度

无锡锦绣轮毂有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了一系列辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、使用登记制度、监测方案、人员培训计划、事故应急制度等。公司相关制度均已落实且严格执行，公司各项辐射安全管理制度执行情况良好。具体制

度见表 12-2。

表 12-2 辐射安全管理制度一览表

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求制度	建设单位制度制定情况	是否落实
辐射防护和安全保卫制度	《辐射防护安全保卫制度》	已落实
操作规程	《辐射工作操作规程》	已落实
岗位职责	《辐射工作人员岗位职责》	已落实
设备检修维护制度	《X-Ray 设备检修、维护和保管制度》	已落实
使用登记制度	《X-Ray 设备使用登记、台账制度》	已落实
监测方案	《使用 X-Ray 个人剂量及环境监测方案》	已落实
人员培训计划	《X-Ray 操作人员培训计划》	已落实
辐射事故应急	《辐射事故处理应急预案》	已落实

公司还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点提出如下建议：

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善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。此外，应着重关注控制台钥匙管理，应专人保管，使用时应进行使用记录登记，确保开机钥匙的安全性。

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。

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。

设备检修维护制度：明确 X 射线实时成像检测装置、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，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完善，重点是射线装置使用状况的记录。

监测方案：方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。方案中应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。

人员培训计划：完善人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

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）完善事故应急预案，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、应急演练计划；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。

现有辐射安全管理制度基本能满足公司核技术应用项目的管理需要，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修正）中“应当有健全的操作规程、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、辐射事故应急措施”的要求。无锡锦绣轮毂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

无锡锦绣轮毂有限公司现有3名辐射工作人员已佩戴个人剂量计，并每三个月送常州环宇信科环境检测有限公司进行个人剂量监测，参考近一年的检测报告结果表明现有辐射工作人员连续四个季度个人剂量监测结果均未出现超标情况。新补入人员李令江入职未满三个月，其个人剂量监测将会按照公司时间统一出具。在本项目运行前，将委托有资质单位对本项目新补入人员和辐射防护负责人进行个人剂量监测。个人剂量监测情况见表12-3（监测报告见附件6）。

表 12-3 个人剂量监测结果

序号	姓名	个人剂量当量 Hp (10) /mSv				年剂量当量 /mSv
		第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	
1	刘福军	0.0205	0.0238	0.0458	0.0207	0.1108
2	魏大奇	0.0205	0.0238	0.0205	0.0207	0.0855

注：企业提供的辐射工作人员个人剂量监测报告中，（2025）常环字检（剂）字第（1375）号、（2025）常环字检（剂）字第（2404）号、（2025）常环字检（剂）字第（5134）号和（2025）常环字检（剂）字第（5580）号四份报告不符合《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）“个人剂量监测技术服务机构在完成一个监测周期的监测任务后，在1个月内出具检测/检验报告”的规定，该检测结果无效，此处仅引用参考。企业应对检测单位提出要求，及时检测，避免出具无效报告。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年1月4日修正）和《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第55号）的要求，为保护辐射工作人员身体健康，企业每两年组织辐射工作人员进行健康体检。现已委托无锡锡山健安门诊部对3名辐射工作人员进行了职业健康体检，职业健康体检结果均可继续从事原放射工作。在本项目运行前，将委托无锡锡山健安门诊部对本项目新补入人员和辐射防护负责人进行职业健康体检。现有辐射相关工作人员职业健康体检结果见表12-4（体检报告见附件6）。

表 12-4 现有辐射相关工作人员职业健康体检结果

序号	姓名	体检报告日期	体检结果	备注
1	刘福军	2024.12.27	可继续从事原放射工作	/
2	魏大奇	2024.12.27	可继续从事原放射工作	/
3	李令江	2026.1.15	可继续从事原放射工作	/

企业已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。本项目运行后，公司应认真落实以上个人剂量监测及职业健康体检方案，安排本项目辐射工作人员定期进行个人剂量测量（1个月/次，最长不超过3个月/次）以及职业健康体检（两次检查的时间间隔不应超过2年），并妥善保管监测档案。

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第十二条“生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。”2024年7月无锡锦绣轮毂有限公司已委托江苏宁大卫防检测技术有限公司对建设单位辐射工作场所进行了年度检测（检测报告见附件12），2025年度由于设备搬迁，无法开展现场年度检测。无锡锦绣轮毂有限公司2025年度已按时在全国核技术利用辐射安全申报系统中上传年度评估报告。

本项目对监测方案及监测仪器提出如下要求：

1、监测方案

1) 请有资质的单位定期对本项目 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) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月）送有资质部门进行监测，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) X 射线实时成像检测装置进行作业时辐射安全管理人员定期对 X 射线实时成像检测装置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。

本项目辐射监测方案具体见表 12-5。

表 12-5 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 射线实时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装置顶部 30cm 处，至少包括有用线束到达范围的 5 个检测点； ⑤HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置底部； ⑥人员经常活动的位置； ⑦每次出束结束后，检测 X 射线实时成像检测装置防护门口，以确保射线装置已经停止工作。
	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	/

注：日常探伤过程中开启巡测仪。

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；无锡锦绣轮毂有限公司已配备 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪，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。

公司已于每年1月31日前提交上一年度的评估报告。

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

无锡锦绣轮毂有限公司已依据《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》的要求制定了辐射事故应急预案，明确建立了应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。公司制定的事故应急预案较全面，并具有一定的可行性，公司开展辐射活动至今，未发生过辐射安全事故。公司已定期（1次/年）组织应急人员对应急处理措施进行培训，并定期（1次/年）组织应急人员进行应急演练。

无锡锦绣轮毂有限公司应针对本项目可能产生的辐射事故情况完善辐射事故应急预案，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。

无锡锦绣轮毂有限公司应依据《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。

无锡锦绣轮毂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 辐射安全与防护分析结论

1.1 项目位置

无锡锦绣轮毂有限公司位于无锡市惠山区玉祁街道锦祁路19号。本项目所在厂区东侧为前巷河；南侧为沪蓉高速；西侧为无锡天宝电机有限公司；北侧为锦祁路。

本项目迁建的2台X射线实时成像检测装置拟建址均位于热工车间内，热工车间为一层建筑。HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置拟建址东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方为土层。HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置拟建址位于架空二层平台，东侧、南侧、西侧、北侧均为热工车间内部场所，上方无建筑，下方仅管道检修时方会通人。

本项目X射线实时成像检测装置周围50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置铅房、HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置铅房和两侧耳房实体边界作为本项目的控制区边界，在X射线实时成像检测装置表面外均已粘贴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。本项目拟将X射线实时成像检测装置外东侧、南侧、西侧、北侧各1m的范围区域（含操作台）作为辐射防护监督区，监督区边界拟设置地面警戒线，边界处竖立“无关人员禁止入内”警告牌和监督区标牌，并设置明显的电离辐射警示标志和警告标语，工作时无关人等不得靠近。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

无锡锦绣轮毂有限公司使用X射线实时成像检测装置对公司生产的轮毂进行无损检测以控制产品质量。本项目的建设将满足企业提高产品质量的需求，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，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和其他等有关因素之后，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）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.4辐射安全措施

本项目2台X射线实时成像检测装置操作台上均设有钥匙开关和紧急停机按钮，HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置内部已设置紧急停机按钮，拟在HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置内部设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。装置急停按钮旁已（拟）设置相应中文标识，确保出现紧急事故时，按下此按钮，关闭电源，能立即停止照射。本项目HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置工件门和HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置检修门均设计有门机联锁装置，两侧耳房内部运输小车均已设置联锁装置，只有在检修门和两侧耳房内部运输小车均完全关闭时X射线实时成像检测装置才能出束照射，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。本项目2台X射线实时成像检测装置顶部均设有“预备”和“照射”工作状态指示灯，装置表面外已张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明，两台装置已设置声音提示装置；定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效。本项目HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置表面、HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置表面及检修门外均已设置“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出入和逗留。本项目HS-XYD-160型X射线实时成像检测装置及HS-XYD-225型X射线实时成像检测装置铅房内均已设置有视频监控。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。

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

公司已成立辐射防护管理机构，将以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定和完善辐射安全管理制度。公司配备5名辐射工作人员，现有辐射工作人员均取得辐射安全培训合格成绩，新进辐射工作人员须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后方可正式上岗，辐射工作人员辐射安全培训成绩单到期后应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核方可上岗；公司应对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司已配备1台辐射巡测仪和4台个人剂量报警仪，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2台X射线实时成像检测装置通过自带铅板对X射线进行屏蔽。根据理论预测结果，本项目2台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。

2.2保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目X射线实时成像检测装置满功率运行时，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X射线实时成像检测装置在工作状态时，产生的X射线会使铅房内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，本项目2台X射线实时成像检测装置铅房内均未设置单独设置通风设施，HS-XYD-160型装置可通过开关工件门进行通风换气，HS-XYD-225型装置可通过开关装置两侧耳房内部防护门进行通风换气，同时利用厂房门窗进行换气，将臭氧和氮氧化物排出室外，臭氧在空气中50min可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对环境影响较小。

本项目辐射工作人员在工作过程中产生的生活污水进入公司污水管道，最终进入污水处理站处理，生活垃圾由公司统一收集，交给环卫部门清运，对周围环境影响较小。

3可行性分析

综上所述，无锡锦绣轮毂有限公司迁建2台X射线实时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》要求重新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)
辐射安全管理机构	公司已成立辐射安全管理机构,并以文件形式明确各成员职责。	公司已成立辐射安全管理机构,并以文件形式明确各成员职责。	/
辐射安全和防护措施	<p>本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽,装置尺寸为 1967mm(长)×1820mm(宽)×2056mm(高)。工件门所在面为东侧,铅房南侧屏蔽体为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板;东侧、西侧、北侧、顶部、底部屏蔽体为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板;工件门为 2mm 钢板+5mm 铅板+2mm 钢板,工件门为双开电动门;观察窗位于铅房北侧,采用 5mm 铅当量的铅玻璃;电缆孔处设置 5mm 铅板结构防护罩。</p> <p>本项目 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置采用铅房对 X 射线进行屏蔽,铅房外尺寸为 1920mm(长)×1450mm(宽)×1920mm(高,不含底部支柱的高度),铅房东西两侧各设一个耳房,单个耳房尺寸为 2140mm(长)×830mm(宽)×1240mm(高)。检修门所在面为南侧,装置南侧、北侧、底部屏蔽体为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板;东侧、西侧除门洞外的屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板;顶部屏蔽体为 2mm 钢板+14mmPb+2mm 钢板;南侧检修门为 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板、观察窗设计采用 8mmPb;装置两侧的耳房各侧屏蔽体(除门洞外)、充当防护门的运输小车南北侧(前后侧)箱体均设计采用 2mm 钢板+8mmPb+2mm 钢板;电缆孔处设置 8mm 铅板结构防护罩。</p>	X 射线实时成像检测装置周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”要求及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)中“关注点最高剂量率参考控制水平 2.5μSv/h”的要求。	利旧
	<p>本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置操作台及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置操作台上均设有钥匙开关和紧急停机按钮,HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置内部已设置紧急停机按钮,拟在 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置内部设置紧急停机按钮,确保出现紧急事故时,能立即停止照射。装置急停按钮旁已(拟)设置相应中文标识,确保出现紧急事故时,按下此按钮,关闭电源,能立即停止照射。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置工件门和 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置检修门均设计有门机连锁装置,两侧耳房内部运输小车均已设置连锁装置,</p>	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的相关要求。	利旧

	<p>只有在检修门和两侧耳房内部运输小车均完全关闭时 X 射线实时成像检测装置才能出束照射，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。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置顶部均设有“预备”和“照射”工作状态指示灯，装置表面外已张贴对“照射”和“预备”信号意义的说明，两台装置已设置声音提示装置；定期检查门-机联锁装置和工作状态指示灯，确保有效。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置表面、HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置表面及检修门外均已设置“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出入和逗留。本项目 HS-XYD-160 型 X 射线实时成像检测装置及 HS-XYD-225 型 X 射线实时成像检测装置铅房内均已设置有视频监控。</p> <p>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。</p>		
<p>人员 配备</p>	<p>公司配置 4 名辐射工作人员和 1 名辐射防护负责人。因人员变动，现有 2 名探伤操作人员离职，公司新增 2 名操作人员，其中一名新补入人员李令江已完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格，另一名新补入人员须完成生态环境部培训平台线上考核且成绩合格后，方可正式上岗。在新补入人员考核合格并上岗前，为保障作业安全，两台 X 射线实时成像装置禁止同时开机运行，须严格执行“单台装置操作时至少 2 名 X 射线探伤操作人员在岗”的作业要求。</p> <p>委托有资质的单位对 5 名辐射工作人员开展个人剂量检测，送检周期 3 个月 1 次，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。</p> <p>定期组织 5 名辐射工作人员（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）进行职业健康体检，并建立职业健康监护档案。</p>	<p>满足《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》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求。</p>	<p>2.5</p>
<p>监测 仪器 和防 护用 品</p>	<p>公司已配置 1 台 X-γ 辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪。</p>	<p>满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目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，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求。</p>	<p>利旧</p>

辐射 安全 管理 制度	<p>公司已根据相关标准要求,针对本项目制定一系列辐射安全管理制,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、事故应急制度等制度,公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充,并在今后运行中结合实际工作不断完善,使其具有较强的针对性和可操作性。</p>	<p>满足《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》中的有关要求,使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等,并有完善的辐射事故应急方案。</p>	/
----------------------	--	--	---

以上措施必须在项目运行前落实。