

2025-F-059

核技术利用建设项目

江苏友发钢管有限公司
新建 2 座固定式 X 射线探伤房项目
环境影响报告表

江苏友发钢管有限公司 (盖章)

2025 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

江苏友发钢管有限公司 新建 2 座固定式 X 射线探伤房项目 环境影响报告表

建设单位名称：江苏友发钢管有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：

通讯地址：江苏省常州市溧阳市上兴镇中兴大道 1 号

邮政编码：/

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	- 4 -
表 3	非密封放射性物质	- 4 -
表 4	射线装置	- 5 -
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）	- 6 -
表 6	评价依据	- 7 -
表 7	保护目标与评价标准	- 10 -
表 8	环境质量和辐射现状	- 13 -
表 9	项目工程分析与源项	- 17 -
表 10	辐射安全与防护	- 21 -
表 11	环境影响分析	- 25 -
表 12	辐射安全管理	- 33 -
表 13	结论与建议	- 36 -
表 14	审批	42

表 1 项目基本情况

建设项目名称		江苏友发钢管有限公司新建 2 座固定式 X 射线探伤房项目			
建设单位		江苏友发钢管有限公司			
法人代表姓名		董希标	联系人	/	联系电话 /
注册地址		常州市溧阳市上兴镇中兴大道 1 号			
项目建设地点		常州市溧阳市上兴镇中兴大道 1 号 5#管道加工车间Ⅱ区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）		/	项目环保总投资（万元）	/	投资比例（环保投资/总投资） /
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积（m ² ） 586
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			
	1 项目概述 1.1 建设单位基本情况 江苏友发钢管有限公司于 2018 年 11 月 22 日成立，注册地位于常州市溧阳市上兴镇中兴大道 1 号。公司经营范围包括新材料技术研发；建筑装饰、水暖管道零件及其他建筑用金属制品制造；安全、消防用金属制品制造；金属结构制造；金属结构销售；金属表面处理及热处理加工；金属废料和碎屑加工处理；专用化学产品销售（不含危险化学品）；颜料销售；金属材料销售等。 1.2 项目规模及任务由来 根据生产、检测需要，江苏友发钢管有限公司拟在 5#管道加工车间Ⅱ区新建 2 座				

固定式 X 射线探伤房（分别为 3420X 射线探伤房、4220X 射线探伤房），每座探伤房分别配备 1 台 XYD/450 型 X 射线实时成像系统（最大管电压为 450kV，最大管电流为 10mA，额定功率为 2000W），用于开展螺旋钢管焊缝及其制品的无损检测工作，钢管焊缝为环缝。3420X 射线探伤房检测工件长度最大约为 20000mm，直径最大约为 3420mm，厚度最大约 28mm；4220X 射线探伤房检测工件长度最大约为 13500mm，直径最大约为 4220mm，厚度最大约 28mm。

目前本项目 2 座固定式 X 射线探伤房地基已完成施工建设，地面部分未建设，设备未进场，常州市溧阳生态环境局针对江苏友发钢管有限公司该未批先建行为出具了行政处罚案件会议纪要（详见附件 7），根据会议纪要，由于本项目未对周围环境造成影响，也未引发周边群众投诉，同时江苏友发钢管有限公司积极主动完成环境影响评价工作，建议免于行政处罚。

江苏友发钢管有限公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，每座 X 射线探伤房分别配备 4 名辐射工作人员，拟采取两班制工作制。本项目每座探伤房周开机曝光时间约为 20 小时，年开机曝光时间各约为 1000 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见下表 1-1：

表 1-1 江苏友发钢管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	最大管电压 kV	最大管电流 mA	额定功率 W	射线装置 类别	工作场所名称	备注
1	XYD/450 型	1	450	10	2000	II	3420X 射线探 伤房	主射线朝下
2	XYD/450 型	1	450	10	2000	II	4220X 射线探 伤房	主射线朝下

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 II 类射线装置，应当编制环境影响报告表。受江苏友发钢管有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的环评工作。江苏玖清玖蓝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。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

江苏友发钢管有限公司位于常州市溧阳市上兴镇中兴大道与 104 国道交叉口东南侧，公司地理位置图见附图 1。公司东北侧为空地及河流，东南侧为空地，西南侧为空地。

地及 104 国道，西北侧为空地。公司平面布局及周围环境图见附图 3。

本项目 2 座固定式 X 射线探伤房均拟建于公司 5#管道加工车间Ⅱ区内。3420X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区东南部，探伤房拟建址东南侧为厂区道路、方管镀锌车间，西南侧为 2450 螺旋生产线空地及钢管存放区，西北侧为 2450 螺旋生产线运料区、终检区、平头区、水压区及预留 3PE 生产线，东北侧为 2450 螺旋生产线运料区及倒棱区，探伤室上方及下方均无建筑。4220X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区西北部，探伤房拟建址东南侧为成品库及预留 3PE 生产线、西南侧为 4220 螺旋生产线空地及运料区，西北侧为 4220 螺旋生产线运料区、平头区、水压区及 5#管道车间加工 I 区，东北侧为 4220 螺旋生产线运料区。探伤室上方及下方均无建筑。公司车间平面布局图见附图 4。

本项目 2 座 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内均没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。

3 单位原有核技术应用情况

本项目为该单位首次开展核技术利用项目。

4 实践正当性分析

本项目在运行期间将会产生电离辐射，可能会增加 2 座 X 射线探伤房拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活度种类	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 射线实时成像系统	II类	1	XYD/450 型	450	10	工业探伤	3420X 射线探伤房	主射线朝下，额定功率 2000W
2	X 射线实时成像系统	II类	1	XYD/450 型	450	10	工业探伤	4220X 射线探伤房	主射线朝下，额定功率 2000W

(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	/	无暂存	通过机械排风排入外环境，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	(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, 2015 年 1 月 1 日施行 (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, 2018 年 12 月 29 日起施行 (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》, 国家主席令第 6 号公布, 2003 年 10 月 1 日起施行 (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, 2020 年 9 月 1 日施行 (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 (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, 2019 年 3 月 2 日起施行 (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 (8)《关于发布射线装置分类的公告》, 环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年 第 66 号, 2017 年 12 月 6 日起施行 (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, 2021 年 1 月 4 日起施行 (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, 2011 年 5 月 1 日起施行 (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, 2006 年 9 月 26 日起施行 (12)《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第 9 号, 2019 年 11 月 1 日起施行 (13)《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》, 生
------	--

	态环境部公告 2019 年 第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 （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，2019 年 11 月 1 日起施行 （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，2019 年 11 月 1 日起施行 （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，2018 年 5 月 1 日起施行 （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 （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 （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 （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 （21）《江苏省自然资源厅关于溧阳市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函(2024)778 号
技术标准	（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016） （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》（HJ10.1-2016） （3）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022） （4）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） （5）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） （6）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） （7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022） （8）《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及修改单

其它	与本项目相关附件： (1) 项目委托书（附件 1） (2) 射线装置使用承诺书（附件 2） (3) 辐射防护屏蔽设计说明（附件 3） (4) X 射线管参数说明（附件 4） (5) 辐射环境现状检测报告复印件（附件 5） (6) 江苏省生态环境分区管控综合服务平台查询结果（附件 6） (7) 行政处罚案件会议纪要（附件 7）
----	--

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 2 座 X 射线探伤房墙体边界外 50m 区域。					
保护目标 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。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（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）、《江苏省自然资源厅关于溧阳市生态空间管控区域调整方案的复函》苏自然资函(2024)778 号，本项目评价范围不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域、溧阳市生态空间管控区域，本项目与与江苏省生态环境管控单元位置关系见附图 2-1、与常州市环境管控单元位置关系见附图 2-2。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。 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“三线一单”相关要求。本项目 2 座 X 射线探伤房周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，本项目保护目标主要为辐射工作人员、X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。					
表 7-1 本项目 2 座 X 射线探伤房拟建址评价范围内敏感保护目标情况一览表					
保护目标名称	保护目标位置	方位	最近距离	规模	环境保护要求
3420X 射线探伤房					
辐射工作人员	操作室	西南侧	紧邻	4 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	厂内道路	东南侧	约 8m	流动人员	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
	方管镀锌车间		约 33m	约 10 人	
	2450 螺旋生产线空地、钢管存放区	西南侧	紧邻	约 2 人	

	2450 螺旋生产线运料区、终检区、平头区、水压区及预留 3PE 生产线	西北侧	紧邻	约 5 人	
	2450 螺旋生产线运料区、倒棱区	东北侧	紧邻	约 2 人	
4220X 射线探伤房					
辐射工作人员	操作室	西南侧	紧邻	4 人	职业人员年剂量约束值 5mSv/a
公众	成品库、预留 3PE 生产线	东南侧	紧邻	约 2 人	公众人员年剂量约束值 0.1mSv/a
	4220 螺旋生产线空地、运料区	南南侧	紧邻	约 2 人	
	4220 螺旋生产线运料区、平头区、水压区	西北侧	紧邻	约 5 人	
	5#管道车间加工I区		约 26m	约 10 人	
	4220 螺旋生产线运料区	东北侧	紧邻	约 2 人	

评价标准

1 剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

/	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。

2 剂量约束值

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~0.3 mSv）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。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 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

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100μSv/周，对公众场所，其值应不大于5μSv/周；

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100μSv/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**100μSv/周**，对公众场所，其值应不大于**5μSv/周**。

(2) X射线探伤室墙和入口门外30cm处最高周围剂量当量率参考控制水平不大于**2.5μSv/h**。

(3) 本项目X射线探伤室顶部外表面30cm处的剂量率参考控制水平不大于**100μSv/h**（本项目探伤室顶部人员不可达）。

4 参考资料

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。

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。

[2]现状评价时,参考测值范围进行评价。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理和场所位置 江苏友发钢管有限公司位于常州市溧阳市上兴镇中兴大道与 104 国道交叉口东南侧，公司地理位置图见附图 1。公司东侧为空地及河流，南侧为空地，西侧为空地及 104 国道，北侧为空地，公司平面布局及周围环境图见附图 3。 本项目 2 座固定式 X 射线探伤房均拟建于公司 5#管道加工车间Ⅱ区内。3420X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区东南部，探伤房拟建址东南侧为厂区道路、方管镀锌车间，西南侧为 2450 螺旋生产线空地及钢管存放区，西北侧为 2450 螺旋生产线运料区、终检区、平头区、水压区及预留 3PE 生产线，东北侧为 2450 螺旋生产线运料区及倒棱区，探伤室上方及下方均无建筑。4220X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区西北部，探伤房拟建址东南侧为成品库及预留 3PE 生产线、西南侧为 4220 螺旋生产线空地及运料区，西北侧为 4220 螺旋生产线运料区、平头区、水压区及 5#管道车间加工Ⅰ区，东北侧为 4220 螺旋生产线运料区。探伤室上方及下方均无建筑。公司 5#管道加工车间Ⅱ区平面布局图见附图 4。 本项目 2 座 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。本项目 2 座 X 射线探伤房拟建址周围环境现状见图 8-1。	
	
3420X 射线探伤房拟建址东南侧（道路）	3420X 射线探伤房拟建址西南侧（拟建 2450 螺旋生产线空地）
	

3420X 射线探伤房拟建址西北侧（2450 螺旋 生产线运料区）	3420X 射线探伤房拟建址东北侧（拟建 2450 螺旋生产线运料区）
 3420X 射线探伤房拟建址处	
 4220X 射线探伤房拟建址东南侧（拟建成品 库）	 4220X 射线探伤房拟建址西南侧（拟建 4220 螺旋生产线空地）
 4220X 射线探伤房拟建址西北侧（拟建 4220 螺旋生产线运料区）	 4220X 射线探伤房拟建址东北侧（拟建 4220 螺旋生产线运料区）
 4220X 射线探伤房拟建址处	

图 8-1 本项目 2 座固定式 X 射线探伤房拟建址周围环境现状

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：2 座 X 射线探伤房拟建址及周围辐射环境

监测因子： γ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在 2 座 X 射线探伤房拟建址及周围布置监测点位，共计 10 个监测点位

3 检测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 检测方案

检测单位：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

检测仪器：FH40G 型多功能辐射测量仪(探头型号 FHZ672E-10)(设备编号:J0317, 检定有效期：2024 年 10 月 23 日~2025 年 10 月 22 日，检测范围：1nSv/h~100 μ Sv/h, 能量响应：48keV~4.4MeV)

环境条件：天气：晴 温度：24.0℃ 湿度：47.5%RH

检测项目： γ 辐射空气吸收剂量率

检测布点：在 2 座 X 射线探伤房拟建址及周围进行布点，具体点位见图 8-2

检测时间：2025 年 4 月 28 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：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

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，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 检测结果

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，详细检测结果见附件 5。

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目 2 座 X 射线探伤室拟建址及周围环境扣除仪器宇宙射线响应值后的室内辐射水平为（56.8~67.3）nGy/h，根据《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），江苏省扣除仪器宇宙射线响应值后的室内 γ 辐射水平为（50.7~129.4）nGy/h，本项目 2 座固定式 X 射线探伤房拟建址周围室内监测点位 γ 辐射水平处于江苏省环境天然 γ 辐射水平室内测值范围内，属于正常辐射水平。

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

根据生产、检测需要，江苏友发钢管有限公司拟在 5#管道加工车间Ⅱ区新建 2 座固定式 X 射线探伤房（分别为 3420X 射线探伤房、4220X 射线探伤房），每座探伤房分别配备 1 台 XYD/450 型 X 射线实时成像系统（最大管电压为 450kV，最大管电流为 10mA，额定功率为 2000W），用于开展螺旋钢管焊缝及其制品的无损检测工作，钢管焊缝为环缝，3420X 射线探伤房检测工件长度最大约为 20000mm，直径最大约为 3420mm，厚度最大约 28mm；4220X 射线探伤房检测工件长度最大约为 13500mm，直径最大约为 4220mm，厚度最大约 28mm。

本项目 X 射线实时成像系统主要由 X 射线管、射线管架、平板探测器等构成，其结构示意图见图 9-1，XYD/450 型 X 射线实时成像系统外观详见图 9-2。本项目 2 台 X 射线实时成像系统 X 射线管出束角均为 40°，在竖直方向可移动，水平方向不可移动。2 座 X 射线实时成像系统 X 射线有用线束照射区域详见图 9-3、图 9-4。

3420X 探伤室内 X 射线实时成像系统距东南侧屏蔽体距离为 2500mm，距西南侧屏蔽体距离为 25985mm，距西北侧屏蔽体最近距离为 2000mm，距东北侧屏蔽体距离为 21015mm，在竖直方向移动范围为 3700mm，距顶部屏蔽体最近距离为 1035mm，距底部屏蔽体最近距离为 2306mm。

4220X 探伤室内 X 射线实时成像系统距东南侧屏蔽体距离为 2250mm，距西南侧屏蔽体距离为 18935mm，距西北侧屏蔽体最近距离为 3290mm，距东北侧屏蔽体距离为 15000mm，在竖直方向移动范围为 4500mm，距顶部屏蔽体最近距离为 835mm，距底部屏蔽体最近距离为 2391mm。

2 工作原理

2.1 X 射线产生工作原理

X 射线实时成像系统核心部件是 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 9-5。

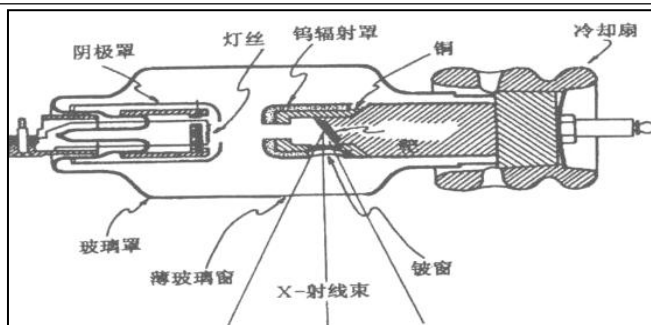


图 9-5 典型的 X 射线管结构图

2.2 X 射线实时成像系统原理

X 射线实时成像系统基本原理是 X 射线管中加速的电子撞击阳极靶产生 X 射线，X 射线穿透被测工件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 射线实时成像系统工作原理示意图见图 9-6。

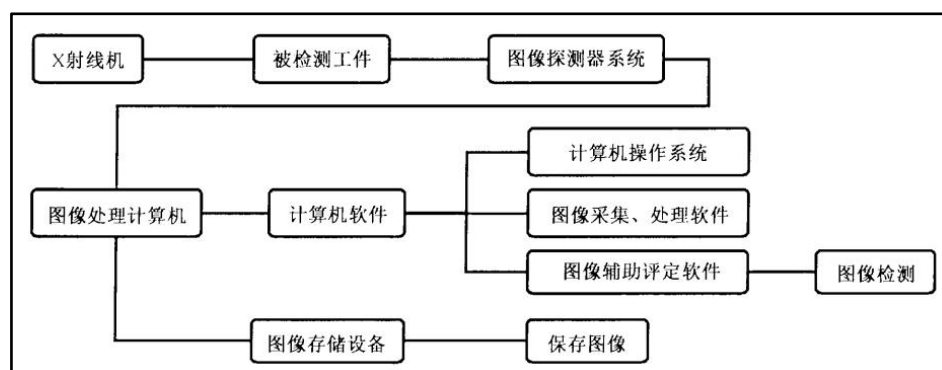


图 9-6 典型 X 射线实时成像工作原理图

3 X 射线实时成像系统工作流程及产污环节

被探伤工件按照探伤作业计划，通过工件门外运料区辊道运至相应的 X 射线探伤室内，探伤室内工件通过探伤室底部轨道上的小车移动至探伤位置。辐射工作人员完成探伤前各项准备工作及清场后，在操作室处进行隔室操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

（1）辐射工作人员在开展检测工作前对其作业的 X 射线探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等安全防护措施是否运行正常，确认所有辐射防护措施均有效后可开启检测工作；

（2）被探伤工件按照探伤作业计划，通过工件门运至相应的 X 射线探伤室内；

(3) 清场, 确认无人后, 关闭工件门, 人员从迷道离开其作业的 X 射线探伤室并关闭人员门;

(4) 辐射工作人员在操作台调整 X 射线管到合适高度后固定, 然后开启 X 射线成像系统进行无损检测, 检测过程中, X 射线机处于持续工作状态, 螺旋焊管的检测通过工件车与辊轮的同步运行完成检测 (螺旋焊管逐渐通过 X 射线管, 直至螺旋焊管检测完成), 其间 X 射线管的位置不移动, 通过操作台处的显像器对被检工件的缺损状况进行辨别, 曝光过程中会产生 X 射线和少量的 O_3 、 NO_x ;

(5) 达到预定照射时间和曝光量后关闭曝光功能, 曝光结束;

(6) 辐射工作人员从人员门进入其作业的 X 射线探伤室, 打开工件门, 将被探伤工件运出 X 射线探伤室。

本项目 X 射线数字成像系统工艺流程及产污环节分析示意图见图 9-7。

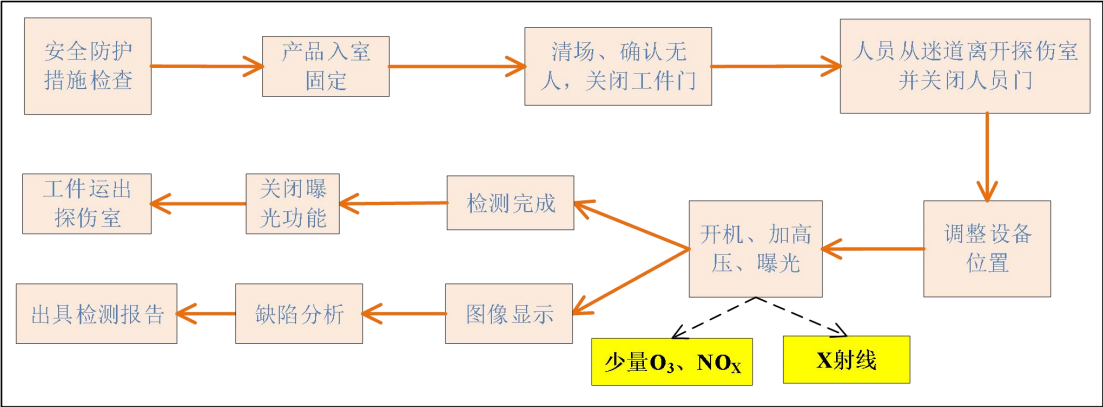


图 9-7 X 射线数字成像系统工作流程及产污环节分析示意图

4 工作人员配置及工作机制

江苏友发钢管有限公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员, 每座 X 射线探伤房分别配备 4 名辐射工作人员, 拟采取两班制工作制。每班每座探伤房周开机曝光时间约为 10 小时, 年开机曝光时间约为 500 小时, 每座探伤房周开机曝光时间共约 20 小时, 年开机曝光时间共约 1000 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由 X 射线实时成像系统的工作原理可知, X 射线是随检测装置的开、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, 本项目工作期间 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。根据生产销售单位丹东恒隆科技有限公司提供的 X 射线管参数说明（见附件 4），本项目 2 台由 X 射线实时成像系统 X 射线管滤过材料均采用 5mmAl，X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的输出量均为 $26.44\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，具体参数见表 9-1。

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。参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）表 1，本项目 450kV 的 X 射线管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

散射辐射：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，根据散射能量计算公式 $E=E_0/(1+E_0/0.511\times(1-\cos\alpha))$ 得到 450kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线约为 240kV（E、 E_0 ：分别为散射和入射 X 射线能量，单位取 MeV； α ：为散射角度，本项目取 90° ），保守取 250kV。

表 9-1 本项目 X 射线实时成像系统参数一览表

设备型号	XYD/450 型 X 射线实时成像系统
最大管电压	450kV
最大管电流	10mA
额定功率	2000W
X 射线管出束角均为	40°
X 射线机的发射率常数	$26.44\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$
泄漏辐射剂量率	$5\times 10^3\mu\text{Sv/h}$
90° 散射后能量	250kV

2 非放射性污染源分析

本项目 X 射线实时成像系统在工作状态时，产生的 X 射线会使空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ）。

本项目辐射工作人员在工作过程中将产生生活污水和一般生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

1 项目布局及分区合理性分析

江苏友发钢管有限公司拟建的 2 座固定式 X 射线探伤房均包括探伤室及操作室，2 座探伤房中 X 射线实时成像系统主射线均朝下照射，操作室均位于探伤室西南侧，避开了 X 射线主射线方向。本项目 2 座 X 射线探伤房布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于操作室避开有用线束方向及操作室与探伤室分开设置的要求，本项目布局设计合理。

本项目拟将 2 座 X 射线探伤室作为辐射防护控制区，在工作门外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；将 2 座 X 射线探伤房操作室作为本项目辐射防护监督区，在监督区出入口处设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。本项目平面布局及分区图见图 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。

2 辐射屏蔽设计

本项目 2 座 X 射线探伤房屏蔽防护设计见表 10-1、表 10-2，屏蔽设计图见附图 5-1、附图 5-2。

表 10-1 本项目 3420X 射线探伤房屏蔽设计参数一览表

探伤房名称	3420X 射线探伤房
规格尺寸（内净）	47.0m(长)×4.50m（宽）×5.4m（高）（0.000 层地面以上） 40.0m(长)×3.45m（宽）×1.041m（高）（0.000 层地面以下）
四周墙体	探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼，迷道内墙拟采用 400mm 砼
顶部	拟采用 600mm 砼
工件门	拟采用 10mmPb+6mmFe
人员门	拟采用 10mmPb+6mmFe
通风管道	探伤室东南墙拟采用 U 型地下穿墙通风管道， 通风管道直径 273mm，埋地深度为 450mm
电缆管道	探伤室西南墙拟采用 U 型地下穿墙电缆管道， 电缆管道直径 165mm，埋地深度为 450mm
防护门门洞	工件门门洞为 3.7m 宽×4.0m 高，工件门为 3.9m 宽×4.3m 高； 工件门左右各搭接 100mm，上搭接 100mm，下搭接 200mm； 人员门门洞 0.8m 宽×1.9m 高，人员门 1.0m 宽×2.1m 高； 人员门左右各搭接 100mm，上下各搭接 100mm； 防护门与墙体缝隙宽度小于 10mm

表 10-2 本项目 4220X 射线探伤房屏蔽设计参数一览表

探伤房名称	4220X 射线探伤房
规格尺寸（内净）	33.935m(长)×5.54m（宽）×6.0m（高）（0.000 层地面以上） 27.0m(长)×4.00m（宽）×1.126m（高）（0.000 层地面以下）
四周墙体	探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼，迷道内墙拟采用 600mm 砼
顶部	拟采用 600mm 砼
工件门	拟采用 10mmPb+6mmFe
人员门	拟采用 10mmPb+6mmFe
通风管道	探伤室东南墙拟采用 U 型地下穿墙通风管道， 通风管道直径 273mm，埋地深度为 450mm
电缆管道	探伤室西南墙拟采用 U 型地下穿墙电缆管道， 电缆管道直径 165mm，埋地深度为 450mm
防护门门洞	工件门门洞为 4.5m 宽×4.8m 高，工件门为 4.72m 宽×5.1m 高； 工件门左右各搭接 110mm，上搭接 100mm，下搭接 200mm； 人员门门洞 0.8m 宽×1.9m 高，人员门 1.0m 宽×2.1m 高； 人员门左右各搭接 100mm，上下各搭接 100mm； 防护门与墙体缝隙宽度小于 10mm

3 辐射安全措施设计

为确保辐射安全，保障 X 射线实时成像系统安全运行，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保护措施。

3.1 辐射防护措施

（1）2 座探伤房的探伤室工件门及人员门均拟设置门机联锁装置，即操作台或 X 射线管头组装体上的接口与防护门联锁，只有当工件门及人员门完全关闭后才能开机检测。在检测过程中，工件门及人员门被意外打开时，射线管能立刻停止出束。本项目 2 座探伤室工件门和人员门均为电动门，2 座探伤室工件门及人员门内侧墙体均拟设置紧急开门开关以方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。

（2）2 座探伤房探伤室的工件门、人员门上方及探伤室内均拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，X 射线实时成像系统工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近探伤室或在探伤室外做不必要的逗留。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开，“预备信号”和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

（3）2 座探伤房的探伤室拟设置照射状态指示装置与 X 射线实时成像系统进行联锁。

（4）2 座探伤房探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。

(5) 2 座探伤房探伤室工件门及人员门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明, 提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。

(6) 拟在 3420X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 8 个紧急停机按钮, 西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮; 拟在 4220X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 6 个紧急停机按钮, 西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。本项目紧急停机按钮的设置能够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。紧急停机按钮拟设置标签, 标明使用方法。

(7) 2 座探伤房操作台处均拟设置钥匙开关, 只有在打开操作台钥匙开关后, X 射线探伤机才能出束; 钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

(8) 2 座探伤室迷道内墙西南侧均拟设置辐射探测报警装置, 在操作台处拟设置专用的显示屏。

(9) 2 座探伤房探伤室内北侧角落、南侧角落及工件门外侧各拟设置 1 个视频监控, 在操作台处拟设置专用的监视器, 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 2 座固定式 X 射线探伤房辐射安全与防护措施分布见附图 6-1、附图 6-2。

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 2 座探伤室进行检查, 重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常。

(2) 辐射工作人员正常使用 2 座探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

(3) 辐射工作人员在进入 2 座探伤室时, 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, 辐射工作人员应立即退出探伤室, 同时防止其他人进入探伤室, 并立即向辐射防护负责人报告。

(4) 辐射工作人员拟定期测量 2 座探伤室外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

(5) 交接班或当班使用便携式 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, 则不应开始探伤工作。

(6) 在每一次照射前, 辐射工作人员都拟确认对应探伤室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。

(7) 公司拟对使用的 X 射线实时成像系统维护负责, 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

当 X 射线实时成像系统不再使用时, 应实施退役程序。

(1) X 射线实时成像系统的 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) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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 X 射线实时成像系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物, 臭氧和氮氧化物可通过探伤房内机械通风排入外环境。

本项目 3420X 射线探伤室体积约为 1286m³, 通风装置的通风量拟设置为 4500 m³/h, 每小时能进行 3 次有效换气, 4220X 射线探伤室体积约为 1250m³, 通风装置的通风量拟设置为 4500m³/h, 每小时能进行 3 次有效换气, 2 座探伤房均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中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 左右可自行分解为氧气, 对环境影响较小。

本项目 3420X 射线探伤房东南墙外及所在 5#管道加工车间 II 区东南墙外均设置排风口, 排放口离地高度均为 5m, 探伤室内的臭氧和氮氧化物通过通风口最终排放至车间外道路, 通风口设置已避开人员密集区。

本项目 4220X 射线探伤房排风口位于探伤室东南墙外, 排放口离地高度 5m, 探伤室内的臭氧和氮氧化物通过通风口排入车间内成品库, 成品库少有人作业, 通风口设置已避开人员密集区。

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 2 座固定式 X 射线探伤房均包括探伤室、操作室，施工时对环境会产生如下影响：

(1) 大气：本项目在建设施工期需进行的挖掘地基、混凝土浇筑等作业，各种施工将产生地面扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。针对上述大气污染采取以下措施：a.及时清扫施工场地，并保持施工场地一定的湿度；b.车辆在运输建筑材料时尽量采取遮盖、密闭措施，以减少沿途抛洒；c.施工路面保持清洁、湿润，减少地面扬尘。

(2) 噪声：整个建筑施工阶段，建筑设备在运行中将产生不同程度的噪声，对周围环境造成一定的影响。在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，委托有资质的单位清运，并做好清运工作中的装载工作，防止建筑垃圾在运输途中散落。

(4) 废水：项目施工期间，有一定量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水进行初级沉淀处理，用于施工场地泼洒或水泥砂浆的配制。施工人员在施工过程中将产生生活污水，拟排入城市污水管网。

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，将施工期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 2 座 X 射线探伤室内均拟配备 1 台 XYD/450 型 X 射线实时成像系统（最大管电压 450kV，最大管电流 10mA，额定功率为 2000W），用于开展螺旋钢管焊缝及其制品的无损检测工作，钢管焊缝为环缝。3420X 射线探伤房检测工件长度最大约为 20000mm，直径最大约为 3420mm，厚度最大约 28mm；4220X 射线探伤房检测工件长度最大约为 13500mm，直径最大约为 4220mm，厚度最大约 28mm。

2 台 X 射线实时成像系统 X 射线管出束角均为 40°，在竖直方向可移动，水平方向不可移动。3420X 探伤室内 X 射线实时成像系统距东南侧屏蔽体距离为 2500mm，

距西南侧屏蔽体距离为 25985mm，距西北侧屏蔽体最近距离为 2000mm，距东北侧屏蔽体距离为 21015mm，在竖直方向移动范围为 3700mm，距顶部屏蔽体最近距离为 1035mm，距底部屏蔽体最近距离为 2306mm。

4220X 探伤室内 X 射线实时成像系统距东南侧屏蔽体距离为 2250mm，距西南侧屏蔽体距离为 18935mm，距西北侧屏蔽体最近距离为 3290mm，距东北侧屏蔽体距离为 15000mm，在竖直方向移动范围为 4500mm，距顶部屏蔽体最近距离为 835mm，距底部屏蔽体最近距离为 2391mm。

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（功率为 2000W 下，450kV 电压下对应电流为 4.44mA）进行预测。因 2 台 X 射线实时成像系统工作时主射线均朝底部照射，探伤室下方为土层，X 射线管出束角为 40°，在竖直方向可移动，水平方向不可移动，由图 9-3 及图 9-4 可知，有用线束无法照射到两侧墙体，故计算时不再预测有用线束影响，本次评价仅对 2 座 X 射线探伤房探伤室的四周墙体、顶部及防护门按照非有用线束照射进行预测计算，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 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

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

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；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B ：屏蔽透射因子，因《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中图 B.1 及 B.2 无本项目参数对应的屏蔽透射曲线，取值参考《辐射安全手册》中的表 6.7，通过插值得到对应 450kV 管电压下铅和混凝土的 TVL，然后按公式（11-2）计算得出：

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

②散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (11-3)$$

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 ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，；

B ：屏蔽透射因子，按《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，然后按公式（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。

1.2 参考点的年剂量水平估算公式

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (11-4)$$

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

本项目 3420X 射线探伤房、4220X 射线探伤房屏蔽计算结果见表 11-1、表 11-2。
本项目关注点计算点位图见附图 5-1、附图 5-2。

由表 11-1 中计算结果可知，当本项目 3420X 射线探伤房内 XYD/450 型 X 射线实时成像系统在满功率运行时，3420X 射线探伤房四周屏蔽体、顶部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $0.975\mu\text{Sv/h}$ ，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“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。

由表 11-2 中计算结果可知，当本项目 4220X 射线探伤房内 XYD/450 型 X 射线实时成像系统在满功率运行时，4220X 射线探伤房四周屏蔽体、顶部屏蔽体及防护门外 30cm 处的最大辐射剂量率约为 $1.852\mu\text{Sv/h}$ ，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“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。

2.2 天空反散射影响分析

本项目 3420X 射线探伤室内 X 射线实时成像系统在预测条件下运行时，探伤室顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.012\mu\text{Sv/h}$ ，叠加探伤室四周各关注点最大辐射剂量率 $0.975\mu\text{Sv/h}$ 后，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。

4220X 射线探伤室内 X 射线实时成像系统在预测条件下运行时，由于顶部屏蔽体上方 30cm 处的最大辐射剂量率为 $0.015\mu\text{Sv/h}$ ，叠加探伤室四周各关注点最大辐射剂量率 $1.852\mu\text{Sv/h}$ 后，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。

综上，本项目 2 座 X 射线探伤室天空反散射均能够满足“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。

2.3 迷道散射辐射影响分析

本项目 2 座 X 射线探伤室均采用“L”型外迷道设计，利用散射降低人员门口处的辐射水平，避免 X 射线直接照射迷道入口，迷道及射线进入迷道后散射示意图见图 11-1，由图可知本项目 2 座 X 射线探伤室内 X 射线散射路径均为 O-A-B-C，至少经过 3 次散射后方能达到迷道入口处。根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断本项目 2 座探伤房迷道入口人员门处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.4 通风管道、电缆管道、防护门缝隙处辐射防护评价

本项目 2 座 X 射线探伤室通风管道直径均为 273mm，管道埋地深均约 450mm，通风管道的设置未破坏探伤室的屏蔽墙体；2 座 X 射线探伤室电缆管道直径均为 165mm，管道埋地深均约 450mm，电缆管道的设置未破坏探伤室的屏蔽墙体。X 射线经过 U 型埋地管道至少会经过 4 次散射到达管道口处，根据《辐射防护导论》第 189 页“实例证明，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全”，可推断管道口处的辐射剂量率能够满足标准要求。通风管道、电缆管道散射示意图见图 11-2。

本项目 3420X 射线探伤室工件门门洞为 3.7m 宽×4.0m 高，工件门为 3.9m 宽×4.3m 高；工件门左右各搭接 100mm，上搭接 100mm，下搭接 200mm；人员门门洞 0.8m 宽×1.9m 高，人员门 1.0m 宽×2.1m 高；人员门左右各搭接 100mm，上下各搭接 100mm；防护门与墙体缝隙宽度小于 10mm。

本项目 4220X 射线探伤室工件门门洞为 4.5m 宽×4.8m 高，工件门为 4.72m 宽×5.1m 高；工件门左右各搭接 110mm，上搭接 100mm，下搭接 200mm；人员门门洞 0.8m 宽×1.9m 高，人员门 1.0m 宽×2.1m 高；人员门左右各搭接 100mm，上下各搭接 100mm；防护门与墙体缝隙宽度小于 10mm。

本项目 2 座 X 射线探伤室工件门、人员门与墙体重叠部分不小于工件门、人员门与墙体缝隙宽度的 10 倍，射线经过多次散射后才能出门缝隙，可推断 2 座 X 射线探伤室防护门缝隙处的辐射剂量率能够满足标准要求。

2.5 评价范围内叠加辐射影响

本项目 3420X 射线探伤房西北侧评价范围与 4220X 射线探伤房东南侧评价范围存在重叠部分，重叠部分 3420X 射线探伤房辐射影响保守取西北墙外 30cm 处辐射剂量率，即 0.006 μ Sv/h，4220X 射线探伤房辐射影响保守取东南墙外 30cm 处辐射剂量率，即 0.005 μ Sv/h，两者叠加后保守为 0.011 μ 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“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。

3 年有效剂量估算

3.1 3420X 射线探伤房周围辐射工作人员及公众年有效剂量估算

本项目 3420X 射线探伤房辐射工作人员为射线装置操作人员，工作时位于探伤室西南侧操作台处进行操作，公众主要为 3420X 射线探伤室拟建址周围 50m 评价范围内的人员。公司拟为 3420X 射线探伤房配备 4 名辐射工作人员，拟采取两班制工作

制。每班制探伤房周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时，探伤房周开机曝光时间共约 20 小时，年开机曝光时间共为 1000 小时。根据表 11-1 估算结果代入公式（11-4），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。

从表 11-4 中预测结果可以看出，本项目 3420X 射线探伤室周围辐射工作人员周有效剂量为 $0.001\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为 $0.609\mu\text{Sv}$ ，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 $5\mu\text{Sv}$ 。

从表 11-5 中预测结果可以看出，本项目 3420X 射线探伤室周围辐射工作人员年有效剂量为小于 0.001mSv ；公众年有效剂量最大值为 0.030mSv ，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 。

3.2 4220X 射线探伤室周围辐射工作人员及公众年有效剂量估算

本项目 4220X 射线探伤室辐射工作人员为射线装置操作人员，工作时位于探伤室南侧操作台处进行操作，公众主要为 4220X 射线探伤室拟建址周围 50m 评价范围内的人员。公司拟为 4220X 射线探伤房配备 4 名辐射工作人员，拟采取两班制工作制。每班探伤房周开机曝光时间约为 10 小时，年开机曝光时间约为 500 小时，探伤房周开机曝光时间共约 20 小时，年开机曝光时间共约 1000 小时。根据表 11-2 估算结果代入公式（11-4），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。

从表 11-6 中预测结果可以看出，本项目 4220X 射线探伤室周围辐射工作人员周有效剂量为 $0.001\mu\text{Sv}$ ；公众周有效剂量最大值为 $1.158\mu\text{Sv}$ ，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 $5\mu\text{Sv}$ 。

从表 11-11 中预测结果可以看出，本项目 4220X 射线探伤室周围辐射工作人员年有效剂量小于 0.001mSv ；公众年有效剂量最大值为 0.058mSv ，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 。

4 三废治理评价

本项目 3420X 射线探伤室体积约为 1286m^3 ，通风装置的通风量拟设置为 $4500\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时能进行约 3 次有效换气，4220X 射线探伤室体积约为 1250m^3 ，通风装置

的通风量拟设置为 4500m³/h，每小时能进行约 3 次有效换气，2 座探伤房均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中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 左右可自行分解为氧气，对环境的影响较小。

本项目 3420X 射线探伤房东南墙外及所在 5#管道加工车间 II 区东南墙外均设置排风口，排放口离地高度均为 5m，探伤室内的臭氧和氮氧化物通过通风口最终排放至车间外道路，通风口设置已避开人员密集区。

本项目 4220X 射线探伤房排风口位于探伤室东南墙外，排放口离地高度 5m，探伤室内的臭氧和氮氧化物通过通风口排入车间内成品库，成品库少有人作业，通风口设置已避开人员密集区。

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。

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曝光时才产生 X 射线，因此，X 射线探伤事故多为开机误照事故，主要有：

（1）由于安全联锁装置失灵，导致工件门及人员门未关闭时人员开机工作受到误照射。由于安全联锁装置失灵，导致在探伤过程中，防护门被意外打开时不能立刻停止出束。

（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。

（3）二人作业，配合失误受照。两个人一起作业时，一人放置待测工件，而另一人却仍误开机导致人员受到误照射。

2 辐射事故预防措施

江苏友发钢管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、便携式 X- γ 剂量率仪等监测仪器，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 辐射事故处置方法

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，根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，辐射事故可分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。本项目拟使用的 X 射线实时成像系统属于 II 类射线装置，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 射线实时成像系统,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。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

江苏友发钢管有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员(其中 1 名人员兼职作为辐射防护负责人),每座 X 射线探伤房分别配备 4 名辐射工作人员,拟采取两班制工作制。辐射工作人员均应参加并通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核,兼任辐射防护负责人的辐射工作人员还应通过“辐射安全管理”类的线上考核,考核合格后方可上岗。

辐射安全管理规章制度

本项目为新建项目,江苏友发钢管有限公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中相关要求制定一系列辐射安全管理制度,包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度和事故应急预案等。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议:

探伤操作规程:明确辐射工作人员的资质条件要求,明确 X 射线实时成像系统设备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 射线实时成像系统设备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、探伤工作人员、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。

辐射防护和安全保卫制度:根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度,重点是 X 射线实时成像检测装置设备的运行和维修时辐射安全管理。

设备检修维护制度:明确 X 射线实时成像系统设备及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 射线实时成像系统设备与剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

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

监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。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部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，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部门报告。

台账管理制度：对 X 射线实时成像系统设备使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对 X 射线实时成像系统设备使用进行严格管理。

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》的要求，必须明确建立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。当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在 1 小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

辐射监测

公司新建 2 座 X 射线探伤房，每座探伤房分别配备 1 台 XYD/450 型 X 射线实时成像系统，使用的 X 射线实时成像系统属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》，本项目须配置至少 2 台环境辐射剂量巡测仪，以满足射线装置日常运行时，对装置周围 X 射线的辐射泄漏和散射的巡测。

公司拟为本项目配备 2 台环境辐射剂量巡测仪及 4 台个人剂量报警仪，能够满足审管部门对于监测仪器配备的要求。

公司拟每年请有资质的单位对辐射工作场所和周围环境的辐射水平进行监测；在开展探伤作业时，公司拟定期对 2 座 X 射线探伤房周围的辐射水平进行监测，并做相关记录；本项目辐射工作人员拟佩带个人剂量计监测累积剂量，定期（最长不超过 3 个月/次）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）安排辐射工作人员进行职业健康体检，并建立职业健康档案。公司拟每年对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前提交上一年度的评估报告。辐射监测方案见表 12-1。

落实以上措施后，公司安全管理措施能够满足辐射安全的要求。

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
2 座 X 射线探伤房	X-γ周围剂量当量率	竣工验收监测，委托有资质的单位进行	1 次	①四周墙外 30cm 离地高度 1m 处，每个墙面至少测 3 个点；
		场所年度监测，委托有资质的单位进行	1 次/年	②防护门外 30cm 处离地高度 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各一个点；
		定期自行开展辐射监测	1 次/月	③操作位处； ④电缆口、通风口处； ⑤周围保护目标处。
辐射工作人员	个人剂量监测	委托有资质的单位进行	每 3 个月/次	/

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，江苏友发钢管有限公司拟针对射线探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容应包括：

- （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）辐射事故分级与应急响应措施；
- （4）辐射事故调查、报告和处理程序；
- （5）辐射事故信息公开、公众宣传方案。

江苏友发钢管有限公司拟依据《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，明确建立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。公司拟组织应急人员对应急处理措施进行培训，并组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事故应急方案，采取必要防范措施，在1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，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，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司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。

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

江苏友发钢管有限公司位于常州市溧阳市上兴镇中兴大道与 104 国道交叉口东南侧。公司东北侧为空地及河流，东南侧为空地，西南侧为空地及 104 国道，西北侧为空地。

本项目 2 座固定式 X 射线探伤房均拟建于公司 5#管道加工车间Ⅱ区内。3420X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区东南部，探伤房拟建址东南侧为厂区道路、方管镀锌车间，西南侧为 2450 螺旋生产线空地及钢管存放区，西北侧为 2450 螺旋生产线运料区、终检区、平头区、水压区及预留 3PE 生产线，东北侧为 2450 螺旋生产线运输区及倒棱区，探伤室上方及下方均无建筑。4220X 射线探伤房位于 5#管道加工车间Ⅱ区西北部，探伤房拟建址东南侧为成品库及预留 3PE 生产线、西南侧为 4220 螺旋生产线空地及运料区，西北侧为 4220 螺旋生产线运料区、平头区、水压区及 5#管道车间加工 I 区，东北侧为 4220 螺旋生产线运料区。探伤室上方及下方均无建筑。

本项目 2 座 X 射线探伤房拟建址周围 50m 范围内均没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及 X 射线探伤房拟建址周围评价范围内的公众。

1.2 项目分区及布局

本项目拟将 2 座 X 射线探伤室作为辐射防护控制区，在工件门外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；将 2 座 X 射线探伤房操作室作为本项目辐射防护监督区，在监督区出入口处设置明显的电离辐射警示标志、警告标语及表明监督区的标牌，工作时无关人等不得进入。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 产业政策符合性和实践正当性分析

本项目利用 X 射线实时成像系统对钢结构件进行无损检测工作，对照《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令第 7 号）的相关规定，本项目不属于

限制类、淘汰类，故本项目符合国家现行产业政策。

本项目的建设将满足企业的需求，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，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。

1.4 辐射安全措施

本项目 2 座探伤室工件门及人员门均拟设置门机联锁装置；探伤室工件门、人员门上方及探伤室内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；探伤室拟设置照射状态指示装置与 X 射线实时成像系统进行联锁；探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明；探伤室工件门及人员门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；拟在 3420X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 8 个紧急停机按钮，西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮；拟在 4220X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 6 个紧急停机按钮，西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮；2 座探伤房操作台处拟设置钥匙开关；2 座探伤室迷道内墙西南侧均拟设置辐射探测报警装置；2 座探伤房探伤室内北侧、南侧及工件门外侧各拟设置 1 个视频监控，在操作台处拟设置专用的监视器。

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 要求对探伤室进行检查，重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常；辐射工作人员正常使用探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施；辐射工作人员在进入探伤室时，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；辐射工作人员拟定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X- γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认对应探伤室内没有人员驻留并关闭防护门；公司拟对使用的 X 射线实时成像系统维护负责，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。

当 X 射线实时成像系统不再使用时，应实施退役程序。X 射线实时成像系统的 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；清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

江苏友发钢管有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。同时拟制定各项辐射安全管理制度。公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，考核合格后方可上岗，辐射工作人员考核合格证明到期后，应当参加并通过生态环境部培训平台上的线上考核后方可再次上岗。公司拟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。

公司拟为本项目配备 2 台环境辐射剂量巡测仪和 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 环境影响分析结论

2.1 辐射防护影响预测

本项目 3420X 射线探伤房探伤室内地上净尺寸为 47.0m(长)×4.5m(宽)×5.4m(高)，地下净尺寸为 40.0m(长)×3.45m(宽)×1.041m(高)，探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼，顶部墙体拟采用 600mm 砼，迷道内墙拟采用 400mm 砼，工件门和人员们均拟采用 10mmPb+6mmFe。

4220X 射线探伤房探伤室内地上净尺寸为 33.935m(长)×5.54m(宽)×6.0m(高)，地下净尺寸为 27.0m(长)×4.00m(宽)×1.126m(高)，探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼，顶部墙体拟采用 600mm 砼，迷道内墙拟采用 600mm 砼，工件门和人员们均拟采用 10mmPb+6mmFe。

根据理论预测结果，本项目 2 座 X 射线探伤房运行后探伤室周围的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)的辐射剂量率限值要求。

2.2 保护目标剂量

根据理论预测结果，本项目 2 座探伤房投入运行后辐射工作人员和周围公众年

有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目的剂量约束值要求: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; 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。

2.3 三废处理处置

本项目 X 射线实时成像系统工作时产生的 X 射线可使空气电离从而产生少量臭氧和氮氧化物, 臭氧和氮氧化物可通过探伤房内机械通风排入外环境, 臭氧在常温下 50min 左右可自行分解为氧气, 对环境影响较小。

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 可行性分析结论

综上所述, 江苏友发钢管有限公司新建 2 座固定式 X 射线探伤房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) 项目建成投入运行前应根据《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, 并在许可范围内从事探伤工作。
- 2) 该项目运行后, 应严格遵循操作规程, 加强对操作人员的培训, 杜绝麻痹大意思想, 以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响, 使对环境的影响降低到最低。
- 3) 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。
- 4) 公司应按照《建设项目环境保护管理条例》规定及时进行竣工环保验收。

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	公司拟成立辐射安全管理机构,并以文件形式明确各成员职责。	满足《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的要求。	/
辐射安全防护措施	3420X 射线探伤房探伤室内地上净尺寸为 47.0m(长)×4.5m(宽)×5.4m(高),地下净尺寸为 40.0m(长)×3.45m(宽)×1.041m(高),探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼,顶部墙体拟采用 600mm 砼,迷道内墙拟采用 400mm 砼,工件门和人员们均拟采用 10mmPb+6mmFe。 4220X 射线探伤房探伤室内地上净尺寸为 33.935m(长)×5.54m(宽)×6.0m(高),地下净尺寸为 27.0m(长)×4.00m(宽)×1.126m(高),探伤室四周墙体均拟采用 600mm 砼,顶部墙体拟采用 600mm 砼,迷道内墙拟采用 600mm 砼,工件门和人员们均拟采用 10mmPb+6mmFe	探伤房表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《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“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。	200
	本项目 2 座探伤室工件门及人员门均拟设置门机联锁装置;探伤室工件门、人员门上方及探伤室内拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置;探伤室拟设置照射状态指示装置与 X 射线实时成像系统进行联锁;探伤室内、工件门及人员门外醒目位置处拟设置对“预备”和“照射”信号意义的清晰说明;探伤室工件门及人员门外拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明;拟在 3420X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 8 个紧急停机按钮,西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮;拟在 4220X 射线探伤室内东南侧墙体、西北侧墙体各设置 6 个紧急停机按钮,西南侧迷道内墙、操作台处各拟设置 1 个紧急停机按钮;2 座探伤房操作台处拟设置钥匙开关;2 座探伤室迷道内墙西南侧均拟设置辐射探测报警装置;2 座探伤房探伤室内北侧、南侧及工件门外侧各拟设置 1 个视频监控,在操作台处拟设置专用的监视器。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 要求对探伤室进行检查,重点检查安全联锁、报警设备和警示灯等是否运行正常;辐射工作人员正常使用探伤室时拟检查防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施;辐射工作人员在进入探	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中的要求。	20

	伤室时，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；辐射工作人员拟定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处；交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，拟检查是否能正常工作；在每一次照射前，辐射工作人员都拟确认对应探伤室内没有人员驻留并关闭防护门；公司拟对使用的 X 射线实时成像系统维护负责，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。		
人 员 配 备	公司拟为本项目配备 8 名辐射工作人员，其中 1 名辐射工作人员兼职作为辐射防护负责人，辐射工作人员均应参加并通过生态环境部培训平台“X 射线探伤”类考核，兼任辐射防护负责人的辐射工作人员还应通过“辐射安全管理”类的线上考核，考核合格后方可上岗。 公司拟委托有资质的单位对 8 名辐射工作人员开展个人剂量检测（最长不超过 3 个月/次），并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。 公司拟定期（两次检查的时间间隔不应超过 2 年）组织 8 名辐射工作人员进行职业健康体检，并按相关要求建立辐射工作人员职业健康监护档案。	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。	定期投入
监 测 仪 器 和 防 护 用 品	拟配置 2 台环境辐射剂量巡测仪 拟配置 4 台个人剂量报警仪	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。	2
辐 射 安 全 管 理 制 度	公司拟根据相关标准要求，制定一系列辐射安全管理制度，包括操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度以及辐射事故应急方案等制度。	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。	/

以上措施必须在项目运行前落实。

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