

核技术利用建设项目

南京中科华兴应急科技研究院有限公司

新建移动式 X 射线探伤项目

环境影响报告表

(公示稿)



南京中科华兴应急科技研究院有限公司

2025 年 6 月

生态环境部监制



编制单位和编制人员情况表

项目编号	i4s59		
建设项目名称	南京中科华兴应急科技研究院有限公司新建移动式X射线探伤项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	南京中科华兴应急科技研究院有限公司		
统一社会信用代码	91320191MA26NJOY1C		
法定代表人（签章）	张磊		
主要负责人（签字）	张军		
直接负责的主管人员（签字）	孙小旺		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	南京泰坤环境检测有限公司		
统一社会信用代码	913201115894454156		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐钦华	11353743506370312	BH 028310	徐钦华
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张智	表1项目基本情况、表2放射源、表3非密封放射性物质、表4射线装置、表5废弃物、表9项目工程分析与源项、表10辐射安全与防护、表12辐射安全管理	BH 061484	张智
徐钦华	表6评价依据、表7保护目标与评价标准、表8环境质量和辐射现状、表11环境影响分析、表13结论与建议	BH 028310	徐钦华

编制主持人职业资格证书

	姓名: 徐钦华 Full Name: 徐钦华 性别: 男 Sex: 男 出生年月: 1971.12 Date of Birth: 1971.12 专业类别: Professional Type: 批准日期: 2011年05月29日 Approval Date: 2011年05月29日 持证人签名: Signature of the Bearer: 管理号: 11353743506370312 File No.: 11353743506370312	本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、环境保护部批准颁发。它表明持证人通过国家统一组织的考试,取得环境影响评价工程师的职业资格。 This is to certify that the bearer of the Certificate has passed national examination organized by the Chinese government departments and has obtained qualifications for Environmental Impact Assessment Engineer. 中华人民共和国人力资源和社会保障部 Ministry of Human Resources and Social Security The People's Republic of China 批准 & authorized by 中华人民共和国环境保护部 Ministry of Environmental Protection The People's Republic of China 编号: 0010757 No.: 0010757
---	--	---

江苏省社会保险权益记录单 (参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称: 南京泰坤环境检测有限公司

现参保地: 江北新区

统一社会信用代码: 91320111589445415Q

查询时间: 202501-202506

共1页, 第1页

单位参保险种		养老保险		工伤保险		失业保险	
缴费总人数							
序号	姓名	公民身份号码(社会保障号)		缴费起止年月		缴费月数	
1	徐钦华	370481	4276	202501	- 202506	6	
2	张智	342426	4016	202501	- 202506	6	

说明:

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



目录

表 1 项目基本情况	- 1 -
表 2 放射源	- 5 -
表 3 非密封放射性物质	- 5 -
表 4 射线装置	- 6 -
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	- 7 -
表 6 评价依据	- 8 -
表 7 保护目标与评价标准	- 11 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 14 -
表 9 项目工程分析与源项	- 15 -
表 10 辐射安全与防护	- 20 -
表 11 环境影响分析.....	- 25 -
表 12 辐射安全管理	- 32 -
表 13 结论与建议	- 36 -
表 14 审批	- 40 -

附图：

- 附图 1 本项目储存场所地理位置示意图
- 附图 2 江苏软件园 10 号楼周围环境示意图
- 附图 3 本项目设备库平面布置示意图

附件：

- 附件 1 环评委托书
- 附件 2 本次环评项目射线装置使用情况承诺书
- 附件 3 本项目产权证明、租赁合同及相关证明材料
- 附件 4 本项目射线装置 X 射线球管滤过条件证明材料
- 附件 5 营业执照

表 1 项目基本情况

建设项目名称		南京中科华兴应急科技研究院有限公司 新建移动式 X 射线探伤项目					
建设单位		南京中科华兴应急科技研究院有限公司 (统一社会信用代码: 91320191MA26NJ0Y1C)					
法人代表		张磊	联系人	张军	联系电话		
注册地址		南京市江宁开发区迎翠路 7 号翠屏科创大厦八层楼 8038-7 房间 (江宁开发区)					
项目建设地点		探伤地点: 江苏省内客户指定地点 储存地点: 南京市江宁经济技术开发区东吉大道 1 号江苏软件园科技成果转化中心东吉大厦 10 号楼 4 层					
立项审批部门		/		批准文号	/		
建设项目总投资 (万元)		50	项目环保投资 (万元)	10	投资比例 (环保投资/总投资)	20%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他			占地面积 (m²)	/	
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	/					
	项目概述: 一、建设单位情况、项目建设规模、目的和任务的由来 1、建设单位基本情况 南京中科华兴应急科技研究院有限公司 (以下简称“公司”) 成立于 2021 年 7 月 30 日, 注册地址为南京市江宁开发区迎翠路 7 号翠屏科创大厦八层楼 8038-7 房间 (江宁开发区), 自有办公和科研场所 900 余平方米。2025 年 5 月, 公司租赁江苏						

软件园科技发展有限公司位于南京市江宁经济技术开发区东吉大道1号江苏软件园科技成果转化中心东吉大厦10号楼4层作为公司办公场所。工作场所产权证明、租赁合同等见附件3。

2、项目建设规模

公司拟在江苏省内客户指定地点开展对高压架空输电线路的巡检工作，为此，公司拟购置1台移动式X射线探伤机（型号为XRS-3，最大管电压270kV，最大管电流0.25mA），利用无人机运送至高压架空输电线路并在工作状态下对线路耐张线夹等进行移动探伤检测，无人机离地高度范围约为25m-100m，照射方向恒定为水平方向。该探伤机为实时成像装置，不需要洗片。本项目的使用部门为南京中科华兴应急科技研究院有限公司，本项目仅为高空作业，不包含地面作业。本项目探伤检测工件为压缩性耐张线夹，常用材质为铸铁、铜等，材料厚度为10~40mm，长度为300~800mm。

公司拟将南京市江宁经济技术开发区东吉大道1号江苏软件园10号楼4层的1间库房设置为设备库，本项目移动式X射线探伤机等辅助设备不使用时存放于该设备库中。公司拟购置1个保险箱，当探伤机需在外贮存时，拟存放在保险箱内，并由工作人员看管。存放期间不接通电源，不产生X射线。

公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，共1个探伤小组。根据建设单位提供的资料，公司每周最多对30个检测点位进行无损检测，每个点位曝光时间不会超过8min，则辐射工作人员每周开机曝光时间不超过4h，年工作50周，则年开机曝光时间不超过200h。公司工作场所内不使用、不调试射线装置。本项目射线装置的基本情况见表1-1。

表1-1 本项目移动式X射线探伤机情况一览表

射线装置名称及型号	数量（台）	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	类别	工作场所名称	使用情况	环评审批情况
X光射线机（XRS-3）	1	270	0.25	II类	移动探伤现场	使用	本次环评

注：本项目X光射线机为脉冲式X射线机，其最大管电压为270kV；该设备最大1分钟能发射50次脉冲，其等效管电流约为0.25mA。

3、目的和任务的由来

公司使用X射线探伤机对高压架空输电线路线夹进行移动探伤作业时可能对周围人员和环境造成一定影响，为保护环境和公众，减少或避免辐射污染，公司委托南京泰坤环境检测公司对新建移动式X射线探伤项目进行环境影响评价工作。

根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（生态环境部令第16号，2021年版），本次移动式X射线探伤项目属于“172核技术利用建设项目”中“使用II类射线装置的”项目，确定为编制环境影响报告表。南京泰坤环境检测有限公司通过现场踏勘、资料调研及项目工程分析等工作，编制了该项目的环境影响评价报告表。

二、项目场址选址及周边保护目标

1、项目场址选址

本项目探伤机等辅助设备存放于南京市江宁经济技术开发区东吉大道1号江苏软件园10号楼（共6层）4层的设备库中。10号楼东、南、北侧均为江苏软件园内部道路，10号楼西侧为绿化带。公司办公场所四周均为临空，楼上为空房间，楼下为南京悠阔电气科技有限公司。设备库东、北侧为办公区，南侧为办公室，西侧为室内过道和前台，楼上为空房间，楼下为南京悠阔电气科技有限公司办公场所。本项目储存场所地理位置示意图见附图1，10号楼周围环境示意图见附图2，设备库平面布置示意图见附图3。

公司拟根据客户的需求将设备携带到指定的区域开展探伤作业，探伤作业没有固定的工作区域。探伤机平时存放在设备库内，在存放期间设备不接通电源，储存场所内不使用、不调试射线装置，不产生X射线，因此公司储存区域及周围的工作人员及公众不会受到辐射影响。

2、项目周边保护目标

公司在客户指定区域内实施现场探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，评估内容包括工作地点的选择、警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

在实施现场探伤时，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员、被检单位的工作人员及探伤现场周边的公众，因此本项目周围的保护目标主要是现场辐射工作人员、被检单位的工作人员及探伤现场周边的公众等。

三、实践正当性分析

本项目无需停电检测，相较原来人工安装探伤机式输电线路无损检测，具有不停工、效率高的优势，单个点位探伤可以在时间上节省1小时左右，极大地节省了输电线路检测成本，同时也避免了工作人员攀爬高压塔所带来的风险。

本项目在运行期间会产生电离辐射，可能会增加使用地点周围的辐射水平，在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

满足相关标准要求。本项目的建设将确保输电线路耐张线夹的质量，在做好辐射防护的基础上，其所带来的效益远大于可能对环境造成的影响，因此，该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”原则。

四、技术可行性及可靠性分析

本项目为使用无人机携带 X 射线探伤机对工作状态下输电线路线夹进行无损检测，该类型无损检测在新疆、湖北等地均已有运行实例，运行效果较好。无人机操作员均在取得民用无人驾驶航空器操控员执照后方可对无人机进行操作，无人机设置有故障悬停功能，且当通讯失灵或者发生故障时，探伤机停止照射并自动关机。此项技术已较为成熟，具有可行性及可靠性。

五、原有核技术利用项目许可情况

南京中科华兴应急科技研究院有限公司为首次使用核技术利用项目，此前未购置、使用过核技术利用项目，未取得过《辐射安全许可证》。

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	移动式 X 射线探伤机	II类	1	XRS-3	270	0.25 (等效)	无损检测	移动探伤现场	定向机
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (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
臭氧和氮氧化物	气态	/	/	微量	微量	/	不暂存	排入外环境，臭氧常温下约 50min 可自动分解为氧气，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》（修订版），2015年1月1日起实施； 2. 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正版），2018年12月29日发布施行； 3. 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003年10月1日起实施； 4. 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日起施行；2019年修改，国务院令709号，2019年3月2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许可管理办法》（环境保护部令第3号，根据生态环境部令第20号修正），2021年1月4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，2021年1月1日起施行； 8. 《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； 9. 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告，2018年5月1日起实施； 10. 《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5日起施行； 11. 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》，国家环保总局，环发[2006]145号，2006年9月26日起施行； 12. 《关于进一步做好建设项目环境影响评价报告书（表）编制单位监管工作的通知》，苏环办〔2021〕187号，2021年5月28日发布； 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》，生态环境部第57号公告，2020年1月1日起施行； 14. 《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日发布； 15. 《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；
------	---

	16. 《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 10 月 25 日发布； 17. 《江苏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； 18. 《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； 19. 《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； 20. 《江苏省辐射事故应急预案》（2020年修订版），苏政办函〔2020〕26号，2020年2月19日发布。
技术标准	1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； 2. 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）； 3. 《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）； 4. 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）； 5. 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）及第 1 号修改清单； 6. 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； 7. 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； 8. 《X 射线探伤单位辐射安全管理建设指南》（DB3201/T1169—2023）； 9. 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）。
其他	设计资料（设计图及设计说明） 附图： 1. 本项目储存场所地理位置示意图（附图 1）； 2. 江苏软件园 10 号楼周围环境示意图（附图 2）； 3. 本项目设备库平面布置示意图（附图 3）。 附件： 1. 环评委托书（附件 1）； 2. 本次环评项目射线装置使用情况承诺书（附件 2）；

	3.本项目产权证明、租赁合同及相关证明材料（附件 3）； 4.本项目射线装置滤过条件证明材料（附件 4）； 5.营业执照（附件 5）。
--	--

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》（HJ10.1-2016）的要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，评价范围应不低于 100m 的范围）。

本项目为移动式 X 射线探伤项目，探伤现场无实体边界，确定项目评价范围为距离本项目探伤机地面投影点 100m。

保护目标

本项目为在委托单位指定地点进行移动探伤监测工作，作业现场主要为野外等空旷场地。本项目在实施现场探伤时，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员及探伤现场周围公众等。因此本项目环境保护目标主要是现场辐射工作人员、被检单位的工作人员及探伤现场周围公众等。详见表 7-1。

表 7-1 本项目保护目标一览表

序号	保护目标名称	方位及最近距离	性质	规模	剂量约束值 (mSv/a)
1	辐射工作人员	探伤现场 控制区边界外	辐射工 作人员	2 人	5
2	周围公众	探伤现场 监督区边界外	公众	流动人员	0.1

评价标准

1、《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

对 象	剂量限值
职业照射 剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ① 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可做任何追溯平均），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 5 mSv。
剂量约束值通常应在公众照射剂量限值 10%~30%（即 0.1mSv/a~0.3 mSv/a）的范围之内。	

2、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）：

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

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。

4.3 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。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪

7 移动式探伤的放射防护要求

7.2 分区设置

7.2.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，将工作场所划分为控制区和监督区。并在相应的边界设置警示标识。现场射线探伤工作应在指定为控制区的区域内进行。

7.2.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的区域划为控制区。

对于 X 射线探伤，如果每周实际开机时间高于 7 h，控制区边界周围剂量当量率应按公式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\dot{K}$ ——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

100 —— 5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 $100\mu\text{Sv/周}$ ；

t ——每周实际开机时间，单位为小时（h）。

7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。

7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。

7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。

7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。

7.4 边界巡查与检测

7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

7.4.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间应有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到，应安排足够的人员进行巡查。

7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要

时应调整控制区的范围和边界。

7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X- γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X- γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-Y 剂量率仪，两者均应使用。

3、本项目管理目标

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及辐射防护最优化原则确定本项目的管理目标为：

（1）职业人员年剂量约束值不大于 5mSv，公众年剂量约束值不大于 0.1mSv；

（2）移动探伤控制区边界周围剂量当量率不大于 15 μ Sv/h，监督区边界周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理位置和场所位置

本项目探伤机等辅助设备存放于南京市江宁经济技术开发区东吉大道 1 号江苏软件园 10 号楼（共 6 层）4 层的设备库中。10 号楼东、南、北侧均为江苏软件园内部道路，西侧为绿化带。公司办公场所四周均为临空，楼上为空房间，楼下为南京悠阔电气科技有限公司。设备库东、北侧为办公区，南侧为办公室，西侧为室内过道和前台，楼上为空房间，楼下为南京悠阔电气科技有限公司办公场所。

公司拟根据客户的需求将设备携带到指定的区域开展探伤作业，探伤作业没有固定的工作区域。探伤机平时存放在设备库内，在存放期间设备不接通电源，储存场所内不使用、不调试射线装置，不产生 X 射线，因此公司储存区域及周围的工作人员及公众不会受到辐射影响。

公司拟在江苏省内客户指定地点对高压架空输电线路夹进行移动探伤检测工作，作业现场类型主要为野外空旷场地。本项目在实施现场探伤时，可能受到辐射影响的人群有现场辐射工作人员及探伤现场周边公众。

在实施现场探伤之前，拟对工作环境进行全面的评估，以保证实现安全操作。评估内容应至少包括工作地点的选择、附近的公众、警戒的安全距离、探伤时间等，以保证探伤过程中的辐射安全，确保进行现场探伤的选址合理可行。

二、环境现状

本项目移动 X 射线探伤仅在委托客户指定现场进行移动探伤检测工作，探伤现场不固定，故本项目未进行环境辐射水平现状检测。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、设备组成及工作方式

1、设备组成

本项目探伤装置包含 1 台定向移动式 X 射线探伤机和 1 个平板探测器，利用 2 台无人机分别将探伤机和平板探测器运送至高压架空输电线路两侧对线夹进行无损探伤检测，通过传输系统将影像传输至地面控制终端及图像数据处理工作站。

本项目探伤装置主要由 X 射线探伤机（含 X 射线管）、X 光成像板、监视相机、远程控制模块、传输系统、地面控制终端及图像数据处理工作站等组成。X 射线探伤机和专用无人机外观见图 9-1，主要技术参数见表 9-1。



图 9-1 本项目 X 射线探伤机及无人机外观图

表 9-1 本项目 X 射线探伤机和无人机主要技术参数

2、工作方式

本项目仅针对高压架空输电线路线夹进行无损检测，现场探伤场所位于空旷户外。本项目探伤检测工件为压缩性耐张线夹，常用材质为铸铁、铜等，材料厚度为10~40mm。

探伤时，辐射工作人员将 X 射线探伤机固定于无人机 A 上，使用数据线将 X 射线探伤机与无人机连接；将实时成像板悬挂于无人机 B 上。辐射工作人员利用 2 架无人机分别将 X 射线探伤机和实时成像板运送至待测线夹两侧并处于同一水平位置，无人机保持悬停，无人机与探伤机以数据线相连，辐射工作人员通过遥控无人机从而控制探伤机进行曝光，实时成像板与地面控制终端具有远程通信功能，可以将图像传回地面控制终端。

二、工作原理及工作流程

1、工作原理

本项目移动式 X 射线探伤机属于脉冲式 X 射线机。脉冲 X 射线机是利用高压纳秒脉冲，加到冷阴极 X 射线管上产生 X 射线。本项目 X 射线探伤机的核心部件就是冷阴极 X 射线管，是一个内真空的玻璃管，它只有阴极、阳极和绝缘体三部分组成。只要在阴、阳极间加上脉冲高压，就能引起阴极等离子体场发射，产生大量电子，在电场作用下打到阳极上产生 X 射线，在纳秒脉冲高压下，绝缘体和真空的电场强度有很大提高，从而使 X 射线管可以做的很小。

X 射线探伤机的核心部件是 X 射线管，X 射线管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，产生大量 X 射线。X 射线管结构图见图 9-2。

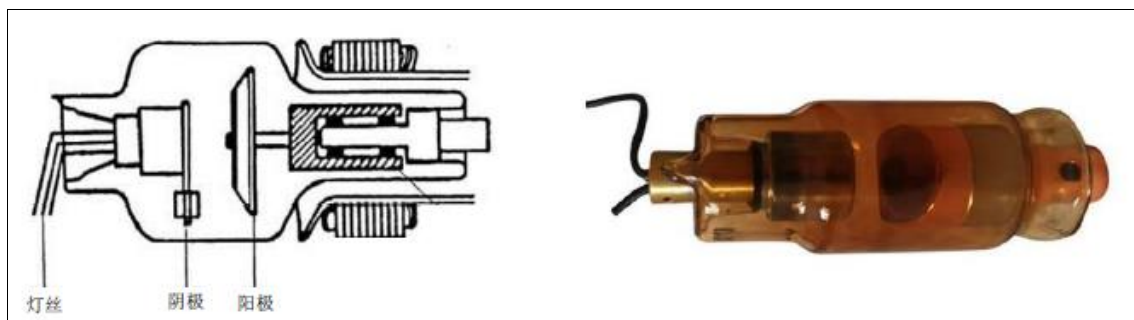


图 9-2 X 射线管示意图

本项目拟采用实时成像技术，采用图像数据处理工作站进行远距离读取影像，不进行洗片操作。

在 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，透射 X 射线被图像增强器所接收，图像增强器把不可见的 X 射线检测信息转换为电子图像并经增强后变成视频图像信号传输至监视器，在监视器上实时显示，可迅速对工件缺陷位置和被检样品内部的细微结构等进行判别。

2、运行工况及工作负荷

本项目探伤作业时仅使用 1 台探伤机，配备 2 名探伤操作人员，每周开机曝光时间不超过 4h，年工作约 50 周，则年开机曝光时间不超过 200h。

3、工作流程及产污环节

移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图见图 9-3。

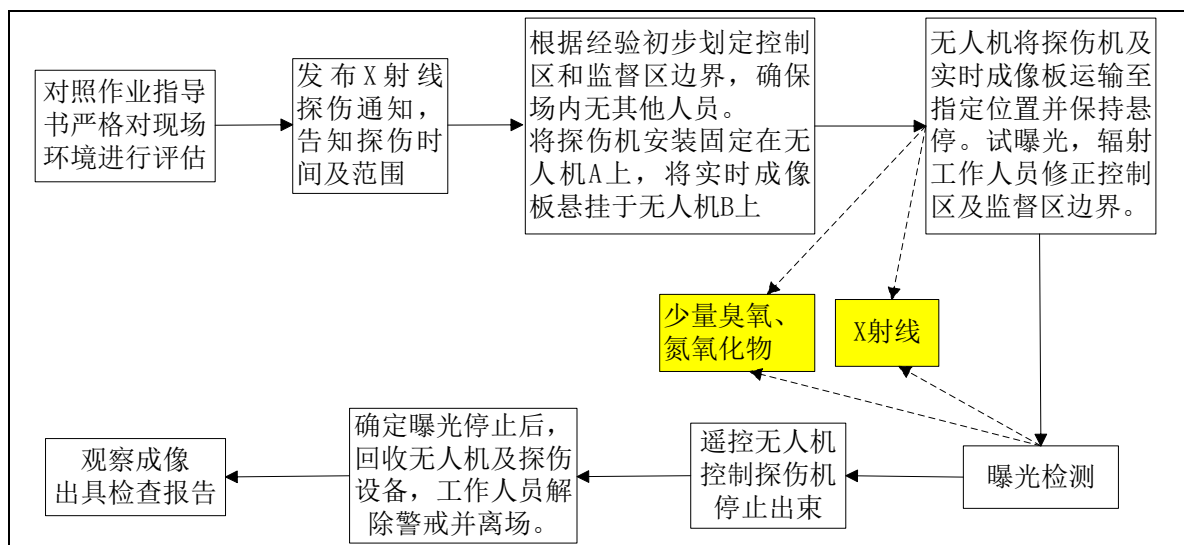


图 9-3 移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节示意图

移动式 X 射线探伤工作流程如下：

(1) 现场探伤工作之前，辐射工作人员应事先开具探伤作业票；对被检单位的检测现场工作环境进行评估，评估内容包含天气、风速等，现场环境不满足探伤条件时取消探伤计划；建设单位拟严格按照作业指导书的要求对现场进行评估；

(2) 发布 X 射线探伤通知，告知探伤时间、范围；

(3) 在预定时间清场、设立警戒区及警示标志, 根据理论估算结果和经验初步划定控制区和监督区边界;

(4) 对探伤现场进行清场, 确保场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后, 将探伤机安装固定在无人机 A 上, 无人机与探伤机以传输线连接; 将实时成像板悬挂于无人机 B 上, 实时成像板与地面控制终端具有远程通信功能;

(5) 辐射工作人员利用无人机将 X 射线探伤机和实时成像板运送至待测线夹两侧并处于同一水平位置, 无人机保持悬停。1 名工作人员通过无线遥控装置向无人机发送曝光指令, 无人机将曝光指令传输至探伤机, 探伤机开始试曝光, 另 1 名辐射工作人员携带辐射巡检仪进行检测并重新确定控制区、监督区边界。布置好相关辐射安全设施后开始进行无损检测。试曝光及曝光过程中 X 射线管会产生 X 射线污染, 同时 X 射线将使周围空气电离产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x)。

(6) 达到预定照射时间和曝光量后, 工作人员通过无线遥控装置向无人机发送停止曝光指令, 无人机将停止曝光指令传输至探伤机, 探伤机停止曝光, 实时成像板将图像传输至地面控制终端及图像数据处理工作站。工作人员携带个人剂量报警仪和巡检仪进行监测, 确定探伤机停止曝光后, 在检测记录上签字。回收无人机, 将探伤机和实时成像板从无人机分离并进行检查, 确认设备处于关闭状态后, 工作人员解除警戒并离场。

(7) 观看成像并分析, 判断线夹是否有损伤, 出具检测报告。

污染源项描述

一、辐射污染源

由移动式 X 射线探伤机工作原理可知, X 射线管只有在开机并处于出束状态时 (曝光状态) 才会发出 X 射线, 对装置周围的工作人员和公众产生一定外照射, 因此 X 射线管在开机曝光期间, X 射线是本项目主要污染物, 其辐射类型包括:

1、有用线束

X 射线装置发出的用于工件检测的辐射束, 又称主射线, 根据建设单位提供的资料, 本项目 X 射线机最大工作循环为每 4 分钟 200 个脉冲, 每脉冲 X 射线剂量 (装置前方 12 英寸) 最大为 4.3mR (12 英寸约为 30cm)。

由 $1R=2.58\times10^{-4}C\cdot kg^{-1}$, $1Gy=1J/kg$, $W/e=33.97J/C$ (原照射量计量单位, 定义为 $0^{\circ}C$, 760mmHg 条件下 $1cm^3$ 空气造成 $3.3364E-10$ 库伦 (C) 的正负离子辐射强度计

量单位，可根据国际单位制换算为法定单位），推导 $1R=2.58\times 10^{-4}C\cdot kg^{-1}\times 33.97J/C=8.76\times 10^{-3}J/kg=8.76\times 10^{-3}Gy=8.76mGy$ ，得出 4.3mR 约为 37.668 μ Gy，则距该 X 射线源 1m 处的输出剂量率为 $37.668\times 200\times (60/4)\times (0.3^2/1^2)\approx 1.017\times 10^4\mu Sv/h$ 。

2、漏射线

根据建设单位提供的资料，本项目 X 射线机最大工作循环为每 4 分钟 200 个脉冲，50 次脉冲泄漏辐射（装置外壳 12 英寸处最大值）为 7mR（12 英寸约为 30cm），得到本项目 X 射线球管距辐射源点（靶点）1m 处的泄漏辐射剂量率为 $7\times 8.76\times 60\times (0.3^2/1^2)=331\mu Sv/h$ 。

3、散射射线

当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2，可得本项目 X 射线 90°散射辐射最高能量相应的 kV 为 200kV。

二、非辐射污染源

1、废水

工作人员在工作中将产生一定量的生活污水。

2、废气

探伤机曝光过程中将产生少量臭氧和氮氧化物。

3、固体废物

工作人员在工作中将产生一定量的生活垃圾。

表 10 辐射安全与防护

项目安全措施

一、工作场所布局与分区

X 射线探伤机不使用时存放于设备库内，设备库设置有双人双锁；公司在开展移动式 X 射线现场探伤作业时，由专人将设备送往现场，根据现场具体情况，利用辐射巡测仪进行巡测，拟将探伤区域周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，并拟在其边界设置明显的警戒线，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线探伤区”警告牌、工作状态指示灯及声音提示装置、电离辐射警告标志，探伤期间禁止任何人员进入；公司拟将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并拟在其边界设置明显的警戒线，边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警告标志，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入；本项目探伤机可遥控操作，能够确保射线出束期间操作人员尽可能远离射线装置。本项目不在夜间或黑暗中作业。

公司拟采取的分区措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求。具体布局参照示意图，如图 10-1。

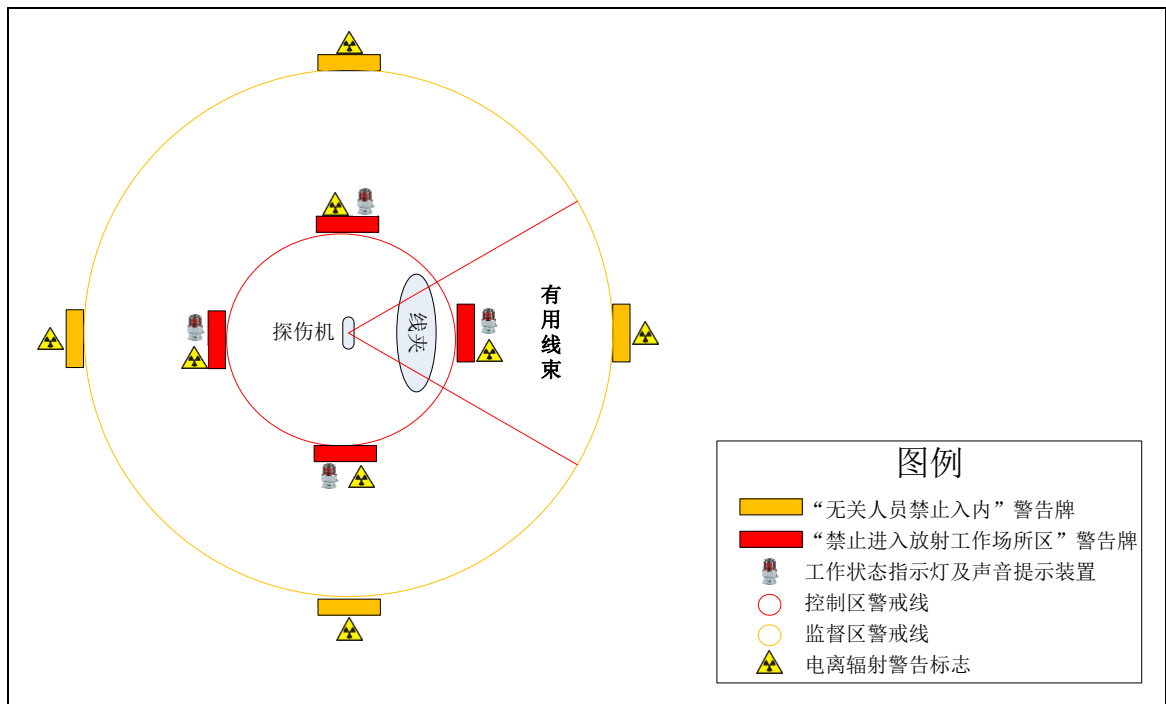


图 10-1 本项目两区划分及安全措施示意图

二、辐射防护措施

本项目设备库门口拟粘贴电离辐射警告标志，同时拟配备防盗门，采用双人双锁，钥匙由专人保管。本项目拟采取的辐射防护措施与《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）标准中相关要求的对照如下：

表 10-1 本项目拟采取的辐射安全措施及其与标准对照表

GBZ117-2022 标准中要求	本项目拟采取的辐射安全措施	是否满足
5.1.2 工作前检查项目应包括： a) 探伤机外观是否完好； d) 安全联锁是否正常工作； e) 报警设备和警示灯是否正常运行； f) 螺栓等连接件是否连接良好； 5.1.3 X 射线探伤机的维护应符合下列要求： a) 使用单位应对探伤机的设备维护负责，每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行； b) 设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测； c) 当设备有故障或损坏需更换零部件时，应保证所更换的零部件为合格产品； d) 应做好设备维护记录。	公司拟在工作前检查探伤机外观、安全联锁是否正常工作、报警设备和警示灯是否正常运行、螺栓等连接件是否连接良好，并在日常中每年对设备进行维护，更换的合格的零部件，并做好设备维护记录。	满足
7.1.1 在实施移动式探伤工作之前，使用单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。应考虑移动式探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。 7.1.3 移动式探伤工作如在委托单位的工作场地实施准备和规划，使用单位应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托单位应给予探伤作业人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。 7.3.1 委托单位（业主单位）应配合做好探伤作业的辐射防护工作，通过合适的途径提前发布探伤作业信息，应通知到所有相关人员，防止误照射发生。	本项目为在委托单位现场进行移动探伤检测工作，作业现场类型主要为野外空旷场地。公司拟提前与被检单位协商沟通适当的探伤地点和探伤时间，提前对探伤现场进行全面评估，同时提醒被检单位发布现场检测通告、警告标识和报警信号等。同时将与被检单位沟通，要求给予探伤人员充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。	满足
7.1.2 使用单位应确保开展移动式探伤工作的每台探伤机至少应配备两名专职工作人员。	拟配备 1 个探伤小组，共 2 名辐射工作人员。	满足
7.2.3 控制区边界上合适的位置应设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，探伤作业人员应在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。 7.2.4 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警	在控制区边界拟根据现场情况进行划区，拟在边界处设置显眼的警戒绳；东、南、西、北边界处均拟悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌及电离辐射警告标志；东、南、西、北边界拟设与探伤机进行联锁的提示“预	满足

戒线（绳）等。 7.3.2 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“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。夜晚作业时控制区边界应设置警示灯。 7.3.3 X 和 γ 射线探伤的警示信号指示装置应与探伤机联锁。 7.3.4 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。	备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。探伤作业人员拟在控制区边界外操作，每次探伤均拟对工作现场情况进行记录。如若控制区太大或某些地方不能看到的情况，将安排人员进行巡查。	
7.2.8 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。 7.3.5 应在监督区边界和建筑物进出口的醒目位置张贴电离辐射警告标志和警示语等提示信息。	在监督区边界拟设置显眼的警戒绳，在东、南、西、北界处均拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警示标志；如若监督区太大或某些地方不能看到的情况，将安排人员进行警戒。	满足
7.4.1 开始移动式探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。	每次探伤前均拟对控制区及监督区内范围进行清场，确保控制区内无任何人员，监督区内无非辐射工作人员。	满足
7.2.10 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。	无人机可通过内部软件对探伤机实现控制，辐射工作人员可以在地面合适位置遥控无人机对探伤机进行控制操作。X 射线探伤机机身设有急停按钮及钥匙开关；本项目遥控机制为无人机控制平板搭载的内部程序遥控无人机飞行和 X 射线探伤机出束控制，不使用探伤机遥控功能；当无人机出现传输故障时，X 射线机自动关机。	满足
7.4.3 在试运行（或第一次曝光）期间，应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时调整控制区的范围和边界。	拟在每次探伤前进行试曝光，期间拟使用辐射巡测仪测量控制区及监督区边界的剂量率，根据测量的周围剂量当量率调整控制区及监督区的范围和边界。在移动探伤过程中拟严格执行移动 X 射线探伤操作规程及移动 X 射线探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。当探伤场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向等条件发生变化时，辐射工作人员拟重新进行巡测，确定新的划区界线。	满足
7.4.4 开始移动式探伤工作之前，应对便携式 X-γ 剂量率仪进行检查，确认能正常工作。在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。 7.4.5 移动式探伤期间，工作人员除进行常规个人监测外，还应佩戴个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式 X-γ 剂量率仪，两者均应使用。	拟配备 1 台巡测仪，探伤期间每名操作人员拟配备 1 台个人剂量报警仪和个人剂量计，负责巡测的人员手持辐射巡测仪进行剂量率检测，曝光结束后操作人员手持辐射巡测仪进入控制区，辐射工作人员在每次开始探伤工作之前，均拟对辐射监测仪器进行检查，确认监测仪器能正常工作，且确保所有监测仪器在探伤期间处于开机状态。	满足
8.4.1.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。	探伤工作进行时，在辐射工作人员操作位置使用巡测仪持续进行剂量率水平检	满足

8.4.1.4 探伤机停止工作时，应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。	测，确保剂量率在可接受的辐射水平以内；在探伤工作停止时，使用巡测仪进行检测，确认探伤工作已经停止。	
8.4.3 检测周期 每次移动式探伤作业时，运营单位均要开展此项监测。凡属下列情况之一时，应由有相应资质的技术服务机构进行此项监测： a) 新开展现场射线探伤的单位； b) 每年抽检一次； c) 在居民区进行的移动式探伤； d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv。	在探伤机处于照射状态时，使用巡测仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，以划分区域；公司为新开展现场射线探伤的单位，拟委托具有相应资质的技术服务机构进行周围剂量当量率的监测。在发现个人季度剂量超过 1.25mSv 或在居民区进行移动探伤时，拟委托具有相应资质的技术服务机构进行周围剂量当量率的监测。	满足
8.5.1 射线探伤作业人员（包括维修人员），应严格按照 GBZ 128 的相关要求进行外照射个人监测。 8.5.2 对作业人员进行涉源应急处理时还应进行应急监测，并按规定格式记入个人剂量档案中。	职业工作人员在工作时拟佩戴个人剂量计，并定期送检（1 次/季），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。	满足
6.3 探伤设施的退役 当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容： c) 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。 f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。	本项目在 X 射线探伤机不再使用时，公司拟根据不同情况，将 X 射线发生器处置至无法使用，或经监管机构批准后转移给其他已获许可机构。当设备库内不存在有射线装置后，清除所有电离辐射警告标志和安全告知。	满足

公司计划为本项目配备辐射巡测仪、个人剂量报警仪、警告牌、警示线等现场探伤辐射防护用品，详见表 10-2。

表 10-2 本项目拟配备辐射防护设施一览表

防护设施名称	配备数量
“禁止进入射线工作区”警告牌	4 块
“无关人员禁止入内”警告牌	4 块
电离辐射警告标志	8 块
工作状态指示灯和声音提示装置（与射线联锁）	4 套
警戒绳	3000 米
巡测仪	1 台
个人剂量报警仪	2 台
个人剂量计	2 支
保险箱	1 个

本项目探伤作业主要是对江苏省内客户指定地点的高压架空输电线路夹进行检测，工作时间可能超过一天，公司拟在作业现场暂存，设备拟存放于公司购置保险箱内，并由工作人员看管。

本项目采取上述辐射安全措施后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中移动式 X 射线探伤辐射安全的需要。

三、废治理

1、废气处理措施

本项目探伤地点周围为较开放的场所，大气扩散条件良好，产生的臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，对周围大气环境的影响较小。

2、废水处理措施

工作人员产生的生活污水依托检测地点的环保设施进行处理。

3、固体废物

工作人员在工作中产生的生活垃圾经分类收集后，由公司统一交由城市环卫部门处理。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目为现场移动探伤，工作场所位于空旷户外。X 射线探伤机存放于公司的设备库，不进行施工建设活动，不存在施工期环境影响。

运行阶段对环境的影响

根据工程分析可知，本项目运行后主要的环境影响是移动式 X 射线探伤机工作时产生的 X 射线对周围环境的辐射影响。

一、辐射环境影响分析

本项目拟配备 1 台移动式 X 射线机，共有 1 个探伤小组，2 名辐射工作人员。按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求，将周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为控制区，将周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围内划为监督区。现根据探伤机的参数给出控制区及监督区的参考划分范围。

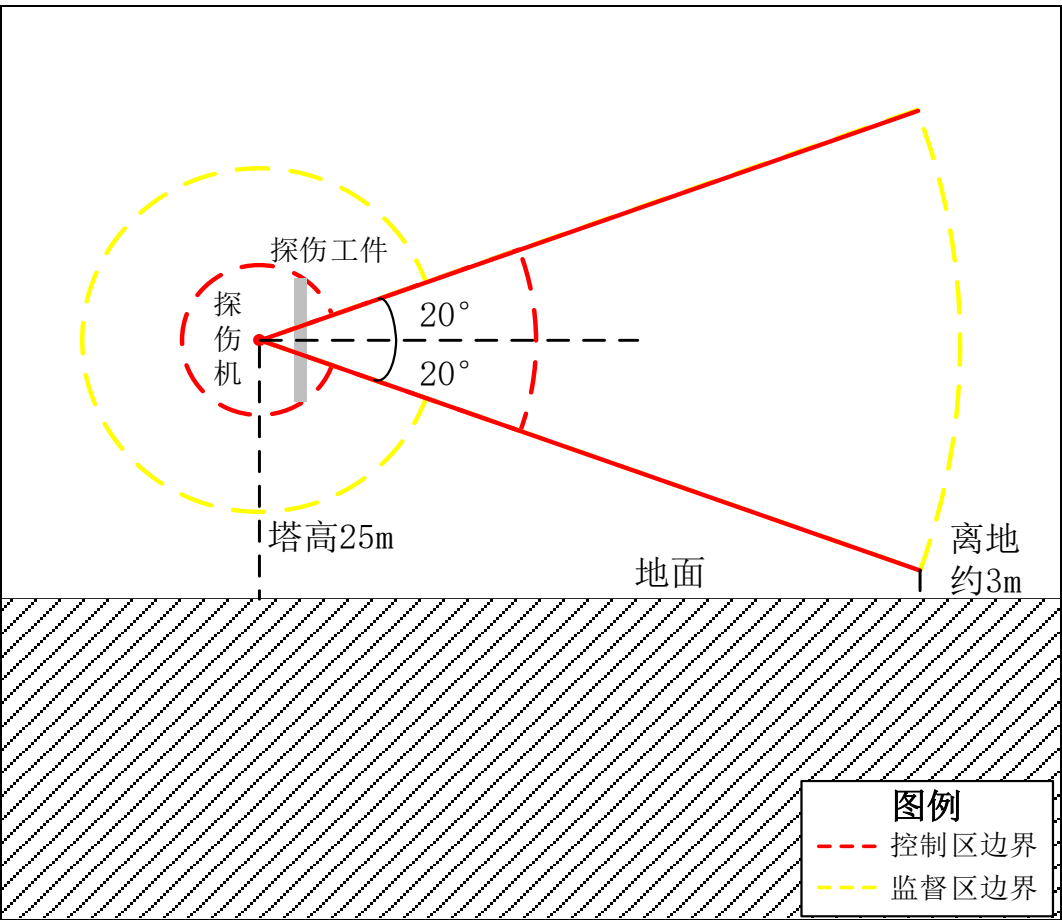


图 11-1a 探伤作业射线及分区剖面示意图

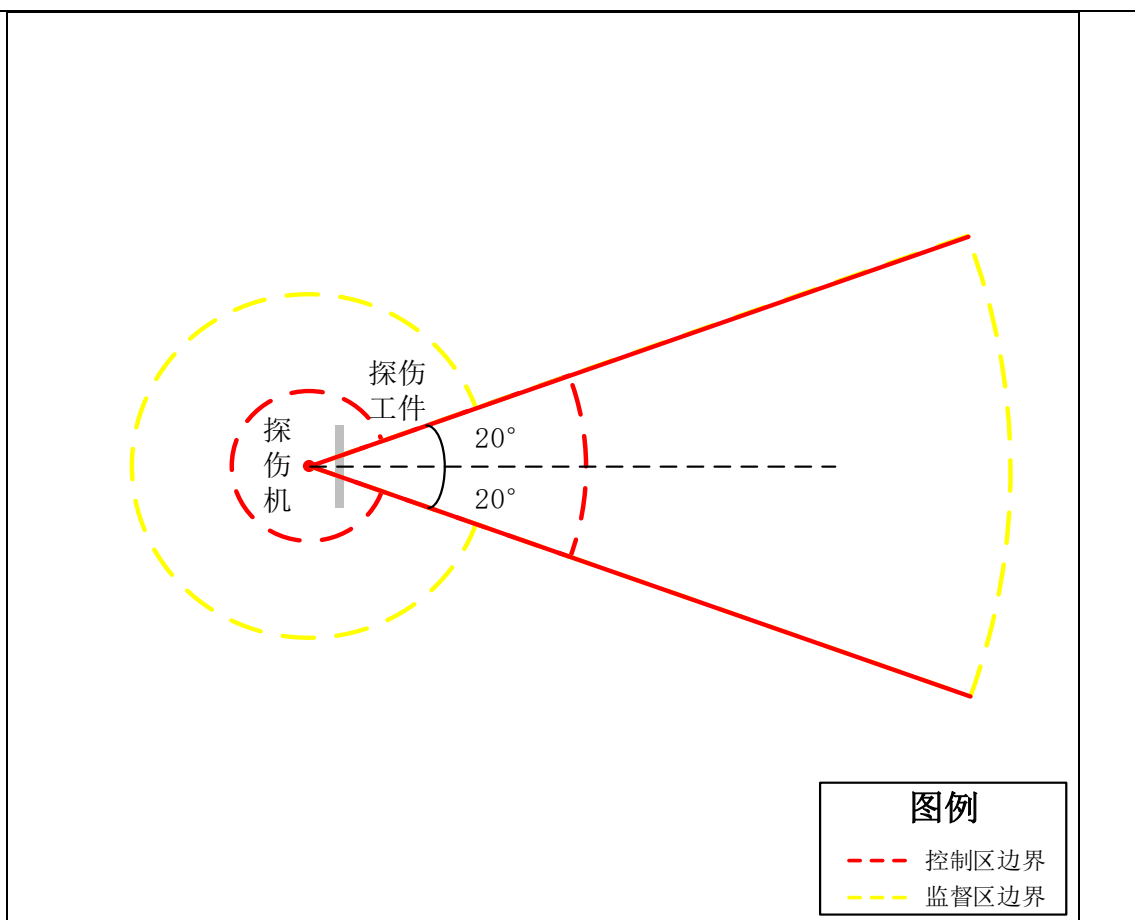


图 11-1b 探伤作业射线及分区平面示意图

1、估算模式

理论估算采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的公式保守按照探伤机最大管电压（270kV）进行计算。由于线夹较小，不能完全遮挡照射野，理论预测保守不考虑线夹的屏蔽。

（1）有用线束

可根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）计算公式推导为：

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot H_0 \cdot B}{\dot{H}}} \dots \dots \dots \text{公式（1）}$$

式中： $\dot{H}$ —剂量率参考控制水平，控制区为 15 μ Sv/h，监督区为 2.5 μ 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，由本报告表 9 可知，距射线源 1m 处的输出剂量率（ $H_0 \cdot I$ ）为 $1.017 \times 10^4 \mu$ Sv/h。

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

B —屏蔽透射因子，本项目保守取 1。

(2) 非有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）漏射线计算公式为：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B_L}{R^2} \dots\dots\dots \text{公式 (2)}$$

散射线计算公式为：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B_S}{R^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots\dots\dots \text{公式 (3)}$$

考虑漏射线和散射线叠加影响，根据上述公式导出非有用线束方向控制区、监督区的距离计算公式如下：

$$R = \sqrt{\frac{\dot{H}_L \cdot B_L}{\dot{H}} + \frac{I \cdot H_0 \cdot B_S}{\dot{H}} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \dots\dots\dots \text{公式 (4)}$$

式中： R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

$\dot{H}$ —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $331\mu\text{Sv/h}$ ；

B_L —漏射线屏蔽透射因子，本项目保守取 1；

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）；

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

B_S —散射线屏蔽透射因子，本项目保守取 1；

F — R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（ m^2 ）；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

α —散射因子，与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，以水散射体的 α 值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录 B 表 B.4，计算公式中 $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》附录 B 中给出的值（200~400kV 取 50），本项目保守取值 50。

2、估算结果

本项目探伤机额定管电压为 270kV，本次理论估算按满功率运转进行计算，将相关参数代入公式（1）、（4），可以估算出有用线束照射方向和非有用线束照射

方向控制区和监督区的边界范围，估算结果分别见表 11-1、表 11-2。

表 11-1 有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果

B	$H_0 \cdot I$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
		控制区	监督区		

表 11-2 探伤机非有用线束照射方向控制区与监督区边界范围估算结果

H_L $\mu\text{Sv/h}$	$F \cdot a / R_0^2$	$H_0 \cdot I$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	$\dot{H} (\mu\text{Sv/h})$		控制区范围 (m)	监督区范围 (m)
			控制区	监督区		

根据建设单位提供的资料，探伤机离地高度范围为 25m-100m，保守选取探伤机离地高度为 25m；本项目射线机射线角为 40°。本项目两区边界示意图见图 11-1a。考虑到原野探伤，地势存在高低，保守以地面上 X 射线探伤机对地投影点半径 26m 的范围划为控制区，半径 64m 的范围划为监督区。后续根据试曝光期间巡测的周围剂量当量率对控制区及监督区边界进行修正。探伤作业中避免主射束朝向有建筑的方向。

在实际探伤过程中，探伤工作人员拟根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在第一次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标出控制区边界；在试运行或第一次探伤期间，借助环境辐射巡测仪进行检测，将周围剂量当量率在 15 $\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为控制区，控制区边界外周围剂量当量率在 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围内划为监督区。

二、辐射工作人员和公众剂量估算及评价

本项目辐射工作人员及公众年有效剂量可按下式计算。

$$P = H \cdot U \cdot T \cdot t \quad \dots\dots\dots \text{公式 (5)}$$

式中：P—年有效剂量，mSv；

H—周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t—年工作时间，h；

U—使用因子；本项目保守取 1；

T—居留因子；本项目辐射工作人员取 1，公众取 1/16。

根据建设单位提供的资料，本项目运行后，预计每周开机曝光时间不超过 4h，年工作约 50 周，每年出束时间最多为 200 h。

辐射工作人员均在控制区边界外进行作业，辐射剂量率不超过 15 $\mu\text{Sv/h}$ ，居留因

移动探伤工作过程中，公众均位于监督区外，监督区边界辐射剂量率最大为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，由于探伤场所的不固定，周围公众也不一样，公众居留因子取 1/16。

[illegible]

三、退役阶段的环境影响分析

本项目完成退役后，不会遗留潜在环境影响问题，不会造成新的环境污染危害。

1、辐射事故分析

(1) 现场探伤时, 探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位, 致使工作人员或公众误入控制区和监督区, 使其受到超剂量的照射;

(2) 现场探伤时, 控制区和监督区划分不合理, 探伤过程中未对两区边界的辐射水平进行检测, 对辐射工作人员和公众造成照射;

(3) 现场探伤时, 辐射工作人员违反操作规程强行探伤, 对工作人员和公众造成照射。

(4) 现场探伤时在未照射完毕的情况下, 现场辐射工作人员误入控制区给辐射

工作人员造成误照射。

(5) X 射线机被盗，造成公众的不必要照射。

(6) 检修工作时意外出束，造成维修人员和公众的不必要照射。

(7) 探伤机停止工作时，未按 GBZ 117—2022 中 8.4.1.4 的要求检测操作者所在位置的辐射水平就认为探伤机已停止工作而实际未停止，造成对人员的误照射。

(8) 由于天气因素或无人机发生故障，造成主束方向朝向其他方向或无人机坠落。

2、辐射事故预防措施

针对可能发生的辐射事故，公司拟采取以下预防措施：

(1) 公司拟加强辐射安全管理，制定移动式 X 射线探伤的操作规程和辐射安全管理制度。

(2) 严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，每次移动式 X 射线探伤前均检查辐射安全措施的有效性、提高警戒。

(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，辐射工作人员应尽快采取应对措施。必要时可远程控制停止出束。

(4) 移动探伤 X 射线探伤机不使用时放置在设备库内，设备室设置防盗门窗、双人双锁，以实现防盗功能。当移动式 X 射线机需在外贮存时，放置在公司购置的保险箱中，并由工作人员看管。

(5) 在移动式探伤工作期间，便携式 X-γ 剂量率仪应一直处于开机状态，防止射线曝光异常或不能正常终止。

(6) 探伤前对探伤现场环境进行评估，评估内容包含天气、风力等，不满足探伤作业指导书要求的环境时，取消探伤计划；无人机设置有障碍悬停功能，当无人机因遇到障碍等原因失去平衡，无人机将悬停在半空；探伤前公司拟对探伤机及无人机设备进行全面检查，确认设备完好，各项功能完整有效、测试连接无误后方可进行探伤作业。

3、辐射事故应急处置措施

本项目可能发生的事故后果一般为对辐射工作人员和公众造成超剂量照射，通常情况下属于一般辐射事故（四级）。在发生事故后：

(1) 立即切断电源，确保探伤机停止出束，并组织人员保护现场，迅速报告辐射防护负责人进行事故处理；

(2) 当发生人员受照事故时，迅速安排受照人员接受医学检查和救治；

(3) 事故发生后，积极配合生态环境等管理部门做好事故调查和善后处理工作。

(4) 对发生事故的射线装置，请有关供货单位或相关检测部门进行检测或维修，分析事故发生的原因，并提出改进意见。

当发生辐射事故时，公司拟立即启动本单位的辐射事故应急措施，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，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，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。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置 本项目移动式 X 射线探伤机属于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。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求，应对直接从事生产、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。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部第 57 号公告）的要求，从事辐射工作的人员及辐射防护负责人均应通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规并通过考核。对于原来已取得培训合格证且在有效期内的仍然有效。 根据上述要求，公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作。公司拟制定相关文件，根据本次新建移动式 X 射线探伤项目明确相关辐射项目的管理人员及其职责，将该项目辐射安全管理纳入公司的安全管理工作中。 公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员及 1 名专职辐射防护负责人，辐射工作人员及辐射防护负责人均拟通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护知识及相关法律法规，辐射工作人员考核类别为 X 射线探伤，辐射防护负责人考核类别为辐射安全管理，考核合格后方可上岗；同时如有辐射培训证书到期人员拟及时通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习并通过考核。
辐射安全管理规章制度 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的有关要求，使用放射源和射线装置的单位“要有健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施”。建议公司拟根据新建移动式 X 射线探伤项目的特点及以下内容制

定并完善相关制度，并落实到实际工作中，严格执行，加强辐射安全管理。

1) 操作规程：针对本项目移动式 X 射线探伤制定操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，探伤前对辐射安全措施的检查等，确保辐射安全措施的有效性，移动探伤前对控制区和监督区边界的巡测和修正、人员的清场，确保辐射工作安全有效运转。

2) 岗位职责：明确管理人员、射线装置操作人员、维修人员的岗位职责，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。

3) 辐射防护和安全保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是移动式 X 射线探伤机的运行和维修时辐射安全管理。

4) 设备维修制度：明确射线装置和辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，并做好记录。每个月对探伤装置的配件进行检查、维护，每 3 个月对探伤装置的性能进行全面检查、维护，发现问题应及时维修，并做好记录；严禁使用铭牌模糊不清或安全锁、联锁装置、控制缆等存在故障的探伤装置。确保射线检测装置、安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯）、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

5) 台帐管理制度：建立辐射装置台帐管理制度，设有仪器名称、型号、管电压、输出电流、用途、探伤机编号等；严格射线装置进出管理，坚决杜绝外借现象发生；辐射工作人员在使用射线装置前必须填写《射线装置使用登记台帐》。

6) 人员培训计划和健康管理制：辐射工作人员应在上岗前进行健康检查，开展辐射安全知识培训。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告，2019 年第 57 号），新从事辐射活动的人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。人员在体检合格、辐射安全与防护相关知识考试合格后方可上岗工作。

7) 监测方案：制订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。对辐射工作人员进行个人剂量监测并建立个人剂量档案，依据《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正），在日常检测中发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门调查处理。

8) X 射线机设备库管理制度：明确设备库钥匙管理、进出台账等责任制度。

辐射监测

根据辐射管理要求，南京中科华兴应急科技研究院有限公司拟为本项目每个探伤小组配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，用于辐射防护监测和报警；公司拟选择时间响应能满足需求的设备，巡测仪拟每年送至有资质单位检定。同时结合本项目实际情况，拟制定如下监测计划及监测方案（见表 12-1）：

- (1) 辐射工作人员开展个人剂量监测（1 次/季），建立个人剂量档案；
- (2) 使用辐射巡测仪对移动探伤工作场所辐射环境进行巡检；
- (3) 定期检查探伤机的安全性能，防止射线泄漏，周期：每年 1~2 次。

(4) 每次移动式探伤作业前，用辐射巡测仪从探伤位置四周由远及近测量周围剂量当量率，以确定控制区和监督区边界。凡属下列情况之一时，拟由有资质的技术服务机构进行监测：

- a) 新开展现场射线探伤的单位；
- b) 每年抽检一次；
- c) 在居民区进行的移动式探伤；
- d) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv。

表 12-1 辐射监测方案

检测对象	检测项目		监测周期	监测点位
移动探伤作业现场	控制区和监督区边界的确定	委托有资质的单位进行	a)首次开展现场移动探伤时； b) 每年抽检一次； c) 发现个人季度剂量（3 个月）可能超过 1.25 mSv； d) 验收监测。	监督区、控制区边界； 操作者所在位置； 评价范围内的保护目标处。
		建设单位自测	每次移动式探伤作业时	
辐射工作人员	个人剂量监测	委托有资质的单位进行	1 次/3 个月	/

南京中科华兴应急科技研究院有限公司拟根据上述监测计划，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。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用射线装置的单位，应当对本单位的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 日前将上一年度的评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。年度评估发现安全隐患的，应当立即整改。

辐射事故应急

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第 18 号）等相关规定，辐射事故应急预案应明确以下几个方面：

- ①应急机构和职责分工；
- ②应急的具体人员和联系电话；
- ③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；
- ④辐射事故发生的可能、分级及应急响应措施；
- ⑤辐射事故调查、报告和处理程序。

对于在定期监测或委托监测时发现异常情况的，公司拟根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例》等要求，发生辐射事故的，立即启动事故应急方案，采取必要防范措施，并在事故发生后 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行政主管部门报告；并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，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，同时向当地卫生健康行政主管部门报告。

表 13 结论与建议

结论

一、项目概述

公司拟购置 1 台移动式 X 射线探伤机（型号为 XRS-3，最大管电压 270kV，最大管电流 0.25mA），为委托单位提供高压架空输电线路线夹进行无损探伤检测服务。探伤机不使用时存放于设备库中。本项目为实时成像装置，不需要洗片。

二、产业政策相符性分析

本项目不涉及《产业结构调整指导目录》（2024 年本）中的“限制类”和“淘汰类”产业，本项目符合国家现行产业政策。

三、实践正当性评价

本项目通过对高压架空输电线路线夹进行无损检测从而确保电网设施的安全运行，减少安全事件发生的可能性。在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，本项目获得的利益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践正当性”原则。

四、项目选址及布局合理性评价

本项目射线装置存放于公司设备库中，探伤机在存放期间不接通电源，储存场所内不使用、不调试射线装置，不产生 X 射线。公司根据委托方的需求将设备携带到相应的区域开展探伤作业前，拟对工作环境进行全面评估，以确保现场探伤选址合理可行；拟将探伤区域周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为监督区。公司拟采取的分区措施满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中的要求。

五、环境影响分析评价

根据理论计算，本项目投入运行后辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足《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年有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv ，公众年有效剂量不超过 0.1mSv ）。

六、“三废”的治理评价

探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，对周围大气环境的影响较小；工作人员产生的生活污水依托探伤现场已有的环保设施进行处理；工作人员产生的生活垃圾经分类收集后，由公司统一交由城市环卫部门处理。

七、辐射安全措施评价

本项目在开展探伤作业前拟检查探伤机及辅助设备以确保其能够正常使用；探伤作业时结合现场具体情况划分控制区与监督区；拟在控制区边界设置明显的警戒线，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线探伤区”警告牌、工作状态指示灯及声音提示装置、电离辐射警告标志，探伤期间禁止任何人员进入；拟在监督区边界设置明显的警戒线，边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警告标志，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入；辐射工作人员穿戴好工作服、工作鞋及安全帽，佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，本项目 X 射线设备可遥控操作，能够确保射线出束期间操作人员尽可能远离射线装置。

在落实本报告提出的各项辐射安全与防护措施的情况下，本项目投入运行后辐射工作人员和公众所受辐射剂量能够满足年有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求。

八、辐射安全管理评价

公司拟设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，指定专人负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确其管理职责。公司拟制定相应的辐射安全管理制度，拟根据本项目特点完善相关制度。

九、辐射防护监测仪器评价

公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，拟为辐射工作人员配置个人剂量计，定期送有资质部门监测个人剂量，建立个人剂量档案；定期进行健康体检，并建立个人职业健康监护档案。

综上所述，本项目在落实报告中提出的各项污染防治措施和管理措施后，该研究院将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和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，本项目的建设和运行是可行的。

建议和承诺

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

2、各项安全措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，及时排除事故隐患。

4、本项目仅对高压架空输电线路线夹进行无损检测，不涉及其他类型的 X 射线探伤作业。

5、公司承诺在储存场所不使用、不调试 X 射线探伤机。

6、本项目建成后应及时重新申领辐射安全许可证，并按《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，在 3 个月内完成竣工环境保护验收工作。

辐射污染防治“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目在开展探伤作业前拟检查探伤机及辅助设备以确保其能够正常使用；探伤作业时结合现场具体情况划分控制区与监督区；拟在控制区边界设置明显的警戒线，边界上悬挂清晰可见的“禁止进入射线探伤区”警告牌、工作状态指示灯及声音提示装置、电离辐射警告标志，探伤期间禁止任何人员进入；拟在监督区边界设置明显的警戒线，边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌及电离辐射警告标志，必要时拟设专人警戒，禁止非辐射工作人员进入；辐射工作人员穿戴好工作服、工作鞋及安全帽，佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，本项目 X 射线设备可遥控操作，能够确保射线出束期间操作人员尽可能远离射线装置。	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的要求。	7
人员配备	拟配备 2 名辐射工作人员和 1 名专职管理人员，辐射工作人员拟参加辐射安全与防护考核，辐射工作人员考核类别为 X 射线探伤，管理人员考核类别为辐射安全管理，考核合格后方可上岗。 辐射工作人员在上岗前佩戴个人剂量计，并定期送检（两次监测的时间间隔不应超过 3 个月），加强个人剂量监测，建立个人剂量档案。 辐射工作人员定期进行职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并建立放射工作人员职业健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求。	1
监测仪器和防护用品	拟配备辐射巡测仪 1 台。 拟配备个人剂量报警仪 2 台。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关规定的要求。	2
辐射安全管理制度	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、X 射线机设备库管理制度等制度：根据环评要求，按照项目的实际情况，补充相关内容，建立完善、内容全面、具有可操作性的辐射安全规章制度。	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》有关要求。	/
总计	/	/	10

以上污染防治的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。