

核技术利用建设项目

中科方寸知微（南京）科技有限公司 新建移动式 X 射线探伤项目 生态环境影响报告表 （公示稿）

中科方寸知微（南京）科技有限公司

2026 年 8 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中科方寸知微（南京）科技有限公司 新建移动式 X 射线探伤项目 生态环境影响报告表 (公示稿)



建设单位名称：中科方寸知微（南京）科技有限公司

建设单位法人代表（签字或签章）：



通讯地址：南京市麒麟科技创新园创研路 266 号人工智能产业园 A
区 6 号楼 903 室

邮政编码：211102

联系人：/

电子邮箱：/

联系电话：/

编制单位和编制人员情况表

项目编号	17ou72		
建设项目名称	中科方寸知微(南京)科技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)	中科方寸知微(南京)科技有限公司		
统一社会信用代码	91320115MA22J8W7446		
法定代表人(签章)	冷聪		
主要负责人(签字)	冷聪		
直接负责的主管人员(签字)	顾伟		
二、编制单位情况			
单位名称(盖章)	江苏玖清玖蓝环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91320105MA6MQU5TH4		
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
张斌	05353243505320171	BH002747	张斌
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
张斌	表8环境质量和辐射现状 表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议	BH002747	张斌
畅雷	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6评价依据 表7保护目标与评价标准	BH054057	畅雷

持证人签名:
Signature of the Bearer

管理号: 05353243505320171
File No.:

姓名:
Full Name 张斌
性别:
Sex
出生年月:
Date of Birth
专业类别: 环境评价四科
Professional Type
批准日期: 200505
Approval Date

签发单位盖章:
Issued by

签发日期: 2005年07月22日
Issued on



本证书由中华人民共和国人事部和国家
环境保护总局批准颁发。它表明持证人通过
国家统一组织的考试合格,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.



Ministry of Personnel
The People's Republic of China



State Environmental Protection Administration
The People's Republic of China

编号:
No.: 0001750

编制主持人现场照片

拍照时间：2026 年 5 月 11 日

拍照地点：中科方寸知微（南京）科技有限公司新建移动式 X 射线探伤项目环评现场

编制主持人：张斌

职业资格证书管理号：05353243505320171



江苏省社会保险权益记录单
(参保单位)



请使用官方江苏智慧人社APP扫描验证

参保单位全称：江苏玖清玖蓝环保科技有限公司

现参保地：建邺区

统一社会信用代码：91320105MA1MQ5T14

查询时间：202606-202608

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		29		29		29	
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	张斌			202606 - 202608		3	
2	杨雷			202606 - 202608		3	

说明：

1. 本权益单涉及单位及参保职工个人信息，单位应妥善保管。
2. 本权益单为打印时参保情况。
3. 本权益单已签具电子印章，不再加盖鲜章。
4. 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	- 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	- 9 -
表 8 环境质量和辐射现状	- 11 -
表 9 项目工程分析与源项	- 13 -
表 10 辐射安全与防护	- 19 -
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	- 37 -
表 14 审批	- 40 -

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中科方寸知微（南京）科技有限公司新建移动式 X 射线探伤项目			
建设单位		中科方寸知微（南京）科技有限公司			
法人代表		冷聪	联系人		联系电话
注册地址		南京市麒麟科技创新园创研路 266 号人工智能产业园 A 区 6 号楼 903 室			
项目建设地点		移动探伤现场（主要为客户单位野外输电线路沿线） （探伤机贮存场所：南京市江宁区创研路 266 号麒麟人工智能产业园 A 区 6 号楼 1 层储藏室）			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资（万元）			项目环保投资（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 ）
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

1.建设单位基本情况、项目建设规模及由来

中科方寸知微（南京）科技有限公司成立于 2020 年 9 月，注册地址位于南京市麒麟科技创新园创研路 266 号人工智能产业园 A 区 6 号楼 903 室。公司租赁中科南京人工智能创新研究院坐落于南京市江宁区创研路 266 号麒麟人工智能产业园 A 区的 6 号楼，6 号楼共 9 层，公司租赁 1 层储藏室、8 层部分房间及 9 层整层用于开展研发业务及办公活动（租赁协议复印件见附件 4）。中科方寸知微（南京）科技有限公司依托中国科学院自动化所研究成果，深耕于边缘智能、图像视频压缩、无人机自动驾驶等领域。

根据业务发展需要，公司拟配备 1 台 X 射线定向探伤机，用于对客户单位野外输电线路的耐张线夹进行无损检测，检测时主射线朝上照射。本项目探伤的耐张线夹尺寸约为 355mm(L)×26mm(D)×10mm(R)~663mm(L)×48mm(D)×15mm(R)。本项目拟配备的 X 射线探伤机型号为 XRS3，采用脉冲式射线源作为集成组件，无需进行训机操作，采用 DR 成像技术，无需进行洗片操作。

中科方寸知微（南京）科技有限公司 X 射线探伤机不外出使用时拟放置于麒麟人工智能产业园 A 区 6 号楼 1 层储藏室中，储藏室仅用于贮存 X 射线探伤机及警戒线（绳）、警告牌等项目相关辐射防护用品，储藏室门口粘贴电离辐射警告标志，同时拟配备防盗门，采用双人双锁进行管理。公司辐射工作人员在园区及储藏室内不使用、不调试 X 射线探伤机。本项目无损检测服务面向全国，如 X 射线探伤机当天无法返回，将采用三防箱（防水、防尘、防震）进行贮存，设置双人双锁，并安排专人保管。

公司拟为本项目配备 1 个移动探伤小组，共 3 名辐射工作人员。辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间不超过 4 小时，年开机曝光时间不超过 200 小时。公司配置的 X 射线探伤机基本情况见表 1-1。

表1-1 本项目核技术利用情况一览表

序号	射线装置型号	数量	最大管电压 kV	最大管电流 mA	类别	工作场所名称	许可种类	备注
1	XRS3 型 X 射线探伤机	1	270	0.25	II 类	野外输电线路沿线	使用	定向机主射线朝上

根据《中华人民共和国生态环境法典》《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，应当编制生态环境影响报告表。受中科方寸知微（南京）科技有限公司委托，江苏玖清玖蓝环保科技有限公司承担该项目的生态环境影响评价工作。我公司通过资料调研、评价分析，编制该项目生态环境影响报告表。

2.项目周边保护目标及项目选址情况

中科方寸知微（南京）科技有限公司租赁中科南京人工智能创新研究院坐落于南京市江宁区创研路 266 号麒麟人工智能产业园 A 区 6 号楼 1 层的储藏室作为 X 射线探伤机储存场所。公司 X 射线探伤机储藏室东侧、南侧及北侧均为中科南京人工智能创新研究院展厅（包括培训教室、智能制造示范线、会议室、办公室等），西侧为园区道路，楼上二层为南京世唯通信技术有限公司，楼下无建筑。本项目 X 射线探伤机储藏室地理位置图见附图 1。X 射线探伤机储藏室所在 6 号楼周围环境示意图见附图 2，X 射线探伤机

储藏室所在 1 层平面布局图见附图 3。

公司对客户单位输电线路的耐张线夹进行无损检测，本项目辐射工作人员在公司 X 射线探伤机储藏室内不调试、不使用 X 射线探伤机，因此公司储藏室周围的工作人员和公众不会受到辐射影响。

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的公众。具体根据现场检测地点的变化，评价范围内可能会涉及厂房、民房等场所，因此本项目的保护目标主要是本单位辐射工作人员及探伤现场周边评价范围内厂房、民房等场所的公众。

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，有可能提高探伤现场周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可以得到有效控制，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》（GB 18871-2002）“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 射线探伤机	II 类	1	XRS3	270	0.25	无损检测	野外输电线路 沿线	定向机 主射线朝上
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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	自然弥散在环境中，臭氧常温下 50min 左右可自行分解为氧气，对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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) 《中华人民共和国生态环境法典》，2026 年 3 月 12 日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，2026 年 8 月 15 日起施行 (2) 《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 (3) 《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 709 号第二次修订，2019 年 3 月 2 日发布 (4) 《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 (5) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，原环境保护部、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 (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），2021 年 1 月 4 日中华人民共和国生态环境部令第 20 号修正 (7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行 (8) 《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 (9) 《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 (10) 《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，2019 年 12 月 23 日 (11) 《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 21 日 (12) 《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 (13) 《江苏省辐射污染防治条例》（2026 年修正版），2026 年 7 月 31 日江苏省第十四届人民代表大会常务委员会第二十三次会议修正 (14) 《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 5 月 28 日 (15) 《江苏省生态环境厅关于印发辐射安全许可证办理等工作程序和规范的通知》，苏环规〔2025〕1 号，2025 年 9 月 21 日起施行
------	---

技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016) (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》(HJ 10.1-2016) (3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2022) (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) (5) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) (6) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 及修改单 (7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019)
其他	报告附图： 附图 1 中科方寸知微（南京）科技有限公司 X 射线探伤机储藏室地理位置图 附图 2 X 射线探伤机储藏室所在 6 号楼周围环境示意图 附图 3 X 射线探伤机储藏室所在 1 层平面布局图 报告附件： (1) 项目委托书（附件 1） (2) 射线装置使用承诺书（附件 2） (3) 关于现场探伤的相关承诺（附件 3） (4) 租赁协议复印件（附件 4） (5) X 射线探伤机说明书（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》（HJ 10.1-2016）的要求，无实体边界项目视具体情况而定，评价范围应不低于 100m。根据中科方寸知微（南京）科技有限公司配备的 X 射线探伤机的参数及对应探伤工件的厚度，确定移动探伤项目的评价范围为监督区边界外 100m（具体监督区边界参考表 11 辐射环境影响分析）。

保护目标

对照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内可能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，公司拟采取有效方式，如调整设备参数等措施缩小控制区及监督区的范围，确保控制区和监督区不涉及生态保护目标。本项目利用 X 射线进行无损检测，不占用资源，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，符合生态环境分区管控管理要求。

本项目探伤地点一般在野外输电线路现场，在实施移动现场探伤时，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的公众等，由于探伤现场情况及周边环境存在较大差异，公司拟根据探伤现场情况划定控制区和监督区范围，具体根据现场检测地点的变化，评价范围内可能会涉及厂房、民房等场所。因此，本项目的保护目标主要是本单位辐射工作人员及探伤现场周围评价范围内厂房、民房等场所的公众。在开展现场探伤前，将对评价范围内的保护目标具体分布情况进行调查。

表 7-1 本项目探伤现场评价范围内保护目标情况一览表

环境保护目标		规模	方位	距离	环境保护要求
职业人员	辐射工作人员	3 人	/	控制区外 监督区内	职业人员年剂量约束 值 5mSv/a
公众	探伤现场周围评价范围内厂房、 民房等场所内的公众	待定	四周	监督区外 评价范围内	公众人员年剂量约束 值 0.1mSv/a

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》（GB 18871-2002）

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

I	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（但不可做任何追溯性平均），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》（GB 18871-2002）中 4.3.4.1 “除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值”，确定本项目辐射工作人员及公众的剂量约束值如下：

（1）辐射工作人员年剂量约束值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年剂量限值的 1/4，即职业人员年剂量约束值不大于 5mSv；

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

3 辐射剂量率控制水平

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2002）

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

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 μ Sv/h 的范围划为监督区。

确定本项目关注点剂量率参考控制水平：

本项目移动 X 射线探伤区域控制区边界的周围剂量当量率为 15 μ Sv/h，监督区边界的周围剂量当量率为 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	
1.项目地理和场所位置	
中科方寸知微（南京）科技有限公司租赁中科南京人工智能创新研究院坐落于南京市江宁区创研路 266 号麒麟人工智能产业园 A 区 6 号楼的 1 层储藏室作为公司 X 射线探伤机储存场所。公司 X 射线探伤机储藏室东侧、南侧及北侧均为中科南京人工智能创新研究院展厅（包括培训教室、智能制造示范线、会议室、办公室等），西侧为园区道路，楼上二层为南京世唯通信技术有限公司，楼下无建筑。本项目 X 射线探伤机储藏室地理位置图见附图 1。X 射线探伤机储藏室所在 6 号楼周围环境示意图见附图 2，X 射线探伤机储藏室所在 1 层平面布局图见附图 3。 本项目储藏室所在 6 号楼现状及储藏室现状见图 8-1。	
	
	

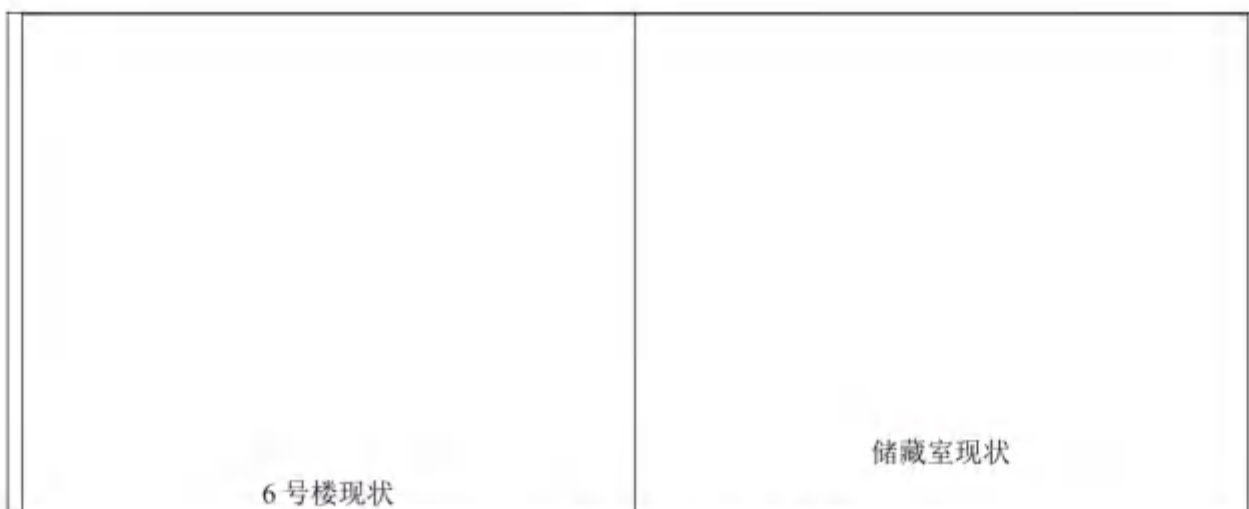


图 8-1 本项目储藏室所在 6 号楼现状及储藏室现状照片

本项目辐射工作人员在园区及公司储藏室内不调试、不使用 X 射线探伤机，因此公司储藏室周围的工作人员、公众不会受到辐射影响。

公司对客户单位输电线路的耐张线夹进行无损检测，检测时主射线朝上照射，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的公众等，具体根据现场检测地点的变化，评价范围内可能会涉及厂房、民房等场所，因此本项目的保护目标主要是本单位辐射工作人员及探伤现场周边评价范围内厂房、民房等场所的公众。

公司在实施现场探伤之前，拟根据探伤工作场所周围的具体环境特征，对警戒的安全距离、附近的公众、探伤时间等进行全面的评估，强化辐射安全与防护措施，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。

2.辐射环境质量现状

本项目为 X 射线探伤机移动探伤项目，探伤地点为客户单位的输电线路沿线，为流动式作业，故本次评价未开展辐射环境现状监测。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1 工程设备

本项目移动探伤是为客户单位的输电线路的耐张线夹提供移动探伤检测业务。耐张线夹是指用于固定导线，以承受导线张力，并将导线挂至耐张串组或杆塔上的金具。按结构分类耐张线夹分为压缩性耐张线夹和螺栓型耐张线夹（见图 9-1），耐张线夹作为架空输电线路的关键连接部件，一旦投入使用，就不易拆卸更换。耐张线夹的压接质量直接影响输电线路的安全稳定运行，采用 X 射线探伤检测技术，能及时发现耐张线夹内部存在的缺陷。本项目探伤作业仅在高空输电线路杆塔上进行，不在地面进行检测作业。

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟为本项目配备 1 台 X 射线探伤机，拟配备的探伤机型号为 XRS3，其最大管电压为 270kV，管电流为 0.25mA。本项目设备自带电源，且为远程无线遥控控制，无线控制距离最远为 200m。本项目探伤的耐张线夹尺寸约为 355mm(L)×26mm(D)×10mm(R)~663mm(L)×48mm(D)×15mm(R)。

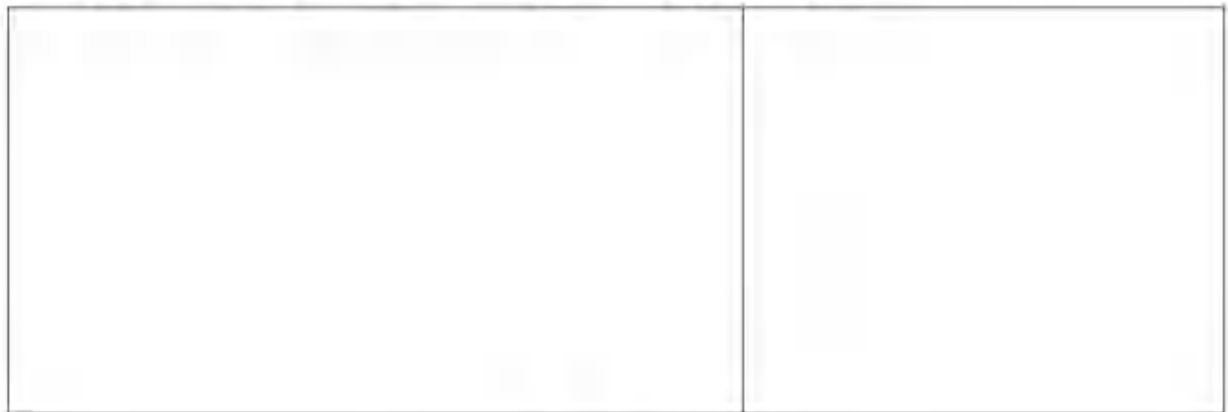


图 9-1 本项目探伤工件样式图

本项目探伤地点一般在野外输电线路现场，X 射线探伤机不外出使用时拟储存于公司储藏室中，储藏室门口粘贴电离辐射警告标志，同时拟配备防盗门，采用双人双锁进行管理。公司辐射工作人员在办公区域及储藏室内不使用、不调试 X 射线探伤机。

本项目移动探伤设备由 X 射线探伤机、安装支架、远距离显示控制设备及路由器等部分组成。X 射线探伤机主要由控制器、X 射线发生器和 DR 成像板三部分组成。在现场探伤过程中，1 名辐射工作人员负责将 DR 成像板与 X 射线探伤机的组合装置固定在输电线路上的待测耐张线夹上（X 射线探伤机位于耐张线夹下方，DR 成像板位于耐张线夹上方），X 射线探伤机出射口朝上，本项目高空作业示意图见图 9-3。完成设备摆放后，负责探伤设备摆放的辐射工作人员下杆塔回到地面控制区外，然后由另 1 名辐射工作人

员在地面控制区外通过远程无线遥控开机。探伤完成后，通过无线遥控进行关机。本项目拟配备的 X 射线探伤机见图 9-2。

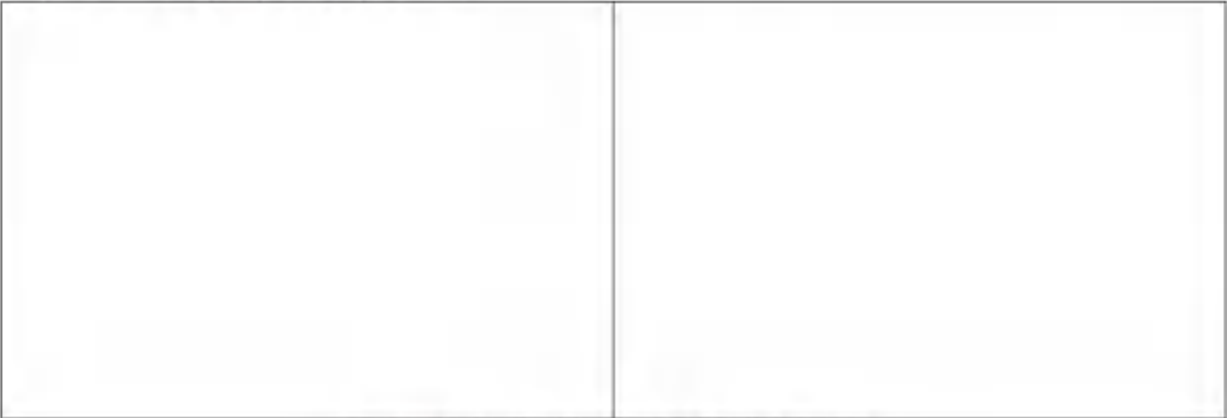


图 9-2 本项目拟配备的 X 射线探伤机外观图



图9-3 本项目高空作业示意图

2 X 射线探伤机工作原理

2.1 X 射线发生原理

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是冷阴极 X 射线管，它是一个内真空的玻璃管，由阴极、阳极和绝缘体三部分组成，顾名思义，它不需要加热，是 X 射线管的简化。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 射线管可以做得很小。通常对几百 kV 的小型 X 射线管来说，阳极均用钨针，阴极是一片带孔的钢片，针口为锐利的刀刃形，有利于发射电子。

2.2 DR 成像检测原理

本项目拟采用 DR 成像技术，将数字化平板探测器成像系统与探伤机连接，采用无线连接笔记本电脑进行远距离读取影像，不进行洗片操作。

在使用 X 射线探伤机进行无损检测的过程中，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，透射 X 射线被图像增强器接收，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。

3 工作流程及产污环节

移动 X 射线探伤工作流程如下：

（1）现场探伤工作之前，对探伤现场工作环境进行全面评估，在满足现场探伤的条件下，与客户单位协商适当的地点和探伤时间，若探伤现场环境不能满足探伤要求时，严禁进行现场探伤；

（2）开具探伤作业票，发布 X 射线探伤通知；

（3）辐射工作人员申领使用探伤机，填写领用记录，由辐射工作人员全程看管，运送至探伤现场；

（4）对探伤现场进行清场，由 1 名辐射工作人员携带定滑轮及绳索爬上需进行探伤的输电线路的杆塔上；

（5）到达待探伤的杆塔线路耐张线夹位置后，将定滑轮及绳索组装好，由地面辐射工作人员将探伤设备及 DR 成像板固定在绳索上，然后拉动绳索，通过定滑轮装置将探伤设备及 DR 成像板拉至杆塔上辐射工作人员处；

（6）杆塔上辐射工作人员将绳索上的探伤设备及 DR 成像板取下，然后固定在输电线路待探伤位置处，使待测耐张线夹处在 DR 成像板与 X 射线发生器之间，开始探伤前，辐射工作人员下杆塔回到地面控制区外；

（7）根据现场情况通过理论估算值和经验初步划定控制区和监督区边界，并在控制区及监督区边界设置警戒绳，在控制区边界上合适的位置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，控制区边界各方向均放置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置；监督区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；

（8）确定控制区及监督区内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，将路由器接通电源，此时可通过远程无线遥控控制探伤机开关；

（9）位于地面的另 1 名辐射工作人员在地面控制区外通过无线遥控远距离操作探伤

机进行试曝光，杆塔下到地面的辐射工作人员携带辐射巡测仪对监督区及控制区边界进行修正，重新确定监督区及控制区边界，然后开始无损检测。在试曝光和曝光检测过程中均会产生 X 射线、少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）；

（10）达到预定照射时间和曝光量后，地面辐射工作人员在地面控制区外通过遥控远距离关闭探伤机，曝光结束；

（11）辐射工作人员上杆塔拆下 X 射线探伤机及 DR 成像板，并将其绑在绳索上，由地面辐射工作人员通过定滑轮装置将探伤装置及 DR 成像板运至地面，然后杆塔上辐射工作人员拆下定滑轮装置，携带定滑轮及绳索爬下杆塔到地面；

（12）解除警戒并离场；

（13）辐射工作人员对成像进行分析，判断耐张线夹是否有损伤等，并出具检测报告；

（14）将探伤机等收好，电池拆下，由辐射工作人员全程看管，运送至公司 X 射线探伤机储藏室内储存，并填写归还记录。

移动式 X 射线探伤工作流程及产污环节图如图 9-4 所示：



图9-4 移动式X射线探伤工作流程及产污环节

4 工作人员配置及工作机制

公司拟为本项目配备 1 个移动探伤小组，共 3 名辐射工作人员。其中 1 名辐射工作人员负责现场管理，2 名负责探伤操作。本项目拟采取一班制工作制。本项目辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间不超过 4 小时，年开机曝光时间不超过 200 小时。

污染源项描述

1 放射性污染源分析

照射量 X 与吸收剂量 D 是两个意义完全不同的辐射量。照射量只能作为 X 或 γ 射线辐射场的量度，描述电离辐射在空气中的电离本领；而吸收剂量则可以用于任何类型的电离辐射，反映被照介质吸收辐射能量的程度。但是，在两个不同量之间，在一定条件下可以相互换算。对于同种类、同能量的射线和同一种被照物质来说，吸收剂量是与照射量成正比的。因此，本项目照射量与吸收剂量能够相互转换。

本项目拟使用 1 台 X 射线探伤机，型号为 XRS3，最大管电压为 270kV，最大管电流为 0.25mA。本项目单位换算时按照 270kV 下的伦琴（R）与西弗（Sv）的转换系数进行换算，根据《发射光子的放射性核素各向同性点源的剂量学常数》（李士骏）中 ^{117}Cd 核素（该核素衰变产生的主要射线能量约为 270kV）的照射量率常数及周围剂量当量率常数，通过单位换算可得，在 270kV 下， $1\text{R}=10.37\text{mSv}$ （ $1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{C/kg}$ ），因此 $1\text{mR}=10.37\mu\text{Sv}$ 。

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随探伤机的开、关而产生或消失的。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。本项目探伤期间 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 射线探伤机发出的用于工件检测的辐射束，又称为主射线束。

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。

散射线辐射：当主射线照射到检测工件时，会产生散布于各个方面上的散射辐射，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2，270kV 的 X 射线 90° 散射辐射相应的 X 射线能量为 200kV。

详细参数见表 9-1。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机参数一览表

--

2 非放射性污染源分析

本项目 X 射线探伤机拟采用 DR 成像技术，运行过程中不产生定影液、显影液和废胶片等。

本项目探伤机电池为锂离子可充电池，使用约 3 年~5 年更换，废弃锂离子电池不属于危险废物。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧 50 分钟即可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1.工作场所布局与分区

本项目为公司对客户单位的输电线路耐张线夹开展移动X射线现场探伤作业，一般在野外环境进行探伤，探伤时仅存在高空作业，无地面检测作业。

根据现场具体情况及经验，先初步划定控制区和监督区，然后开机试曝光，利用辐射巡测仪巡测，根据巡测结果进行分区调整，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，并拟在其边界悬挂清晰可见的“禁止进入射线工作区”警告牌，辐射工作人员在控制区边界外操作。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，并拟在其边界上悬挂“无关人员禁止入内”警告牌，必要时拟设专人警戒。本项目现场移动探伤的两区划分图见图10-1、图10-2。

图10-1 本项目两区划分及辐射安全措施布置图

图10-2 本项目两区划分及辐射安全措施布置剖面示意图

公司拟采取的布局与分区措施满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的要求。两区划分管管理见表10-1。

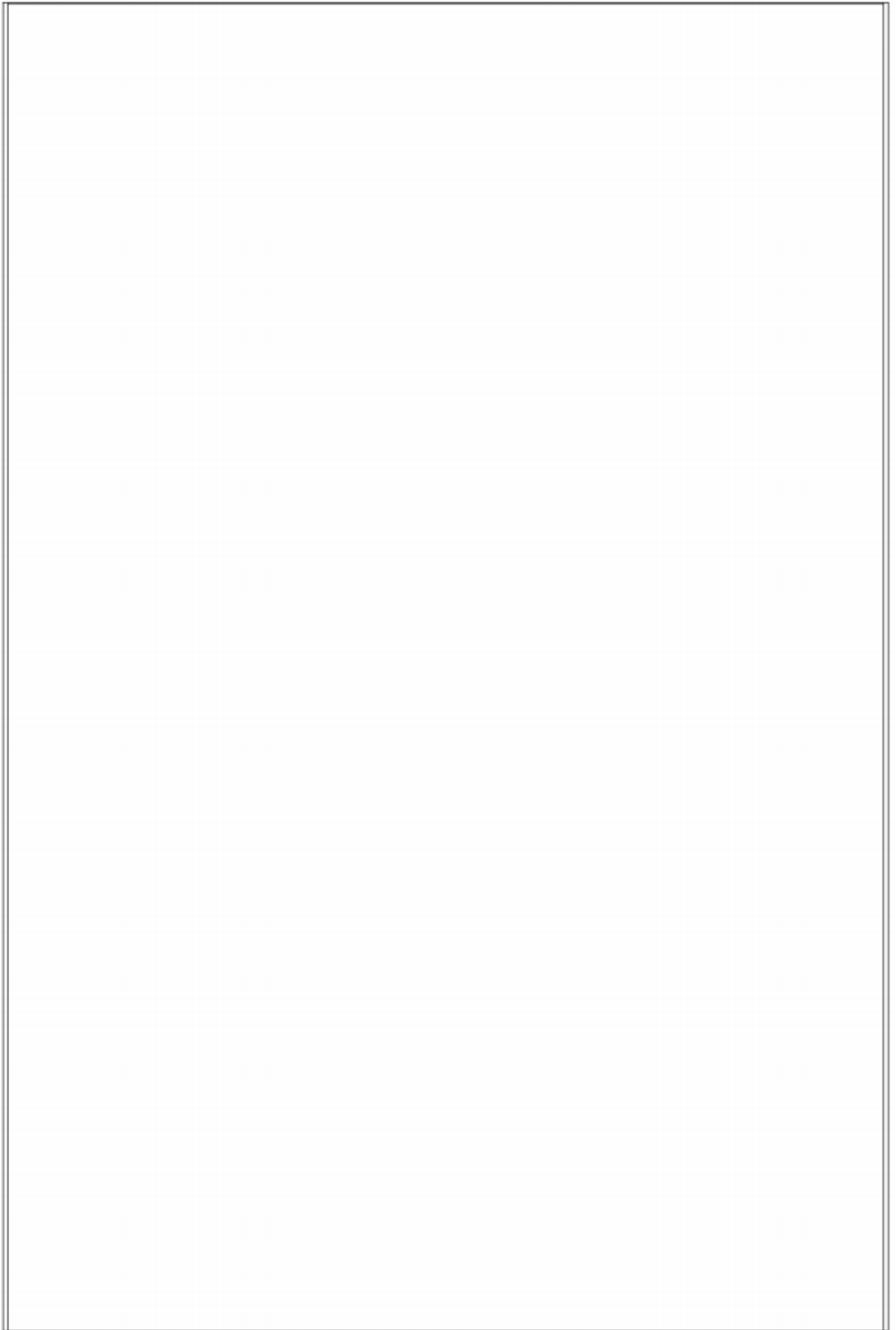
表10-1 本项目现场探伤两区划分与管理

--

2.辐射安全和防护措施分析

在开展现场探伤时，中科方寸知微（南京）科技有限公司拟根据相关标准要求配备辐射安全措施，其与《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）标准中相关要求对照如下：

表 10-2 本项目拟采取的辐射安全措施及其与标准对照



--

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 10-3。

表 10-3 辐射防护用品一览表

--

三废治理

本项目不产生放射性废水、废气和放射性固废。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧 50 分钟内可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目为现场移动探伤项目，本项目探伤机不使用时拟贮存在公司储藏室内，建设阶段对周围环境无环境影响。

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 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。

公司拟按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求，将探伤现场周围剂量当量率大于 15 μ Sv/h 的范围划为控制区，将探伤现场周围剂量当量率大于 2.5 μ Sv/h 的范围划为监督区，现根据该公司配备的 X 射线探伤机的参数及对应探伤工件的厚度，给出控制区及监督区的参考划分范围。

1 估算模式

本项目拟对客户单位输电线路的耐张线夹进行移动探伤检测工作，耐张线夹常用材质为铸铁、铜等，材料厚度为 8mm~25mm。本项目探伤时，探伤检测作业通常位于距离地面数米至数十米的高空，探伤机距地面最低高度一般大于 7m，1 名辐射工作人员负责将 DR 成像板与 X 射线探伤机的组合装置固定在输电线路上的待测耐张线夹上（X 射线探伤机位于耐张线夹下方，DR 成像板位于耐张线夹上方），X 射线探伤机出射口朝上，探伤机主射线方向固定朝向天空，探伤机主射线与耐张线夹呈 90°布置；同时由于耐张线夹尺寸较小，不考虑探伤工件对 X 射线的屏蔽。本次评价估算采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（4）、公式（8）及公式（10）的推导公式：

（1）有用线束

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中公式（4）：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2}$$

推导得出：

$$R = \sqrt{\frac{I \cdot \dot{H}_0 \cdot B}{\dot{H}}} \quad (11-1)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， 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， μ Sv·m²/(mA·h)。根据表 9-1，在 X 射线探伤机出束口前 1m 处的辐射剂量率为 8.68 $\times 10^3 \mu$ Sv/h（等同于按

平均管电流 $I=0.25\text{mA}$ 与 H_0 相乘得到的辐射剂量率值, 即 $I \cdot H_0$);

B : 屏蔽透射因子, 保守取 1;

R : 辐射源点 (靶点) 至关注点的距离, m。

(2) 非有用线束

①漏射线

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (8):

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2}$$

推导得出:

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

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, $\mu\text{Sv/h}$, 根据表 9-1, 射线源后方 1m 处的泄漏辐射剂量率约为 $2.428\mu\text{Sv/h}$, 射线源旁侧 1m 处的泄漏辐射剂量率约为 $436\mu\text{Sv/h}$;

B : 屏蔽透射因子, 保守取 1。

②散射线

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (10):

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

推导得出:

$$R_s = \sqrt{\frac{I \cdot \dot{H}_s \cdot B_s}{\dot{H}}} \cdot \sqrt{\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}} \quad (11-3)$$

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 : 屏蔽透射因子, 取 1。

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, m。

F : R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (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; 计算公式中的 $R_0^2/F \cdot \alpha$ 因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值 (150kV 取 60、200kV~400kV 取 50) 取 50。

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

(3) 天空反散射

天空反散射辐射水平预测模式采用《辐射防护导论》中推荐模式, 具体计算公式如下:

$$\eta_{rs} \leq 0.67 H_{L,h} \cdot r_i^2 \cdot r_s^2 / (D_{10} \cdot \Omega^{1.3}) \quad (11-4)$$

由公式 (11-4) 可导出:

$$R_s = (\eta_{rs} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3} / 0.67 H_{L,h} \cdot r_i^2)^{1/2} \quad (11-5)$$

式中: 0.67: 单位换算系数;

$H_{L,h}$: 参考点处相应的剂量当量率, Sv/h;

η_{rs} : 透射比, 取 1;

r_i : 取 2.5m;

R_s : 参考点到源的水平距离;

D_{10} : 离源上方 1m 处的吸收剂量指数率, $D_{10}=8.68 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

Ω : 辐射源对屋顶张的立体角, 单位为球面度, sr。

(4) 泄漏射线、散射线及天空反散射的复合影响

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中公式 (8)、公式 (10) 及《辐射防护导论》中公式 6.1 推导得出:

$$R = \sqrt{\frac{H_L \cdot B}{H} + \frac{I \cdot H_0 \cdot B_s}{H} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} + \frac{\eta_{rs} D_{10} \cdot \Omega^{1.3}}{H} \cdot \frac{1}{0.67 \cdot r_i^2}} \quad (11-6)$$

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

B : 屏蔽透射因子, 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, 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 : 屏蔽透射因子, 取 1;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至探伤工件的距离, m。

F : R_0 处的辐射野面积, 单位为平方米 (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; 计算公式中的 $R_0^2/F\cdot\alpha$ 因子根据 GBZ/T 250-2014 附录 B 中 B.4.2 中给出的值 (150kV 取 60、200kV~400kV 取 50) 取 50。

η_{rs} : 透射比, 取 1;

r_i : 取 2.5m;

D_{i0} : 离源上方 1m 处的吸收剂量指数率, $D_{i0}=8.68\times 10^3\mu\text{Sv/h}$;

Ω : 辐射源对屋顶张开的立体角, 单位为球面度, sr。

2 估算结果

将相关参数代入公式 (11-1) 及 (11-6), 可以估算出在最大管电压为 270kV 条件下, 探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围, 估算结果分别见表 11-1 及表 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

--

表 11-2 泄漏辐射、散射辐射及天空反散射复合估算结果

--

由表 11-1、表 11-2 理论计算结果可知, 最大管电压为 270kV 的 X 射线探伤机满功率开机条件下现场探伤, 在有用线束方向上, 控制区范围最大约为 25m, 监督区最大约为 59m; 非有用射束方向控制区范围最大约为 10m, 监督区最大约为 24m。

由于本项目X射线探伤机朝天空照射，因此不考虑主射线方向的监督区及控制区划分。公司拟将地面上X射线探伤机（垂直剖面上水平面最大值）对地投影点半径10m的范围划为控制区，半径24m的范围划为监督区，实际上地面的控制区、监督区将小于上述数值，后续探伤时拟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调整。

上述理论计算结果保守选取X射线探伤机满功率运行时进行预测，仅为本项目X射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考。实际运行过程中X射线探伤机的管电压及管电流的大小、射线水平照射角度的改变、被检测耐张线夹厚度的改变以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量率发生改变。公司在进行移动X射线探伤过程中应注意加强对控制区和监督区的管理和控制，并利用探伤区域的建筑、墙体等实体防护措施来限制射线束中的无用射线，减少散射量，屏蔽漏射线，以降低探伤作业现场周围的辐射水平，从而缩小控制区和监督区的范围。

因此，在实际探伤过程中，由于X射线探伤机通常在地面数米至数十米的高度上作业，随着作业点距离地面高度的增大，其在地面上控制区、监督区的边界距离将进一步缩小（参见图10-2），同时尽可能避开居民区（地面建筑或高层建筑）等环境敏感目标，探伤工作人员应根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求：在每次探伤开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在试曝光期间，借助环境辐射巡测仪进行检测或修正，将周围剂量当量率大于15 μ Sv/h的范围内划为控制区，将控制区边界外，作业时周围剂量当量率大于2.5 μ Sv/h的范围内划为监督区。

3 辐射工作人员和公众剂量估算及评价

辐射工作人员和周围公众年有效剂量预测可通过《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式来估算，估算公式如下：

$$H = \dot{H} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (11-7)$$

上式中：H—年剂量， μ Sv/年；

$\dot{H}$ —参考点处剂量率， μ Sv/h；

U—使用因子；

T—居留因子；

t—年照射时间，h。

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟为本项目配备1个移动探伤小组，共3名辐

射工作人员，其中 1 名辐射工作人员负责现场管理，另外 2 名负责探伤操作。本项目辐射工作人员操作探伤机周开机曝光时间不超过 4 小时，年开机曝光时间不超过 200 小时。

本项目移动探伤开机曝光过程中，3 名辐射工作人员均位于控制区外，辐射工作人员保守按控制区边界的辐射剂量率 $15\mu\text{Sv/h}$ 进行预测。现场清场后，公众均位于监督区边界外，因此周围公众保守按监督区边界的辐射剂量率 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 进行预测。由于每次探伤地点不同，根据每次探伤现场的改变，其周围的公众均不相同，因此控制区外辐射工作人员的居留因子取 1，监督区外公众的居留因子取 1/16。

表 11-3 本项目移动 X 射线探伤现场周围人员年受照有效剂量结果评价

--

由表 11-3 估算结果可知，公司在做好安全防护措施的情况下，辐射工作人员年有效剂量最大约为 3.000mSv ，公众年有效剂量最大约为 0.031mSv ，能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照剂量限值和本项目剂量约束值的要求，即：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 。

对于监督区边界外 100m 范围内的其他公众，由于剂量率与距离的平方成反比，在通过距离衰减后，可推断出监督区边界外 100m 范围内的其他公众人员所受年有效剂量也能满足要求。

4 三废治理评价

本项目 X 射线探伤机拟采用 DR 成像技术，运行过程中不产生定影液，显影液和废胶片等。

X 射线探伤机在工作状态时，会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），移动探伤现场在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧 50 分钟即可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

5 退役阶段的环境影响分析

当本项目 X 射线探伤机不再使用时，应实施退役程序。公司应将本项目 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。

事故影响分析

1 辐射事故分析

本项目为使用 II 类射线装置进行现场探伤，可能引起以下事故工况：

（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，致使公众误入控制区或监督区，使其受到超剂量的外照射。

（2）现场探伤时，周围环境保护目标调查不仔细，导致遗漏相关保护目标，致使人员受到误照射。

（3）现场探伤时，现场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超剂量的照射，或辐射工作人员违反操作规程强行探伤，对辐射工作人员和公众造成超剂量的照射。

（4）未在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌，提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置，导致无关人员进入造成误照射。

（5）未在监督区边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，且无专人警戒，致使人员受到误照射。

（6）X 射线探伤机被盗，导致 X 射线探伤机使用不当，造成周围人员的不必要照射。

（7）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造成误照射。

（8）探伤机停止工作时，未按《工业探伤放射防护标准》（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即认为探伤机已停止工作而实际未停止工作，造成对人员的误照射。

2 辐射事故预防措施

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行探伤作业，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善：加强对职工辐射防护知识的培训，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。每次开展移动探伤时，在探伤机开机前，初步划分控制区与监督区，设置安全警戒措施，对现场进行清场，确保没有无关人员，通过试曝光修正控制区与监督区范围，并相应调整安全警戒措施。定期检

查确认探伤机及警戒线、警告牌、警告标志、指示灯、声音提示装置等各项安全措施的有效性，故障设备及时交由生产商进行维修，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，辐射工作人员应尽快采取应对措施。必要时可远程控制停止出束。

(4) 开机作业需由 2 人或以上共同操作，开机状态下人员不得脱岗。

(5) 移动探伤 X 射线探伤机不使用时放置在公司储藏室内，储藏室拟设置防盗门窗、双人双锁，以实现防盗功能。

(6) X 射线探伤机在运输途中及临时储存时，须卸下电池，将电池与 X 射线发生器分开存放，探伤机主体采用三防箱进行贮存，设置双人双锁，并安排专人保管。

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 射线探伤机属于 II 类射线装置，本项目事故多为探伤前清场不完全或探伤过程中警戒工作未到位、现场控制区和监督区划分不合理，对辐射工作人员和公众造成超剂量照射等，通常情况下属于一般辐射事故。在发生事故后：

(1) 事故情况下立即切断电源，确保 X 射线探伤机停止出束，并组织人员保护现场，迅速报告公司安全和保卫部门进行事故处理，在 1 小时内上报生态环境、公安等有关管理部门，并做好辐射事故档案记录；

(2) 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，建立并保存相应的医疗档案；

(3) 辐射事故发生后，积极配合生态环境、公安等管理机关做好事故调查和善后处理，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

本项目开展工业 X 射线探伤使用的设备为 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和防护条例》及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求，使用 II 类射线装置的单位应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，辐射工作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。

中科方寸知微（南京）科技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 3 名辐射工作人员，其中 1 名为辐射防护负责人。辐射工作人员应通过生态环境部门组织的“X 射线探伤”类辐射安全与防护知识考核后方可上岗，辐射防护负责人应通过生态环境部门组织的“辐射安全管理”类辐射安全与防护知识考核后方可上岗。辐射工作人员及辐射防护负责人考核合格证明到期后，应当通过生态环境部门组织的相应类别的辐射安全与防护知识考核，考核合格后方可再次上岗。

辐射安全管理规章制度

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟按照《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》相关要求制定一系列辐射安全管理制度，包括探伤操作规程、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：

移动探伤操作规程：明确 X 射线探伤机的移动探伤操作流程及操作过程中采取的具体防护措施，重点明确 X 射线探伤机移动探伤前的清场，控制区及监督区的划分，开机探伤时的试曝光、检测过程中必须采取的辐射安全措施以及曝光结束后携带开机状态的个人剂量报警仪和辐射巡测仪进入控制区，收回 X 射线探伤机。

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，使每一个相关的辐射工作人员明确自己所在岗位的具体责任，并层层落实。

辐射防护和安全保卫制度：根据公司的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机在探伤现场的保管、运行和维修时的辐射安全管理。

设备维修制度：明确 X 射线探伤机以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 射线探伤机以及剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

台账管理制度：对 X 射线探伤机进出进行严格管理，实行领用归还登记制度。对 X 射线探伤机使用情况进行登记，记录开关机时间、地点，标明探伤机名称、型号、电压、电流等。

人员培训计划和健康管理制：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。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通过生态环境部组织的考核后方可上岗。还应组织新进辐射工作人员定期参加职业健康体检（不少于 1 次/2 年），并为其建立辐射工作人员职业健康监护档案。

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环境、卫生健康部门调查处理。公司每次开展现场探伤时均拟对工作场所及周围环境进行监测，发现异常情况的（如设备故障导致控制区范围突然扩大等），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主管部门报告。

事故应急方案：针对 X 射线探伤机移动探伤作业可能产生的辐射事故制定辐射事故应急方案，该方案中要明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等。当发生辐射事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化，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时，还应同时报告当地卫生健康部门。

辐射监测

1. 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》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。

本项目拟配备 1 个移动探伤小组，共 3 名辐射工作人员。公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪，并定期对其开展检定/校准工作，拟配备 3 台在现场环境条件下可听见、看见或产生震动信号的个人剂量报警仪，能够满足主管部门关于监测仪器配备的要求。

2.监测方案

公司拟定期（不少于1次/年）请有资质的单位对移动X射线探伤项目辐射工作场所及周围环境的辐射水平进行监测，并核实现场辐射安全措施及现场管控措施；在开展探伤作业时，中科方寸知微（南京）科技有限公司拟对辐射工作场所周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录；本项目辐射工作人员均拟佩戴个人剂量计监测累积剂量，定期（1次/3个月）送有资质部门进行个人剂量测量，并建立个人剂量档案。同时公司拟定期（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。公司还拟对辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前提提交上一年度的评估报告。本项目辐射监测方案见表12-1。

表 12-1 辐射监测方案

--

落实以上措施后，中科方寸知微（南京）科技有限公司辐射监测措施能够满足辐射监测管理的要求。

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，中科方寸知微（南京）科技有限公司应针对移动探伤项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急方案，应急方案内容包括：

- （1）应急机构和职责分工；
- （2）应急人员的组织和培训，应急装备、资金、物资的准备；
- （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。

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟依据《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方案，建立应急机构，明确人员职责分工，加强应急人员的组织、培训，完善辐射事故分类与应急响应措施，并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司立即启动本单位的事事故应急预案，采取必要防护措施，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 项目位置及选址合理性分析

中科方寸知微（南京）科技有限公司租赁中科南京人工智能创新研究院坐落于南京市江宁区创研路 266 号麒麟人工智能产业园 A 区 6 号楼 1 层的储藏室作为公司 X 射线探伤机储存场所。公司 X 射线探伤机储藏室东侧、南侧及北侧均为中科南京人工智能创新研究院展厅（包括培训教室、智能制造示范线、会议室、办公室等），西侧为园区道路，楼上二层为南京世唯通信技术有限公司，楼下无建筑。

本项目辐射工作人员在公司储藏室及办公场所内不调试、不使用 X 射线探伤机，因此公司储藏室周围的工作人员及公众不会受到辐射影响。

公司在实施现场探伤之前，拟根据探伤工作场所周围的具体环境特征，对安全警戒距离、附近的公众、探伤时间等进行全面评估，强化辐射安全与防护措施，以保证探伤过程中的辐射安全，确保现场探伤选址合理可行。

1.2 实践正当性分析

本项目的建设和运行不仅满足了企业的发展需求，还提高了输电线路耐张线夹的质量，使输电线路的安全性和稳定性得到良好保证，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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”原则。

1.3 项目分区及布局

中科方寸知微（南京）科技有限公司对客户单位输电线路的耐张线夹进行无损检测，根据现场具体情况，拟将作业场所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，中科方寸知微（南京）科技有限公司采取上述辐射防护分区划分后，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的划分要求。

1.4 辐射安全措施

中科方寸知微（南京）科技有限公司在开展移动 X 射线现场探伤作业时，拟提前与客户单位沟通，对探伤现场进行全面评估。利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区，并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”

警告牌、与探伤机进行联锁的提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置；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，并在其边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识，必要时设专人警戒。

探伤现场配备辐射巡测仪，辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作，控制台处拟设置钥匙开关。移动探伤过程中严格执行移动 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，每次开机前进行清场，确保控制区和监督区内无人员滞留，以防发生误照射事故。

本项目 X 射线探伤机平时不使用时拟储存于公司储藏室内，储藏室仅用于贮存 X 射线探伤机，储藏室门口拟粘贴辐射安全警示标志，同时储藏室为专用房间，拟配备防盗门窗、双人双锁，以实现防盗功能，并设置探伤机取用台账。在外作业探伤机不工作时，拟安排专人负责 X 射线探伤机的保管。在外开展探伤作业时，一般情况下探伤机在当日返回公司储藏室内，如有特殊情况当天无法返回，将安排专人保管。

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

中科方寸知微（南京）科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。公司拟在项目运行前制定辐射安全管理制度。本项目拟配备的 3 名辐射工作人员在上岗前均应通过生态环境部培训平台上的线上考核。

公司拟为本项目配备 1 台辐射巡测仪及 3 台个人剂量报警仪，能满足审管部门关于监测仪器配备的要求。

公司拟定期（不少于 1 次/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，并核实现场辐射安全措施及现场管控措施；委托有资质的单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量监测及职业健康检查，建立完整的个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

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要求。

2 环境影响分析结论

2.1 保护目标剂量

根据理论估算结果可知，在严格按照标准要求划分控制区及监督区，并落实辐射安全措施后，本项目投入运行后辐射工作人员和公众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》（GB 18871-2002）中对辐射工作人员和公众受照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) 的剂量限值要求。

2.2 三废处理处置

本项目 X 射线探伤机拟采用 DR 成像技术, 运行过程中不产生定影液、显影液和废胶片等。

X 射线探伤机在工作状态时, 会使探伤现场的空气电离产生少量臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x), 移动探伤现场在良好通风条件下, 臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中, 臭氧 50 分钟即可自行分解为氧气, 对周围环境空气质量影响较小。

3 可行性分析结论

综上所述, 中科方寸知微 (南京) 科技有限公司新建移动式 X 射线探伤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。

建议与承诺

(1) 本项目运行后, 建设单位应严格执行操作规程和辐射防护程序, 并实施系统性的工作人员培训与考核制度。通过落实这些风险管控措施, 切实预防意外事故的发生; 并确保一旦发生辐射事故, 能有效减轻其对职业人员和公众的辐射后果。同时, 在正常运行期间, 应持续优化管理, 将项目对环境的辐射影响控制在可合理达到的尽量低水平。

(2) 公司应定期或不定期对 X 射线探伤机的各种管理、操作、保安措施的落实情况进行检查, 确保仪器的完好和有效。

(3) 项目运行后, 公司应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定及时进行自主环境保护验收, 环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月, 最长不超过 12 个月。

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

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	中科方寸知微(南京)科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,指定专人兼职负责辐射安全与环境保护管理工作,并以文件形式明确其管理职责	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	/
	本项目现场探伤时,将被检物周围的周围剂量当量率在 $15\mu\text{Sv/h}$ 以上的范围划为控制区,将控制区边界外周围剂量当量率大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的范围划定为监督区	《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中控制区及监督区划分要求;同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)剂量限值和本项目剂量约束限值的要求;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	/
辐射安全和防护措施	中科方寸知微(南京)科技有限公司在开展移动 X 射线现场探伤作业时,拟提前与客户单位沟通,对探伤现场进行全面评估。利用辐射巡测仪巡测,将作业场所中周围剂量当量率大于 $15\mu\text{Sv/h}$ 的范围划为控制区,并在控制区边界设置“禁止进入射线工作区”警告牌,与探伤机进行联锁的提示“预备”“照射”状态的指示灯和声音提示装置;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,并在其边界上悬挂醒目的“无关人员禁止入内”的警告牌和电离辐射警告标识,必要时设专人警戒。探伤现场配备辐射巡测仪,辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪,探伤机操作人员延时开机后退至控制区外操作,控制台处拟设置钥匙开关。移动探伤过程中严格执行移动 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,每次开机前进行清场,确保控制区和监督区内无人员滞留,以防发生误照射事故。本项目 X 射线探伤机平时不使用时拟储存于公司储藏室内,储藏室仅用于贮存 X 射线探伤机,储藏室门口拟粘贴辐射安全警示标志,同时储藏室为专用房间,拟配备防盗门窗、双人双锁,以实现防盗功能,并设置探伤机取用台账。在外作业探伤机不工作时,拟安排专人负责 X 射线探伤机的保管。在外开展探伤作业时,一般情况下探伤机在当日返回公司储藏室内,如有特殊情况当天无法返回,将安排专人保管	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)关于辐射安全设施的相关要求	

人员 配备	公司拟为本项目配备 3 名辐射工作人员,其中 1 名为辐射防护负责人,辐射工作人员均应通过生态环境部培训平台上的线上考核 本项目拟配备的 3 名辐射工作人员均拟开展个人剂量监测,送检周期为 3 个月,并拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案 本项目拟配备的 3 名辐射工作人员均拟定期进行职业健康体检,体检周期为两年,并拟建立职业健康监护档案	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	公司拟为本项目配备 1 台环境辐射巡测仪及 3 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、辐射巡测仪等仪器的要求	
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、射线装置使用登记、台账管理制度以及辐射事故应急预案等制度,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	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预案	/

辐射防护用品一览表

--

以上措施必须在项目运行前落实。