

天然气管道输送中的管道巡检技术改进

杨振鸣 邢继鸣（山东港华燃气集团有限公司，山东 济南 250000）

摘要：本文针对天然气管道输送中的管道巡检技术改进展开研究。分析了传统巡检方法的局限性，介绍了无人机和机器人等新技术在天然气管道巡检中的应用。阐述了无人机的技术优势，包括覆盖范围广、快速识别潜在问题和降低巡检成本等，同时也指出了其面临的技术成本控制和法规合规挑战及应对措施。论述了机器人在高精度检测和自主行驶能力方面的功能特点，探讨了其未来发展趋势及面临的挑战与解决方案。最后对未来研究方向进行了展望，包括技术融合与创新、法规与标准完善、人才培养与合作等方面，以推动天然气管道巡检技术向智能化、高效化、安全化发展。

关键词：天然气管道巡检；无人机；机器人

1 研究背景

天然气作为一种清洁、高效的能源，在现代社会中发挥着重要作用。然而，天然气管道的安全运行面临着诸多挑战。随着天然气管道网络的不断扩大，传统的巡检方法逐渐显露出效率低下的问题。传统的巡检主要依赖人工进行，包括视觉巡检等，但受限于巡检人员的经验和技能，可能存在疏漏。例如，人工目视检查天然气管道、阀门、接头等关键部位，虽然简单易行，但难以保证全面性和准确性。据统计，目前我国天然气管道长度已达数十万公里，仅依靠人工巡检难以满足日益增长的安全需求。而且，传统巡检方法工作繁杂，巡检人员拿着巡线记录表在现场抄写很不方便，回到办公室后还需将数据重新录入电脑，不仅速度慢，工作量大，而且容易出错、数据不便保存和查询。

随着科技的不断进步，新技术为天然气管道巡检带来了变革。如无人机巡检、机器人巡检、智能传感器等技术的应用，极大地提高了巡检效率和准确性。例如，乐山电力乐山市燃气有限责任公司投入使用的激光巡检专用车，价值近百万，可检测出天然气泄漏的具体位置及浓度，自动生成巡检报告等。其工作效率是人工巡检的10倍以上。此外，国内外许多企业和研究机构已经开始尝试使用无人机进行天然气管道的巡检，无人机具有操作简便、速度快、成本低等优点，可以在短时间内完成大面积的管道巡检任务。未来，随着人工智能、大数据等技术的进一步发展，天然气管道巡检方法将更加智能化、自动化，为天然气管道的安全运行提供更强大的保障。

2 理论基础

2.1 巡检技术发展历程

在天然气管道巡检的漫长历史中，经历了从传统

人工巡检到现代新技术应用的重大转变。

2.2 传统巡检的局限性

传统巡检主要依靠人工进行，存在诸多明显的局限性。首先，人工巡检效率低下，面对庞大的天然气管道网络，巡检人员需要耗费大量的时间和精力。例如，一名巡检人员一天可能只能巡检几公里的管道，而我国天然气管道长度已达数十万公里，仅靠人工巡检远远无法满足需求。其次，人工巡检存在较大的安全隐患。天然气泄漏可能引发爆炸等严重事故，巡检人员在靠近管道进行检查时，面临着较高的风险。此外，人工巡检受限于巡检人员的经验和技能水平，可能出现疏漏。不同的巡检人员对泄漏迹象的判断标准可能不同，导致一些问题无法及时发现。据统计，传统人工巡检的漏检率可能高达10%左右。

2.3 新技术的兴起

随着科技的不断进步，无人机、机器人等新技术在天然气管道巡检中逐渐兴起。无人机技术的发展为管道巡检带来了革命性的变化。无人机可以搭载高清摄像头和各种传感器，对管道进行高效率的巡查。例如，云圣智能等公司已经开发出全自动的无人机巡检系统，能够自动规划飞行路线，收集和分析数据，极大地提高了巡检的效率和准确性。相比人工巡检，无人机可以在短时间内覆盖大片区域，巡检速度是人工的数倍甚至数十倍。同时，机器人技术也为天然气管道巡检提供了新的解决方案。特定的巡检机器人可以在管道内部进行检测，能够在狭小或危险的环境中工作，提供比人工更精确的检测结果。例如，智能管道巡检机器人可以搭载摄像头、传感器等设备在管道内部进行巡检，收集图像、数据等信息，并通过数据处理和智能决策，判断管道是否存在问题。这些新技术

的应用，为天然气管道巡检带来了新的机遇和挑战。

3 无人机在天然气管道巡检中的应用

3.1 无人机技术优势

无人机在天然气管道巡检中具有诸多显著优势。首先，其覆盖范围广，能够在短时间内对大面积的管道区域进行巡查。例如，固定翼无人机无须弹射架及跑道，使用安全方便、飞行速度快、飞行时间长，更适合应用于管道巡线，可快速覆盖长距离的天然气管道。

3.1.1 快速识别潜在问题

在实际应用中，无人机能够快速识别潜在问题。如济南港华燃气有限公司使用无人机巡检，在坝子村仅用 15 分钟就完成了整个村的燃气管道巡检任务，而以前需要四五个人一天才能完成。在巡检过程中，通过无人机上的高清变焦摄像头、激光探测器、红外热成像头等设备，能够及时发现管道的异常情况。例如，在对世贸广场的巡检中，仅用 2 分钟，无人机就将整栋楼顶的燃气管线及楼前的架空管线检测完毕，并发现了管道的一处掉漆点，及时通知维修人员进行处理。

3.1.2 降低巡检成本

与人工巡检相比，无人机巡检成本更低。人工巡检需要大量的人力、物力，而且工作效率低下。据统计，传统人工巡检的成本较高，包括巡检人员的工资、交通费用、设备费用等。而无人机巡检可以大大降低这些成本。例如，无人机可以在短时间内完成大面积的管道巡检任务，减少了人力成本；同时，无人机的维护成本相对较低，使用寿命较长，可以降低设备成本。此外，无人机巡检还可以提高巡检的准确性和效率，减少因漏检等问题导致的后续维修成本。

3.2 无人机技术挑战与应对

天然气管道巡检中，无人机技术虽带来诸多优势，但也面临着一些挑战。

3.2.1 技术成本控制

目前，无人机巡检技术成本较高，主要体现在设备购置、维护以及专业人员培训等方面。为降低无人机巡检成本，可以从以下几个方面入手。首先，优化无人机设备选型，根据不同的巡检任务需求，选择性价比高的无人机机型。例如，对于长距离管道巡检，可优先选择固定翼无人机，其飞行速度快、续航时间长，能在较低成本下完成大面积的巡检任务。其次，建立完善的设备维护体系，延长无人机的使用寿命，降低设备更换频率。通过定期维护和保养，及时发现并解决设备故障，减少维修成本。此外，加强专业人员培训，提高操作人员的技能水平，降低因操作不当

导致的设备损坏风险，从而减少维修和培训成本。

3.2.2 法规合规应对

无人机在天然气管道巡检中还需要应对法规合规的挑战。一方面，要遵守国家对无人机飞行的相关法律法规，包括飞行高度、区域限制等规定。在进行巡检任务前，应向相关部门申请飞行许可，确保巡检活动的合法性。另一方面，要制定严格的内部操作规程，确保无人机巡检过程中的安全。例如，建立无人机飞行日志，记录每次飞行的时间、地点、任务内容等信息，以便于监管和追溯。同时，加强与监管部门的沟通与合作，及时了解法规政策的变化，调整巡检策略，确保无人机巡检活动始终符合法规要求。

4 机器人在天然气管道巡检中的作用

4.1 机器人的功能特点

机器人在天然气管道巡检中具有显著的功能特点，尤其在复杂环境检测方面优势明显。

4.1.1 高精度检测

例如，中国科学院沈阳自动化研究所研发的一款管道巡检机器人，可以在复杂的地形环境下对管道进行全方位、高精度的检测。该机器人能够检测到微小的管道腐蚀、裂缝等问题，检测精度可达到毫米级别。相比传统人工巡检，其精度更高，能够及时发现潜在的安全隐患，为天然气管道的安全运行提供可靠保障。

4.1.2 自主行驶能力

机器人的自主导航在天然气管道巡检中至关重要。它可以在管道内部或复杂的地形环境中自主行驶，无需人工干预。例如，燃气巡检机器人采用自主导航和运动控制技术，可以在燃气管道中进行自主巡检，并沿着管道进行前进、后退、左转、右转等运动。这种自主行驶能力大大提高了巡检效率，减少了人力成本和安全风险。同时，自主导航还可以确保机器人按照预定的路线进行巡检，提高巡检的全面性和准确性。

4.2 机器人应用的前景与挑战

4.2.1 未来发展趋势

随着人工智能、大数据等技术的进一步发展，天然气管道巡检机器人的未来发展趋势将更加智能化、自动化。例如，通过大数据分析，机器人可以更加准确地预测管道可能出现的问题，提前进行维修，减少事故发生的概率。利用人工智能技术，机器人能够实现对管道的实时监控和智能诊断，提高巡检的准确性和效率。此外，机器人的功能将不断丰富和完善，不仅能够检测管道的腐蚀、裂缝等问题，还可以对管道的流量、压力等参数进行实时监测，为管道的安全运

行提供更加全面的保障。

据预测,未来几年,天然气管道巡检机器人的市场规模将不断扩大。随着技术的不断进步和成本的逐渐降低,越来越多的企业和机构将采用机器人进行天然气管道巡检。同时,机器人的性能也将不断提升,其在复杂环境下的适应能力和检测精度将进一步提高。

4.2.2 挑战及解决方案

然而,机器人在天然气管道巡检中的应用也面临着一些挑战。首先,技术成本仍然较高。目前,高性能的管道巡检机器人价格昂贵,这对于一些小型企业和机构来说是一个较大的负担。为了解决这个问题,可以通过技术创新和规模化生产来降低机器人的成本。例如,加强关键技术的研发,提高机器人的性能和稳定性,同时降低生产成本。此外,政府和企业可以共同出资,设立专项资金,支持机器人技术的研发和应用,推动机器人产业的发展。

其次,机器人的可靠性和稳定性有待提高。在复杂的天然气管道环境中,机器人可能会受到各种因素的影响,如电磁干扰、恶劣天气等,导致其出现故障或误报。为了提高机器人的可靠性和稳定性,可以加强机器人的防护设计,提高其抗干扰能力和适应能力。同时,建立完善的质量检测体系,对机器人进行严格的测试和检验,确保其性能和质量符合要求。

最后,机器人的数据安全也是一个需要关注的问题。在巡检过程中,机器人会收集大量的管道数据,这些数据涉及到企业的商业机密和国家安全。为了保障数据安全,可以采用加密技术、访问控制等手段,对数据进行保护。同时,加强对机器人的数据管理和监控,防止数据泄露和滥用。

5 结论与展望

5.1 未来研究方向展望

随着天然气在能源领域的重要性不断提升,天然气管道巡检技术的改进将持续成为研究的重点。未来的研究方向可以从以下几个方面展开:

5.2 技术融合与创新

多技术融合:将无人机、机器人、智能传感器等技术进行深度融合,发挥各自优势,实现更加全面、高效的巡检。例如,利用无人机进行大面积快速巡检,发现疑似问题区域后,派遣机器人进行精细检测,同时结合智能传感器实时监测管道的关键参数,提高巡检的准确性和可靠性。

新材料应用:研发适用于天然气管道巡检设备的新型材料,提高设备的耐用性、抗干扰性和轻量化程度。

例如,采用高强度、耐腐蚀的材料制造无人机外壳和机器人机身,延长设备的使用寿命,降低维护成本。

人工智能与大数据深度结合:通过对大量巡检数据的分析和挖掘,利用人工智能算法实现对管道状态的智能预测和故障诊断。例如,建立基于大数据的管道健康评估模型,根据历史巡检数据预测管道可能出现问题的时间和位置,提前进行维护和修复。

5.3 法规与标准完善

制定更加严格的巡检技术标准:明确不同巡检技术的应用范围、检测精度、数据处理要求等,规范市场秩序,提高巡检质量。例如,针对无人机巡检,制定详细的飞行高度、距离管道的安全距离、图像分辨率等标准;对于机器人巡检,规定检测精度、自主行驶速度、续航能力等指标。

完善法规政策:随着巡检技术的不断发展,及时修订和完善相关法律法规政策,确保新技术的合法、安全应用。例如,明确无人机在天然气管道巡检中的飞行许可审批流程和监管要求,规范机器人在管道内部的作业安全标准。

5.4 人才培养与合作

专业人才培养:加强对天然气管道巡检技术专业人才的培养,提高从业人员的技术水平和综合素质。开设相关专业课程和培训项目,培养既懂天然气管道技术又熟悉先进巡检技术的复合型人才。

产学研合作:鼓励企业、高校和科研机构之间的合作,共同开展巡检技术的研发和应用。通过合作,实现资源共享、优势互补,加速技术创新和成果转化。例如,企业提供实际应用场景和需求,高校和科研机构提供技术支持和人才培养,共同推动天然气管道巡检技术的进步。

总之,天然气管道巡检技术的改进是一个长期而艰巨的任务。未来,我们需要不断探索创新,加强技术融合,完善法规标准,培养专业人才,推动天然气管道巡检技术向更加智能化、高效化、安全化的方向发展,为天然气行业的可持续发展提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 许诺,邵倩倩,王晓琪,张一鸣.长距离输气管道泄漏检测技术研究综述[J].山东化工,2021(14).
- [2] 韦金松,王盈,邓宝信,陈飞.无人机技术在管道巡检管理中的应用[J].化工设计通讯,2021(06).
- [3] 张羽翀,胡云鹏,孙磊峰,钱志,徐想.无人机在油气管道巡检中的应用[J].中国安防,2021(12).