Research on the application of UAV in the pipeline inspection of refined oil products

Haoran Sun

Huazhong Branch of National Pipeline Network Group, Xianning, Hubei, 437000, China

Abstract

With the rapid development of long-distance refined oil pipeline networks, traditional pipeline inspection methods can no longer meet the demands for efficiency and safety. This paper explores the application of drone technology in the inspection of long-distance refined oil pipelines, aiming to enhance inspection efficiency and accuracy while reducing labor costs and safety risks. The paper provides an overview of the current status of long-distance refined oil pipeline development and the importance of inspections, and analyzes the challenges currently faced in inspections. It introduces the basic principles and development trends of drone technology, and details the practical applications of drones in pipeline inspections, including inspection procedures, data collection and processing, as well as the advantages of drone technology in improving inspection efficiency and reducing costs.

Keywords

UAV; refined oil; long distance pipeline; inspection; technology application

无人机在成品油长输管道巡线中的应用研究

孙浩然

国家管网集团华中分公司, 中国·湖北 咸宁 437000

摘要

随着成品油长输管道网络的快速发展,传统的管道巡检方法已难以满足高效、安全的需求。本文探讨了无人机技术在成品油长输管道巡检中的应用,旨在提升巡检效率与准确性,降低人力成本和安全风险。本文概述了成品油长输管道的发展现状及其巡检的重要性,并分析了当前巡检面临的挑战。本文介绍了无人机技术的基本原理及发展趋势,并详细阐述了无人机在管道巡检中的实际应用,包括巡检流程、数据收集与处理,以及无人机技术在提高巡检效率、降低成本方面的优势。

关键词

无人机; 成品油; 长输管道; 巡检; 技术应用

1 引言

1.1 成品油长输管道发展概况

成品油长输管道作为石油产品运输的重要方式,在全球范围内得到了广泛的应用和发展。这些管道通常跨越复杂地形,连接炼油厂与消费市场,保障着国家能源安全 and 经济稳定。然而,长距离输送也带来了维护和监管的挑战,确保管道的安全运行成为行业关注的焦点。

1.2 成品油管道巡检的重要性

成品油管道巡检是确保管道安全、预防泄漏和环境事故的关键措施。定期的巡检可以及时发现管道的腐蚀、磨损或其他潜在问题,从而采取必要的维修或更换措施。此外,巡检还有助于监控非法入侵和破坏行为,保护管道免受外部

威胁。因此,提高巡检的效率和准确性对于管道运营商来说至关重要。

1.3 当前成品油管道巡检面临的挑战

尽管成品油管道巡检至关重要,但传统巡检方法面临诸多挑战。例如,人工巡检耗时耗力,且在恶劣天气或复杂地形条件下存在安全风险。同时,人工巡检的准确性受限于巡检人员的经验和主观判断,难以实现全面和连续的监控。此外,随着管道网络的扩张,传统的巡检方法已难以满足日益增长的巡检需求。

1.4 研究目的与意义

鉴于上述挑战,本研究旨在探索无人机技术在成品油长输管道巡检中的应用潜力。无人机能够提供快速、高效且安全的巡检手段,不受地形限制,且能够在人类难以到达的区域进行作业。通过无人机搭载的高分辨率相机和其他传感器,可以实现对管道的实时监控和精确数据采集。

【作者简介】孙浩然(1987-),男,中国吉林长春人,本科,工程师,从事安全环保管理体系与机制、管道安全运行与风险防控和管道保护技术与创新等方面的研究。

2 无人机技术概述

2.1 无人机技术发展历程

无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)技术的起源可追溯到20世纪初的军事应用。早期的无人机主要用于靶机训练和侦察任务。随着技术进步,无人机开始装备更先进的导航系统、通讯设备和传感器,使其应用领域迅速扩展到民用领域。近年来,无人机技术在续航能力、自主飞行、数据处理等方面的突破,为其在成品油长输管道巡检中的应用提供了可能。

2.2 无人机系统的组成

现代无人机系统主要由飞行器平台、地面控制站、通信链路和有效载荷四部分组成。飞行器平台是执行任务的主体,具备稳定的飞行能力和良好的操控性。地面控制站负责规划飞行任务、监控飞行状态并进行实时数据处理。通信链路确保飞行器与控制站之间的信息传输。有效载荷则根据任务需求携带相应的传感器和设备,如高清摄像头、红外扫描仪等^[1]。

2.3 无人机技术的发展趋势

无人机技术的发展趋势表现为智能化、小型化和集成化。智能化体现在无人机的自主飞行能力上,通过搭载先进的人工智能算法,无人机能够实现更复杂的任务执行和决策。小型化使得无人机更加便携,易于在狭窄或复杂的空间中操作。集成化则是指无人机系统与其他技术的结合,如与云计算、大数据分析等技术融合,提高数据处理能力和任务执行效率。

2.4 无人机在各行业的应用现状

无人机在多个行业中已展现出其独特的价值。在农业领域,无人机用于作物监测和精准喷洒农药;在环境监测领域,无人机可用于空气质量检测和野生动物保护;在公共安全领域,无人机参与搜救行动和犯罪现场勘查;在能源行业,无人机被用于输电线路和油气管道的巡检。这些应用证明了无人机技术的多样性和灵活性,预示着其在成品油长输管道巡检中的巨大潜力。

3 成品油长输管道巡检现状分析

3.1 成品油长输管道巡检的基本要求

成品油长输管道巡检的主要目的是确保管道结构的完整性、防止泄漏、及时发现并处理潜在的安全隐患。基本要求包括对管道沿线的地表状况、阀门、泵站等关键设施进行定期检查,以及对周边环境进行监测,以防止非法挖掘或其他形式的破坏。巡检工作应保证高频率和高覆盖率,以确保任何问题都能被及时发现并得到妥善处理。

3.2 传统巡检方法及其局限性

传统的成品油管道巡检主要依赖于人工巡查和地面车辆巡视。这些方法虽然在一定程度上能够满足基本的巡检需求,但存在明显的局限性。首先,人工巡检劳动强度大,耗

时耗力,且受天气和地形条件的限制较大。其次,人工巡检的连续性和全面性不足,容易导致漏检或误判。

3.3 现代化巡检技术的应用情况

为了克服传统巡检方法的不足,现代化巡检技术逐渐被引入成品油管道巡检领域。这些技术包括卫星遥感、地理信息系统(GIS)、无损检测技术和远程传感技术等。这些技术提高了巡检的效率和准确性,但仍有其局限性,如成本高昂、数据处理复杂、对专业技术人员的依赖性强等^[2]。

3.4 成品油管道巡检中存在的问题

尽管现代化技术的应用提高了成品油管道巡检的能力,但依然存在一些问题和挑战。例如,现有方式仍有一些难点需要分析:

(1) 地理环境的复杂性是成品油管道巡检中的一大难题。成品油长输管道往往需要跨越各种复杂的地形,如山区、河流、湿地等。这些自然环境不仅使得传统的人工徒步巡检难以实施,形成了巡检盲区也在很大程度上增加了巡检的风险。在河流和水库区域由于水域的限制,人工巡检的效率显著降低,而在高山陡坡等地势险要的地区,巡检工作的风险进一步加大。而且一些高后果区由于地形限制无法实现管道上方的人工巡检,这不仅影响了巡检的效率,也可能导致重要区域的安全隐患无法及时发现。因此,如何有效应对复杂地理环境带来的挑战,是提升巡检效率的一项重要任务。

(2) 现有的泄漏检测技术在成品油管道的应用中仍存在不少局限性。成品油管道的运输特点,如多批次顺序输送和混油段的存在,为泄漏监测系统带来了挑战。例如,负压波法在应用时受到多批次顺序输送和混油段的影响,导致定位误差增大。这要求我们开发出更加精确且适应性强的泄漏检测技术,来提高监测的准确性。另外当前技术在快速变化的管道管理需求面前,显得力不从心。因此,创新和改进现有的泄漏检测技术,成为了提高管道安全管理水平的关键。

(3) 人工巡检效率低下的问题一直困扰着成品油管道的管理。传统的油气长输管道巡检方式主要依赖人工徒步巡检,这种方式不仅耗时长、效率低,而且难以满足现代管道管理对高后果区的识别、管控和应急管理等方面的数字化要求。随着管道网络的不断扩展,提高巡检效率成为亟待解决的问题。需要寻找更加高效的巡检方式来适应现代化管道管理的需求。

针对这些难点,业界正在积极寻求解决方案。其中,无人机技术的应用为克服部分难点提供了新的可能性。无人机可以有效克服地理环境的限制,对难以到达的区域进行巡检,填补人工巡检的盲区。同时,无人机搭载的高清摄像头、红外传感器等设备,可以提供更为全面的巡检数据,从而提高巡检效率。然而无人机技术在实际应用中也面临着一些挑战^[3]。

3.5 无人机技术在应用过程中也面临一些挑战:

(1) 在特殊地段的巡线难度较大。山区、河流等复杂

地形对无人机的飞行构成障碍,影响航线规划与执行。复杂的地理环境可能导致GPS信号不稳定,从而影响无人机的定位与导航精度。然后无人机的操作与维护需要较高的技术要求。飞行路线与速度的精确控制,保证覆盖巡检区域是至关重要的。同时频繁使用和恶劣环境也可能增加无人机的维修和零部件更换需求来提高维护成本。

(2) 电池续航和通信限制也是无人机应用面临的难题。现有无人机的电池续航时间有限,进行长距离的管道巡检时,需要频繁更换电池或使用接力方式作业,这在一定程度上影响了巡检效率。在远程或复杂地形中,无人机与控制中心的通信可能受阻,进而影响实时数据的传输与指令的接收。因此,改善无人机的续航能力和通信稳定性,是提高巡检效率的必要手段。

(3) 环境因素也是不容忽视的挑战。极端天气条件,如强风、雨雪等,可能限制无人机的正常使用,影响巡检计划的执行。在生态敏感区域,如湿地或保护区,无人机的使用可能受到环保法规的限制。同时,空域管理法规也可能限制无人机的飞行范围与高度,尤其是在城市及居民区附近的管道巡检中,这对无人机的应用提出了更高的要求。

(4) 技术层面上,图像识别与处理能力仍有提升空间。尽管无人机可以搭载高清相机,但在复杂背景下,缺陷的自动识别准确性依然存在不足。数据处理与分析依赖于高效的算法,这对技术支持团队提出了较高要求。

(5) 此外,应急响应的时效性也是需要考虑的问题。在发现严重问题时,无人机本身无法直接进行修复,仍需与地面团队配合进行具体操作。对于需要立即处理的紧急情况,无人机的调度和集结速度可能成为制约因素。因此,在制定应急响应预案时,需要充分考虑无人机的使用效率与响应能力。

(6) 数据安全与隐私问题同样不容忽视。无人机巡检所收集的大量地理和环境数据需要严格管理,以防止泄露给第三方。在处理个人隐私方面,尤其是在密集人群区域的管道巡检时,必须格外小心。因此,保证数据的安全性与隐私保护是无人机技术应用的重要前提。

3.6 无人机技术在成品油长输管道巡检中广阔的应用前景。

(1) 技术提升:研发更先进的无人机模型将有助于克服复杂地形带来的障碍。例如,增强无人机的稳定性和自主避障能力,使其能够在山区和湿地等环境中灵活操作。此外,提升电池续航能力是确保无人机在长距离巡检中高效工作的前提。通过研发更高效的数据处理算法,实时分析巡检数据,将极大提高巡检的智能化水平。这种技术进步不仅能提升巡检效率,还能在潜在问题出现时及时发出警报,确保管

道的安全运行。

(2) 法规配套:法规配套的完善同样至关重要。制定明确的无人机使用规范是推动其广泛应用的基础,尤其是在涉及管道安全的关键区域。行业内需要与政府和监管机构密切合作,建立适合无人机操作的法律框架,确保其在各种环境中的合法合规使用。此外,还需探索在特殊区域使用无人机的可能性,以解决实际操作中的法规障碍。例如,在生态敏感区或人口密集区,制定相应的使用条款,将有助于平衡巡检需求与环境保护之间的关系。这样的法规保障不仅能提升无人机技术的应用水平,还能增强公众对其安全性的信任。

(3) 数据安全:在数据安全方面,随着无人机巡检所收集的数据量不断增加,如何有效保护这些数据至关重要。加强数据加密措施和安全协议是确保信息传输和存储安全性的基本手段。制定严格的数据管理制度,确保只有授权人员能够访问敏感信息,将有效防止数据泄露事件的发生。另外实施数据备份和恢复机制,以应对可能的网络攻击或技术故障,确保信息的完整性。随着数据安全需求的提升,企业必须将数据保护作为优先事项,以维护客户的信任。

(4) 多技术融合:多技术融合的趋势将进一步推动无人机技术的应用升级。将无人机与人工智能、大数据分析、物联网等先进技术结合,不仅能够提升巡检的智能化水平,也能显著提高整体工作效率。例如,利用大数据分析可以对历史巡检数据进行深入挖掘,识别潜在风险并提前制定应对方案。同时,物联网技术可以实现设备间的实时数据共享,提升信息传递的时效性。这种跨技术的协同将使得巡检工作更加高效、智能,为成品油管道的安全管理提供更为坚实的技术支持。

4 结语

综上所述,无人机技术在成品油长输管道巡线方面虽展现出巨大潜力,但也面临着不少挑战和局限性。通过技术创新、政策支持以及专业人才培养等多方面的努力,可以进一步提升无人机巡检的效率和可靠性,从而保障长输管道的安全运营。通过不断创新,相信无人机技术将在成品油长输管道巡检中发挥越来越重要的作用,为管道安全运行提供强有力的技术支持。

参考文献

- [1] 李春奇,张健铭,王佳楠,石磊.基于无人机的天然气管道巡检系统研究[J].石油化工自动化,2024,60(05): 71-75.
- [2] 乔丹,王湛亮,高跃宏.基于无人机视觉的过河管道巡检技术应用[J].供水技术,2024,18(04): 43-46.
- [3] 田磊,王鑫,谢成.面向无人机油气管道巡检的小目标检测方法[J].电子设计工程,2024,32(15): 185-189.