

Application of Control Engineering in Stability Optimization of Inspection Robots

Fengrui Zhao

University of Jinan, Jinan, Shandong, 250022, China

Abstract

With the continuous development of inspection robot technology, its application in industries, security and other fields is becoming increasingly widespread. However, when inspection robots operate in complex environments, their stability becomes a key factor restricting their application effectiveness. This paper analyzes the problems in the stability of inspection robots and elaborates on the key technologies of control engineering in optimizing the stability of inspection robots, including control algorithm design, sensor fusion technology, and adaptive control strategies. Thus achieving the ultimate goal of improving the stability and operation of inspection robots, providing fundamental guarantees for the future development of various industries, and promoting the development of the inspection robot industry towards a better place.

Keywords

control engineering; inspection robots; stability; optimization

控制工程在巡检机器人稳定性优化中的应用

赵丰瑞

济南大学, 中国·山东 济南 250022

摘要

随着巡检机器人技术的不断发展,其在工业、安防等领域的应用越来越广泛,然而巡检机器人在复杂环境中运行时,其稳定性问题成为制约其应用效果的关键因素。论文通过分析巡检机器人稳定性中存在的问题,详细阐述了控制工程在巡检机器人稳定性优化中的关键技术,包括控制算法设计、传感器融合技术,以及自适应控制策略等。从而实现提升巡检机器人稳定性运行的最终目的,为各行业未来的发展提供了基础性的保障,促使巡检机器人行业向着更好的方向发展。

关键词

控制工程; 巡检机器人; 稳定性; 优化

1 引言

随着自动化和智能化技术的快速发展,巡检机器人作为一种高效、智能的巡检工具,在各个领域得到了广泛应用。但巡检机器人在复杂环境中运行时,想要保证其稳定性成为一个亟待解决的问题。巡检机器人的稳定性不仅关系到其能否正常执行任务,还直接关系到人员和设备的安全。因此,如何运用控制工程的方法对巡检机器人的稳定性进行优化,成为当前研究的热点和难点。

2 巡检机器人应用领域及重要性

2.1 巡检机器人的应用领域

巡检机器人的应用领域非常广泛,在各种环境和行业中都发挥着重要的作用,在工业制造业方面,巡检机器人可

用于检查生产线上的设备和工具,提高生产线的安全性和稳定性^[1]。可代替人工进行危险环境下的巡检任务,如高温、高压、有毒有害等场景,从而大大提高了巡检的频次和覆盖范围,及时发现并解决潜在问题。在能源行业,巡检机器人可用于检查电力设备、石油天然气设备等,提高设备的可靠性和安全性,可搭载各种传感器和摄像头,实时监测设备状态、环境参数等信息,为设备维护和生产管理提供数据支持,帮助企业实现预防性维护,降低设备故障率,提高生产效率和品质。在建筑业,巡检机器人可用于检查建筑物的外观和结构,及时发现裂缝、渗漏等问题,帮助管理人员及时发现并处理建筑隐患,保障建筑安全。在铁路行业,巡检机器人可用于检查铁路设备和轨道,确保安全运营,在不同天气和环境条件下进行巡检,提高铁路系统的安全性和可靠性。在医疗行业,巡诊机器人可用于巡查医院的各个部门,监控设备的运行状况和患者的安全,解决医疗资源分布不均衡、医护人员工作压力过大等问题。

而在安保领域,智能安防巡检机器人可以全天候 24 小

【作者简介】赵丰瑞(1996-),男,中国山东济南人,在读硕士,从事控制工程研究。

时不间断地进行巡检和监控，避免了人工巡检的繁琐和易出错的问题，提高了工作效率。智能安防巡检机器人还配备高清摄像头、红外线感应器等设备，可以更加精准地检测和识别异常情况，提高了安保工作的精度和可靠性。此外，智能安防巡检机器人还可以代替部分人工巡检和监控的工作，减轻了人力负担，让人力资源得到更加合理的分配和使用。而在农业领域，农业巡检机器人可以在农田中进行环境监测和巡检，包括空气质量、水质、土壤状况等方面。巡检机器人可以检测土壤水分、养分含量、温度、湿度等环境信息，为农民提供科学的农作物管理建议。并且巡检机器人还可以根据农作物的生长状态和成熟程度，自主完成施肥、喷药、采摘和收割等工作，提高农业生产的效率和质量。而随着技术的不断发展和完善，巡检机器人的应用领域将会越来越广泛。

2.2 巡检机器人技术的重要性

巡检机器人技术的重要性体现在多个方面，在现代社会、工业和商业领域中发挥着至关重要的作用。这是由于巡检机器人能够在危险或不可接近的环境中执行任务，如高温、高压、有毒、放射性或人迹罕至的区域，这些环境对人工巡检来说风险极高，而巡检机器人则可以确保人员的安全，降低工作场所事故的风险。同时，巡检机器人可以全天候、不间断地进行工作，不受疲劳、恶劣天气或其他人为因素的限制，能够快速、准确地完成巡检任务，大大提高了巡检的效率和频次，减少了停机时间和生产延误。由于巡检机器人配备了先进的传感器、摄像头和其他检测设备，所以能够实时收集、分析和处理大量数据，这些数据可以提供有关设备状态、环境参数和潜在风险的精确信息，帮助用户及时发现并解决问题，提高设备的可靠性和稳定性^[2]。虽然巡检机器人的初始投资可能较高，但能够降低长期运营成本，通过减少人工巡检的需求，企业可以节省人力成本、培训成本和员工福利等开支。此外，巡检机器人还可以减少设备故障和停机时间，进一步提高企业的生产效率和经济效益。此外，巡检机器人技术的应用是推动工业自动化和智能化转型的重要驱动力之一，随着技术的不断发展和完善，巡检机器人将具备更加智能、自主和灵活的功能，能够更好地适应各种复杂环境和任务需求，有助于企业实现更高效、更智能的生产和管理模式，提高竞争力和市场地位。在紧急情况和灾难发生时，巡检机器人可以快速部署到现场进行救援和评估，并进入危险区域收集信息、传输数据、执行搜救任务等，为救援人员提供重要支持。这种能力在自然灾害、火灾、爆炸等紧急情况下尤为重要，从而推动工业自动化和智能化转型的进程。

3 巡检机器人稳定性面临的挑战

巡检机器人在执行巡检任务时，其稳定性面临着多种环境因素的挑战，不同的地形和地貌对巡检机器人的移动能

力和稳定性提出不同的要求。例如，崎岖不平的山地、泥泞的沼泽、松软的沙地等都可能使机器人难以稳定移动，甚至导致翻倒或陷入困境^[1]。同时，天气变化对巡检机器人的稳定性也有显著影响，如大风可能导致机器人偏离预设路径，暴雨和洪水可能导致机器人陷入积水区域，高温可能导致机器人过热而失效，而低温则可能影响电池性能。在电力设施、通信基站等区域，巡检机器人可能受到强烈的电磁干扰，这会影响其传感器和通信系统的正常工作，从而降低其稳定性。而在光线不足或能见度低的环境下，巡检机器人的视觉系统可能无法正常工作，导致无法准确识别目标和障碍物，进而影响其稳定性。对于在某些特殊环境中，如化工厂、实验室或野外环境中，巡检机器人可能面临化学腐蚀、生物污染等挑战，这些因素会损坏机器人的硬件和软件系统，降低其稳定性。为了应对这些挑战，巡检机器人需要具备强大的环境适应能力、鲁棒性强的控制系统、高效的能源管理策略以及先进的传感器和通信技术。同时，研发人员还需要针对具体的应用场景进行定制化设计，以确保巡检机器人在各种复杂环境下都能保持稳定的运行。

4 控制工程在巡检机器人稳定性优化中的关键技术

4.1 控制算法设计

在巡检机器人的稳定性优化过程中，控制算法设计是关键的技术之一，PID控制算法（比例—积分—微分控制）是一种广泛应用的经典控制方法。通过比例、积分、微分三个部分的组合，来调节控制器的输出信号。对于巡检机器人来说，PID控制算法可以确保机器人在执行任务时，能够精确地控制其速度、位置和姿态，从而提高其稳定性。在PID控制算法中，比例项（P）用于消除静态误差，根据误差的大小来调整控制信号的大小，在巡检机器人中，比例项可以帮助机器人快速响应环境变化，如地形变化或外部干扰，从而保持稳定的运动状态。积分项（I）用于消除积分误差，即累积误差^[4]。在巡检机器人中，积分项可以确保机器人在长时间运行过程中，其位置和姿态的累积误差不会过大，从而保证其稳定性。微分项（D）用于抑制振荡，预测误差的变化趋势。在巡检机器人中，微分项可以帮助机器人预测未来可能出现的误差，并提前进行调整，从而避免机器人出现不稳定的振荡现象。

同时，模糊控制算法是一种基于模糊逻辑的控制方法，通过将模糊规则和模糊推理运算应用于控制系统中，以实现非线性复杂系统的控制，对于巡检机器人来说，模糊控制算法可以处理复杂的环境信息和不确定的干扰因素，提高机器人的适应性和稳定性。例如，在巡检机器人面对未知地形时，模糊控制算法可以根据机器人的传感器数据，实时调整其运动参数，如速度、转向角度等，以确保机器人能够稳定地通过该地形。此外，神经网络控制算法是一种基于人工

神经网络的控制方法。它通过模拟人类神经系统的结构和功能,实现对复杂系统的控制,对于巡检机器人来说,神经网络控制算法可以学习并适应复杂的环境信息和任务需求,从而提高机器人的稳定性和自主性。例如,在巡检机器人进行长时间、大范围的巡检任务时,神经网络控制算法可以根据机器人的历史数据和实时数据,预测其未来的运动状态和可能出现的干扰因素,并提前进行调整,以确保机器人能够稳定地完成任

4.2 传感器融合技术

传感器融合技术在巡检机器人稳定性优化中扮演着至关重要的角色,传感器融合技术通过集成多种传感器,如视觉传感器、红外传感器、激光雷达等,为巡检机器人提供了丰富的环境感知信息。这些信息经过融合处理,能够更准确地描述环境状态,从而提高巡检机器人的稳定性,具体来说,传感器融合技术可以在以下几个方面提升巡检机器人的稳定性^[9]。首先,不同类型的传感器可以互补彼此的不足,提供更全面的环境感知信息。例如,视觉传感器可以提供丰富的视觉图像,而红外传感器则可以检测物体的温度信息,通过将这两种传感器融合在一起,可以更准确地识别目标物体,提高巡检机器人的感知准确性。其次,当一个传感器出现故障或受到干扰时,其他传感器仍然可以提供可靠的信息,这种冗余设计保证了系统的稳定性和可靠性,使巡检机器人能够在复杂环境中持续稳定地工作。最后,合理的传感器布局可以提高系统的感知能力和覆盖范围,通过综合考虑成本、能耗和机器人结构等因素,可以优化传感器的布局和配置方案,以满足不同应用场景的需求。

4.3 自适应控制策略

自适应控制策略在巡检机器人稳定性优化中,自适应控制策略首先依赖于实时的环境感知,包括通过激光雷达、视觉传感器、红外传感器等多种传感器设备,实时收集巡检机器人所处环境的各种数据,如地形、障碍物、光照、温度等。这些实时感知的数据是自适应控制策略的基础,用于动态调整巡检机器人的控制参数和动作策略。自适应控制策略的核心之一是建立有效的模型和合适的参数估计算法,通过实时收集的环境数据和巡检机器人的运动状态,可以不断估

计和优化系统的动态模型参数^[6]。这些模型参数是控制器设计和控制算法优化的基础,对于提高巡检机器人的稳定性和鲁棒性至关重要。基于实时环境感知和模型参数估计,自适应控制策略可以实时调整巡检机器人的控制参数,如速度、加速度、转向角度等。通过动态调整控制参数,可以使巡检机器人更好地适应复杂多变的环境,保持稳定的运动状态,提高巡检任务的完成效率和安全性。自适应控制策略还可以结合故障诊断和健康管理技术,对巡检机器人的运行状态进行实时监测和评估。一旦发现潜在故障或性能下降的趋势,可以及时调整控制策略或采取维护措施,防止故障发生或扩大化,确保巡检机器人的持续稳定运行。

5 结语

论文通过探讨控制工程在巡检机器人稳定性优化中的应用,展现了控制工程在提升巡检机器人稳定性方面的重要作用。通过引入先进的控制算法、传感器融合技术以及自适应控制策略,可以有效地提高巡检机器人在复杂环境中的稳定性和可靠性。未来,随着控制工程技术的不断发展和完善,相信巡检机器人的稳定性将得到进一步提升,其在各个领域的应用也将更加广泛和深入。同时,我们也期待更多的研究者能够关注这一领域,共同推动巡检机器人技术的发展和

参考文献

- [1] 兰依,石敏,耿昌易,等.基于AVS算法的变电站设备巡检机器人控制优化方法研究[J].电子设计工程,2020,28(20):5.
- [2] 黄宇昊.智能巡检机器人在变电站中的应用分析[J].现代工程科技,2023(24):2.
- [3] 王国彤,孙秉才,储胜利,等.炼化企业智能机器人巡检技术应用前景分析[J].炼油技术与工程,2019,49(9):4.
- [4] 吴炳晖,庞哲.电力隧道环境中的智能巡检机器人发展现状[J].工业控制计算机,2021,34(7):20-22.
- [5] 成建宏.机器视觉在输电线路巡检机器人中的应用综述[J].自动化技术与应用,2019,38(4):5.
- [6] 江俏锁,邸富强.电力系统自动化技术应用分析[J].工程技术发展,2022,3(9):33-35.