

桥吊智能化控制技术的研究

李 伟¹ 金国卫² 丁国强³

- 1. 宁波北仑第三集装箱码头有限公司 浙江 宁波 315000
- 2. 宁波镇海港埠有限公司 浙江 宁波 315000
- 3. 宁波大榭集装箱码头有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：随着全球贸易的持续增长，港口物流行业迎来了前所未有的发展机遇。桥吊作为港口货物装卸的核心设备，其运行效率和作业安全性直接决定着港口的吞吐能力和运营成本。基于此，本文深入探讨桥吊智能化控制技术的研究，分析当前桥吊智能化控制技术的主要类型，阐述其价值，剖析其应用过程中面临的问题，并提出相应的解决策略，旨在推动桥吊智能化控制技术的广泛应用，助力港口行业向智能化、高效化转型。

关键词：桥吊智能化控制技术；应用；研究

引言：在经济全球化的大背景下，港口作为国际贸易的重要枢纽，货物吞吐量不断攀升。传统的桥吊作业方式主要依赖人工操作，不仅劳动强度大，而且作业效率易受人为因素影响，难以满足现代港口快速发展的需求。智能化控制技术的出现，为桥吊的升级改造提供了新的方向。通过引入智能化控制技术，桥吊能够实现自动化作业，提高装卸效率，降低安全事故风险，同时减少对人工的依赖，有效应对港口业务量增长带来的挑战。因此，研究桥吊智能化控制技术的应用具有重要的现实意义。

1 桥吊智能化控制技术的价值

第一，从效率提升层面来看，桥吊智能化控制技术高度实现了装卸作业的自动化与精准化。传统桥吊操作依赖人工，不仅效率受限，还易受人为因素影响。而智能化控制系统借助先进的传感器、机器视觉与人工智能算法，能够实时感知集装箱位置、姿态，精准规划吊运路径，实现毫秒级响应与厘米级定位。这使得桥吊装卸速度大幅提升，船舶在港停留时间显著缩短，港口吞吐量得以几何级增长，最终为全球物流链的高效运转提供了坚实支撑。

第二，在安全性保障方面，智能化控制技术成功构筑了全方位的安全防护网。通过实时监测桥吊运行状态、环境参数以及周边动态，系统能提前预警潜在风险，如超载、碰撞、机械故障等，并自动采取应急措施，最大程度上避免事故发生^[1]。更重要的是，智能化的防摇摆技术有效抑制集装箱吊运过程中的晃动，降低货物损坏风险，保障人员与设备安全，进而为港口安全生产保驾护航。

第三，成本优化是桥吊智能化控制技术的又一重要

价值体现。主要表现如下：一方面，自动化作业减少了对人工的依赖，极大地降低了人力成本与管理难度；另一方面，精准的装卸操作有效减少了货物损耗与设备磨损，延长了设备使用寿命的同时，降低了维修与更换成本。另一方面，智能化系统还能根据作业负荷与能源价格，智能调整设备运行参数，实现能源的优化配置，进一步降低运营成本，提升港口的经济效益。

第四，从长远发展视角审视，桥吊智能化控制技术为港口数字化转型与可持续发展奠定了基础。它促进了港口各环节的信息化集成与协同，实现了数据的高效流通与共享，为港口管理者提供了全面、实时的决策依据。并且，智能化技术有助于港口适应未来绿色低碳的发展趋势，通过优化能源管理、推广清洁能源应用，减少碳排放，能够实现经济效益与环境效益的双赢。

2 桥吊智能化控制技术的主要类型

2.1 自动化定位技术

自动化定位技术是桥吊智能化控制的基础，它通过多种先进传感器协同工作，为桥吊提供精准的位置信息，确保吊具能够准确抓取和放置货物。

2.1.1 激光测距仪的应用

激光测距仪基于激光反射原理，能够以毫米级的精度测量桥吊与目标位置之间的距离。在桥吊的作业过程中，它可以实时监测吊具与集装箱之间的距离变化，为控制系统提供精确的数据反馈。例如，当桥吊接近集装箱准备抓取时，激光测距仪不断调整测量值，控制系统根据这些数据精确控制桥吊的下降速度和位置，确保吊具准确无误地抓取集装箱。这种高精度的定位能力大大提高了桥吊的作业效率，减少了因定位不准确而导致的重复操作。

2.1.2 GPS定位的远程监控与调度

全球定位系统（GPS）通过卫星定位技术，为桥吊提供全球范围内的精准定位。在大型港口中，GPS定位技术常用于桥吊的远程监控和调度。港口管理人员可通过远程监控系统，实时了解每台桥吊的位置、运行状态等信息，根据港口的作业需求，合理调配桥吊资源。例如，当某一区域货物堆积较多时，管理人员可以及时调度附近的桥吊前往该区域进行作业，提高港口的整体作业效率。而且，GPS定位还可以为桥吊的导航提供支持，确保桥吊在复杂的港口环境中安全、准确地行驶。

2.1.3 视觉传感器的视觉信息支持

视觉传感器在对周围环境的图像采集和分析的基础上，能够准确识别桥吊的作业目标和障碍物。它可实时监测集装箱的位置、姿态以及周围的环境情况，为桥吊的定位和操作提供视觉信息支持。例如，在集装箱堆场中，视觉传感器可以识别集装箱的编号、位置等信息，帮助桥吊准确找到目标集装箱。并且，值得肯定的是，它还可以检测周围是否有障碍物，如其他桥吊、车辆等，避免发生碰撞事故。视觉传感器的应用使桥吊的作业更加智能化、自动化，进一步提高了作业的安全性和可靠性。

2.2 负载智能监测技术

负载智能监测技术能够实时监测桥吊所吊运货物的重量、重心位置等参数，为桥吊的安全作业提供保障。

2.2.1 高精度称重传感器的重量测量

在桥吊的起升机构上安装高精度的称重传感器，可以直接测量货物的重量。这些称重传感器具有高精度、高稳定性的特点，能够准确测量各种不同重量的货物^[2]。当货物重量超过桥吊的额定起重量时，系统会立即发出警报，并采取相应的控制措施，如限制桥吊的运行速度、停止起升动作等，防止因过载导致的安全事故。

2.2.2 多传感器融合的重心位置计算

通过在吊具上安装多个传感器，利用力的分解原理和算法，可计算出货物的重心位置。货物的重心位置对于桥吊的稳定作业至关重要，如果重心位置偏离安全范围，可能会导致桥吊倾斜、晃动，甚至发生倾覆事故。负载智能监测技术能够实时监测货物的重心位置，当检测到重心位置偏离时，系统会自动调整桥吊的运行参数，如调整吊具的角度、速度等，确保桥吊的稳定作业。

2.2.3 数据支持优化作业安排

负载智能监测技术还能对桥吊的调度和作业计划提供数据支持。通过对不同货物的重量、重心位置等参数的分析，可以合理安排桥吊的作业顺序和作业时间，优

化桥吊的作业安排，提高港口的整体运营效率。

2.3 远程监控与诊断技术

远程监控与诊断技术借助互联网和物联网技术，实现对桥吊的远程实时监控和故障诊断，提高了桥吊的可用性和运维效率。

2.3.1 实时监控与远程操作

在桥吊上安装各种传感器和数据采集设备，将桥吊的运行状态参数，如电机电流、电压、温度、运行速度等，通过无线网络传输至远程监控中心。监控人员可以通过监控中心的计算机或移动终端，实时查看桥吊的运行情况，对桥吊进行远程操作和控制。

2.3.2 故障预测与预警

利用大数据分析和人工智能算法，对采集到的大量数据进行分析 and 挖掘，预测桥吊可能出现的故障，并及时发出预警。通过对桥吊的历史运行数据进行分析，可以建立故障预测模型，提前发现桥吊的潜在故障隐患。

2.3.3 快速故障定位与维修指导

当桥吊发生故障时，远程监控与诊断系统能够快速定位故障点，为维修人员提供详细的故障诊断报告。故障诊断报告包括故障现象、故障原因、维修建议等信息，指导维修人员进行维修。维修人员可以根据故障诊断报告，快速准确地找到故障点，采取相应的维修措施，缩短故障排除时间，进而提高桥吊的可用性。

3 桥吊智能化控制技术应用中存在的主要问题

3.1 技术兼容性问题

目前，市场上存在多种品牌和型号的桥吊，其控制系统和接口标准不尽相同。在进行智能化改造时，不同厂家的智能化控制设备与原有桥吊的控制系统之间可能存在兼容性问题，导致改造难度加大，甚至无法实现智能化改造^[3]。再加上，港口内的其他设备，如堆高机、叉车等，也需要与桥吊的智能化控制系统进行协同作业，如何实现不同设备之间的互联互通和数据共享，是桥吊智能化控制技术应用面临的一个重要挑战。

3.2 数据安全问题

桥吊智能化控制技术的应用依赖于大量数据的采集、传输和处理。在数据传输和存储过程中，存在数据泄露、篡改等安全风险。一旦数据安全出现问题，可能导致桥吊的运行失控，引发严重的安全事故。此外，港口作为国家的重要基础设施，其数据安全还涉及到国家安全问题。因此，如何保障桥吊智能化控制系统的数据安全，是桥吊智能化控制技术应用必须解决的关键问题。

3.3 人才短缺问题

桥吊智能化控制技术是一种新兴技术，涉及到自动

化控制、计算机技术、网络技术等多个领域的知识。目前,既懂桥吊操作又熟悉智能化控制技术的复合型人才相对短缺。港口企业在实施桥吊智能化改造后,缺乏专业的技术人员对智能化控制系统进行维护和管理,影响了桥吊智能化控制技术的应用效果。此外,智能化控制系统的操作和维护需要一定的培训和经验,如何对现有员工进行培训,提高他们的技术水平,也是港口企业面临的一个重要问题。

4 桥吊智能化控制技术应用策略

4.1 制定统一的技术标准

在桥吊智能化控制技术的推广与应用进程中,技术标准的统一性是确保行业健康、有序发展的基石。一是,政府和行业协会需主动担当起主导角色,牵头制定全面且细致的桥吊智能化控制技术标准 and 接口规范。二是从技术参数层面来看,明确规定桥吊的额定起重量、起升高度、工作速度等关键指标,使得不同厂家生产的智能化控制设备在这些基础参数上能够保持一致或具有良好的适配性。三是通信协议的统一更是至关重要。桥吊智能化控制涉及到与港口其他设备、管理系统之间的信息交互,只有采用统一的通信协议,才能实现设备之间的无缝对接。比如,规定采用特定的工业以太网协议,使得桥吊能够与港口的信息管理系统、调度系统等实时、准确地传输数据,如货物信息、设备状态等。四是数据格式的规范也不容忽视。统一的数据格式可以确保不同设备之间传输的数据能够被正确解读和处理。如,对于货物的重量、尺寸等信息,规定统一的数据存储格式和编码方式,这样一来,在数据传输到港口的信息中心后,能够快速、准确地被分析和利用。

4.2 加强数据安全防护

第一,加密技术是保障数据安全的重要手段之一。对于桥吊智能化控制系统中的重要数据,如货物信息、设备运行参数等,采用高强度的加密算法进行加密处理,防止数据在传输和存储过程中被泄露和篡改。

第二,防火墙技术可以有效地阻止外部非法访问和攻击。通过设置防火墙,对进出桥吊智能化控制系统的网络流量进行监控和过滤,只允许合法的数据通过,从而保护系统的安全^[4]。入侵检测技术则可以实时监测系统的运行状态,及时发现并阻止潜在的入侵行为。

第三,在管理层面,制定严格的数据访问权限制度是保障数据使用。根据不同岗位的职责和需求,为员工设置不同的访问权限。第四,定期进行数据安全培训。通过培训,提高员工的数据安全意识,让他们充分了解

数据安全性的重要性,掌握基本的数据安全知识和技能。如,教育员工如何识别和防范网络诈骗、如何正确处理敏感数据等。

4.3 加强人才培养

4.3.1 与高校和科研机构合作。开展产学研合作项目,将高校和科研机构的科研优势与企业的实际需求相结合,培养既懂桥吊操作又熟悉智能化控制技术的复合型人才。例如,建立实习基地,为学生提供实践机会,让他们在实际的桥吊作业环境中学习和应用智能化控制技术。

4.3.2 加强对现有员工的培训。定期组织智能化控制技术培训课程,邀请行业内的专家进行授课。培训内容包括但不限于智能化控制系统的原理、操作方法、故障排除等方面。通过培训,逐步提高员工的技术水平和实际操作能力。

4.3.3 鼓励员工自主学习也是培养人才的重要途径。港口企业可以提供相关的职业资格考试信息和学习资源,鼓励员工参加相关的职业资格考试,如电气工程师、自动化控制工程师等。参加考试使得员工可以系统地学习和掌握智能化控制技术的知识和技能,提升自身的综合素质。

结束语

桥吊智能化控制技术的应用是港口行业发展的必然趋势,对于提升港口的作业效率、保障作业安全、降低运营成本具有重要意义。虽然在应用过程中面临着技术兼容性、数据安全、人才短缺等问题,但通过制定统一的技术标准、加强数据安全防护、加强人才培养等措施,这些问题可以得到有效解决。未来,随着科技的不断进步,桥吊智能化控制技术将不断创新和完善,为港口行业的智能化、高效化发展提供更强大的技术支持,助力港口在全球贸易竞争中占据更有利的地位。

参考文献

- [1]宋贤广,徐为民.基于时延估计的桥吊双吊具无模型同步控制[J].控制工程,2025,32(2):290-297.
- [2]刘彦博.高速通信的港口设备远程检测与控制技术分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):013-016.
- [3]陈毅.智能化技术在港口设备电气工程控制管理中的应用[J].数字化用户,2020(18):58-60.
- [4]周晓霞,吴洲.贝加莱控制在洋山港四期全自动化码头上的应用[J].自动化博览,2019,36(8):86-89.