

集装箱正面吊吊具主动减摆系统及控制方法

马耀军

宁波大榭集装箱码头有限公司 浙江 宁波 315812

摘要: 集装箱正面吊吊具主动减摆系统旨在提升集装箱吊装作业的稳定性和安全性。该系统通过集成先进的传感器、执行机构和控制器,实现对吊具摆动的实时监测与主动控制。系统架构设计合理,硬件选型精确,减摆算法高效,确保了吊具在吊装过程中的平稳运行。控制方法上,结合了反馈控制、前馈控制、多变量解耦控制及智能控制策略,有效降低了吊具的摆动幅度,提高了作业效率。

关键词: 集装箱正面吊吊具; 主动减摆系统; 控制方法

引言

随着集装箱运输业的快速发展,集装箱正面吊作为港口和物流中心的关键设备,其作业效率和安全性日益受到关注。然而,在吊装过程中,吊具的摆动问题一直困扰着操作人员,影响了作业的稳定性和效率。因此,开发一种集装箱正面吊吊具主动减摆系统具有重要意义。该系统通过实时监测和控制吊具的摆动,旨在提高吊装作业的平稳性和安全性,为集装箱运输业的发展提供有力支持。

1 集装箱正面吊吊具主动减摆系统概述

集装箱正面吊吊具主动减摆系统是现代港口物流及集装箱作业领域的一项重要技术创新。该系统旨在解决集装箱正面吊在作业过程中吊具摆动幅度过大、摆动频次过高的问题,从而显著提高作业效率和运输安全性。该系统通过集成先进的传感器、控制器和执行机构,实现了对吊具摆动的主动控制,具体而言,系统利用第一、第二和第三压力传感器分别检测缓冲油缸的无杆腔压力、减压溢流阀的出口油口处压力以及缓冲油缸的有杆腔压力,并将这些实时数据传输至控制器。控制器根据接收到的压力数据,精准控制第一电比例节流阀和第二电比例节流阀的开度,从而实现对吊具摆动的有效调节。在摆动幅度过大时,该系统能够迅速响应,通过调节节流阀的开度来消耗摆动能量,显著减小摆动幅度和摆动频次。系统还配备有缓冲油缸、油源、油箱以及减压溢流阀等关键组件,为减摆过程提供稳定的动力支持。集装箱正面吊吊具主动减摆系统的应用,不仅提高了作业过程中的安全性,还有效降低了因摆动导致的货物损坏风险,延长了设备使用寿命。该系统还具备高度的智能化和自动化水平,能够根据作业环境的实时变化自动调整减摆策略,确保作业过程的平稳高效。随着科技的不断进步,集装箱正面吊吊具主动减摆系统将在更

多领域得到广泛应用,为港口物流及集装箱作业领域的发展注入新的活力。

2 集装箱正面吊吊具主动减摆系统设计

2.1 系统架构设计

集装箱正面吊吊具主动减摆系统的架构设计需综合考虑多方面因素。从功能层面出发,系统主要由传感器模块、控制模块以及执行模块构成。传感器模块负责实时采集吊具的运动状态信息,诸如位移、速度和加速度等数据,这些数据对于准确判断吊具的摆动情况至关重要,为后续的控制决策提供依据。控制模块接收传感器传来的数据,并依据预先设计的减摆算法对数据进行处理与分析,进而生成相应的控制指令。执行模块则根据控制模块发出的指令,精确地对吊具的运动进行调节,以达到减少摆动的目的。在架构设计中,还需考虑各模块之间的通信方式与数据传输效率,采用高速、可靠的通信协议,确保传感器数据能够及时、准确地传输至控制模块,同时控制指令也能迅速下达至执行模块。合理规划各模块的布局与连接方式,有助于提高系统的稳定性与可维护性。例如,将传感器安装在靠近吊具的关键部位,以获取最直接、准确的运动信息;控制模块则放置在便于操作与维护的位置,并配备完善的散热与防护措施,保障其在复杂工作环境下的正常运行。执行模块与吊具的连接需牢固且灵活,能够精准执行控制指令,实现对吊具摆动的有效抑制^[1]。

2.2 硬件选型与配置

硬件选型与配置是主动减摆系统性能的关键保障。在传感器选型上,选用高精度的位移传感器和加速度传感器。位移传感器用于精确测量吊具的水平和垂直位移,其测量精度需达到毫米级,以满足对吊具位置的精确感知需求。加速度传感器则用于监测吊具的加速度变化,能够快速捕捉到吊具摆动时的加速度信号,为控制

算法提供及时的数据支持。控制模块方面,采用高性能的工业控制器。该控制器需具备强大的数据处理能力,能够快速运行复杂的减摆算法,并实时响应传感器数据与输出控制指令,其运算速度、内存容量以及数据存储能力都应根据系统的实际需求进行合理配置。例如,选择运算速度达到每秒数十亿次浮点运算的控制器,以确保算法的高效运行。执行模块通常选用高可靠性的液压或电动执行器,液压执行器具有输出力大、响应速度快的特点,适合用于大型集装箱正面吊的减摆控制,电动执行器则具有精度高、控制灵活的优势,可根据实际情况进行选择。在配置硬件时,还需考虑各硬件之间的兼容性与匹配性,确保传感器输出信号与控制模块的输入接口兼容,控制模块的输出信号能够驱动执行器正常工作。合理配置电源系统,为各硬件模块提供稳定、可靠的电力供应,保障系统在各种工况下的持续运行。

2.3 减摆算法设计

减摆算法是主动减摆系统的核心。常见的减摆算法有基于模型预测控制的算法和自适应控制算法等。基于模型预测控制的算法通过建立吊具的动态模型,预测吊具在未来一段时间内的运动状态。根据预测结果,提前计算出最优的控制策略,使吊具的摆动最小化。该算法能够充分考虑系统的动态特性和约束条件,实现对吊具摆动的精确控制。自适应控制算法则能够根据系统的实时运行状态,自动调整控制参数,以适应不同工况下的减摆需求。例如,当吊具所吊运的集装箱重量发生变化时,自适应控制算法能够自动调整控制参数,确保减摆效果不受影响。在设计减摆算法时,需对吊具的动力学模型进行深入研究与分析,通过理论推导和实验验证,准确确定模型中的各项参数,提高算法的准确性与可靠性。结合实际工作场景中的干扰因素,如风力、地面不平坦等,对算法进行优化。采用滤波算法对传感器数据进行预处理,去除噪声干扰,提高数据质量,为减摆算法提供可靠的数据基础,还需对算法的实时性进行优化,确保在吊具快速运动过程中,算法能够及时响应并调整控制策略,有效抑制吊具的摆动^[2]。

2.4 系统集成与调试

系统集成是将各硬件模块和软件模块有机结合,形成一个完整的主动减摆系统的过程。在集成过程中,严格按照系统架构设计方案,进行硬件的安装与连接。确保传感器、控制模块和执行模块的安装位置准确无误,连接线路牢固可靠。进行软件的安装与配置,将减摆算法程序正确烧录至控制模块,并对相关参数进行初始化设置。在系统调试阶段,第一,进行硬件调试。通过专

业的测试设备,对传感器的测量精度、控制模块的输入输出信号以及执行器的动作准确性进行检测与调试,确保各硬件模块能够正常工作,性能指标满足设计要求。第二,进行软件调试,对减摆算法的运行情况进行测试,通过模拟不同的吊具运动工况,观察算法的控制效果,对算法中的参数进行优化调整。在实际调试过程中,可能会遇到各种问题,如传感器数据异常、执行器动作不稳定等,针对这些问题,需运用专业的故障诊断技术,逐步排查故障原因,并采取相应的解决措施。例如,若发现传感器数据波动较大,可能是传感器安装位置不当或受到电磁干扰,需重新调整安装位置或采取屏蔽措施。经过反复调试与优化,使主动减摆系统能够稳定、高效地运行,达到预期的减摆效果,提高集装箱正面吊的作业安全性与效率。

3 集装箱正面吊吊具主动减摆控制方法

3.1 基于反馈控制的方法

(1) 基于反馈控制的方法在集装箱正面吊吊具主动减摆中应用广泛。它通过传感器实时监测吊具的摆动状态,例如角度、角速度等信息。将这些监测到的实际状态数据反馈到控制系统中,与预设的理想状态进行对比。控制系统根据两者之间的偏差,计算出相应的控制信号,进而调整吊具的运动参数,以达到减小摆动的目的。(2) 此方法的优势在于对系统的实时状态响应较为迅速。当吊具出现摆动时,能及时依据反馈信息做出调整,而且其原理相对简单,易于理解和实现,在一些对成本控制较为严格且对减摆效果有一定要求的场景中应用较多。不过,它也存在一定局限性,例如对传感器的精度要求较高,若传感器存在误差,反馈的数据不准确,可能导致控制效果不佳。(3) 在实际操作中,若集装箱正面吊工作环境相对稳定,干扰因素较少,基于反馈控制的方法能够较好地发挥作用,有效抑制吊具摆动,提高作业效率和安全性。在此基础上,引入前馈控制或智能算法等先进技术,可以进一步提升系统的鲁棒性和响应速度。面对复杂多变的作业环境,如强风干扰等,仅依靠反馈控制可能无法满足高精度减摆需求。

3.2 前馈控制方法

(1) 前馈控制方法在集装箱正面吊吊具主动减摆控制中,主要是依据系统的输入信息以及对系统动态特性的了解,提前预估可能引起吊具摆动的干扰因素。通过建立相应的数学模型,在干扰尚未对吊具产生实际影响之前,就预先计算出控制量,并施加到系统中,以抵消潜在的摆动影响。(2) 该方法的显著优点是能够在干扰出现之前就采取措施,具有较强的前瞻性。相比反馈

控制,它可以更有效地减少干扰对吊具摆动的影响,尤其适用于已知干扰特性的场景。例如,在吊具起升或下降过程中,根据起升速度、负载重量等信息,提前调整吊具的姿态,预防摆动产生。然而,前馈控制对模型的准确性依赖程度极高,如果数学模型与实际系统存在偏差,那么预先计算出的控制量可能无法准确抵消干扰,导致减摆效果不理想。(3)在实际应用中,若能准确获取作业过程中的干扰信息,并且建立精确的数学模型,前馈控制方法能够显著提升吊具减摆的效果,提高作业的稳定性。在复杂多变且难以准确建模的环境下,单纯的前馈控制可能无法实现理想的减摆性能^[3]。

3.3 多变量解耦控制方法

(1)集装箱正面吊吊具系统是一个多变量、强耦合的复杂系统,多变量解耦控制方法正是针对这一特性而设计。它通过一定的数学变换,将相互耦合的多个变量解耦成多个独立的单变量系统。这样在对吊具进行控制时,可以分别针对每个解耦后的单变量系统进行独立设计控制器,从而实现对吊具各个自由度运动的精确控制,有效减小摆动。(2)多变量解耦控制方法的优势在于能够清晰地处理系统中各变量之间的耦合关系,使控制器的设计更加精准和有效。通过解耦,每个变量的控制可以更加独立,避免了因变量耦合而导致的控制混乱,这在提升吊具减摆效果的同时,也提高了系统的整体性能和稳定性。不过,该方法的实现过程较为复杂,需要对系统的数学模型有深入的理解和精确的建立,并且计算量较大,对控制系统的硬件性能要求较高。(3)在大型集装箱码头等对吊具作业精度和效率要求极高的场景中,多变量解耦控制方法能够充分发挥其优势,有效克服吊具系统的耦合问题,实现高精度的减摆控制。对于一些小型或对成本敏感的作业场景,由于其较高的实现成本,应用可能受到一定限制。

3.4 智能控制方法

(1)智能控制方法在集装箱正面吊吊具主动减摆中融合了多种先进的智能算法,如神经网络、模糊控制等。神经网络通过对大量历史数据的学习,能够建立起

复杂的非线性映射关系,从而对吊具的摆动状态进行准确预测和控制。模糊控制则依据模糊逻辑规则,将人的经验和知识融入到控制过程中,对系统的不确定性和模糊性具有较强的适应性。(2)智能控制方法具有自学习、自适应和鲁棒性强等优点。它能够根据不同的作业环境和工况自动调整控制策略,无需精确的数学模型。在面对复杂多变的干扰因素,如不同风速、不同货物重心等情况时,能够快速适应并做出有效的控制决策,显著提升吊具的减摆效果。智能控制算法的设计和调试相对复杂,需要大量的数据进行训练和优化,且算法的收敛性和稳定性分析较为困难。(3)随着人工智能技术的不断发展,智能控制方法在集装箱正面吊吊具主动减摆领域的应用前景越来越广阔。在现代化的集装箱作业中,面对日益复杂的作业环境和更高的作业要求,智能控制方法有望成为提升吊具减摆性能的关键技术手段。但在实际应用中,还需要进一步解决算法的优化、计算效率提升等问题,以更好地满足工程实际需求^[4]。

结束语

综上所述,集装箱正面吊吊具主动减摆系统的设计与实现对于提升吊装作业的稳定性和安全性具有重要意义。通过合理的系统架构设计、精确的硬件选型与配置、高效的减摆算法以及多种控制方法的综合运用,该系统有效降低了吊具的摆动幅度,提高了作业效率。未来,随着技术的不断进步,该系统有望进一步完善和优化,为集装箱运输业的发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]任军辉,何永旺.集装箱正面吊运起重机称重偏载检测装置的改进方法[J].港口科技,2024(10):40-44.
- [2]杨广全,杨旭.铁路集装箱正面吊技术发展方向研究[J].铁道货运,2021,39(3):32-36,41.
- [3]张海军,朱国乾.集装箱正面吊伸缩臂尾部结构可靠性分析与改进[J].装备制造技术,2023(1):175-177.
- [4]刘政刚.集装箱正面吊金属构件常见故障及其修复和预防措施[J].集装箱化,2020,31(3):26-29.