

现代控制理论在烟草机械控制系统中的应用

王如璇 孟祥策

吉林烟草工业有限责任公司长春卷烟厂 吉林 长春 130000

摘要: 随着科技的进步,现代控制理论在烟草机械控制系统中的应用日益广泛。本文旨在探讨现代控制理论在烟草机械控制系统中的应用,分析其优势、挑战,并提出相应的应用策略。通过引入现代控制理论,烟草机械控制系统能够实现更高效、更精确的控制,从而提高生产效率和产品质量。

关键词: 现代控制理论;烟草机械;控制系统;生产效率;产品质量

引言

烟草机械控制系统作为烟草生产过程中的关键环节,其性能直接影响到产品的质量和生产效率。传统控制方法在应对复杂、多变的烟草生产环境时存在局限性。现代控制理论,以其先进的控制算法和强大的计算能力,为烟草机械控制系统的优化提供了新的思路。本文将从现代控制理论的基本原理出发,探讨其在烟草机械控制系统中的应用实践。

1 现代控制理论概述

1.1 现代控制理论的产生与发展

现代控制理论的兴起,根植于20世纪50年代科技革命的沃土之中,尤其是空间技术的迅猛崛起,对控制系统提出了更为严苛的要求。经典控制理论在面对日益复杂的系统结构时显得力不从心,其局限性逐渐显现。在此背景下,现代控制理论如雨后春笋般崭露头角,其中,状态空间法以其直观的数学模型,为系统分析与设计开辟了新途径;最优控制理论则通过寻求最优控制策略,实现了系统性能的最大化;卡尔曼滤波理论更是为信号处理与状态估计提供了强有力的工具。这些理论的诞生与发展,不仅极大地拓宽了控制理论的应用疆域,如航空航天、自动化生产等领域,更在提升控制系统性能、增强系统稳定性方面发挥了不可替代的作用,标志着控制科学进入了一个崭新的发展阶段。

1.2 现代控制理论的核心内容

现代控制理论作为控制科学的重要组成部分,其核心内容涵盖了多个关键要素,共同构成了这一理论的坚实基石。首先,状态空间描述作为现代控制理论的基石,摒弃了传统控制理论中的输入输出描述方式,转而通过一组状态变量来全面刻画系统的动态行为。这种方法不仅使系统模型更加直观、易于理解,而且为后续的分析与设计提供了极大的便利。在状态空间描述的基础上,能控性和能观测性成为评判系统性能的重要指标。

能控性反映了系统是否能够通过控制输入达到任意状态,而能观测性则决定了系统状态是否能够通过输出进行测量。这两个概念的引入,为系统的可控性和可观测性提供了明确的数学依据。此外,稳定性分析作为控制系统设计的核心问题之一,在现代控制理论中得到了深入的探讨。通过构建系统的状态方程,利用李雅普诺夫等稳定性判据,可以对系统的稳定性进行严格的数学分析,从而确保系统在实际运行中的可靠性与稳定性。最优控制则是现代控制理论追求的终极目标之一。它旨在寻找一种控制策略,使得系统在满足一定约束条件下,达到性能指标的最优化。

2 烟草机械控制系统的特点与挑战

2.1 烟草机械控制系统的特点

烟草机械控制系统,作为烟草加工行业的核心组成部分,其设计与实施均承载着极高的技术标准和行业要求。这一系统的首要特点在于其高精度性。在烟草生产过程中,从原料的切割、烘干到卷制、包装,每一个环节都需要精确到毫米甚至更小的控制精度。这就要求控制系统能够实时监测并精准调整机械的各项参数,如切割刀片的位移、烘干温度、卷烟纸的张力等,以确保产品尺寸的精确无误和外观的完美无瑕。高可靠性是烟草机械控制系统的又一重要特征。烟草加工是一个连续、高效的生产过程,任何设备的故障或停机都可能带来巨大的经济损失。因此,控制系统必须具备极高的稳定性和可靠性,能够在长时间、高强度的运行环境下保持稳定的性能,减少故障率,确保生产线的持续稳定运行^[1]。实时性要求则是烟草机械控制系统不可或缺的一部分。在快速变化的生产环境中,控制系统需要迅速响应生产过程中的各种变化,如原料的波动、生产速度的调整等,并实时调整控制策略,以确保产品质量的稳定性和一致性。

2.2 面临的挑战

烟草机械控制系统在实际运行过程中,需应对一系

列复杂且严峻的挑战。首先,系统的高复杂性是一个不可忽视的问题。烟草机械通常由多个相互关联的子系统和组件构成,它们之间存在着复杂的相互作用和耦合关系。这种复杂性不仅增加了系统建模和控制的难度,还可能导致控制策略的制定和实施变得异常棘手。其次,环境干扰对烟草机械控制系统的影响也不容小觑。烟草加工车间往往充斥着各种干扰因素,如温度波动、湿度变化、电磁干扰等,这些外部干扰很容易对控制系统的稳定性和精度造成负面影响。特别是在高速、高精度的加工过程中,任何微小的干扰都可能导致产品质量的下降或生产线的停机。此外,烟草机械控制系统对控制精度的要求极高。无论是切割的精度、卷制的紧密度还是包装的完整性,都需要控制系统能够精确到极小的误差范围内。然而,传统控制方法在面对这种高精度要求时往往力不从心,难以满足现代烟草加工行业对产品质量和生产效率的严苛标准。因此,为了有效应对这些挑战,烟草机械控制系统必须引入更先进的控制理论和技术。

3 现代控制理论在烟草机械控制系统中的应用

3.1 状态空间法在烟草机械控制系统中的应用

状态空间法作为现代控制理论的核心工具之一,其在烟草机械控制系统中的应用极大地提升了系统的控制性能和稳定性。传统的控制方法往往基于输入输出关系进行设计和调整,而状态空间法则通过引入状态变量,构建了一个更为全面和精确的系统模型。在烟草机械控制系统中,状态空间法被广泛应用于系统的建模与分析阶段。通过仔细选择能够全面反映系统动态特性的状态变量,如机械部件的位置、速度、加速度以及温度、湿度等工艺参数,可以构建起一个多维度的状态空间模型。这个模型不仅包含了系统的所有动态信息,还能够清晰地揭示出系统内部各变量之间的相互作用和依赖关系。利用状态空间模型,我们可以对烟草机械控制系统的动态行为进行精确的预测。通过数值仿真和迭代计算,可以预测系统在不同控制输入下的响应情况,从而为控制策略的制定提供有力的依据^[2]。同时,在实时控制过程中,状态空间法也能够实现对系统状态的实时监测和反馈控制,确保系统能够始终保持在期望的工作状态下。更重要的是,状态空间法的应用显著提高了烟草机械控制系统的控制精度和稳定性。通过精确的状态估计和反馈控制,可以有效地抑制系统内部的扰动和外界环境的干扰,确保产品质量的稳定性和一致性。

3.2 最优控制在烟草机械控制系统中的应用

最优控制理论,作为现代控制理论的一个重要分支,其核心在于根据系统的特定性能指标,如时间效

率、能源消耗、成本最小化等,寻求并实现最优的控制策略。在烟草机械控制系统中,这一理论的应用为生产过程的优化提供了强有力的数学支撑和实操指导。在烟草加工这一高度精细化的生产流程中,最优控制理论能够针对生产过程中的关键环节和参数进行精细化调整。例如,在切割工序中,通过最优控制策略,可以精确控制切割刀片的运动轨迹和速度,以确保切割的精度和效率;在烘干环节,最优控制可以根据烟草的湿度和温度特性,自动调整烘干设备的温度和风速,以达到最佳的烘干效果,同时减少能源的浪费。此外,最优控制理论在烟草机械控制系统中的应用,还体现在对生产节奏和生产效率的精准把控上。通过构建包含生产效率、能耗、产品质量等多重性能指标的目标函数,并结合系统的实时状态信息,最优控制策略能够自动调整生产线的运行速度和各个工序的协调配合,以实现生产效率的最大化,同时确保产品质量的稳定性和一致性^[3]。值得一提的是,最优控制理论在烟草机械控制系统中的应用,还能够促进生产过程的智能化和自动化水平的提升。通过与先进的传感器技术、数据分析和机器学习算法的结合,最优控制策略能够实现对生产过程的实时监测和智能决策,为烟草加工行业的智能制造和转型升级提供有力的技术支持。

3.3 卡尔曼滤波在烟草机械控制系统中的应用

在烟草机械控制系统中,传感器是获取系统状态信息的关键组件。然而,由于生产环境的复杂性,传感器数据往往受到各种噪声和干扰的影响,导致数据的不准确性和波动性。这不仅会影响控制系统的稳定性和精度,还可能导致生产过程的异常和产品质量的下降。卡尔曼滤波的引入,为这一问题的解决提供了有效的途径。它通过对传感器数据的连续观测和更新,能够实时估计和预测系统的真实状态,同时有效滤除数据中的噪声和干扰。在烟草机械控制系统中,卡尔曼滤波被广泛应用于对关键工艺参数的估计和监控,如切割刀片的位置、烘干温度、卷烟纸的张力等。通过卡尔曼滤波的处理,传感器数据中的随机噪声和系统性干扰得到了有效的抑制,数据的准确性和可靠性得到了显著提升^[4]。这不仅为控制系统的精确控制提供了有力的数据支持,还使得系统能够更快地响应生产过程中的变化,确保生产过程的稳定性和产品质量的一致性。此外,卡尔曼滤波的递归特性使得其能够在线实时运行,无需存储大量的历史数据,从而降低了系统的计算负担和存储需求。这一特性使得卡尔曼滤波在烟草机械控制系统中的实时应用成为可能,为提升系统的动态性能和响应速度提供了有

力保障。

4 应用案例与效果分析：安徽中烟合肥卷烟厂“三化双链一中心”数字化管控

4.1 案例背景

安徽中烟工业有限责任公司合肥卷烟厂，为提升产品质量和生产效率，自“十三五”以来，始终围绕“质量强厂”发展战略，秉承数字化发展理念，紧盯质量管控数字化，聚焦核心业务流程，逐步推进了“三化双链一中心”数字化质量管控模式。

4.2 应用实践

“三化”工作：一是业务流程规范化：对卷烟生产过程中的各项业务流程进行标准化和规范化管理，确保生产过程的稳定性和一致性。二是质量数据标准化：建立统一的质量数据标准，实现数据的标准化采集、处理和存储，为后续的数据分析和控制提供基础。三是组织知识显性化：将企业的生产经验、技术知识等隐性知识显性化，形成可共享、可复用的知识库，提升企业的整体技术水平。

“双链”能力：一是正向过程质量链：通过数字化手段对卷烟生产过程中的各个环节进行实时监控和控制，确保产品质量符合标准。二是逆向质量追溯链：建立质量追溯体系，对出现质量问题的产品进行逆向追溯，找出问题根源并采取相应措施加以改进。

“一体化管控中心”：通过全流程、全要素数字化集成，创新打造“线上平台+线下组织”的“一体化管控中心”。该中心集成了生产计划、质量管理、设备管理等多个功能模块，实现了对卷烟生产过程的全面监控和管理。

4.3 具体示例

在制丝环节，合肥卷烟厂针对开环控制工序和闭环控制工序，分别采用了“云一边一端”的模型开发部署和统一调度，以及边缘端机器学习的控制技术。这些技术手段的应用，使得控制系统能够根据生产过程的实际情况，动态调整控制策略，实现工序的自适应控制。这正是现代控制理论在烟草机械控制系统中的具体应用体现。

4.4 应用效果

通过数字化质量管控模式的应用，合肥卷烟厂的产品质量得到了显著提升，次品率大幅降低。数字化手段

的应用使得生产过程中的各个环节更加协同高效，生产效率提高了约20%。一体化管控中心为企业提供了丰富的数据支持和决策依据，使得企业能够更加精准地把握市场动态和客户需求，制定更加科学合理的生产计划和营销策略。

4.5 案例总结

“三化双链一中心”模式中的“质量数据标准化”和“组织知识显性化”工作，可以视为对系统状态的一种描述和整理。通过建立基础数据字典、规范数据格式、统一编码体系，以及构建知识地图等方式，实际上是在为系统建立一个类似状态空间的状态描述，便于后续的控制和优化。安徽中烟合肥卷烟厂“三化双链一中心”数字化质量管控模式的成功应用，充分展示了现代控制理论在烟草机械控制系统中的重要作用。通过数字化手段对生产过程进行全面监控和管理，不仅提高了产品质量和生产效率，还增强了企业的决策支持能力和市场竞争力。这一案例为其他烟草企业在推进数字化转型方面提供了有益的参考和借鉴。

结语

现代控制理论在烟草机械控制系统中的应用具有显著的优势和效果。通过引入状态空间法、最优控制理论和卡尔曼滤波等现代控制理论和技术，可以实现对烟草机械控制系统的精确建模、优化控制和数据处理，从而提高生产效率和产品质量。未来，随着现代控制理论的不断发展和完善，其在烟草机械控制系统中的应用将更加广泛和深入。同时，结合人工智能、大数据等先进技术，将进一步推动烟草机械控制系统的智能化和自动化水平提升。

参考文献

- [1]廖为鸿,钟成,袁韬,等.烟草设备自动化控制系统应用研究[J].数字农业与智能农机,2023,(10):120-123.
- [2]纪妙,李新建,邹鑫灏,等.烟草行业工业控制系统的安全性研究[J].信息安全,2021,(S1):177-180.
- [3]李培培.基于PLC的烟草加工烘丝机自动控制系统研究[J].电子测试,2022,36(10):96-98+133.
- [4]张艺辉,谢枫燃,施旭东,等.烟草制丝运输带智能防堵料控制系统设计[J].中国新技术新产品,2021,(22):42-44.