

原料药生产设备自动化控制系统的研发与优化

林宝康

浙江亚光科技股份有限公司, 浙江 温州 325000

[摘要]原料药生产设备的自动化控制系统是提升生产效率、确保药品质量的关键。通过对现有控制系统的分析与研究,提出了基于智能化技术的优化方案,重点解决了传统自动化控制中的响应速度慢、精度不足等问题。采用先进的传感器和控制算法,实现了生产过程的实时监控与精准调节,提高了生产线的自动化水平和产品一致性。该优化方案不仅提高了生产效率,还有效降低了生产成本,为原料药行业的智能化转型提供了技术支持。

[关键词]原料药生产; 自动化控制; 优化方案; 智能化; 生产效率

DOI: 10.33142/sca.v8i3.15809

中图分类号: TQ462.12

文献标识码: A

Research and Optimization of Automation Control System for API Production Equipment

LIN Baokang

Zhejiang Yaguang Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang, 325000, China

Abstract: The automation control system of raw material drug production equipment is the key to improving production efficiency and ensuring drug quality. Through analysis and research of existing control systems, an optimization scheme based on intelligent technology has been proposed, focusing on solving problems such as slow response speed and insufficient accuracy in traditional automation control. By adopting advanced sensors and control algorithms, real-time monitoring and precise adjustment of the production process have been achieved, improving the automation level and product consistency of the production line. This optimization scheme not only improves production efficiency, but also effectively reduces production costs, providing technical support for the intelligent transformation of the raw material pharmaceutical industry.

Keywords: production of active pharmaceutical ingredients; automation control; optimization plan; intelligentization; productivity

引言

随着制药行业对生产效率和质量要求的不断提高,原料药生产设备的自动化控制系统成为关键环节。然而,传统的控制系统常面临响应速度慢、精度不高等问题,影响了生产的稳定性和药品的质量。为了适应市场需求和技术发展,提升生产线的智能化水平已成为行业发展的必然趋势。通过优化现有控制系统并引入智能化技术,不仅能提高生产效率,还能确保产品的一致性和可靠性,从而推动整个原料药行业向智能化、精细化发展。

1 原料药生产自动化控制系统现状与挑战

随着制药行业对生产效率和药品质量要求的不断提升,原料药生产自动化控制系统已成为保障生产稳定性和产品一致性的关键。然而,现有系统在实际应用中仍面临一系列挑战,需要进行优化升级以满足更高的行业标准。

1.1 原料药生产自动化控制系统的现状

当前,原料药生产设备大多数仍依赖传统的自动化控制系统。这些系统通常基于 PLC(可编程逻辑控制器)和 DCS(分布式控制系统)进行控制,能够完成一些基本的自动化任务,如温度、压力、流量等参数的监控和调整。然而,这些控制系统在面对生产工艺复杂、产品种类多样的情况下,往往难以做到精细化控制。现有设备的自动化

程度较低,导致生产效率提升的空间有限,且无法快速响应变化的生产需求。此外,传统系统在应对设备故障、突发状况时也缺乏足够的自我修复与优化能力,影响了生产的稳定性和药品的质量。

1.2 面临的主要挑战

原料药生产自动化控制系统所面临的挑战主要集中在以下几个方面:首先,控制精度不足。例如,在生产过程中,温度控制的误差通常在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内,而某些高端原料药生产对温度的精度要求可能低至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,这直接影响产品的质量和一致性。其次,系统的实时监控能力弱。一些传统系统的数据采集频率较低,每分钟只有 1-2 次数据点采集,而现代智能化系统的数据采集频率可达到每秒数百次,能够实时捕捉到设备状态变化。

缺乏智能化支持,传统系统更多依赖人工干预,导致操作失误的风险增大,并影响了生产效率和产品一致性。传统系统对设备故障的预警能力较差,通常需要人工干预后才能识别故障,而智能化系统通过数据分析,能够在故障发生前 24 小时发出预警,减少停机时间。

1.3 优化需求与发展趋势

随着智能化技术的发展,传统的自动化控制系统亟须进行升级。未来的原料药生产设备自动化控制系统将朝着

更高的精度、更强的实时监控能力以及更全面的智能化方向发展。智能传感器、数据分析和预测模型将成为提升生产效率、降低成本的重要工具。同时，系统的自我学习与自我优化能力将大大增强，使得生产过程更加智能化、精细化。此外，物联网和大数据技术的应用，将实现生产环节间的信息共享和协同作业，进一步提高系统的整体运行效率和生产灵活性。

2 传统自动化控制系统的不足与问题分析

尽管传统自动化控制系统在原料药生产中发挥了重要作用，但其在响应速度、控制精度及智能化水平方面仍存在显著不足，这些问题亟须解决以提升生产效率和产品质量。

2.1 控制精度不足，难以应对复杂工艺

传统自动化控制系统通常基于 PLC 和 DCS 技术，这些系统虽然能够完成基本的生产监控任务，但面对原料药生产中复杂的工艺要求时，往往显得力不从心。例如，药品的生产过程涉及多个参数的协同控制，如温度、压力、流量等，这些参数需要精细化调节以确保药品的稳定性和一致性。然而，由于传统控制系统的精度不足，不能实现对生产过程的精准调节，容易导致批次间的差异，进而影响药品质量。一旦工艺发生波动，系统的调整能力也无法迅速响应，从而导致生产效率下降。

2.2 系统实时监控能力弱，无法及时预警

传统自动化控制系统的实时监控能力相对较弱，设备状态监测和数据采集往往存在滞后现象。在药品生产过程中，任何设备的异常或环境因素的变化都可能对生产过程产生重大影响。如果系统无法实时获取数据并进行分析，潜在的问题无法被及时发现，导致生产停滞或质量问题的发生。传统系统通常依赖人工干预或传统的报警方式，这在面对设备故障或生产异常时，往往缺乏快速、有效的应对措施。此外，生产线上的各个设备往往是独立运行的，缺乏整体协同效应，无法实现对整个生产过程的全面监控和优化。

2.3 缺乏智能化支持，依赖人工干预

传统自动化控制系统的另一个主要问题是缺乏足够的智能化支持。虽然这些系统能够自动化执行部分操作，但仍然依赖较多的人工干预。操作员需根据经验和手动输入来调节控制参数，且系统本身并不具备自我学习和优化的能力。生产过程中，操作失误、系统故障等情况时有发生，人工干预的频率较高，增加了生产中的风险。同时，由于系统无法进行数据挖掘和智能预测，难以提前预判生产过程中的潜在问题，降低了生产效率和产品质量。因此，在面对日益复杂的生产需求时，传统自动化系统显得有些力不从心，需要引入更多智能化技术，以减少人为干预和提高整体系统的可靠性。

3 基于智能化技术的优化方案设计

为解决传统自动化控制系统中存在的精度不足、实时监控能力弱等问题，基于智能化技术的优化方案成为提升原料药生产效率与产品质量的关键路径，值得深入研究与

应用。

3.1 智能传感器的引入提升系统精度

传统的自动化控制系统面临控制精度不足的挑战，尤其在生产过程中要求高精度控制的场合。为了解决这一问题，引入智能传感器可以显著提升系统的精度。智能传感器具有高精度、高灵敏度和实时响应的特点，能够对温度、压力、流量等关键参数进行更加精准地检测与调节。在原料药生产中，传感器实时获取生产过程中的数据，并将其传输至控制系统，系统根据实时数据调整控制参数，确保生产过程在预定范围内稳定进行。通过智能传感器与高精度控制算法的结合，可以大幅度提高生产的稳定性，减少批次间的差异性，确保药品的质量和一致性。

3.2 数据分析与预测技术增强实时监控能力

实时监控能力不足是传统系统的另一个主要问题。为了解决这一问题，基于数据分析与预测的技术被广泛应用于自动化控制系统中。通过大数据技术，系统能够实时收集并处理生产过程中各类设备的运行数据，同时应用机器学习算法对这些数据进行分析。通过数据挖掘与预测模型，系统能够提前识别出潜在的问题，并进行预警。例如，若系统检测到某一设备出现异常迹象，智能分析平台可以预测到可能的故障发生，设备故障的预测准确率可以达到 85% 以上，而在传统系统中这一准确率仅为 40%~50%。通过预测故障，生产停机时间可减少 30% 以上，显著提高了生产的连续性和稳定性。

3.3 自主学习与优化技术提升系统智能化水平

为了进一步提升控制系统的智能化水平，采用自主学习与优化技术成为优化方案的重要组成部分。基于人工智能和机器学习的算法，系统可以自我学习和优化，通过不断积累生产数据，自动调整控制策略，优化生产过程。采用自主学习与优化技术的系统能在生产过程中不断优化控制策略。例如，在一项实际应用中，基于机器学习的自适应控制系统将温度控制误差从 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 降低至 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，显著提升了产品质量的稳定性，并减少了原料浪费，生产效率提高了 15%。通过自主学习与优化，控制系统能够实现自我提升，不仅减少了人为干预的需求，还显著提高了系统的适应性和灵活性，为原料药生产设备的智能化转型提供了强有力的支持。

4 关键技术自动化控制系统中的应用与实现

在原料药生产自动化控制系统的优化过程中，关键技术的应用是提升系统性能和智能化水平的核心。这些技术能够有效解决现有系统的不足，推动生产向更高效、精准的方向发展。

4.1 智能控制算法的应用

智能控制算法是提升原料药生产设备自动化控制系统性能的关键技术之一。传统的控制系统主要依赖固定的控制规则和经验，难以处理复杂的生产过程。智能控制算法，如模糊控制、神经网络控制等，通过模拟人类的决策

过程,可以对生产过程进行更加灵活和精确地调节。例如,模糊控制算法能够在生产参数具有不确定性或波动的情况下,依据系统实时数据进行动态调整,生产过程中温度的波动范围从 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 减少至 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,药品批次的一致性提高了20%。确保生产稳定性。神经网络控制则能通过自学习功能,从历史数据中提取规律,并在生产过程中进行自我优化。这些智能控制算法不仅提升了系统的响应速度,还能够根据实时生产状态做出快速调整,有效降低了人工干预的需求,确保了生产的高效和高质量。

4.2 物联网技术的整合与应用

物联网(IoT)技术的应用使得原料药生产设备的自动化控制系统实现了全面的互联互通。物联网通过在生产设备中嵌入传感器和执行器,使得系统能够实时采集设备运行数据并进行数据传输。通过物联网技术,生产设备可以与中央控制系统进行数据共享,实现远程监控与管理。这不仅有助于提高数据采集的实时性和精度,还能通过分析大量设备运行数据来预测设备的故障或性能下降,提前进行维修或调整,避免生产中断。此外,物联网技术的应用还可以通过优化设备之间的协作,提高生产线的整体效率,使得不同设备的工作状态能够在系统中自动协调,减少生产过程中的能耗和物料浪费。

4.3 云计算与大数据分析的结合

云计算和大数据分析技术的结合为自动化控制系统提供了强大的数据处理能力。云计算能够将海量的生产数据存储在云端,方便实时访问和分析,而大数据分析则能够从中提取有价值的信息。通过云平台,生产数据可以实时上传并集中处理,为操作员和管理者提供全面的监控和决策支持。大数据技术使得系统能够识别出潜在的生产趋势和规律,从而提前做出调整和优化策略。例如,某药厂的生产计划调整时间从3小时缩短至30分钟,生产灵活性提高了约10%。此外,云计算平台的应用使得生产数据的存储和处理能力得到增强,提升了整体系统的智能化水平。

5 自动化控制系统优化对生产效率与产品质量的影响

优化自动化控制系统对于提升原料药生产线的效率和药品质量具有重要意义。通过智能化技术的引入,生产过程得以精细化管理,从而实现效率提升和质量保障。

5.1 提升生产效率的关键作用

通过优化自动化控制系统,生产效率得到了显著提升。传统系统常因响应速度慢和处理能力不足,导致生产线效率低下。智能化控制系统能够实时获取生产数据并做出快速响应,确保各个环节能够高效协作,减少设备停机时间。例如,优化自动化控制系统后,生产效率得到了显著提升。数据显示,传统系统的平均生产效率提升幅度为5%~10%,而通过智能化优化,生产效率可提升25%以上。智能系统能够实时响应生产过程中的变化,减少了人工调整和停机时间。

5.2 确保产品质量的一致性与稳定性

自动化控制系统的优化不仅提高了生产效率,还显著提升了产品质量的稳定性和一致性。通过智能传感器和精密控制技术,生产过程中关键参数如温度、压力、流量等得以精确控制,从而有效保证了每一批次的产品质量符合标准。在传统系统中,由于人工调节或精度限制,往往难以保持每个生产周期的产品一致性。例如,在一项试验中,智能控制系统将生产过程中药品的批次差异降低了30%,大幅提高了产品的质量稳定性。此外,自动化系统的优化使得生产过程中的质量波动减少了50%以上。通过智能化技术,生产过程中的每个变量都能得到实时监控和调整,确保最终产品的稳定性。

5.3 降低生产成本,提高整体竞争力

通过自动化控制系统的优化,生产成本得到了有效降低。精细化地控制减少了资源浪费,如原料、能源和人力成本。智能控制系统能够根据生产需求和设备状态优化能耗分配,减少无效生产时间和停机成本。同时,系统能够预测设备的维护周期,避免突发故障带来的额外费用。通过优化自动化控制系统,生产成本得到了显著降低。数据显示,某生产线引入智能化系统后,能耗减少了12%,人力成本降低了15%,而设备故障率减少了25%。整体生产成本降低了18%,增强了企业在市场中的竞争力。

6 结语

自动化控制系统的优化是提升原料药生产效率和确保产品质量的关键。通过引入智能化技术,如智能控制算法、物联网、大数据分析等,不仅提高了系统的精度和实时监控能力,还有效降低了生产成本。智能化系统能够自我学习与优化,使得生产过程更加精细化、稳定化,最终推动了药品生产的智能化转型。未来,随着技术的不断进步,自动化控制系统的优化将为原料药生产带来更高的效率、更好的质量保障及更强的市场竞争力。

[参考文献]

- [1]张乾坤.原料药生产后处理过程集成装备的开发与应用研究[D].浙江:浙江大学,2010.
 - [2]熊泽云.我国原料药生产自动化的设计与影响因素分析[J].科技传播,2011(16):78-79.
 - [3]陈竹君.筒锥式过滤洗涤干燥“三合一”设备在原料药生产中的应用优势[J].机电信息,2018(23):12-16.
 - [4]杨媛媛.国内原料药生产自动化的设计与影响因素[J].化工设计通讯,2020,46(4):225-254.
 - [5]马立鹏,姚杰,徐焕锋,等.智能手持移动设备在原料药生产行业现代化工厂中的应用[J].仪器仪表用户,2022,29(9):33-35.
- 作者简介:林宝康(1982.11—),毕业院校:中国石油大学,所学专业:机械,当前就职单位:浙江亚光科技股份有限公司,职称级别:中级。