

# 机电工程中的自动化控制系统设计与优化

林金科

上海顾煌综合能源服务有限公司 上海

**【摘要】**自动化控制系统的优化设计是提升机电工程运行效率与智能化水平的关键环节。围绕系统性能提升的核心目标,分析技术发展历程与应用现状,揭示当前控制系统在动态响应速度与能量利用效率方面存在的不足,提出基于智能算法的优化模型构建方法。通过仿真与实验手段对优化方案进行验证,结果显示优化后的系统在响应特性、控制精度及能耗控制方面均有明显提升。研究为现代机电系统实现高效稳定运行提供了理论支持和技术路径。

**【关键词】**机电工程; 自动化控制; 系统优化; 智能算法; 控制策略

**【收稿日期】**2025 年 2 月 20 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 18 日 **【DOI】**10.12208/j.jeea.20250081

## Design and optimization of automated control systems in mechanical and electrical engineering

Jinke Lin

Shanghai Guhuang Comprehensive Energy Service Co., Ltd, Shanghai

**【Abstract】**Optimized design of automated control systems is a key factor in improving the operational efficiency and intelligence level of mechanical and electrical engineering. By focusing on the core objective of enhancing system performance, this work examines the development history and current applications, revealing existing shortcomings in dynamic response speed and energy utilization efficiency. An optimization model based on intelligent algorithms is proposed. The optimized is validated through simulation and experimental methods. Results show that the optimized system demonstrates significant improvements in response characteristics, control accuracy, and energy consumption management. This study provides theoretical support and technical approaches for achieving efficient and stable operation in modern mechanical and electrical systems.

**【Keywords】**Mechanical and electrical engineering; Automated control; System optimization; Intelligent algorithms; Control strategies

### 引言

随着工业自动化程度不断加深,机电工程对控制系统的要求已从基础功能实现转向高精度、高效率与智能化运行。传统控制方法在复杂工况下逐渐暴露出响应迟滞、调节能力弱及能耗高等问题,难以满足现代制造环境的需求。在此背景下,引入智能算法优化控制系统结构与参数配置成为提升整体性能的重要途径。围绕这一方向,相关研究不断推进,在建模方法、优化策略与应用验证等方面取得积极进展,为后续深入探索系统性能极限奠定了基础。

### 1 机电工程中自动化控制系统的技术演进与应用现状

自动化控制技术在机电工程中的发展历程可追

溯至 20 世纪中期,当时主要依赖于继电器和模拟电子设备构成的简单闭环控制系统。这类系统以基础逻辑控制为主,广泛应用于生产线中的固定流程操作,虽然具备一定的稳定性,但在灵活性、响应速度及复杂任务处理能力方面存在明显局限。随着计算机技术和微电子技术的快速进步,数字控制器逐步取代传统模拟控制装置,使系统具备更强的数据处理能力和更精确的控制输出。

进入 20 世纪 80 年代后,可编程逻辑控制器(PLC)开始大规模应用于工业现场,显著提升了系统的可配置性和适应性。与此同时,现场总线技术的发展推动了设备间的高效通信,实现了多节点协同控制,为构建分布式控制系统(DCS)奠定了基础。

这一阶段的自动化系统已能支持较为复杂的工艺流程,并在冶金、电力、化工等行业中得到广泛应用。近年来,随着嵌入式系统、工业以太网以及物联网技术的融合,自动化控制系统向智能化、网络化方向快速发展。现代控制系统不仅强调对执行机构的精准控制,还注重数据采集、状态监测与远程管理等功能的集成。特别是在智能制造和工业互联网背景下,控制系统逐渐由单一功能模块向集感知、决策、执行于一体的综合平台转变。

人工智能算法的引入,如模糊控制、神经网络和模型预测控制等,进一步增强了系统在非线性、不确定环境下的自适应能力。目前,在机电工程的实际应用中,自动化控制系统已经渗透到各类生产环节,包括装配、检测、搬运、包装等。其架构从传统的集中控制模式逐步过渡到模块化、分布式结构,提高了系统的可扩展性和维护便利性<sup>[1]</sup>。基于云计算和边缘计算的控制方案也在不断拓展,使得系统能够在保证实时性的同时实现大数据分析 with 优化决策。

## 2 现有控制系统在动态响应与能效方面的瓶颈分析

当前广泛应用的控制架构虽然在一定程度上满足了工业现场的基本需求,但在复杂工况下仍暴露出响应滞后、调节精度不足以及能耗偏高等问题,严重制约了系统整体性能的提升。从动态响应特性来看,传统 PID 控制策略在面对非线性、时变或强耦合系统时表现出明显的适应性不足。这类控制器依赖固定的参数整定方式,在外部扰动频繁或负载变化剧烈的情况下难以实现快速而稳定的输出调整,导致系统出现超调、振荡或响应延迟等现象。

由于多数工业现场对实时性的要求不断提高,传统控制算法在数据处理能力和指令执行效率上的局限也逐渐显现,尤其是在多变量协同控制中,信息传输延迟和计算周期过长直接影响系统的动态表现。在能效管理方面,现有控制系统普遍缺乏对能量流动的全局优化能力。多数控制方案主要聚焦于任务完成度和稳定性,忽视了对能耗的精细化控制<sup>[2]</sup>。在电机驱动、液压传动等典型机电系统中,负载波动频繁且工作点不断变化,若控制系统无法根据运行状态动态调整功率输出,则会造成能量浪费。

部分控制结构设计未充分考虑硬件层级的能量转换效率,导致执行机构长期处于低效运行区间,进一步加剧了能源消耗问题。另一个不可忽视的因

素是系统集成度与控制性能之间的矛盾。现代机电设备正朝着多功能集成与高度自动化的方向发展,控制系统需同步协调多个子系统的运行。然而,现有平台在资源调度、任务优先级划分及多目标优化等方面存在明显不足,导致系统在高负荷运行时易出现资源竞争与控制冲突,进而影响整体响应效率与能耗控制。在大规模分布式控制系统中,通信带宽的限制与节点间同步误差进一步制约了动态性能的提升。软硬件之间的协同匹配程度也直接影响系统的响应速度与能效表现。

## 3 基于智能算法的控制系统优化模型构建与实现

在机电工程中,自动化控制系统的性能提升越来越依赖于先进算法的支持,尤其是智能算法在复杂系统建模与控制策略优化中的应用日益广泛。传统控制方法难以应对非线性、不确定性和多变量耦合等问题,而智能算法通过模拟人类思维或生物行为机制,能够有效增强系统对复杂环境的适应能力,从而实现更高精度和更高效的控制目标。为了构建适用于现代机电系统的优化控制模型,研究通常从系统辨识入手,利用历史运行数据和实时反馈信息建立高精度的数学模型。该模型不仅涵盖系统的输入输出关系,还考虑了外部干扰、内部参数变化及状态不确定性等因素的影响。在此基础上,引入遗传算法、粒子群优化算法、蚁群算法等全局搜索机制,用于在线或离线调整控制器参数,使得系统能够在不同工况下自动选择最优控制策略,提升动态响应能力和稳定性。

神经网络作为典型的智能算法之一,在控制系统优化中展现出强大的非线性拟合与自学习能力。通过构建多层感知器结构或递归神经网络,可以实现对复杂机电过程的精确逼近,并用于预测系统未来状态。结合反向传播算法进行权重更新,使控制器具备持续优化的能力,从而更有效地应对负载突变、环境扰动等不确定因素带来的挑战。模糊逻辑控制则为处理定性化、模糊化的控制规则提供了有效手段。在某些难以建立精确数学模型的场景下,模糊控制可以通过专家经验设定语言变量和推理规则,实现对系统行为的柔性调控。

模糊控制可与 PID 控制相结合,形成模糊 PID 控制器,使其在保持传统控制结构的基础上,增强对非线性系统的适应性。模型预测控制(MPC)作为一种基于优化的控制策略,也逐步成为智能控制系统的重要组成部分。该方法通过滚动优化的方式,

综合考虑当前状态、未来预测和约束条件,生成最优控制序列。将智能算法嵌入 MPC 框架中,可以显著提高求解效率和鲁棒性,尤其适用于具有多变量、强耦合特性的机电系统<sup>[3-5]</sup>。在实际系统实现层面,智能算法的部署需要兼顾计算资源的分配与实时性要求。随着嵌入式处理器性能的提升和边缘计算技术的发展,越来越多的智能控制算法得以在硬件平台上高效运行。控制软件架构的设计也趋向模块化和开放化,便于算法集成与功能扩展,为构建高性能自动化控制系统提供坚实支撑。

#### 4 应用场景下的优化效果验证与对比分析

在自动化控制系统完成基于智能算法的优化设计后,需通过实际运行环境或仿真平台对其性能进行系统性验证,并与传统控制方案展开多维度对比,以全面评估优化模型的实际应用价值。此类验证不仅涵盖动态响应特性、控制精度和稳定性等核心指标,还需综合考量能耗水平、系统鲁棒性及对外部扰动的适应能力。为了确保验证过程具有科学性和可重复性,通常采用标准化测试环境,包括统一的数据采集方式、相同的初始条件设定以及一致的外部激励输入。在此基础上,分别对优化前后的控制系统施加相同工况变化,记录其在不同负载、速度和温度条件下的运行表现。通过对输出变量的时间响应曲线、稳态误差范围以及调节时间等参数的量化分析,可以直观反映优化策略在提升控制精度和缩短响应周期方面的实际效果。

从能效角度出发,验证工作还涉及能量消耗的全过程监测。包括对驱动单元、执行机构及整体系统的功率输入进行实时采集,并结合任务完成效率计算单位产出所对应的能耗成本。结果显示,经过优化的控制系统能够根据运行状态动态调整能量分配,减少冗余动作,从而实现更高效的能源利用。相较于传统固定参数控制方法,在同等作业强度下,优化系统展现出更低的能量损耗和更高的利用率。在系统鲁棒性方面,优化后的控制结构表现出更强的抗干扰能力。

当外部环境发生突变或内部参数出现波动时,智能算法支持下的控制器能够快速调整控制策略,维持系统稳定运行。这种自适应特性使得优化系统在面对复杂多变的工业现场条件时,具备更高的可靠性和容错能力。数据通信延迟、信号噪声干扰等因素对系统性能的影响也有所减弱,进一步提升了控制过程的连续性和一致性<sup>[6-8]</sup>。为增强验证结果的客

观性,研究过程中引入多种评价体系,包括时域与频域分析、误差积分指标(如 ITAE、ISE)以及多目标优化函数等数学工具,用于量化比较优化前后系统的综合性能差异。借助可视化手段将实验数据转化为趋势图、热力图等形式,有助于更清晰地展现系统在不同场景下的行为特征与优化成效。在整个验证与对比过程中,重点在于揭示优化模型在实际应用中所带来的性能提升边界及其适用范围。

#### 5 结语

自动化控制系统在机电工程中的优化设计已成为提升工业生产效率与智能化水平的重要方向。通过对现有系统动态响应与能效瓶颈的深入分析,结合智能算法构建优化模型,并在实际应用场景中进行效果验证,结果表明优化策略能够显著增强系统的控制精度、稳定性与能源利用效率。随着人工智能、边缘计算和高性能硬件的持续发展,未来控制系统将向更高层次的自适应性和集成化方向演进,为智能制造提供更加坚实的技术支撑。

#### 参考文献

- [1] 白灵,刘文龙,刘元亮,等.BIM 技术在机场扩建项目机电安装工程中的应用[J].安装,2024,(S2):97-99.
- [2] 王达达.浅谈建筑机电消防安装工程中存在的问题及对策[J].中国住宅设施,2024,(12):158-160.
- [3] 王帅男.地铁机电工程通信系统技术应用分析[J].电站辅机,2024,45(04):67-70.
- [4] 江君,周毅,叶晨昊,等.智能化技术在食品机电工程管理中的应用探索[J].现代食品,2024,30(24):103-105.
- [5] 董俊昌.消防工程中机电设备的控制措施探讨[J].中国设备工程,2024,(24):222-224.
- [6] 周波.基于城市轨道交通机电工程的节能环保技术创新与应用[J].中国战略新兴产业,2024,(36):107-109.
- [7] 王玮巍.高速公路机电工程项目成本管理分析[J].北方交通,2024,(12):88-90+94.
- [8] 张伟.机电工程自动化技术的应用研究[J].造纸装备及材料,2024,53(12):108-110.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS