

# 智能控制工程在机械电子工程中的应用

魏 安 张 吉 徐一帆  
西安爱生技术集团有限公司 陕西 西安 710065

**摘 要：**本文聚焦智能控制工程在机械电子工程中的应用。首先概述智能控制工程核心技术，包括模糊控制、神经网络控制等及其特性。接着阐述其在机械电子系统精准控制、驱动系统优化、智能监测和能耗优化方面的具体应用。随后通过控制精度、运行效率、能耗和稳定性四个维度的对比分析，展现智能控制技术相较于传统控制技术的显著优势。研究表明，智能控制工程能有效提升机械电子系统性能，降低能耗与故障率，为行业发展提供有力支撑。

**关键词：**智能控制工程；机械电子工程；应用

引言：在科技飞速发展的当下，机械电子工程领域正经历着深刻变革，对控制技术的要求愈发严苛。传统控制技术已难以满足现代工业生产高效、精准、节能等多方面的需求。智能控制工程作为一门新兴交叉学科，融合传统控制理论与人工智能、机器学习等前沿技术，为机械电子工程带来了新的发展契机。其核心技术涵盖模糊控制、神经网络控制等多个方面，在机械电子系统的精准控制、驱动系统优化、智能监测以及能耗优化等方面展现出巨大优势。深入探究智能控制工程在机械电子工程中的应用及效果，对于推动行业技术进步、提升企业竞争力具有重要意义。

## 1 智能控制工程核心技术概述

智能控制工程作为一门新兴的交叉学科，是在传统控制理论坚实的基础上，深度融合人工智能、机器学习、大数据处理等前沿技术而形成的新型控制体系。它为机械电子工程领域带来了更高效、精准且智能化的控制解决方案，其核心技术涵盖模糊控制、神经网络控制、PID智能控制以及专家控制等多个方面，每种技术都凭借独特的特性，适配于机械电子工程的不同应用场景。（1）模糊控制无需构建精确的数学模型，这对于处理复杂的非线性系统具有显著优势。在机械电子工程中，许多系统由于存在诸多不确定因素，难以用精确的数学公式来描述，而模糊控制能够巧妙地绕过这一难题，通过模糊规则和隶属度函数实现对系统的有效控制。其控制误差可严格控制在 $\pm 0.5\%$ 以内，为系统的稳定运行提供了可靠保障。（2）神经网络控制具备强大的自学习和自适应能力。它能够通过对大量数据的训练，不断优化自身的控制策略，以适应不同的工作环境和任务需求。在机械电子系统中，面对动态变化的工作条件，神经网络控制可以快速响应，其响应速度可达到 $0.01\text{s}$ ，能够及时调整控制参数，确保系统始终处于最佳运行状

态。（3）PID智能控制通过智能算法对比例、积分、微分参数进行动态调整。相较于传统PID控制，其控制精度提升了30%以上，能够更精确地跟踪设定值，减少系统的超调和振荡，提高系统的稳定性和控制品质。（4）专家控制则依托丰富的专业知识体系，能够实现对复杂系统的精准调控。在机械电子工程中，对于一些涉及多学科知识、工艺复杂的系统，专家控制可以凭借其专业的决策能力，有效应对各种干扰因素，其抗干扰能力较传统控制技术提升了40%，保障系统在复杂环境下的可靠运行<sup>[1]</sup>。

## 2 智能控制工程在机械电子工程中的具体应用

### 2.1 机械电子系统的精准控制

机械电子系统的关键在于达成精准定位、速度调节以及力矩控制，这是保障系统高效、稳定运行的基础。然而，传统控制技术在面对多变量、非线性的机械电子系统时，常常暴露出控制滞后、精度难以满足要求等缺陷。（1）智能控制技术的出现为解决这些问题提供了有效途径。在位置控制方面，模糊控制技术大显身手。它借助模糊规则库，能够依据系统实际状态动态调整控制参数，将位置控制精度从传统控制的 $\pm 0.1\text{mm}$ 大幅提升至 $\pm 0.03\text{mm}$ ，同时把控制响应时间缩短到 $0.05\text{s}$ ，显著提高了位置控制的准确性和及时性。（2）在速度控制领域，神经网络控制技术发挥着重要作用。它可以根据系统负载的实时变化，迅速优化速度调节策略，使速度波动范围严格控制在 $\pm 2\%$ 以内，相较于传统控制技术，波动范围缩小了60%，有效保证了速度的平稳性。（3）PID智能控制技术广泛应用于机械电子执行机构的控制中。通过智能算法自动校准参数，能让执行机构的动作误差控制在 $0.3\%$ 以内，极大地提升了系统的运行稳定性，为机械电子系统的精准控制提供了有力支撑<sup>[2]</sup>。

### 2.2 机械电子驱动系统的优化

驱动系统作为机械电子工程的关键核心组件，其性

能表现对整个系统的运行效率以及能耗水平起着决定性作用。智能控制技术的引入，为驱动系统的动态优化提供了有效手段，能够显著提升驱动效率并降低能耗。

(1) 在电机驱动系统中，智能控制技术发挥着重要作用。它能够实时监测电机的运行负载、转速等关键参数，并依据这些参数动态调整驱动电压与电流。通过这种精准的调控方式，电机的驱动效率得到大幅提升，从传统驱动方式下的75%提高至92%以上。与此同时，单位时间内的能耗也显著降低，降幅达到25% - 30%，有效减少了能源浪费，提高了能源利用效率。(2) 在液压驱动系统中，模糊PID控制技术展现出独特的优势。该技术可以对液压泵的输出压力与流量进行优化调节，减少液压系统在能量传递过程中的损耗。经优化后，液压驱动系统的能耗降低22%，系统的响应速度提升35%，能够更快速准确地执行指令。此外，还能有效避免液压冲击等问题的出现，降低系统故障发生率，从而延长驱动系统的使用寿命，保障机械电子系统的稳定可靠运行。

2.3 机械电子系统的智能监测

在机械电子系统运行期间，设备的磨损、老化以及突发故障等情况，会严重干扰系统的稳定运行，增加非计划停机风险，进而影响生产效率并提高运维成本。智能控制工程融合传感器技术与先进智能算法，构建起高效的实时监测与故障预警体系，有效解决了上述难题。

(1) 在机械电子设备的关键部位精准安装各类传感器，能够持续采集振动、温度、压力等反映设备运行状态的关键数据。智能监测系统借助神经网络算法对这些海量数据进行深度分析，凭借其强大的模式识别能力，可精准识别设备的运行异常，异常识别准确率高达95%以上，相较于传统监测方式，准确率提升了45%，大大降低了漏检和误检的概率。(2) 智能监测系统具备前瞻性的故障预警功能，能够提前1 - 2小时发出潜在故障预警，为运维人员争取充足的处理时间。这使得故障停机时间大幅缩短60%，有效减少了因设备故障导致的生产中断。此外，系统还能降低30% - 35%的运维成本，并实时记录设备运行数据，为后续的系统维护和性能优化提供详实的数据支撑，进一步提升系统的运行稳定性<sup>[3]</sup>。

2.4 机械电子系统的能耗优化

随着现代机械电子工程的发展，对能耗控制的标准日益严苛，节能降耗已成为行业发展的核心需求之一。智能控制技术凭借其动态优化系统运行参数的能力，为精准控制能耗提供了有效途径。(1) 智能控制技术能够实时感知机械电子系统的运行工况，并据此动态调整关键运行参数，从源头上避免无效能耗的产生。以机床

设备为例，智能控制技术可依据不同的加工需求，精准调整主轴转速、进给速度等参数。通过这种精细化的调控，机床的单位加工能耗显著降低28%，按此计算，每台机床年节约能耗可达3000 - 5000度，有效减少了能源浪费，降低了生产成本。(2) 在机器人系统中，智能控制技术同样发挥着重要作用。它可以通过优化算法，规划出更合理的机器人运动轨迹，减少运动过程中的能量损耗。经优化后，机器人的能耗降低23%，不仅实现了节能目标，还提升了机器人的运动精度与工作效率，使其能够更精准、快速地完成各项任务，进一步增强了机械电子系统的整体性能和市场竞争力。

3 智能控制工程应用效果对比分析

3.1 控制精度对比

在机械电子系统里，智能控制技术与传统控制技术在控制精度方面存在明显差距，通过具体数据对比能直观展现智能控制的优势。传统控制技术应用于机械电子系统的位置控制、速度控制时，不仅控制精度难以达到较高水准，而且控制过程中波动幅度较大，稳定性欠佳。而智能控制技术凭借自身具备的自适应性与自学习能力，可依据系统实时状态动态调整控制策略，大幅提升了控制精度，相关具体对比数据如下表1所示。

表1 智能控制技术具体对比数据

| 控制类型     | 传统控制技术 | 智能控制技术  | 精度提升比例 |
|----------|--------|---------|--------|
| 位置控制精度   | ±0.1mm | ±0.03mm | 70%    |
| 速度控制波动范围 | ±5%    | ±2%     | 60%    |
| 执行机构动作误差 | 0.8%   | 0.3%    | 62.5%  |
| 温度控制精度   | ±1.5℃  | ±0.4℃   | 73.3%  |

3.2 运行效率对比

在机械电子系统的实际运行场景中，智能控制技术展现出强大的优势，它通过对控制策略进行深度优化，并有效削减系统冗余动作，为系统运行效率的提升注入了强劲动力。传统机械电子系统受控制滞后、参数设置不合理等多重因素掣肘，运行效率长期处于较低水准，难以满足现代工业生产高效、精准的需求。智能控制技术能够精准识别并解决这些问题，它借助先进的传感器实时感知系统状态，依据实时数据动态调整控制参数。这一过程使得系统的响应速度得到大幅提升，平均提升幅度达到35% - 40%，极大地缩短了系统从接收到指令到开始执行动作的时间间隔。同时，设备的有效运行时间占比从传统的70%大幅跃升至90%以上，表明设备在单位时间内能够更多地处于高效工作状态，减少了闲置和无效运行时间。这不仅使单位时间内的工作产出提升25% -

30%，具体到不同设备，机床设备的加工效率提升28%，机器人系统的作业效率提升32%，还切实有效地缩短了生产周期，降低了生产成本，让企业在激烈的市场竞争中占据更有利的位置，增强了企业的核心竞争力<sup>[4]</sup>。

### 3.3 能耗对比

在机械电子工程领域，能耗控制对于实现行业可持续发展至关重要。随着能源资源日益紧张以及环保要求不断提高，降低机械电子系统的能耗已成为亟待解决的关键问题。智能控制技术凭借其独特优势，在能耗控制方面展现出卓越成效。传统机械电子系统能耗高，主要源于参数设置不合理，无法根据实际工况动态调整，且存在诸多无效运行环节，导致能源浪费严重。而智能控制技术具备实时监测系统运行工况的能力，可依据监测数据精准调整系统运行参数，从源头上避免无效能耗的产生。相关对比数据充分彰显了智能控制技术的节能优势。采用该技术后，机械电子系统平均能耗降低幅度达22% - 30%。其中，电机驱动系统能耗降低25% - 30%，液压驱动系统能耗降低22%，机床设备单位加工能耗降低28%。从长远视角看，智能控制技术的广泛应用可为企业大幅节约能源成本，在提升企业经济效益的同时，积极响应节能环保号召，具有显著的经济与环境效益。

### 3.4 稳定性对比

在机械电子系统中，稳定性是关乎设备使用寿命与运行安全性的关键指标。智能控制技术凭借自身强大的抗干扰能力与自适应特性，在提升系统稳定性方面表现卓越。传统控制技术在面对复杂工况以及外部干扰时，往往力不从心，容易出现系统波动、故障停机等情况，导致故障停机率居高不下。而智能控制技术能够通过实时监测系统运行状态，并依据监测结果动态调整控制参数，有效抵御外部干扰，从源头上减少故障的发生。相

关数据充分证明了智能控制技术的优势：采用该技术后，机械电子系统的故障停机率从传统的8%大幅降低至2.5%以下，故障发生率降低68.75%。同时，系统的平均无故障运行时间从传统的800小时显著提升至2200小时以上，切实增强了系统的运行稳定性与可靠性，为机械电子系统的长期稳定运行提供了坚实保障<sup>[5]</sup>。

### 结束语

智能控制工程在机械电子工程中的应用成效显著，从精准控制到能耗优化，从智能监测到稳定性提升，全方位推动了机械电子系统性能的升级。其核心技术凭借独特优势，精准适配不同应用场景，有效解决了传统控制技术面临的诸多难题。随着技术的持续发展，智能控制工程将不断完善与创新，为机械电子工程带来更多可能性。企业应积极引入智能控制技术，提升生产效率与产品质量，降低运营成本与能耗，增强市场竞争力。同时，行业也需加强相关研究与人才培养，推动智能控制工程在机械电子工程领域的广泛应用与深入发展，助力行业迈向更高水平的智能化时代。

### 参考文献

- [1]刘峰.基于智能控制工程在机械电子工程中的应用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(4):182-185.
- [2]潘晓华,张效庆.人工智能技术在电子工程自动化控制中的有效应用[J].数字技术与应用,2023,41(4):43-45.
- [3]黄达,陈薇薇.智能技术在电子工程自动化控制中的应用[J].造纸装备及材料,2023,52(3):111-113.
- [4]黑生海.智能制造背景下PLC技术在机械工程控制系统中的应用[J].现代制造技术与装备,2023,59(8):204-206.
- [5]胡晓承,康雨涵.人工智能技术在机械电子工程领域的应用[J].数字通信世界,2023(11):130-132.