

# 智能电气驱动在机电设备中的应用研究

游笑明 130429199506151020

## 摘要

随着工业自动化与智能制造技术的快速发展，机电设备对驱动系统的精度、响应速度与智能化水平提出了更高要求。智能电气驱动作为融合电力电子技术、控制理论与人工智能算法的新型驱动技术，能够显著提升机电设备的运行性能与自适应能力。本文首先阐述智能电气驱动的技术内涵与核心构成，分析其相较于传统电气驱动的技术优势，进而探讨智能电气驱动在工业机器人、数控机床、输送设备三类典型机电设备中的具体应用路径，最后指出当前技术推广中存在的问题与未来发展方向，为智能电气驱动在机电设备领域的深化应用提供参考。

## 关键词

智能电气驱动；机电设备；智能制造；自适应控制

## 一、引言

近年来，我国制造业转型升级进程不断加快，智能制造已经成为制造业发展的核心方向，而机电设备作为工业生产的核心载体，其运行性能直接决定了生产效率与产品质量。传统电气驱动系统多采用固定参数控制方案，面对复杂工况、负载波动等场景时，难以实现精准的转矩与转速调节，容易出现能耗偏高、精度不足、故障率高等问题，已经无法满足高端制造对机电设备的性能要求。智能电气驱动技术依托微处理器、人工智能算法与物联网通信技术，能够实现驱动参数的实时优化与自适应调节，为机电设备的智能化升级提供了可行路径。

## 二、智能电气驱动的技术内涵与核心构成

### 2.1 技术内涵

智能电气驱动是在传统电力电子驱动技术的基础上，融入智能控制算法、状态感知技术与通信技术形成的一体化驱动系统，其核心特点是能够通过传感器实时采集机电设备的运行状态数据，依托内置的智能算法完成数据分析与决策，自动调节驱动输出的转矩、转速与位置参数，从而适应不同负载与工况的变化。相较于传统电气驱动依赖人工设定参数、无法动态调整的缺陷，智能电气驱动具备

自我感知、自我决策与自我优化三大特征，能够在无人干预的情况下始终保持机电设备的最优运行状态。

## 2.2 核心构成

智能电气驱动系统主要由四个核心模块构成：第一是功率变换模块，主要负责将电网输入的工频电能转换为适配机电设备运行的可调电能，核心部件包括逆变器、整流器与功率半导体器件，当前以 IGBT 为代表的新型功率器件已经广泛应用于智能驱动系统，能够有效降低变换过程中的能耗损耗。第二是状态感知模块，依托安装在驱动输出端与机电设备负载端的电流、电压、温度、位置传感器，实时采集驱动系统与设备的运行参数，为智能决策提供数据支撑。第三是智能控制模块，这是智能电气驱动区别于传统驱动的核心部分，内置了模糊控制、神经网络控制、模型预测控制等多种智能算法，能够根据采集的状态数据快速计算出最优驱动参数，并输出控制信号调节功率变换模块的输出。第四是通信交互模块，支持工业以太网、PROFINET 等主流工业通信协议，能够将驱动系统的运行数据上传至工业互联网平台，也可以接收上位控制系统的指令，实现驱动系统与工厂智能制造系统的互联互通。

## 三、智能电气驱动相较于传统驱动的技术优势

相较于传统电气驱动系统，智能电气驱动在多个维度存在明显优势。首先是控制精度更高，传统驱动采用 PID 固定参数控制，面对非线性、时变的负载场景容易出现超调与误差，而智能控制算法能够对机电设备的非线性特性进行实时补偿，将位置与转速控制精度提升一个数量级，能够满足精密加工、精密装配等高端应用场景的要求。其次是节能效果更优，智能电气驱动能够根据负载的实际需求动态调节输出功率，避免了传统驱动在轻载工况下的无用功耗，根据相关应用数据显示，在风机、水泵等变负载机电设备中应用智能电气驱动，能够实现 10%~30% 的节能效果。

## 四、智能电气驱动在典型机电设备中的应用

### 4.1 工业机器人中的应用

工业机器人是当前智能制造领域应用最广泛的机电设备之一，其关节驱动性能直接决定了机器人的运动精度与负载能力。在传统工业机器人中，关节驱动多采用步进电机驱动或者普通伺服驱动，存在响应速度慢、轨迹跟踪误差大的问题，面对高速、高负载的焊接、搬运场景容易出现精度超差。将智能电气驱动应用于工业机器人关节后，通过神经网络算法对机器人关节的摩擦误差、连杆惯量变化

进行实时补偿，能够有效提升机器人的轨迹跟踪精度。同时，智能电气驱动还能够实时监测关节电机的温度与电流变化，提前预判电机过载、编码器故障等问题，降低机器人的停机故障率。

## 4.2 数控机床中的应用

数控机床是机械加工领域的核心机电设备，主轴驱动与进给驱动的性能直接决定了零件的加工精度与表面质量。传统数控机床的主轴驱动多采用开环或者半闭环控制，面对大切削力、变切削深度的加工场景，容易出现主轴转速波动，导致零件加工表面出现振纹，影响加工质量。将智能电气驱动应用于数控机床主轴系统后，通过模型预测控制算法提前预判切削力的变化，提前调节主轴输出转矩，能够将主轴转速波动控制在 0.5%以内，有效抑制加工振动，提升零件加工表面质量。在进给驱动方面，智能电气驱动能够通过模糊控制算法补偿丝杠间隙与摩擦滞后，将进给定位精度提升 30%以上，满足高精度模具加工的要求。

# 五、当前应用存在的问题与发展方向

## 5.1 存在的问题

当前智能电气驱动在机电设备中的推广应用仍然存在一些问题：首先是成本偏高，智能电气驱动需要增加高精度传感器与高性能处理器，硬件成本比传统驱动高出 20%~50%，对于中小制造企业来说，改造升级的资金压力较大。其次是算法适配难度大，不同类型机电设备的负载特性差异较大，现有智能控制算法多为通用型算法，针对特定设备的定制化开发成本较高，部分中小企业缺乏相关技术能力完成算法适配。最后是兼容性问题，部分老旧机电设备的电气接口与通信协议不统一，智能电气驱动与原有设备的对接难度较大，增加了改造的技术复杂度。

## 5.2 未来发展方向

针对上述问题，未来智能电气驱动的发展方向主要集中在三个方面：一是低成本化，随着功率半导体与芯片技术的发展，智能驱动的硬件成本将会逐步下降，同时推动模块化、标准化智能驱动产品的开发，降低定制化成本，提升中小企业的接受度。二是算法自适应化，开发具备参数自学习、自整定功能的智能控制算法，智能驱动能够自动识别适配机电设备的负载特性，自动完成控制参数的优化，降低算法适配的技术门槛。三是网联化，进一步强化智能电气驱动的通信能力，实现驱动数据与工业互联网平台的深度对接，依托云端大数据分析进一步优化驱动控制策略，实现多台机电设备驱动系统的协同优化，进一步提升整体生产效率。

与节能效果。

## 六、结论

智能电气驱动技术为机电设备的智能化升级提供了重要的技术支撑,相较于传统驱动技术,其在控制精度、节能效果、可靠性等方面都存在明显优势,目前已经在工业机器人、数控机床、输送设备等典型机电设备中实现了成功应用,取得了良好的应用效果。尽管当前推广应用中仍然存在成本、适配性等方面的问题,但是随着技术的不断发展完善,智能电气驱动将会在更多类型的机电设备中得到普及应用,成为推动我国制造业智能制造转型升级的重要动力。

## 参考文献

- [1] 王兆义. 现代电气驱动技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [2] 李发海, 王岩. 电机与拖动基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.
- [3] 张承慧, 崔纳新. 智能电气驱动系统的研究现状与发展趋势[J]. 中国电机工程学报, 2020, 40(12): 3851-3863.