

# 机械电气自动化技术与控制研究

李金铮

新乡市长城机械有限公司 河南 新乡 453000

**摘要:** 机械电气自动化技术以电气控制为核心,融合机械传动与智能算法,实现生产过程高效精准控制。其发展历程历经继电器控制、PLC与工业网络集成阶段,当前正迈向智能化、网络化方向。本文围绕传感器技术、PLC控制、伺服驱动及工业通信等关键技术展开分析,探讨闭环/开环控制与智能控制方法,并展望技术智能化、集成化、绿色化发展趋势,为工业自动化升级提供理论参考。

**关键词:** 机械电气自动化; PLC控制; 伺服驱动; 工业通信; 智能化发展

引言: 在工业生产不断迈向高效、精准与智能化的当下,机械电气自动化技术成为推动产业升级的核心力量。它融合机械、电气与控制等多领域知识,历经多年发展,已广泛应用于各行业。深入探究其技术与控制方法,把握发展趋势,对提升生产效率、保障产品质量、推动工业可持续发展意义重大。

## 1 机械电气自动化技术基础

### 1.1 技术概念与发展历程

机械电气自动化技术是指在机械设备运行过程中,通过电气控制系统实现对设备动作的自动控制与调节的技术体系。该技术以电气控制为核心,结合机械传动装置,实现对生产过程的连续、高效、精准控制。从最初的继电器逻辑控制发展到如今的可编程控制器(PLC)与工业网络集成控制,机械电气自动化经历了多个重要阶段。早期的机械电气控制主要依赖继电器和接触器组成的硬接线逻辑电路,用于实现简单的开关量控制。这种控制方式虽然结构固定、灵活性差,但它为后续自动化技术的发展提供了实践基础和设计思路。随着电子技术的进步,晶体管和集成电路逐渐取代传统继电器,控制系统的响应速度和稳定性得到提升。进入20世纪70年代后,可编程控制器出现,标志着机械电气控制迈入了程序化、模块化的新阶段。PLC以其通用性强、维护方便、抗干扰能力高等优点迅速普及,成为工业自动化的核心控制手段之一。近年来,随着计算机技术和通信技术的飞速发展,机械电气自动化逐步向智能化、网络化方向演进。现场总线、工业以太网等通信技术的应用,使得控制系统内部以及与其他系统之间的信息交互更加高效。嵌入式系统、人机界面(HMI)、运动控制等新技术不断融入,使机械电气自动化技术具备更强的功能扩展性和更高的控制精度,推动整个行业向更高层次发展。

### 1.2 系统组成与架构

机械电气自动化系统硬件由动力、感知、控制与执行四大模块构成。动力设备为系统提供运转能量,电动机通过变频调速实现转速精准控制,液压泵与气动装置则适用于高负载或特殊工况场景<sup>[1]</sup>。传感器作为系统感知单元,位置传感器监测部件位移,温度传感器采集环境参数,力传感器反馈负载变化,采集数据为控制决策提供基础信息。控制器作为系统核心,承担信号处理与指令输出功能。PLC凭借梯形图编程实现逻辑控制,适用于顺序控制场景;工控机则依托强大算力,支持复杂算法运行与多任务处理。执行机构接收控制指令完成动作,伺服电机实现高精度定位,电磁阀控制流体通断,液压缸驱动重型机械部件运动。软件架构以控制程序与通信协议为核心。控制程序采用梯形图、结构化文本等编程语言,编写设备启停、闭环调节、故障诊断等逻辑;通信协议保障系统内外部数据交互,Modbus协议实现设备间兼容性通信,工业以太网满足大数据量实时传输需求。系统运行时,传感器将物理信号转换为电信号传输至控制器,经程序运算后输出控制指令驱动执行机构动作。执行结果通过反馈回路再次传入控制器,形成闭环调节机制。动力设备持续提供能量,通信协议确保数据准确传输,软硬件协同配合,实现机械电气系统的稳定运行与智能控制。

## 2 机械电气自动化关键技术

### 2.1 传感器技术

机械电气自动化系统中,传感器作为关键感知元件,承担信号采集、转换与传输功能。位移传感器通过光电、电磁感应原理,将机械部件的移动距离转化为电信号,常用于设备定位与运动轨迹监测;压力传感器利用压阻效应,将压力变化转换为电信号,适用于液压系统压力检测与负载测量;温度传感器凭借热电阻或热电偶的温度-电阻特性,实现环境及设备温度数据采集。

传感器输出信号经滤波、放大等调理电路处理后传输至控制器。其精度直接影响系统控制准确性，高精度传感器可捕捉细微物理量变化，为控制决策提供可靠依据。同时工业环境中的电磁干扰、振动等因素易影响信号质量，通过屏蔽设计、防护封装等手段增强传感器抗干扰能力，确保数据稳定传输，提升系统控制精度。

## 2.2 PLC控制技术

PLC（可编程逻辑控制器）基于存储程序控制原理运行，工作过程分为输入采样、程序执行、输出刷新三个阶段。输入采样阶段读取外部传感器与开关状态，程序执行阶段按用户编写的控制程序进行逻辑运算，输出刷新阶段将运算结果输出至执行机构。编程方式以梯形图为主，通过触点、线圈等图形化符号构建控制逻辑，直观易懂且便于调试；同时支持结构化文本等语言，满足复杂算法需求<sup>[2]</sup>。在机械电气自动化系统中，PLC具有显著优势。模块化设计允许根据项目需求灵活配置输入输出模块；内部隔离电路与滤波技术使其具备强抗干扰能力，可在恶劣工业环境稳定运行。程序修改无需改动硬件线路，通过编程软件下载即可实现功能调整，大幅缩短调试周期。故障诊断功能结合标准化接口，能快速定位问题，降低维护难度，保障系统可靠性与灵活性。

## 2.3 伺服驱动技术

伺服电机是伺服驱动系统的核心，基于电磁感应原理实现电能与机械能转换。交流伺服电机采用永磁同步结构，具有响应速度快、定位精度高、转矩波动小的特点；直流伺服电机通过换向器调节电流方向，实现精准转速控制。电机内置编码器实时反馈转子位置与速度信息，为闭环控制提供数据支持。伺服驱动系统在位置、速度、转矩控制中发挥重要作用。位置控制模式下，控制器发送脉冲信号，驱动器根据脉冲数量与频率驱动电机旋转，实现高精度定位；速度控制模式通过调节输入电压或频率维持恒定转速；转矩控制模式则根据负载变化自动调整电流，确保输出转矩稳定。驱动器与控制器通过模拟量、脉冲或总线通信连接，形成闭环控制回路，实现对电机运动参数的精确调节。

## 2.4 工业通信技术

工业通信技术是实现自动化系统设备互联的基础。工业现场总线如Profibus、CAN总线，采用串行通信方式，具备抗干扰能力强、实时性高的特点。Profibus适用于自动化生产线设备间通信，通过主从结构实现高效数据传输；CAN总线凭借多主通信与错误检测机制，广泛应用于工业控制领域。工业以太网融合以太网技术与实时通信协议，支持TCP/IP标准，实现大数据量快速

传输，满足远程监控与云端数据交互需求。统一的通信协议打破设备间信息壁垒，使不同厂商设备实现互操作性。实时数据传输让控制器及时获取各节点状态，优化控制策略。工业现场总线构建设备级通信网络，连接传感器、执行器与控制器；工业以太网搭建管理层与控制层通信桥梁，实现生产数据采集、设备远程监控功能，保障自动化系统信息交互顺畅，提升整体协同效率。

## 3 机械电气自动化控制策略与方法

### 3.1 闭环控制与开环控制

闭环控制和开环控制是两种主要的控制系统设计方法，它们各自具有不同的特点和应用场景。闭环控制通过反馈机制来调整输出，以确保系统达到预期的目标。其工作原理是将系统的实际输出与设定值进行比较，产生的误差信号被送回控制器，控制器根据误差信号调整输入，使系统输出尽可能接近设定值。闭环控制的优点在于能够自动纠正偏差，具有较高的控制精度和稳定性，特别适合对精度要求高的应用场合。然而，闭环控制系统的设计和实现相对复杂，成本较高，并且需要精确的传感器和执行机构来保证反馈的有效性。相比之下，开环控制没有反馈环节，控制器直接根据预设的指令或参数来驱动执行机构，不考虑实际输出结果。这种方式结构简单、成本低廉，适用于那些外部干扰较小、对控制精度要求不高的场合<sup>[3]</sup>。由于缺乏反馈调节机制，开环控制在面对外界扰动时无法自动补偿误差，导致其控制精度和稳定性较差。在机械电气自动化系统中，闭环控制通常应用于精密加工设备、机器人运动控制等领域，这些场景下对位置、速度等参数的精确度有严格要求。而开环控制则更多地出现在一些简单的自动化任务中，如定时操作、顺序控制等，这类任务对外界环境变化不太敏感，因此不需要复杂的反馈机制。

### 3.2 智能控制方法

智能控制方法是应对复杂、非线性及不确定系统控制难题的重要手段，近年来在机械电气自动化领域得到广泛应用。这类方法能够模拟人类思维和学习能力，具备较强的适应性和自主决策能力。模糊控制基于模糊逻辑理论，利用语言变量和模糊规则进行推理判断。该方法无需建立精确数学模型，适用于难以量化或存在不确定因素的系统。例如，在温度调节过程中，控制器可根据误差大小及其变化趋势动态调整输出强度，避免超调和振荡现象，提高系统的响应平稳性。神经网络控制模仿生物神经系统结构，具有强大的非线性映射能力和自学习功能。通过训练样本优化内部连接权值，系统能够适应环境变化并逼近复杂的输入输出关系。这种特

性使其在处理材料加工过程中的多变量耦合问题时表现出色,可提升系统的稳定性和控制精度。专家系统依靠预设的知识库和推理机制模拟专业人员的判断过程。在设备故障诊断中,系统可根据采集到的运行参数结合历史经验快速识别异常状态,并给出相应的处理建议,实现智能化维护管理。模糊控制、神经网络控制与专家系统还可相互结合,形成复合型控制策略。模糊神经网络兼具规则推理与自学习能力,模糊专家系统增强知识表达的灵活性和适应性。这些融合方法进一步提升了控制系统的智能水平和环境适应能力。

#### 4 机械电气自动化技术发展趋势

##### 4.1 智能化发展

人工智能(AI)和机器学习正在深刻改变机械电气自动化领域。智能故障诊断是其中一个重要的应用方向,通过利用先进的算法和模型,系统能够实时监测设备状态,并预测潜在故障。这种基于数据驱动的方法可以显著减少停机时间,提高生产效率。例如,在复杂的制造环境中,传感器收集的数据被输入到机器学习模型中,模型分析后识别出异常模式,并提前发出警报或建议维护措施。自主决策控制也是智能化的一个关键方面。借助于深度学习和强化学习等技术,自动化系统能够在不确定条件下做出最优决策。这不仅提高了系统的灵活性和响应速度,还增强了其适应复杂多变环境的能力。例如,机器人在动态变化的工作环境中,能够根据实时感知的信息调整动作路径和力度,实现高效操作。自然语言处理技术的进步使得人机交互更加直观便捷。操作人员可以通过语音指令直接与控制系统进行沟通,简化了操作流程,降低了对专业技能的要求,进一步推动了系统智能化水平的提升。

##### 4.2 集成化与网络化

现代工业自动化系统正朝着更高的集成度发展,不同类型的设备和子系统之间实现了无缝连接和协同工作。物联网(IoT)技术的发展为这一趋势提供了强有力的支持。通过将各类设备接入互联网,形成了一个庞大的信息网络,使得远程监控成为可能。管理人员可以在任何地点通过移动设备查看生产线的状态,及时发现问

题并采取行动<sup>[4]</sup>。网络化的另一个重要体现是设备之间的协同工作能力增强。例如,在柔性制造系统中,多个加工单元可以根据订单需求自动调整生产计划,优化资源配置,提高生产效率。同时工业以太网和现场总线技术的应用确保了信息传输的安全性和稳定性,为构建高效的自动化网络奠定了基础。云计算和边缘计算技术也为自动化系统的集成提供了新的解决方案。云平台可以存储和处理海量数据,支持大规模数据分析;而边缘计算则能在本地快速响应,满足实时性要求高的应用场景需求。

##### 4.3 绿色化与节能化

节能环保已成为全球共识,机械电气自动化设备也不例外。采用高效电机是降低能耗的有效途径之一。新型永磁同步电机相比传统感应电机具有更高的能量转换效率,减少了不必要的电力损耗。此外,能量回收系统也被广泛应用,如电梯制动过程中产生的能量可以被重新利用,既节约了能源,又减少了碳排放。除了硬件改进外,软件优化同样不可忽视。先进的控制算法可以精确调节设备运行参数,避免过度消耗资源。例如,在空调系统中,智能温控算法可以根据室内外温度变化动态调整制冷/制热功率,达到节能效果。

#### 结束语

机械电气自动化技术与控制研究涵盖多方面内容,从基础技术到关键技术,从传统控制方法到智能控制策略,再到未来发展趋势,展现出该领域的丰富内涵与广阔前景。持续深入研究与应用这些技术与方法,将有力推动工业自动化水平提升,为各行业创造更大价值,助力工业迈向新高度。

#### 参考文献

- [1]魏连伟,孙迪,李书娟.机械电气自动化技术与控制研究[J].传奇故事,2024(1):10-12.
- [2]唐志瑶.PLC技术在农业机械电气控制装置中的分析与研究[J].南方农机,2023,54(9):74-76,103.
- [3]席鲁宇,韩化宇.机械电气系统自动化控制与故障诊断技术研究[J].石化技术,2025,32(3):427-428.
- [4]邢家栋.工业机械控制中电气自动化技术的应用与研究[J].数码-移动生活,2023(8):370-372.