

# 工业电气自动化仪器仪表控制

吴 奇

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 浙江 杭州 310000

**摘 要：**随着工业4.0和智能制造的快速发展，工业电气自动化仪器仪表控制技术在提高生产效率、保障生产质量、实现智能化生产方面发挥着越来越重要的作用。本文首先概述了工业电气自动化仪器仪表的定义与分类，回顾了其发展历程，并深入探讨了其技术原理、控制策略及其在现代工业生产中的应用。通过对传统控制策略、先进控制策略和智能化控制策略的详细介绍，本文旨在为工业电气自动化仪器仪表控制技术的发展提供理论支撑和实践指导。

**关键词：**工业电气自动化；仪器仪表；控制

## 引言

工业电气自动化仪器仪表控制作为工业自动化技术的核心组成部分，其发展水平直接影响到工业生产的效率、质量和安全性。随着科技的不断进步，工业电气自动化仪器仪表控制技术也在不断创新和完善。本文将从工业电气自动化仪器仪表的概念和分类出发，回顾其发展历程，探讨其技术原理，并详细介绍控制策略，以期对相关研究和应用提供参考。

### 1 工业电气自动化仪器仪表的概念和分类

工业电气自动化仪器仪表，作为现代工业生产的中枢神经，是指那些融合了电气技术与自动化控制理念，专用于工业生产流程中各类参数精确测量、实时监测与智能控制的仪表设备；它们凭借高度集成的传感器、先进的算法以及可靠的执行机构，实现了对生产过程的精细化调控与最优化管理，显著提升了生产效率与产品质量。依据功能与用途的差异，这些仪器仪表可细分为三大类别；测量类仪器仪表，如温度计、压力表、流量计等，利用精密的传感元件，将生产现场的温度、压力、流量等物理量转化为电信号，为生产监控提供准确依据；控制类仪器仪表，则以PID（比例-积分-微分）控制器、PLC（可编程逻辑控制器）为代表，通过复杂的算法逻辑，对生产过程进行自动调节，确保生产稳定与安全；显示类仪器仪表，如数字面板表、触摸屏显示器等，则负责将测量与控制的结果以直观的形式展现出来，便于操作人员即时掌握生产状态，作出相应决策。这三类仪器仪表相互协作，共同构成了工业电气自动化的核心架构<sup>[1]</sup>。

### 2 工业电气自动化仪器仪表的发展历程

（1）工业电气自动化仪器仪表的发展历程，是一部技术革新与工业进步的交响曲；回溯往昔，早期的仪器仪表多以机械结构为核心，如传统的弹簧管压力表、双

金属温度计等，它们依赖物理机械原理进行测量，虽在简单生产过程控制与监测中发挥了基础作用，但测量精度有限，自动化程度低下，难以满足日益复杂的工业生产需求。（2）随着电气技术与自动化技术的蓬勃兴起，工业电气自动化仪器仪表迎来了质的飞跃；其发展轨迹清晰可辨，从最初的模拟式仪表，逐步过渡到数字式仪表，不仅提高了测量的精度与稳定性，还极大丰富了仪表的功能。单一功能的仪表逐渐被多功能、综合型仪表所取代，它们不仅能够同时测量多种参数，还能进行数据处理与初步分析，为生产决策提供了更为全面的信息支持。（3）技术层面的突破，尤其是传感器技术的革新，使得仪器仪表的感知能力大幅提升，能够精准捕捉生产过程中的微妙变化；数据采集与处理技术的飞速发展，让海量数据的实时处理成为可能，为精准控制奠定了坚实基础；而通信技术与网络连接的广泛应用，更是打破了空间限制，实现了仪器仪表的远程监控与智能管理，极大地提升了工业生产的灵活性与效率。这一系列技术突破，共同推动了工业电气自动化仪器仪表控制技术的快速发展，使其成为现代工业生产中不可或缺的智能元素。

### 3 工业电气自动化仪器仪表的技术原理

工业电气自动化仪器仪表的技术原理，是构建现代智能工厂的中枢神经，其核心在于传感器技术、数据采集与处理技术以及通信技术与网络连接的深度融合与高效协同。（1）传感器，作为仪器仪表的“感官”，扮演着将物理世界与数字世界桥梁的角色。它们利用电阻、电容、电感、光电、压电等多种效应，将温度、压力、流量、速度、液位、浓度等生产过程中的关键物理量，精准转换为电信号。现代传感器技术，如MEMS（微机电系统）传感器、光纤传感器、无线传感器等，不仅具备高精度、高灵敏度、高稳定性的特性，还能在恶劣环

境下稳定工作，为工业电气自动化仪器仪表提供了精确、可靠的原始数据输入，是实现智能化控制的基础。

(2) 数据采集与处理技术，则是仪器仪表的“大脑”。它负责将传感器采集到的原始电信号进行放大、滤波、转换等预处理，再通过模数转换(A/D转换)变为数字信号，以便进行后续的计算、分析与控制。现代数据采集与处理系统，集成高性能微处理器、DSP(数字信号处理器)及专用集成电路(ASIC)，能够实现高速、高精度的数据处理，同时利用算法优化，如数字滤波、FFT(快速傅里叶变换)等，提取有用信息，抑制噪声干扰，为生产过程的精确控制和优化管理提供了坚实的数据支撑。(3) 通信技术与网络连接，则是仪器仪表间“沟通”的桥梁。它们不仅实现了仪表设备之间的数据传输与共享，还使得远程监控、故障诊断、远程维护成为可能。现代工业通信网络，如现场总线(如Profibus、Modbus等)、工业以太网、无线通信技术(如Wi-Fi、Zigbee、LoRa等)，以其高速、高带宽、高可靠性、低延迟的特点，构建了覆盖广泛、灵活可扩展的通信网络，为工业电气自动化仪器仪表的分布式控制、集中管理提供了强有力的支持，推动了工业生产向更加智能化、网络化、服务化的方向发展<sup>[2]</sup>。

#### 4 工业电气自动化仪器仪表控制策略

##### 4.1 传统控制策略

工业电气自动化仪器仪表控制策略中，传统控制策略占据了举足轻重的地位，其中PID控制无疑是最为经典且广泛应用的控制方法之一，其深厚的历史积淀与卓越的实用性能，使之成为工业自动化领域的常青树。(1) PID控制，即比例(Proportional)-积分(Integral)-微分(Derivative)控制，其原理基于对系统偏差的精确计算与动态调整。比例环节(P)根据当前偏差的大小，直接输出控制量，以快速减小偏差；积分环节(I)则对偏差进行累积，通过积分作用消除静态误差，确保系统最终能够达到设定值；微分环节(D)则预测偏差的变化趋势，提前进行调整，以提高系统的响应速度与稳定性。PID控制的这种结构，既保证了控制的快速性，又兼顾了准确性，同时具有较强的鲁棒性，即对外界干扰和系统参数变化具有一定的适应能力。于是，PID控制在温度控制、压力控制、流量控制等工业自动化领域得到了广泛应用，无论是化工、电力、冶金，还是食品加工、制药等行业，都能见到PID控制的身影。(2)除了PID控制，传统控制策略中还包含其他一些方法，它们在某些特定条件下同样发挥着重要作用。开环控制，作为一种简单的控制方式，其控制量仅根据输入信号确定，不受

被控对象反馈信号的影响。这种控制方式结构简单，易于实现，但在面对系统参数变化或外界干扰时，其控制精度与稳定性较差，因此多用于对控制精度要求不高的场合，或作为复杂控制系统中的一个环节。(3)闭环控制，则是通过引入反馈机制，将被控对象的输出信号与设定值进行比较，形成偏差信号，再通过控制器对偏差信号进行处理，输出控制量以调节被控对象，使其输出趋于设定值。闭环控制能够自动纠正偏差，提高控制精度，但其控制效果依赖于反馈信号的准确性与控制器的性能；与开环控制相比，闭环控制具有更强的适应性与抗干扰能力，是工业自动化中最常用的控制策略之一。

(4)随着工业生产的日益复杂化，传统控制策略在某些情况下已难以满足高精度、高稳定性的控制要求。基于现代控制理论的高级控制策略，如自适应控制、预测控制、智能控制等，逐渐成为研究的热点与应用的趋势，它们通过更加复杂的算法与模型，实现了对生产过程的更加精细与智能的控制。

##### 4.2 先进控制策略

在工业电气自动化仪器仪表控制策略中，模糊控制与神经网络控制作为先进控制技术的代表，展现了强大的自适应性与非线性处理能力，为复杂、不确定的工业系统控制提供了创新性的解决方案。(1)模糊控制，源于模糊集合理论，它打破了传统控制中对精确数学模型的依赖，通过定义模糊语言变量与模糊规则，实现对系统状态的模糊描述与决策。在工业生产中，许多过程参数往往难以精确量化，如“温度稍高”、“压力略低”等模糊概念，模糊控制正是利用这些模糊信息，通过模糊推理机制，输出合理的控制量，实现对生产过程的柔性与智能控制。其优势在于能够处理非线性、时变及不确定性问题，提高系统的鲁棒性与适应性，广泛应用于温度控制、液位控制等复杂工业过程。(2)神经网络控制，则模仿人脑神经网络的结构与功能，通过大量样本数据的学习与训练，建立起输入与输出之间的非线性映射关系。神经网络具有强大的自学习能力与泛化能力，能够自动提取系统特征，适应系统变化，对于难以建立精确数学模型的复杂系统，如多变量、强耦合的工业过程，神经网络控制展现出了卓越的控制效果。在流量控制、质量控制等领域，神经网络控制通过实时调整控制参数，优化生产过程，显著提高了产品的一致性与合格率。(3)以温度控制为例，某化工厂的反应釜温度控制系统中，由于反应过程的非线性与不确定性，传统PID控制难以达到理想的控制效果。引入模糊控制后，通过定义温度偏差与偏差变化率的模糊集，以及相应的模糊控制规则，系统能够根据当前状态自动调整加热

功率,实现了温度的平稳控制,提高了反应效率与产品质量。而在另一家造纸厂的纸浆浓度控制中,神经网络控制通过学习历史数据,建立了纸浆浓度与加水量、搅拌速度等控制变量之间的非线性模型,实现了浓度的精准控制,降低了原料消耗,提升了生产效率。这些应用案例充分展示了先进控制策略在工业生产中的巨大潜力与价值,它们不仅提高了生产过程的自动化与智能化水平,还为企业带来了显著的经济效益与社会效益,为工业电气自动化仪器仪表控制技术的发展开辟了新的道路<sup>[3]</sup>。

#### 4.3 智能化控制策略

在工业电气自动化仪器仪表控制的广阔天地中,智能化控制策略正以其独特的魅力与潜力,引领着控制技术的新一轮变革。(1)人工智能技术的核心在于其强大的数据处理与分析能力,它能够从海量数据中挖掘出隐藏的模式与规律,为控制策略的制定提供科学依据。在工业电气自动化仪器仪表控制中,人工智能不仅能够实现对生产过程的实时监测与精确控制,还能通过深度学习、机器学习等先进技术,不断优化控制策略,提高生产效率与产品质量;这种智能化的控制方式,不仅减轻了人工操作的负担,还极大地提升了控制系统的灵活性与鲁棒性。(2)智能控制策略,作为人工智能技术在仪器仪表控制中的具体体现,具有自学习、自优化、自适应等多重特点。它能够根据生产过程中的实际情况,自动调整控制参数,确保生产过程始终保持在最优状态。实现智能控制策略的方法多种多样,其中,基于专家系统的控制利用领域专家的知识与经验,构建智能决策系统,实现对生产过程的精准指导;基于模糊逻辑的控制则通过模糊集合与模糊推理,处理生产过程中的

不确定性与模糊性,提高控制的鲁棒性;而基于神经网络的控制,则利用神经网络的自学习与泛化能力,建立输入与输出之间的非线性映射关系,实现对复杂工业过程的智能控制。(3)这些智能控制策略各有千秋,选择何种策略需根据具体的应用场景与需求进行权衡。例如,在需要快速响应与精确控制的场合,基于神经网络的控制可能更为合适;而在处理具有不确定性与模糊性的问题时,基于模糊逻辑的控制则能发挥更大的作用。为了充分发挥智能控制策略的优势,还需结合其他先进技术,如大数据、云计算等,实现控制策略的持续优化与升级<sup>[4]</sup>。

#### 结语

工业电气自动化仪器仪表控制技术在提高生产效率、保障生产质量、实现智能化生产方面发挥着越来越重要的作用。通过对传统控制策略、先进控制策略和智能化控制策略的详细介绍,本文旨在为工业电气自动化仪器仪表控制技术的发展提供理论支撑和实践指导。未来,随着科技的不断发展,工业电气自动化仪器仪表控制技术将会迎来更加广阔的发展空间和应用前景。

#### 参考文献

- [1]汤飞.工业电气自动化仪器仪表控制研析[J].自动化应用,2023,64(5):176-178,182.
- [2]宋建辉.工业电气自动化仪器仪表控制[J].建材与装饰,2022,18(3):143-145.
- [3]魏洪云.工业电气自动化仪器仪表控制探讨[J].中国金属通报,2021(4):259-260.
- [4]孙瑜鸿,张舒,胡东晓,等.工业电气自动化仪器仪表控制新探[J].现代工业经济和信息化,2020,10(12):147-148.