

# 自动化电气自动化仪表与自动化控制

程博睿

燕山大学 河北 秦皇岛 066004

**摘要:** 工业生产高效智能化背景下, 电气自动化仪表与自动化控制技术的深度研究尤为必要。本文先剖析电气自动化仪表的核心概念、分类、技术参数及信号处理方式, 明确其基础理论体系; 再阐述自动化控制的基本概念、经典与现代理论, 梳理核心技术框架; 随后探讨二者协同应用的功能定位、典型系统构成及信号交互机制, 最后说明系统设计的核心原则、关键流程与性能优化策略, 为工业相关系统的实践应用与性能提升提供全面理论支撑。

**关键词:** 电气自动化仪表; 自动化控制; 信号处理; 系统设计; 性能优化

引言: 工业发展对生产效率与质量要求不断提升, 自动化技术成为关键支撑。电气自动化仪表作为获取生产信息的重要工具, 能精准测量各类参数, 为控制提供数据基础。自动化控制理论则为系统稳定运行提供保障, 从经典到现代, 不断适应复杂工业场景。二者协同应用, 贯穿工业生产各环节, 深入研究其基础理论、协同机制及设计优化策略, 对推动工业智能化、高效化发展具有迫切的现实需求。

## 1 自动化电气自动化仪表基础理论

### 1.1 电气自动化仪表的核心概念与分类

电气自动化仪表是工业生产中实现参数测量、状态监测与控制指令传递的关键设备。按功能划分, 检测仪表负责采集温度、压力等物理量与化学量, 感知灵敏度高且响应快, 适用于需实时掌握生产基础数据的场景; 显示仪表将采集信号转化为直观数值或图形, 数据呈现清晰, 常用于控制室与操作面板; 控制仪表依据预设逻辑和检测数据生成指令, 调节设备运行, 指令输出精准, 适配自动调控生产流程的需求<sup>[1]</sup>。按信号类型划分, 模拟量仪表通过连续变化的电压、电流传递信息, 信号与测量参数同步变化, 响应快但抗干扰弱; 数字量仪表将数据转化为离散数字信号, 以二进制代码传输, 失真度低且处理精度高, 仅在信号转换环节需耗时, 适合对数据精度要求高的场景。

### 1.2 电气自动化仪表的核心技术参数

精度指测量值与真实值的接近程度, 受内部元件精度、校准频率影响, 精度越高则生产参数控制越准。灵敏度反映对参数微小变化的响应能力, 高灵敏度利于发现生产异常, 但易受干扰信号影响。分辨率是识别参数最小变化量的能力, 决定参数调节精细度。稳定性体现长期运行中保持精度的能力, 受温湿度、元件老化影响, 稳定性好可减少校准与维护成本。可靠性衡量规定

条件下正常工作的概率, 与元件质量、电路设计相关, 高可靠性能减少故障停机。抗干扰能力指抵御电磁、振动干扰的能力, 强抗干扰性能确保复杂工业环境中测量准确, 避免误判误操作。

### 1.3 电气自动化仪表的信号处理基础

信号采集起始于传感器感知生产参数变化, 温度传感器借热敏元件阻值变化感知温度, 压力传感器通过弹性元件形变转化为物理信号, 再经转换机制将非电信号转为电信号, 为后续处理传输奠基。信号传输中需防控失真与抑制噪声, 失真防控可优化线路设计, 采用屏蔽线缆减少环境影响, 合理规划走向避免信号互扰; 噪声抑制运用滤波技术, 通过滤波电路滤除高频噪声, 同时在采集端设信号调理模块, 放大并稳定原始信号, 保障传输信号准确可靠。

## 2 自动化控制核心理论与技术

### 2.1 自动化控制的基本概念与分类

自动化控制是通过技术手段实现生产或设备运行过程自动调节的技术体系。开环控制的工作流程是根据预设指令直接驱动执行机构, 无需采集反馈信号, 结构简单且成本低, 适用于对控制精度要求不高、外部干扰少的场景, 如简单的电机启停控制。闭环控制则需实时采集被控对象的实际状态数据, 与预设目标值对比后调整控制指令, 能修正偏差, 控制精度高, 适用于对参数稳定性要求高的场景, 如工业生产中的温度、压力调控<sup>[2]</sup>。程序控制依据预先设定的固定流程执行控制动作, 动作顺序与时间可精准规划, 技术成熟且操作稳定, 应用边界集中在流程固定的重复性作业, 如自动化生产线的工序衔接。自适应控制能根据外部环境或被控对象特性变化自动调整控制参数, 具备一定灵活性, 适用于特性随工况变化的系统。智能控制融合人工智能技术, 可处理复杂不确定问题, 具备自主学习与决策能力, 应用边界覆盖

多变量、强耦合的复杂场景，如智能机器人运动控制。

## 2.2 经典控制理论基础

PID控制是经典控制理论的核心，包含比例、积分、微分三个环节。比例环节根据偏差大小成比例输出控制量，快速抑制偏差；积分环节累积偏差并持续调节，消除静态误差；微分环节根据偏差变化速率提前调整，抑制偏差扩大，三者结合形成的数学模型能实现动态精准调节。控制系统的稳定性分析需判断系统在扰动消失后能否恢复稳定运行，常用劳斯判据、奈奎斯特判据等方法；快速性分析关注系统从启动到稳定的响应时间，需优化控制参数减少滞后；准确性分析则衡量系统稳定后的实际值与目标值的偏差，通过调整积分环节参数提升控制精度，三者共同保障控制系统的运行性能。

## 2.3 现代控制理论核心内容

状态空间分析法是现代控制理论的重要工具，通过建立状态方程描述多变量控制系统的内部状态变化，能全面反映系统动态特性，适用于多输入多输出、强耦合的复杂系统，可实现对多个变量的协同控制，提升系统整体调控效果。最优控制的基本思想是在满足约束条件下，寻找使预设性能指标最优的控制策略，如能耗最小、响应最快等，通过变分法、动态规划等方法求解实现。预测控制则基于系统模型预测未来一段时间的输出，结合滚动优化与反馈校正，不断调整控制指令，能有效处理系统约束与不确定性，在工业过程控制中应用广泛，保障系统在复杂工况下稳定运行。

## 3 自动化电气自动化仪表与控制系统的协同应用

### 3.1 电气自动化仪表在控制系统中的功能定位

电气自动化仪表是控制系统获取信息、实现监控的关键支撑，不同类型仪表承担差异化功能。检测仪表负责对控制变量进行实时采集与反馈，在工业生产中，检测仪表持续捕捉温度、压力、流量等核心参数的变化，将物理量或化学量转化为电信号后传输至控制器，为控制系统判断运行状态、调整控制策略提供原始数据支撑，若缺少检测仪表的实时反馈，控制系统将无法精准感知被控对象的实际情况，难以实现有效调节<sup>[3]</sup>。显示仪表则承担控制状态可视化呈现与监控支持的功能，它接收控制器传输的处理后数据，以数值、曲线、指示灯等形式直观展示系统运行参数与控制状态，工作人员通过显示仪表可快速掌握生产流程是否正常、控制指令是否执行到位，当参数偏离预设范围时，显示仪表能及时呈现异常信息，辅助工作人员快速发现问题并介入处理，为控制系统的稳定运行提供人工监控补充。

### 3.2 典型自动化控制系统的构成与运行

过程控制系统以温度、压力、流量等过程参数为控制对象，其组件协同逻辑围绕“采集-分析-调节”展开。系统中检测仪表实时采集过程参数，将数据传输至控制器；控制器对比实际参数与目标值，计算偏差后生成控制指令；执行机构比如阀门、加热器接收指令并调整操作，比如通过调节阀门开度控制流量、改变加热器功率稳定温度，各组件形成闭环协作，确保过程参数维持在设定范围内，保障生产工艺稳定。运动控制系统聚焦电机转速、位置等运动参数的控制，其仪表与控制联动机制更注重动态响应。转速传感器、位置编码器等仪表实时采集电机运行数据，将转速、位置信息传输至运动控制器；控制器根据预设运动轨迹与实时数据，计算速度偏差、位置偏差，生成调速、定位指令；驱动器接收指令后调节电机输出功率与转向，实现电机转速精准控制或位置精确定位，仪表与控制器的高频数据交互联动，确保运动控制的精度与响应速度。

### 3.3 信号交互与数据融合技术

仪表与控制器之间的信号传输依赖标准化协议，不同协议适配不同应用场景。Modbus协议结构简单、兼容性强，广泛用于中小型控制系统，能实现仪表与控制器之间的点对点数据传输，满足常规参数采集与指令下发需求；Profinet协议传输速率高、支持实时数据交互，适用于对传输延迟要求严格的场景，比如高速生产线的运动控制，可保障多台仪表与控制器之间的同步数据传输，减少信号延迟对控制精度的影响。多源仪表数据的整合与优化利用需依托数据融合技术，系统先对不同仪表采集的同类数据比如不同位置的温度数据进行一致性校验，剔除异常值；再通过加权融合方法，结合各仪表的精度权重计算综合参数值，提升数据可靠性；最后将整合后的数据与其他关联参数比如压力、流量关联分析，挖掘参数间的内在联系，为控制系统优化控制策略提供更全面的数据支撑，比如通过温度与流量数据的协同分析，调整加热与输送环节的联动逻辑，提升整体系统运行效率。

## 4 自动化电气自动化仪表与控制系统的设计与优化

### 4.1 系统设计的核心原则

系统设计需遵循多方面核心原则以保障实用性与可靠性<sup>[4]</sup>。功能性原则要求系统完全满足生产工艺的控制需求，在设计时需充分结合生产流程中的参数控制目标，比如温度稳定范围、流量调节精度等，确保仪表采集的参数类型、控制器的调节能力与执行机构的动作范围，均能匹配工艺对控制的具体要求，避免因功能不足影响生产效率或产品质量。安全性原则重点体现在过载保护

与故障报警的设计逻辑上,过载保护需针对电机、阀门等执行机构设置合理的负载阈值,当设备运行负荷超出阈值时,系统能自动切断动力供应或降低负载,防止设备损坏;故障报警则需在仪表信号异常、控制器指令失效等情况发生时,通过声光提示或信息推送及时告知工作人员,同时触发应急停机或备用方案,减少故障对生产安全的威胁。可扩展性原则旨在让系统适应后续技术升级与功能拓展,设计时需预留硬件接口与软件模块,比如增加仪表接入的通信端口、预留控制算法的升级空间,当生产工艺调整或引入新设备时,无需对系统进行大规模改造即可实现功能扩展,降低后续升级成本。

#### 4.2 系统设计的关键流程

需求分析与参数确定是系统设计的首要环节,需联合生产、技术等多部门明确控制目标,比如生产过程中需稳定控制的温度、压力等参数范围,以及参数调节的响应时间要求,同时确定仪表的性能指标,比如检测精度、信号传输距离等,为后续硬件选型与软件设计提供依据,避免因需求模糊导致设计偏差。硬件选型与布局需注重设备间的匹配性与安装合理性,仪表选型要确保测量范围、精度与控制目标一致,控制器需具备足够的运算能力与接口数量以适配仪表与执行器,执行器的动作速度、负载能力需与控制指令要求匹配;安装布局时要考虑仪表的安装环境是否符合测量要求,比如避免将温度仪表安装在热源附近,控制器与执行器的安装位置需便于布线与后期维护,减少信号传输损耗与设备运维难度。软件编程与调试是实现系统功能的关键步骤,软件编程需根据控制目标编写对应的控制算法程序,比如基于PID逻辑的参数调节代码,同时设计人机交互界面以方便工作人员操作与监控;调试阶段需逐步测试各模块功能,先单独验证仪表数据采集准确性、控制器指令输出正确性,再进行系统联调,通过调整程序参数优化系统运行状态,确保整套系统能稳定、精准地运行。

#### 4.3 系统性能优化策略

系统性能优化需从多维度入手提升运行质量。控制算法的参数整定能有效提升控制精度与响应速度,针对

PID控制算法,需通过反复测试调整比例系数、积分时间与微分时间,比如当参数偏差较大时增大比例系数以加快调节速度,当存在静态误差时减小积分时间以消除偏差,使系统在参数波动时能快速恢复稳定且控制误差最小<sup>[5]</sup>。仪表校准与维护是保障信号采集准确性的重要手段,需定期对检测仪表进行校准,比如使用标准信号源对比仪表的测量值与真实值,若存在偏差则调整仪表内部参数;日常维护需清洁仪表传感器、检查信号线缆连接状态,防止灰尘、腐蚀或线缆松动导致仪表测量误差,确保采集的原始数据可靠。系统抗干扰设计可减少外部环境对运行稳定性的影响,在硬件层面可采用屏蔽线缆传输信号、在仪表与控制器之间增加隔离模块,减少电磁干扰对信号的影响;软件层面可加入信号滤波程序,剔除采集数据中的异常波动值,同时设计冗余控制逻辑,当某一路仪表信号故障时,系统能自动切换至备用仪表或采用历史数据推算,保障控制过程不中断。

#### 结束语

电气自动化仪表与自动化控制紧密相连,在工业领域发挥着不可替代的作用。从仪表的基础理论到控制的核心策略,从二者的协同应用到系统的设计优化,每个环节都影响着工业生产的效率与质量。随着技术的不断进步,持续探索创新,提升仪表性能、优化控制算法、完善系统设计,将进一步推动工业自动化水平迈向新高度,为工业发展注入强大动力。

#### 参考文献

- [1]张伟.自动化电气仪表与自动化控制技术的应用分析[J].仪表技术,2024,(4):12-15.
- [2]刘强.自动化电气仪表与自动化控制技术的智能化发展[J].自动化与仪表,2024,31(2):16-19.
- [3]赵雷.自动化电气仪表与自动化控制系统的设计与实现[J].电气自动化,2024,(3):34-37.
- [4]李华.自动化电气仪表与自动化控制技术研究[J].自动化仪表,2024,35(5):45-48.
- [5]李晓晖.电气自动化仪表与自动化控制技术[J].中国设备工程,2022(17):120-122.