

# 简析电气仪表自动化控制技术应用

冯 伟

大唐陕西发电有限公司水电事业部石泉厂站 陕西 安康 725200

**摘要:** 电气仪表自动化控制技术通过传感器实时采集温度、压力、流量等工业参数,将物理量转化为电信号并传输至控制系统,实现数据精准整合与异常报警。其核心在于融合智能监控、远程调控与故障诊断功能,例如利用红外技术实现设备状态追踪,结合PLC与现场总线技术构建分布式控制系统。该技术不仅提升生产效率与产品质量,还能通过预测性维护降低能耗,是推动工业向智能化、绿色化转型的关键支撑。

**关键词:** 电气仪表; 自动化控制技术; 应用

引言: 在工业现代化进程加速的当下,生产效率与质量要求日益严苛,传统电气仪表控制模式因依赖人工操作、响应滞后等问题,已难以满足复杂生产需求。电气仪表自动化控制技术应运而生,其融合传感器、智能算法与通信技术,可实时采集、分析数据并自动调控设备。该技术不仅能显著提升生产的精准性与稳定性,还能降低人力成本与安全风险,成为推动工业智能化转型、实现高效可持续生产的核心驱动力。

## 1 电气仪表自动化控制技术基础理论

### 1.1 电气仪表的分类与功能

(1) 按测量参数分类: 核心涵盖温度、压力、流量等关键工业参数测量仪表。温度仪表用于实时监测工业过程中介质温度,保障工艺温控精度;压力仪表精准采集管道、容器内压力数据,防范超压风险;流量仪表计量介质传输速率与总量,为生产物料配比提供数据支撑。

(2) 按信号类型分类: 模拟仪表以连续模拟信号(如4-20mA电流信号)传输数据,结构简单、成本低廉,适用于基础监测场景;数字仪表采用数字信号传输,具备测量精度高、抗干扰能力强、数据易存储等优势,是现代工业自动化的主流仪表类型。

### 1.2 自动化控制技术原理

(1) 闭环控制与开环控制: 开环控制无需反馈信号,结构简单但控制精度低;闭环控制通过采集输出端反馈信号与设定值对比,动态调整控制量,大幅提升控制精度,广泛应用于精密生产场景。(2) PID控制算法及其改进: 经典PID通过比例、积分、微分环节协同调节,实现对动态过程的精准控制;改进算法(如模糊PID、自适应PID)针对非线性、大滞后系统优化,提升控制稳定性与响应速度。(3) 智能控制技术: 包括模糊控制与神经网络控制,模糊控制无需精确数学模型,适用于复杂非线性系统;神经网络控制具备自学习、自适应能力,可处

理多变量、强耦合的复杂工业过程<sup>[1]</sup>。

### 1.3 关键技术支撑

(1) 传感器技术: 核心要求高精度与强抗干扰能力,高精度传感器保障原始数据采集准确性,抗干扰设计确保在复杂工业环境中稳定工作,是自动化控制的基础。(2) 通信技术: 涵盖现场总线、工业以太网、无线传输等,现场总线适用于近距离设备互联,工业以太网实现高速数据传输,无线传输突破线缆限制,适配移动设备与偏远监测点,构建全链路数据传输网络。(3) 数据采集与处理技术: 边缘计算实现现场数据实时处理,降低延迟;云计算提供大规模数据存储与深度分析能力,两者协同提升数据利用效率,为控制策略优化提供支撑。

## 2 电气仪表自动化控制技术应用

### 2.1 工业生产领域

(1) 化工行业: 自动化仪表是反应釜温度控制的核心。高精度温度传感器实时采集釜内介质温度,经现场总线传输至控制系统,系统通过PID算法调节加热或冷却装置,实现精准闭环控制。此举有效避免温度波动导致的产品质量问题,降低高温高压安全风险,提升生产效率。(2) 电力行业: 智能电网中,电气仪表承担电能质量监测与调控关键职责。各类智能仪表实时采集电压、电流、频率、谐波等参数,经工业以太网传至调控中心。系统分析数据排查隐患,自动触发无功补偿、滤波等装置优化电网参数,保障供电稳定可靠,为新能源并网提供支撑。(3) 制造业: 自动化仪表支撑生产线实时数据采集与质量检测。通过部署传感器与检测仪表,采集设备运行参数(如转速、负载)及产品尺寸、外观等质量数据,经边缘计算节点快速处理后反馈至控制系统。针对异常数据,系统自动预警并调整参数或剔除不合格品,大幅提升生产智能化水平与产品合格率<sup>[2]</sup>。

### 2.2 能源管理领域

(1) 智能建筑: 在楼宇自动化系统中, 电气仪表实现能耗监测与优化。通过安装电能表、水表、燃气表等智能仪表, 实时采集建筑内照明、空调、电梯等各类设备的能耗数据, 系统基于数据进行能耗分析, 识别高能耗环节。结合室内人员密度、环境温湿度等参数, 自动调节空调运行模式、照明开关状态, 实现能源精准调配, 降低建筑能耗, 提升人居舒适度。(2) 可再生能源: 在风电、光伏发电领域, 自动化控制技术助力功率预测与调度。通过部署风速传感器、光照传感器等设备, 采集风资源、光资源实时数据, 结合历史数据与气象预报, 借助智能算法预测发电功率。将预测数据传输至电网调度中心, 调度中心据此合理规划可再生能源发电出力, 协调储能设备与常规电源互补运行, 解决可再生能源发电波动性、间歇性问题, 提升能源利用效率。

### 2.3 安全监测领域

(1) 危险环境监测: 在煤矿、化工园区等危险环境中, 电气仪表实现实时安全监测。以煤矿瓦斯浓度监测为例, 瓦斯传感器不间断采集井下瓦斯浓度数据, 通过无线传输技术发送至地面监控中心, 当浓度超过预设阈值时, 系统立即发出声光报警, 同时自动触发通风设备加大风量、切断危险区域电源等联动措施, 防范瓦斯爆炸等安全事故发生。(2) 消防系统自动化联动控制: 电气仪表是消防系统高效运行的核心支撑。温度传感器、烟雾传感器实时监测建筑内消防隐患, 一旦检测到火情, 立即反馈至消防控制系统。系统自动启动喷淋系统、排烟装置, 切断非消防电源, 开启应急照明与疏散指示标志, 同时联动消防报警设备通知人员撤离, 并向消防部门发送报警信息, 大幅提升了火灾处置效率<sup>[3]</sup>。

### 2.4 典型案例分析

(1) 某化工厂DCS(分布式控制系统)应用实例: 该化工厂部署DCS系统, 整合各类自动化仪表实现生产全流程管控。反应釜、精馏塔等关键设备均配备温度、压力、流量等仪表, 实时采集工艺数据并传输至DCS控制站。系统通过PID算法精准调节生产参数, 实现化学反应、物料传输等环节的自动化控制。同时, 系统具备数据存储、趋势分析功能, 助力工艺优化, 应用后产品合格率提升8%, 能耗降低12%, 安全事故发生率显著下降。(2) 某智慧电厂的SCADA系统部署效果: 该智慧电厂采用SCADA系统, 整合海量电气仪表实现电厂运行实时监控与调度。系统通过仪表采集发电机组、输电线路、配电设备等全环节运行数据, 经工业以太网传输至监控中心, 实现设备状态可视化监控。当检测到设备异常时, 系统自动发出预警并推送维修工单, 同时辅助调度人员优化发电调

度方案。部署后, 电厂设备故障率降低15%, 发电效率提升5%, 运维成本大幅缩减。

## 3 电气仪表自动化控制技术优势与挑战

### 3.1 主要优势

(1) 提高生产效率与产品质量稳定性: 电气仪表自动化控制实现生产流程的连续化、精准化运行, 规避人工操作的响应延迟与误差。通过实时采集工艺参数并动态调节控制量, 确保生产过程始终处于最优工艺区间, 不仅大幅提升单位时间产能, 更有效降低产品质量波动, 为规模化、标准化生产提供核心支撑。(2) 降低人工干预风险与运维成本: 自动化系统可替代人工完成高温、高压、有毒等危险环境下的监测与操作, 减少人员安全风险。同时, 系统通过精准调控降低物料损耗与能源浪费, 且具备设备状态自动监测功能, 减少盲目运维, 显著降低人力与物料运维成本<sup>[4]</sup>。(3) 实现远程监控与故障预警: 依托通信技术与数据传输技术, 工作人员可通过终端远程实时掌握生产与设备运行状态。系统能基于历史数据与实时参数预判设备故障趋势, 提前发出预警并推送维修建议, 避免突发故障导致的生产中断, 提升系统运行可靠性。

### 3.2 现存挑战

(1) 技术复杂性导致的系统集成难度: 电气仪表自动化系统融合传感器、通信、控制算法等多领域技术, 不同环节技术逻辑差异较大。在系统搭建过程中, 需实现各类设备、软件的高效协同, 技术整合难度高, 对集成团队的专业能力提出极高要求。(2) 数据安全与隐私保护问题: 系统运行过程中产生的生产数据、工艺参数等涉及企业核心机密, 且数据传输与存储依赖网络环境。当前网络攻击手段多样化, 数据存在被窃取、篡改的风险, 如何保障数据安全与隐私成为亟待解决的关键问题。(3) 标准化与兼容性不足: 不同品牌的电气仪表、控制设备在通信协议、接口规范等方面缺乏统一标准, 导致多品牌设备协同运行时易出现数据传输不畅、控制指令延迟等问题, 制约了系统的扩展性与升级性。

### 3.3 优化策略

(1) 模块化设计提升系统灵活性: 采用模块化设计理念, 将系统拆解为采集模块、控制模块、通信模块等独立单元, 各模块通过标准化接口连接。这种设计可实现模块的快速替换与升级, 降低系统集成难度, 同时便于根据生产需求灵活扩展功能。(2) 引入AI算法优化控制逻辑: 借助AI算法的自学习与自适应能力, 对生产过程中的复杂参数进行深度分析, 动态优化控制策略。针对非线性、大滞后等复杂生产场景, 提升控制精度与响

应速度,进一步挖掘系统运行潜力<sup>[5]</sup>。(3)加强网络安全防护体系建设:构建多层次网络安全防护体系,采用防火墙、数据加密、身份认证等技术,保障数据传输与存储安全。定期开展安全漏洞检测与修复,建立应急响应机制,提升系统抵御网络攻击的能力,保障数据安全与隐私。

#### 4 电气仪表自动化控制技术未来发展趋势

##### 4.1 技术融合方向

(1) 5G+工业互联网赋能实时控制:5G技术的低延迟、高带宽、广连接特性与工业互联网深度融合,将彻底突破传统工业通信的瓶颈。通过5G网络实现电气仪表与控制中心、设备终端之间的高速数据传输,使远程实时控制精度提升至毫秒级,可满足精密制造、无人值守工厂等场景的高实时性需求。同时,广连接能力支持海量仪表设备的同时接入,为全流程自动化管控提供网络支撑,推动工业生产模式的智能化变革。(2) 数字孪生技术实现虚拟调试与预测维护:数字孪生技术将构建与物理系统完全映射的虚拟模型,整合电气仪表采集的全生命周期数据。在系统搭建阶段,可通过虚拟模型进行控制逻辑调试、流程优化,大幅降低物理调试的成本与风险;在运行阶段,基于实时数据驱动虚拟模型模拟设备运行状态,精准预判潜在故障并推送维护方案,实现从“事后维修”向“预测维护”的转变,提升系统运行稳定性与使用寿命。

##### 4.2 智能化升级路径

(1) 自学习、自适应控制系统的研发:未来控制系统将突破传统固定算法的局限,强化自学习与自适应能力。通过嵌入深度学习算法,系统可自主分析历史运行数据、工艺参数与生产结果的关联,动态优化控制策略;面对工况波动、设备老化等变量,能自动调整控制参数,无需人工干预即可维持最优运行状态,适配复杂多变的工业生产场景。(2) 人机协同模式在复杂场景中的应用:在极端环境、精密装配等复杂场景下,将构建人机协同控制模式。电气仪表为人类操作员提供实时、精准的环境与设备数据支撑,辅助操作员做出决策;同时,操作员可通过语音、手势等智能交互方式干预控制系统,弥补

自动化系统在复杂突发场景下的决策短板,实现“人-机-仪”的高效协同,提升复杂任务的完成质量与效率。

##### 4.3 绿色低碳导向

(1) 能源管理系统与碳足迹追踪的深度结合:能源管理系统将融入碳足迹追踪功能,通过高精度电气仪表实时采集各生产环节的能耗数据,结合物料消耗、工艺参数等信息,精准核算产品全生命周期的碳排放量。基于碳足迹数据,系统自动优化能源调配方案,优先调度可再生能源,减少高碳排放环节的能源消耗,助力企业实现“双碳”目标。(2) 低功耗仪表与节能控制算法的推广:低功耗技术将广泛应用于电气仪表研发,通过优化电路设计、采用节能芯片等方式,降低仪表自身能耗,尤其适配偏远地区、无线监测等无稳定供电场景。同时,节能控制算法将进一步普及,通过精准调控生产设备的运行负荷、启停时机,避免能源浪费,实现生产效率与节能效益的协同提升。

##### 结束语

电气仪表自动化控制技术作为工业智能化的重要基石,凭借其精准的数据采集、实时的动态监测与高效的自动调控能力,已深度渗透至各生产领域,显著提升了生产效率与产品质量,降低了能耗与运维成本。未来,随着物联网、大数据及人工智能技术的深度融合,该技术将向更智能、更柔性、更绿色的方向演进,持续赋能工业转型升级,为构建高效、安全、可持续发展的现代工业体系提供坚实的技术支撑。

##### 参考文献

- [1]王俊杰.电气自动化仪表与自动化控制技术的应用分析[J].自动化仪表,2020,41(5):67-70.
- [2]林欢.工业自动化仪表与自动化控制技术的应用研究[J].绿色环保建材,2020(11):169-170.
- [3]张海燕.智能仪表在自动化控制系统中的应用研究[J].仪器仪表学报,2021,42(2):89-95.
- [4]刘晓东.电气自动化仪表的发展趋势与应用前景[J].中国仪器仪表,2022,(4):34-38.
- [5]秦伟.自动化控制技术在电气工程中的应用[J].电子技术与软件工程,2020(16):115-116.