

电气自动化仪表与自动化控制技术分析

张天龙¹ 唐竞弘² 李 野¹

1. 沈阳航达机载设备有限公司 辽宁 沈阳 110048

2. 辽宁省产品质量监督检验院 辽宁 沈阳 110032

摘要：电气自动化仪表与控制技术是现代工业生产实现自动化运行的核心支撑体系。本文系统梳理了电气自动化仪表的主要类型，包括检测类、显示记录类与调节执行类仪表，分析了各类仪表的核心工作原理与技术特点，明确了其在生产过程中的功能定位。同时，对闭环反馈控制、模糊控制、可编程逻辑控制三种核心控制技术的运行原理与适用场景进行了阐述，揭示了不同控制技术在复杂工业环境中的应用优势。在此基础上，从仪表与控制系统的适配调试、系统抗干扰处理、设备日常维护与精度校准三个角度，提出了技术落地应用的关键要点，为工业电气自动化系统的设计、部署与运维提供了系统性的技术参考。

关键词：电气自动化仪表；自动化控制技术；数据采集；分析

引言：随着工业生产向智能化、连续化方向持续推进，电气自动化仪表与控制技术已成为保障生产效率与运行安全的关键技术手段。自动化仪表承担着生产过程中各类参数的感知、采集与反馈功能，控制技术则实现了从数据采集到设备调控的全流程自动化，二者协同配合构成了工业自动化系统的完整技术链条。然而，在实际工程应用中，仪表选型不当、系统适配性不足、抗干扰能力薄弱、维护校准缺失等问题仍较为突出，直接影响系统运行稳定性与控制精度。本文围绕电气自动化仪表的类型特征、核心控制技术原理及工程应用要点展开系统论述，旨在为工业自动化系统的设计与运维提供理论依据与实践指导。

1 电气自动化仪表概述

电气自动化仪表是工业电气系统中承担信号感知与数据采集功能的核心设备，主要用于实时检测、采集、转换和显示工业生产过程中的各类电气参数与工艺参数，涵盖电压、电流、温度、压力、流量、转速等核心生产数据，同时具备数据存储、传输与反馈功能，为自动化控制系统的运算、判断与调控提供精准的数据支撑^[1]。

相较于传统人工检测仪表，电气自动化仪表具备自动化程度高、检测精度高、响应实时性强、系统联动性好等显著特点，无需人工实时值守读数，可持续跟踪设备运行状态并自动输出检测结果，适配连续化、高节拍的工业生产场景，有效替代人工完成重复性检测工作，降低人为读数误差。根据功能、结构与应用场景的差异，工业常用电气自动化仪表可分为温度类仪表、压力类仪表、流量类仪表、物位类仪表、电量类仪表等多种类型，各类仪表的结构原理、测量范围与适用工况具备

明确的针对性，分别适配不同的工艺检测需求，是构建自动化控制系统的基础硬件载体，也是实现工业生产过程自动监测与智能调控的前提条件。

2 电气自动化仪表主要类型及核心特点

2.1 检测类自动化仪表

检测类自动化仪表是工业生产中应用最广泛的基础仪表，核心功能是完成生产过程中各类物理参数与电气参数的实时检测，主要包含温度检测仪表、压力检测仪表、流量检测仪表、电量检测仪表等，是自动化控制系统获取生产过程信息的首要环节。

这类仪表的核心工作原理是依托内置传感器感知外界参数变化，将非电信号或模拟电信号转换为可识别的数字信号，完成数据的精准采集与输出。温度检测仪表主要依托热电偶、热电阻等感应元件，精准采集设备本体及生产介质的温度数据，适用于高温、低温等多种工况环境。压力与流量检测仪表多用于管道系统、反应设备的工况监测，实时反馈流体介质的压力与流量状态，保障流体生产流程的稳定性。电量检测仪表聚焦电气设备本身，检测电压、电流、功率、频率等核心电气参数，为电力系统运行监控提供直接依据。该类仪表的核心特点是检测精度高、响应速度快、抗干扰能力强，可适配复杂工业生产环境，为控制系统提供原始、真实的生产数据支撑^[2]。

2.2 显示与记录类自动化仪表

显示与记录类自动化仪表的核心作用是实现检测数据的可视化呈现与长期存储，衔接检测类仪表与自动化控制系统，同时为工作人员直观展示生产运行状态，是工业生产过程中数据管理的重要环节。相较于传统仪

表仅能实现实时数据显示的单一功能,自动化显示记录仪可同步完成数据实时展示、动态记录、趋势曲线绘制、历史数据存储等多项功能,实现检测数据从采集到归档的全流程管理。

在工业生产过程中,该类仪表可持续记录设备运行的参数变化规律,精准捕捉参数波动节点与异常工况,既方便工作人员实时观察生产工况并及时做出判断,也能为后续设备故障排查、生产工艺参数优化、运行趋势分析提供完整的数据依据。其核心特点是数据展示直观、存储容量大、记录连续性强,可有效避免人工记录导致的数据遗漏、抄写误差等问题,保障生产数据的完整性、连续性与可追溯性,为工业生产过程的精细化管理提供可靠支撑。

2.3 调节与执行类自动化仪表

调节与执行类自动化仪表是连接数据采集与设备调控的关键载体,区别于检测类、显示类仪表的被动数据采集与呈现功能,该类仪表具备主动调控能力,是自动化控制系统指令落地执行的终端设备,在整个控制回路中承担最终动作输出的核心角色。

其主要包含电动调节阀、气动执行器、智能调节器等设备,可接收控制系统下发的调控指令,根据预设工艺参数自动调整设备运行状态、介质流量、阀门开度等生产要素,实现对生产过程的主动干预。在生产参数出现偏差时,控制系统依托检测仪表的实时数据反馈,向调节仪表发送调控信号,调节仪表快速完成动作修正,使生产参数回归标准区间,形成完整的检测、判断、执行闭环控制。该类仪表的核心特点是指令执行精准、动作响应迅速、可连续微调,能够实现生产工况的动态平衡调控,有效消除人工干预的滞后性与误差,是保障自动化生产稳定运行的核心终端设备。

3 自动化控制技术核心原理与关键类型

3.1 闭环反馈控制技术

闭环反馈控制技术是工业自动化控制中最基础、应用最广泛的核心技术,核心优势在于具备动态自我修正能力,可实现无需人工干预的持续稳定控制,是自动化控制系统实现精准调控的基本技术路径。

该技术的运行流程完全依托检测类仪表、控制核心单元与执行类仪表的协同配合。首先,由各类检测仪表实时采集生产系统的运行参数,将采集数据传输至控制核心单元;控制单元将实时参数与系统预设的标准参数进行对比分析,判断参数偏差量与偏差方向;随后根据运算结果生成对应的调控指令,驱动执行类仪表与设备完成参数调节动作;调节完成后,检测仪表再次采集更

新后的运行数据并反馈至控制单元,形成持续闭环反馈回路,直至运行参数稳定在预设标准区间内。该技术能够有效抵消生产过程中的各类外部干扰因素与内部参数波动,解决设备运行状态偏移问题,广泛适配温度、压力、流量、液位等常规工艺参数的稳定控制场景,是工业自动化生产中保障工艺参数持续达标的核心技术手段^[3]。

3.2 模糊控制技术

模糊控制技术是针对复杂、非线性、参数变化无固定规律的生产场景研发的智能控制技术,旨在弥补传统精准控制技术在复杂工况下的应用局限。在部分工业生产过程中,生产工况受多种因素交叉影响,参数变化具备随机性与不确定性,无法建立精准的数学控制模型,传统闭环反馈控制难以实现有效调控,导致控制精度下降甚至失稳。

模糊控制技术无需依赖精准的数学公式与确定的系统模型,而是依托模糊逻辑算法,模拟人工操作中的经验判断思维,将模糊的参数偏差、工况状态转化为可量化的模糊集合,对其进行分类判断与分级调控。该技术可根据生产工况的动态变化,自主调整控制策略与调控力度,在参数波动范围较大、控制模型难以精确建立的场景中仍能实现有效干预。模糊控制技术适配复杂化工反应、热力设备调控、多变量耦合系统等非线性生产场景,能够有效提升复杂系统的控制适配性与运行稳定性,是传统控制技术的重要补充手段。

3.3 可编程逻辑控制技术

可编程逻辑控制技术依托PLC可编程控制器实现,是工业电气自动化控制的核心落地技术,具备可靠性高、适配性强、操作灵活的显著特点,广泛应用于各类工业生产场景的自动化控制。

该技术可根据不同生产设备、生产流程的控制需求,提前编写对应的控制程序,设定设备启停顺序、参数调节范围、故障预警条件、多设备联动运行等控制逻辑,形成完整的自动化控制方案。在系统运行过程中,PLC控制器实时接收自动化仪表传输的各类检测数据,按照预设程序完成逻辑判断与指令输出,驱动各类电气设备与执行仪表完成自动化运行动作。同时,该技术支持控制程序的灵活修改与优化,可适配生产线改造、生产工艺调整、控制策略升级等场景,能够实现多设备联动控制、批量自动化作业与复杂工艺流程的顺序控制,广泛应用于机械加工、流水线生产、电气设备集群管控等工业自动化领域^[4]。

4 电气自动化仪表与控制技术的应用要点

4.1 仪表与控制系统的适配调试

仪表与自动化控制系统的适配性直接决定整体系统的控制精度与运行稳定性,是设备正式投用前必须完成的核心工作。(1)不同类型的自动化仪表具备不同的检测量程、精度等级与信号传输方式,而控制系统的接收模块、运算逻辑存在固定适配标准,若二者参数不匹配,将出现数据传输失真、信号无法识别、调控指令偏差等问题,严重影响系统控制效果。(2)在系统安装投用前,须根据生产工艺需求合理匹配仪表型号与控制系统模块,统一信号传输协议、数据量程、采样频率等核心参数,确保仪表与控制系统之间的通信链路畅通、数据交互准确。同时,须完成全方位的调试校准工作,对仪表的检测精度进行逐项校验,测试控制系统与仪表之间的数据传输稳定性与指令联动效果,及时修正数据偏差与逻辑错误,确保仪表采集的数据真实有效、控制系统的调控指令精准落地,从源头规避系统运行故障,保障自动化控制系统投用后的稳定运行。

4.2 系统抗干扰处理

工业生产现场环境复杂,存在大量电磁设备、高压线路、机械振动设备等干扰源,极易对电气自动化仪表的数据采集、信号传输以及控制系统运行造成干扰,引发数据波动、信号失真、设备误动作等问题,直接影响生产过程的稳定性与控制精度。因此,在实际应用中必须做好系统的抗干扰处理工作,从硬件与软件两个层面同步实施。(1)硬件层面,可选用具备抗电磁干扰功能的自动化仪表与控制设备,对仪表传输线路进行屏蔽处理,合理规划线路布局,避开高压线路、强电磁设备等干扰源,减少外部电磁辐射对信号传输的影响;同时做好设备接地处理,规范接地方式与接地电阻,消除静电积累与电磁耦合干扰。(2)软件层面,可通过控制系统设置数据滤波算法,对采集数据进行去噪处理,过滤异常干扰数据,避免系统根据错误数据下发调控指令,保障整个自动化系统在复杂工业环境中稳定运行。

4.3 设备日常维护与精度校准

电气自动化仪表与自动化控制系统属于精密电子设备,长期处于连续运行、高负荷的工业生产环境中,会

出现元件老化、精度衰减、线路磨损、接口松动等问题,若缺乏定期维护校准,将导致检测精度下降、控制逻辑异常,进而引发生产故障与运行事故。(1)日常运维过程中,需要建立常态化的设备检查机制,定期检查仪表传感器、信号传输线路、执行元件的运行状态,及时更换老化、损坏部件,清理设备表面及接线端口的粉尘、杂物,保障设备运行环境整洁良好。(2)须按照设备使用标准与技术规范,定期对各类检测仪表进行精度校准,修正长期运行产生的检测误差与零点漂移,定期调试控制系统的程序逻辑与设备联动性能,确保仪表数据采集精准、控制技术执行有效,持续维持自动化系统的整体运行性能与控制可靠性^[5]。

结束语

电气自动化仪表与控制技术的深度融合,是工业生产实现精准调控与稳定运行的根本保障。检测类、显示记录类与调节执行类仪表构成了自动化系统的硬件基础,闭环反馈、模糊控制与可编程逻辑控制技术则提供了从简单工况到复杂场景的全层级控制能力。在工程实践中,仪表与控制系统的适配调试决定了系统的初始性能,抗干扰处理保障了系统在复杂环境中的运行可靠性,日常维护与精度校准则确保了系统的长期稳定运行。三者缺一不可,需在系统全生命周期内统筹落实,方能充分发挥电气自动化仪表与控制技术的综合效能,支撑工业生产持续向智能化方向发展。

参考文献

- [1] 闫扬扬. 自动化技术在农业机械电气控制中的应用分析[J]. 河北农机, 2025(8): 70-72.
- [2] 许鹏宇, 孟浩然, 倪旭. PLC技术在电气仪表自动化控制中的应用研究[J]. 微型计算机, 2025(5): 115-117.
- [3] 倪旭, 许鹏宇, 孟浩然. 电气自动化仪表与自动化控制技术研究[J]. 微型计算机, 2025(5): 112-114.
- [4] 李红益. 人工智能技术在电气自动化控制中的应用[J]. 软件, 2025, 46(3): 85-87.
- [5] 李英. 智能化技术在电气工程自动化控制中的应用分析[J]. 模具制造, 2025, 25(8): 183-185.