

仪器仪表中的自动化控制及应用

张安然

重庆安标检测研究院有限公司 重庆 401325

摘要: 本文围绕仪器仪表中的自动化控制及应用展开研究,构建“基础体系-核心技术-应用场景-发展方向”的完整框架。基础体系涵盖核心构成、控制原理与性能要求;核心技术包含信号处理、控制执行、智能优化及远程联动;应用场景覆盖工业生产、能源环保、煤矿等领域;发展方向聚焦技术迭代、系统升级、可靠性优化与标准化建设。通过系统梳理各环节技术要点与实践逻辑,为仪器仪表自动化控制的实践应用与未来发展提供全面参考。

关键词: 仪器仪表; 自动化控制; 核心技术; 应用场景; 发展优化

引言: 在工业现代化进程加速的背景下,仪器仪表作为获取信息、监测过程的关键设备,其自动化控制水平直接影响生产效率与质量。传统手动控制存在响应慢、精度低、依赖人力等不足,难以满足连续生产与复杂工况需求。仪器仪表自动化控制融合多种技术,能精准监测参数、自动调节偏差,保障系统稳定运行。本文将深入剖析其基础体系、核心应用、典型场景及发展方向。

1 仪器仪表自动化控制的基础体系构建

1.1 核心构成与功能定位

自动化控制模块由传感器、控制器、执行器等核心部件组成,各部件功能分工明确。传感器负责捕获温度、压力、流量等物理量或化学量信号,将实际工况信息转化为可处理的信号;控制器接收传感器传递的信号,进行分析运算并生成控制指令;执行器根据指令完成阀门调节、电机启停等动作,实现对被控对象的干预^[1]。仪器仪表自动化控制的核心目标是实现参数精准监测,实时掌握被控对象状态,通过自动调节修正偏差,保障整个系统稳定运行,减少工况波动带来的影响。与传统手动控制相比,自动化控制响应速度更快,能在参数偏离设定值瞬间启动调节,控制精度更高,避免人为操作的误差,且无需人工持续值守,降低对人力的依赖,尤其适用于连续运行的场景。

1.2 控制原理与逻辑框架

闭环控制遵循“监测-对比-调节-反馈”的流程,传感器监测实际参数并传递给控制器,控制器将实际值与设定值对比,计算偏差后发出调节指令,执行器完成动作后,传感器再次监测调整后的参数并反馈给控制器,形成完整闭环,持续优化控制效果。开环控制适用于工况稳定、干扰少的场景,无需反馈环节,控制器根据预设程序直接向执行器发出指令,如固定流程的生产线上,只需按设定节奏启动设备,无需根据后续状态调

整。控制算法中,比例控制依据偏差大小输出调节信号,偏差越大调节力度越强;积分控制用于消除长期存在的静态偏差,逐步修正系统误差;微分控制通过预判偏差变化趋势,提前启动调节,提升系统响应速度。

1.3 性能指标与设计要求

核心性能指标包括控制精度,即实际控制值与设定值的偏差范围;响应时间,指参数偏离到系统开始调节的间隔;稳定性,确保系统在扰动下能快速恢复稳定;抗干扰能力,减少外部电磁、环境因素对信号传输和控制的影响。环境适应性设计需针对不同场景,在高温环境下选用耐高温元器件,潮湿环境中增加防潮密封处理,粉尘较多的场合加装防尘罩,保障模块正常工作。兼容性与扩展性要求控制模块预留标准化接口,能适应不同类型、不同品牌的仪器仪表,同时支持功能模块的增减,满足后续升级或场景变化的需求。

2 仪器仪表自动化控制的核心技术应用

2.1 信号采集与处理技术

传感器选型与适配需依据监测参数类型及环境条件确定,监测温度在常温场景可选用热电阻传感器,高温环境适配热电偶传感器;监测压力时,静态压力场景选应变式传感器,动态压力场景用压电式传感器,通过精准匹配参数特性与环境需求保障信号采集准确性^[2]。信号放大与滤波技术针对微弱信号,采用低噪声运算放大器增强信号强度,搭配电容滤波或电感滤波电路,滤除电磁干扰与环境噪声,通过屏蔽线缆传输信号,进一步提升有效信号的可识别性。模数转换与数据传输通过高精度模数转换器将连续变化的模拟信号转化为离散数字信号,借助串行通信或总线传输方式,在传输过程中加入校验码,实现数字信号在控制模块间的高效传递,减少传输过程中的信号损耗与误码。

2.2 控制单元与执行技术

控制器核心技术中,微处理器适用于小型仪器仪表的简单控制逻辑,通过精简指令集提升运算效率;PLC则可承载复杂工况下的多任务控制,通过模块化编程实现参数运算、指令生成等控制逻辑,便于后续功能扩展。执行机构驱动方式根据场景选择,电动执行机构依靠伺服电机驱动,响应迅速且控制精准,适用于精密调节;气动执行机构利用压缩空气驱动,无电火花产生,耐恶劣环境能力强,适合易燃易爆场景;液压执行机构输出力矩大,适配重载调节需求,常用于大型设备控制。多参数协同控制通过控制器整合温度、压力、流量等多类监测参数,设定参数间的联动逻辑,当某一参数偏离设定值时,同步调节相关执行机构,避免单一参数调节对其他参数造成干扰,保障整体系统稳定运行。

2.3 智能控制与优化技术

自适应控制技术通过控制器实时采集工况数据,结合预设的调节规则自动调整控制参数,面对负载变化或环境波动时,无需人工干预即可保持控制效果,提升系统灵活性与适应性。模糊控制与神经网络应用针对无法建立精确数学模型的复杂非线性系统,模糊控制通过预设的模糊规则处理不确定信息,神经网络通过不断学习历史数据模拟人脑学习能力,逐步优化控制策略,解决传统控制难以应对的复杂难题。预测控制技术依托历史运行数据与实时监测信息,通过趋势预测算法分析预测参数变化趋势,提前向执行机构发出调节指令,实现超前干预,减少参数波动幅度,让系统运行更平稳。

2.4 远程监控与联动技术

远程数据采集与控制借助无线或有线网络通信技术,将分散在不同区域的仪器仪表接入远程监控平台,平台具备数据存储与曲线展示功能,工作人员可在异地查看设备历史与实时运行参数,通过权限管理下发控制指令完成参数调节。多仪表协同联动控制构建基于通信网络的仪器仪表控制网络,设定主从控制关系或协同逻辑,当某一仪表监测到异常时,相关仪表自动启动调节动作,无需人工协调即可实现系统级联动控制。故障自诊断与报警通过控制器实时检测控制模块的电压、电流及通信状态,识别传感器故障、执行器卡滞等问题时,立即触发声光报警并推送信息至监控平台,同时启动备用控制模块或应急调节方案,保障系统连续运行。

3 仪器仪表自动化控制的典型应用场景

3.1 工业生产领域应用

流程工业仪器仪表控制在化工、冶金等领域发挥重要作用,通过各类传感器实时捕捉反应釜内温度、管道内压力及介质流量等参数,控制器依据预设标准自动调

节阀门开合度、加热功率,维持生产过程稳定,减少人工调节带来的误差^[3]。离散制造过程控制聚焦机械加工环节,仪器仪表持续监测机床主轴转速、刀具进给量等运行参数,一旦出现偏差立即自动调整设备运行状态,保障零部件加工精度。质量检测仪器自动化贯穿生产全流程,检测设备自动采集产品尺寸、硬度等参数,通过内置算法分析数据并判定产品是否合格,无需人工逐件检测,提升检测效率与准确性。

3.2 能源与环保领域应用

能源计量仪器控制覆盖电力、燃气、供水等领域,计量仪表借助自动化技术实现定期自动校准,避免计量偏差,同时将计量数据实时传输至管理平台,便于精准统计能源消耗。环保监测仪器控制针对水质、空气质量、土壤污染监测,仪表24小时不间断监测污染物浓度、pH值等参数,当指标超标时自动启动净化设备调节,减少污染物排放。能源利用优化控制通过仪器仪表动态监测企业生产能耗,结合生产负荷与能效标准自动调整设备运行功率,在满足生产需求的同时降低能源浪费,提升能源利用效率。

3.3 煤矿领域应用

煤矿领域仪器仪表自动化控制是保障井下安全、提升开采效率的关键。在井下环境监测中,瓦斯浓度传感器、一氧化碳检测仪等仪表持续运行,实时采集有害气体数据,当瓦斯浓度临近预警值,控制系统会自动调高通风设备功率或切断区域电源,防止气体聚集引发危险;温湿度与粉尘监测仪表则与喷雾降尘系统联动,依据粉尘情况调节喷雾量,优化井下作业环境。生产设备管控方面,采煤机、刮板输送机核心设备配备转速、扭矩、位置传感器,将运行参数实时传输至中央控制器,控制器按预设算法调整采煤机截割速度、输送机运行节奏,使开采作业适配煤层工况,减少设备空转与过载故障;井下提升机的自动化仪表精准监测提升重量、速度及深度,实现平稳升降与精准定位,保障煤炭运输高效安全。安全预警环节,顶板压力监测仪通过传感器采集围岩应力数据,结合历史数据构建预警模型,当应力超出安全范围,系统即刻向调度中心推送预警信息,并联动支护设备自动加固,提前防范顶板垮塌风险,为煤矿井下作业提供自动化安全保障。

4 仪器仪表自动化控制的发展与优化方向

4.1 技术迭代与创新趋势

微型化与集成化发展聚焦控制模块小型化设计,通过先进芯片封装技术压缩元器件体积,将传感器、控制器、执行器高度集成于单一模块,缩减仪器仪表整体尺

寸至手掌大小,满足便携性需求,适配野外勘探、现场检测等移动场景^[4]。低功耗与节能技术从硬件与软件双端优化,选用超低功耗元器件降低静态能耗,通过智能休眠模式在设备闲置时自动降低运行功率,延长电池供电仪器的使用时长至数月以上,减少频繁充电带来的不便。新材料与新器件应用不断推进,采用石墨烯传感器提升信号采集灵敏度与环境适应性,运用新型半导体控制器件加快运算速度并降低发热,借助这些创新显著提升仪器仪表自动化控制的整体性能。

4.2 系统集成与智能化升级

与物联网技术深度融合,构建覆盖多设备的物联网管理平台,支持有线与无线双模接入,将分散在不同区域的仪器仪表统一接入网络,实现数据实时共享与远程集中管控,彻底打破设备间信息孤岛。人工智能深度应用于控制决策环节,通过深度学习算法持续学习设备运行数据与工况变化规律,动态优化控制参数,提升决策的精准度与自主化水平,面对复杂多变的工况无需人工干预即可高效调控。数字孪生技术结合构建全维度虚拟控制模型,将仪器仪表运行状态、环境参数实时映射至虚拟系统,通过虚拟调试预判控制效果,提前发现潜在问题并优化方案,大幅降低实体调试的时间与成本。

4.3 可靠性与安全性优化

控制模块冗余设计为核心部件配备热备式备用单元,建立毫秒级自动切换机制,当主模块出现故障时,备用模块可瞬间切换投入运行,避免控制中断,显著提升自动化控制的可靠性。数据安全与加密通过端到端加密算法处理控制指令与监测数据,在传输、存储、处理全环节保障信息安全,防止数据被窃取或篡改,确保控制指令与监测数据的完整性与安全性。操作安全防护设置多层保障,通过分级权限管理划分不同人员的操作范围,避免无关人员误操作关键功能,同时添加逻辑校

验式误操作防护机制,当触发危险操作时自动拦截并提示,最大限度降低安全风险。

4.4 标准化与规范化建设

控制接口标准化统一模块接口的机械尺寸与电气规格,制定跨品牌通用连接协议,使不同品牌、不同类型的仪器仪表控制模块可直接对接使用,大幅提升设备兼容性与后续扩展能力。控制流程规范化针对工业、医疗、民生等不同应用场景,制定细分领域的标准化控制步骤与参数设置准则,为操作人员提供清晰统一的执行依据,有效减少人为操作差异带来的误差。性能检测与校准规范建立全周期体系,明确不同类型仪器的检测项目、检测方法及格标准,规定定期检测与校准周期,通过专业设备对仪器仪表进行精准检测与校准,确保控制精度长期稳定在标准范围内。

结束语

仪器仪表自动化控制凭借其先进的技术和广泛的应用,已成为现代社会发展的重要支撑。随着技术迭代创新、系统集成智能化升级、可靠性与安全性优化以及标准化规范化建设推进,其性能将不断提升,应用领域也将持续拓展。未来,仪器仪表自动化控制有望在更多场景中发挥关键作用,为各行业的转型升级和可持续发展注入强大动力。

参考文献

- [1]刘小强,范耀峰,陈鹏.工业现场电气自动化仪器仪表控制[J].电子世界,2021(16):146-147.
- [2]罗俊春.自动化控制技术在工业仪器仪表中的应用[J].自动化应用,2023(09):170-171.
- [3]史鸣飞.自动化控制技术在火电厂热工仪表中的应用[J].设备管理与维修,2021(2):122-124.
- [4]邢强强,辛宏星.智能控制系统中仪表自动化集成方案研究[J].仪器仪表用户,2024,31(05):6-8.